

BILTEN

POSEBNO IZDANJE

„UVOĐENJE I OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE U PRERADI DRVA“

(Prioritetno istraživanje)



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

S a d r ž a j

Stranica

P r e d g o v o r

ISTRAŽIVANJA OPTIMALNOG KORIŠĆENJA BAGREMOVINE 1-70

Predgovor, Uvod, Zadatak rada, Materijal za istraživanja, Metodika rada 1-5

Petrić, B. i Šćukanec, V.

STRUKTURNE KARAKTERISTIKE DRVA BAGREMA 8-28

Opačić, I. i Sertić, V.

KEMIJSKE OSOBINE DRVA BAGREMA 29-43

f Bađun, S., Horvat, I. i Govorčin, S.

FIZIČKA I MEHANIČKA SVOJSTVA BAGREMOVINE 44-54

Bađun, S., Turkulin, H. i Petrić, B.

NEKE TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE BAGREMOVINE .. 55-60

Bađun, S., Petrić, B. i Sertić, V.

KOMPARATIVNA OCJENA SVOJSTAVA BAGREMOVINE
I OSNOVE NJENIH UTILIZACIJSKIH KARAKTERISTIKA 60-67

LITERATURA 68-70

PILANSKA PRERADA TANKE OBLOVINE LISTAČA 71-108

Herak, V.

PILANSKI PROIZVODI IZ TANKE OBLOVINE HRASTA.. 71-89

Milinović, I., Gross, A., Vučinić, M. i Božić, M.

ISKORIŠĆENJE TANKE OBLOVINE BUKVE NAMJENSKOM
PRERADOM U ELEMENTE ZA SJEDIŠTA STOLICA 90-107

OPTIMALNO KORIŠĆENJE OSTATAKA I OTPADAKA

MASIVNOG DRVA 109-153

Hamm, Đ.

O MOGUĆNOSTI RACIONALNOG KORIŠĆENJA STARIH
ENERGETSKIH POSTROJENJA U DRVNOJ INDUSTRIJI.. 109-117

Hamm, Đ.

KRATAK USPOREDBENI PREGLED SISTEMA GRIJANJA
U TEHNOLOŠKIM PROCESIMA DRVNE INDUSTRIJE 118-126

Hamm, Đ.

MOGUĆNOSTI ŠTEDNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U
DRVNO-INDUSTRIJSKIM POGONIMA 127-138

Hamm, Đ.

O PROBLEMU PNEUMATSKOG DOVODA USITNJENIH
ČESTICA DRVNE MASE U LOŽIŠTA PARNIH KOTLOVA.. 139-148

Primorac, M.

UTROŠAK TOPLINSKE ENERGIJE U SUŠIONICIMA 149-153

R e d a k t o r i :

Prof.dr Stanislav Bađun

Dipl.ing. Vladimir Herak

Prof.dr Mladen Figurić

Prof.dr Boris Ljuljka

Tehnički urednik:

Zlatko Bihar

ISTRAŽIVANJA OPTIMALNOG KORIŠĆENJA BAGREMOVINE

S A D R Ź A J

Predgovor	1
1. Uvod	2
2. Zadatak rada	4
3. Materijal za istraživanja	5
4. Metodika rada	5
5. REZULTATI RADA	
5.1 Strukturne karakteristike	8
5.2 Kemijske osobine	29
5.3 Fizička i mehanička svojstva bagremovine	
5.31 Fizička svojstva	44
5.32 Mehanička svojstva	53
5.4 Prikladnost bagremovine za savijanje	56
5.42 Ocjena prikladnosti bagremovine za proizvodnju rezanog furnira	58
5.43 Ocjena prikladnosti bagremovine za proizvodnju stupova i rudničkog drva	60
6. DISKUSIJA	
6.1 Strukturne karakteristike	61
6.2 Kemijske osobine	62
6.3 Fizička i mehanička svojstva	63
7. ZAKLJUČAK	68
LITERATURA	69

ISTRAŽIVANJA OPTIMALNOG KORIŠTENJA BAGREMOVINE

P r e d g o v o r

Razvoj i ekspanzija drvne tehnologije, kako u svijetu, tako i kod nas, dovela je do krize drvnih sirovina. Usljed toga se danas istražuju mogućnosti korišćenja vrsta drva koje su se do sada smatrale manje vrijednim ili su se koristile samo u određenim uskim područjima tehnologije drva.

Zbog toga je, na zahtjev Udruženog rada putem Općeg udruženja šumarstva, prerade drva i prometa Hrvatske i SIZ-a IV za znanstveni rad SRH, među ostala izrazito prioritarna istraživanja iz područja tehnologije drva, uključeno i ovo istraživanje.

Istraživanje je povjereno Zavodu za istraživanja u drvnoj industriji Šumarskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanja strukturnih karakteristika izvršili su članovi Zavoda dr B. Petrić i mr V. Šćukanec, kemijskog sastava dr I. Opačić i dr V. Sertić, a fizičko-mehaničkih svojstava dr S. Bađun, dr Ivo Horvat, dipl.ing. S. Govorčin i dipl.ing. H. Turkulin. Rezultati istraživanja prikazani su u ovom radu.

Koristimo priliku da se Općem udruženju šumarstva, prerade drva i prometa SRH i Samoupravnoj interesnoj zajednici za znanstveni rad u poljoprivredi, stočarskoj proizvodnji, veterinarstvu, šumarstvu proizvodnji i preradi drva i prehrambenoj industriji SRH ovom prilikom zahvalimo na financijskoj pomoći na realizaciji ovih istraživanja.

Voditelj zadatka:

Prof.dr Božidar Petrić

1. UVOD

Bagremovina je drvo koje pripada biljnoj vrsti bagrem, odnosno bijeli bagrem ili bagrena, s botaničkim nazivom Robinia pseudoacacia, L. iz porodice Leguminosae. Porijeklo bagrema je Sjeverna Amerika. Njegov prirodni areal proteže se istočnim dijelom Sjeverne Amerike, od Pensilvanije prema jugu, kroz region Apalačkog gorja do Georgije, s malom eksklavom u sjeverozapadnom dijelu Arkansasa. Kasnije se proširio gotovo na sve države SAD.

U Evropu je prenešen u 17. stoljeću, po prvi puta 1638. godine u Pariz. Druge polovice 18. stoljeća rasprostranio se na područje današnje Savezne Republike Njemačke, da bi se postepeno dalje širio, tako da je danas bagrem naseljen u svim državama srednje i južne Evrope, a ima ga u sjevernoj Africi, istočnoj i srednjoj Aziji i na Novom Zelandu.

Stabla bagrema dostižu visine do 30 m, a prsni promjer do 50 cm. Krošnja mu je rijetka i svijetla. Na stablima u osami okruglog je oblika, a u sastojinama dugoljasta. Zbog rijetke krošnje tlo se slabo popravljja. Stabla, ukoliko ne rastu pod povoljnim uvjetima, naginju zakrivljenosti debla. Korjen u početku razvoja prvo formira žilu srčanicu, dužine 1 - 1,5 m, a kasnije razvija brojne površinske žile, dužine do 20 m. Zbog brzog razvoja mreže površinskih žila pogodan je za zaštitu tla od erozije.

Obzirom na mineralne materije bagrem, od svih listača, ima najveće potrebe za dušikom, kalcijem, kalijem i fosforom. Zbog toga često bagremove sastojine iscrpljuju tlo. Kao kod svih Leguminosae-a na bagremovom korjenu razvijaju se kvržice, čije su stanice ispunjene bakterijama Bacterium radicicola, koje koriste elementarni dušik iz zraka, čime se tlo ipak djelomično popravljja.

Dobro se razvija na rastresitom, dubokom, plodnom, umjerenom vlažnom, humoznom, glinasto-pjeskovitom tlu. Može da raste gotovo na svim tlima, izuzev tresetnih, mokrih i ekstremno suhih tala. Raste i na glini i ilovači, ukoliko nisu isuviše zbi-

jene.

Zadovoljava se s vrlo malo vlage u tlu, a podnosi i male relativne vlage zraka. Uspjeva i u uvjetima gdje se godišnje padavine svega 500-600 mm. S druge strane, dugotrajne poplave srazmjerno dobro podnosi.

Bagrem dobro uspjeva u klimi s dugim vegetacijskim periodama i srednjom godišnjom temperaturom od 12 - 14°C. Na ekstremno niske temperature bagrem je vrlo neotporan. Često mu štode kasni proljetni mrazovi, a osobito je osjetljiv na rane jesenske mrazove. Prema snijegu i vjetru slabo je otporan. Ekstremno visoke temperature relativno dobro podnosi.

Bagrem je izrazito fotofilna vrsta, koja za uspješan razvoj treba mnogo svijetla.

Uzgaja se u obliku visokih šuma, a zbog velike izbojne snage iz panjeva i žilja osobito je pogodan za uzgoj niskih šuma. Fizičku zrelost postiže u sastojinskim prilikama već oko 60. godine, a na osami doživi i preko 100 godina.

Bagrem spada u vrste drva koje vrlo brzo prirašćuju. U visinu intenzivno prirašćuje sve do 30. godine, a kulminacija debljinskog prirasta mu je između 15. i 20. godine.

Visine od 8 - 10 m postiže već u 5. godini života. Na optimalnim staništima, uz primjenu prorednih sječa, već u 10. godini starosti daje prosječni godišnji prirast od oko 30 m³/ha. U niskim bagremovim šumama, na dobrim staništima, koje se obnavljaju specijalnim metodama, kao što je metoda kotličanja, odnosno keslovanja, stabla bagrema dosižu u 20. godini života visine do 25 m, a prsne promjere preko 20 cm.

Kod nas je bagrem široko rasprostranjen. Ima ga u brojnim čistim sastojinama rasutim po cijeloj zemlji. Prema podacima Saveznog zavoda za statistiku 1982. god., čistih bagremovih sastojina u SFRJ ima oko 58.850 ha, od čega na SRH otpada oko 22 %, ili cca 12.750 ha. Ukupna drvena masa tih sastojina iznosi oko 2.784.700 m³, od čega na SRH otpada oko 375,800 m³.

2. ZADATAK ISTRAŽIVANJA

Nestašica drvene sirovine, kako je u predgovoru spomenuto, prinudila je industriju drvnih proizvoda da istraži mogućnost upotrebe vrsta drva koje su se do danas smatrale tehnološki manje vrijednim ili su se koristile samo u uskim područjima, pretežno, zanatske tehnologije.

Jedna od takovih vrsta drva je i bagremovina. Bagremovina se industrijski kod nas malo koristila. Upotreba bagremovine bila je svedena uglavnom na zanatsku proizvodnju bačava, kolarsku građu, vinogradsko kolje i ogrijev, a u manjoj mjeri kao građevno drvo, drvo za alate, pokućstvo i rudničko drvo.

Uzme li se u obzir sposobnost brzog rasta bagrema, kao i sveukupna drvena masa naših bagremovih šuma, značenje bagremovog drva postaje industrijski veoma zanimljivo.

S time u vezi zadatak je ovih istraživanja bio ispitati strukturne karakteristike, kemijski sastav i fizičko-mehanička svojstva domaće bagremovine

Zadatak istraživanja strukturnih karakteristika bagremovine bio je ispitati širinu i udio bjeljike, širine godova, širine zona ranog i kasnog drva, udio kasnog drva u godovima, dužine drvnih vlakana, njihov promjer i debljinu staničnih stijenki, promjere članaka traheja, udio drvnih trakova, članaka traheja i drvnih vlakana u građi bagremovine, te njihove varijacije obzirom na juvenilno i zrelo drvo.

Zadatak istraživanja kemijskog sastava bagremovine bio je odrediti u bijeli i srži sadržaj vode, količinu ekstraktivnih tvari u metanol-benzenskom otapalu, vodeni ekstrakt, pepeo, lignin, celulozu, pentozane, heksozane i holocelulozu. Zatim, odrediti sastav monosaharida drvnih polioza u prosječnom uzorku, kao i sadržaj tanina u kori i drvu bagremovine. Od specijalnih analiza izvršeno je određivanje sastava ekstraktivnih tvari u metanolu kao i određivanje ogrjevnice moći bagremovine.

Zadatak istraživanja fizičkih svojstava kore i drva bagrema bio je ispitati sadržaj vode u sirovom stanju, obujamsku masu u sirovom, prosušenom, standardno suhom stanju i nominalnu

obujamsku masu, volumno utezanje, koeficijent volumnog utezanja i vlažnost zasićenja vlakana.

Zadatak istraživanja mehaničkih svojstava bagremovine bio je ispitati čvrstoću na tlak paralelno i okomito na vlakana čvrstoću na savijanje, modul elastičnosti, čvrstoću na udarac, frontalnu, radijalnu i tangentsku tvrdoću i žilavost.

Zadatak istraživanja tehnoloških karakteristika bio je ispitati prikladnost bagremovine za izradu savijenih proizvoda i procijeniti prikladnost za proizvodnju rezanog furnira.

Na osnovi dobivenih pokazatelja i komparacije s ostalim domaćim komercijalnim vrstama drva poznatih tehnoloških svojstava odrediti širu prikladnost bagremovine za industrijsku preradu i njihovu optimalnu utilizaciju.

3. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJA

Materijal za ova istraživanja prikupljen je sa dva različita lokaliteta područja SRH. Na svakom je lokalitetu oboreno po 5 probnih stabala. Stabla su označena glavnim stranama svijeta. Izbor stabala izvršen je metodom slučajnih uzoraka. Pri izboru probnih stabala ipak se je vodilo računa o tome da budu približno jednake visine, debljine i starosti, te pravnih debala.

Podaci o lokalitetima i dendrometrijski podaci probnih stabala prikazani su u tabeli 1.

Iz probnih stabala vađeni su kolutovi odnosno valjčići na zadanim visinama debala, i dopremljeni u Zavod za istraživanja u drvnoj industriji, Šumarskog fakulteta u Zagrebu na daljnju obradu. Koluti odnosno valjčići uzeti sa prsne visine, poslužili su ispitivanjima strukturnih karakteristika, kemijskog sastava, fizičkih i mehaničkih svojstava drva i kore, a preostali koluti za ispitivanja varijacija fizičkih svojstava drva i kore uzduž debla.

4. METODIKA RADA

Mjerenja širine bjeljike i kore izvršena su na mjestima istočne, zapadne, sjeverne i južne strane debla. Točnost mjere-

Tabela 1

Šumsko gospodarstvo:	Varaždin					Nova Gradiška				
Šumarija:	Ludbreg					NPSO, Šum.fak.Zgb. - Lipovljani				
Gospodarska jedinica:	Lijepa Gorica					Lubardenik				
Odjel:	9 - B					III				
Expozicija:	Istok					Jugoistok				
Inklinacija	25°					15°				
Oznaka stabla:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Visina stabla - m:	25,5	25,0	20,0	22,0	26,0	23,5	20,0	21,0	21,0	19,5
Prsni promjer stabla - cm:	31	28	30,0	34	31	36	25	23	36	30
Dužina debla do 1. žive grane - m:	8,0	11,0	12,5	6,5	14,0	10,0	11,5	13,0	14,0	15,0
Starost stabla - godina	25	28	34	36	35	30	30	31	36	37
Oznaka koluta: Udaljenost koluta od tla - m:	1.1/0.1	2.1/0.1	3.1/0.1	4.1/0.1	5.1/0.1	1.1/0.1	2.1/0.1	3.1/0.1	4.1/0.1	5.1/0.1
	1.2/1.2	2.2/1.2	3.2/1.2	4.2/1.2	5.2/1.2	1.2/1.2	2.2/1.2	3.2/1.2	4.2/1.2	5.2/1.2
	1.3/4	2.3/4	3.3/4	4.3/4	5.3/4	1.3/7	2.3/10	3.3/10	4.3/10	5.3/9
	1.4/8	2.4/8	3.4/8	4.4/8	5.4/8	1.4/9	2.4/13	3.4/13,5	4.4/12,5	5.4/13
	1.5/12	2.5/12	3.5/12	4.5/12	5.5./12	1.5/13	-	-	-	5.5/15.5
	1.6/16	2.6/16	-	4.6/16	5.6/16	1.6/16	-	-	-	-
	-	-	-	-	5.7/20	-	-	-	-	-

nja iznašala je 0,5 mm. Nakon mjerenja obračunate su njihove prosječne vrijednosti, prosječan broj godina bjeljike i određene njihove minimalne i maksimalne vrijednosti.

Širine godina, širine ranog i kasnog drva u godovima mjerene su od srčike prema kori u svim godovima, smjerom sjeverne i južne strane debla. Točnost mjerenja iznašala je 0,1 mm. Dobiveni podaci grupirani su u starosne razrede od po 5 godina, određene njihove minimalne i maksimalne vrijednosti, te obračunate njihove prosječne vrijednosti.

Mjerenje dužine vlakanaca, njihovog promjera, debljina njihovih staničnih stijenki, promjera članaka traheja, te udjela drvnih trakova, članaka traheja i drvnih trakova izvršeno je smjerom južne i sjeverne strane debla na svakom 5., 10., 15., 20., 30. i posljednjem godu, počam od srčike.

Mjerenju dužina vlakanaca predhodila je izrada macerata. Maceracija je izvršena Franklinovim reagensom. Macerat je uklopljen u glicerol-želatinske preparate. Dužine vlakanaca mjerene su točnošću 0,01 mm.

Mjerenje promjera vlakanaca, debljine njihovih staničnih stijenki, promjera članaka traheja izvršeno je na histološkim preparatima debljine 20 μm , diferencijalno obojenim i uklopljenim u kanadski balzam. Točnost mjerenja iznašala je 1 μm .

Na istim histološkim preparatima mjereno je volumni udio drvnih trakova, članaka traheja i drvnih trakova u građi drva uz pomoć integracionog mikroskopa povećanja 50 x.

Na osnovu dobivenih podataka volumnog udjela članaka traheja i drvnih trakova obračunat je volumni udio drvnih vlakanaca.

Kemijski sastav drva bagremovine određen je po standardnim analitičkim metodama pri čemu je sadržaj vode izražen na zrakosuhu tvar, a sve ostale vrijednosti izražene su na apsolutno suhu tvar drva.

Uzorci drva su usitnjeni, osušeni na zraku i zatim prosijani kroz standardna sita. Za analizu je uzeta frakcija 0,25-0,4 mm.

- voda u drvu određena je iz zrakosuhog uzorka drva sušenjem pri 105°C do konstantne mase. Vodeni ekstrakt određen je iz ekstrahiranog uzorka zagrijavanjem 2 g uzorka na vodenoj kupelji 3 sata u 100 ml vode.
- ekstraktivne tvari određene su smjesom metanola i benzina (1:1) u Soxhlet aparatu. Sastav ekstraktivnih tvari određen je tankoslojnom kromatografijom na silikagelu.
- tanin je određen po filter metodi sa standardnim kožnim prahom.
- celuloza je određena po metodi Kürchner-Hoffer sa smjesom konc. HNO₃ i etanola (1:4). Lignin je određen po metodi Hägglanda sa 72%-tnom H₂SO₄. Pentozani su određeni po metodi Kullgren-Tydenus s bromid-bromatom. Heksozani i holoceluloza određeni su računskim putem. Monosaharidi su određeni kromatografijom na papiru.

Fizička i mehanička svojstva bagremovine ispitana su na sljedeći način:

- Određivanje sadržaja vode u sirovom stanju izvršeno je na bazi uzoraka izvađenih iz kolutova debljine cca 5 cm. neposredno nakon sječe. Uzimani su uzorci iz srčike, iz srži na svakih 5-6 godina (za svaku stranu svijeta) te iz bje-ljike i kore po jedan za svaku stranu svijeta, pridržavajući se pritom JUS-a D.Al.043.
- Obujamska masa sirovog, prosušenog standardno suhog drva i nominalna volumna masa određivana je na istim uzorcima kao i kod određivanja sadržaja vode po JUS-u D.Al.044.
- Veličina volumnog utezanja i točka zasićenosti vlakana određeni su na bazi istih uzoraka po JUS-u D.Al.049.
- Određivanje mehaničkih svojstava obavljeno je za čvrstoću na tlak po JUS-u D.Al.045, za čvrstoću na savijanje i modul elastičnosti po JUS-u D.Al.046, čvrstoću na udarac po JUS-u D.Al.047 i tvrdoću po Brinellu po DIN-u 50 351.
- Za istraživanje žilavosti uzet je izraz odnosa čvrstoće na savijanje i čvrstoće na tlak po Mominu.

Rezultati istraživanja obrađeni su uobičajenim statističkim postupcima. U grafičkim prikazima prikazane su minimalne i maksimalne vrijednosti, a krivulje su izjednačene metodom klizajućih ponderiranih sredina.

5. REZULTATI RADA

5.1. STRUKTURNE KARAKTERISTIKE

5.1.1. K o r a

Bagremova deblovina ima osrednje debelu koru. Rezultati mjerenja debljine i udjela kore prikazani su u tabeli br. 1.2. i diagramu na sl.1.1. Iz tabele i slike je vidljivo da se debljina kore kod ispitane bagremove deblovine kreće od 4 do 37 mm, sa srednjom vrijednošću od 13,8 mm. Debljina žive kore iznosi prosječno 3,2 mm, a mrtve kore 10,5 mm. Uzduž debla debljina se žive kore neznatno mjenja, dok debljina ukupne kore opada od visine panja prema vrhu deblovine. Zbog pada promjera debla i opadanja debljine kore od panja prema vrhu debla, udio kore uzduž debla neznatno raste, te iznosi u prosjeku 22,3%.

5.1.2. B j e l j i k a i s r ž

Bagrem ima usku bjeljiku žučkasto bijele do svjetlo žute boje. Rezultati ispitivanja širine bjeljike prikazani su u tabeli br.1.3. i sl.1.2.

Prosječna je širina bjeljike u ispitanoj deblovini bagrema 10,8 mm, odnosno približno 3 goda. Uzduž debla širine bjeljike gotovo je konstantna.

Zbog pada promjera debla, i obzirom da se širina bjeljike neznatno mjenja uzduž debla, udio bjeljike u deblovini raste od panja prema vrhu debla. Prosječni je udio bjeljike u ispitanoj deblovini oko 22%.

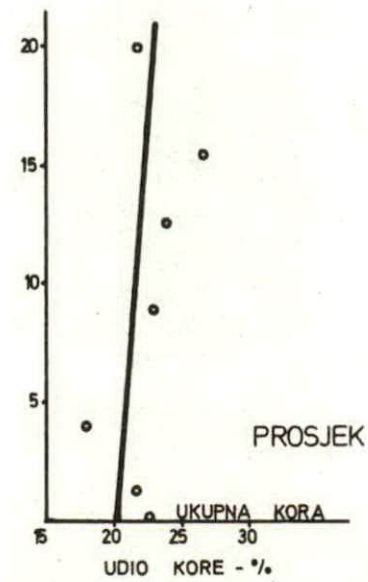
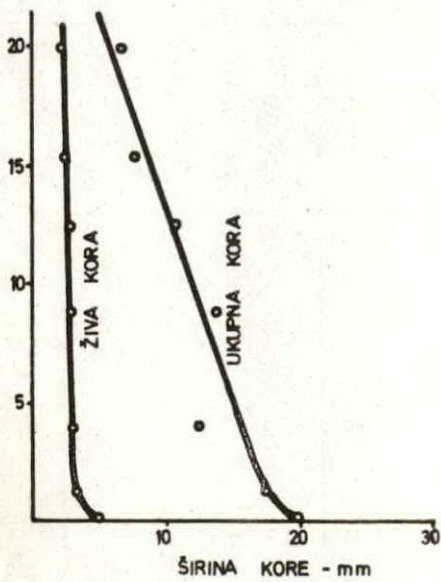
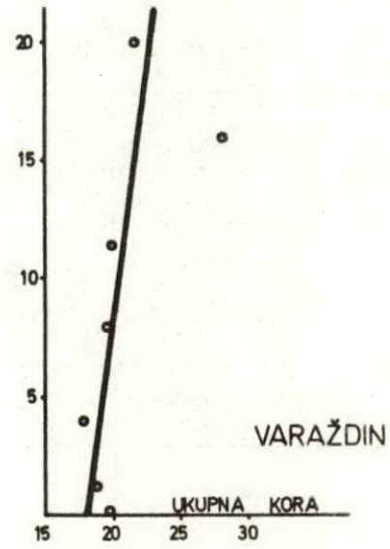
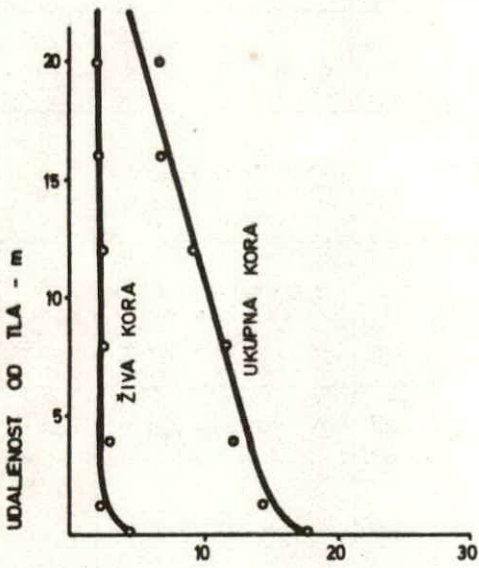
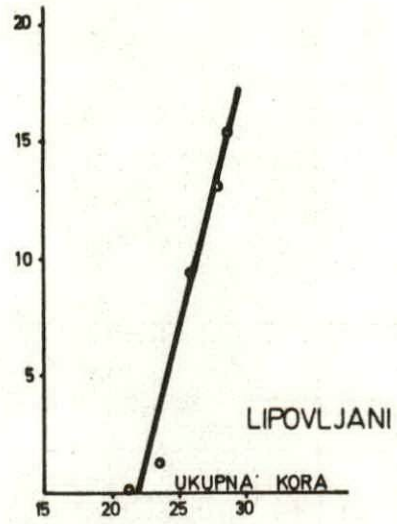
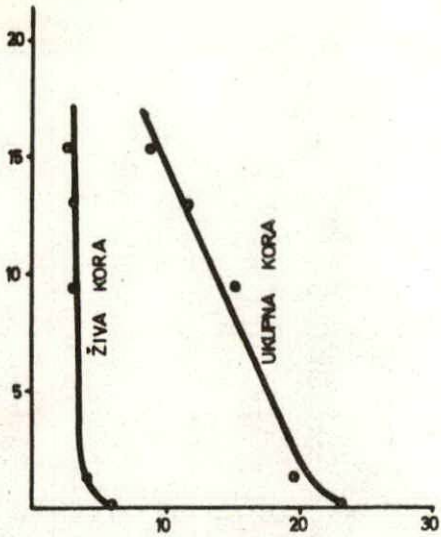
Srž bagremovine u sirovom stanju žuto-zelene je boje, koja sušenjem postepeno tamni i prelazi u smeđe-zelenu do zlatno smeđu boju. U srži su, za razliku od bjeljike, traheje ranog drva potpuno, a traheje kasnog drva gotovo potpuno ispunjene tilama.

5.1.3. G o d o v i

Godovi bagremovine su široki. Rezultati mjerenja širine godova, širine ranog i kasnog drva, te udjela kasnog drva u godovima prikazani su u tabeli br. 1.4. i slikama br. 1.4. Širina

TABELA 1.2.

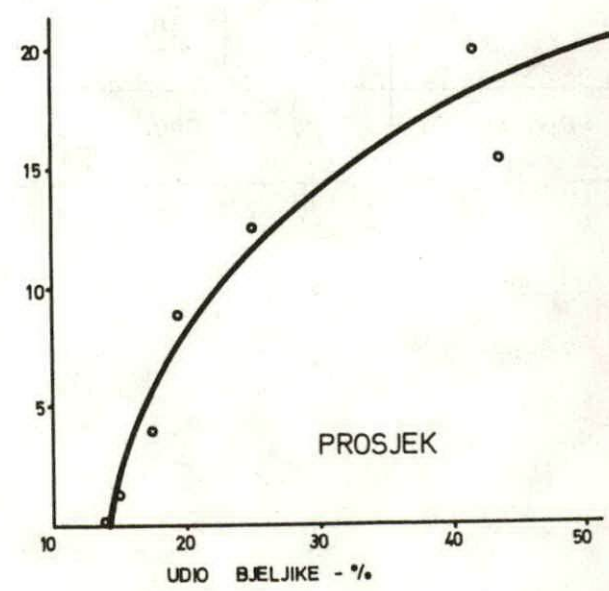
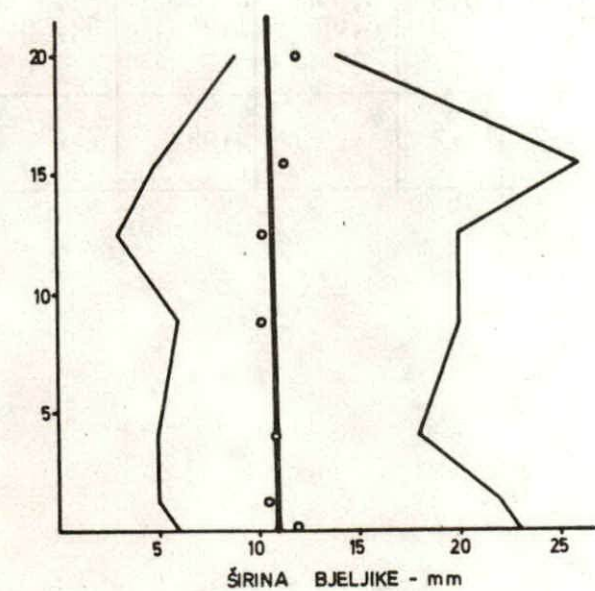
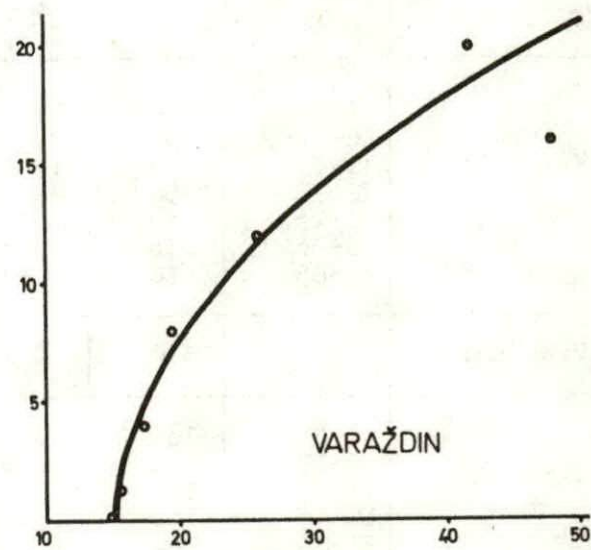
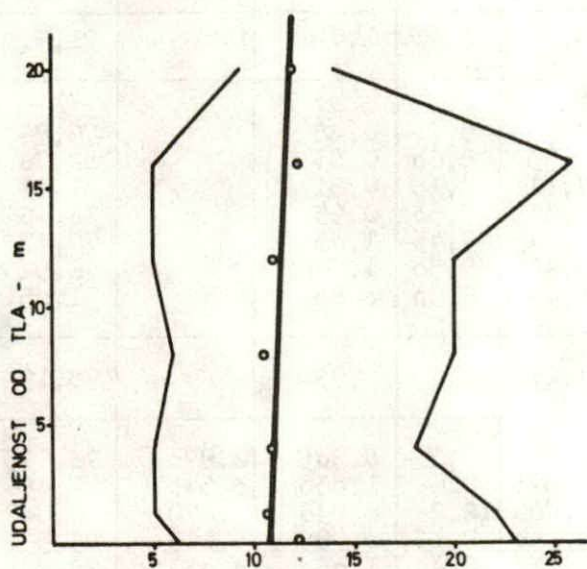
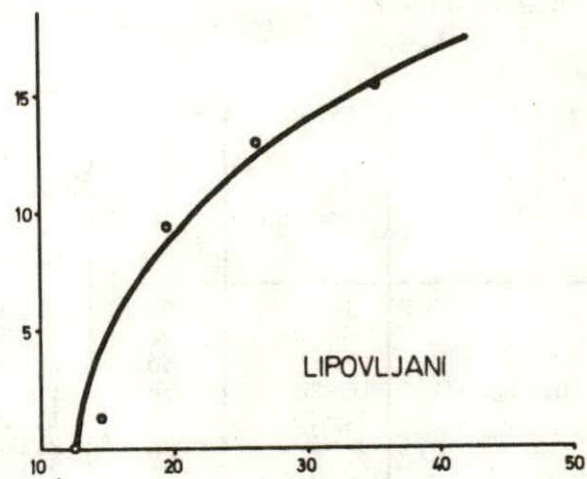
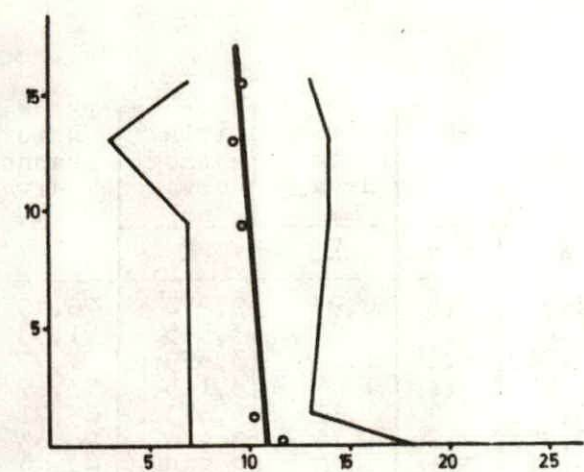
Lokacija	P R O B A		Broj izmjera	D E B L J I N A K O R E - mm									Udio kore %
	Udaljeno- st od tla m	Promjer bez kore cm		Ž I V A K O R A			M R T V A K O R A			U K U P N O			
				min.	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.	
Varaždin	0,1	31,50	20	2	4,05	6	10	13,85	18	12	17,90	24	19,83
	1,3	26,31	20	2	2,35	4	8	12,15	16	10	14,50	20	18,87
	4,0	23,98	20	2	3,08	5	4	9,16	13	6	12,24	18	17,68
	8,0	20,62	20	2	2,60	4	6	9,20	15	8	11,80	19	19,48
	12,0	17,85	20	2	2,50	3	3	6,85	10	5	9,35	13	19,99
	16,0	8,78	16	2	2,16	3	3	4,75	8	5	6,91	11	25,32
	20,0	10,15	4	2	2,00	2	3,5	4,63	7	5,5	6,63	9	21,69
Prosjek:			120	2	2,78	6	3	9,32	18	5	12,10	24	20,71
Lipovljani	0,1	36,25	12	3,5	6,25	8	6	17,06	26	9,5	23,31	34	21,49
	1,3	27,24	20	2	4,27	7	2	15,65	30	4,0	19,92	37	23,89
	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	18,88	20	2	3,15	5	5	12,30	21	7,0	15,45	26	26,15
	13,0	13,24	20	2	3,21	4,5	4	8,67	16	6,0	11,88	20,5	28,12
15,50	9,90	8	2	2,87	3,5	5	6,31	8	7,0	9,18	11,5	28,84	
Prosjek:			80	2	3,88	8	2	12,34	30	4	16,23	37	25,65
Varaždin + Lipovljani	0,1	33,3	32	2	4,88	8	6	15,05	26	8	19,93	34	20,4
	1,3	26,8	40	2	3,31	7	2	13,90	30	4	17,21	37	21,4
	4	24,0	20	2	3,08	5	4	9,16	13	6	12,24	18	17,7
	8-9,5	19,7	40	2	2,88	5	5	10,75	21	7	13,63	26	22,8
	12-13	14,5	40	2	2,86	4,5	3	7,76	16	5	10,62	20,5	24,0
	15-16	9,2	24	2	2,40	3,5	3	5,27	8	5	7,67	11,5	26,6
Prosjek:			200	2	3,23	8	2	10,53	30	4	13,76	37	22,3



SL. 1.1.

TABELA 1.3.

Lokacija	P R O B A		Broj izmjera	Š I R I N A B J E L J I K E						UDIO BJELJIKE %
	Udaljenost od tla m	Promjer bez kore cm		mm			Godovi			
				min	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.	
Lipovljani	0,1	36,25	12	7	11,67	18	2	2,75	3	12,46
	1,3	27,24	20	7	10,28	13	2	2,70	4	14,53
	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	18,88	20	7	9,68	14	2	2,75	4	19,46
	13,0	13,24	20	3	9,35	14	2	2,80	4	26,26
	15,5	9,90	8	7	9,75	13	2	2,87	3	35,52
Prosjek:			80	3	10,05	18	2	2,76	4	20,48
Varaždin	0,1	31,50	20	6	12,10	23	2	3,15	5	14,77
	1,3	26,31	20	5	10,70	22	2	3,10	4	15,61
	4,0	23,98	20	5	10,90	18	2	3,25	5	17,34
	8,0	20,62	20	6	10,55	20	2	3,20	5	19,41
	12,0	17,85	20	5	11,00	20	2	3,25	5	25,84
	16,0	8,78	16	5	12,25	26	2	4,12	7	48,02
20,0	10,15	4	9	12,00	14	3	3,75	4	41,70	
Prosjek:			120	5	11,24	23	2	3,33	7	23,29
Lipovljani + Varaždin	0,1	33,3	32	6	11,94	23	2	3,00	5	13,8
	1,3	26,8	40	5	10,49	22	2	2,90	4	15,0
	4	24,0	20	5	10,90	18	2	3,25	5	17,4
	8-9,5	19,7	40	6	10,12	20	2	2,98	5	19,4
	12-13	14,5	40	3	10,18	20	2	3,03	5	26,1
	15-16	9,2	24	5	11,42	26	2	3,70	7	43,7
20	10,1	4	9	12,00	14	3	3,75	4	41,7	
Prosjek:			200	3	10,77	26	2	3,11	7	22,1



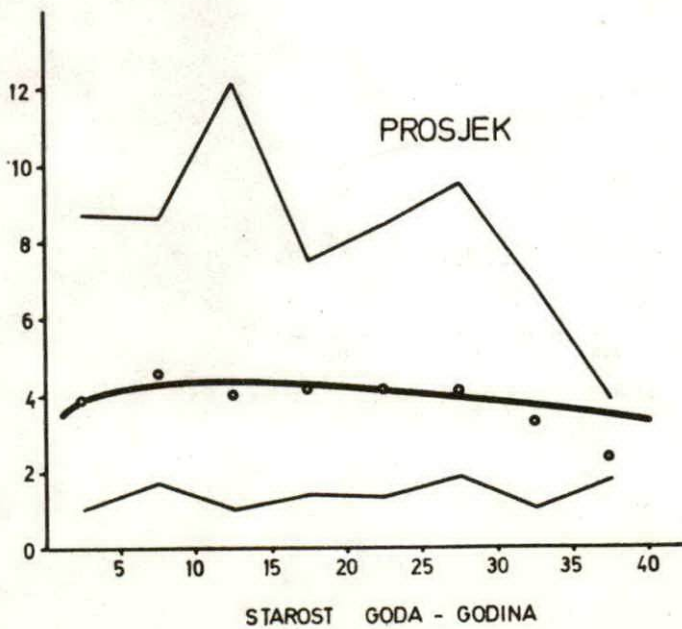
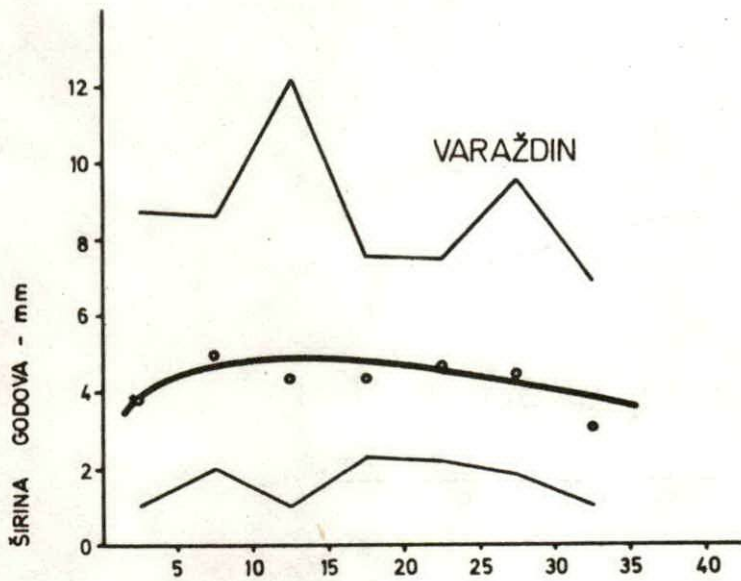
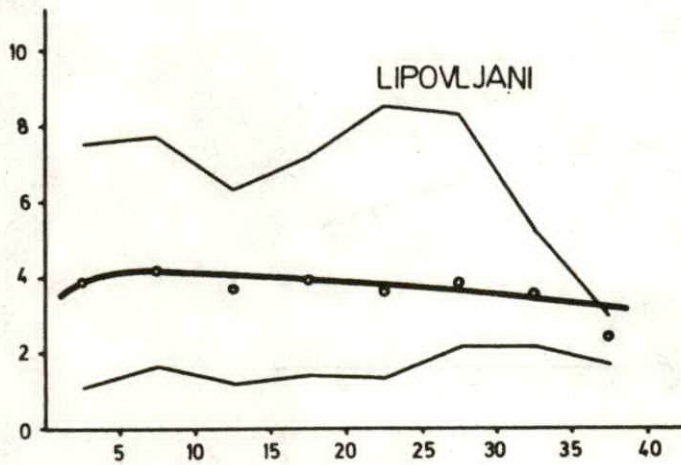
ŠIRINA BJELJIKE - mm

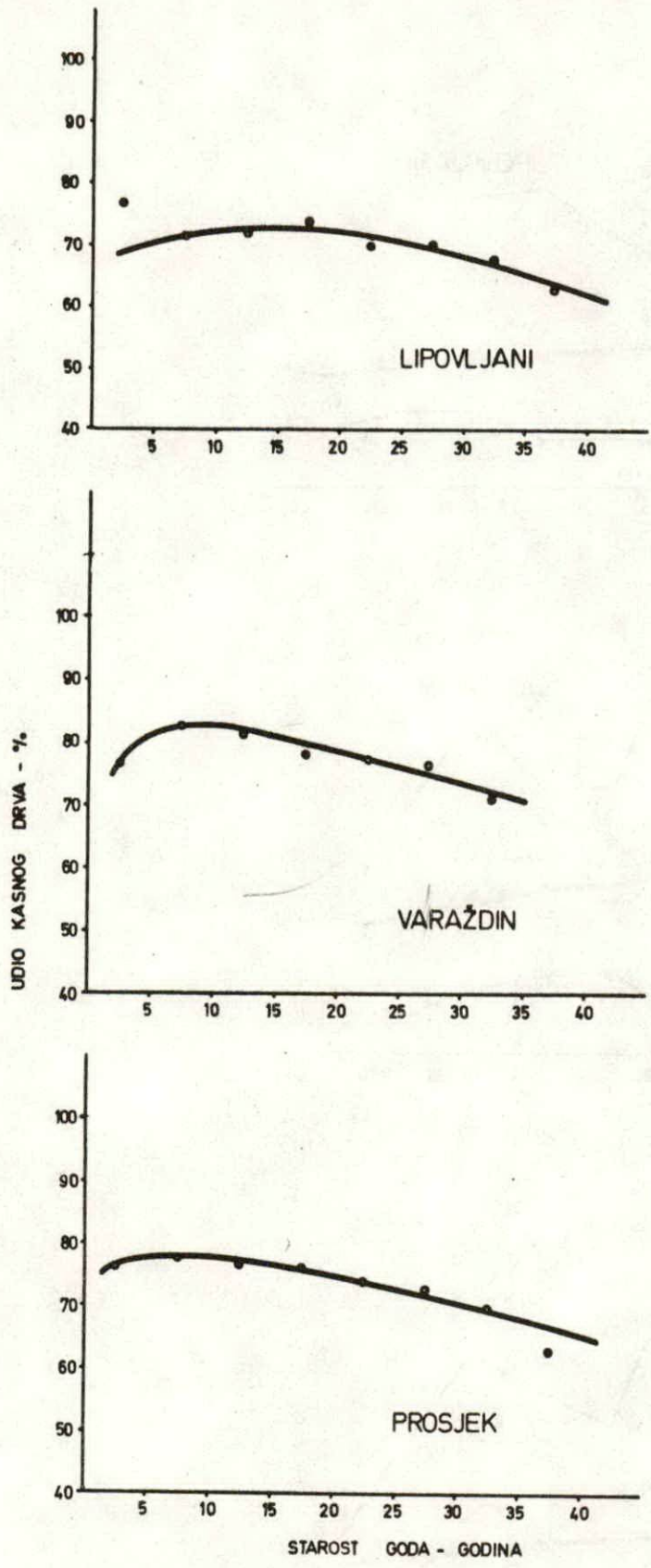
UDIO BJELJIKE - %

SL. 1.2.

