



vodi smanjenju presjeka konstrukcijskih dijelova, čime se bitno mijenjaju uobičajena konstrukcijska rješenja za spajanje i povezivanje sastavnih dijelova u cjelovitu izdržljivu konstrukciju.

Kako je čvrstoća konstrukcijskih spojeva jedan od bitnih čimbenika tehničke kvalitete gotovog proizvoda, ona se smatra ključnim kriterijem pri izboru oblikovnih i konstrukcijskih rješenja.

U ovom će radu biti sažeto izneseni neki rezultati ispitivanja konstrukcija stolica kako bi se na temelju provjerenih podataka postupno uvodile nove metode rada u odnosu na dosadašnja empirijska saznanja i time postizali bolji rezultati.

## 2. PROBLEM I SVRHA ISTRAŽIVANJA

### 2. Research aims

#### 2.1. Istraživanja konstrukcija stolica

##### 2.1. Research on chair structures

Problemima spajanja zaobljenim čepom bavilo se više istraživača. U njihovim su radovima obrađivani problemi dimenzioniranja čepova, utjecaja dužine i širine čepa na čvrstoću spoja, utjecaja položaja godova i promjene vlažnosti na čvrstoću spoja, te utjecaj vrste dosjeda odnosno veličine zazora (Za) ili zadora (Zd) na čvrstoću lijepljenja.

Skopal, B. (10) usmjerio je svoja istraživanja na određivanje optimalnog dosjeda pri spajanju zaobljenim čepom. Eksperimentalno je utvrdio da su maksimalne sile loma u spojeva od bukovine postizane pri zadoru  $Zd=0.2-0.3$  mm, te je utvrdio optimalni zador od 0.3 mm s graničnim naprezanjem za PVAc ljepilo  $1406 \text{ N/cm}^2$ .

Ijinskij, S.A. (13) utvrdio je da u čvrstih dosjeda, tj. u zadornih spojeva nastaju deformacije koje ovise o materijalu, obliku obratka i veličini zadora. Također je ustanovio da je najveća čvrstoća spoja određena silom loma za uzorke izrađene od smrekovine iznosila 1450 N pri zadoru 0,2 mm. Povećanje zadora veće od 0.4 mm uvjetovalo je tanak sloj ljepila, tzv. gladnu sljubnicu i znatno oslabljenje slijepljenosti.

Korzeniowski, A.M. (9) u svom je radu istražio metode poboljšanja svojstava spojeva zaobljenim čepom. On smatra da ljepilo pridonosi čvrstoći spoja do 85%, a ostala su bitna svojstva: vrsta drva, vlažnost i specifični tlak pri kojemu se obavlja lijepljenje.

Tkalec, S. (13) ustanovio je optimalnu natisnutost za zaobljene čepove od bukovine lijepljene PVAc ljepilom. Najveću čvrstoću imali su spojevi pri vlažnosti 8-9%, zadora natisnutog čepa  $Zd=0,01-0,06$  mm,

pri čemu je natisnutost po debljini iznosila  $0,434 \pm 0,1$  mm tj. točnost izrade kretala se u rasponu 0,2 mm.

Svrha ispitivanja čvrstoće odabranih spojeva u konstrukcijama namještaja za sjedenje jest nalaženje tehničkih odrednica bitnih za oblikovanje i dimenzioniranje konstrukcijskih oblika kojima se postižu najveće čvrstoće na statička i dinamička opterećenja, te načina i mogućnosti primjene tih spoznaja u projektiranju novih proizvoda i predviđanju razine njihove tehničke kvalitete.

#### 2.2. Zadaća i ciljevi rada

##### 2.2. Tasks and objectives

Dosadašnja istraživanja raznih autora donosila su uglavnom rezultate koji se mogu primjenjivati za konkretna konstrukcijska rješenja odnosno koji su mogli poslužiti kao teorijska osnova za dimenzioniranje, oblikovanje sastavnih dijelova namještaja za sjedenje ili kao istraživačke metode rada. Rad je imao zadaću objediniti dosadašnja spoznaje onih radova koji mogu pridonijeti racionalizaciji postojećih metoda konstruiranja radi nalaženja boljih konstrukcijskih rješenja uz objašnjenje nekih pogrešno shvaćenih empirijskih metoda rada u praksi. To su prije svega neka fizička i mehanička svojstva lijepljenih spojeva u konstrukcijama stolica o kojima ovisi njihova čvrstoća i izdržljivost na dinamička opterećenja, mogućnost uštede osnovnog materijala primjenom sastavnih dijelova manjih dimenzija presjeka te racionalnija izrada.