ŠIRINA GODOVA
TABELA 1.4.

Lokacija	Razred starosti goda -godina	Broj izmjera	Širina goda-mm			Širina ranog drva mm	Širina kasnog drva mm	Udio kasnog drva %
			min.	\bar{X}	max.	\bar{X}	\bar{X}	
Lipovljani	1-5	50	1,10	3,95	7,5	0,93	2,970	76,45
	6-10	50	1,75	4,22	7,85	1,21	3,545	71,33
	11-15	50	1,15	3,719	6,25	1,05	3,079	71,77
	16-20	50	1,40	3,95	7,15	1,04	3,145	73,67
	21-25	50	1,30	3,665	8,40	1,11	3,073	69,71
	26-30	50	2,10	3,871	8,20	1,16	2,966	70,03
	31-35	20	2,10	3,59	5,10	1,16	2,268	67,69
	36-40	10	1,75	2,29	2,95	0,85	1,44	62,88
Prosjek:		330	$\bar{X} =$	3,83		1,08		71,61
Varaždin	1-5	50	1,00	3,80	8,70	0,88		76,84
	6-10	50	2,00	4,93	8,60	0,85		82,76
	11-15	50	1,00	4,31	12,15	0,81		81,21
	16-20	50	2,20	4,33	7,50	0,95		78,06
	21-25	50	2,10	4,64	7,45	1,05		77,37
	26-30	30	1,80	4,43	9,50	1,04		76,52
	31-35	30	1,00	3,04	6,90	0,88		71,05
	Prosjek:		310	$\bar{X} =$	4,27		0,95	
Lipovljani + Varaždin	1-5	100	1,00	3,875	8,7	0,905	2,970	76,645
	6-10	100	1,75	4,575	8,6	1,030	3,545	77,486
	11-15	100	1,1	4,009	12,2	0,930	3,079	76,802
	16-20	100	1,40	4,140	7,15	0,995	3,145	75,966
	21-25	100	1,30	4,153	8,40	1,080	3,073	73,995
	26-30	80	1,8	4,081	9,5	1,115	2,966	72,678
	31-35	50	1,0	3,260	6,9	0,992	2,268	69,571
	36-40	10	1,75	2,29	3,8	0,85	1,44	62,880
	41-50	-	-	-	-	-	-	-
Prosjek:		640	1,0	4,04	12,5	1,00	3,04	75,2





SL.14.

godova ispitane bagremovine znatno varira, od 1,00 do 12,50 mm, a srednja im vrijednost iznosi 4,04 mm. Rano drvo široko je u prosjeku 1,00 mm, a kasno drvo 3,04 mm. Širina godova, izuzev nekoliko uskih godova uz srčiku, dosta je ujednačena, te blago opada prema kori. Radi toga udio kasnog drva u prvim godovima uz srčiku raste, te također počinje opadati tek kod starijih godova iznad 10 godina. Udio kasnog drva u godovima iznosi prosječno 75,2%.

5.1.4 D r v n a v l a k a n a c a

Bagremovina ima vlakanca libriformskog tipa. Rezultati mjerenja dužine, promjera i debljine staničnih stijenki vlakana prikazani su u tabeli br. 1.5 i slikama 1.5 i 1.6. Dužina vlakanaca varira od 0,411 do 1,644 mm, sa srednjom vrijednošću od 0,995 mm. Dužina vlakanaca naglo raste od srčike prema kori do približno 25. goda od srčike, a iza toga ostaje konstantna.

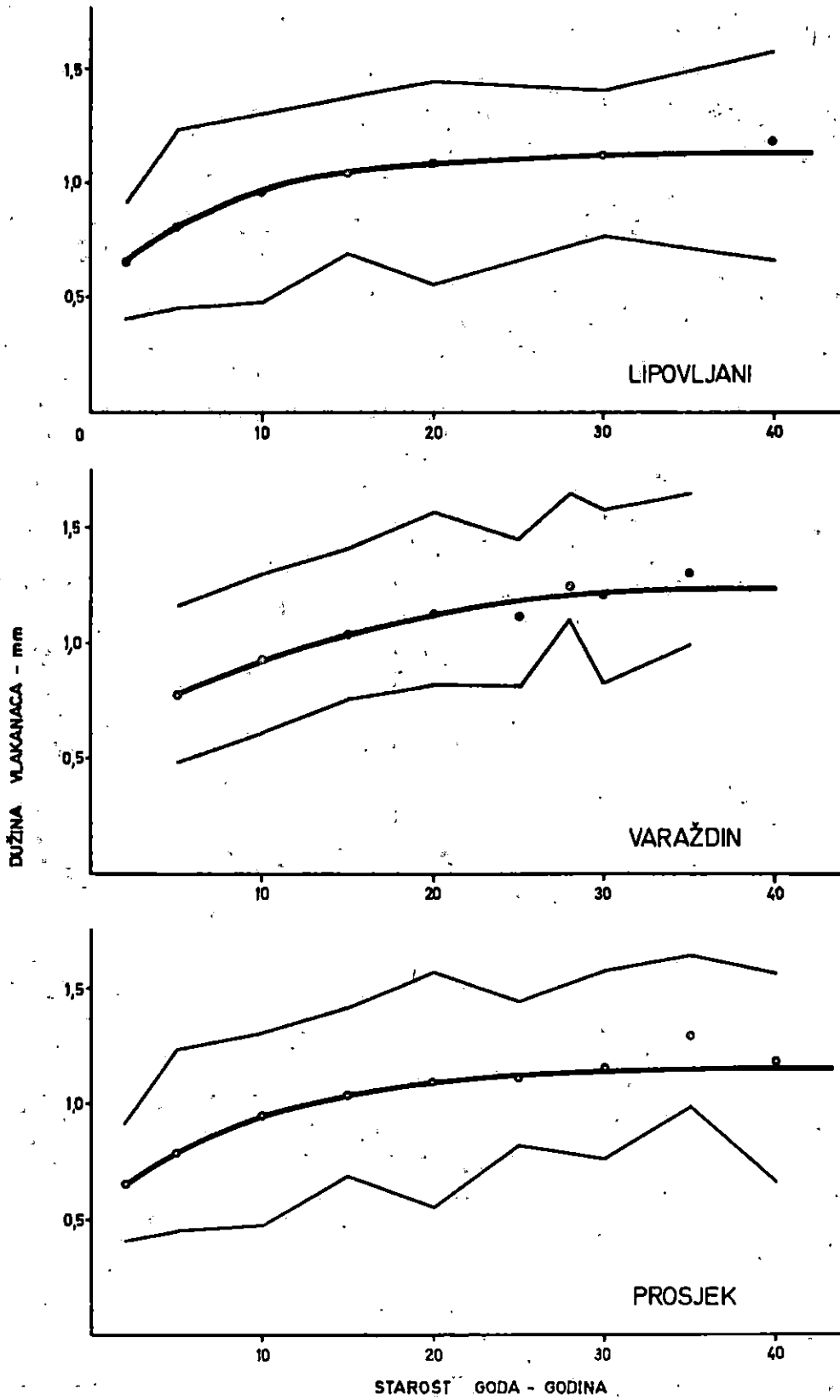
Promjer vlakanaca varira od 8,00 do 23,00 μm sa srednjom vrijednošću od 14,30 μm . Promjer vlakanaca također naglo raste od srčike do približno 25. goda, iza toga varijacije su znatno manje.

Debljina staničnih stijenki drvnih vlakanaca varira od 2,0 do 7,0 μm , sa srednjom vrijednošću od 3,18 μm . Debljina staničnih stijenki raste naglo do približno 25. goda, da bi kasnije poprimila više manje konstantnu vrijednost.

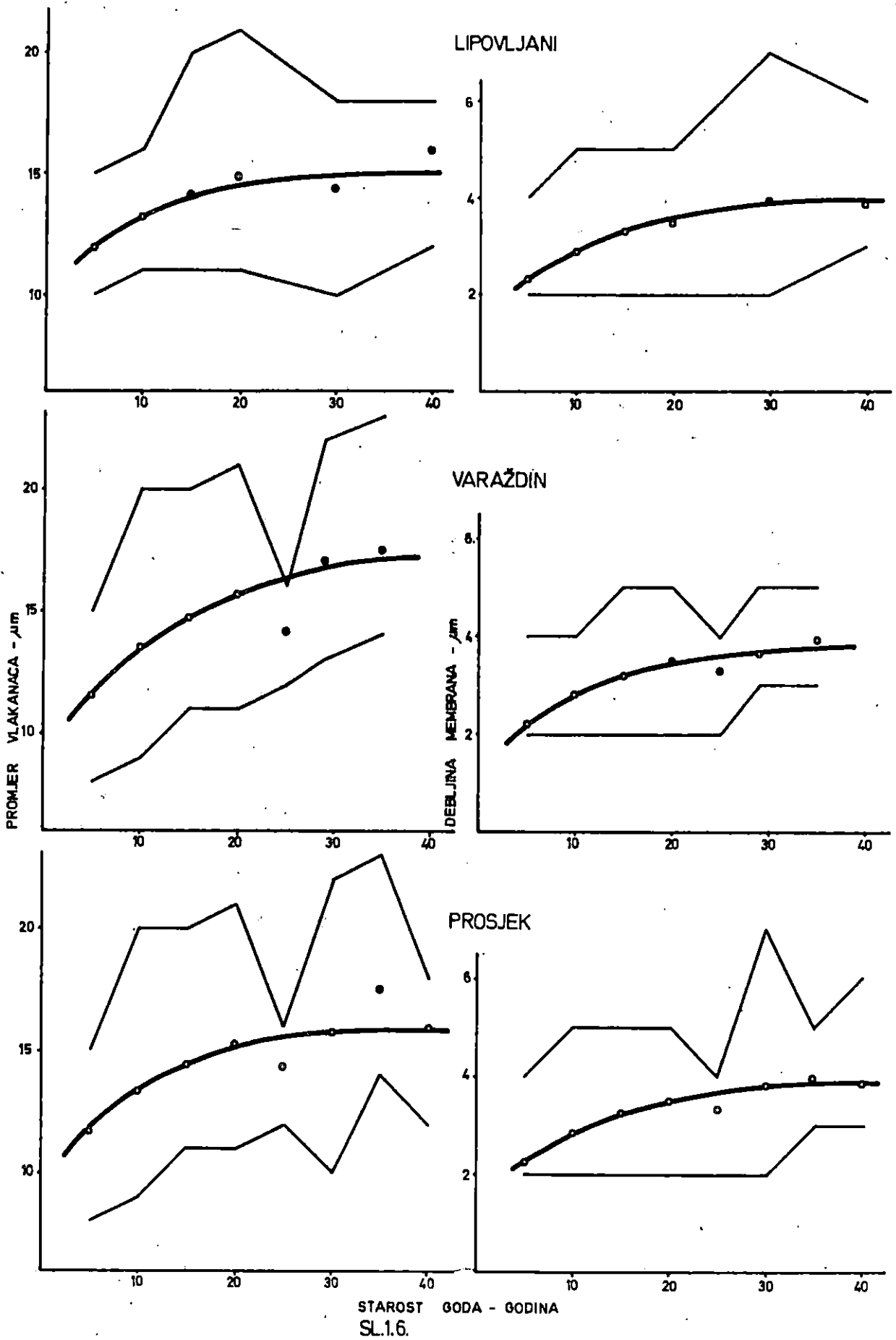
Na osnovu mjerenja volumnog udjela članaka traheja i drvnih trakova određen je volumni udio drvnih vlakanaca u zoni ranog i kasnog drva, prikazan u tab. 1.5a i sl. 1.6a. Iz tabele i slike vidljivo je da udio vlakanaca u ranom i kasnom drvu opada od srčike do približno 25. goda, a kasnije poprima konstantnu vrijednost. Udio vlakanaca u zoni ranog drva bagremovine iznosi u prosjeku 53,3 %, a u zoni kasnog drva 71,0 %. Uzme li se u obzir da je prosječni udio kasnog drva u godovima ispitane bagremovine 75,2 %, proizlazi da je prosječni volumni udio drvnih vlakanaca u ispitanjoj bagremovini 63,44%.

TABELA 1.5.

Lokacija	God od srčike	Broj mjerenja	Dužina vlakana - mm			Promjer vlakana - μm			Debljina stijenki - μm		
			min.	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.
Varaždin	5.	250	0,479	0,774	1.164	8,00	11,50	15,00	2,00	2,18	4,00
	10.	250	0,616	0,932	1.301	9	13,47	20	2	2,80	4
	15.	250	0,753	1,037	1.411	11	14,69	20	2	3,18	5
	20.	250	0,822	1.124	1.507	11	15,64	21	2	3,50	5
	25.	50	0,822	1.115	1.439	12	14,16	16	2	3,28	4
	28.	50	1,096	1.242	1.644	13	17,03	22	3	3,64	5
	30.	150	0,822	1.206	1.576	-	-	-	-	-	-
	35.	150	0,986	1.296	1.644	14	17,47	23	3	3,91	5
Prosjek:		1400	0,479	1,040	1.644	8,00	14,72	23,00	2,00	3,14	5,00
Lipovljani	2.	250	0,411	0,653	0,918	-	-	-	-	-	-
	5.	250	0,452	0,818	1,233	10,00	11,99	15,00	2,00	2,30	4,00
	10.	250	0,480	0,952	1,315	11	13,15	16	2,00	2,89	5,00
	15.	250	0,685	1,035	1,370	11	14,08	20	2,00	3,28	5,00
	20.	250	0,548	1,074	1,438	11	14,82	21	2,00	3,49	5,00
	30.	250	0,767	1,111	1,397	10	14,33	18	2,00	3,91	7,00
40.	100	0,658	1,176	1,507	12	15,96	18	3,00	3,83	6,00	
Prosjek:		1600	0,411	0,950	1,507	10,00	13,84	21,00	2,00	3,22	7,00
Varaždin + Lipovljani	2.	250	0,411	0,653	0,918	-	-	-	-	-	-
	5	500	0,452	0,792	1,233	8	11,75	15	2	2,24	4
	10	500	0,480	0,942	1.315	9	13,31	20	2	2,85	5
	15	500	0,685	1,036	1.411	11	14,38	20	2	3,23	5
	20	500	0,548	1,099	1,507	11	15,23	21	2	3,49	5
	25	50	0,822	1,115	1,439	12	14,16	16	2	3,28	4
	30	450	0,767	1,156	1,644	10	15,68	22	2	3,79	7
	35	150	0,986	1,296	1,644	14	17,47	23	3	3,91	5
40	100	0,658	1,176	1,507	12	15,96	18	3	3,83	6	
Prosjek:		3000	0,411	0,995	1,644	8	14,30	23	2	3,18	7



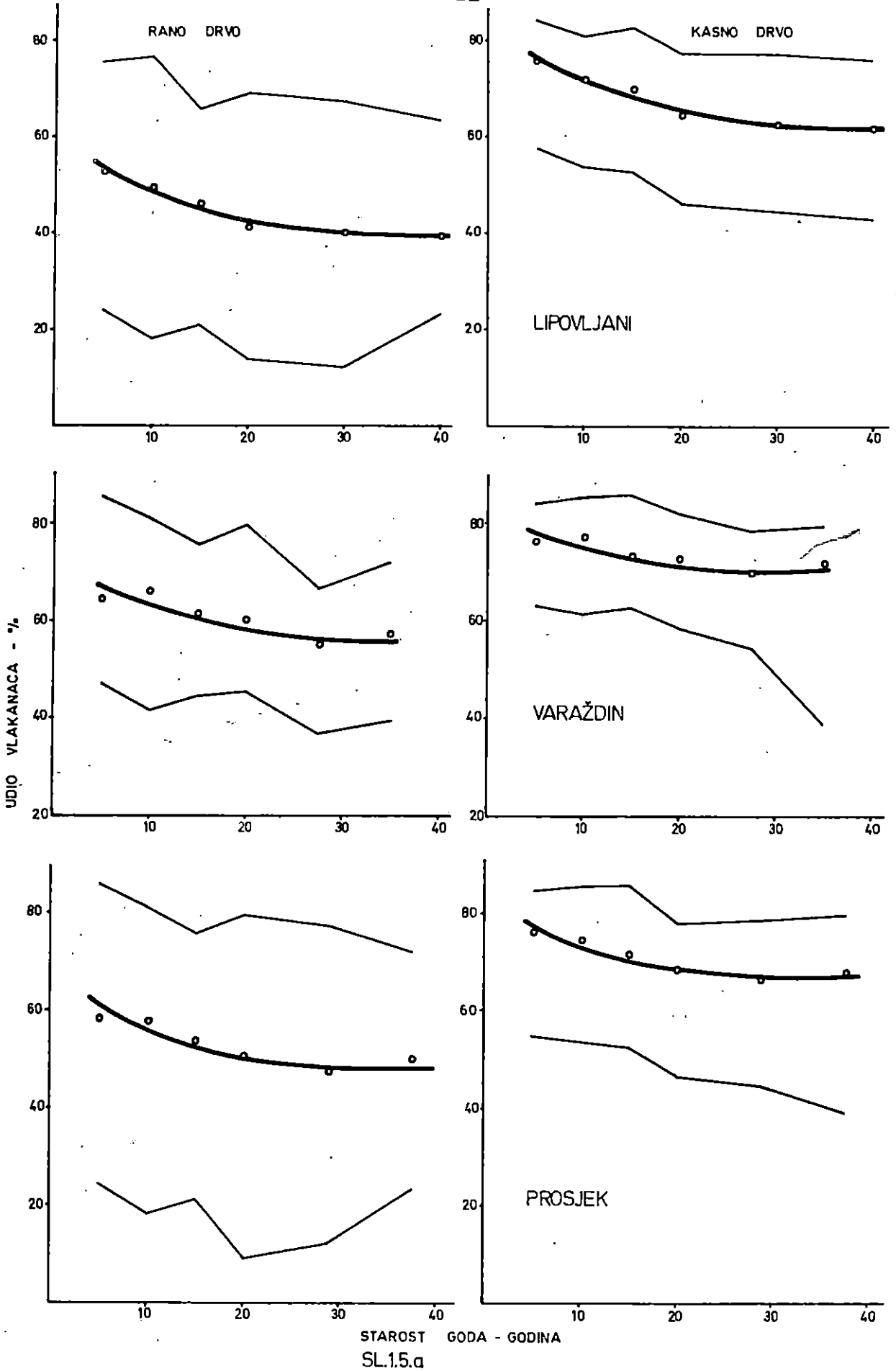
SL.15.



STAROST GODA - GODINA
SL.1.6.

TABELA 1.5.

Lokacija	God od srčike	Broj izmjera	Udio vlakanaca - %					
			RANO DRVO			KASNO DRVO		
			min.	\bar{X}	max.	min.	\bar{X}	max.
Lipovljani	5	50	23,95	52,99	75,48	57,65	75,37	83,95
	10	50	18,11	49,56	76,41	53,39	71,79	80,70
	15	50	20,86	46,10	65,73	52,58	69,72	82,33
	20	50	13,90	41,30	68,68	46,37	64,10	78,24
	30	50	12,13	40,08	67,20	44,44	62,41	78,04
	35	-	-	-	-	-	-	-
	40	20	23,28	39,37	63,25	43,05	61,71	76,06
Prosjek:		270	12,13	45,51	76,41	43,05	68,16	83,95
Varaždin	5	40	47,10	64,84	85,78	58,11	76,72	84,32
	10	50	41,62	66,17	81,05	61,50	77,69	85,42
	15	50	44,33	61,78	75,81	62,78	73,49	85,70
	20	50	45,43	60,32	79,67	82,22	72,97	58,61
	30	50	36,84	55,14	66,55	54,47	70,15	78,54
	35	30	39,48	57,45	71,94	39,19	72,04	79,72
	40	-	-	-	-	-	-	-
Prosjek:		270	36,84	61,07	85,78	39,19	73,87	85,70
Lipovljani + Varaždin	5	90	23,95	58,33	85,78	54,40	76,04	84,32
	10	100	18,11	57,86	81,05	53,39	74,74	85,42
	15	100	20,86	53,93	75,81	52,58	71,60	85,70
	20	100	13,90	50,80	79,67	46,37	68,53	78,20
	30	100	12,13	47,60	67,20	44,44	66,27	78,54
	40	50	23,28	50,22	71,94	39,19	67,91	79,72
Prosjek:		540	12,13	53,30	85,78	39,19	71,02	85,70



5.1.5. Č l a n c i t r a h e j a

Bagremovina ima prstenasto porozni raspored članaka traheja, osim u prvih nekoliko godina uz srčiku (1-3 goda), u kojima postepeno iz difuzno poroznog rasporeda prelazi u tipično prstenasto-porozni raspored. Članci traheja zone ranog drva su kružnog ili eliptičnog oblika, pojedinačni ili u parovima i relativno velikog promjera, stoga su dobro vidljivi prostim okom.

Rezultati mjerenja promjera članaka traheja ranog drva prikazani su u tabeli br. 1.6. i sl.1.7. Promjer članaka traheja ranog drva varira od 0,12 do 0,34 mm, sa srednjom vrijednošću od 0,220 mm. Promjer članaka traheja ranog drva raste, kao i promjer vlakanaca, od srčike do približno 25. goda, a kasnije poprima više manje konstantnu vrijednost. Članci traheja zone kasnog drva poligonalno su spljošteni, u grupama, koje pri kraju goda poprimaju tangentni raspored. Promjer članaka traheja kasnog drva postepeno opada prema granici goda.

Rezultati mjerenja volumnog udjela članaka traheja u ispitanoj bagremovini prikazani su u tabeli br.1.7 i sl. 1.8. Udio članaka traheja kasnog drva varira od 5,38 do 31,86% sa srednjom vrijednošću od 13,79 %. Volumni udio članaka traheja ranog i kasnog drva raste od srčike do približno 25. goda a kasnije prema kori zadržava konstantnu vrijednost. Uzme li se u obzir da je prosječni udio kasnog drva u godovima ispitane bagremovine 75,2 %, proizlazi da je prosječni volumni udio članaka traheja u ispitanoj bagremovini 18,18%.

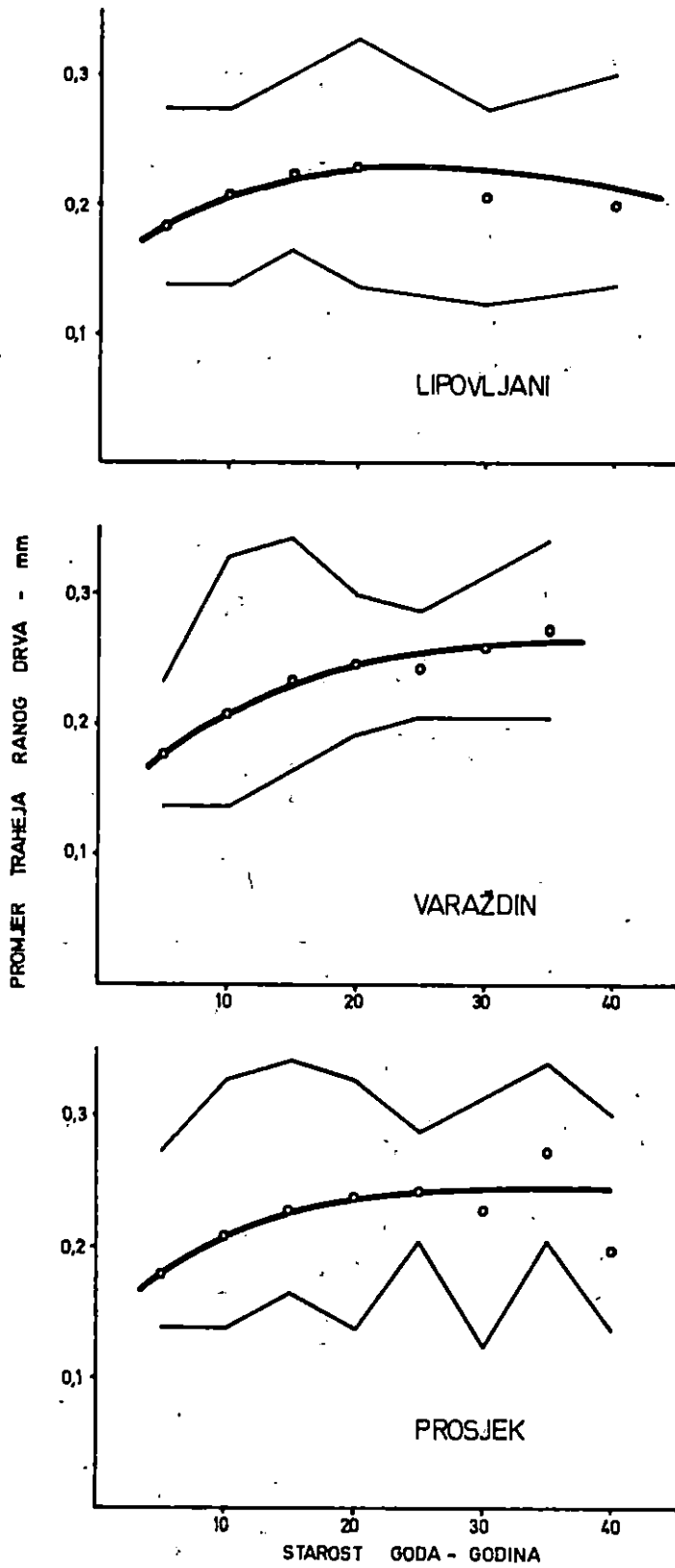
5.1.6. D r v n i t r a c i

Drvni traci bagremovine su homocelularne građe, jedno do petoredni, pretežno troredni.

Rezultati mjerenja volumnog udjela drvnih trakova prikazani su u tabeli br.1.8 i sl.1.9. Udio trakova u ispitanoj bagremovini varira od 9,07 do 25,20%, sa srednjom vrijednošću od 15,14%. Iz tabele i slike uočljivo je da udio drvnih trakova naglo raste do približno 25. goda, a kasnije ostaje konstantan.

TABELA 1.6.

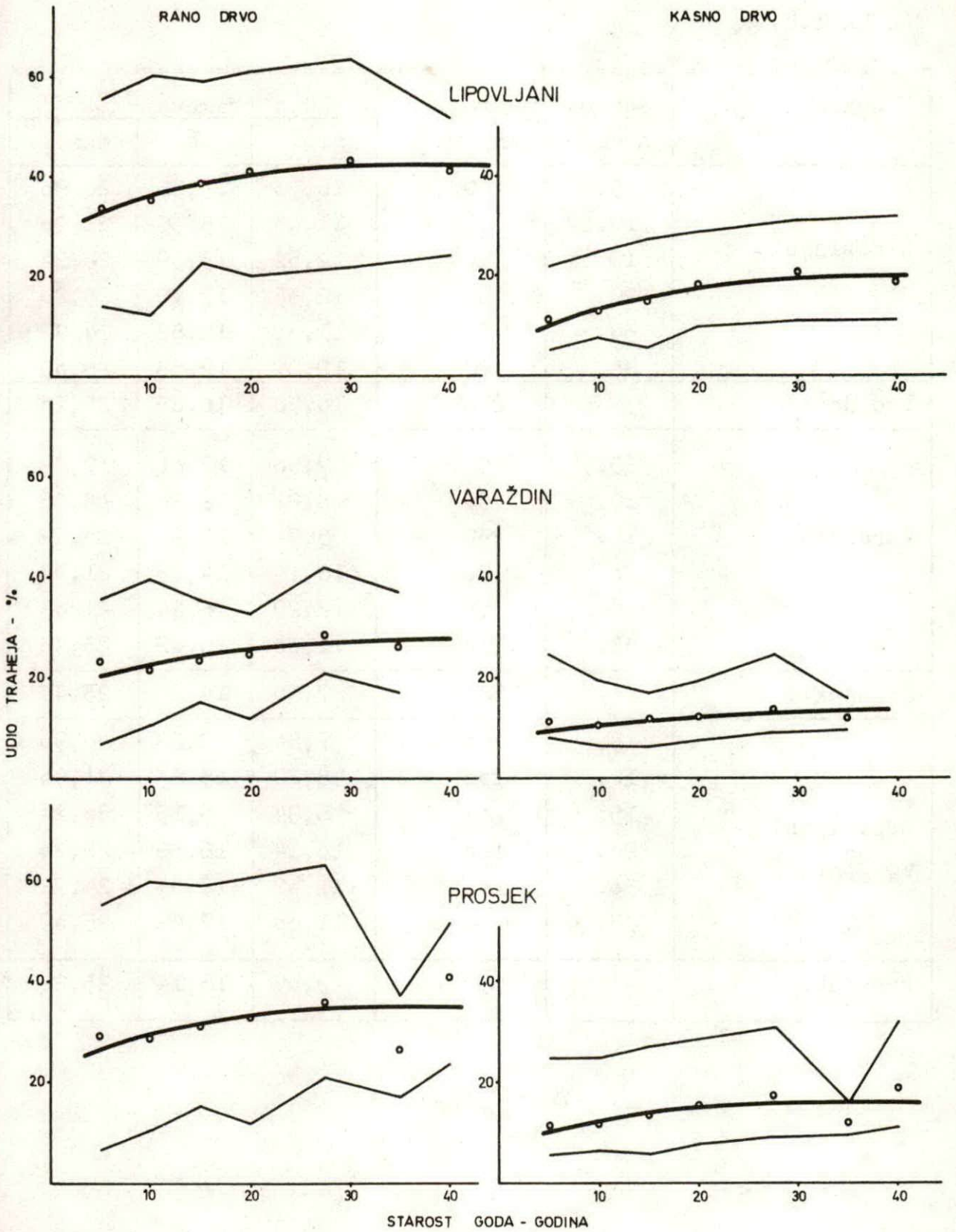
Lokacija	God od srčike	Broj izmjera	Promjer traheja ranog drva - mm		
			min.	\bar{X}	max.
Lipovljani	5	250	0,137	0,182	0,274
	10	250	0,137	0,207	0,274
	15	250	0,164	0,222	0,301
	20	250	0,137	0,229	0,329
	25	-	-	-	-
	30	250	0,123	0,204	0,274
	35	-	-	-	-
	40	100	0,137	0,197	0,301
Prosjek:		1350	0,123	0,210	0,329
Varaždin	5	250	0,137	0,176	0,233
	10	250	0,137	0,208	0,329
	15	250	0,164	0,232	0,342
	20	250	0,192	0,245	0,301
	25	50	0,205	0,241	0,288
	30	200	0,205	0,259	0,315
	35	150	0,205	0,273	0,342
	40	-	-	-	-
Prosjek:		1400	0,137	0,230	0,342
Lipovljani + Varaždin	5	500	0,137	0,179	0,274
	10	500	0,137	0,207	0,329
	15	500	0,164	0,227	0,342
	20	500	0,137	0,237	0,329
	25	50	0,205	0,241	0,288
	30	450	0,123	0,228	0,315
	35	150	0,205	0,273	0,342
	40	100	0,137	0,197	0,301
Prosjek:		2750	0,12	0,220	0,34



SL.17

TABELA 1.7.

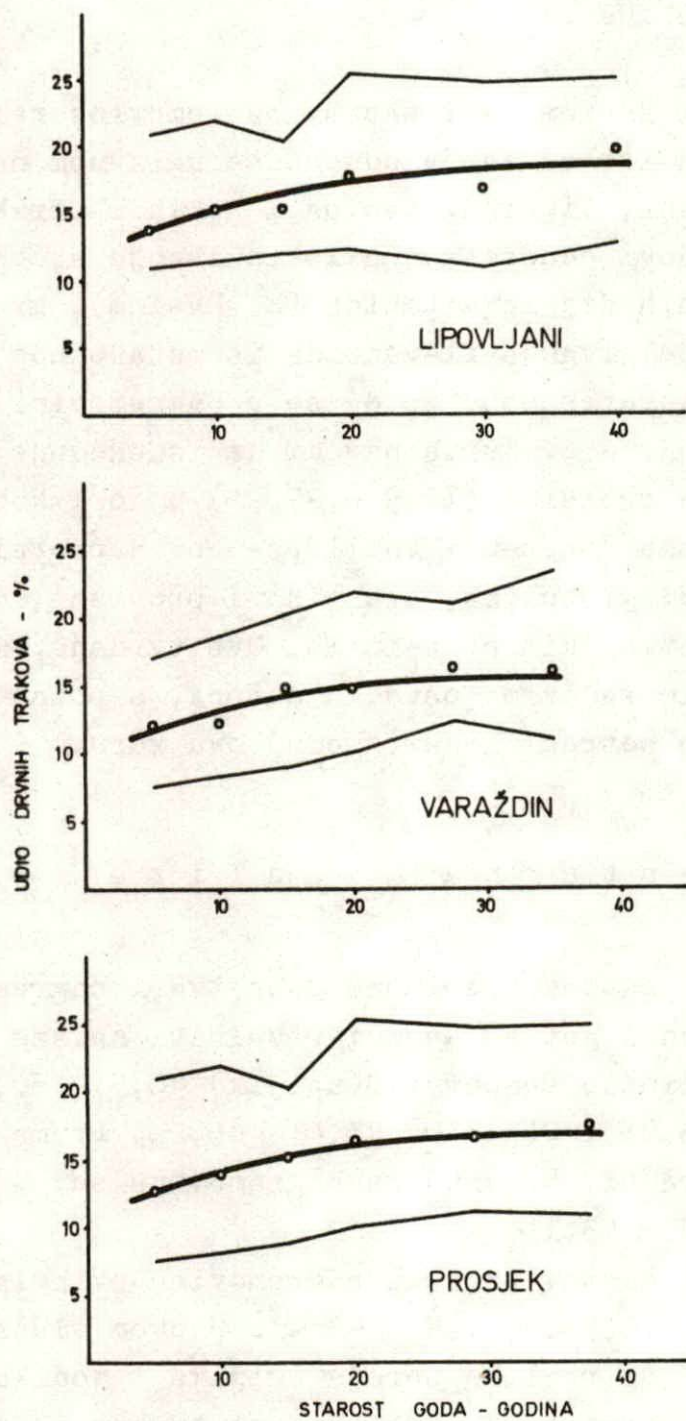
Lokacija	God od srčike	Broj izmjera	UDIO TRAHEJA - %					
			RANO DRVO			KASNO DRVO		
			min.	\bar{X}	max.	Min.	\bar{X}	max.
Lipovljani	5	50	13,82	33,65	55,15	5,38	11,27	21,45
	10	50	12,16	35,06	59,99	7,84	12,83	24,71
	15	50	22,25	38,51	58,90	5,65	14,89	27,18
	20	50	18,97	40,92	60,90	9,41	18,12	28,43
	30	50	21,78	43,10	63,15	10,94	20,77	30,84
	35	-	-	-	-	-	-	-
	40	20	23,88	41,10	51,63	11,07	18,76	31,86
Prosjek:		270	12,16	38,46	63,15	5,38	15,80	31,86
Varaždin	5	40	6,72	23,15	35,71	8,18	11,27	24,70
	10	50	10,73	21,55	39,70	6,36	10,03	19,82
	15	50	15,25	23,32	35,45	6,36	11,61	17,02
	20	50	10,19	24,75	32,58	7,64	12,10	19,40
	30	50	21,16	28,62	42,13	9,17	13,61	24,50
	35	30	17,06	26,53	37,09	9,28	11,94	15,76
	40	-	-	-	-	-	-	-
Prosjek:		320	6,72	20,73	39,70	6,36	9,93	24,70
	5	90	6,72	28,98	55,15	5,38	11,27	24,70
	10	100	10,73	28,31	59,99	6,36	11,43	24,71
	15	100	15,25	30,92	58,90	5,65	13,25	27,18
	20	100	10,19	32,84	60,90	7,64	15,11	28,43
	30	100	21,16	35,86	63,15	9,17	17,19	30,84
	35	30	17,06	26,53	37,09	9,28	11,94	15,76
	40	20	23,88	41,10	51,63	11,07	18,76	31,86
Prosjek:		540	6,27	31,52	63,15	5,38	13,79	31,86



SL.18.

TABELA 1.8.

Lokacija	God od srčike	Broj izmjera	Udio trakova - %		
			min.	\bar{X}	max.
Lipovljani	5.	50	10,70	13,36	20,90
	10.	50	11,43	15,38	21,90
	15.	50	12,02	15,39	20,24
	20.	50	12,35	17,78	25,20
	30.	50	11,02	16,82	24,72
	38.	20	12,87	19,53	25,09
Prosjek:		270	10,70	16,03	25,20
Varaždin	5.	50	7,50	12,01	17,19
	10.	50	8,22	12,28	18,68
	15.	50	8,94	14,90	20,22
	20.	50	10,14	14,93	21,99
	30.	50	12,29	16,24	21,03
	38.	30	11,00	16,02	23,43
Prosjek:		280	7,50	14,28	23,43
Lipovljani + Varaždin	5.	100	7,50	12,69	20,90
	10.	100	8,22	13,83	21,90
	15.	100	8,94	15,15	20,24
	20.	100	10,14	16,36	25,20
	30.	100	11,02	16,54	24,72
	38.	50	11,00	17,42	25,09
Prosjek:		550	9,07	15,14	25,20



SL.19.

5.2. KEMIJSKE OSOBINE

U literaturi je kemijski sastav bagremovine relativno malo obrađen. Sva istraživanja odnose se uglavnom na sadržaj celuloze, pentozana, lignina, tanina i nekih ekstraktivnih tvari. Noviji radovi odnose se na istraživanja akcesornih tvari kao sastavnih dijelova tanina (E. Haslam), kromatografskim metodama odjeljivanja flavanoida iz metanolnog ekstrakta bagremovine. Interesantno je da se u bagremovini nalazi robin otrovan spoj, a E. Kurth navodi da iznenađuje velika količina otrovnih proteina (12,9 - 27,9%) u kori Robinia pseudoacacia. Prema Jones-u i Phillips-u ovaj protein uglavnom se sastoji od: globulina, albumina i proteaze, a slični su biljnim i životinjskim proteinima. Ove tvrdnje nisu potvrđene u kasnijim radovima ostalih autora, a poznato je da neke životinje po potrebi jedu (glođu) ovu koru.

5.2.1. Elementarna analiza

Elementarni sastav apsolutno suhe tvari bagremovine često je ispitivan i gotovo se svi rezultati nalaze u granicama koje je predložio Bunbury: C(ugljik) 48,5 - 50,5 %; H (vodik) 6,1 - 6,9% i O(kisik) 43,4 - 45,2%. Prema podacima iz naše literature (I. Horvat) za bagremovinu su: C - 49,2%; H - 5,9 % i O + N - 43,1%.

Elementarni sastav uzoraka bagremovine ovih istraživanja je: C - 50,2%; H - 6,5%; O + N - 43,4%. U ovom slučaju kisik + dušik su određeni iz razlike zbroja ugljika i vodika i odbijeno od 100. Dušik je određen Kjeldahlovim postupkom i dobiveno je 0,12% N. Veća količina dušika nalazi se u bijeli 0,20% a u srži 0,10% N.

5.2.2. Analiza po kemijskim grupama

Rezultati analize ispitane bagremovine po kemijskim grupama prikazani su u tabelama 2.1 - 2.8.