## 3. PRIKAZ METODE RADA

### 3. Work method

#### 3.1. Određivanje uzoraka

##### 3.1. Choice of samples

Pri provođenju eksperimentalnog dijela ovog rada primijenjena je jedna od diskurzivno-aplikacijskih metoda konstruiranja uzoraka za ispitivanje. Izabrani su konstrukcijski oblici sastavljanja stolica koji pripadaju ugaonim spojevima stražnjih nogu i dviju okvira sjedala (sl. 1). Budući da na pravilan izbor najpovoljnijeg konstrukcijskog spoja utječu i svojstva materijala od kojega je izrađena stolica, pri odabiru uzoraka za ovo ispitivanje izrađeni su istovrsni uzorci od bukovine i borovine kao primjerci mekog i tvrdog drva. Da bi se mogao izvršiti odabir odgovarajućeg spoja navedenog sklopa, za ispitivanje su bila odabrana dva tipa spojeva (sl. 1):

- tip A: ugaoni spoj s okomitim nosačem i dvije bočne okvirnice učepljen





te klimatizirani u prostori s klimatskim uvjetima 24.....32 °C te relativnom vlagom 36% u trajanju 35 dana. Prosječni sadržaj vlage prije ispitivanja bio je 6,5% za uzorke od borovine te 8,3 % za uzorke od bukovine.

3.2. Opis metode ispitivanja  
3.2. Research method

Ispitivanje čvrstoće spojeva izrađenih od borovine i bukovine obavljeno je u laboratorijima Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

Za spomenute uzorke (sl. 1) prilagođena je hidraulička kidalica tvrtke Wolpert na kojoj se na uzorke djelovalo momentom sile brzinom 8 mm/min (sl. 2). Ispitano je po 17 istovrsnih spojeva tipa A i B od borovine i bukovine.

4. REZULTATI ISPITIVANJA  
4. Research method

4.1. Obrada podataka

4.1. Processing of the results

Podaci su obrađeni pomoću računalnih paketa Excel 5.0 i Statistica.

U tablice 2 - 5. uvršteni su podaci mjerenja otvora i čepova kako bi se utvrdila vrsta dosjeda, tj. numerička vrijednost zadora odnosno zazora, sila loma te da bi se izračunali statički momenti sile loma.

4.2. Analiza dobivenih rezultata

4.2. Analysis of the results

Prema podacima iznesenim u prethodnom poglavlju izvedena je intervalna

procjena momenata sila te su time dobiveni rezultati predočeni na slici 3, koja prikazuje raspon momenata sila ispitanih sedamnaest uzoraka svakog spoja posebno.

Za dobivanje konačnog zaključka ispitivanja provedene su sljedeće usporedbe spojeva.

- A-BO prema A-BU

Raspon momenata sila za oba je spoja podjednak i za A-BO iznosi od 770 do 1 140 daNcm, a za A-BU raspon momenata sila kreće se od 770 do 1 300. Prema srednjoj vrijednosti tih momenata sila moglo bi se zaključiti da je spoj A izrađen od borovine čvršći od istovrsnog spoja od bukovine i time opovrgnuti bitan utjecaj veće čvrstoće bukovine od borovine kao materijala od kojeg su spojevi izrađeni. U ovom primjeru razliku u čvrstoći možemo tumačiti činjenicom da je na uzorcima od borovine zadorni dosjed bio veći  $Z_d=0,007$  mm, a u spojeva od bukovine zazorni je dosjed prosječno iznosio  $Z_a=0,06$  mm. Jedan od razloga slabije čvrstoće spojeva od bukovine može biti različit sadržaj vlage, jer je ispitivanje obavljeno u različitim vremenskim razdobljima, zbog čega je prosječna vlaga spojeva izrađenih od bukovine veća za 1,8%, a poznato je da navlaživanjem ljepila spoj oslabljuje. U ovom slučaju bitan utjecaj na iskazani zaključak ima dosjed, čija srednja vrijednost za A-BO iznosi  $Z_d=0,007$ , dok je ona za A-BU  $Z_a=0,06$ . Uzevši u obzir znatan utjecaj dosjeda na čvrstoću spojeva, rezultati te usporedbe vjerojatno bi izgledali drugačije