Tabela 2.1

Bagrem - Lipovljani

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (račun.)	Holoceleuloza (račun.)
		%									
1.1	bijel	11,69	3,58	7,04	2,46	0,61	18,03	46,79	20,34	10,66	77,81
	srž	11,27	7,89	6,57	4,33	0,19	16,97	46,86	21,70	5,17	73,75
1.2	bijel	11,39	3,95	6,83	1,40	0,50	17,94	47,71	18,04	11,86	77,61
	srž	12,08	8,72	6,73	5,06	0,04	17,39	46,73	18,49	8,63	73,85
1.3	bijel	11,62	4,00	6,44	2,42	0,44	18,71	46,61	19,69	10,61	76,41
	srž	10,90	9,49	6,19	5,27	0,01	18,74	46,66	18,28	6,82	71,76
Prosjek bijel		11,56	3,84	6,77	2,09	0,52	18,23	47,04	19,36	11,04	77,28
Prosjek srž		11,41	8,70	6,49	4,88	0,08	17,70	46,75	19,49	6,87	73,12

Tabela 2.2

Bagrem - Lipovljani

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstrak.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (račun.)	Holoce-luloza (račun.)
2.1	bijel	11,42	4,99	6,63	5,29	0,64	21,01	47,63	20,45	5,28	73,36
	srž	11,59	7,69	6,43	7,10	0,29	21,08	45,97	19,34	5,63	70,91
2.2	bijel	11,48	4,46	6,81	3,72	0,54	21,78	47,28	21,39	6,55	75,63
	srž	10,96	6,96	6,44	5,34	0,27	21,78	46,64	20,55	4,55	73,72
2.3	bijel	10,19	4,78	7,63	3,27	0,69	22,40	48,30	19,94	3,89	72,13
	srž	9,15	7,49	7,41	6,22	0,31	21,34	43,74	19,72	7,40	70,84
Prosjek bijel		11,03	4,74	7,02	4,09	0,62	21,73	47,74	20,59	5,24	73,71
Prosjek srž		10,57	7,38	6,76	6,22	0,29	21,40	45,45	19,87	5,86	71,82

Tabela 2.3

Bagrem - Lipovljani

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (račun.)	Holoce-luloza (račun.)
3.1	bijel	11,89	7,70	7,53	6,71	0,51	18,85	43,37	19,78	9,81	72,94
	srž	11,00	10,66	7,17	8,06	0,19	19,49	43,79	20,95	4,92	69,64
3.2	bijel	9,98	3,91	7,03	3,63	0,49	19,42	48,15	18,65	9,28	76,08
	srž	8,86	4,99	7,01	4,14	0,26	20,61	47,73	17,97	8,44	69,14
3.3.	bijel	10,58	10,52	6,65	8,99	0,47	18,64	44,64	19,05	6,66	70,37
	srž	9,52	11,42	6,35	9,48	0,23	20,97	45,65	17,69	4,04	67,38
Prosjek bijel		10,82	7,38	7,07	6,44	0,49	18,97	45,39	19,16	8,58	73,13
Prosjek srž		9,79	9,02	6,84	7,23	0,23	20,36	45,72	18,87	5,80	68,72

Tabela 2.4

Bagrem - Lipovljani

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstrak.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (račun.)	Holoceleuloza (račun.)
4.1	bijel	11,29	8,49	7,15	7,63	0,57	18,10	44,51	19,81	8,32	72,64
	srž	11,25	11,41	6,92	9,23	0,25	18,06	45,30	18,87	6,11	71,28
4.2	bijel	11,53	7,80	6,70	6,59	0,42	18,51	48,37	18,63	6,27	72,27
	srž	11,01	10,72	6,49	8,77	0,21	17,91	48,14	17,02	6,00	71,16
4.3	bijel	11,72	7,42	6,74	6,79	0,39	19,78	46,65	19,44	6,32	72,41
	srž	10,69	10,54	6,45	9,37	0,21	18,72	45,75	17,56	6,82	70,13
Prosjek bijel		11,51	7,90	6,86	7,00	0,46	18,79	46,51	19,29	6,97	72,44
Prosjek srž		10,98	10,89	6,62	9,12	0,22	18,23	46,39	17,82	6,31	70,86

Tabela 2.5

Bagrem - Lipovljani

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (račun.)	Holoce-luloza (račun.)
5.1	bijel	11,94	8,57	6,78	7,14	0,52	18,05	46,43	19,25	7,18	73,86
	srž	10,61	11,61	6,53	8,67	0,21	17,88	46,99	17,39	5,92	70,20
5.2	bijel	11,73	8,22	7,48	6,62	0,44	18,36	47,88	19,55	5,55	72,98
	srž	9,84	11,22	7,09	8,53	0,20	17,61	48,64	17,12	5,21	70,97
5.3	bijel	11,42	7,45	7,43	5,96	0,56	19,81	46,33	21,30	4,55	72,18
	srž	10,66	10,35	7,16	7,59	0,24	19,86	46,52	19,54	3,49	69,52
Prosjek bijel		11,69	8,08	7,23	6,57	0,51	18,74	46,88	20,03	5,76	73,01
Prosjek srž		10,37	11,06	6,93	8,26	0,22	18,45	47,38	18,02	4,87	70,01
Prosjek svih stabala Lipovljani	bijel	11,32	6,39	6,99	5,24	0,49	19,29	46,66	19,68	7,52	73,91
	srž	10,62	9,41	6,73	7,14	0,21	19,23	46,34	18,81	5,94	70,90
	bijel + srž	10,97	7,90	6,86	6,19	0,35	19,26	46,50	19,25	6,73	72,41

Tabela 2.6

Bagrem - Varaždin

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (računski)	Holoceleuloza (računski)
1.2	bijel	7,67	4,13	8,80	6,61	1,19	18,05	51,28	14,03	11,32	76,63
1.2	srž	6,15	5,48	8,55	7,23	0,29	18,45	52,64	14,63	8,51	75,78
1.3	bijel	8,50	7,13	7,22	8,69	1,13	17,91	46,69	17,44	9,70	73,83
1.3	srž	7,29	5,92	7,10	5,97	0,26	19,45	47,64	15,07	11,66	74,37
2.2	bijel	7,93	5,17	8,35	10,63	1,90	17,16	47,98	14,78	13,01	75,77
2.2	srž	6,04	7,54	8,98	8,34	0,33	19,49	45,41	14,55	12,68	72,64
2.3	bijel	8,28	7,52	6,16	9,46	2,10	17,39	43,81	16,04	13,14	72,99
2.3	srž	6,77	6,29	7,45	8,61	0,44	20,21	46,19	17,03	9,84	73,06
Prosjek stabla 1	bijel	8,08	5,63	8,01	7,65	1,16	17,98	48,98	15,73	9,91	75,23
	srž	6,72	5,70	7,82	6,60	0,27	18,95	50,14	14,85	10,08	75,07
Prosjek stabla 2	bijel	8,10	6,34	7,25	10,04	2,00	17,27	45,89	15,41	13,07	74,38
	srž	6,40	6,91	8,21	8,47	0,38	19,85	45,80	15,79	11,26	72,85

Tabela 2.7

Bagrem - Varaždin

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (računski)	Holoce-luloza (računski)
3.2	bijel	7,69	5,24	8,44	9,12	1,48	16,15	48,39	15,14	13,60	77,13
3.2	srž	6,13	5,94	9,13	5,47	0,21	18,14	48,20	14,30	13,21	75,71
3.3	bijel	8,10	12,78	6,90	8,71	1,40	15,98	49,05	14,82	5,97	69,84
3.3	srž	6,47	7,04	7,17	7,51	0,26	17,96	43,49	16,05	15,20	74,74
4.2	bijel	8,42	8,63	7,88	11,22	1,96	16,14	42,25	16,75	14,27	73,27
4.2	srž	6,44	7,98	7,67	6,06	0,23	17,90	47,26	13,72	12,91	73,89
4.3	bijel	9,02	8,57	7,85	12,25	1,96	16,61	40,24	14,04	18,58	72,86
4.3	srž	7,12	9,30	7,46	8,05	0,28	18,30	48,21	17,15	6,76	72,12
Prosjekestabla 3	bijel	7,89	9,01	7,67	8,91	1,44	16,06	49,72	14,98	9,78	73,48
	srž	6,30	6,49	8,15	6,49	0,23	18,05	45,84	15,17	14,20	75,22
Prosjekestabla 4	bijel	8,72	8,60	7,86	11,73	1,96	16,37	41,24	15,39	16,42	73,06
	srž	6,78	8,64	7,56	7,05	0,25	18,10	47,73	15,43	9,83	73,00

Tabela 2.8

Bagrem - Varaždin

Broj stabla i koluta	Dio koluta	Voda	Ekstraktivna tvar M+B	Voda nakon ekstr.	Vodeni ekstrakt	Pepeo	Lignin	Celuloza	Pentozani	Heksozani (računski)	Holoceleuloza (računski)
5.2	bijel	7,04	5,39	7,68	6,38	1,17	16,41	49,08	14,60	13,27	76,95
5.2	srž	6,15	6,48	7,90	5,69	0,20	18,43	49,75	13,45	11,69	74,89
5.3	bijel	7,83	5,27	7,75	8,00	1,05	19,47	47,03	18,19	8,99	74,21
5.3	srž	6,97	6,58	7,74	6,79	0,19	17,18	47,30	15,80	12,95	76,05
Prosjeck stabla 5	bijel	7,43	5,33	7,71	7,19	1,11	17,94	48,05	16,39	11,13	75,58
	srž	6,56	6,53	7,82	6,24	0,19	17,80	48,25	14,26	12,32	75,47
Prosjeck svih stabala Varaždin	bijel	8,04	6,98	7,70	9,10	1,53	17,12	46,77	15,58	12,06	74,34
	srž	6,55	6,86	7,91	6,97	0,26	18,55	47,55	15,10	11,54	74,32
	bijel + srž	7,29	6,91	7,80	8,03	0,89	17,83	47,16	15,34	11,80	74,33
Prosjeck svih stabala Lipovljani + Varaždin	bijel + srž	9,13	7,40	7,33	7,11	0,62	18,55	46,83	17,30	9,27	73,37

Iz tablice 2.1 se vidi da je u stablu 1 iz područja Lipovljani viši sadržaj ekstraktivnih tvari u srži (7,89 - 8,70 - 9,49%) nego u bijeli (3,58 - 3,84 - 4,00%) dok je sadržaj mineralnih tvari (pepeo) manji u srži (0,01 - 0,08 - 0,19%) nego u bijeli (0,44 - 0,52 - 0,61%). Sadržaj lignina, celuloze i pentozana je gotovo isti, dok je sadržaj heksozana u srži niži (5,17 - 6,87 - 8,63%), a u bijeli viši (10,61 - 11,04 - 11,86%). Sadržaj holoceluloze je viši u bijeli nego u srži.

U tablici 2.2 su razlike u sadržaju ekstraktivnih tvari između bijeli i srži manje nego u uzorku iz tabele 2.1, ali također je srž bogatija na ekstraktivnim tvarima od bijeli. Sadržaj vodenog ekstrakta je viši u srži, dok je sadržaj pepela (0,64 - 0,62 - 0,69%) u bijeli viši nego u srži (0,27 - 0,29 - 0,31%).

Sadržaj lignina je podjednak i u srži i u bijeli, dok je sadržaj celuloze i pentozana nešto viši u svim uzorcima bijeli ovog stabla nego u srži.

Iz tablice 2.3 može se zapaziti da su vrijednosti ekstraktivnih tvari u bijeli (3,91 - 7,38 - 10,52%) i srži (4,99 - 9,02 - 11,42%) u prosjeku znatno više od vrijednosti ekstraktivnih tvari iz tablica 2.1 i 2.2.

Ostale vrijednosti analiziranih sastojaka drvene tvari ne pokazuju većih razlika u odnosu na uzorke u tablicama 2.1 i 2.2.

Promatrajući rezultate analiza u tablicama 2.1 - 2:5 možemo zaključiti da je u svim istraživanim uzorcima bagremovine s područja Lipovljana sadržaj ekstraktivnih tvari u bijeli u prosjeku (6,39%) manji od sadržaja ekstraktivnih tvari u srži (9,41%).

Također je vodeni ekstrakt viši u srži (7,14%) od bijeli (5,24%). Međutim, sadržaj mineralnih tvari u prosjeku svih uzoraka s područja Lipovljana veći je u bijeli (0,49%) nego u srži (0,21%).

Sadržaj lignina i celuloze u svim uzorcima je podjednak, a sadržaji pentozana, heksozana i holoceluloze u prosjeku su viši u bijeli nego u srži (tablica 2.5).

Promatrajući rezultate provedenih analiza za uzorke bagremovine s područja Varaždina (tab. 2.6 - 2.8) može se konstatirati da su vrijednosti ekstraktivnih tvari u prosjeku za bijel (5,63% i 6,34%) za stabla 1 i 2 samo malo niže nego za srž (5,70% i 6,91%). Isti zaključak se odnosi i za stabla broj 4 i 5, dok u stablu broj 3 nalazimo obrat: bijel u prosjeku sadrži 9,01% ekstraktivnih tvari, a srž 6,49%.

U sadržaju vodenog ekstrakta nalazimo razliku u odnosu na uzorke bagremovine s područja Lipovljana.

U tablicama 2.6 - 2.8 vidimo da je sadržaj vodenog ekstrakta viši u bijeli nego u srži, a to u prosjeku svih uzoraka iznosi za bijel 9,10%, a za srž 6,97%.

U pogledu sadržaja mineralnih tvari svi uzorci s područja Varaždina imaju viši postotak mineralnih tvari u bijeli (1,53%) u prosjeku nego u srži (0,26%).

Što se tiče sadržaja lignina, može se zapaziti da srž ima nešto viši postotak od bijeli. To u prosjeku svih uzoraka iznosi za bijel 17,12%, a za srž 18,55%, a isti zaključak se odnosi i na sadržaj celuloze: u bijeli 46,77%, u srži 47,55% u prosjeku za sve uzorke.

Vrijednosti za drvene polioze iznose: u prosjeku za sve uzorke bijeli (15,58%), a za srž (15,10%) za sadržaj pentozana, a za heksozane u bijeli (12,06%) i u srži (11,54%) su također nešto više vrijednosti za bijel. Za vrijednosti holoceluloze koje su dobivene računski može se utvrditi da između bijeli (74,34%) i srži (74,32%) nema razlike.

Promatrajući sve analizirane uzorke s područja Lipovljana i Varaždina mogu se uočiti razlike samo u sadržaju drvnih polioza i sadržaju pepela u bijeli. Naime, sadržaj pentozana u prosjeku za područje Lipovljana iznosi 19,25%, a za područje Varaždina 15,34%. Sadržaj heksozana u prosjeku za Lipovljane iznosi 6,73%, a za područje Varaždina 11,80%. Sadržaj mineralnih tvari u bijeli u prosjeku iznosi za područje Lipovljana 0,49%, a za područje Varaždina u bijeli ima 1,53% mineralnih tvari.

5. 2. 3. S a s t a v m o n o s a h a r i d a d r v n i h p o l i o z a

Kromatografijom na papiru određen je kvalitativni i kvantitativni sastav drvnih polioza bagremovine.

Prosječni uzorak uzet iz dva stabla iz lokaliteta Lipovljani i dva stabla iz lokaliteta Varaždin hidroliziran je i u hidrolizatu određeni su monosaharidi i preračunani na polimerne i poliozne šećere. Rezultati određivanja prikazani su u tab.2.9.

Tabela 2.9. Sadržaj monosaharida bagremovine

Prosječni uzorak	glukozani	galaktani	manani	arabani	ksilani
iz Lipovljana	65,3 %	2,2 %	3,0 %	1,8 %	24,0 %
iz Varaždina	65,0 %	2,5 %	1,1 %	2,3 %	24,5 %

Ostatak do 100 % odnosi se na amorfne polioze, pektine, poliuronske kiseline kao i celulozane čvrsto vezane na celulozu.

5. 2. 4. S a d r ž a j t a n i n a u k o r i, b i j e l i s r ž i

Na uzorcima bagremovine određen je sadržaj tanina po filter metodi sa standardnim kožnim prahom.

Rezultati analize bagremovine preračunati su na apsolutno suhu tvar drva i kore a prikazani su u tab. 2.10.

Analize su izvršene na pet uzoraka i to na koru i na drvnu tvar.

Tabela 2.10 Sadržaj tanina - Lipovljani

	Uzorak 1		Uzorak 2		Uzorak 3		Uzorak 4		Uzorak 5	
	kora	drvo	kora	drvo	kora	drvo	kora	drvo	kora	drvo
Tanin %	7,2	4,3	6,9	4,4	7,2	4,4	6,9	4,3	7,0	4,4
Netanin %	4,3	2,6	3,5	2,3	4,8	2,5	3,5	2,2	3,3	2,1

Bijel sadrži beznačajne i zanemarive količine tanina, pa je određivanje izrađeno u ukupnoj masi drva (bez kore). Tanini iz kore sadrže pirokatehinske grupe iz spojeva, koje karakterizira svojstvo kondenzacije štavila. Takove osobine imaju i tanini iz bijeli. Tanini iz srži sadrže pored pirokatehinskih štavila i pirogalolne grupe tj. tanine koji mogu hidrolizirati na glukozu i galnu kiselinu.

Prosječni sastav tanina u kori i drvu bagrema:

	<u>kora</u>	<u>drvo</u>
Tanin %	7,2	4,4
Netanin %	3,8	2,5

Iako tanini iz bagremovine ne dolaze u obzir za proizvodnju tanina u industrijskim mjerilima radi malih količina drvne mase, kao i male količine tanina u drvu, ipak su ove količine tanina korisne za trajnost drva u njegovoj različitoj upotrebi.

Važno je napomenuti da se znanstvena istraživanja kemijskih svojstava bagremovine i ostalih vrsta drva vrlo intenzivno izvode upravo preko ekstrakcije drva s vodom i organskim otapalima da se pronađu one kemijske tvari koje ga štite od propadanja.

5.2.5. E k s t r a k t i v n e t v a r i u d r v u

G. Roux i E. Paulus dobili su ekstrakcijom sa metanolom iz srži drva akacije - *Robinia pseudoacacia*-kristalne flavonoidne tvari izvedene iz flavanskog prstena od kojih najčešće dolazi dihidrorobinetin.

Kromatografijom na papiru (Whatman No.3) metanolne ekstrakcije sa smjesom: 2% octena kiselina - butan-1-ol i vode u odnosu 1:6:2 na kromatogramu se izdvoje: leukorobinetinidin, robinetinidol, dihidrorobinetin, robinetin, robtein, fustin, butin, fizetin i butein, kao i niz još neidentificiranih spojeva.

Primjenjujući Roux-Paulus-ov način izdvajanja flavanoidnih tvari iz metanolnog ekstrakta bagremovine lokacije Lipovljani i Varaždin, a uz upotrebu kromatografije sa silikogelom uz upotrebu smjese vode, octene kiseline i butan-1-ol dobiveni kromatogrami sa karakterističnim površinama, koje su uspoređene sa standardnim uzorcima poznatih flavanoidnih spojeva, dobili su se slijedeći spojevi:

	<u>B a g r e m o v i n a</u>	
	Lipovljani	Varaždin
<u>Leukorobinetinidin</u>		
(flavan-3,4 diol)	2,2 g	21,0 g
<u>Robinetinidol</u>		
(flavan-3 ol)	0,021 g	0,19 g
<u>Dihidrorobinetin</u>		
(2,3 dihidro flavanon)	18,1 g	17,9 g
<u>Robtin</u>		
(flavanon)	0,45 g	0,48 g
<u>Robtein</u>		
(halkon)	0,38 g	0,41 g
<u>Butin</u>		
(flavanon)	0,14 g	0,15 g
<u>Butein</u>		
(halkon)	0,10 g	0,10 g

Smjesa: Robtina, Robteina, Butina i Buteina u starijoj literaturi naziva se Robinetin (flavanon).

Ovom analizom može se potvrditi identičnost bagremovine sa dva različita staništa, kao i identičnost bagrema nepoznate lokacije iz literature.

Iz ovih istraživanja ne može se doći do zaključka da li imaju neke vrijednosti za trajnost i ostale kemijske grupe bagremovine. Sigurno je da ovi kemijski spojevi kao i svi fenoli u drvu pozitivno djeluju na trajnost srži drva.

5.2.6. O g r j e v n a m o ć

Ogrjevna moć bagremovine ispitana je za svaku lokaciju posebno i to u ukupnoj masi usitnjenog drva uz uzimanje prosječnog uzorka na principu četvrtanja. Ispitivanja su izvršena na kalorimetru tipa "Gallenkamp" CBA-301 010 N London England u WRC Stevenage (Water Research Centre).

Od svakog lokaliteta uzet je prosječni uzorak i četvrtanjem uzorka dobivena je količina drva za kalorimetrijska određivanja. Za svaki lokalitet izvršena su tri određivanja i prosjek je dan kao rezultat rada.

	<u>lokalitet Lipovljani</u>	<u>lokalitet Varaždin</u>
I mjerenja	18,80 MJ/kg	18,82 MJ/kg
II "	18,84 MJ/kg	18,85 MJ/kg
III "	18,90 MJ/kg	18,90 MJ/kg
Srednja vrijednost	18,95 MJ/kg	Srednja vrijednost 18,85 MJ/kg

5.3 FIZIČKA I MEHANIČKA SVOJSTVA BAGREMOVINE

5.3.1 F i z i č k a s v o j s t v a

Rezultati istraživanja o fizičkim svojstvima bagremovine prikazani su u tabelama 3.1 - 3.11. Oni će biti predstavljeni u pregledima pod nazivom "Ispitani uzorak" i drugi s nazivom "Visina u deblu 1,3 m". Prvi pregled čine svi rezultati iz pokusnog uzorka od pet stabala sa šest različitih visina u deblu (drvo s visine panja, 1,3 m, 7 m, 9 m, 13 m i 16 m). Drugi pregled čine rezultati ispitivanja drva bagrema iz visine prsnog promjera. Nadalje će se u jednom i u drugom pregledu izdvojeno prikazati fizička svojstva kore, bjeljike, srževine i drva srca.

Predstavljeni rezultati istraživanja odnose se na drvo bagrema s područja šumarije Lipovljani, šumski predjel "Lubar-denik".

Tabela 3.1 - Sadržaj vode u sirovom i prosušenom drvu, (%).

	I s p i t a n i sirovo stanje	u z o r a k prosušeno stanje
broj proba	466	460
granice	24,4 - 78,2	6,5 - 18,9
sred.vrijednost	37,1	10,39
standard.devijac.	4,53	1,77
greška sred.vrijed.	0,21	0,08
greška stand.devijac.	0,15	0,06

Tabela 3.2 - Obujamska masa bagremovine, (kg/m^3).

	I s p i t a n i		u z o r a k	
	sirovo stanje	prosušeno	standard. suho	nominalna
broj proba	467	464	460	465
granice	630-1120	570-1030	560-960	500-770
sred.vrijedn.	931	809	775	660
standard.devij.	39	70	67	54
greška srednje vrijednosti	4,1	3,2	3,1	2,5
greška stand. devijacije	2,9	2,3	2,2	1,8

Tabela 3.3 - Linearno utezanje bagremovine, (%).

	I s p i t a n i u z o r a k		
	longitudinalno	radijalno	tangencijalno
broj proba	27	29	29
granice	0,2 - 1,5	4,6 - 6,9	7,2 - 10,4
šrednja vrijed.	0,46	5,6 (0,240)*	8,8 (0,378)*
standard.devijacija	0,3	0,6	0,8
greška sred.vrijed.	0,06	0,11	0,15
greška stand. devij.	0,04	0,08	0,10

* - vrijednosti u zagradama su koeficijenti linearnog utezanja

Tabela 3.4 - Volumno utezanje i vlažnost zasićenja vlaknaca, (%).

	I s p i t a n i u z o r a k		
	volum.utezanje	koef.vol.utez.	vlaž.zasić.vlak.
broj proba	466		466
granice	8,1 - 20,6		12,7 - 40,8
srednja vrijed.	15,1	0,649	23,3
standard.devijacija	4,51	-	8,89
greška sred.vrijed.	0,209	-	0,41
greška stand.devij.	0,148	-	0,29

U tabelama 3.5 - 3.12 prikazani su podaci fizičkih svojstava prvo za "Ispitani uzorak" i drugo za "Visina u deblu 1,3 m", posebno za koru, bjeljiku, srževinu i drvo srca. Namjera je bila da se u prvom pregledu dobije uvid u varijacije svojstava bagremovine bez obzira na mjesto po visini debla. Rezultati pod "Visina

u deblu 1,3 m" izdvojeni su prvo radi usporedbe prema rezultatima "Ispitani uzorak" i drugo radi toga što se materijal za standardna ispitivanja uzima s visine prsnog promjera. Time je omogućeno analiziranje fizičkih svojstava unutar ispitane bagremovine, te usporedba s rezultatima istraživanja drugih autora.

Razmatranja rezultata fizičkih svojstava bagremovine u transverzalnom smjeru, skupno, bez obzira na mjesto po visini debla, te posebno drva iz visine 1,3 m u deblu, izvršeno je iz više razloga. To su različitost u strukturi i kemijskom sastavu floema i ksilema, varijacije elemenata strukture i kemijskog sastava bjeljike, srčevine i drva srca, proces osržavanja, juvenilno (mlado) i adultno (zrelo) drvo, udaljenost od srčike i starost. Pojedinačno analiziranje rezultata prema navedenim faktorima prelazi okvire ove studije. Ipak će se, iza svakog tabelarnog pregleda, komentirati uočene varijacije pojedinog fizičkog svojstva, uzimajući u obzir i navedene faktore.

Tabela 3.5 - Sadržaj vode u sirovom stanju, (%).

	I s p i t a n i		u z o r a k	
	Kora	Bijel	Srž	Srce
Srednja vrijed.	87,58	54,42	36,8	34,8
standard.devijac.	28,93	13,9	4,7(4,14)	2,05
greška sred.vrij.	3,43	1,5	0,96	0,92
greška stand.devij.	2,43	1,1	0,68	0,65
broj proba	71	86	361	19
	V i s i n a u		d e b l u 1,3 m	
srednja vrijed.	88,01	56,62	38,192	33,27
stand.devijacija	14,85	9,36	6,111	4,07
greška sred.vrij.	3,71	2,09	0,57	2,04
greška stand.devij.	2,62	1,48	0,40	1,44
broj proba	16	20	115	4

Iz tabele 3.5 se vidi da je sadržaj vode najveći u kori, manji u bijeli, a gotovo podjednak u srževini i drvu srca. Ovaj trend jednoličnog rasporeda sadržaja vode u drvu bagrema sličan je onom za hrastovinu (76%) i jasenovinu (44 - 50%) J.F. Lutz dobio je gotovo iste podatke za američku bagremovinu (40%). Podaci u tabeli 3.5, za grupe podataka iz dvaju razmatranih skupova, gotovo i ne pokazuju velike razlike. Ovaj komentar ne osniva se na statističkoj provjeri signifikantnosti razlika.

Tabela 3.6 - Obujamska masa sirovine bagremovine, (kg/m^3).

	I s p i t a n i u z o r a k			
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	595,07	927,24	927,27	820,0
standard.devijacija	96,076	76,67	83,11	74,8
greška srednje vrijed.	11,40	8,36	4,37	16,33
greška stand.devijac.	8,062	5,91	3,09	11,55
broj proba	71	85	361	21
	V i s i n a u d e b l u 1,3 m			
srednja vrijednost	495,6	967,5	902,57	766,0
standard.devijacija	38,88	83,299	77,69	75,52
greška srednje vrijed.	9,72	18,626	17,37	33,77
greška stand.devijac.	6,87	13,171	12,28	23,88
broj proba	16	20	115	5

Raspored obujamske mase kore i drva bagrema u sirovom stanju prikazan je u tabeli 3.6. Najveću masu po jedinici volumena ima bijel, dok je ona za srževinu i drvo srca manja, a najmanja je za koru. Veća obujamska masa bjeljike posljedica je veće količine mineralnih tvari u drvu bijeli nego u srževini, a na to upućuju i istraživanja I. Opačića i V. Sertića.

Tabela 3.7 - Obujamska masa prosušene bagremovine, (kg/m^3).

	I s p i t a n i		u z o r a k	
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	470,8	837,19	804,96	722,38
standardna devijacija	11,2	66,92	64,06	55,45
greška srednje vrijed.	1,33	7,39	3,37	12,10
greška stand.devijacije	0,94	5,22	2,38	2,56
broj proba	71	82	361	21
vlažnost	12,0	10,5	10,2	10,5
	V i s i n a u d e b l u 1,3 m			
srednja vrijednost	371,87	817,78	791,64	672,5
standardna devijacija	40,03	53,91	61,08	59,74
greška srednje vrijed.	10,01	12,71	5,69	29,87
greška stand.devijacije	7,08	8,98	4,03	21,12
broj proba	16	18	116	4
vlažnost	13,1	11,0	10,3	9,9

U tabeli 3.7 prikazani raspored obujamske mase prosušenog drva istog je trenda kao i onaj za obujamsku masu sirovog drva i kore bagrema. Obujamska masa kore manja je od istog svojstva drva bagrema za razliku od drva hrasta i jasena. Prema istraživanjima S. Bađuna, J.M. Harkina i J.W. Rowea, ona je kod hrasta najednaka ili veća ($655 \text{ kg}/\text{m}^3$) od drva hrasta; a kod jasena znatno veća ($721 \text{ kg}/\text{m}^3$) nego za drvo jasena.

Tabela 3.8 - Obujamska masa standardno suhe bagremovine, (kg/m³).

	I s p i t a n i		u z o r a k	
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	446,91	785,06	776,11	697,78
standardna devijacija	87,08	96,97	59,47	
greška sred.vrijed.	10,56	10,77	3,13	11,90
greška stand.devijac.	7,47	7,62	2,21	8,42
broj proba	68	81	361	18
	V i s i n a		u d e b l i n i	
				1,3 m
srednja vrijednost	354,37	786,11	760,83	680,0
standardna devijacija	43,01	79,73	61,03	21,2
greška sred. vrijed.	10,75	18,79	5,69	10,61
greška stand.devijac.	7,60	12,29	4,02	7,50
broj proba	16	18	115	4

Obujamska masa standardno suhe kore i drva bagrema u tabeli 3.8 pokazuje isti trend razlika kao kod prosušenog i sirovog stanja. Kako je ovdje eliminiran faktor sadržaja vode, očito je da su te razlike posljedica strukture i kemijskog sastava kore, bijeli, srževine i drva srca. Pod drvom srca podrazumijeva se ovdje srčika i nekoliko godova u njenoj okolini. Manja obujamska masa drva srca, od one drva bijeli i srži, posljedica je prisustva srčike i gotovo difuznog rasporeda elemenata građe u tim godovima u odnosu na prstenastoporoznu srževinu, B. Petrić. Obujamska masa kore 354 - 447 kg/m³ veća je od iste za američki bagrem 238 - 320 kg/m³, J.M. Harkin i J.W. Rowe.

Tabela 3.9 - Nominalna obujamska masa bagremovine, (kg/m³).

	I s p i t a n i		u z o r a k	
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	329,85	637,43	674,62	615,26
standardna devijac.	64,997	47,19	39,45	41,34
greška sred.vrijed.	7,82	5,34	2,08	9,48
greška stand.devij.	5,53	3,78	1,47	6,71
broj proba	69	78	360	19
	V i s i n a		u d e b l u 1,3 m	
srednja vrijednost	260,62	622,78	653,38	602,5
standardna devijac.	27,03	43,56	47,07	10,897
greška sred.vrijed.	6,76	10,27	4,39	5,45
greška stand.devij.	4,78	7,26	3,10	3,85
broj proba	16	18	115	4

Nominalna obujamska masa u tabeli 3.9, pokazuje nešto drugačiji raspored nego obujamska masa sirovog, prosušenog i standardno suhog drva. Drvo bijeli ima manju nominalnu obujamsku masu od drva srži. Razlog tome treba tražiti u izlaženju nekih kemijskih sastojaka (ekstraktivne tvari) iz drva bijeli u toku sušenja do 0% sadržaja vode.

Tabela 3.10 - Volumno utezanje bagremovine, (%).

	I s p i t a n i u z o r a k			
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	26,08	19,81	13,47	11,86
standardna devijac.	6,48	3,53	1,64	1,73
greška srednje vrijed.	0,78	0,41	0,086	0,396
greška stand.devij.	0,55	0,29	0,061	0,28
broj proba	69	75	360	19
	V i s i n a u d e b l u 1,3 m			
srednja vrijednost	26,23	20,987	14,72	11,87
standardna devijac.	5,13	3,54	1,93	1,46
greška sred.vrijed.	1,28	0,83	0,18	0,73
greška stand.devij.	0,91	0,59	0,13	0,52
broj proba	16	18	115	4

Volumno utezanje bagremovine u tabeli 3.10 najveće je za koru, veće za drvo bijeli od onoga za srževinu, a najmanje je za drvo srca. Zbog pomanjkanja istraživanja domaće bagremovine podaci o utezanju u stručnoj literaturi ne odgovaraju za našu bagremovinu. Već iz vrijednosti volumnog utezanja ovih istraživanja vidljivo je da se domaća bagremovina više uteže. Linearno utezanje za domaću bagremovinu iznosi od 4,6 - 6,9% u radijalnom smjeru i 7,2 - 10,4 u tangencijalnom smjeru.

Tabela 3.11 - Vlažnost zasićenja vlakanaca, (%).

	I s p i t a n i u z o r a k			
	Kora	Bijel	Srž	Srce
srednja vrijednost	-	30,64	19,998	19,38
standardna devijac.	-	5,90	3,63	3,11
greška sred.vrijed.	-	0,69	0,19	0,77
greška stand.devijac.	-	0,49	0,13	0,50
broj proba	-	73	360	19
		V i s i n a u d e b l u 1,3m		
srednja vrijednost	-	32,86	22,64	19,71
standardna devijac.	-	4,99	3,47	2,41
greška sred.vrijed.	-	1,18	0,32	1,20
greška stand. devijac.	-	0,83	0,23	0,85
broj proba	-	18	115	4

Vlažnost zasićenja vlakanaca bagremovine u tabeli 3.11 određena je metodom utezanja. Ona je izrazito veća za drvo bijeli nego za srževinu. Razlog tomu je vjerojatno veći udjel heksozana (I.Opačić i V. Sertić) u bijeli nego u srži bagrema. Poznato je, da je relativni kapacitet za vodu drvnih polioza, kamo spadaju i heksozani, veći od ostalih sastojaka. Njihovim većim udjelom, za pretpostaviti je, da će i točka zasićenosti vlakanaca takvog drva biti veća. U odnosu na druge domaće vrste drva, bagremovina spada među vrste s najmanjom točkom zasićenosti vlakanaca.

5.3.2 Mehanička svojstva

Mehanička svojstva bagremovine ispitana su na uzorcima drva, koje je, iz pokusnih stabala, ispiljeno s visine 1,3 m. Ispitivanja su izvršena nakon kondicioniranja proba u uvjetima klime u laboratoriju. Vlažnost proba iznosila je u času ispitivanja 9,3% i ustanovljena je odmah nakon ispitivanja gravimetrijskom metodom. Dobiveni rezultati mehaničkih svojstava bagremovine preračunati su na vlažnost 12% pomoću izraza:

$$S_2 = S_1 / 1 - k (V_2 - V_1) /$$

gdje su S_2 i S_1 mehanička svojstva pri vlažnosti V_2 i V_1 ; k je korekcionni faktor. Taj faktor, prema podacima FPL Madison, iznosi za:

- čvrstoća na savijanje	4%
- modul elastičnosti	2%
- čvrstoća na tlak	6%
- tvrdoća poprečnog presjeka	4%
- tvrdoća radijalnog i tangencijalnog presjeka	2,5%

Podaci o mehaničkim svojstvima bagremovine prikazani su u tabeli 3.12.

Tabela 3.12 - Mehanička svojstva bagremovine

Proba	Vlažnost	Obujam. masa	Granice od	do	Sred. vrij.	Stand. devij.	Greška sr.vr.	Greška st.dev.
Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima								
19	9,3	792	409	751	628	50	11	8
	12	799			527			
44	9,3	777	642	952	791	73	11	7
	12	784			663			
Čvrstoća na tlak okomito na vlakanca (radijalno)								
17	9,3	792	128	316	260	47	11	3
	12	799			218			
Čvrstoća na tlak okomito na vlakanca (tangencijalno)								
17	9,3	792	117	323	185	49	12	8
	12	799			155			

Tabela 3.12 - Mehanička svojstva bagremovine

Pro- ba	Vlaž- nost	Obujam. masa	Granice od do	Sred. vrij.	Stand. devij.	Greška sr.vr.	Greška st.dev.
kom	%	kg/m ³			daN/cm ²		
Čvrstoća na savijanje							
37	9,3 12	777 784	981 1886	1550 1383	195	32	23
Modul elastičnosti (10 ³ daN/cm ²)							
32	9,3 12	777 799	122,0 215,7	162,7 154,0	21,1	3,7	2,6
Čvrstoća na udar (J/cm ²)							
35	9,3	777	3,1 24,6	16,95	4,2	0,7	0,5
Tvrdća poprečnog presjeka (Brinell-Mörath, N/mm ²)							
20	9,3 12	792	72,4 113,6	87,7 78,3	11,5	2,6	1,8
Tvrdća radijalnog presjeka (Brinell-Mörath, N/mm ²)							
20	9,3 12	792 799	31,8 72,4	49,6 46,2	9,9	2,2	1,6
Tvrdća tangentnog presjeka (Brinell-Mörath, N/mm ²)							
20	9,3 12	792 799	28,5 65,5	45,5 42,4	11,2	2,5	1,8
Tvrdća poprečnog presjeka (G.Janka daN/cm ²)							
18	9,3 12	792 799	560 1040	774 691	140	33	23
Tvrdća radijalnog presjeka (G.Janka daN/cm ²)							
18	9,3 12	792 799	555 975	777 724	136	32	23
Tvrdća tangentnog presjeka (G.Janka daN/cm ²)							
18	9,3 12	792 799	510 1185	758 707	163	38	27
Žilavost po Monninu							
44	9,3	777	1,528 1,981	1,959	-	-	-

5.4 NEKE TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE BAGREMOVINE

5.4.1 Prikladnost bagremovine za savijanje

U ovim se istraživanjima, za ocjenu svojstava savijanja masivnog drva bagremovine, primjenio kriterij koji se temelji na naprezanjima i deformacijama kod ispitivanja čvrstoće na tlak i savijanje. Kod ispitivanja čvrstoće na tlak mjerena je veličina tlačne deformacije na granici gnječenja, a kod savijanja naprezanja i progib na granici proporcionalnosti i na granici loma. Osnovna zamisao bila je utvrditi maksimalnu tlačnu deformaciju i žilavost, kao vrlo značajne parametre za ocjenu svojstva savijanja masivnog drva.

U tu je svrhu, po istoj metodici za bukovinu i bagremovinu, utvrđena maksimalna tlačna deformacija i žilavost. Obilježja pokusnog materijala dana su u slijedećem pregledu:

Oznaka	Stanje	Temperatura	Vlažnost, %	Uzoraka
I	NPL [*]	20°C	8-12	10
II	PL [*]	50°C	23-28	10
III	PL	70°C	23-28	10
IV	PL	90°C	23-28	10

^{*}NPL - netretirani uzorci; PL - tretirani uzorci

Podaci maksimalne tlačne deformacije, čvrstoća na tlak, naprezanje i progib na granici proporcionalnosti, maksimalni progib i čvrstoća na savijanje, poslužili su za izračunavanje kriterija za ocjenu svojstva savijanja masivnih obradaka bukovine i bagremovine. U tabeli 4.1 prikazani su podaci za relativnu maksimalnu tlačnu deformaciju.

4.1 Relativna maksimalna tlačna deformacija

Oznaka	Bukovina		Bagremovina	
	deformacija, %	odnos	deformacija, %	odnos
I	5,07	1,00	5,24	1,00
II	8,3	1,64	14,98	2,85
III	12,3	2,42	14,85	2,83
IV	11,1	2,20	18,10	3,44

Iz tabele 4.1 se vidi da se relativna tlačna deformacija povećava kod tretiranih proba i to više za drvo bagrema, nego za bukovinu. Teorijsko značenje povećanja tlačne deformacije za proces savijanja masivnih obradaka je poznato. Ovdje se želi samo istaći praktična vrijednost ovog pokazatelja za ocjenu svojstva savijanja, po kojem je ono bolje u bagremovine nego bukovine.

Kao drugi kriterij za ocjenu svojstva savijanja masivnog drva bagrema i bukve uzeta je žilavost. Žilavost je svojstvo drva kojim se ono pod utjecajem vanjskih sila trajno deformira, a da pri tom ne dolazi do loma. Žilavost je iskazana prema izrazima koje su predložili Monnin i Janka. Monninov koeficijent žilavosti određuje se iz odnosa

$$Q_Z = \frac{S_B}{S_C}$$

gdje je S_B - čvrstoća na savijanje, a S_C - čvrstoća na tlak. G. Janka je žilavost izrazio jednadžbom:

$$Z = \frac{Y_B - Y_P}{S_B - S_P}$$

gdje su Y_B odnosno Y_P veličine progiba u trenutku loma odnosno na granici proporcionalnosti, a S_B odnosno S_P čvrstoća savijanja odnosno naprezanja pri savijanju na granici proporcionalnosti. U tabelama 4.2 i 4.3 prikazani su ovi pokazatelji žilavosti.

4.2 - Žilavost po Monninu

Oznaka	Bukovina		Bagremovina	
	koeficijent	odnos	koeficijent	odnos
I	1,62	1,00	1,76	1,00
II	2,53	1,56	1,96	1,10
III	2,27	1,40	3,22	1,83
IV	2,60	1,60	1,95	1,10

4.3 - Žilavost po Janki

Oznaka	Bukovina		Bagremovina	
	Z	odnos	Z	odnos
I	0,00093	1,00	0,00091	1,00
II	0,00317	3,41	0,00308	3,38
III	0,00302	3,24	0,00357	3,80
IV	0,00457	4,91	0,00518	5,69

Iz tabela 4.2 i 4.3 se vidi kako se mijenja savitljivost kod tretiranih i netretiranih proba bukovine i bagremovine. I po ovim pokazateljima bagremovina ispoljava bolja svojstva savijanja od bukovine. Monninov koeficijent žilavosti čini se da je manje "osjetljiv" na promjene stanja od jednadžbe Janke za iskazivanje savitljivosti odnosno svojstva savijanja masivnog drva. Podaci za izračunavanje ovih pokazatelja, metodika rada i odgovarajuće analize iznesene su u radu H. Turkulina.

Istraženi pokazatelji mogu poslužiti kao kriterij za ocjenu svojstava savijanja masivnog drva. Budući da se određuju laboratorijskim mjerenjima, ponovljivi su i mogu se uključiti kod standardnih ispitivanja mehaničkih svojstava drva. Verifikaciju valjanosti ovih kriterija treba još provjeriti u tehnologiji savijanja drva.

5.42 Ocjena prikladnosti bagremovine za proizvodnju rezanog furnira

Ova se razmatranja osnivaju na studiji izrađenoj u FPL Madison "Veneer species that grow in the United States", 1972. Zbog sve veće potrošnje furnira i furnirskih ploča, a sve manje drva poznatih vrsta za izradu furnira, studijom je trebalo utvrditi potencijalne vrste za proizvodnju furnira između američkih vrsta drveća. Podaci se temelje na rezultatima ranijih i novih istraživanja u FPL Madison ili drugim institucijama.

U studiji je razmatrano 98 vrsta listača iz 38 rodova i 60 vrsta četinjača iz 13 rodova. Kategoriziranje u furnirsku sirovinu izvršeno je prema nizu kriterija, koji uključuju karakteristike trupaca, greške i elemente makrostrukture, te fizička i mehanička svojstva razmatranih vrsta drva. Nadalje su utvrđene tehnologijske karakteristike neophodne za proizvodnju furnira, koje su se temeljile na eksperimentalnom rezanju, industrijskom iskustvu ili fizičkim i mehaničkim svojstvima drva. Ovdje je bilo uključeno zagrijavanje trupaca, parametri rezanja, sušenje, te greške kod sušenja i rezanja. Na temelju tih podataka sačinjena je lista vrsta drva prikladnih za proizvodnju furnira u Americi. U toj listi je i bagrem (black locust, *Robinia pseudoacacia* L.).

Kod ocjene prikladnosti pojedine vrste drva, prema razmatranim karakteristikama za trupce i drvo, ponašanje kod rezanja, sušenja i dr., svaka je karakteristika bila vrednovana oznakom A B ili C. Oznaka A značila je vrlo prikladno za proizvodnju furnira, oznaka B osrednje prikladno i C manje poželjno za furnir.

Razmatrane karakteristike za bagremovinu bile su u kategoriji B i C. Kod karakteristika trupca ekscentričnost i zakrivljenost (C), pad promjera (B), raspukline, okružljivost, trulež, urasla kora, ozlijede, i dr. (B), kvrgavost i bušotine od insekata (C), otežano strojno koranje. Po fizičkim i mehaničkim svojstvima američka bagremovina i bagremovina ispitana u ovom radu (srževina) imaju slijedeće vrijednosti:

	B a g r e m o v i n a	
	američka	Lipovljani
Sadržaj vode u sirovom stanju, %	40	38
Nominalna obujamska masa, kg/m ³	660	653
Radijalno utezanje, %	4,6	5,6
Tangentno utezanje, %	7,2	8,8
Volumno utezanje, %	10,2	14,7
Čvrstoća na tlak, daN/cm ²	716	663
Čvrstoća na savijanje, daN/cm ²	1364	1383
Modul elastičnosti, 10 ³ daN/cm ²	144,1	154,0
Tvrdoća (bočna)	771	715

Prikladnost za proizvodnju rezanog furnira ocijenjena je na bazi podataka eksperimentalnog rezanja, te fizičkih i mehaničkih svojstava bagremovine. U laboratorijskom pokusu utvrđeno je, da se fličevi bagremovine zagrijavani na 80°C mogu lako tangencijalno rezati u furnire debljine 0,7 mm. Ostale značajke važne za proizvodnju furnira su kategorije B, tj. osrednje prikladno (raspućavanje pri zagrijavanju, osjetljivost na podešenost noža i pritisne letve, grešaka kod sušenja i grešaka površine furnira).

Uvrštena u listu vrsta drva za furnir u Americi, ističe se, da na temelju pokusnog rezanja, uz uvjet da ima dovoljno furnirskih trupaca, bagremovine se može upotrijebiti za izradu plemenitog furnira zbog atraktivne teksture i boje, tvrdoće i dobrog lijepljenja. Kako se fizička i mehanička svojstva domaće bagremovine, osim vrijednosti utezanja, gotovo podudaraju s onima za američku bagremovinu, to preporuka povezana s izradom furnira vrijedi i za domaći bagrem.

5.43. Ocjena prikladnosti bagremovine za proizvodnju stupova i rudničkog drva

Rezultati kemijske analize upućuju na veliku prirodnu trajnost bagremovine srži. Zbog kratkoće istraživanja i pomanjkanja mikološkog laboratorija nisu se mogla izvršiti ispitivanja prirodne trajnosti bagremovine.

Prema podacima iz svjetske literature (FPR Bull.54, FPR rec. 30, FPR note 40) prirodna trajnost srži bagremovine iznosi 20-30 godina. Kao takova, bagremovina je veoma pogodno drvo za elektrovodne i PTT stupove, rudničko drvo kao i ostale proizvode iz drva koji se u upotrebi dolaze na otvorenom prostoru u direktnom doticaju sa tlom.

Širina bjeljike u bagremovoj deblovini, što pokazuju rezultati ovih istraživanja, je uska. Ipak kod dimenzija stupova njezin je udio u građi stupova srazmjerno velik. Zbog toga bi se bagremovi stupovi i rudničko drvo trebali impregnirati, jer je prirodna trajnost njegove bjeljike vrlo mala u odnosu na trajnost srži. Kako su u srži bagremovine traheje

potpuno ispunjene tilama, a u bjeljici se tile ne formiraju, penetracija bjeljike je velika, a srži mala. Bjeljika čini vanjski omotač stupova, koji je najviše izložen razgradnji mikroorganizmima. Radi toga i zbog dobre permabilnosti bjeljike, stupove bi trebalo impregnirati tako da se bjeljika potpuno impregnira, dok srž obzirom na malu permabilnost, ali veliku prirodnu trajnost, nebi trebalo impregnirati, što bi svakako ubrzalo proces impregnacije.

Kod ostalih proizvoda iz bagremovine koji u upotrebi dolaze na otvoren prostor bez direktnog kontakta sa tlom, kao što su građevna stolarija i drvene oplata, treba izbjeći bjeljiku.

6. DISKUSIJA

6.1 Strukturne karakteristike

Istraživanja strukturnih karakteristika ispitane bagremovine ukazuju da nema signifikantnih razlika u strukturi bagremovine u odnosu na spomenute lokalitete. Struktura ispitane bagremovine i njena usporedba sa strukturom bagremovine, jasenovine i bukovine, našim najznačajnijim tvrdim listačama, uzetim iz stručne literature, prikazana je u tabeli 6.11.

Tabela 6.11 - Komparacija strukture bagremovine

Vrsta drva	Bagrem Lipovljani Varaždin	Bagrem /1/	Hrast /1/	Hrast /2/	Jasen /1/	Bukva /1/
Udio traheja-%						
- rano drvo:	38,46	-	-	37,16	-	-
- kasno drvo:	15,18	-	-	12,72	-	-
- prosjek:	21,42	15,00	39,40	-	12,10	31,00
Dužina vlakana-mmm:	0,995	1,000	0.880	1,610	0,150- 1,600	0,600- 1,300
Promjer vlakana-um:	14,30	8,90	16,70	16,89	18,60	14,60
Debljina stijenki vlakana - um:	3,18	1,95	2,10	2,98	1,80	3,70
Udio vlakana-%						
- rano drvo:	46,40	-	-	33,43	-	-
- kasno drvo:	69,06	-	-	57,87	-	-
- prosjek:	63,44	58,00	44,30	-	62,40	34,70
Udio drvnih trakova - % :	15,14	21,00	16,20	29,41	14,90	27,00

/1/: Wagenfürh, Scheiber: "HolzAtlas", Leipzig, 1974.

/2/: Petrić, Šukanec: Drvna industrija, 32 /11-12/, 1981.

Iz tabele je uočljivo da naša bagremovina ima nešto veće volumni udio članaka traheja i drvnih vlakana, veći promjer vlakana sa debljim staničnim stijenkama a manji udio drvnih trakova od bagremovine iz stručne literature. Uspoređujući bagremovinu sa navedenim tvrdim listačama u tabeli 6.11, vidljivo je da bagremovina ima osrednju dužinu i promjer drvnih vlakana, da vlakana bagremovine imaju srazmjerno debele stanične stijenke i da je udio drvnih vlakana u ispitanjima bagremovini najveći. Ovi pokazatelji ukazuju na najveću obujamsku masu bagremovine u usporedbi s navedenim vrstama drva, a time i na veoma dobra mehanička svojstva. Rezultati ispitivanja varijacija dimenzija elemenata građe ukazuju da period formiranja juvenilnog drva u bagremu traje oko 25 godina, što je kraći period u usporedbi s hrastom, jasenom i bukvom. Varijacije volumnog udjela elemenata građe, varijacije širine godova i udjela kasnog drva u godovima ukazuju da bi obujamska masa bagremovine unutar debla, osim u nekoliko godova u srcu, trebala opadati od srčike prema kori.

6.2 Kemijske osobine

Iz rezultata kemijske analize može se uočiti da nema značajnih razlika u kemizmu bagremovine u odnosu na spomenute lokalitete. Ekstraktivne tvari u metanol-benzenu (M+B), pokazuju veće vrijednosti u srži nego u bjeljici, a kreću se od 10-12 %, što su u odnosu na hrastovinu bukovinu, grabovinu i topolovinu 3-5 puta veće vrijednosti. Bagremovina dakle sadrži velike količine masti i masnih kiselina, fitosterola, smolnih kiselina, voskova i smola, koje igraju važnu ulogu u očuvanju drva od propadanja, a utječu i na čvrstoću i cjepljivost. Kod toga je znatno otpornija srž, koja čini znatno veći dio drva bagrema, a sadrži važne flavonske komponente od kojih, čini se najvažniju ulogu ima dihidrorobinetin. Vodeni ekstrakti kreću se od 5-8 %, a čine ga najviše taninske tvari i topivi dio drvnih polioza. U srži ih ima više nego u bjeljici, te imaju znatnog udjela u konzerviranju drva i povećanju njegove prirodne trajnosti. Količina pepela znatno je veća u bjeljici nego u srži, što je u skladu s činjenicom da su mineralne tvari prisutne uz kambij i nagomilavaju se u mrtvoj kori. Količine lignina, celuloze, pentozana, heksozana i holoceluloze u prosjeku su kao i kod drugih listača.

6.3 Fizička i mehanička svojstva

Za pravilnu upotrebu općenito, a za optimalno korišćenje neke vrste drva posebno, potrebno je poznavati karakteristike vezane uz prirodu drva kao materijala, tehnološke karakteristike drva i postupaka prerade, te ponašanje u upotrebi koja se temelji na osnovnim svojstvima drva ili iskustvu.

Za bagremovinu su proučene one koje se osnivaju na strukturi, kemijskom sastavu, fizičkim i mehaničkim svojstvima, te empiriji. Budući da su fizička i mehanička svojstva drva posljedica njegova kemijskog sastava i građe, rezultati dosadašnjih istraživanja raznih autora prikazat će se usporedno u tabelama 6.31 i 6.32. Za bagremovinu iz Lipovljana prikazani su rezultati za drvo srži.

6.31 - Fizička svojstva

svojstvo:	Göhre	Brown	Lutz	Lexa	Bagrem Lipovljani
Obujamska masa					
-sirovog drva	-	-	-	-	903
-prosušenog drva	756	785	-	760	792
-standardno suhog	717	769	-	730	761
-nominalna	638	-	660	600	653
Utezanje					
-longitudinalno	0,12	-	-	0,13	0,46
-radijalno	4,7	4,4	4,6	3,9	5,6
-tangencijalno	6,9	6,9	7,2	5,8	8,8
-volumno	11,4	9,8	10,2	9,8	14,7
Točka zasić.vlak	21,8	-	-	-	22,6

6.32 - Mehanička svojstva

Svojstvo:	Göhre	Kollmann	Lutz	Lexa	Bagrem Lipovljani
Čvrstoća ₂ na tlak daN/cm ²	719	730	716	590	663
Čvrstoća ₂ na savijanje daN/cm ²	1361	1500	1364	1200	1383
Modul elastičnosti 10 ⁹ daN/cm ²	112,7	136,00	144,1	136	154,0
Čvrstoća na udar, J/cm ²	13,5	13,0	-	11,4	16,95
Tvrdoća, daN/cm ²					
-frontalna	-	870	-	870	691
-bočna	-	-	771	770	715

Poznavanje sadržaja vode u drvu (tab. 3.1) nakon sječe i izrade važno je za terete u mehanizaciji šumarstva, transportu trupaca, primarnoj tehnologiji drva (pilanska prerada, proizvodnja furnira, predsušenje i sušenje drva, impregnacija). Vlažnost prosušenog drva pokazatelj je desorpcijskog sadržaja vode, koji je u ovim istraživanjima ostvaren kondicioniranjem u sobnim uvjetima kroz godinu dana. Njena prosječna vrijednost može poslužiti orijentaciono kao vlažnost higroskopske ravnoteže u proizvodnji namještaja i opremi interijera.

Obujamska masa sirovog drva (tab. 3.2) važna je za radove u mehanizaciji šumarstva, transportu trupaca, primarnoj tehnologiji drva, kod opterećenja transportera, strojeva, alata i hidrotermičke obrade. Obujamska masa prosušene bagremovine značajna je za finalne proizvode od drva bagrema. Obujamska masa standardno suhe bagremovine važna je komparativna vrijednost za analize prema vrstama istog roda ili ostalim vrstama drva. Značajna je za izračunavanje nekih drugih fizičkih svojstava bagremovine. Nominalna obujamska masa važna je za šumarsku bioproizvodnju, mehaničku i kemijsku preradu drva. Ona izražava masu suhe drvne supstance u jedinici sirovog volumena.

Poznavanje utezanja bagremovine (tab. 3.3 i 3.4) važno je za primarnu tehnologiju drva, finalnu tehnologiju drva i ponašanje proizvoda od drva u upotrebi. Nepoželjno je svojstvo, naročito kada uzrokuje deformacije oblika. Koeficijenti linearnog i volumnog utezanja izražavaju promjenu dimenzija i volumena za promjenu sadržaja vode od 1% u higroskopskom području vlažnosti. Važni su pokazatelji za potrebe mehaničke prerade (piljeni proizvodi, nadmjera i dr.). Vlažnost zasićenja vlaknaca važna je sa stajališta fizike i mehanike drva, sušenja drva i tehnoloških karakteristika pri mehaničkoj preradi.

Iz podataka u tabeli 6.31 i 6.32 vidi se da postoje neznatne varijacije u vrijednostima fizičkih i mehaničkih svojstava bagremovine s raznih staništa, osim vrijednosti linearnog i volumnog utezanja. Prisutne razlike ipak su posljedica varijacija u histološkoj građi i vjerojatno razlika kemijskih osobina, a što je vezano na stanište.

Ova je analiza učinjena da bi se na osnovi nje, i ranije iznijetih istraživanja nekih tehnologijskih karakteristika bagremovine, mogli razmatrati načini upotrebe koji se spominju u stručnoj literaturi.

Usporedba fizičkih i mehaničkih svojstava bagremovine s istim svojstvima hrastovine lužnjaka i bukovine prikazana je u tabelama 6.33 i 6.34.

Podaci u tabeli 6.33 i 6.34 za hrastovinu i bukovinu odnose se na hrastovinu lužnjaka iz istog šumskog predjela "Lubardnik" (S. Bađun) odakle je i ispitana bagremovina, hrast lužnjak (I. Horvat) iz Posavine, Podravine i Baranje, a podaci za bukvu odnose se na bukovinu iz Petrove Gore s nadmorske visine 300 - 480 m.

6.33 - Fizička svojstva

Svojstvo	Bagrem Lipovljani	Hrast (1)*	Hrast (2)	Bukva (3)
Obujamska masa, kg/m ³				
- sirovog drva	903	-	-	-
- prosušenog drva	792	648	670	728
- standardno suhog	761	616	625	703
- nominalna	653	527	535	577
Utezanje, %				
- longitudinalno	0,46	-	0,46	-
- radijalno	5,6	4,9	4,9	5,5
- tangentno	8,8	9,8	9,4	12,2
- anizotropija utezanja	1,57	2,00	2,04	2,22
- volumno	14,7	14,2	14,2	17,4
Točka zasićenosti, %	22,6	26,9	26,6	30,2

6.34 - Mehanička svojstva

Svojstvo	Bagrem Lipovljani	Hrast (1)*	Hrast (2)	Bukva (3)
Čvrstoća na tlak, daN/cm ²	663	455	473	656
Čvrstoća na savij, daN/cm ²	1383	1010	1257	1320
Modul elast. 10 ³ daN/cm ²	154,0	86,9	-	122,6
Tvrdoća, daN/cm ²				
- frontalna	691	479	-	922
- bočna	715	-	-	-
Čvrstoća na udar, J/cm ²	16,9	7,2	7,6	9,5
Žilavost (po Monninu)	2,09	2,22	2,66	2,01

* (1) - S. Bađun, Drvna industrija 1965, br. 1-2.
 (2) - I. Horvat, Šumarski list 1957, br. 9-10.
 (3) - I. Horvat, Drvna industrija 1969, br. 11-12.

Iz podataka u tabeli 6.33 uočljivo je da bagremovina ima veću obujamsku masu od hrastovine i bukovine. Radijalno utezanje bagremovine je veće od istog utezanja hrastovine i bukovine, ali je tangencijalno utezanje manje. Takvo transverzalno utezanje bagremovine razlog je i manjoj anizotropiji utezanja i to za oko 22% u odnosu na hrastovinu i skoro 30% prema bukovini. Manja anizotropija transverzalnog utezanja bagremovine upućuje na konstataciju, da će kod nje, u odnosu na hrastovinu i bukovinu, biti manje izražene deformacije oblika. Što se tiče promjena dimenzija u higroskopskom području, one će biti jednoličnije u radijalnom i tangencijalnom smjeru, ali veće nego u hrastovine. Razlog tome je veličina utezanja i relativno mala vrijednost točke zasićenosti vlakanaca. Za istražene domaće komercijalne vrste drva bagremovina ima najmanju točku zasićenosti vlakanaca.

Iz podataka u tabeli 6.34 vidi se da bagremovina ima bolja mehanička svojstva od hrastovine i bukovine. Ta veća čvrstoća, elastičnost i žilavost (otpornost na udar) prednost su bagremovine u gotovim proizvodima, ali su i faktor koji utječe na lakoću obrade drva bagrema u odnosu na hrast i bukvu. Bagremovina posjeduje veliki stupanj elastičnosti i žilavosti. Između istraženih domaćih vrsta drva ona pokazuje najveću vrijednost modula elasticiteta i otpornosti na udar. Po tim svojstvima jednaka je hikorijevidni. Ova svojstva bagremovine čine ju pogodnom za širu upotrebu u proizvodima, gdje su ta svojstva najznačajnija karakteristika drvnog materijala.

7. ZAKLJUČAK

Iz rezultata ovih i ranijih istraživanja, osnovne utilizacijske karakteristike bagremovine vezane su na:

1. struktura drva: udio libriformskih vlakana, odnos njihova promjera i debljine stijenke, tekstura, boja.
2. kemijski sastav: trajnost, otpornost na djelovanje mikroorganizama, toplinska vrijednost, (moć ogrijevanja), plastičnost.
3. fizička svojstva: obujamska masa, (gustoća), permeabilnost
4. mehanička svojstva: čvrstoća, elastičnost, tvrdoća, žilavost.
5. tehnološke karakteristike: interakcijsko ponašanje pri obradi i postupcima izrade gotovih proizvoda.

U vezi s time prevladavajuće utilizacijske karakteristike s pojedinim načinima upotrebe iznijet će se u slijedećem pregledu:

TRAJNOST: Rudničko drvo, stupovi, drvo u zgradarstvu, vinogradarstvu, ograde, željeznički pragovi, bačve, šindra.

ČVRSTOĆA, TVRDOĆA, I ŽILAVOST: Kolarsko drvo, alati, držala oruđa, sportske potrepštine, pragovi za vrata, parket, stepenice, podovi za štale, ambalaža, građevno drvo, jarboli.

OBRADA: Tokareni proizvodi, pokućstvo, namještaj, lijepljenje, drvene obloge, (vanjske i unutarnje)

TOPLINSKA VRIJEDNOST: Ogrjevno drvo

Sa stajališta deficitarosti pojedinih vrsta drva i potrebe zamjene jako vrijednih vrsta, može se preporučiti korišćenje bagremovine za slijedeće upotrebe:

OBLA GRAĐA: Stupovi za vodove, rudničko drvo,

GRAĐEVINARSTVO: parket, obloge iz masivnog drva (unutarnje i vanjske), stepeništa, pragovi, drvene ograde

GALANTERIJSKI PROIZVODI: Tokareni, pločasti, sastavljeni

NAMJEŠTAJ: Savijeni namještaj, vrtni namještaj, rustikalni namještaj.

OSTALO: Bačve, rezani furnir.

L I T E R A T U R A

1. BADUN, S.: Prilog proučavanju svojstava kore hrasta, jasena i jele. Šum. fak. Zagreb. Bilten ZIDI 5 (1977):1-2, s. 1-28.
2. BOSSHARD, H.H.: Holzkunde. Band 1. Birkhäuser Verlag. Basel 1974.
3. BROWN, H.P., PANSIN, A.J., FORSAITH, C.C.: Textbook of Wood Technology. Vol. 1, 1. izd. Mc Graw-Hill. New York 1949.
4. BROWNING, B.L.: Methods of Wood Chemistry, I i II dio, New York, 1967.
5. DAVIS, E.M.: Machining and Related Characteristics of US Hardwoods. Tech.Bull. No. 1267. U.S.Dep. of Agric. For.Serv. Washington 1962.
6. FARMER, R.H.: Handbook of Hardwoods. Izd. 2, HMSO London 1972.
7. FREUDENBERG, K.: Tanin-Zellulose-Lignin, Berlin 1933.
8. FREUDENBERG, K.: Die Chemie der Natürlichen Gerbstoffe, Berlin 1920.
9. GIORDANO, G.: Tecnologia del Legno. Vol. 3. Torino 1976.
10. GNAMM, H.: Die Gerbstoffe und Gerbmittel, Stuttgart 1952
11. GOEHRE, K.: Die Robinie (falsche Akacie) und ihre Holz. Berlin 1952.
12. GOTTWALD, H.: Handhölzer. Hamburg 1958.
13. HARKIN, J.M. i ROWE, J.W.: Bark and its possible uses. U.S. Dept. Agric. For. Prod. Lab. Research note FPL-091. Madison 1971.
14. HARRIS, E.: Trees and Shrubs of Britain, London 1981.
15. HASLAM, E.: Chemistry of Vegetable Tannins, London 1968.
16. HÄGGLUND, E. Chemistry of Wood, New York 1951.
17. HORVAT, I.: Bagrem obični. Šumarska enciklopedija. Sv. 1,2. izd. JLZ. Zagreb 1980.
18. JANE, F.W.: The structure of wood, A.C.Black Ltd., London, 1970.
19. KLEIN, G. : Spezielle Analyse, Wien 1932.
20. KOENIG, E.: Holz-Lexikon. Band 2., 2. izd. Stuttgart 1972.
21. KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Band 1., 2., izd. Springer Verlag. Berlin 1951.

22. KOLLMANN, F. i CÔTE, W.: Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag. New York 1968.
23. KRPAN, J.: Istraživanje prirodnog sušenja ogrijevnog drva. Drvna industrija 9 (1958):11-12, s. 154-164.
24. LEXA, J., NEČESANY, V., i dr.: Technologia dreva. Mehanicke a fyzikalne vlastnosti dreva. Sváz. 1. Rott Bratislava, 1952.
25. LUTZ, J.F.: Veneer species that grow in the United States U.S. Dept. of Agric. For. Prod. Lab. Madison Research Paper FPL 167. Madison 1972.
26. NIKITIN N.I.: Die Chemie des Holzes, Berlin 1955.
27. PANSHIN, A.J., DE ZEEUW, C., BROWN, A.P.: Textbook of Wood Technology. Vol. 1, 2. izd. Mc Graw-Hill. New York 1964.
28. PETRIĆ, B. i ŠČUKANEC, V.: Neke strukturne karakteristike zrelog drva domaćeg hrasta lužnjaka, Drv. Ind., 32 (11-12), 1981.
29. PHILLIPS, R.: Trees in Britain, Europa and North America, London 1983.
30. RABER, O.: The History of Shipmast Locust. Jour. of Forestry. Vol. 36 (1938), No. 11, s.1116 - 1119.
31. SANDERMANN, W.: Grundlagen der Chemie und Chemischen Technologie des Holzes, Leipzig 1956 i 1963.
32. STEVENS, W.C. i TURNER, N.: Solid and Laminated Wood Bending. FRRL, London 1948.
33. TRENDELENBURG, R.: Das Holz als Rohstoff. München-Berlin 1939.
34. TURKULIN, H.: Ispitivanje čvrstoće na tlak i savijanje bukove i bagremovine pri različitim uvjetima temperature i sadržaja vode. Diplomski rad. Šum. fak. Zagreb. Rukopis s. 1 - 68. Zagreb 1984.
35. TSOUMIS, G.: Wood as Raw Material. Oxford 1968.
36. UGOLEV, B.N.: Drevesinovedenie s osnovami Lesnovo tovarovedenija. Lesnaja promysl. Moskva 1975.
37. UGRENOVIĆ, A. i HORVAT, I.: Tehnologija drva. 2. izd. Nakladni zavod Hrvatske. Zagreb 1950.
38. WAGENFÜHR, R.: Anatomie des Holzes, VEB Vlg., Leipzig 1966.

39. WAGENFÜHR, R. SCHEIBER CHR.: Holzatlas, Leipzig 1974.
40. WISE, L.F., JAHN, E.C.: Wood Chemistry, New York 1952.
41. - : Wood Handbook: Wood as an Engineering Material.
Handbook No 72, U.S. Dept. of Agricul. For. Prod.
Laboratory Washington D.c.1974.
42. - : Robinie als Grubenholz in Vergleich zu anderen
Holzarten. Holz als Roh- und Werkstoff. S. (1942):
9, s. 342.
43. - : Holz-Struktur und Eigenschaften. Rheinisch Bergi-
sche Druck. Düsseldorf.
44. - : The natural durability of Timber, For. Prod. Res.
Rec. No 30, London 1959.
45. - : The natural durability classification of timber,
F.P.R.L. Tech.Note 40, 1969.
46. - : Laboratory tests of natural decay resistance of
timber, Build. Res. Estab., Timberlab Pap. No 50,
1972.
47. - : JUS, D. Al.043 do 047.
48. - : DIN, 50. 351.

PILANSKA PRERADA TANKE OBLOVINE LISTAČA

Vladimir Herak, dipl.ing.
Šumarski fakultet, Zagreb

PILANSKI PROIZVODI IZ TANKE OBLOVINE HRASTA

S a d r Ź a j

	Str.
1. Uvod	73
2. Cilj istraživanja	73
3. Sprovođenje eksperimentalnih piljenja tanke oblovine hrasta	74
3.1 Metodika rada	75
3.2 Sirovina	75
3.3 Eksperimentalno piljenje - tehnologija I	77
3.4 Sortiranje vlažnih piljenica	79
3.5 Eksperimentalno piljenje - tehnologija II	80
3.6 Sušenje	83
3.7 Sortiranje osušenih piljenica	83
3.8 Prerada neokrajčenih piljenica	84
3.9 Krupni ostatak	84
4.0 Rezultati istraživanja	86
5.0 Literatura	90

PILANSKI PROIZVODI IZ TANKE OBLOVINE HRASTA

1. Uvod

Snabdjevenost pilana za preradu tvrdih listača sa pilanskim trupcima (sirovinom) je sve nepovoljnija. Jedan od uzroka takovog stanja snabdjevenosti pilana sirovinom, po nekim autorima, su veći postojeći pilanski kapaciteti od proizvodnih mogućnosti šuma. Izgradnja novih pilana i, gotovo kao pravilo, povećanje postojećih kapaciteta kod rekonstrukcija pilana doprinosi povećanju te razlike (6).

Manjak na standardnim pilanskim trupcima, u želji da potpunije iskoriste preradbene kapacitete, pilane nadoknađuju preradom tanke oblovine (5,9). Udio tanke oblovine u količini prerađenih trupaca je znatan, a vrste drva su bukva, hrast i jasen (7,9). Podaci o količini tanke oblovine, strukturi po vrsti drva, strukturi dimenzija i kvalitete, distribuciji tanke oblovine po pilanama, nedovoljno su istraženi i ima ih malo.

Prerada tanke oblovine vrši se zajedno sa standardnim pilanskim trupcima (8,9) i podataka o racionalnoj preradi tanke oblovine ima malo ili ih gotovo nema.

U ovom će se radu komparirati dvije namjenske pilanske prerade tanke oblovine hrasta i dati prikaz strukture iskorišćenja s istim proizvodnim programom. Razmatrati će se prerada sirovine podjednake strukture po dimenzijama i kvaliteti.

2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je da se tanka oblovina hrasta, kvalitete jednake I klasi kvalitete standardnih pilanskih trupaca, namjenski preradi u drvene elemente. Struktura drvnih elemenata po dimenzijama i namjeni data je u tablici 1.

Struktura hrastovih drvnih elemenata po dimenziji i namjeni

Tablica 1.

l (mm)	š (mm)	d (mm)	
860	95; 80; 65	12 (11)	Elementi namijenjeni za izradu zidne i stropne obloge, i uklade
440	95; 80; 65	12 (11)	
360	95; 80	12 (11)	
350	50	25	Elementi za izradu parketnih daščica
500	65	25	Elementi za izradu namještaja
600	40; 65	25	
620	50; 60	25	
740	50; 60		

Iz tablice 1 vidljivo je da su drveni elementi za izradu zidne i stropne obloge i drveni elementi za izradu uklade istih dimenzija. Razlikuju ih zahtjevi na kvaliteti drva. Dimenzije drvnih elemenata u zgradama su debljine drvnih elemenata radijalnog reza, a izvan zagrada debljine drvnih elemenata tangencijalnog reza.

Drveni elementi (tablica 1) dio su proizvodnog programa pilane u kojoj je izvršeno piljenje. Nakon izvršenog piljenja bio je:

- utvrditi iskorišćenje trupaca tanke oblovine, i
- utvrditi strukturu gotovih drvnih elemenata po namjeni, količini i kvaliteti.

3. Sprovođenje eksperimentalnih piljenja tanke oblovine hrasta

Eksperimentalna piljenja provedena su radi uspoređivanja dviju namjenskih pilanskih tehnologija, jednakog proizvodnog programa (3). Prethodno je izvršena analiza postojeće namjenske pilanske tehnologije. Kao rezultat analiza postavljena je modificirana postojeća tehnologija (u daljnjem tekstu, slikama i tablicama tehnologija I). Tehnologija I razlikuje se od postojeće tehnologije u slijedećem:

- točno su određene dužine trupaca tanke oblovine za eksperiment,
- određena je jedna klasa kvalitete trupaca tanke oblovine za eksperiment,
- smanjena je ukupna nadmjera na debljinu kod drvnih elemenata, namjene za izradu zidne i stropne obloge, te uklade.

Karakteristika nove namjenske tehnologije piljenja (u daljnjem tekstu, slikama i tablicama tehnologija II) je da su proizvedeni drvni elementi pretežno radijalnog reza (blistače), za razliku od tehnologije I, čiji su proizvedeni drvni elementi pretežno tangencijalnog reza (bočnice).

3.1 Metodika rada

Za provedbu istraživanja upotrijebljene su slijedeće metode rada:

- analiza postojeće namjenske pilanske tehnologije,
- modifikacija postojeće namjenske pilanske tehnologije (2),
- eksperimentalna piljenja u postojećim proizvodnim uvjetima,
- sušenje u sušarama po režimima u svrhu eksperimenta (10),
- laboratorijska istraživanja karakteristika sirovine i proizvoda.

3.2 Sirovina

Priprema sirovine izvršena je tako da se postigne što veća jednakost uzoraka sirovine po dimenzijama, kvaliteti i volumenu, kao nužan uvjet za uspoređivanje podataka.

Trupci su krojeni iz duge tanke oblovine na mehaniziranoj liniji za krojenje duge oblovine. Iz tako prikrojenih trupaca izdvojeni su trupci kvalitete jednake I klasi kvalitete standardnih pilanskih trupaca (JUS D.B4.028-1979. g.). Izdvojeni su trupci srednjeg promjera od 16 cm do 24 cm bez kore i svrstani u debljinske razrede po 1 cm. Na taj način formirano je 9 (devet) debljinskih razreda za tehnologiju I i 9 (devet) debljinskih razreda za tehnologiju II (tablica 2 i tablica 3).

Struktura trupaca po promjeru, broju komada i volumenu za tehnologiju I

Tablica 2

Debljin. razred	Promjer cm	Dužina m	Broj komada	VOLUMEN m ³	Udjel %
1	16	0,92	32	0,59192	4,38
2	17	0,92	50	1,04410	7,73
3	18	0,92	61	1,42760	10,57
4	19	0,92	60	1,56483	11,59
5	20	0,92	55	1,58964	11,78
6	21	0,92	64	2,03834	15,10
7	22	0,92	56	1,95745	14,50
8	23	0,92	49	1,87201	13,87
9	24	0,92	34	1,41436	10,48
UKUPNO			461	13.50025	100,00

Struktura trupaca po promjeru, broju komada i volumenu za tehnologiju II

Tablica 3

Debljin. razred	Promjer cm	Dužina m	Broj komada	VOLUMEN m ³	Udjel %
1	16	0,92	33	0,61011	4,62
2	17	0,92	47	0,98096	7,42
3	18	0,92	58	1,35715	10,27
4	19	0,92	60	1,56428	11,83
5	20	0,92	54	1,55995	11,80
6	21	0,92	59	1,87909	14,22
7	22	0,92	53	1,85258	14,01
8	23	0,92	48	1,83381	13,87
9	24	0,92	38	1,58075	11,96
UKUPNO			450	13.21868	100

Iz tablice 2 i 3 vidljivo je da se u debljinskim razredima, za promjere 16 i 17 cm, pojavljuje znatnija razlika u količini trupaca po volumenu. Kod pripreme trupaca za navedene promjere nije se moglo izdvojiti dovoljno trupaca tražene kvalitete. Najčešće su uzrok bile slijedeće greške drva: kvrgavost, velika eliptičnost, dvostruka zakrivljenost i velika jednostrana zakrivljenost.

Dužine kod svih trupaca bile su 92 ± 2 cm. Zbog male dužine trupaca ta veličina sadrži i nadmjeru radi eventualnog pucanja čela i nepravilnog čeljenja trupaca, što bi se odrazilo na netto dimenziju drvnog elementa (88,0 cm sa nadmjerom + 2 cm).

Trupcima je mjeran promjer na oba čela i promjer u polovini dužine. Mjerena su dva međusobno okomita promjera na svakom mjernom mjestu metalnom promjerkom. Upisana je njihova aritmetička sredina za svako mjerno mjesto i zaokružena na puni centimetar na niže. Trupci razvrstani na temelju promjera označeni su šifrom na oba čela trupca. Šifrom je označen debljinski razred arapskim brojkama od 1 do 9 i redni broj trupca redom kako je trupac upisivao u manual trupaca. Šifre su utisnute mehanički, kolobrojem. Za svaki trupac izmjereni su i upisani i ovi podaci:

- širina bjeljike, mjerena čeličnim metrom na oba čela trupca s točnošću 1 mm i upisana kao srednja vrijednost;
- debljina kore na oba čela trupca, mjereno čeličnim metrom a upisana je maksimalna vrijednost s točnošću 1 mm;
- dužina trupca kontrolirana je na najkraćoj udaljenosti dva čela trupca.

Nakon izmjere, tanki trupci hrasta razvrstani su prema šiframa na čelima u grupe od 1 do 9 tj. devet debljinskih razreda. Tako kompletirane grupe trupaca dopremljene su do lančanog transportera za ulaz u pilanski trijem na piljenje.

3.3 Eksperimentalno piljenje - tehnologija I

Tanki trupci hrasta ispiljeni su u drvene elemente za namještaj i popruge i drvene elemente za izradu zidne i stropne obloge. Iz slike 1, tehnološka karta prerade - tehnologije I, vidljivo je da su u prvoj fazi trupci prizmirani. Visina prizme jednaka je vlažnoj širini drvnih elemenata za uklade i drvnih elemenata za izradu zidne i stropne obloge, $v = 105$ mm

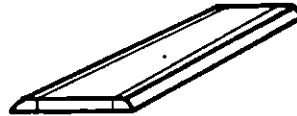
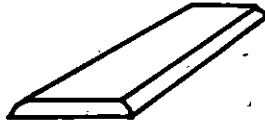
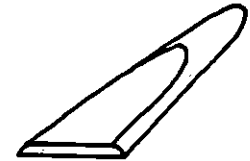
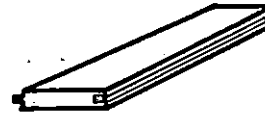
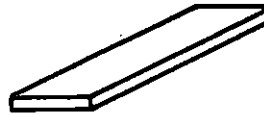
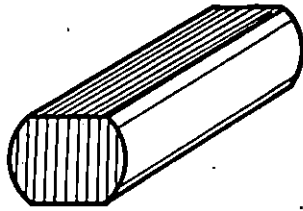
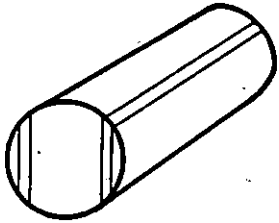
TEHNOLOŠKA KARTA PRERADE "TEHNOLOGIJE I"

Prizmiranje

Raspiljivanje
prizama

Okrajčivanje

Blanjanje



Jarmača
prizma
neokrajčena
piljenica

Tračna pila
okrajčene
piljenice

Kružna pila
okrajčene
piljenice

Blanjalica
zidna obloga,
uklate

Ostatak:
okorak
okrajek
porubak

Slika 1

vlažno. Visina prizme jednaka je za sve promjere trupaca (od 16 do 24 cm). Dio trupca izvan prizme ispiljen je u neokrajčene piljenice 27 mm debljine vlažno, debljine drvnih elemenata namjene prema tablici 1 (drvni elementi za namještaj i popruge) i odvojeno.

Prizma je ispiljena u listove (debljine 15 mm vlažno, pretežno tangencijalnog reza (bočnice), namjene prema tablici 1 (drvni elementi za uklade, obloge i paletu). Izvan ležišta prizme registriran je udio drvnih elemenata užih širina.

3.4 Sortiranje vlažnih piljenica

Piljeni materijal iz prizme škartiran je i razvrstan u vlažne drvene elemente navedene namjene. Tu su se izdvajali vlažni drvni elementi klase kvalitete "paleta" kao gotov proizvod za upotrebu.

Kod sortiranja izdvojene su neokrajčene piljenice (iz prizme) i dorađene na uže širine. Vlažno sortiranje ispiljenih listova iz prizme (svi listovi imaju iste dimenzije) izvršeno je u dvije grupe:

- vlažni drvni elementi, namjene za izradu uklade u klasi kvalitete "ekstra"
- vlažni drvni elementi namjene za izradu zidne i stropne obloge u klasi kvalitete "rustika".

Klasa kvalitete "ekstra" je bez bjeljike, drvo mora biti zdravo, dozvoljene su male kvržice, bez raspuklina i pukotina, dozvoljena je manja promjena boje drva.

Klasa kvalitete "rustika" manjeg je zahtjeva. To su drvni elementi u kojima se tolerira bjeljika, zdrave srasle kvrge izvan rubova elemenata, promjena boje, bez truleži.

Klasa kvalitete "paleta" manjeg je zahtjeva od klase kvaliteta "rustika" i manjeg je zahtjeva na pravilnosti presjeka. Isključena je trulež (to su drvni elementi za izradu bespovratne palete).

Tako razvrstan piljeni materijal složen je na palete ("ekstra", "rustika" i "dorada") uvitlan i odpremljen u sušaru. Daljnji tok prerade je skoro isti za obje tehnologije i biti će opisan kod tehnologije II.

3.5 Eksperimentalno piljenje - tehnologija II

Pripremljeni trupci ispiljeni su na jarmači tehnikom prizmiranja. Proizvod prve faze prerade su neokrajčene piljenice debljine 27 mm vlažno (kao i kod tehnologije I) i prizme. Kod tehnologije I, kako je ranije opisano, visina prizme je za sve promjere bila ista (105 mm), a upotrijebljen je slijedeći raspored pila kao na slici 2.

Kod tehnologije II visina prizme ima 3 veličine i to:

- za promjere 16, 17 i 18 cm v = 110 mm
- za promjere 19, 20 i 21 cm v = 135 mm
- za promjere 22, 23 i 24 cm v = 165 mm

Kod tehnologije II, primjenjeni su rasporedi pila kao na slici 3. Trupci su raspiljivani odvojeno po tehnologijama. Unutar jedne tehnologije piljenje je vršeno po debljinskim razredima promjera. U toku samog trajanja piljenja izdvajani su trupci za detaljne analize pojedinačnog trupca u količine cca 30% trupaca, a ostatak trupaca u količini od 70% razmatran je zbirno.

U toku propiljivanja trupaca preuzimana je ispiljena građa (neokrajčene piljenice i prizme), dok je krupni ostatak označen prema nastajanju (okorci) i slagan u odvojene složajeve.

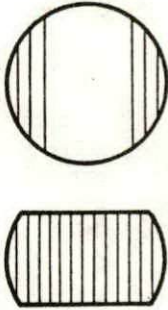
Prizme i neokrajčene piljenice - označene određenom šifrom pomoću šumske krede - složene su odvojeno na palete za transport na daljnju preradu.