A-BU	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o. (mm)	d.č. (mm)	d.o.-d.č. (mm)	ML (daNcm)
1.	10,025	10,175	-0,150	1 100
2.	10,125	10,200	-0,075	1 040
3.	10,150	10,175	-0,50	950
4.	10,125	10,075	-0,050	1 000
5.	10,025	10,050	-0,050	980
6.	10,025	9,975	-0,025	1 250
7.	10,000	9,950	0,025	1 050
8.	10,000	9,875	0,050	1 130
9.	10,000	9,875	0,125	960
10.	10,000	9,875	0,125	780
11.	10,000	9,875	0,125	860
12.	10,050	9,925	0,125	710
13.	10,025	9,875	0,150	920
14.	10,025	9,875	0,150	970
15.	10,025	9,850	0,175	960
16.	10,000	9,800	0,200	910
17.	10,000	9,800	0,200	880

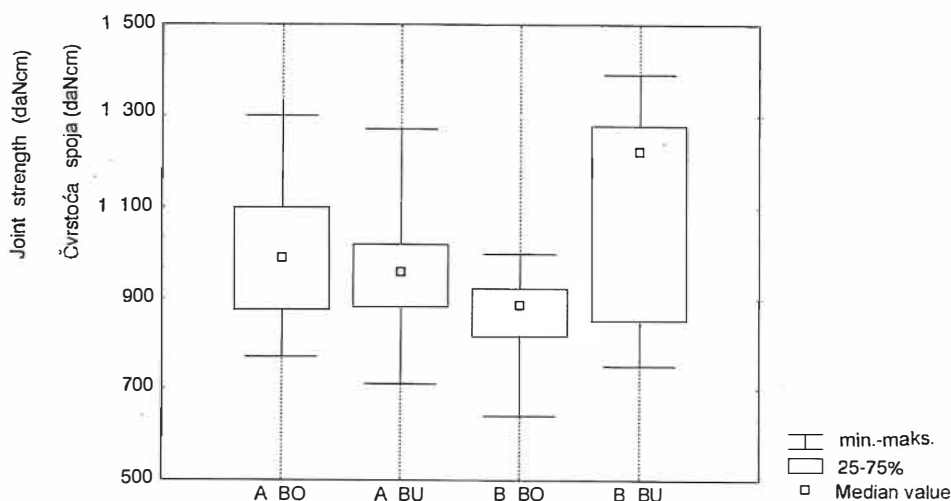
Tablica 2.

Podaci mjerenja za uzorak A-BU •  
Measurements of sample A-BU



B-BO	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o. (mm)	d.č. (mm)	d.o.-d.č. (mm)	ML (daNcm)
1.	10,000	10,125	-0,125	965
2.	10,050	10,150	-0,100	1 000
3.	10,075	10,150	-0,075	955
4.	10,013	10,075	-0,063	950
5.	10,000	10,050	-0,050	925
6.	9,800	9,850	-0,050	920
7.	9,975	10,025	-0,050	900
8.	10,025	10,063	-0,037	885
9.	10,025	10,063	-0,037	885
10.	9,975	10,000	-0,025	860
11.	10,050	10,025	0,100	845
12.	10,025	9,925	0,100	845
13.	10,175	10,063	0,113	825
14.	10,050	9,900	0,150	815
15.	10,250	10,063	0,188	810
16.	10,250	10,050	0,200	805
17.	10,500	10,100	0,400	640

**Tablica 5.**  
Podaci mjerenja za uzorak B-BO •  
Measurements of sample B-BU



**Slika 3.**  
Usporedba čvrstoće spojeva A i B iz borovine i bukvine • Comparison of A and B, pine and beech joint strength

Ista usporedba samo spojeva od bukvine pokazuje neznatno veću čvrstoću spoja B. Tu tvrdnju treba uzeti u obzir uz obrazloženje da je srednja vrijednost zazora spoja A iznosila  $Z_a=0,06$  mm, dok je spoj B bio pretežno zadomi i srednja je vrijednost za ispitanih 17 uzoraka iznosila  $Z_d=0,01$  mm.