U drugoj fazi prerade raspiljivane su prizme na tračnoj pili s kružnim transportom prizme i to list po list. I u ovom dijelu prerade evidentirana je sva ispiljena građa i krupni ostatak. Raspiljivanje prizama kod tehnologije II provedeno je po slijedećem postupku:

SHEME RASPILJIVANJA

RASPOREDI PILA

"TEHNOLOGIJA I"



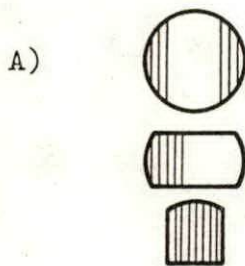
$$I \frac{1}{105}; R 27$$

$$II \frac{n}{15}; R 15$$

- za sve promjere.

Slika 2

"TEHNOLOGIJA II"

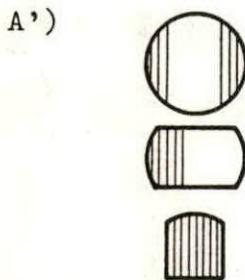


$$I \frac{1}{110}; R 27$$

$$II \frac{2}{14};$$

$$III \frac{n}{14};$$

- za promjere 16, 17 i 18 cm

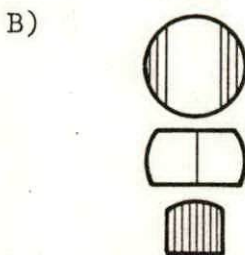


$$I \frac{1}{135}; R 27$$

$$II \frac{4}{14}$$

$$III \frac{n}{14}$$

- za promjere 19, 20 i 21 cm



$$I \frac{1}{165}; R 27$$

propiljivanje po uzdužnoj
simetrali prizme

$$III \frac{n}{14}$$

- za promjere 22, 23 i 24 cm

Slika 3

TEHNOLOŠKA KARTA PRERADE "TEHNOLOGIJE II"

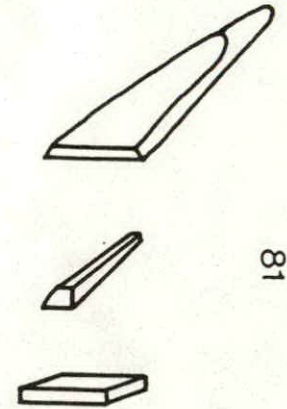
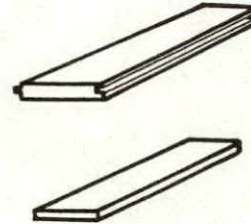
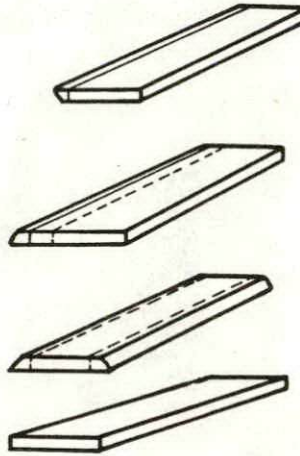
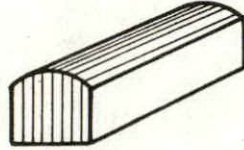
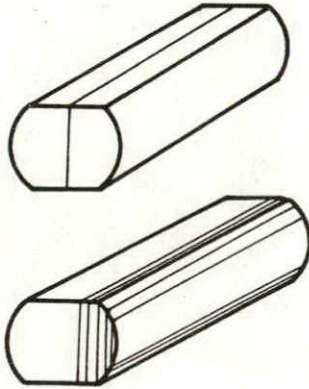
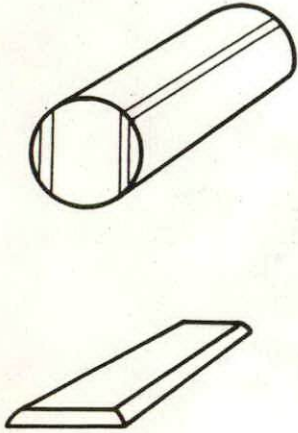
Prizmiranje

Raspiljivanje prizme
Izrada ležišta na boku prizme

Okrajčivanje piljenica

Blanjanje

Radijalno raspiljivanje
prizme



Jarmoča
prizma
neokrajčena
piljenica

Tračna pila
polovica prizme

Tračna pila
radijalno piljenje

Kružna pila
okrajčene
piljenice

Blanjalica
zidna obloga,
uklade

Ostatak:
okorak,
okrajak,
porubak

Slika 4

- prizma visine 165 mm, za promjere trupaca 22 cm, 23 cm i 24 cm ispiljena je okomito na ležište prizme u dvije polovice po duljini trupaca tj. duljini prizme. Dobivene polovice zarotirane za 90°C i ispiljene u listove debljine 14 mm. Tim načinom piljenja izrađeni su poluokrajčeni listovi pretežno radijalnog reza - blistača (sl. 3 B).

Za ostale dvije visine prizme ($v = 110$ mm; $v = 135$ mm) tangencijalnim rezom izrađeno je ležište na boku prizme. Dobi- veni listovi su okrajčeni listovi tangencijalnoga reza - boč- nice, debljine 14 mm vlažno. Tako reducirana prizma zarotirana je za 90°C i ispiljena u poluokrajčene listove radijalnog reza - blistače, debljine 14 mm vlažno.

Prikaz tehnologije II vidi se na sl. 4 (Tehnološka karta prerade). Sortiranje vlažnih piljenica izvršeno je na analogan način kao i kod tehnologije I (opisano u poglavlju 3.4).

3.6 Sušenje

Sam postupak sušenja nije bio predmet ovog istraživanja. Kako je i ranije rečeno ono je izvršeno u sušarama. Režimi suše- nja su postavljeni u svrhu eksperimenta (10). Cilj postavljanja ta- kovih režima bio je da se izbjegne koritavost listova tangenci- jalnog reza - bočnica, kako bi se održali kvantitativni krite- rijji eksperimenta, i provjerila ispravnost postavljenih ukupnih nadmjera (za usuh, netočnost debljina, hrapavost piljene povr- šine i za potrebe daljnje obrade)(2). Pokusni materijal osušen je na 8% vlažnosti.

3.7 Sortiranje osušenih piljenica

Po završenom sušenju izvršeno je škartiranje i razvrsta- vanje osušenih piljenica. Sav piljeni materijal je ponovno za- primljen po ranije navedenim kriterijima, posebno za tehnolo- ginu II. Drvni elementi klase kvalitete ekstra zaprimljeni su kao drvni elementi za izradu uklade, pod nazivom uklada.

Proizvodi tehnologije II, poluokrajčeni listovi radijalnog reza (blistače), složeni su na palete i transportirani na okrajčivanje, po širini. Drvni elementi klase kvalitete i dimenzija uklade nisu okrajčivani i nisu dalje prerađivani. Sortirani listovi radijalnog reza paralelno su okrajčeni rezom na strani bjeljike, odstranjujući bjeljiku ili ukoliko je zdrava bjeljika uključivši djelomično bjeljiku, ovisno o kriterijima kvalitete za drvni element određene namjene.

3.8 Prerada neokrajčenih piljenica

Udio neokrajčenih piljenica u prvoj fazi prerade, kod tehnologije I i tehnologije II, registriran je i odvojen.

Iz neokrajčenih piljenica u vlažnom stanju izrađeni su drvni elementi za namještaj i popruge. Dimenzije drvnih elemenata i popruga su iz proizvodnog programa pilane, gdje su izvršena eksperimentalna piljenja/slika 5/.

3.9 Krupni ostatak

Sav krupni ostatak koji se je pojavio tokom raspiljivanja trupaca, raspiljivanja prizmi i okrajčivanja listova, odlagan je na palete i razvrstan po debljinskim razredima trupaca u svrhu određivanja njegovog učešća. Problemi određivanja njegovog volumena riješeni su posrednom metodom koja u svakom slučaju daje točnije rezultate od direktne metode određivanja volumena na bazi dimenzija.

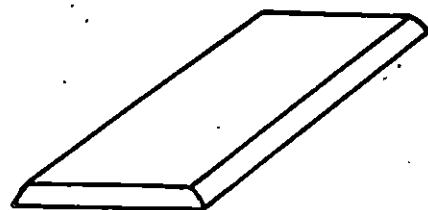
Za navedene potrebe određena je masa krupnog ostatka po debljinskim razredima trupaca vaganjem s točnošću ± 0.1 kg. Potom je od svakog debljinskog razreda trupaca odabran po jedan okorak te se iz njega izradilo po tri epruvete dimenzija $2 \times 2 \times 30$ cm. Pomoću izrađenih epruveta određena je volumna masa jednom hidrostatskom metodom zasnovanom na Arhimedovom zakonu. Iz podataka o masi krupnog ostatka i njegove volumne mase određen je volumen, a potom i njegovo učešće u odnosu na debljinske razrede i prikazan u tabeli.

TEHNOLOŠKA KARTA PRERADE NEOKRAJČENE
 GRAĐE DEBLJINE 25 mm
 "TEHNOLOGIJA I" i "TEHNOLOGIJA II"

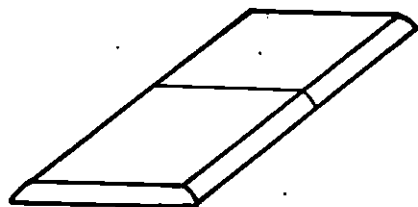
Neokrajčena piljenica

Pikračivanje neokrajčene
 piljenice

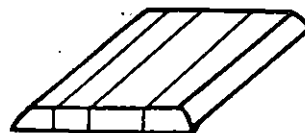
Piljenje elemenata



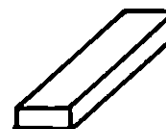
Jarmčca



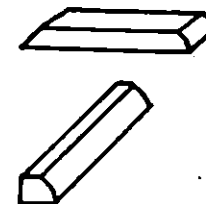
Kružna pila



Višelisna kružna
 pila



Gotov
 proizvod



Ostatak:
 poru bak
 okrajak

Slika 5

4.0 Rezultati istraživanja

Analizom rezultata mjerenja navedenih parametara sirovine za eksperiment, dobiveni su slijedeći pokazatelji:

- Kod tehnologije I prosječna debljina kore je 7,94 mm, a kod tehnologije II prosječna debljina kore je 7,64 mm.
- Kod tehnologije I prosječna širina bijeli je 14,10 mm, a kod tehnologije II prosječna širina bijeli je 14,02 mm.
- Kod tehnologije I prosječni pad promjera je 10,58 mm/m', a kod tehnologije II prosječan pad promjera je 10,28 mm/m'.

Iz gornjeg prikaza može se zaključiti da su uzorci sirovine za eksperimentalna piljenja, što se tiče navedenih karakteristika sirovine, bili uspješno izjednačeni.

Pokazatelji dobiveni analizom rezultata eksperimentalnih piljenja tanke oblovine hrasta prikazani su tabelarno. U tablici 4 dati su pokazatelji iskorišćenja trupaca po volumenu. Ranije navedeni debljinski razredi trupaca (tablica 2 i 3) grupirani su ovdje u tri razreda (16-18 cm; 19-21 cm i 22-24 cm).

Volumno iskorišćenje trupaca dato je, po tako grupiranim promjerima i ukupno, za čitav uzorak tehnologije I u suhom stanju. U istoj tabeli nalaze se i pokazatelji učešća količine ispiljene građe po grupama razreda promjera u apsolutnim iznosima i relativno prema ukupnoj količini ispiljene građe.

STRUKTURA ISKORIŠĆENJA PO VOLUMENU TRUPACA I UČEŠĆE KOLIČINE
ISPILJENE GRAĐE PO DEBLJINSKIM RAZREDIMA

TEHNOLOGIJA I.

Tablica 4

Debljinski razred trupaca cm	V o l u m e n trupaca m ³	građe m ³	Volumno iskorišćenje %	Učešće po debljinskom razredu
16-18	3.06362	0.78935	25,76	19,19
19-21	5.19281	1.71230	32,97	41,64
22-24	5.24382	1.61031	30,70	39,17
UKUPNO	13.50025	4.11196	30,45	100

U tablici 4, u volumenu piljene građe 4.11196 m³ nije pribrojena građa koja nije sušena (drvni elementi klase "paleta" i drvni elementi iz piljene građe 27 mm debljine). Volumno iskorišćenje trupaca kod Tehnologije I u vlažnom stanju (uključivši "paleta" i građu 27 mm) je 56,88%.

U tablici 5, uz ranije navedeno obrazloženje (za tablicu 4), dati su pokazatelji volumnog iskorišćenja trupaca u piljenu građu i učešće količine ispiljene građe po debljinskim razredima za tehnologiju II, u suhom stanju.

STRUKTURA ISKORIŠĆENJA PO VOLUMENU TRUPACA I UČEŠĆE KOLIČINE
ISPILJENE GRAĐE PO DEBLJINSKIM RAZREDIMA -
TEHNOLOGIJA II

Tablica 5

Debljinski razred trupaca cm	V o l u m e n trupaca m ³	g r a đ e m ³	Volumno iskorišćenje %	Učešće po debljinskom razredu
16-18	2.94822	0.88508	30,02	21,92
19-21	5.00332	1.48384	29,66	36,74
22-24	5.26714	1.66945	31,70	41,34
UKUPNO	13.21868	4.03837	30,55	100,00

U tablici 5, također, u volumenu piljene građe 4.03837 m³ nije pribrojena građa koja nije sušena (drvni elementi klase "paleta" i drvni elementi iz piljene građe 27 mm debljine). Volumno iskorišćenje trupaca kod tehnologije II u vlažnom stanju iznosi 58,43%.

U tablici 6, za Tehnologiju I i u tablici 7, za Tehnologiju II dati su pokazatelji učešća drvnih elemenata klase "uklade" i klase "obloge" po debljinskim razredima i volumno iskorišćenje trupaca u drvene elemente navedene namjene (suho stanje).

VOLUMNO ISKORIŠĆENJE TRUPACA U DRVNE ELEMENTE ZA IZRADU
UKLADE I ZA IZRADU OBLOGE, I UČEŠĆE PO DEBLJINSKIM RAZREDIMA

TEHNOLOGIJA I

Tablica 6

Debljinski razred trupaca cm	Uklada m ³	U č e š ć e volumno %	po deblj. razredima %	Obloge m ³	U č e š ć e volumno %	po deblj. razredima %
16-18	0.04664	1.52	21,00	0,74115	24,19	19,08
19-21	0.08725	1.68	39,28	0,62349	31,26	41,79
22-24	0.08823	1.68	39,72	1,52052	29,00	39,13
UKUPNO	0.22212	1.64	100.00	3,88516	28,78	100,00

Ako se kompariraju pokazatelji strukture drvnih elemenata iste namjene, za obje tehnologije, vidi se da je napad "uklade" kod tehnologije II za 2,5% veći, nego kod tehnologije I, dok je napad "rustike" veći za 3,47%.

VOLUMNO ISKORIŠĆENJE TRUPACA U DRVNE ELEMENTE ZA IZRADU
UKLADE I ZA IZRADU OBLOGE, I UČEŠĆE PO DEBLJINSKIM RAZREDIMA

TEHNOLOGIJA II

Tablica 7

Debljinski razred trupaca cm	Uklada m ³	U č e š ć e volumno %	po deblj. razredima %	Obloge m ³	U č e š ć e volumno %	po deblj. razredima %
16-18	0.043846	1,49	8,01	0,803302	27,24	24,00
19-21	0.133576	2,67	24,39	1,243896	24,86	37,17
22-24	0.370265	7,03	67,60	1,299190	24,67	38,83
UKUPNO	0.547687	4,14	100,00	3,346288	25,31	100,00

Volumno iskorišćenje neokrajčenih piljenica, izrađenih u prvoj fazi piljenja (ispiljena građa izvan prizme) u drvene elemente za namještaj i popruge za Tehnologiju I prikazano je u tablici 8 (vlažno stanje).

ISKORIŠĆENJE NEOKRAJČENIH PILJENICA U DRVNE ELEMENTE
ZA NAMJEŠTAJ
TEHNOLOGIJA I

Tablica 8

Debljinski razred trupaca (cm)	V o l u m e n (m ³)		Iskorišćenje %
	Neokrajčene piljenice	Drvni elementi i popruge	
16-18	0.09087	0.03712	40,86
19-21	0.48525	0.27676	57,04
22-24	0,76779	0.45547	59,32
UKUPNO	1.34391	0.76935	57,25

Iz tablice 8 se vidi da je ukupno neokrajčenih piljenica bilo 1.34391 m³ što je dobijeno propiljivanjem 13.50025 m³ trupaca. Od toga je 9,95% učešće piljenica 27 mm vlažno kod prizmiranja.

ISKORIŠĆENJE NEOKRAJČENIH PILJENICA U DRVNE ELEMENTE ZA
NAMJEŠTAJ I POPRUGE

TEHNOLOGIJA II

Tablica 9

Debljinski razred trupaca (cm)	V o l u m e n (m ³)		Iskorišćenje %
	Neokrajčene piljenice	Drvni elementi i popruge	
16-18	0,04844	0,02933	60,55
19-21	0,10781	0,05945	55,14
22-24	0,17187	0,08680	50,50
UKUPNO	0,32812	0,17558	53,51

Iz tablice 9 se vidi da je ukupno učešće neokrajčenih piljenica 0,32812 m³ što u odnosu na 13.21868 m³ trupaca iznosi 2,48%.

Komparacijom Tehnologije I i Tehnologije II uočava se veće učešće neokrajčenih piljenica (debljine 27 mm) kod Tehnologije I za 7,47%, što je bilo za očekivati s obzirom na različite načine primarnog raspiljivanja (slike 1 i 4).

5.0 Literatura

1. BREŽNJAK, M.: 1966. O kvaliteti piljenja na primarnim pilanskim strojevima. Drvna industrija (17)11/12:170-179.
2. BREŽNJAK, M., HERAK, V.: 1970. Kvaliteta piljenja na suvremenim primarnim pilanskim strojevima. Drvna industrija (2) 1/2-2-13.
3. BREŽNJAK, M.: 1978. Načini povećanja vrijednosti iskorišćenja sirovine kod proizvodnje masivnog drva u Jugoslaviji. Komitet tehnologiji drvna PAN Naučni simpozij "Racionalne metode prerobu drvna. 54-103, Poznan.
4. ČERNE, K., NIKOLIĆ, M.: 1978. Prerada bukovih cepanica u rezane sortimente. Gora, ŠIK "Crvena zastava" 6:43-50.
5. GREGIĆ, M.: 1969. Racionalizacija proizvodnje hrastove piljene građe. Prerada tanje hrastove oblovine. Drvna ind. 5/6:66-77.
6. MILINOVIĆ, I.: 1975. Iskorišćenje pilanskih kapaciteta u SR Hrvatskoj. Drvna industrija (26) 11/12:257-262.
7. POTKONJAK, M., ZUBČEVIĆ, R.: 1966. Rezanje vanstandardne oblovine i cijepanog drveta na tračnim pilama. Zavod za tehnologiju drva Sarajevo.
8. PRKA, T.: Problemi proizvodnje piljenih elemenata od hrastovine. Drvna ind. 7/8:163-165.
9. PRKA, T.: 1975. Namjenska prerada tanke hrastove oblovine. Drvna ind. 5/6:103-109.
10. SIMPSON, F. W.: 1983. Methods of the reducing warp when drying. Asain Timber (2), 5.

Mr Ivica Milinović, dipl. ing.,
Antun Gross, ing.
Milorad Vučinić, dipl. ing.
Mihajlo Božić, dipl. ing.

ISKORIŠĆENJE TANKE OBLOVINE BUKVE
NAMJENSKOM PRERADOM U ELEMENTE ZA SJEDIŠTA STOLICA

S a d r ž a j :

strana

1.0	UVOD	
2.0	REZULTATI DOSADAŠNJIH NOVIJIH ISTRAŽIVANJA ..	
3.0	CILJ ISTRAŽIVANJA	
4.0	OPIS STROJEVA I OPREME	
4.1	Primarna pilana	
4.2	Doradna pilana	
5.0	METODA RADA	
5.1	Skladište trupaca	
5.2	Tehnologija piljenja	
5.3	Doradna pilana	
6.0	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	
6.1	Podaci o trupcima	
6.2	Podaci o piljenicama	
	- sirovine	
6.3	Podaci o piljenicama	
	- suhe	
6.4	Proizvodnja elemenata i popruga	
6.5	Nadmjere	
6.6	Kvantitativno iskorišćenje	
6.7	Kvalitativno iskorišćenje	
6.8	Vrijednosno iskorišćenje	
7.0	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	
7.1	Sirovina	
7.2	Izbor asortimana elemenata	
7.3	Iskorišćenje	
7.5	Kapacitet linije za preradu tanke oblovine	
8.0	PRIJEDLOG PROIZVODNE LINIJE ZA PRERADU TANKE OBLOVINE	
8.1	Opis proizvodnog procesa primarne pilane	
8.2	Opis proizvodnog procesa doradne pilane	
	LITERATURA	

ISKORIŠĆENJE TANKE OBLOVINE BUKVE NAMJENSKOM PRERADOM U
ELEMENTE ZA SJEDIŠTA STOLICA

1.0 UVOD

U praksi se tankoj oblovinu bukve ne poklanja dovoljno pažnje, već se često pili nenamjenski i neracionalno. Pomješana sa standardnim pilanskim trupcima srednjeg promjera 25 cm i više, prerađuje se u piljenice za tržište i namjenski u široki asortiman elemenata. Razvoj finalne prerade drva i namjenske prerade trupaca i piljenica utjecao je na povećani interes za proizvodnju i preradu tanke oblovine. Na području karlovačke i primorsko goranske regije (koja nas ovdje posebno interesira) mogu se proizvesti znatne količine tanke oblovine bukve interesantne za izgradnju linije za njenu namjensku preradu. Dajemo podatke o količinama te oblovine.

Šumsko gospodarstvo Karlovac	5.000 m ³
" " Ogulin	4.000 m ³
" " Delnice	13.000 m ³
" " Vrbovsko	500 m ³
" " Senj	1.000 m ³
<hr/>	
U k u p n o :	24.500 m ³
<hr/>	

Zbog vrlo velikog interesa drvne industrije za racionalnije korištenje pilanskih kapaciteta i racionalniju preradu tanke oblovine Općeg udruženja šumarstva i prerade drva i prometa SRH i SIZ za znanstveni rad (SIZ-IV) Zagreb, financirali su ovu temu kao "Izrazito prioritarno istraživanje". U ovom radu posebno se prišlo istraživanju najznačajnijih tehnološko-tehničkih pokazatelja uspješnosti pilanske prerade tanke oblovine bukve, kod namjenske prerade u specificirane elemente. U dogovoru sa šumskim gospodarstvom Karlovac i DI Karlovac izdvojena je tanka oblovina bukve I klase i eksperimentalno prerađena u Pilani Karlovac.

2.0 REZULTATI DOSADAŠNJIH NOVIJIH ISTRAŽIVANJA

U okviru plana dugoročnih istraživanja prerade tanke oblovine kod nas (od 1976. do 1980. godine), izvršeno je i probno piljenje tanke oblovine bukve u pilani u Belišću. Cilj istraživanja bio je "Prerada tanke oblovine bukve na jarmači u elemente za tapet okvire". Dajemo ukratko rezultate tih istraživanja, jer su od posebnog interesa za istraživanja koja u ovom radu opisujemo.

Na skladištu izdvojeni su i prikrojeni na dužinu 2 m trupci tanke oblovine bukve, pa zatim piljeni na jarmači "WEHRHANN", tip S 56,. Piljenice su u sirovom stanju prerađene u elemente za tapet okvire, a zatim su elementi sušeni u komornoj sušari. Rezultati postignuti na uzorku piljenom u pilani u Belišću uvjetovani su u prvom redu traženom kvalitetom elemenata: "drvo mora biti zdravo, a dozvoljen je neograničen broj grešaka koje ne umanjuju mehanička svojstva elemenata".

Na uzorku tanke oblovine bukve, piljenjem u pilani u Belišću, postignuto je slijedeće kvantitativno iskorišćenje:

Primarno piljenje (volumen piljenice/volumen trupaca):

Trupci Ø 16-20 cm,	kvantitativno iskorišćenje	68,33%
" Ø 21-24 cm,	" "	69,52%

Doradna pilana (volumen elemenata/volumen piljenice):

Trupci Ø 16-20 cm,	kvantitativno iskorišćenje	65,66%
" Ø 21-24 cm,	" "	63,10%

Konačno iskorišćenje (volumen elemenata/volumen trupaca):

Trupci Ø 16-20 cm,	kvantitativno iskorišćenje	45,01%
" Ø 21-24 cm	" "	43,38%

3.0 CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovih istraživanja bio je da se tanka oblovina bukve, I klase (prema JUS-u 1967. za standard. oblovinu), u pilani Karlovac namjenski preradi u komercijalni program elemenata za masivni namještaj posebno u elemente za sjedišta stolica, uz izradu i neophodno "napadajućih" popruga. Nakon primarnog piljenja piljenice su prirodno sušene, a zatim su u doradnoj pilani prerađene u zadani asortiman elemenata.

Nakon završenog piljenja treba utvrditi kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorišćenje za cijeli uzorak, a na kraju i ekonomičnost prerade tanke oblovine bukve na, osnovu kalkulativnih elemenata DI Karlovac. (Ovaj zadnji cilj istraživanja biti će predmet posebne radnje.)

4.0 OPIS STROJEVA I OPREME NA KOJIMA SU VRŠENA POKUSNA PILJENJA

4.1 Primarna pilana

Piljenje uzorka tanke oblovine izvršeno je u pilani Karlovac. U pilani su instalirane 2 tehnološke linije:

- linija jarmača,
- linija tračnih pila.

Naš uzorak piljen je na liniji jarmača. Linija jarmače obuhvaća:

- jarmaču Esterer svj.otvora 710 mm
- 2 kom. kružnih pila za poprečno piljenje, HKP-850

J a r m a č a :

- tip SS 71 VH, proizvodnje Esterer
- svjetli otvor jarmače: 710 mm
- visina stapaja (huba) jarma: 500 mm
- maksimalni broj okretaja: 300 okr./min.

Hidraulična kružna pila:

- tip HKP 850, proizvodnje DK Đurđenovac
- maksimalna dužina piljenja: (piljenica deblj. 25 mm), 850 mm.
- maksimalna visina piljenja:(duž. 400 mm) 160 mm.

4.1.1 Opis proizvodnog procesa

Trupci se pomoću lančanog transportera prenose do kolica jarmače, gdje se jarmačom raspiljuju u cijelo. Piljenice transporter sa valjcima prenosi do kružnih pila za poprečno piljenje. Na kružnim pilama piljenice se prikračuju na višekratnik dužine elemenata. Pomoću sistema transportera sa valjcima i poprečnih lančanih transportera piljenice se prenose u sortirnicu piljene građe. Nakon razdvajanja po debljini, piljenice se slažu u pakete sa letvicama.

4.2 Doradna pilana

Suhe piljenice prerađene su u doradnoj pilani. Proizvodni proces u doradnoj pilani organiziran je u 4 samostalne tehnološke cjeline. Tehnološka cjelina u kojoj su prerađivane piljenice iz našeg uzorka sastoji se iz:

- kružne pile za poprečno piljenje HCP-1, proizvodnje "Bratstvo" Zagreb;
- kružne pile za uzdužno piljenje AC-3, proizvodnje "Bratstvo" Zagreb;
- pilanske tračne pile P-9R, proizvodnje "Bratstvo" Zagreb;
- kružne pile za poprečno piljenje PCP-450, proizvodnje "Bratstvo" Zagreb.

4.2.1 Opis proizvodnog procesa

Pakete piljenica viličar donosi i odlaže na kotrljače ispred kružne pile za poprečno piljenje. Na kružnoj pili piljenice se prikraćuju na odreske dužine elemenata. Odresci se razvrstavaju prema dužinama, a zatim na kružnoj pili AC, uzdužno raspiljuju. Nakon izdvajanja primarnog programa elemenata, odresci se na tračnim pilama P-9R i kružnoj pili PCP-450 prerađuju u sekundarne elemente. Nakon parafiniranja čela, elementi se paletiziraju za dalji transport.

5.0 METODA RADA

5.1 Skladište trupaca

U dogovoru sa šumskim gospodarstvom Karlovac izdvojeni su trupci tanke oblovine bukve I klase \emptyset 21-24 cm. Krivi trupci i dijelovi trupaca deblji od \emptyset 24 cm, prikrajani su na stovarištu trupaca. Ravni trupci propiljeni su u cijeloj dužini, a prikrajanje zakrivljenih piljenica vršeno je na kružnim pilama za poprečno piljenje.

Trupci su mjereni na lančanom transporteru ispred jarmače. Mjerenje promjera vršeno je na tanjem i debljem kraju trupca i u sredini. Srednji promjer zaokružen je na puni centimetar.

5.2 Tehnologija piljenja

Trupci su piljeni na jarmači slijedećim rasporedom pila:

3/38 R/25, bez nadmjere

3/40 R/27, sa nadmjerom

Maksimalna dužina piljenica bila je 4 m; ostale piljenice prikraćene su na približnu dužinu višekratnika elemenata.

U sortirnici piljene građe piljenice su razvrstane po kvaliteti: komercijalne samice i piljenice za doradu (VS) i po debljinama (25 i 38 mm). Nakon mjerenja piljenice za doradu slagane su u pakete sa letvicama i pripremljene za prirodno sušenje na skladište piljene građe.

5.3 Doradna pilana

Nakon prirodnog sušenja (3 mjeseca), do vlažnosti oko 25%, piljenice su u doradnoj pilani prerađene u elemente za sjeđišta stolica (38 mm), i popruge (25 mm), u slijedećim dimenzijama:

Pilj. deblj.	38 mm:	elem.	460 . 60-125 . 38 mm
			270 . 60 . 38 mm
		popruge	350 . 25 . 38 mm
			250 . 25 . 38 mm
			200 . 25 . 38 mm
Pilj. deblj.	25 mm:	elem.	460 . 60 . 25 mm
			350 . 60 . 25 mm
			250 . 60 . 25 mm
		popruge	350 . 38 . 25 mm
			250 . 38 . 25 mm
			200 . 38 . 25 mm

Odvojeno je praćena dorada piljenica 25 mm, odnosno onih od 38 mm debljine.

6.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1 Podaci o trupcima

Dužina trupaca kretala se od 360 do 720 cm. Ostali podaci dati su u tab. 1.

Tab. 1.

Deblj. podraz.	Broj kom.	Volumen trupaca	Srednji volumen	Prosje. promjer trupaca	Prosje. dužina trupaca
cm		m ³	m ³	cm	cm
21-24	119	21,69998	0,19204	22,15	496

6.2 Podaci o piljenicama - sirove (Tab. 2)

Dužina piljenica kretala se od 50 do 400 cm. Ostali podaci su u tab. 2.

Tab. 2.

Debljin. podrazred	vol. pilj. po debljini			vol. pilj. po kvaliteti		
	25 mm	38 mm	ukupno	kom.sam.	VS pilj.	ukupno
cm	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
21-24	3,35598	11,34211	14,69809	1,14600	13,55209	14,69809

6.3 Podaci o piljenicama - suhe (Tab. 3)

Tab. 3

Debljinski podrazred trupaca	volumen piljenica		
	25 mm	38 mm	Ukupno
cm	m ³	m ³	m ³
21 - 24	3,253	10,945	14,198

6.4 Proizvodnja elemenata i popruga

6.4.1 Elementi i popruge proizvedeni iz piljenice debljine 25 mm

Elementi:

460 . 60 . 25 mm	-	0,956 m ³
350 . 60 . 25 mm	-	0,129 m ³
250 . 60 . 25 mm	-	0,125 m ³
<u>Ukupno:</u>	=	<u>1,210 m³</u>

Popruge:

350 . 38 . 25 mm	=	0,309 m ³
250 . 38 . 25 mm	=	0,304 m ³
200 . 38 . 25 mm	=	0,135 m ³
<u>Ukupno:</u>	=	<u>0,748 m³</u>

Rekapitulacija:

Elementi	1,210 m ³	61,80%
Popruge	0,748 m ³	38,20%
<u>Svega:</u>	<u>1,958 m³</u>	<u>100,00%</u>

Koeficijent kvantitativnog iskorišćenja piljenica debljine 25 mm:
(volumen elemenata/volumen piljenica) $1,958 \text{ m}^3 : 3.253 \text{ m}^3 = 0,60$

6.4.2 Elementi i popruge proizvedeni iz piljenice deblj. 38 mm

Elementi:	460 . 60 - 125 . 38 mm	=	4,145 m ³
	270 . 60 . 38 mm	=	0,451 m ³
	<u>Ukupno:</u>	=	<u>4,596 m³</u>

Popruge:	350 . 25 . 38 mm	=	0,452 m ³
	250 . 25 . 38 mm	=	0,134 m ³
	200 . 25 . 38 mm	=	0,050 m ³
	<u>Ukupno:</u>	=	<u>0,636 m³</u>

Rekapitulacija:

Elementi:	4,596 m ³	87,84%
Popruge:	0,636 m ³	12,16%
Svega:	5,282 m ³	100,00%

Koeficijent kvantitativnog iskorišćenja piljenica debljine 38 mm:
 $5.282 \text{ m}^3 : 10,945 \text{ m}^3 = 0,48.$

6.5 Nadmjere (nominalne vrijednosti)

Tab. 4.

Deblj. pilj.	Sirova pilj. građa	Suha pilj. građa	Nadmjere
mm	m ³	m ³	%
25 mm	3,35598	3,25300	3,1
38 mm	11,34211	10,94500	3,5
Prosječno:	14,69809	14,19800	3,4

6.6 Kvantitativno iskorišćenje

Tab. 5

Volumen trupaca	proizvedeno pilj. građe	iskorišć. I. faze	proizvodnja elemenata i popruga	iskorišćenje II. faze	iskorišćenje konačno
m ³	m ³	%	m ³	%	%
21.69998	14,198	65,42	7,24	50,99	33,36

6.7 Kvalitativno iskorišćenje

Tab. 6

Piljenice debljine 25 mm

	Volumen m ³	jedin. cijena	Din	Koef. kval.
1.kom. samice	0,718	22.000	15796,0	0,61
2.element 460 . 60 . 25	0,956	24.960	23861,8	0,70
3.element 350 . 60 . 25	0,129	24.960	3219,8	0,70
4.element 250 . 60 . 25	0,125	7.500	937,5	0,21
5.popruge 350 . 38 . 25	0,309	7.500	2317,5	0,21
6.pppruge 250 . 38 . 25	0,305	7.500	2287,5	0,21
7.popruge 200 . 38 . 25	0,135	7.500	1012,5	0,21
Ukupno:	2,577	18.465,7	49432,6	0,52

Tab. 7

Piljenice debljine 38 mm

	volumen m ³	jedin. cijena	Din	Koef. kval.
1. kom.samice	0,428	22.000	9416,0	0,61
2. elementi 460 . 60 . 125 . 38	4,145	35.520	147230,4	1,00
3. elementi 270 . 60 . 38	0,451	21.120	9525,1	0,59
4. Popruge 350 . 25 . 38	0,452	7.500	3390,0	0,21
5. Popruge 250 . 25 . 38	0,134	7.500	1005,0	0,21
6. Popruge 200 . 25 . 38	0,050	7.500	375,0	0,21
Ukupno:	5,660	30,201,5	170941,5	0,85

S v e g a :

25 mm	2,677	18465,7	49432,6	0,52
38 mm	5,660	30201,5	170941,5	0,85
Ukupno:	8,337	2643,3	220.374,1	0,74

Kvalitetni koeficijent iskorišćenja za cijeli uzorak je 0,74.

Kvalitativno iskorišćenje obračunato je na osnovu tržišnih cijena koje postiže DI Karlovac.

Koeficijent kvantitativnog iskorišćenja znatno je niži kod piljenica debljine 25 mm, zbog niže cijene najvrijednijeg elementa u toj debljini.

6.8 Vrijednosno iskorišćenje

Vrijednosno iskorišćenje je rezultat umnoška kvantitativnog i kvalitativnog iskorišćenja:

$$0,33 \text{ (kvant.)} \cdot 0,74 \text{ (kvalit.)} = 0,24.$$

7.0 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

7.1 Sirovina

Istraživanja su vršena na trupcima tanke oblovine bukve promjera 21 do 24 cm. U praksi je uobičajeno da se trupci tanke oblovine isporučuju pomješani sa trupcima standardnih debljina i kvaliteta. Za sada se na razmatranom području proizvodi samo tanka oblovina bukve promjera 21 do 24 cm. Visoka cijena cjepanog drva (celuloze) razlog je zbog čega šumarstvo nije izrazito stimulirano proizvoditi tanku oblovinu promjera 16 do 20 cm. Za nastavak ovih istraživanja biti će potrebno da se ipak odvojeno pripremi jedan uzorak tanke oblovine bukve promjera 16 do 20 cm.

7.2 Izbor asortimana elemenata

Dosadašnja istraživanja potvrdila su, da iskorišćenje kod prerade tanke oblovine u prvom redu ovisi o veličini (širini) i kvaliteti elemenata. Zbog toga smo odlučili da se iz centralnog dijela trupca proizvedu piljenice debljine 38 mm, koje će se preraditi u elemente (širine 60 do 125 mm) namjenjene za sjedišta stolica. Mjerenja na našem uzorku pokazala su, da prosječna širina piljenice debljine 38 mm iznosi 19 cm, a prosječna širina zone grešaka srca 4,19 cm. Nakon vađenja grešaka srca, ostaje na piljenici obostrano 7,4 cm kvalitetne bjeljike. Smatramo da je ovaj rezultat vrlo važan pri izboru asortimana elemenata.

7.3 Iskorišćenje

7.3.1 Kvantitativno iskorišćenje u našem uzorku bitno odstupa od rezultata postignutih u prethodnim istraživanjima, navedenim već ranije (5), kako se to vidi iz tab. 8 (u %).

Tab. 8

Uzorak	Iskorišćenje I faze	Iskorišćenje II faze	Iskorišćenje konačno
"Belišće"	69,52	63,10	43,88
"Karlovac"	65,42	50,99	33,36

Veće kvantitativno iskorišćenje u uzorku "Belišće" rezultat je blažih kvalitetnih uvjeta za proizvedene elemente. U uzorku "Belišće" dozvoljen je neograničen broj grešaka pod uvjetom da ne utječu na mehanička svojstva elemenata. U uzorku "Karlovac" proizvedeni su elementi I klase i napadajući dio popruga.

7.3.2 Kvalitativno iskorišćenje

Koeficijent kvalitetnog iskorišćenja veći je u uzorku "Belišće" kako se to vidi iz tab. 9.

Tab. 9

Uzorak	volumen elem. m ³	jedinična cij. Din	Din	Koeficijent kvalitete
"Belišće"	2.061	3.586	7.390,7	0,89
"Karlovac"	8.337	26.433	220.374,1	0,74

Koeficijent kvalitetnog iskorišćenja u uzorku Belišće obračunat je na osnovu internih cijena Kombinata Belišće iz 1978. god. Za realnu ocjenu i upoređenje kvalitetnog iskorišćenja, trebalo bi na oba uzorka obračunati danas važeće cijene sortimenata.

U uzorku Karlovac karakteristično je veliko učešće popruga u gotovim proizvodima (20%) čija je cijena niska i ne pokriva troškove sirovine.

U slijedećim istraživanjima bilo bi korisno pokušati umjesto popruga proizvoditi držala za četke ili koje druge vrijednije sortimente.

7.3.3 Vrijednosno iskorišćenje

U tab. 10 dato je upoređenje iskorišćenja tankih trupaca piljenih u pilanama u Belišću i Karlovcu.

Tab. 10

Uzorci	Koeficijenti iskorišćenja		
	kvantitativno	kvalitativno	vrijednosno
"Belišće"	0,4388	0,8965	0,3933
"Karlovac"	0,3336	0,7400	0,2469

Iz naprijed obrađenih rezultata istraživanja možemo jasno vidjeti da se postižu bolja iskorišćenja u namjenskoj proizvodnji elemenata sa blažim kvalitetnim kriterijima.

7.4 Obzirom da se iskorišćenje bitno razlikuje kod dva uspoređenja uzorka, u budućnosti prije odluke o namjenskoj preradi tanke oblovine, treba izvršiti detaljna i obimna istraživanja o opravdanosti takvog zahvata.

7.5 Kapacitet linije za preradu tanke oblovine

Prema podacima šumskih gospodarstava, pojedini lokaliteti raspolazu sa ograničenom količinom tanke oblovine bukve (5000 - 6000 m³). Taj podatak treba imati u vidu pri izboru osnovnog stroja i tehnološke linije.

U prilogu predložena je po, našem mišljenju podesna linija jarmače, za piljenje tanke oblovine bukve, kapaciteta oko 5000 m³ oblovine godišnje uz rad u jednoj smjeni (na temelju iskustva iz sprovedenih istraživanja - sl. 1. i 2.).

Obračun kapaciteta jarmače svijetlog otvora 450 mm

Karakteristike sirovine:

- srednji promjer trupca	22,15 cm
- srednja dužina trupca	496 cm
Broj radnih dana u godini	250

Kapacitet jarmače izračunati ćemo po formuli:

$$E = T \cdot \frac{P}{1000} \cdot n \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad \text{m}^3/\text{smj.}$$

T = vrijeme smjene: 450 mm

P = pomak trupca po okretaju jarmače: 6 mm

n = broj okretaja: 350 okr/min

D = srednji promjer trupca: 22,15 cm

k₁ = koeficijent strojnog vremena: 0,8

k₂ = koeficijent smjene: 0,8

$$E_{\text{smj.}} = 450 \text{ min} \cdot \frac{6}{1000} \cdot 350 \cdot \frac{0,2215^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,8 \cdot 0,8 =$$

$$= 23,28 \text{ m}^3/\text{smj.}$$

$$E_{\text{god}} = 23,28 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ smj.} \cdot 250 \text{ rad. dana} =$$

$$= 5.820 \text{ m}^3/\text{god.} / 1 \text{ smj.}$$

8.0 PRIJEDLOG PROIZVODNE LINIJE ZA PRERADU TANKE OBLOVINE

Radi smanjenja troškova u eksploataciji šuma i prijevozu do pilane, trupci tanke oblovine bukve proizvode se znatno većim dužinama od standardnih trupaca. Dužina trupaca u našem uzorku kretala se je od 360 do 720 cm. Na skladištu trupaca prikraćivali smo krive trupce, a ravne trupce pilili smo u isporučenim dužinama. Nakon raspiljivanja trupaca na jarmači sa kolicima, piljenice smo prikraćivali na kružnoj pili za poprečno piljenje na odreske dužine elemenata ili njihove višekratnike. Obzirom na veliki broj grešaka na trupcima tanke oblovine bukve ovim načinom piljenja povećali smo učešće kvalitetnih elemenata. Vanjske greške (ostaci grana, neobrađen perac, mala zakrivljenost) bitno utječu na ravninu prolaza trupca kroz jarmaču. Problem piljenjem u jednoj pilani na jarmači sa 8 valjaka (Esterer 560 mm), potvrđeno je, da se na ovakvoj jarmači kvalitetno mogu piliti samo ravni i punodrvni trupci dužine do 3 m. Dužina trupaca veća od 3 m utječe na stabilnost trupca tijekom piljenja i na kvalitetu piljenja, Sve ove probleme nismo imali na jarmači sa kolicima.

Još je jedan bitan razlog zašto smo način piljenja na jarmači sa kolicima pretpostavili drugim linijama za preradu tanke oblovine bukve (linija tračnih pila, linija višelisne kružne pile i sl.). Naime, za piljenje koje smo primjenili u našem uzorku, nije potrebna linija za prikraćivanje trupaca, već se lančanom pilom dorađuju samo krivi trupci.

Uvažavajući naprijed navedene činjenice smatramo, da bi optimalna linija za piljenje tanke oblovine bukve u asortiman iz našeg uzorka bila linija jarmača slijedećih karakteristika:

a) Primarna pilana

- Jarmača sa kolicima

Svjetli otvor jarma 450 mm

Visina stapaja 400 mm

Pomak 0-12 m/min

- Kružna pila za poprečno piljenje

tip HKP-850

Proizvodnja DIK Đurđenovac

b) Doradna pilana

- kružna pila za poprečno piljenje

- kružna pila za uzdužno piljenje

- tračna pila P 8-R

- kružna pila za poprečno piljenje

8.1 Opis predloženog proizvodnog procesa primarne pilane

Trupce čelni viličar odnosi na poprečni lančani transporter PT-1, na komandu majstora na jarmači. Trupci sa transportera PT-1 pojedinačno padaju na kolica jarmača. Nakon raspiljivanja, piljenice pomoću transportera sa valjcima VT-2 i poprečnog transportera PT-2, prenose se do kružne pile KP. Na kružnoj pili piljenice se dorade, a zatim razvrstavaju po debljini i odlažu na palete za sušenje. Pomoću transportera sa valjcima iznose se iz pilane na dohvat viličaru /slika 1 /.

8.2 Opis predloženog proizvodnog procesa doradne pilane

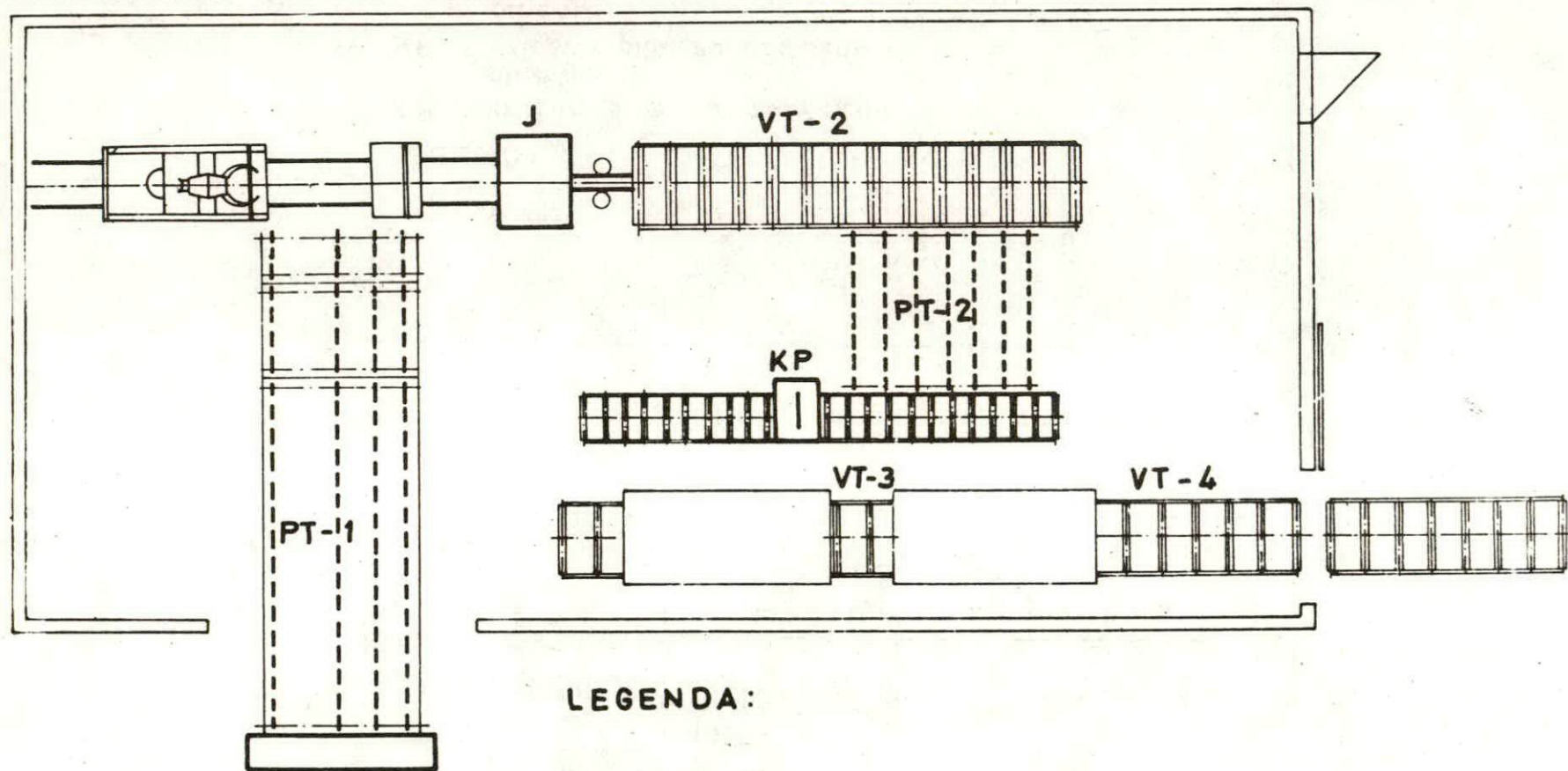
Nakon sušenja viličar donosi palete piljenica ispred kružne pile za poprečno piljenje. Na kružnoj pili KP piljenice se prikraćuju na odreske dužine elemenata. Odresci se razvrstavaju prema dužini i odlažu na niske transportere sa valjcima. Na kružnim pilama KP-1 proizvodi se i izdvaja primarni (vrijedniji) program elemenata, a na tračnoj pili, sekundarni (manje vrijedan) program elemenata.

Između linija postavljen je centralno transporter sa trakom za prenos otpadaka u paletu i elemenata u sortirnicu /slika 2/.

L I T E R A T U R A :

1. Brežnjak, M.: Analiza elemenata koji utječu na iskorišćenje pilanskih trupaca Katedra za tehnologiju drva Interna studija (1963)
2. Brežnjak, M.: Značenje kvantitativnog iskorišćenja trupaca i suvremeni trendovi u pilarnarstvu. Drvna industrija 15 (1964) 11-12.
3. Brežnjak, M.: Iskorišćenje bukovih pilanskih trupaca kod piljenja na tračnoj pili i jarmači. Drvna industrija 18(1967)1-2.
4. Čop, B.: Za ekonomičnije iskorišćavanje i preradu bukovine. Drvna industrija 8(1957), 9-10.
5. Milinović, I.: Iskorišćenje tanke bukove oblovine preradom na jarmači. Magistarski rad (1980. g.)
6. Prka, T.: Iskorišćenje sirovine u pilanskoj preradi drva. Drvna industrija 24(1973), 7-8.
7. Štajduhar, F.: Prilog istraživanju fizičko mehaničkih svojstava bukve u SRH. Drvna industrija 23(1972).
8. Zubčević, R.: Proizvodnja grubih obradaka iz bukovine. Drvna industrija 25(1974), 7-8.
9. Zubčević, R.: Komparativna istraživanja u proizvodnji bukove piljene građe i namjeni izrađenih grubih obradaka. Drvna industrija 29(1978), 3-4.
10. Zubčević, R.: Neki aspekti iskorišćenja nisko kvalitetne bukove oblovine pri piljenju grubih obradaka. Simpozij u Živinicama (1977). Referati.
11. * * * : JUS - Prerada drva D.CO.020. 1955.
12. * * * : JUS - Greške drva D.AO.101-1969.

PRIJEDLOG LINIJE JARMAČE ZA PRERADU TANKE OBLOVINE LISTAČA

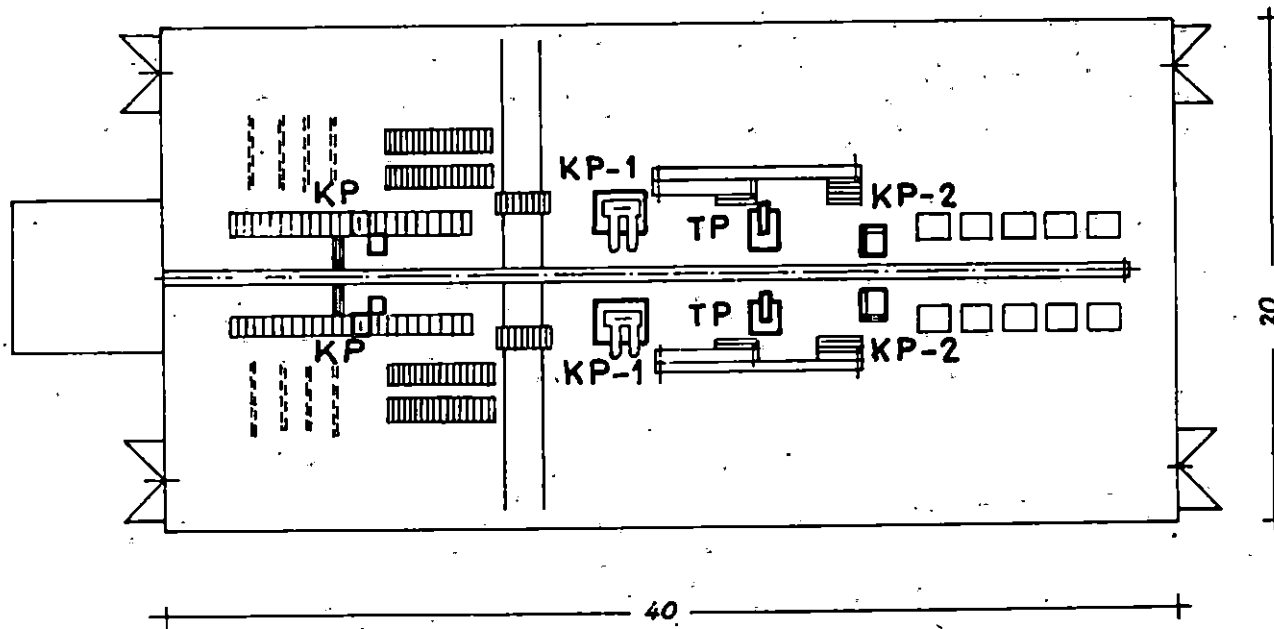


LEGENDA:

- J jarmača
- KP kružna pila
- PT-1 poprečni lanč. transporter (nabacivač)
- PT-2 " " "
- VT-1..4 valjkasti transporter

Slika 1.

PRIJEDLOG DORADNE PILANE
ZA PRERADU TANKE OBLOVINE LISTAČA



LEGENDA:

- KP kružna pila za poprečno piljenje
- KP-1 kružna pila za uzdužno piljenje
- KP-2 kružna pila
- TP tračna pila

Slika 2.

**OPTIMALNO KORIŠĆENJE OSTATAKA I
OTPADAKA MASIVNOG DRVA**

Prof. Đuro Hamm, dipl. ing.

O MOGUĆNOSTI RACIONALNOG KORIŠĆENJA STARIH ENERGETSKIH
POSTROJENJA U DRVNOJ INDUSTRIJI

Općenito je poznata povezanost svih vidova mehanizacije rada sa potrebom energije već prema vrsti, intenzitetu (snazi) i količini. U početku ere mehanizacije prvenstveno je bilo važno ostvarenje potrebne sile, brzine, snage i radnje, a da pri tome nije bio važan i niti se naročito uzimao u obzir stupanj korisnosti utrošene energije za određenu svrhu.

Postepenim razvojem i širenjem tehnike sve je više rasla potreba za energijom, a usporedno sa time postepeno se očituje i stremljenje za kvantitativno i kvalitativno boljim iskorišćenjem energije. Povijesnim slijedom, od početne ljudske, zatim animalne pogonske energije, energije potočara, vjetrenjača i jedrenjaka došlo se je do ere parnih strojeva, motora sa unutarnjim izgaranjem, mlaznih motora i sve do današnjih velikih hidrocentrala i nuklearnih centrala. Međutim sa sve većim rastom potreba na energiji nisu adekvatno paralelno rasli i proizvodni energetske kapaciteta koji bi zadovoljavali toliku potrebu energije.

U toku razvoja energetike u prošlom i ovom stoljeću presudno i ogromno značenje imali su pojava, razvoj i primjena električne energije koja je dovela danas do posvemašnje elektrifikacije. Dok je prije toga bilo neophodno potrebno da se energetska centrala nalazi neposredno u blizini potrošača energije (na maks. udaljenosti do nekih 2 km, sa užetnim prijenosom), dotle je sa elektrifikacijom moguća maksimalna dislociranost različitih proizvođača i potrošača energije. Današnja tehnika omogućava prijenos energije sa bilo koje točke na bilo koju točku našeg planeta. Međutim, takovom idealističkom shvaćanju energetike postavlja granicu proizvodna sposobnost energetskih centrala, a posebno izvorišta primarnih energenata. Potrebe potrošača energije rastu znatno brže od izgradnje centrala, a postepeno dolazi i do problema opskrbe tih centrala primarnim energentima, gorivom. Futurolozi predviđaju, iako dosta neprecizno - što je razumljivo - postepenu i sve veću iscrpljenost nalazišta uobičajenih energenata u skoroj budućnosti. Kao primjer možemo navesti da se danas u svijetu godišnje troši do 3 milijarde tona mazuta, od toga u SFRJ oko 15 milijuna.

Postoje mnogobrojni i različiti prijedlozi za perspektivna rješenja energetike na različitim osnovama kao što su: bio-masa, geotermalna energija, razlika sadržaja topline morske vode (OTEC), plima i oseka, morske struje, morski valovi, zračne struje, sunčeva energija

(apsorberi topline i foto-voltaičke ćelije) it.d.Svi ti ovdje spomenuti potencijalni energetske izvori imaju svoje prednosti i nedostatke. Osim bio-mase svi ti nekonvencionalni energetske izvori za sada predoćuju samo mogućnosti-ogranićene geografskim položajem, hidrološkim i klimatološkim prilikama, a naroćito kapacitetom; od njihova ostvarenja za industrijske svrhe dijele nas još decenije.

U drvojoj industriji se od početka ere parnih strojeva koriste kao gorivo ostaci i otpadci drvene mase iz procesa mehanićke prerade, koristi se dakle obnovljiva bio-masa. Drvena masa dakle nije nekonvencionalni energent, ta drvo je još od praiskona služilo kao gorivo. Međutim ovaj način rješenja energetike predoćuje samo neznatan dio potreba energije u svjetskim razmjerima i stoga ga ubrajaju u relativno nekonvencionalne. U najnovije doba dolazi do primjene bio-masa jednogodišnjeg raslinja, ali i to su rješenja ogranićena investicionim, tehničkim i ekonomskim mogućnostima.

Iz svega ovoga netom rećenoga slijedi da se danas postepeno i neumitno približava kategorićki imperativ u pogledu racionalnog utroška i racionalne opskrbe i proizvodnje energije. Sažeto rećeno, potrebno je postići sveobuhvatnu energetske racionalnost. Ta spoznaja treba da prožimlje svaki projekt, bilo da se radi o arhitektonici, građevinarstvu, strojarstvu, industriji, energetici i t.d., dakle u svim granama ljudske djelatnosti.

Nakon prethodnog uvoda nama je potrebno razmotriti stanje užeg područja energetike u drvojoj industriji. Da ne duljimo povijesnim podacima razvoja, predoćit ćemo sadašnje stanje energetike drvene industrije u nas. Od druge polovine XIX stoljeća do dvadesetih godina XX stoljeća energetika drvene industrije osnivala se je na vlastitom primarnom energentu: drvnim ostacima i otpacima iz proizvodnje. Stereotipni sistem proizvodnje energije sastojao se je iz parnih kotlova, parnog stroja (kondenzacionog ili ispušnog) i transmisija za mehanićki prijenos energije (remenski ili užetni) na radne strojeve i uređaje; u kasnijim godinama pridolazie k tome elektrogeneratori, u početku istosmjernje struje, a zatim trofazni sinhroni generatori. U to vrijeme samo su gdje-gdje postavljene male parne turbine. U pojedinim slučajima proizvodila se je pogonska energija i motorima na upojni plin koji se je dobivao iz drva u plinskim generatorima.

Daljim razvojem, između 2 rata, a naroćito iza 2. svjetskog rata uslijed općeg preovladavanja elektrifikacije u drvojoj industriji sve se je više napuštala vlastita proizvodnja energije, mehanićke i elektrićne; daleko pretežnim dijelom ostala je samo proizvodnja toplinske energije, bilo u vidu vodene pare ili vrele vode. Kao osebjnost treba

ovdje spomenuti da se je u nekim OUR-ima drvene industrije u najnovije vrijeme počeo primjenjivati kao gorivo zemni plin za neke pojedine kotlove. Nesigurnost i neujednačenost dobave zemnog plina često uzrokuju manju proizvodnju energije ili potpunu obustavu takovih kotlova.

Ovdje treba naročito spomenuti činjenicu da u nekim poduzećima drvene industrije ima parnih kotlova koji se lože mazutom (Steam-Block) kojih je postavljanje ekonomski bilo neopravdano pored obilja piljevine i drvnih otpadaka. To je nastalo u vrijeme zamjene zastarjelih energetskih jedinica, a da se pri tome nije vodilo računa o trajnom rješenju na bazi nacionalne ekonomike, a ne na bazi uvoznog goriva (mazuta). Tu je igrala veliku ulogu reklama naših proizvođača parnih kotlova s jedne, a nedovoljno sagledavanje realne perspektive i ekonomičnosti sa strane kupaca.

U nekim radnim organizacijama drvene industrije ostao je, pored suvremenog načina opskrbe pogonskom energijom iz vana, da postoji i stari sistem pilanske energane: parni kotao-parni stroj-transmisija-trofazni sinhroni generator. Međutim, radi izmijenjene proizvodne tehnologije (nema više parionica bukovine i parnih jama), postao je ispušni parni stroj neracionalan. Osim toga, budući da je za sušionice, hidrauličke vruće preše i grijanje potrebna para sa tlakom iznad 2 bara, postojeći parni kotlovi nisu dovoljno dimenzionirani da zimi opskrbe parom i parni stroj. Zadatak ove radnje i jest da se izrade smjernice za mogućnost rješenja toga problema.

Posljednjih godina dolazilo je u više navrata do propagiranja postavljanja protutlačnih parnih turbina sa oduzimanjem pare. Tu postoji radi nedovoljne upućenosti-opasnost ambicioznog investicionog zaleta sa lošim posljedicama; nešto slično kao kod mazutnih kotlova. (Vidi članak: Smjernice za izbor parametara protutlačne parne turbine).

Sada ćemo proračunski prikazati mogućnost racionalnog rada starog stabilnog parnog stroja koji radi na ispuh. Proračun je načinjen na osnovi podataka o stvarnom parnom stroju i generatoru koji postoje u jednoj radnoj organizaciji drvene industrije. Ranije se je ispušna para toga stroja koristila za parionice građe. Tih parionica više nema, a tlak pare u ispuhu nije dovoljan za postojeći sistem grijanja, a niti za tehnološke potrebe; za tu svrhu potrebna je para tlaka oko 2 bara. Slijede proračun i smjernice za realizaciju uklapanja iako ograničenog starog parnog stroja za racionalnu proizvodnju električne energije. Osnovni podaci za proračun i analizu jesu:

Stabilni parni stroj, horizontalni, sa 2 cilindra u Compound spoju. Prvotno je stroj radio u kondenzaciji, kasnije na ispuh (za parionice bukovine). Proizvođač Brand LHuillier-Brno; godina gradnje 1909. Promje-

ri cilindara jesu 370/670 mm \varnothing ; stapaj $s=760$ mm; brzina vrtnje $n=125$ o/min. Stanje vodene pare: ulaz $p_1=13$ bar, $t=220+300$ °C; izlaz u atmosferu (ispuh); izlazni tlak u niskotlačnom cilindru pri normalnom opterećenju uzimamo sa 0,3 bara pretlaka. Zamašnjak je užetnjača 2200 mm \varnothing sa 8 utora za užad 50 mm \varnothing . Snaga pri radu na ispuh $P=250 \cdot 300$ KS; u daljnjem računu uzimamo $P=200$ kW = 272 KS mehaničke snage na zamašnjaku. Sa zamašnjaka se energija prenosi užetima na transmisiju, a sa nje plosnatim kožnim remenom na generator.

Trofazni sinhroni generator, tip GS 400/8; 250 kVA; 380/220 V; 380 A; $\cos\varphi=0,8$; 50 Hz; $n=750$ o/min; godina proizvodnje: 1948. Uzbuđni dinamo: 110 V; 31,8 A; 3,5 kW. Regulator napona još nije postavljen

Na osnovi tih podataka proračunate su energetske vrijednosti i načinjeni su dijagrami potrebne količine pare za pojedine proizvedene mehaničke snage (na zamašnjaku stroja) i električne snage P_{e1} (na stezaljkama generatora (kg/h), kao i dijagram specifičnog utroška pare po 1 kWh proizvedene električne energije (kg/kWh_{e1}), slika 1.

Na sl. 2 prikazani su dijagramima: efektivni utrošak topline pare Q_{sp} po proizvedenom kWh el. energije pri različitim opterećenjima (kWh/kWh_{e1}); efektivni specifični utrošak topline goriva u parnom kotlu (pri $\eta_k=0,7$) Q_{spg} pri različitim opterećenjima (kWh/kWh_{e1}), kao i specifični utrošak goriva G_{spg} po 1 kWh proizvedene energije na stezaljkama trofaznog sinhronog generatora (kg/kWh_{e1}). Napomene: kao gorivo pretpostavljena je bukovina vlage $u=0,6$ (pilanska piljevina i otpaci); količine topline izražene su i u kcal/kWh_{e1}.

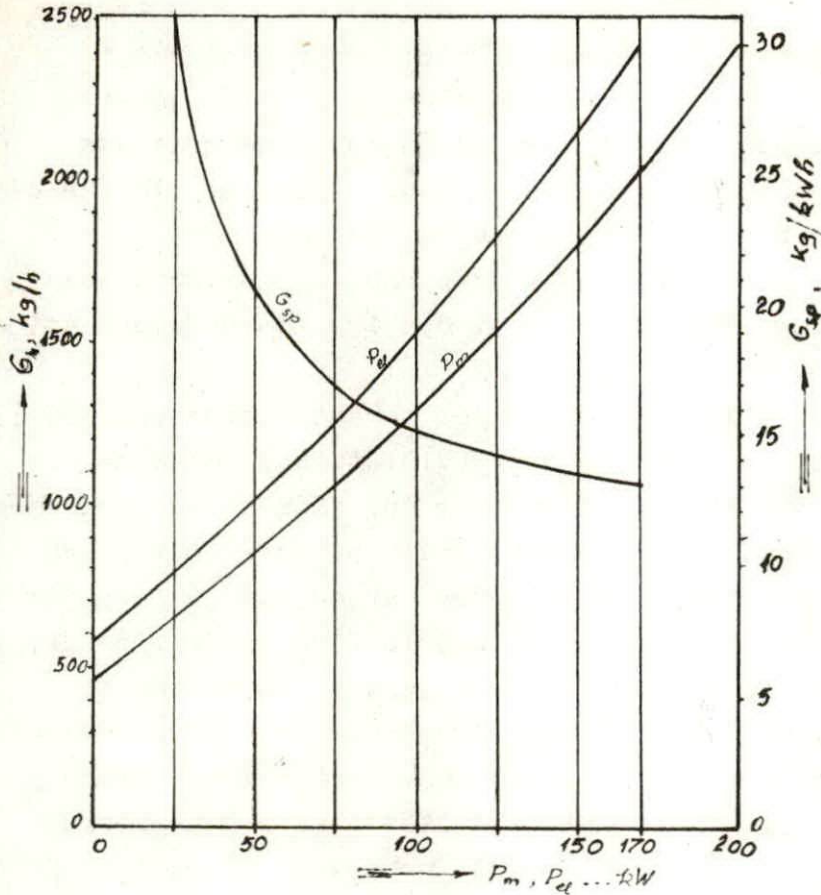
Ispod sl. 2 slijedi tabela sa numeričkim vrijednostima dijagrama. Tabela prikazuje karakteristične vrijednosti za 7 pogonskih točaka promatranog energetskog postrojenja.

Diskusija i smjernice za racionalni rad parnog stroja.

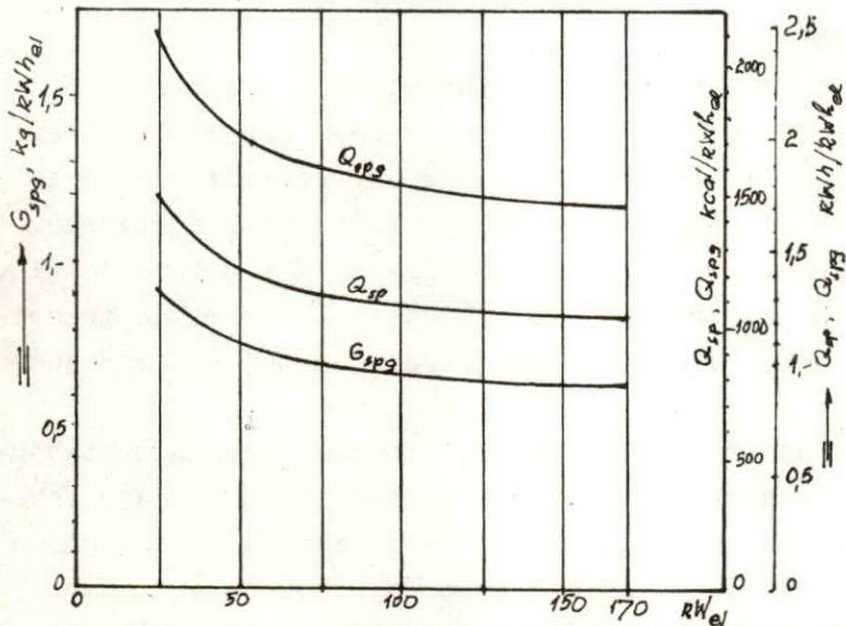
Diskusija. Optimalno iskorišćenje kod svih ispušnih kao i protutlačnih parnih strojeva moguće je uz uvjet da se pri proizvodnji energije sva količina pare iza izlaska iz cilindara (ili iz turbine) korisno utroši za tehnološke potrebe i za grijanje prostorija.

Ako nije sva ispušna para potrebna za toplinske svrhe, to se odgovarajući višak količine pare mora pustiti neiskorišten u zrak, a to je posve neracionalno.

Ako je potrebno više pare za tehnološke svrhe i grijanje, nego li je potrebno da prođe kroz stroj u svrhu proizvodnje energije, to se tada potreban višak pare za grijanje dodaje toplinskoj mreži izravno iz parnog kotla preko odgovarajućih redukcionih parnih ventila.



SI.1 DIJAGRAM UKUPNOG
UTROŠKA G_h I SPEC.
UTROŠKA G_{sp} PARE
ZA PROIZVOD EL.EN.



SI.2 DIJAGRAM EFEKTIVNOG
UTROŠKA TOPLINE Q_{sp}
PARE I TOPLINE GORIVA
 Q_{spq} I KOLIČINE GORIVA
 G_{spq} PO 1 RWh_{el} .

P_{el} kW	25	50	75	100	125	150	170
G_h kg/h	800	1020	1240	1520	1820	2151	2410
G_{sp} kg/ RWh_{el}	32	20,4	16,53	15,2	14,56	14,34	14,17
Q_{sp} $\frac{kWh}{kWh}$	1,721	1,407	1,302	1,250	1,218	1,197	1,185
Q_{spq} $\frac{kWh}{kWh}$	2,459	2,010	1,860	1,785	1,741	1,711	1,693
G_{spq} kg/ RWh_{el}	0,9045	0,7393	0,6843	0,6567	0,6402	0,6292	0,623

TABELARNI PRI-
KAZ VRIJEDNOSTI
UDIJAGRAMIMA
SI.1 i 2.

Ranije je kod toga parnog stroja bio skoro optimalan slučaj rada: ispušna para puštala se je u parionice bukove građe. U njima je ta para grijala i djelomično dehidrirala drvenu masu bukovine svladavajući istodobno gubitke topline. Velik utrošak topline tih starih parionica omogućavao je skoro optimalan rad parnog stroja.-

Prestankom parenja bukovine rad toga parnog stroja postao je energetske neracionalan, jer prigodom rada stroja ispušna para odlazi neiskorištena u atmosferu.

Primjer. Ako se sa ovim parnim strojem i generatorom proizvodi 100 kW električne snage, to se u stroju troši (vidi tabelu!) 1520 kg/h vodene pare tlaka $p=13$ ata, $t=250^{\circ}\text{C}$. Pri takovom opterećenju za proizvod 1 kWh el.energije prolazi kroz cilindre količina pare 15,2 kg/kWh. Sva utrošena količina pare odlazi iz cilindra parnog stroja sa nižim sadržajem topline. Ako se ispušna para sva iskoristi do kondenziranja, pri ca 100°C , to energetska vrijednost te pare iznosi kod navedenog opterećenja $1520 \cdot (700 - 0,705 \cdot 102 - 100) = 802697$ kcal = $933,4$ kWh = 3360730 kJ/h. U svrhu pretvorbe toplinske energije pare, računato na stanje pare na ulazu u parni stroj, u el.energiju na stezaljkama generatora iznosi toplinski ekvivalentna količina svježije pare $G^* = 1520 \cdot \frac{0,705 \cdot 102}{700 - 100} = 182,172$ kg. Za tu količinu pare utrošeno je gorivo drva ($u=0,6$): $G_g^* = 182,172 \cdot 0,3667 = 66,802$ kg.

Prema tome će se za proizvodnju 1 kWh el.energije u pretpostavljenom idealnom slučaju - kada se sva ispušna para korisno upotrijebi svega 0,668 kg nazivnog goriva, odnosno sa 1 kg goriva dobit će se 1,497 kWh el.energije ! U tom slučaju je stepen korisnosti pretvorbe energije primarnog energenta u el.energiju $\eta = 0,55 = 55\%$! U tome je glavna prednost protutlačnih parnih strojeva! Ali je zato potrebno iskoristiti svu paru u tehnološke svrhe i grijanje. Međutim taj uvjet rijetko je kada u cijelosti ispunjen.

Sažeto rečeno: promatrani stari parni stroj - u ispravnom stanju - davat će na stezaljkama generatora 100 kW el.energije - u slučaju iskorišćenja ukupne ispušne pare u toplinske svrhe - za ekvivalent topline koji odgovara količini 182,172 kg svježije pare. To odgovara postotku $\frac{182,172}{1520} \cdot 100\% = 11,985\%$ toplinske vrijednosti pare utrošene na ulasku u parni stroj. Preostala količina topline $100 - 11,985 = 88,015\%$ jest iskoristiva toplina pare za tehnološke i ogrjevne svrhe. U slučaju veće ili manje proizvodnje energije bit će potrebna veća ili manja količina pare, a prema tome će varirati i ispušna para.

Iz navedenoga primjera proizlazi da bi za dobivanje određene količine toplinske energije uz istodobni rad parnog stroja parni kotao trebao davati $\frac{100}{0,88015} = 113,62\%$ količine pare prema onoj bez ra-

da parnog stroja. Potreban višak pare iznosi dakle 13,62% što kod kotlova pri trajnom radu ne predoduje naročiti problem.

Smjernice za realizaciju racionalnog rada stabilnog parnog stroja. Kako racionalizirati i uklopiti rad parnog stroja u proizvodni proces? Kao osnovno treba prvo ustanoviti slijedeće: a/Stanje parnog stroja, sinhronog generatora, mehaničkog prijenosa energije, regulatora napona i ostale dijelove pogonskog postrojenja; b/Stvarnu potrebu topline za tehnološke svrhe i za grijanje i to prema temperaturnom nivou, intenzitetu u vremenskom slijedu (sati, dani, godišnje doba ili mjeseci). Tu nisu mjerodavne vrijednosti iz ranijih projekata, nego stvarno ustanovljene vrijednosti mjerenjem i kontrolnim proračunom. Prije pristupa odlučivanju predlažemo da se razmotre slijedeće varijante:

1/Rekonstruirati sistem grijanja prostorija na grijanje toplom vodom; ispušna para parnog stroja odaje toplinu u izmjenjivaču na toplu vodu; kondenzat odilazi u odvajач ulja it.d.;

2/.U većim halama i u predušionicama postaviti cijevni sistem (cijevi većeg promjera, limene cijevi) za pretežno konvektivno grijanje ispušnom parom; treba paziti na potreban pad radi kondenzata;

3/.U slučaju srazmjerno velike potrebe ispušne pare i male količine pare sa nešto višim tlakom (do ca 0,5 bara pretlaka), mogla bi se ta mala količina ejektorski podići na viši tlak;

4/.Instalacija zračne kondenzacije. Primjena: ubrzano prirodno sušenje na većim stovarišnim i skladišnim površinama;

4/.Na kraju, last but not least, treba proučiti i razmotriti i varijantu primjene toplinske pumpe.

Napomene. Kod svih izvedbi u kojima se radi o iskorišćenju ispušne ili protutlačne pare stupnih parnih strojeva potrebno je riješiti problem odvajanja ulja iz kondenzata;

- Pri izboru materijala za izmjenjivač topline treba imati u vidu stupanj korozivnosti u svakom datom slučaju.

- Na sl.3 shematski je nacrtano postrojenje, na koje se odnosi ovaj rad;

- Na sl.4 shematski je prikazana industrijska energana i 3 kruga potrošača toplinske energije.

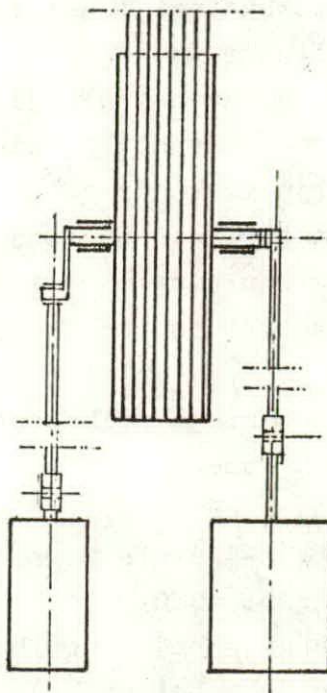
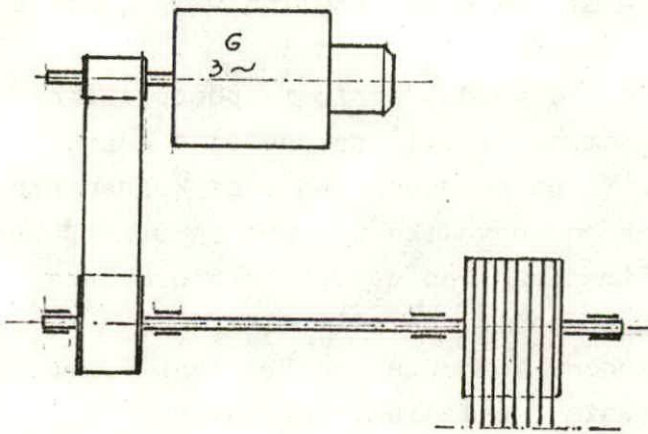
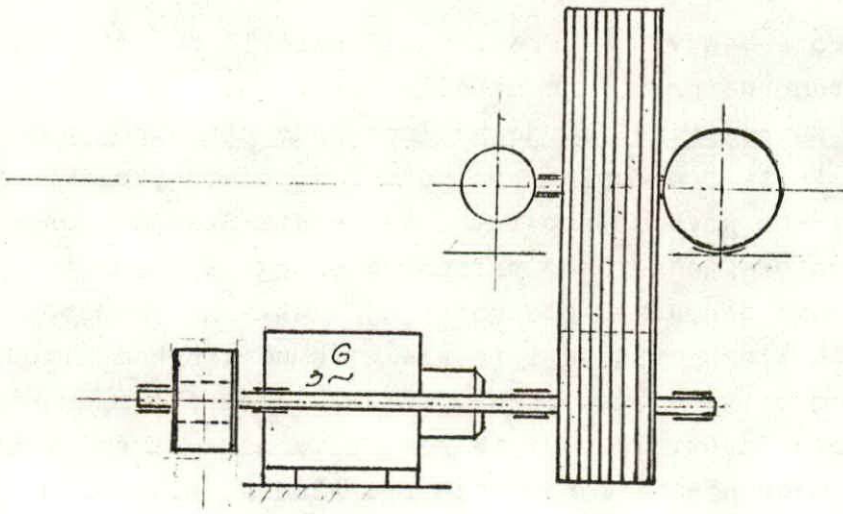
Literatura

Gerwin, R.: Die Welt-Energie perspektive, W.Goldmann Verl. Stuttgart, 1980.

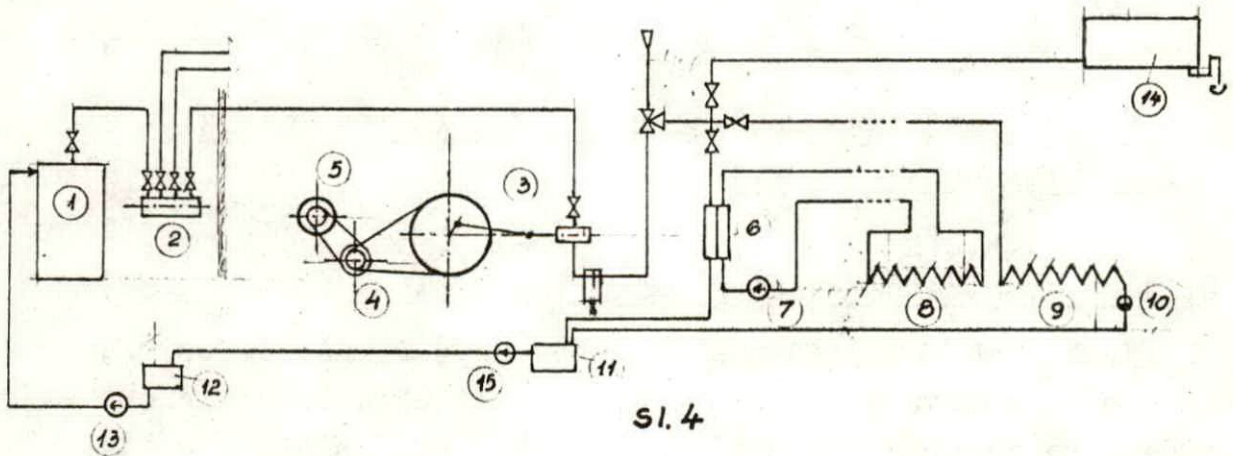
Procenko, A.: Energija budućeg, Molodaja gvardija, Moskva, 1980.

Kiss, M.G., Mahon H.P., Leimer H.J.: Energiesparen jetzt, Bau-Verlag Wiesbaden, 1980.

Moog, W.: Betriebliches Energie-Handbuch, F.Kiehl Verlag, Ludwigs-Hafen, 1983.



3.15



Legenda:

- 1 parni kotao: pare; 3 parni stroj; 4 transmisija;
 5 el.generator; 6 izmjenjivač topline para-topla voda;
 7 optočna pumpa; 8 radijatori; 9 izmj.topline za velike prostorije;
 10 kondenzatni lonac; 11 sabirnik i odvajač ulja; 12 sabirnik;
 13 napojna pumpa; 14 parionica i sl.; 15 transportna pumpa.

Prof. Đuro Hamm, dipl. ing.
Sumarski fakultet, Zagreb

KRATAK USPOREDBENI PREGLED SISTEMA GRIJANJA U TEHNOLOŠKIM
PROCESIMA DRVNE INDUSTRIJE

1. Grijanje zasićenom vodenom parom višeg tlaka (1 + 3 bara)

Primjena ovakovog grijanja najčešća je u drvanoj industriji iako se u novije vrijeme postepeno smanjuje. Investicioni izdaci za te uređaje su niži od svih drugih sistema grijanja pomoću tekućeg toplinskog medija. Oni iznose svega oko 70% od investicija za vrelovodne uređaje. Glavni nedostatak načina grijanja vodenom parom jest to da ona mora biti zasićena i da se grijanje ne može kontinuirano i selektivno regulirati, nego samo stupnjevito - sekcioniranjem ogrjevne površine ili prigušenjem tlaka. Ovaj potonji način predočuje još i dodatno pogoršanje stupnja iskorištenja topline pare.

Do lošijeg ukupnog stupnja iskorištenja topline dolazi kod ovog načina grijanja i uslijed isparivanja jednog dijela kondenzata kada ovaj izađe iz kondenznog lonca u vanjski prostor, ako nije prije toga korisno odao višak topline. Para kao medij grijanja dolazi u obzir u slučaju primjene protutlačne parne turbine ili kondenzacione turbine sa odcjepom ili tome analognog tzv. parnog motora (na pr. parni motor tv. Spilling). A i tu može ta para u odgovarajućem izmjenjivaču topline predati toplinu vreloj vodi kao konačnom toplinskom mediju.