Prosječna čvrstoća lijepljenja po jedinici površine realnog sljuba  $A_A=18,57$  cm<sup>2</sup>,  $A_B=20,97$  cm<sup>2</sup>, ne računajući pri tome površine dna podužne rupe, iznosila je za spojeve  $A=53,09$  daN/cm<sup>2</sup>, a za spojeve  $B=47,54$  daN/cm<sup>2</sup>. Ti su podaci za buduća dimenzioniranja najvažniji, jer bi jedan spoj na stolici, prema slici 1, da bi zadovoljio najmanje uvjete čvrstoće prema dosadašnjim

istraživanjima (13) trebao u predispozitivnim izdržati moment sile od najmanje 608 daNcm.

### 5. ZAKLJUČAK 5. Conclusion

Sve češća pojava nekonvencionalnih oblikovnih rješenja, s jedne strane, i potreba za racionalnom i kvalitetnom konstrukcijom proizvoda, s druge strane, nameće potrebu za usporednim djelovanjem u povezivanju metoda rada i primjene rezultata znanstvenistraživačkog rada radi što bržeg i svrsishodnijeg donošenja kvalitetnih rješenja. Primjenom intuitivnih metoda rada i empirijske podatke treba zamijeniti suvre-

menim računalnim programima u koje su uključeni potvrđeni rezultati ispitivanja pojedinih konstrukcijskih rješenja.

Prikupljanjem podataka potrebnih za uspješan rad konstruktora te odabirom programa primjenjivih za proizvode drvne industrije mogu se izraditi aplikacijske inačice primjenjive za dizajnera u projektnom uredu i konstruktora u pripremi neposredne proizvodnje.

#### 6. LITERATURA

##### 6. References

1. Alić, O. 1984: Istraživanje čvrstoće konstruktivnih spajanja sargova i nogu stolova, Zbornik radova "Istraživanje, razvoj i kvaliteta proizvoda u preradi drva", Poslovna zajednica šumarstva i prerade drva i prometa Republike Hrvatske, Zagreb
2. Dillon, J. 1978: Chair comfort and design, Stevenage, FIRA Research Department,
3. Dzigielewski, S. 1978: Wplyw charakteru obciażannia wybranych klejowych polacten meblarskich na ich witrzymalosc i odkształcenia, Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy naukowe Zeszyt
4. Eckelman, C.A. 1988: Performance testing of furniture. part 2. a multipurpose universal structural performance test method, Forest Prod. J., str. 13-24.
5. Eckelman, C.A. 1988: Chair frame analysis and design, Forest Prod. J. 17, Madison str. 100-109
6. Hill, M.D. i dr. 1973: Flexibility and bending strength of mortise and tenon joints, Furniture Design and Manufacturing 45/1973/2 str. 60-63. i 70.
7. Hindley, H.R. 1980: The strength of mortise and tenon joints, Stewenage, Fira Bulletin 24/6 str. 92-94
8. Kamenicky, J. 1978: K Problematike podajnosti a namhania spojov stoličiek, Drevo Bratislava 33 (10),
9. Korzeniowski, A.M. 1982: Fit improves properties of joints, Furniture Manufacturer 1, str. 45,46, Oxted
10. Skopal, B. i dr. 1981.: Definiranje optimalnog nasjeda konstrukcione veze čep - gni-jezdo izvedena na detaljima od bukovine, rukopis, Sarajevo, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
11. Ljuljka, B. 1981: Ispitivanje kvalitete namještaja u sistemu proizvođač - korisnik kao faktor razvoja i unapređenja proizvoda, Bilten ZIDI-ja 9/3, str. 1-29, Šumarski fakultet u Zagrebu
12. Oltman, L. 1980: Odolnost stoličiek voči mechanicemu namahaniu, Bratislava, Štatny drevarsky vyskumany ustav, Riport 37
13. Tkalec, S. 1985: Utjecaj konstrukcijskih spojeva na kvalitetu stolica, dizertacija, Zagreb, Šumarski fakultet
14. \*\*\*\*\*. 1994: Moebel - hanbuch zur pruefung, Nuernberg Landesgewerbe Anstalt Bayern (LGA) Moebelpruef institut,
15. Proračun građevinskih konstrukcija računalom - osnove drvenih konstrukcija i modeliranje, Zagreb, Školska knjiga,