U slijedećoj tabeli dati su tehnički podaci za zasićenu vodu paru, u ovisnosti o tlaku:

- temperatura zasićene pare, $t^{\circ}\text{C}$;
- specifični volumen ϑ^{-1} vrele vode i pare, m^3/kg ;
- entalpija vrele vode i' , toplina isparivanja r i ukupni sadržaj topline i'' , kJ/kg ;
- količina isparenog kondenzata ΔG_0 , od temperature zasićenosti u slučaju izlaska iz kondenznog lonca u prostor nižeg tlaka i to pretlaka 0; 0,2; 1 i 2; $\Delta G_{0,0}$; $\Delta G_{0,2}$ i ΔG_1 ; ΔG_2 kg/kg .

TABELA KARAKTERISTIČNIH VRIJEDNOSTI ZASIĆENE VODENE PARE I KONDENZATA KAO SREDSTVA ZA GRIJANJE U IZMJENJIVAČIMA TOPLINE

p, bar		t °C	$\rho^s; m^3/kg$		Entalpija, kJ/kg			ΔG_0	$\Delta G_{0,2}$	ΔG_1	ΔG_2	$\frac{\Delta Q_0}{Q}$	$\frac{\Delta Q_{0,2}}{Q}$	$\frac{\Delta Q_1}{Q}$	$\frac{\Delta Q_2}{Q}$
aps.	pretlak		voda	zas.para	i'	r	i''	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	%	%	%	%
1,-	0	99,63	0,001043	1,694	417,5	2257,7	2675,2	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	0,2	104,81	0,001047	1,428	439,4	2244,-	2683,3	0,00970	-	-	-	4,984	-	-	-
1,4	0,4	109,32	0,001051	1,237	458,4	2231,9	2690,3	0,01816	0,00847	-	-	8,922	4,14	-	-
1,6	0,6	113,32	0,001054	1,091	475,4	2221,-	2696,4	0,02565	0,01604	-	-	12,18	7,57	-	-
1,8	0,8	116,93	0,001058	0,977	490,7	2211,1	2211,1	0,03242	0,02286	-	-	14,92	10,45	-	-
2,-	1,-	120,23	0,001061	0,8856	504,7	2201,9	2706,6	0,03862	0,02910	-	-	17,28	12,94	-	-
2,5	1,5	127,43	0,001067	0,7186	535,4	2181,6	2716,9	0,05222	0,04278	0,01394	-	22,02	17,93	5,73	-
3,-	2,-	133,54	0,001073	0,6057	561,4	2163,9	2725,4	0,06374	0,05437	0,02575	-	25,63	21,73	10,10	-
4,-	3,-	143,63	0,001084	0,4624	604,7	2133,9	2738,6	0,08292	0,07366	0,04542	0,02001	30,96	27,34	16,54	7,16
5,-	4,-	151,85	0,001093	0,3748	640,1	2108,6	2748,7	0,09860	0,08944	0,06149	0,03637	34,78	31,35	21,15	12,29
6,-	5,-	158,84	0,001101	0,3156	670,4	2086,4	2756,8	0,11202	0,10294	0,07525	0,05037	37,72	34,46	24,72	16,26
7,-	6,-	164,96	0,001108	0,2728	697,1	2066,4	2763,5	0,12380	0,11480	0,08738	0,06271	40,11	36,97	27,60	19,47
8,-	7,-	170,41	0,001115	0,2403	720,9	2048,2	2769,1	0,13440	0,12540	0,09819	0,07371	42,09	39,05	29,99	22,13
9,-	8,-	175,36	0,001121	0,2149	742,6	2031,2	2773,8	0,14400	0,13510	0,10804	0,08374	43,78	40,83	32,04	24,40
10,-	9,-	179,88	0,001127	0,1944	762,6	2015,3	2777,9	0,15290	0,14400	0,11713	0,09298	45,25	42,38	33,82	26,38
15,-	14,-	198,28	0,001154	0,1317	844,6	1947,1	2791,8	0,18920	0,18060	0,15437	0,13087	50,57	47,98	40,24	33,53
20,-	19,-	212,37	0,001177	0,09957	908,6	1890,4	2798,9	0,21750	0,19140	0,18343	0,16045	54,05	51,64	44,45	38,21
30,-	29,-	233,84	0,001216	0,06665	1008,3	1795,-	2803,4	0,26170	0,25350	0,22871	0,20653	58,59	56,42	49,95	44,32
40,-	39,-	250,33	0,001252	0,04977	1087,4	1713,4	2800,8	0,29670	0,28880	0,26464	0,24308	61,60	59,59	53,59	48,37

- % gubitka topline kondenzata zbog isparivanja na nižem tlaku u vanjskom prostoru, $\frac{\Delta Q_x}{Q} \cdot 100 \%$; tu je alternativno $x = 0; 0,2; 1; 2$.

Iz podataka ove tabele jasno proizlazi korisnost racionalnog ohlađivanja kondenzata prije ulaza u kondenzni lonac. Kao karakteristični slučaj može se promatrati ekspanziona posuda u vrelovodnom sistemu hidraulične vruće preše u tv. ploče vlaknatice.

2. Grijanje parom niskog tlaka (0,1 - 0,5 bara)

Ovi uređaji su još uvijek najčešći. Za postizanje ekonomičnog načina rada preporučuju se kod horizontalne razdaljine slijedeći pritisci:

do 100 m ... 0,05 bara
 " 150 " ... 0,08 "
 " 200 " ... 0,10 "
 preko 200 m ... 0,15 - 0,2 bara

Pred ulazom u kalorifer treba da pritisak pare iznosi oko (ili nešto više) 200 kp/m^2 (=mm s.v.) tj. oko 0,02 bara.

Para u kaloriferu ili izmjenjivaču kondenzira odavajući svoju toplinu isparivanja r (kJ/kg). Kod tih niskih pritisaka nisu potrebni kondenzni lonci, brzi odvajači kondenzata i sl. koji se kod višetlačnog grijanja stavljaju iza kalorifera, odnosno izmjenjivača topline. Na mjesto ovih stavljaju se U-cijevi sa kracima podešenima pritisku. Investicioni troškovi su približno isti kao kod vrelovodnog grijanja.

Prednosti: relativno niska cijena uređaja, neznatna opasnost smrzavanja, brzo početno zagrijavanje; nije potrebna ekspanziona posuda.

Nedostaci: radi temperature na površini izmjenjivača topline može uzrokovati destilaciju prašine. Moguća je samo ograničena i stepenasta regulacija temperature grijanja.

Ovdje naročito treba spomenuti mogućnost opskrbe parom u vidu ispušne pare parnog stroja. Ovaj način je najracionalniji, ali je vezan sa kompleksnim rješenjem opskrbe energijom: para - energija (mehanička, električka) - ispušna para (do 0,8 bara).

3. Toplovodno grijanje

U tom sistemu ima topla voda temperaturu ispod temperature ključanja, dakle praktički ispod 100° . Na pr. $90^{\circ}/70^{\circ}$ što znači ulazna voda u krajnji izmjenjivač (radijator ili kalorifer) je 90°C , a na izlazu iz izmjenjivača 70° . Sve su to nazivne vrijednosti. Primjenjuje se pretežno za grijanje prostorije, a redovno ima selektivnu regulaciju. Pri brzini preko 0,8 m/s u cijevima može doći do šumova. Brzina u daljinskim vodovima uzima se 1 - 2 m/s. U sistemu treba na određenim točkama postaviti ekspanzione elemente i posude.

Ovaj način radi niske temperature redovno ne dolazi u obzir za proizvodne tehnološke procese. Inače je on vrlo ekonomičan i vrlo prilagodiv.

4. Vrelovodno grijanje

Ovaj način grijanja ima veliku primjenu u drvnoj industriji. Po pogonskoj ekonomičnosti i investicijama mu je konkurent vrelouljno grijanje tj. grijanje sa termouljem.

Temperature dolazne vrele vode na ulazu u toplinske izmjenjivače iznosi, već prema konstrukciji i namjeni uređaja, između 110°C (minimalni tlak vrele vode iznosi u ovom slučaju - - zaokruženo 1,4 bara aps. = 0,4 bara pretlaka) do 200°C (min. 15 bara aps. = 14 bara pretlaka). U proizvodnji ploča vlaknatica ide se do 220°C čemu odgovara zaokruženo 23 bara aps. = 22 bara pretlaka.

Važno je imati u vidu da stvarni pritisak vrele vode u cijevima i na mjestu najmanjeg tlaka mora biti nešto viši od naprijed navedenih, kako ne bi nigdje u cijevima došlo do

isparivanja vode, što bi posve onemogućilo rad uređaja, a time i proizvodni proces.

Ovaj način grijanja zahtijeva malene promjere cijevi, a i toplinski gubici su nešto manji od onih kod grijanja parom. Investicioni troškovi također su relativno niski. Cijevi se uz određeni nagib, mogu voditi prema potrebi.

Naročita je prednost ovoga načina grijanja, što se toplina može akumulirati u masi vode u većim posudama odnosno kotlovima. To je od prvenstvenog značenja kod tzv. mokrog procesa prešanja, gdje u početku ciklusa rada dolazi do velikih udara odnosno veoma velikog trenutnog utroška topline (do 15 puta više od konačnog utroška u radnom ciklusu). To je slučaj u prešama u tv. ploča vlaknatica i sl.

Za cirkulaciju vrele vode služe optočne pumpe. One su dimenzionirane za maks. potrebnu količinu vrele vode i za svladavanje dobavne visine. Prema vani one moraju biti dimenzionirane za pritisak u cijevima + dobavni pritisak. Naravno da tome moraju odgovarati brtve itd. Visoko površinska temperatura na vanjskom plaštu cijevi uzrokuje skuplju toplinsku izolaciju. Stoga ovaj način nije podesan za grijanje uređskih prostorija. On zahtijeva i jače dimenzioniranje odnosno svrsishodno oblikovanje izmjenjivača topline. Od toplinske stanice vodi cijev do potrošača, a za izlaznu vodu od potrošača služi također isto takva cijev. Primjedba o pritiscima vrijedi i za ovu cijev. Dakle cijevi će biti do 2 puta više nego li kod grijanja parom. Cirkulacione pumpe troše znatnu količinu el. energije.

Pri radu se valja pridržavati propisa o sigurnosti, koji važe za zatvorene vrelovodne sisteme.

Pogonska ekonomičnost se očituje tako, što ovdje u povratnom vodu ne dolazi do isparivanja vrele vode u atmosferu, kako je to u pravilu kod grijanja parom.

Za količinu topline $Q = 1 \text{ Gcal/h} = 10^6 \text{ kcal/h}$ uz neku određenu brzinu v m/s i temperaturnu razliku Δt potreban je nutarnji promjer cijevi $d = 594,7 \cdot \sqrt{\frac{1}{v \cdot \Delta t}} \dots \dots \text{ mm } \phi$, a za

$$1 \text{ MW } (= 0,86 \text{ Gcal/h}) \text{ } d = 551,5 \cdot \sqrt{\frac{1}{v \cdot \Delta t}} \dots\dots\dots \text{ mm } \phi.$$

5. Vrelouljno grijanje

predočuje suvremeni način grijanja koje ima znatne prednosti u procesnoj tehnici drvene industrije.

Prednosti su: postizanje visoke temperature ogrjevnog sredstva - do 350°C - bez potrebe pretlaka u samom ulju, tj. u cijevima i izmjenjivačima; relativno maleni promjeri cijevi; mogućnost kontinuirane regulacije temperature u velikom rasponu; optočne pumpe moraju svladavati samo otpore protjecanja ulja kroz sistem. Razlika prema drugim načinima grijanja jesu: specijalno brtvljenje i osiguranje od štrcanja ulja na prirubnicama. Do sada nije dovoljno provjerena maksimalna trajnost termoulja i s njima nema dovoljno iskustva u nas.

Nešto je - radi viskoznosti - slabiji ukupni koeficijent prijelaza topline ulja na stijenke izmjenjivača topline. Radi manje gustoće i manje specifične topline ulja c_p (prema vodi) potreban je u inače istom temperaturnom rasponu i za istu količinu topline protok ulja $\frac{1}{0,9 \cdot 0,5} = 2,22$ puta veći od onoga protoka vode u vrelovodnom sistemu. Međutim radi više temperature ulja ta razlika mase je znatno manja. Pri konstrukciji cjevovoda i izmjenjivača treba imati u vidu i znatno veću termičku dilataciju cjevovoda i posuda (čak do 3 x) prema vrelovodnom sistemu, već u ovisnosti o temperaturnoj razlici.

Primjedba: u slučaju eventualne naknadne prerade vrelovodnog sistema u vrelouljni potrebno je izmijeniti brtvila sa odgovarajućim brtvilima za višu temperaturu i kontrolirati dilatazione elemente i cijevna koljena na povećanje deformacija. Osim toga potrebno je cijevi dobro iznutra očistiti od rđe. Oko svih prirubnica treba staviti limenu zaštitu od event. prskanja mlaza vrelog ulja! Za dobivanje vrelog ulja služe vrelouljni kotlovi. Prema današnjoj tehnici oni se redovno

lože sa lož-uljem, mazutom ili zemnim plinom. U najnovije vrijeme postoje kotlovi i sa drugim gorivima.

Za količinu topline $Q_1 = 1 \text{ Gcal/h} = 10^6 \text{ kcal/h}$ i neku određenu brzinu ulja u cijevi v , m/s i temperaturnu razliku Δt , °C iznosi potreban nutarnji promjer cijevi $d = 886,49 \sqrt{\frac{1}{v \cdot \Delta t}}$
..... mm.

6. Zagrijavanje plinovima izgaranja odnosno dimnim plinovima

Tu može biti slijedeće:

- direktno zagrijavanje; ovdje dim izravno dolazi u dodir sa grijanim materijalom. Tu redovno imamo ili recirkulaciju dijela izlaznog plina ili miješanje plina sa zrakom, a sve to u svrhu postizanja određene temperature. Nedostatak ovog načina jest ograničenje temperature i u tome što se na plohe taloži pepeo koji kasnije oštećuje rezne oštrice pri obradi; (termogensko grijanje prostorija).
- direktno zagrijavanje sagorjavnog zraka u ložištima parnih i vrelovodnih kotlova. Ovaj način omogućuje kod postojećih starih postrojenja povećanje učina i stupnja korisnosti naročito u zimskim uvjetima rada.
- indirektno zagrijavanje; dim posredstvom izmjenjivača topli-
ne zagrijava zrak (rekuperatori, regeneratori).

7. Električno grijanje

Za tehnološke svrhe u drvnoj industriji primjenjuje se samo iznimno i to u specijalnim slučajevima. To mogu biti:

- elektrotoporno niskonaponsko grijanje. Zagrijava se tanka metalna traka određene širine i natiskuje se na mjesto grijanja (lijepljenje rubnih letvica i sl.). Napon između krajeva trake 5 - 8 V; struja doseže nekoliko stotina ampera. Intenzitet grijanja do 4 kW/m^2 dodirne površine.
- Direktno el. zagrijavanje drvne mase se sada ne primjenjuje.
- Visokofrekventno dielektrično grijanje; ono omogućuje jednoliko progrijavanje cijele drvne mase, a time se postiže najbrže moguće zagrijavanje drva bez štetnih posljedica.

Početna vlaga $u_1 \leq 0,25$. Frekvencija $f = 13,56$ MHz ili $27,12$ MHz. Jakost el. polja - u zavisnosti o svojstvima i stanju grijane drvene mase - iznosi $E \leq 1000$ V/cm. Dakle je potreban visoki napon. Stepenn korisnog djelovanja i u optimalnim uslovima iznosi, prema današnjoj tehnici, oko $\eta = 0,5 = 50\%$.

- Grijanje infracrvenim zrakama; valna dužina $0,8\text{--}8\mu\text{m}$ imaju svojstvo prodiranja u površinski sloj drvene mase i do 5 mm dubine, u ovisnosti o vrsti i stanju drva. Ovamo možemo ubrojiti i slijedeće načine ozračivanja kod kojih samo grijanje nije bitan faktor, nego samo njihov utjecaj na oksidaciju, odnosno otvrđivanje lakirane površine. To su:
 - zračenje ultraljubičastim zrakama valne dužine $\leq 0,4\mu\text{m}$. Utrošak el. energije oko $0,12$ kWh/m² ozračeno lakirane površine.
 - elektronsko zračenje lakiranih površina u svrhu otvrđivanja laka. Primjenjuje se samo za velike proizvodne učine.

8. Općeniti osvrt na način dobivanja ogrjevnog medija

Zasićena vodena para

- parni kotao sa potrebnim pritiskom, niskotlačni do pritiska $0,5$ bara - ili srednjetlačni iznad toga tlaka.
- para iz pretlačnog odcjepa nekog kondenzacionog parnog stroja ili parne turbine.
- Protutlačna ili ispušna para parnog stroja ili parne turbine;
- iznimno može se niskotlačna para dobiti posredstvom izmjenjivača topline. Ovo dolazi u obzir, ako već postoji vrelovodni kotao i odgovarajući cijevni sistem. Takav slučaj imamo ponegdje u tvornicama ploča vlaknatica, gdje je glavni izvor topline visokotlačni vrelovodni kotao (do 24 bara).
- Za slučaj male potrebe pare može ponegdje (na pr. kod hidrauličke preše za furniranje) doći u obzir i maleni el. parni kotao. Tu je grijanje posredstvom uronjenih elektroda u vodu. Potreban otpor daje sloj vode između elektroda. Ovi

kotlovi se proizvode za male učine do 100 kg/h i za pritisak do 3 bara.

Topla voda

- toplovodni kotao, za temperature do 100 odnosno 110°C.
- para iz postojećeg parovodnog sistema posredstvom izmjenjivača topline (u tzv. toplinskoj centrali) ili direktnim intenzivnim miješanjem.

Vrela voda

- Temperatura iznad 110°C sve do maks. 220°C, uz odgovarajući tlak koji mora biti veći od tlaka zasićene pare iste temperature.
- Vrelovodni visokotlačni kotao
- Visokotlačni parni kotao sa dovodom pare u toplinski akumulator u kojemu direktnim zagrijavanjem parom pomoću intenzivnog miješanja postizive temperature do 220°C uz odgovarajući visoki tlak.

Vrelo ulje (termo-ulje)

- vrelouljni kotao. U dosadanjim izvedbama ovi se kotlovi lože sa lož-uljem, mazutom ili plinom, ali već postoje izvedbe i sa loženjem drugim gorivom.

Za postizanje visoke temperature ulje se ne može zagrijati na pr. u nekom izmjenjivaču topline sa parom ili vrelom vodom, jer nema potrebnog termičkog gradijenta. A ulje ako se ne ugrije na visoku temperaturu gubi glavnu prednost pred vrelom vodom. Kod vrelouljnog sistema nije tlak ulja uvjetovan temperaturom, nego samo otporima strujanja u sistemu.

Dimni plinovi

- dobivaju se ili u posebnim ložištima ili oduzimanjem iz dimovodnog kanala većih parnih kotlova. Recirkulacijom dijela dima koji je već prošao kroz izmjenjivač ili miješanjem sa zrakom dobiva se potrebna temperatura. Posebno treba naglasiti mogućnost povećanja učina i stupnja korisnosti kotlova na principu termogenskog grijanja.

Prof. Đuro Hamm, dipl. ing.
Šumarski fakultet Zagreb

MOGUĆNOSTI ŠTEDNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DRVNO-INDUSTRIJSKIM
POGONIMA .

1. Uvod.

U pristupu elektroenergetskoj problematici drvne industrije treba prvo razlikovati dva osnovna vida: racionalnu opskrbu elektroenergijom i racionalni utrošak elektroenergije.

Pod racionalnom energijom podrazumijevamo ove glavne varijante:

- a) vlastitu proizvodnju elektroenergije;
- b) opskrbu električnom energijom iz visokonaponske mreže elektro-sistema;
- c) kombiniranu opskrbu električnom energijom dijelom iz visokonaponske mreže, a dijelom iz vlastite proizvodnje (iz vlastitih agregata).

Prerada drva spada u najstarije grane ljudske fizičke djelatnosti u svrhu prerade materijala. Kao pogonska snaga za proizvodne procese u drvnoj industriji- nabrojeno slijedom, ali u međusobno vrlo različito dugim vremenskim intervalima, služili su i služe: ljudska radna snaga, animalna snaga, hidroenergija (vodena kola, potočare), vjetrenjače (prvo u Holandiji), stepni parni strojevi (kondenzacioni, ispušni, protutlačni, kondenzacioni sa međuođuzimanjem pare za toplinske uređaje), parne turbine (podjela kao kod stepnih parnih strojeva). I kod hidrauličkih, aerotehničkih i parnih energetskih strojeva u početku se, kroz dugi niz godina, pretvorbom dobivena mehanička energija prenosila na radne strojeve mehaničkim prijenosnim sredstvima i uređajima (užetnjače, plosnati remeni, klinasti remeni) posredstvom transmisijskih osovina. Maksimalni doseg bio je (ali ne u drvnoj industriji) do 2 km. Tek koncem prošlog stoljeća postepeno su u pilanskim energanama priključivani mali električni generatori istosmjerne struje i to u prvo vrijeme gotovo isključivo za rasvjetu pogona i okolišnih zgrada. Istom početkom ovog stoljeća počela je era elektrifikacije, radni strojevi i uređaji sve su se više pogonili električnom energijom. U početku je to bila vlastita proizvodnja energije u pojedinim industrijskim pogonima poput nekih međusobno nezavisnih energetskih enklava, da bi nakon 30-ih godina našeg stoljeća započeo intenzivan razvoj elektrifikacije u nas.

Početno geslo u prvo vrijeme opće elektrifikacije bilo je da" i najmanja seljačka kuća dobije električnu rasvjetu". Pojam elektrifikacije bio je u prvo vrijeme poistovjećivan sa električnom rasvjetom. Takvo usko shvaćanje ubrzo je već tada prouzrokovalo izvjesne razumljive poteškoće.

Nakon II svjetskog rata dolazi elektrifikacija u nas do punog zamaha. U toj razvojnoj psihozi, koja je podržavana često bez kritične ocjene došlo je do toga da su se stara prerađivačka postrojenja počela jedno za drugim potpuno elektrificirati na bazi dobivanja električne energije iz regionalnog odnosno republičkog energetskog sistema. Vlastita industrijska energetska postrojenja postepeno su, radi dotrajalosti, obustavljena, a izgradnja novih sastojala se iz trafostanice i niskotlačnog ili srednjotlačnog parnog ili vrelovodnog kotla za opskrbu tehnološkom toplinom i za grijanje. Vlastita proizvodnja energije u drvoprerađivačkim pogonima na bazi vlastitog energenta (piljevine i drvnih otpadaka) postepeno je obustavljena i postala je rijedak izuzetak. Energetska postrojenja bila su demontirana i rashodovana. Nije više bilo potrebno imati kvalificiranog dvoritelja parnog stroja ili turbine, niti odgovarajućeg savjesnog majstora za održavanja energetskog postrojenja; pogonska energija dolazila je iz mreže. U to vrijeme su čak i povremena nastojanja za izgradnjom manjih industrijskih centrala bila kočena na višim instancama uz obrazloženje da će biti dovoljne naše velike centrale koje su se gradile. Bilo je slučajeva da su i neke manje hidrocentrale bile obustavljane i demontirane! Bilo je to doba velike ambicioznosti u području energetike, ali bez sagledavanja u skorbu budućnost.

I tada, početkom prošlog desetljeća, došlo je do energetske krize u svijetu. Počelo se opet razmišljati o vlastitoj proizvodnji pogonske energije. Danas već imamo u SR Hrvatskoj nekoliko poduzeća drvne industrije sa vlastitom proizvodnjom energije, ali i sa priključkom na elektroenergetski sistem (na pr. DI Đurđevac, RO "Bilo-Kalnik OUR Đurđevac, RO "Goranprodukt" Gerovo). U najnovije vrijeme počela je intenzivna propagandna akcija za izgradnju industrijskih centrala u drvnjoj industriji na bazi piljevine, otpadaka i ostataka drvne mase iz prerađivačke proizvodnje. Prije pristupa realizaciji tu treba prethodno oprezno i odgovorno prilaziti rješavanju energetskog pitanja, ako želimo ostvariti racionalna rješenja.

Ne treba dopustiti da radi kampanjskog rješavanja dođemo u drugu krajnost, a to su neracionalne, neekonomične i investiciono skupe električne termocentrale - toplane. Treba dobro razmisliti gdje, zašto i kako ostvariti racionalnu opskrbu električnom energijom, bilo djelomičnu ili potpunu, ali svakako uz mogućnost priključka na vanjski energetska sistem. Rješavanju tog problema treba pristupiti sa punom ličnom i materijalnom odgovornošću, počev od investitora, projektanta, izvođača, pa sve do pogonskog osoblja. U protivnom može doći do znatnih promašaja, kojih je već bilo, što svakako nije u interesu zajednice. Tu više ne smije kao isprika služiti idejna dobronamjernost. Mi danas imamo dosta i stručnih i iskusnih kadrova za rješavanje svih tih pojedinih opskrbno-energetskih problema sa punom ličnom, stručnom i materijalnom odgovornošću.

Toliko u uvodnom sažetom osvrtu na problematiku opskrbe elektro-energijom dravno-industrijskih proizvodnih pogona. Za detaljniji prikaz potreban bi bio poseban referat, koji bi prelazio okvir ovog rada.

Nastavak ovog izlaganja je racionalizacija i štednja utroška elektroenergije u drvoprerađivačkim pogonima. Stara je poslovica " u radiše svega biše, u šteditiše još i više".

2. Mogućnosti štednje električne energije

Ovdje će biti sažeto izneseni vidovi štednje energije, primjenjivi u drvanoj (i ostaloj) industriji. Budući da se u nas primjenjuje trofazna izmjenična struja 380/220 V, 50 Hz, to ćemo kod izlaganja imati u vidu tu vrstu električne energije. U nastavku će se razmotriti tehnički vid štednje električne energije.

- Kontrola izbora elektromotora. Opće je poznato da su kriteriji izbora elektromotora; vrsta el. struje, mehanička snaga motora na osovini, način rada (trajni, intermitirani), brzine vrtnje n , nazivni, potezni i pokretni moment, izvedba, položaj i zaštita. K tome pridolaze: struja kretanja, faktor snage $\cos \varphi$, zamašni moment GD^2 . Uz sam motor potreban je i uređaj za pokretanje.

Prema pogonskim karakteristikama radnog stroja koji se pogoni elektromotorom, potreban je uređaj za pokretanje i eventualnu regulaciju brzine vrtnje.

Kod strojeva koji imaju teške uvjete pokretanja (velik zamajni moment GD^2) nužno je odgovarajuće energetske predimenzioniranje.

Kod malenog opterećenja ili kod neopterećenog hoda ti motori rade vrlo neracionalno, jer u tom području imaju vrlo neracionalni stupanj korisnosti η i loš faktor snage $\cos \psi$.

U slučaju malog vremenskog iskorištenja tih strojeva treba kritički izvidjeti povremeno obustavljanje stroja ili štednje na drugi svrsishodni način (na prim. izbor el. motora za in-termitirani pogon ili sl.).

Naročito treba pripaziti da li nije neki stroj isuviše predimenzioniran; to se dešava kada se neki motor radi defekta skinuti i odnese, a na njegovo se mjesto postavi neki još jači el. motor.

- Neopterećeni hod elektromotora.

Faktor energetske korišćenja instalirane snage elektromotora u drvnoj industriji rijetko kad prelazi vrijednost 0,35 ÷ 0,4. Otuda i slab faktor snage $\cos \psi < 0,7$ i stupanj korisnosti η . Kod transportnih uređaja u drvnoj industriji najveći dio energije troši se na neopterećeni hod.

Tu je neophodno pratiti taj utrošak i postepeno rekonstruirati transportni uređaj.

Kod dužeg trajanja neopterećenog hoda treba se odlučiti ili na povremenu obustavu rada, ili na prijelaz- gdje je to moguće- na pogon sa namotajem statora spojenim u zvijezdu.

- Kompenzacija faktora snage $\cos \psi$

Danas već znatni dio drvnoindustrijskih poduzeća kompenzacijom pomoću kondenzatora jake struje dobiva potreban $\cos \psi = 0,95$. Izuzetno je to moguće sa sinhronim generatorom, ako je u paralelnom radu sa vanjskom mrežom.

U slučaju kondenzatora pojedine baterije se selektivno ukapčaju i iskapčaju. Čak se može dobiti i izvjesni regres.

- Usavršavanje radnih, pomoćnih strojeva i tvorničkih transportnih uređaja .

Danas se još uvijek premalo ili nikako ne posvećuje pažnja energetici radnih i pomoćnih strojeva. Snaga elektromotora određuje se ili empirijski ili se kopiraju sa sličnih izvedbi.

Tu treba strojogradnja posvetiti posebnu pažnju, da prouči i donese racionalna rješenja. U drvnoj industriji još se i u novim tvornicama postavljaju energetske potpuno neracionalni uređaji, pravi energetske požderusi. Kao drastičan slučaj navodim ekshaustorske uređaje koji u nekim finalnim tvornicama troše i preko 50 % od ukupnog utroška energije (stvarni mjerni podaci !).

Ovamo spada i usporedba regulacije rada kompresora, naime da li je racionalnija regulacija "on-off" ili da motor kompresora radi intermitirano.

Danas se za regulaciju rada centrifugalnih strojeva (pumpe, ventilatori) upotrebljavaju uređaji za regulaciju broja okretaja. Za te strojeve to je najracionalniji način regulacije. Za sada je investiciono skup.

- Smanjenje vršnog (maksimalnog) opterećenja.

Vršno opterećenje uzrokuje vrlo veliki izdatak. U mjesečnom iznosu za energiju stavka za vršno opterećenje u proizvodnim pogonima drvne industrije često premašuje 50 % od ukupne novčane svote! Unatoč tome do sada se nije tome posvećivala potrebna pažnja. Točnim zapažanjem u svakom pogonu moguće je smanjiti taj izdatak. Ovdje ćemo spomenuti 2 najčešće mogućnosti:

- a) Za vrijeme trajanja vršnog opterećenja mogu se isključiti neki pogoni kojima to ne smeta (na pr. sušionice i predušionice piljene građe, klima uređaji i. t. d.) Ovaj način može biti automatiziran.
- b) razmještajem rada nekih uređaja na određeno vrijeme van vršnog opterećenja (na pr. sječkalice i sl.)

- Optimizacija rasvjetne tehnike

Ovamo spada primjena energetske racionalnijih izvora svjetla kao što su fluorescentne lampe, specijalne PL-lampe (Philips) i visokofrekventne fluorescentne lampe. Ušteda kod prvih iznosi oko 67 %, a kod drugih do 80 % prema utrošku sijalica (žarulja). Kod njih se popravljiva $\cos \varphi$ sa kondenzatorima uz svjetiljku.

- Smanjenje gubitaka radne i jalove energije u transformatorima može se postići iskapčanjem pojedinih transformatora (ako ih u trafostanici ima više) kod malog opterećenja na pr. subotom, nedjeljom i praznikom kao i u 3-oj smjeni radnim danom.

3. Tehničko-organizacioni vid štednje električne energije.

- Racionalni slijed postepenog ukapčanja elektromotora u određenim vremenskim razmacima.

Kod uređaja sušionica piljenica ta stvar je automatizirana tako da se pojedini ventilatori pokreću u određenim vremenskim razmacima. Tako se svode na minimum energetske udari, a time se smanjuje vršno opterećenje.

- Svršishodnim rasporedom vremena odmora u tvornici, kao i vremena podešavanja strojeva može se znatno uštediti na vršnom opterećenju. Prema nekim podacima u jednoj inozemnoj velikoj tvornici ploča iverica na taj način uštedeno je čak oko 600 kW vršnog opterećenja! Isto se može postići na pr. premještanjem radnog vremena nekih strojeva, kojih rad nije ulančan u proizvodnoj liniji, na pr. sječkalice za otpadke i sl.

- Za slučaj prekida dobave el. energije iz mreže svršishodno je postaviti na glavne razdjelnike aparate za automatsko iskapčanje el. motora. S time se izbjegavaju velika vršna opterećenja kada ponovno dođe struja. U međuvremenu treba pojedine el. motore iskopčati. Nakon toga se, dolaskom struje, ponovno ukapčaju motori normalnim redoslijedom. Još je bolje imati na motorima sklopke za iskapčanje pri nestanku struje, ali je to investiciono skuplje rješenje.

- Fotoćelijske sklopke za ukapčanje i iskapčanje rasvjete mogu dobro poslužiti u proizvodnim halama. Svrha im je da automatski isključe rasvjetu kada prirodna rasvjeta postigne dovoljan intenzitet. Pri intenzivnom proizvodnom radu dešava se da rasvjeta od ranog jutra svijetli cio dan. A i tu se može znatno uštedjeti.

4.) Kontrola utroška i tarifni vid štednje el. energije .

Poznato je da je tarifa el. energije u nas sastavljena iz 5 dijelova: Radna energija- viša i niža tarifa, višak jalove energije (ispod opuštenog $\cos \varphi = 0,95$) -viša i niža tarifa i vršno opterećenje. Utrošene količine energije i vršno opterećenje pokazuju odgovarajuća brojila koja se periodski provjeravaju i baždare.

Ta brojila postavljaju i priključuju odgovarajuće službe elektro-dispečerskih organizacija i ona su isključivo u njihovoj kompetenciji.

Na osnovi očitavanja podataka o utrošku obračunava se utrošak energije prema postojećoj tarifi.

Kod većih radnih organizacija (poduzeća) postavljaju se "inter-na" brojila uz pojedine tvornice.

Na bazi organiziranog periodskog očitavanja mjernih podataka brojila moguća je vrlo korisna kontrola utroška energije po pojedinih smjenama, radnim danima (kWh, kVA_ph) kao i trenutna opterećenja (kW, kVA_p).

- Praćenje i analiza utroška el. energije omogućuju postavljanje energetske normativne, t.j. specifičnih utroška el. energije u odnosu na jedinicu tvorničkog proizvoda, na pr. kWh/m³; kWh/t. Isto tako se određuju en. normativi kod pojedinih radnih strojeva, na pr. kWh/m² propiljene plohe; kWh/m³ sječke i t.d.

Usporedba tih podataka sa poznatim analognim podacima drugih proizvođača može dati poticaj za usavršavanje rada radnih strojeva i postrojenja.

- Energetska kontrola ispravnosti rada alata, radnih strojeva i proizvodnih linija .

Povremenim praćenjem utroška el. energije nekog radnog stroja ili postrojenja u neopterećenom hodu može se ustanoviti ispravnost rada.

Povećanje utroška ukazuje na neispravnost koju onda treba tehnički detaljno proanalizirati i odrediti potrebne mjere za otklanjanje defekata, kod radnih strojeva sa pilama (jarmačama , tračnim i kružnim pilama) može se praćenjem povećanja utroška električne energije po jedinici obrađene plohe (na pr. kWh/m²) zaključiti kada su zubi pile već dovoljno zatupljeni, pa pile treba mijenjati.

- Provjera mjernih podataka brojila . Ovdje se radi o specifičnosti u nas i koja, iako rijetko, ipak dolazi ponekad i ponegdje do izražaja.

Radi se ovdje o slijedećem: poznato je da glavna brojila, skupa sa mjernim transformatorima i ostalom mjernom opremom postavlja i nadzire stručna služba nadležnog dispečerskog poduzeća.

Ti instrumenti spadaju isključivo u njihovu kompetenciju, dakle u nadzor, kontrolu i održavanje. Potrošači dobivaju i uredno podmiruju dostavljene mjesečne račune za el. energiju .

I naravno te iznose ukalkuliravaju u cijenu svojih proizvoda. Međutim događa se (i zaista se je dogodilo) da nadzor dispečerske službe zataji i ta služba iza gotovo 3 godine ustanovi da po njihovim stručnjacima postavljeni strujomjeri (brojila) ne pokazuju ispravno! I potrošač zbog toga primi račun na neku ogromnu razliku el. energije na osnovi naknadnog tehničkog proračuna. Taj iznos je tolik da može ozbiljno ugroziti poslovanje, pa čak i opstanak poduzeća. Ne ulazeći ovdje u detaljnija razmatranje razloga ovog slučaja, jer je on nedvosmisleno jasan, vidimo opravdanu potrebu da i sam potrošač povremeno očitava podatke brojila i uspoređuje ih sa proračunskim utrošcima energije na osnovi iskustvenih energetske normativne dotičnog proizvodnog pogona. Povratnim informiranjem ubrzo bi se provjerila, ustanovila i otklonila grješka. Bilo je slučaja da na pr. brojilo radne energije krivo registrira, a brojilo jalove energije je ispravno.

5. Okvirni projekt programa štednje električne energije.

U prethodnim odsječcima dane su ostvarljive mjere štednje električne energije prema tehničkim i organizaciono provedivim vidovima. Ovdje će biti sažeto dat prikaz programa štednje energije prema racionalnoj izvodivosti i prema ekonomskim prioritetima. Uspješan program štednje energije sastoji se iz cjeline pojedinačnih mjera štednje. On je često rezultat više procesa. Iskustva dobivena u prethodnim koracima štednje utječu na daljnji razvoj te akcije. Ovdje možemo navesti pojedine vremenske faze programa štednje energije.

I faza. Poduzimanje tehničkih mjera štednje energije na osnovi promatranja tokom obilazaka pogona odn. tvornice. Ovamo spadaju na pr. iskapčanja nepotrebne i suvišne rasvjete, isključivanje elektromotora koji su vrlo dugo u neopterećenom hodu i t.d. Ove mjere ne zahtijevaju nikakvih investicija. Trajanje ove faze jest manje od godinu dana.

II faza. Poduzimanje manjih rekonstrukcija u cilju postizanja uštednje pogonske energije. Tu su potrebne manje investicije koje se amortiziraju uštednjom kroz kratko vrijeme, od 1 do 2 godine. Na pr. kompenzacija faktora snage ($\cos \varphi$) postavljanjem baterije kondenzatora jake struje; manja rekonstrukcija ekshaus-torskih uređaja i sl. Trajanje rada na ovoj fazi je ispod 2 godine.

III faza. Provođenje mjera štednje sa većim investicijama i prema tome i sa dužim vremenom amortizacije, na pr. do 10 godina. Ovamo spada na pr. rekonstrukcija većih ekshaustorskih sistema i t.d. Pripreme za ovu fazu mogu biti učinjene već tokom II faze. Rad na ovoj fazi: do 2 god.

IV faza. Konsolidacija postignutih mjera štednje energije. Trajno daljnje nastojanje za većom štednjom. Trajno zainteresirati radnike neposredno zaposlene na strojevima da štede energiju, uz primjerenu stimulaciju prema objektivno ustanovljenoj uštednji. Izrada i postavljanje odgovarajućih grafikona u pogonima. Izrada mjesečnih izvještaja o energetici tvornice.

Svaka od prvih triju faza može se sistematski raščlaniti u više provedbenih jedinica kao što su: postavljanje zadatka; izbor tima koji će se baviti istraživanjem i provedbom štednje; analiza postojećeg energetskog stanja; postavljanje cilja; ocjena dosega moguće uštednje; ocjena potrebnih investicija; postavljanje prioritetne liste realizacije; provedba programa štednje energije; ustanovljenje ostvarene uštednje i usporedba sa planiranim vrijednostima.

Na kraju ovog sažetog izlaganja treba reći da se u drvnjoj industriji ušteda električne energije mora promatrati iz 2 vida, a to su: suštinska elektroenergetska štednja i štednja mehaničke energije na radnim i pomoćnim strojevima i uređajima.

Danas možemo u području drvne industrije realno predviđati ostvarenje uštednje na utrošku električne energije u nekim pogonima i preko 20 %, a u cijelosti preko 10 %, sve uz normalnu proizvodnju i današnji kapacitet.

Ostvarenju tih mogućnosti treba pristupiti odmah. To će biti doprinos suvremenim stremljenjima naše privrede. U nastavku će se na nekoliko primjera prikazati te mogućnosti u drvnjoj industriji.

Dodatak A -Utrošak električne energije pri usitnjavanju drvnih otpadaka i ostataka(početna mjerenja).

Za ekonomično izgaranje u ložištima parnih kotlova potrebno je otpatke usitnjavati. Za izgaranje na kosim stepenastim roštiljima parnih i vrelovodnih kotlova i drugih toplinskih generatora dovoljno je usitnjavanje do veličine grubog i srednjeg iverja. U tu svrhu služe u nas 2 tipa sječkalica(iverača): bubnjasti i pločasti. Kosi pločasti(na pr. tip Bruks, u nas "Janj") ima prednost zbog centrifugalnog izbacivanja usitnjenih čestica.

U DI "Gaj"-Podravska Slatina-izvršeno je mjerenje na bubnjastoj sječkalici proizvodne tvornice Jakob Kohlbach, Wolfsberg, Austrija. U zavisnosti o dimenzijama usitnjenih čestica i o tempu dodavanja drvene mase(bukove letve) izmjeren je btto energetski normativ $E_{spb} = 7,9$ do $12,26 \text{ kWh/m}^3$, a netto normativ $E_{spn} = 6,5$ do $10,637 \text{ kWh/m}^3$. Radi ručnog ubacivanja otpadaka ustanovljen je stvarni učin svega $2,156$ do $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$, dok je nazivni učin sječkalice naznačen sa $12 \text{ m}^3/\text{h}$. Iako je instalirana mehanička snaga glavnog elektromotora $P=45 \text{ kW}$ ipak je i unatoč maloga učina sječkalice dolazilo do povremenog zapinjanja u radu. Razlog: nedovoljan zamašni moment GD^2 rotora sa noževima (kgm^2). Mehaniziranjem podvorbe postići će se veći učin, a time i manji specifični utrošak energije.

Dodatak B-Primjer analize utroška električne energije za pogon prečne kružne pile.

Mjeren je utrošak električne energije na pilanskoj prečnoj kružnoj pili PC proizvodne tvornice "Bratstvo"-Zagreb. Ova pila izabrana je zbog toga što se na njoj može najočiglednije ustanoviti mogućnost štednje električne energije. Piljene su bukove piljenice različitih presjeka. Širina propiljka iznosila je $\delta_p = 4,9 \text{ mm}$. Radi uobičajene specifičnosti rada te pile u pilanskoj preradi ustanovljeni su slijedeći energetski normativi: netto en. normativ $E_{spn} = 0,144$ do $0,1725 \text{ kWh/m}^2$, dok je btto energetski normativ iznosio $E_{spb} = 0,9784$ do $1,681 \text{ kWh/m}^2$. I kod ove pile iznosio je dakle utrošak električne energije za samo piljenje $10,262\%$ do $14,718\%$ od bruto utroška el.energije, taj btto utrošak energije bio je $6,79$ do $9,745$ puta veći od netto utroška, t.j. od utroška samog reznog alata-pile! Odatle proizlazi očigledna i neminovna potreba proučavanja i ostvarenja mogućnosti uštednje energije kod pila takove vrste.

Dodatak C - Energetska kontrola rada postrojenja drvne industrije.

Mjerenje je izvršeno u pilani DI "Gaj" u Podravskoj Slatini u vremenu od 26. do 29.06.1984. Ispiljeno je 424,4 m³ trupaca, a utrošeno je 6420 kWh električne energije. Odatle slijedi bitto energetski normativ $E_{spb} = 15,127 \text{ kWh/m}^3$. Od toga su utrošili radni strojevi i mehanički uređaji pilane 4495 kWh = 70,02% energije, a odsisavanje i pneumatski transport iz pilane do filter-silosa 29,98%! Mjerenja na sličnim postrojenjima se nastavljaju. Ovaj stvarni utrošak električne energije je na donjoj granici (i ispod nje) od utrošaka koji se navode u stručnoj literaturi. Usporedbom mjesečnih obračuna električne energije vidi se da novčani iznosi za vršno opterećenje dostižu u nekim slučajevima i preko 50% od ukupnog koštanja za energiju nabavljenu i elektroenergetskog sistema. Za razliku tome jalova električna energija već je u mnogim pogonima kompenzirana tako da ne postoji višak te energije za koji se plaća. Vršno opterećenje treba smanjiti svrsishodno odabranim ograničivačem električne snage. Kao iznimno rješenje može se razmotriti i postavljanje malog vršnog elektroagregata sa potrebnom automatikom. Možda bi tu mogli poslužiti rezervni Diesel-agregati koji se nalaze u mnogim poduzećima.

Dodatak D - Analiza udjela tehničkih mjernih komponenata cijene električne energije sa posebnim osvrtom na vršno opterećenje.

Zbog relativne kratkoće raspoloživog vremena i poteškoća u usklađivanju rada na terenu do sada su u ovoj analizi obuhvaćene samo neke veće Radne organizacije drvne industrije u SRH. Ovim prikazom obuhvaćeno je 10 organizacija.

Prosječna vrijednost pojedinih komponenata tarife - izražena u % ukupnih izdataka za samu energiju (bez iznosa doprinosa el. distribuciji i sl.) - iznosi u ovom promatranom slučaju:

Radna energija, viša tarifa	36,724 %
" " , niža "	14,968 %
Višak jalove en., viša "	0,584 %
" " " , niža "	0,224 %
Vršno opterećenje	<u>47,5 %</u>
	100,- %

Ekstremne postotne vrijednosti vršnog opterećenja kod promatranih rad. organizacija bile su:

Maksimalna vrijednost:	62,74 %
Minimalna " :	24,09 %

Odatle proizlazi neminovna potreba smanjenja vršnog opterećenja. Svaki kW vršnog opterećenja stoji godišnje - već prema jediničnoj

cijeni-godišnje do $900 \times 12 = 10800$, - din.

Mogućnost smanjenja vršnog opterećenja zavisi o tehnološkoj i energetsko-tehničkoj strukturi proizvodnih pogona i o jediničnoj cijeni tarifnih komponenata el.energije.

Smanjenje se može ostvariti sa mjerno-kontrolnim uređajem naše proizvodnje ("Iskra"-kibernetika-Kranj). Cijena mu je danas dosta visoka i iznosi oko 640000 din., a sa potrebnim instalacionim preinakama možemo uzeti ukupno okruglo 800.000,- din.

Kao pojednostavljeni grubi konkretni primjer možemo uzeti slučaj tvornice koja u svojem sklopu ima sušionicu piljenica i sječalicu koje efektivno troše 40 kW električne snage. Ovi potrošači mogu se povremeno kratkotrajno isključiti, bez utjecaja na učin proizvodnje tvornice.

Vrijeme otplate investicije (mjerni kontrolni uređaj sa montažom) samom uštednjom uslijed smanjenja vršnog opterećenja iznosi općenito: $x = \frac{800000}{P \cdot C \cdot 12}$. . . godina; C=cijena 1 kW vršnog opterećenja; P=smanjenje snage vršnog opterećenja, kW. Uvrstimo li u našem slučaju P=40 kW; C=900 din/kW to se iz formule dobiva: $x=1,852$ god., dakle se investicija isplati za manje od 2 godine. Iza te 2 godine svake slijedeće godine bi se uštedjelo tom investicijom 432000 din. Ukoliko bi se ta investicija izvela na osnovi kredita, trebalo bi uzeti u obzir odgovarajuće kamate; vrijeme otplate bilo bi nešto duže. Mislim da ovaj primjer predočuje dovoljno uvjerljiv argument da se ova realna mogućnost razmotri u svim Radnim organizacijama i da se donesu svrsishodne odluke. Treba skrenutu pažnju da se tom prilikom treba poći od realnih mjernih podataka za svaki slučaj, a ne od nekih površnih ocjena ili "ključeva" za razdiobu utrošaka energije.

Slijedeća tabela prikazuje teoretska vremena otplate predmetnog uređaja u zavisnosti o realno mogućem smanjenju vršnog opterećenja i godišnje uštede na izdacima za el.energiju nakon otplate.

P, kW	25	30	35	40	46	50	55	60
t, god.	2,963	2,469	2,116	1,852	1,646	1,482	1,347	1,235
C, x1000d.	270	324	378	432	486	540	594	648

Prof. Đuro Hamm, dipl. ing.
Šumarski fakultet Zagreb

O problemu pneumatskog dovoda usitnjenih čestica
drvne mase u ložišta parnih kotlova
Prilog energetici drvne industrije

U novije doba sve se više grade i pregrađuju ložišta parnih i vrelovodnih kotlova za sagorijevanje drvne mase različitih asortimana kao što su: krupniji i sitniji komadi drva, sječka, iverje, blanjevina, piljevina i bruševina. To je u neku ruku energetski "come back" nakon donedavne euforije u primjeni ložišta na uvozni mazut i lož-ulje. Mi danas plaćamo danak nepromišljenoj i preuranjenoj modernizaciji mnogih energana u drvnoj industriji, jer su se zanemarivali i podcjenjivali raspoloživi vlastiti energenti: otpaci i ostaci drvne mase iza tehnološke prerade.

U ovom prikazu bit će obrađen dio problematike pneumatskog dovoda drvnih čestica u ložišta toplinskih generatora, tj. parnih i vrelovodnih kotlova.

Iverje i ostale sitnije čestice redovno se u ložište dovode pneumatski. Pri tome se na neposrednom ulazu u ložišni prostor silazna struja zraka i čestica ili difuzno usporava ili se - u slučaju bruševine i sitne suhe piljevine - direktno upuhuje u visokotemperaturnu zonu izgaranja.

Nećemo se ovdje baviti sa opisom konstrukcionih izvedbi, nego samo proračunom količinskih odnosa mase drvnih čestica i zraka u pneumatskom dovodu. Pri tom načinu može se dogoditi da je zraka previše, da je dakle prevelik tzv. pretičak zraka λ , pa se ložište ohlađuje, ili je pretičak premalen, pa je potrebna odgovarajuća dodatna količina sekundarnog zraka, a kod nekih konstrukcija ložišta može doći i do nepotpunog izgaranja i čađenja.

U tabeli 1. prikazane su slijedeće vrijednosti, u osnovnoj funkcionalnoj ovisnosti o vlazi drvne mase "u" (u odnosu na apsolutno suhu drvnu tvar):

- H_d = donja ogrjevna moć organski zdrave drvene mase, kJ/kg;
- g_z = količina zraka, pri $t=20^\circ\text{C}$, po 1 kg drvene mase vlage "u" pri izgaranju uz alternativne pretičke $\lambda = 1$ do 2, kg/kg;
- Masa drvnih čestica g_{c_1} po 1 kg zraka ($t=20^\circ\text{C}$) u ovisnosti o vlazi "u", pretičku λ , kg/kg;
- Masa drvnih čestica g_{c_2} po 1 m^3 zraka ($t=20^\circ\text{C}$) u ovisnosti o vlazi "u" i pretičku λ , kg/m^3

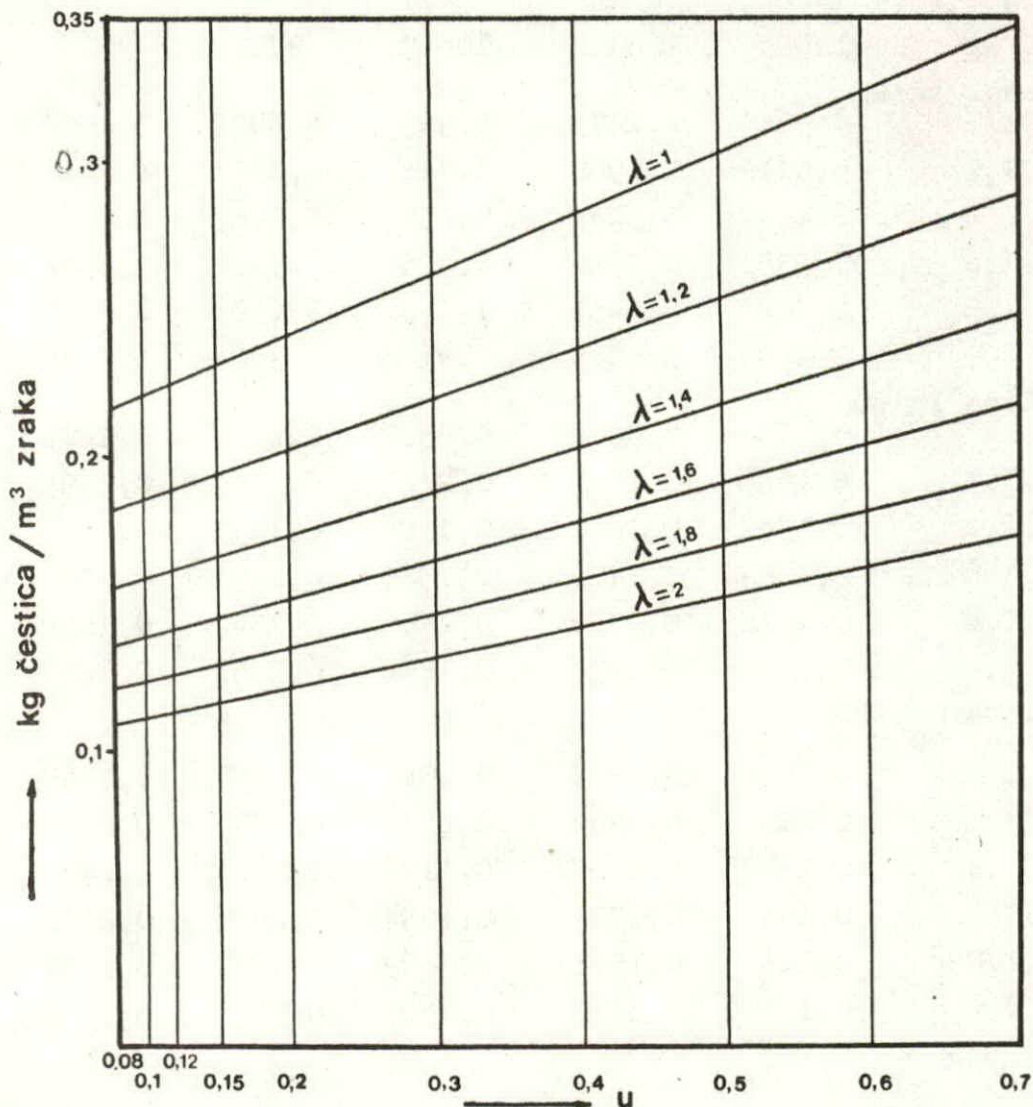
Tabela 1. Potreba zraka za izgaranje pri različitoj vlazi drvnog goriva (u) i različitom pretičku zraka i mase čestica po 1 kg i po 1 m^3 zraka.

u (na suhu supst.)	0,08	0,1	0,12	0,15	0,2
H_d , kJ/kg	15708	15377	15058	14600	13886
Kol. zraka, kg/kg uz $\lambda = 1$	5,5462	5,4428	5,3433	5,2005	4,9778
1,2	6,6554	6,5314	6,5196	6,2406	5,9734
1,4	7,7632	7,62	7,4807	7,2807	6,9689
1,6	8,8723	8,7085	8,5493	8,3208	7,9644
1,8	9,9813	9,797	9,618	9,3609	8,96
2,-	11,0903	10,8857	10,6867	10,401	9,9555
kg čestica/kg zraka					
uz $\lambda = 1$	0,1803	0,1837	0,1872	0,1923	0,2009
1,2	0,1503	0,1531	0,156	0,1602	0,1674
1,4	0,1288	0,1312	0,1337	0,1373	0,1435
1,6	0,1127	0,1148	0,117	0,1202	0,1256
1,8	0,1002	0,10207	0,104	0,1068	0,1116
2,-	0,0902	0,0919	0,0936	0,0961	0,1004
kg čestica/ m^3 zraka temp. 20°C					
$\lambda = 1$	0,2173	0,2214	0,2256	0,2317	0,2421
1,2	0,1811	0,1845	0,188	0,1931	0,2017
1,4	0,1552	0,1581	0,1611	0,1654	0,1729
1,6	0,1358	0,1383	0,141	0,1448	0,1513
1,8	0,1207	0,123	0,1253	0,1287	0,1345
2,-	0,1087	0,1107	0,1128	0,1158	0,121

Nastavak tabele 1.

u (na suhu supst.)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
H_d , kJ/kg	12625	11544	10607	9787	9063
Kol. zraka, kg/kg					
uz $\lambda = 1$	4,5844	4,2473	3,955	3,6992	3,4734
1,2	5,5013	5,0968	4,746	4,439	4,168
1,4	6,4182	5,9462	5,537	5,1789	4,8628
1,6	7,3351	6,7956	6,328	5,9188	5,5574
1,8	8,252	7,6451	7,119	6,6586	6,2521
2,-	9,1689	8,4945	7,91	7,3984	6,9468
kg čestica/kg zraka					
uz $\lambda = 1$	0,2181	0,2354	0,2528	0,2703	0,2879
1,2	0,1818	0,1962	0,2107	0,2253	0,2399
1,4	0,1558	0,1682	0,1806	0,1931	0,2056
1,6	0,1363	0,1472	0,1580	0,169	0,1799
1,8	0,1212	0,1308	0,1405	0,1502	0,1599
2,-	0,10906	0,1177	0,1264	0,1352	0,144
kg čestica/m ³ zraka					
temp. 20°C					
$\lambda = 1$	0,2628	0,2837	0,3047	0,3257	0,3469
1,2	0,219	0,2364	0,2539	0,2715	0,2891
1,4	0,1877	0,2027	0,2176	0,2327	0,2477
1,6	0,1642	0,1774	0,1904	0,2036	0,2168
1,8	0,146	0,1576	0,1693	0,181	0,1927
2,-	0,1314	0,1418	0,1523	0,1629	0,1735

Glavne vrijednosti ove tabele za ovaj članak date su u dijagramu 1.

Dijagram 1. $\frac{G}{V} = f(u, \lambda) \dots \text{kg/m}^3$ 

Brzina zraka i čestica piljevine u cjevovodu

Usitnjene čestice imaju, već prema krupnoći, masi i oplošju, određenu brzinu lebdenja u zraku. Budući da je uslijed toga brzina čestica u struji zraka manja od brzine samog zraka, to će se u cijevi nalaziti stvarno veća masa čestica nego li to odgovara vrijednostima tabele 1.

Ovdje ćemo u tabeli 2. navesti konkretni primjer usitnjenosti pilanske bukove piljevine, brzinu lebdenja v_1 i brzinu

čestica $v_{\check{c}}$ i to prema jednoj izvršenoj analizi. Brzina zraka u cijevi uzeta je sa $v_z = 20$ m/s, a gustoća drvene mase uzeta je sa $\rho = 900$ kg/m³ (posve vlažna bukovina).

Tabela 2.

Krupnoća (granulacija) mm	% mase	Brzina lebdenja v_1 , m/s	Brzina čestica $v_{\check{c}}$, m/s
> 1	19	$\frac{11 + 3,5}{2} = 7,25$	12,75
1 + 0,6	39,5	$\frac{3,7 + 2,8}{2} = 3,25$	16,75
0,6 + 0,5	22,7	$\frac{2,8 + 1,9}{2} = 2,35$	17,65
0,5 + 0,25	15,9	$\frac{1,9 + 1}{2} = 1,45$	18,55
< 0,25	2,9	$\frac{1 + 0,3}{2} = 0,65$	19,35
	100,-		

Usljed razlike stvarne brzine čestica u struji zraka u transportnoj cijevi iznosit će relativna gustoća

$$20 \cdot \left(\frac{19\%}{12,75} + \frac{39,5\%}{16,75} + \frac{22,7\%}{17,65} + \frac{15,9\%}{18,55} + \frac{2,9\%}{19,35} \right) =$$

= 122,83% i to prema jednoliko homogeno raspodijeljenoj drvnoj masi u okolišnom mirnom stanju. Dakle će ukupna stvarna gustoća sastava zrak-piljevina u cijevi biti, u ovom slučaju, 22,83% veća od gustoće iskazane vrijednostima u tabeli 2.

To će sa svoje strane imati utjecaja: a) na otpore ubrzanja i strujanja kod pneumatskog transporta; b) na proces popratnog fluidnog sušenja u toku prolaza kroz cijev.

Ad a) Povećanje otpora što ga treba savladati struja zraka - sa jednoliko primiješanim česticama - prolazom kroz okruglu glatku ravnu cijev iznosi prema Gasterstädt-u:

$$\frac{P'}{P} = 1 + y \cdot \frac{G_m}{G_L}; \text{ ovdje označuju: } G_m = \text{masa piljevine po}$$

1 m³ zraka; kg/m³; G_L = gustoća zraka, kg/m³. Koeficijent y zavisi o brzini zraka v_z:

v _z , m/s	10	15	20	25	30
y	0,87	0,47	0,32	0,29	0,29

Primjer:

U slučaju vlažne pilanske piljevine sa u = 0,6; λ = 1,4; v_z = 20 m/s; g_z = 0,2327 kg/m³ iznositi će koeficijent y:

$$y = 1 + 0,32 \cdot \frac{0,2327}{1,205} = 1,0618$$

Dakle će proračunski dinamički pritisak zraka i čestica biti $\Delta P_d = 1,0618 \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} = 1,0618 \cdot \frac{20^2 \cdot 1,205}{2} =$

$$= 255,89 \text{ N/m}^2 (=P_a); \text{ odn. po starom mjernom sistemu } 26,085 \text{ kp/m}^2 (=mm \text{ s.v.}).$$

S tom vrijednošću ΔP_d treba ući u tehnički proračun pneumatskog transporta.

Ad b) Sušenje usitnjenih čestica za vrijeme pneumatskog transporta u cijevima.

Gdjegod zrak dolazi u dodir sa higroskopnim tvarima tu dolazi i do hidrotermičkih promjena, bilo da se vlaga sa konvektivnih površina isparuje na račun smanjenja sadržaja topline i temperature zraka, bilo da dolazi do ovlaživanja tih površina pri čemu se oslobađa toplina kondenzacije dijela vlage zraka. To je u prirodi neprestani fizikalni proces oko ravnotežnog stanja (tzv. lignoizohigra) vlage drvene mase i stanja vlage u zraku.

U našem slučaju ćemo se samo ukratko osvrnuti na pneumatski transport drvnih čestica u cjevnom sistemu koji vodi u ložište kotla.

Za vlažnu pilansku piljevinu (u=0,6) uz ovdje ranije iskazan sastav usitnjenosti približno maksimalno vrijeme t_x za

isparivanje 1% vlage u zavisi o temperaturi, brzini transportnog zraka i o načinu i međusobnom gibanju samih čestica. To približno vrijeme daje dijagram 2, a vremena sušenja za naš pretpostavljeni slučaj usitnjenosti daje tabela 3. Treba opetovano naglasiti da se ove vrijednosti odnose na posve vlažne čestice.

Dijagram 2. Približno potrebno vrijeme za isparivanje 1% vlage iz posve vlažnih čestica hidrotérmički ekvivalentnih kuglicama promjera d ; $s/1\%$

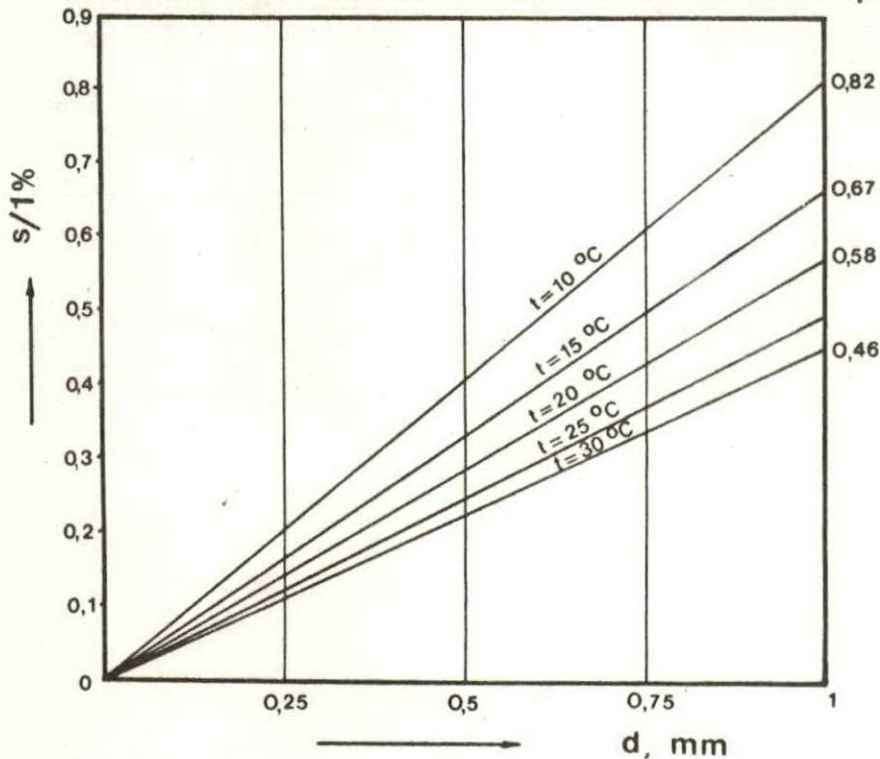


Tabela 3.

t °C \ Usitnjenost mm	Usitnjenost				
	< 0,25	0,25+0,5	0,5+0,6	0,6+1	1+5
30	0,05 s/%	0,17 s/%	0,25 s/%	0,37 s/%	0,46 s/%
25	0,06	0,185	0,275	0,40	0,49
20	0,07	0,21	0,315	0,465	0,58
15	0,08	0,25	0,37	0,54	0,67
10	0,10	0,3	0,45	0,65	0,82

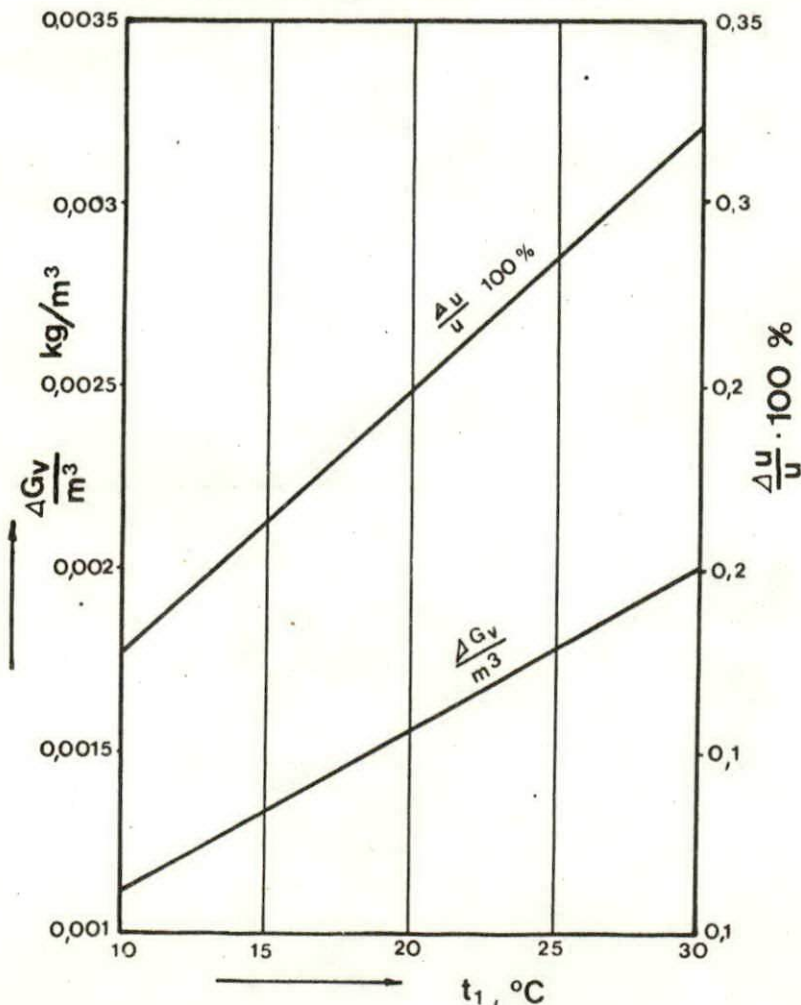
Uz brzinu zraka $v_z = 20 \text{ m/s}$, dužinu cijevi $l = 10 \text{ m}$, vlagu $u = 0,6$, pretičak $\lambda = 1,4$ i $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ može se na osnovi do sada rečenoga izračunati približna količina vlage koja se ispari iz drvnih čestica pilanske vlažne piljevine. Rezultat je prikazan u tabeli 4. i dijagramu 3.

Tabela 4.

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\frac{\Delta G_v}{m^3}; \text{kg/m}^3$	$\frac{\Delta n}{n} \cdot 100\%$	Kod najsitnijih čestica, pri 30°C , vlaga će pasti čak za oko 7%, dakle na 53%.
30	26,04	0,00199	0,3184	
25	21,38	0,001809	0,2894	
20	16,85	0,001566	0,2506	
15	12,29	0,0013415	0,21464	
10	7,75	0,001106	0,177	

Ovdje označuje $t_2 =$ temperaturu izlaznog zraka, $^\circ\text{C}$.

Dijagram 3. Količina vlage ΔG_v i % isparene vlage iz ukupne mase drvnih čestica po 1m^3 struje zraka u konkretno odabranom slučaju.



Relativna vlaga izlaznog zraka zavisit će o relativnoj vlazi ulaznog zraka i o utrošenoj toplini za sušenje čestica. Da ne bi došlo do rošenja ($\varphi=100\%$) u izlaznom zraku trebat će ili povećati količinu zraka, dakle i pretičak ili će trebati zrak na ulazu ili uzduž cijevi nešto predgrijati. Tu dakle imamo isti problem kao i kod svih drugih fluidnih sušionica. U našem slučaju to će trebati učiniti ako je relativna vlaga vanjskog zraka $\varphi > 70\%$.

Ovo je naročito potrebno imati u vidu kod dužih pneumatskih transportnih sistema. Ako se to već u projektu ne riješi, doći će do pogonskih poteškoća u radu sistema i do skraćanja vijeka cijevnog sistema uslijed postepene korozije.

U pogledu projektiranja ovih uređaja treba ovdje skrenuti pažnju na potrebu jednolikog doziranja čestica u struju zraka, kao i na potrebu difuznog usporenja mlaza na ulazu u ložište. Osim toga treba imati u vidu da u ložištu redovito vlada podtlak ($30 + 50 P_a$) i da je neophodno potrebno predvidjeti sigurnosne naprave u cijevnom sistemu.

U ovom sažetom članku ukazano je na aerotehnički i hidrotehnički problem u uređajima za pneumatski dovod usitnjenih čestica drvene mase u ložištu parnih kotlova. Date su osnovne smjernice za projektno rješenje koje mora biti prilagođeno tehnološkim uvjetima u pogledu gorive drvene mase i tehničkim uvjetima moguće realizacije.

Zbog nepravilnog oblika čestica i njihovog progresivnog, transverzalnog i rotacionog gibanja u struji zraka u cijevima danas se još uopće ne može govoriti o nekom egzaktnom tehničkom proračunu. Stoga je ovdje opetovano ukazivano da su proračunate konačne vrijednosti ustvari samo približne. Naročito se to odnosi na dosadašnju neistraženost hidrotermičkih ekvivalentnih pojednostavljenih oblika usitnjenih čestica pojedinih asortimana i načina nastajanja.

S tim u vezi najavljujemo nastavak rada na ovom zadatku

u vidu detaljne istraživačke i eksperimentalne razrade nekih karakterističnih konkretnih slučajeva.

Svrha i ideja vodilja ovoga studijskog članka jest da se pobudi interes u tehničkim službama i kod energetičara u radnim organizacijama drvne industrije za prikazani problem i da se prema njemu, kao osnovnoj smjernici, pristupi konkretnim rješenjima u praksi.

Mr Miljenko Primorac
Šumarski fakultet - Zagreb

UTROŠAK TOPLINSKE ENERGIJE U SUŠIONICAMA

Među najveće potrošače toplinske energije u pogonima drvene industrije spadaju sušionice. Stoga je od interesa ustanoviti realnu (a ne samo projektno-proračunsku) potrošnju toplinske energije kao neophodnost takvog utroška. Ta potrebna toplina je funkcija raznih relevantnih fizikalnih i tehničkih veličina kao što su višestruki tehnološki parametri, okolna temperatura, način gradnje sušionice, izmjenjivači topline, ventilacija i dr.

Utvdili smo efektivnu toplinsku energiju koja je trošena u sušionicama i lakirnici u jednom drvnoindustrijskom pogonu dne 28. lipnja 1984. godine pri okolnoj dnevnoj temperaturi 24°C. Komore sušionica su povezane u nizu, a stanje u komorama za vrijeme mjerenja dano je u tablici. Mjerenje utroška energije obavljeno je mjerenjem količine kondenzata koji je pristizao u sabirnu tipsku posudu ukupnog volumena 10 m³. U toj količini nije sadržan kondenzat pare koji se troši za navlaživanje zraka. Mjerena je količina kondenzata koja je pristigla u vremenu od 3 sata i 22 minute.

TABLICA:

Vrsta drva	Količina m ³	$u_p - u_k$	Ukupno trajanje sušenja; dana	Temperatura °C	Temp. razlika $t_{\text{suhi}} - t_{\text{vlaž.}}$
Bukva, sam. 25 mm	67	60-8	15-20	65	20
Bukva, "	67	60-8	15-20	70	25
Hrast, elem. 38 mm	78	60-8	40-45	60	12
Hrast, elem. 50 mm	55	60-8	60	62	14
Topola, sam. 25 mm	42	60-8	8-10	70	25
Hrast, sam. 60 mm	89	60-8	60	46	8
Topola, sam. 50 i 38	26	60-8	15	48	10
Bukva, parena 25, 32, 38	23	40-8	15	28	4
Bukva, sam. 50 mm	27	60-8	30	70	25

Za vrijeme od 3 sata i 22 minute sakupljeno je $8,14 \text{ m}^3$ kondenzata. Taj se podatak dobio proračunom na osnovu mjerenih nivoa u posudi u početku i na kraju vremenskog intervala i na osnovu mjerenja dimenzija posude (što je bilo približno u skladu s tvorničkim podacima). Ta količina svedena po jedinici vremena od jednog sata daje rezultat $2,42 \text{ t/h}$. Za vrijeme mjerenja bila je srednja vrijednost parametara stanja zasićene vodene pare: tlak $3,55 \text{ bar}$ i $139,4^\circ\text{C}$ (na izlazu iz kotla). Iza kondenzatora, na izlazu iz sušionica, uz kondenzat se pojavljivala zanemariva količina pare. Energija koja se oslobadala od izlaska iz kotla do izlaska iz sušionica je $2315,6 \text{ kJ/kg}$ kondenzata. Ili za 1 sat utrošena toplinska energija je 5600 MJ/h , što odgovara snazi od $1,56 \text{ MW}$. Međutim, utrošena energija je veća ako se ode od stanja napojne vode 40°C , tada je utrošena energija (bez kotlovskih gubitaka) 6200 MJ/h ili snaga $1,72 \text{ MW}$. Ako tome dodamo da je korisnost kotla (sa gubicima pare) oko 70% , to je onda ukupno potrebna toplinska snaga (koja se u ovom slučaju razvijala iz izgaranja drvne mase) $2,46 \text{ MW}$. Znači da je u tom razdoblju trošeno prosječno sa svim gubicima $5,19 \text{ kW/m}^3$ sušene drvne tvari. Ili snaga koja se troši iz pare od izlaska iz kotla do izlaska iz sušionice bila je $3,29 \text{ kW/m}^3$. Naš proračun gubitaka topline kroz konstrukciju (vanjske stijenke sušionica te kroz stijenke toplovodnih cijevi) iznose oko 250 kW (16% u odnosu na $1,56 \text{ MW}$). U tu vrijednost nisu uračunati gubici ventilacije. Izdvojimo i utrošak topline za lakirnicu kojeg nije bilo moguće direktno mjeriti. Pretpostavimo da taj utrošak nije veći nego li je prosječni utrošak veće komore sušionice te tako uzmimo gornju granicu sigurnosti da troši kao jedna velika komora plus cjelokupna toplina navlaživanja zraka. Prema tome bi trebalo odbiti slijedećih 180 kW . Tako proizlazi da je efektivni prosječni utrošak topline za samo sušenje drva zajedno s ventilacijskim gubicima 1130 kW ili $2,38 \text{ kW/m}^3$. Podaci za vrijeme trajanja sušenja uzeti su na osnovu pogonske prakse (navedeni u tablici) i približno odgovaraju Kollmannovoj formuli.

Na osnovu gornjih podataka odredimo utrošak energije po 1 kg isparene vlage za bukovinu samicu 25 mm . Načinimo proračun za prosječno sušenje u trajanju od $17,5$ dana. Gustoća bukovi-

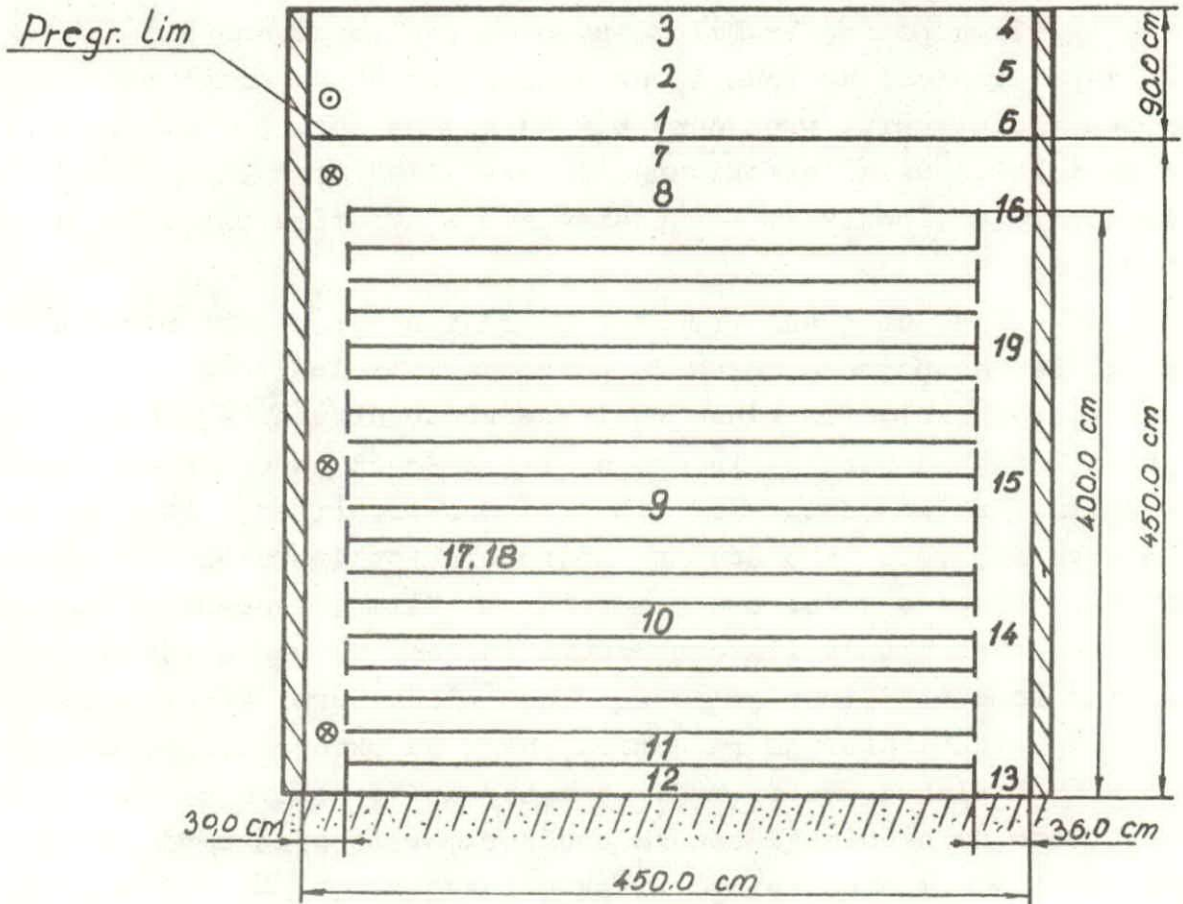
ne pri vlažnosti $u=0,6$ je 936 kg/m^3 , uz koeficijent utezanja $\alpha=0,18$, dok je pri $u=0,08$ gustoća 711 kg/m^3 uz koeficijent $\alpha=0,048$ koji je dobiven linearnom interpolacijom. Znači da se oslobodi 225 kg vlage po m^3 . Proizlazi utrošak toplinske energije 16 MJ za isparavanje 1 kg vode iz drva, ili rečeno na drugi način: potrebno je utrošiti prosječno $6,9 \text{ kg}$ vodene pare pri tlaku $3,55 \text{ bara}$ i $139,4^\circ\text{C}$ za istiskivanje jednog kilograma vlage iz bukove samice 25 mm , pod svim pretpostavkama i uvjetima naprijed iznesenim.

Taj dobiveni rezultat ukazuje na preveliki utrošak energije. Naime, poznato je da je potrebna količina vodene pare po 1 kg isparene količine vlage za lakše vrste drveta $2-3$, a za teže vrste $2,5-4 \text{ kg}$ pare/kg isparene vlage. Znači da ovdje dobiveni rezultat znatno odstupa od tih vrijednosti. Pitanje koje se nameće u vezi uzroka tako uvećane potrošnje toplinske energije može imati dijelom odgovor u danom prilogu. Naime, mjerene su prosječne brzine strujanja zraka u raznim točkama presjeka (čeona strana) u više komora. Situacija je uglavnom slična onoj komori danoj u

Ventilator ne reverzira, nego se okreće uvijek u istom smjeru. Brzina zraka je najveća pri podu (povećava gubitke u podu) i posebno na bočnim slobodnim prostorima. Za rješavanje tih problema nije potrebna gotovo nikakva investicija. Na bočnim uzdužnim prostorima neophodno je stavljati zaklone i to na početku i na kraju uzdužne stijenke. Isto tako treba učiniti ako postoji slobodni uzdužni prostor između složaja, kako bi se umanjila recirkulacija zraka smjerovima manjeg otpora. Također je potrebno načiniti usmjerivač zraka na stijenci o koju se reflektira zrak. To može biti odgovarajuća limena ploha (ili limovi za višeslojno usmjeravanje) postavljena pod odgovarajućim kutem (ili da je fleksibilna s obzirom na regulaciju kuta) ovisno o prostoru i načinu punjenja komore. Regulacija recirkulacije zraka ima i svoje tehnološko opravdanje a ne samo energetsko. Osim svega ovog, u pitanju je i dobro konstruktivno rješenje aerodinamike sušionice. Posebno je u tome pitanje međusobnog položaja: ventilatora i izmjenjivača topline, ventilatora i odzračnog i dozračnog sustava i dr.

ČEONI PRESJEK
KOMORE SUŠIONICE

M 1:50



Legenda:

Točka mjerenja	Brzina, m/s	Trajanje mjerenja, s
1	3,3	15
2	3,1	
3	2,8	
4	2,7	
5	2,8	
6	3,0	
7	0,0	
8	0,4	
9	0,9	
10	0,5	
11	0,7	
12	1,6	
13	1,5	
14	1,6	
15	1,7	
16	-0,0	
17	1,1	unutar, između dva složaja
18	1,4	" " " "
19	0,8	10

-- Srednji volumni protok zraka $43740 \text{ m}^3/\text{h}$
 Temperatura suhog termometra 28°C , vlažnog $26,5$
 Vrsta drva: bukva parena 25, 32, 38.

Ova mjerenja i analiza, iako nisu opsežna, ukazuju na postojenja problema i nužnost njihova rješavanja pa je korisno nastaviti takva istraživanja. Za sada se nameću neki zaključci u vezi s principijelnim pristupom ovoj problematici:

- a) nije dovoljno iskazivati kapacitet sušionice samo prostornim parametrom;
- b) pogodno bi bilo navoditi i brzinu sušenja, što se može iskazati vremenom potrebnim za isparavanje jedinice mase vlage za određenu vrstu drva i tip sortimenta, koji se može odabrati kao standard.
- c) uz navedeno, u cilju iskazivanja energetske karakteristike sušionice, pogodno bi bilo navoditi potrebnu energiju za isparavanje jedinice mase vlage iz određene vrste i tipa drva, odabranog kao standard.

Osim ove tri karakteristike, naravno da bi bilo poželjno iskazivanje i drugih raznih veličina, ali nam se ove čine najvažnije. Na taj način bi u principu bilo osigurano (ili bar jasno vidljivo) racionalno iskorištenje energije, a i tehnološko osiguranje (na neki način) ispravnog procesa. Ovo i jedno i drugo nije samo u interesu pogona već i šire u smislu zaštite nacionalnih bogatstva.