

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Alen Pangos

RAZVOJ RAZSTAVLJIVE LESNE VEZI

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Alen Pangos

RAZVOJ RAZSTAVLJIVE LESNE VEZI

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

DEVELOPMENT OF DISASSEMBLING WOODEN JOINTS

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za pohištvo Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Jasno Hrovatin, za recenzentko pa doc. dr. sc. Silvano Prekrat.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ime PRIIMEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član: prof. dr. Ime PRIIMEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član: prof. dr. Ime PRIIMEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Alen Pangos

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 684.433
KG	razstavljiva lesna vez/CNC obdelovalna tehnika/stolec
AV	PANGOS, Alen
SA	HROVATIN, Jasna (mentor)/PREKRAT, Silvana (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2008
IN	RAZVOJ RAZSTAVLJIVE LESNE VEZI
TD	Diplomsko delo (visokošolski študij)
OP	XI, 57 str., 65 sl., 12 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na osnovi pregleda in analize znanih razstavljivih lesnih vezi smo razvili novo ter jo vgradili v izdelek "stolec"; pri tem pa bili posebej pozorni na estetski izgled in mehanske lastnosti. Ker nas je zanimala trdnost razstavljivega stolca, smo ga testirali po standardu SIST EN 1728:02. Za lažjo primerjavo smo izdelali še stolec s klasično lepljeno mozničeno vezjo. S testiranjem smo ugotovili, da razstavljiv stolec ustreza zahtevam standarda, in da je po trajnosti primerljiv s klasično izdelanim stolcem.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 684.433
CX	disassembling wooden joint/CNC technology/stool
AU	PANGOS, Alen
AA	HROVATIN, Jasna (supervisor)/PREKRAT, Silvana (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2008
TI	DEVELOPMENT OF DISASSEMBLING WOODEN JOINTS
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	XI, 57 p., 65 fig., 12 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	On the basis of examination and analysis a new disassembling wooden joint was developed. Using this disassembling wooden joint a new product, <i>STOOL</i> , was manufactured with a special emphasis on its aesthetic look and mechanical properties. We were interested how strong and durable such a disassembling chair is, therefore, we tested it according to standard SIST EN 1728:02. To make a comparison more easily, a chair with a classically glued doweled joint was also made. By testing we found out that disassembling stools satisfy standard demands, and as regard durability can be compared to classical modern stools.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 IZNAJDBA ORODJA	2
2.2 ZGODOVINA RAZVOJA LESNIH VEZI	2
2.3 VRSTE LESNIH VEZI	2
2.3.1 Razstavljive tesarske lesne vezi	3
2.3.2 Razstavljive mizarske oz. pohištvene lesne vezi	8
2.3.2.1 Širinske lesne vezi	8
2.3.2.2 Dolžinske lesne vezi	10
2.3.2.3 Kotne lesne vezi	11
2.3.2.3.1 Okvirne kotne vezi	11
2.3.2.3.2 Obodne kotne vezi	13
2.3.2.4 Posebne pohištvene vezi	15
2.3.2.4.1 Vezi predelanega lesa	17
3 RAZVOJ LASTNEGA IZDELKA	22
3.1 KRITERIJI ZA RAZVOJ LASTNEGA IZDELKA	23
4 MATERIAL IN METODA	25
4.1 IZBIRA MATERIALA	25
4.1.1 Izdelava vzorcev	25
4.1.2 Izdelava stolca z razstavljivimi lesnimi vezmi	27
4.1.2.1 Obdelava elementov razstavljivega stolca z CNC tehnologijo	28
4.1.2.2 Klasična obdelava elementov razstavljivega stolca	36
4.1.2.3 Klasična obdelava elementov po končani CNC obdelavi	39
4.1.3 Izdelava klasičnega stolca	42

4.2	TESTIRANJE VZORCEV	45
4.2.1	Testiranje klasičnega stolca	46
4.2.2	Testiranje razstavljivega stolca	47
5	REZULTATI	49
5.1	REZULTATI PREIZKUŠANJA STATIČNE OBREMENITVE PREDNIH NOG	49
5.2	REZULTATI PREIZKUŠANJA TRAJNOSTI	50
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	53
7	POVZETEK	55
8	VIRI	56

KAZALO SLIK

	str.
slika 1: Tesarsko orodje	3
slika 2: Lesne zveze najdene v zgodnjih zgradbah.....	4
slika 3: Uporaba lesenega klina.....	4
slika 4: Kladna gradnja.....	5
slika 5: Čep in luknja.....	5
slika 6: Funkcionalnost in estetika	6
slika 7: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo	6
slika 8: Tipična Japonska lesena gradnja	7
slika 9: Dvojni gosji vrat (Shi-ho-kama-tsugi-te).	7
slika 10: Širinsko spajanje elementov z zagozdami.....	8
slika 11: Širinsko spajanje z uporabo estetskih posrednih peres.....	9
slika 12: Širinsko spajanje z grebenastima letvama	9
slika 13: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo.	10
slika 14: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo	10
slika 15: Razpolovljena zaklepajoča vez (Isuka-tsugi)	11
slika 16: Razpolovljena zaklepajoča vez s poševno rezanimi stičnimi površinami.....	11
slika 17: Spajanje s peresom v obliki dvojnega lastovičjega repa	12
slika 18: Zarezna čepna vez z lesenimi žebli	12
slika 19: Nadomestilo čepne vezi.....	13
slika 20: Obodna razstavljiva rogeljna vez	14
slika 21: Obodna razstavljiva vez z uporabo posrednega elementa.....	14
slika 22: Razstavljiva ogrodna vez.....	15
slika 23: Zagozdna čepna vez.....	16
slika 24: Razstavljiva ogrodna vez.....	16
slika 25: Razstavljiva ogrodna vez.....	17
slika 26: Obodna posredna vez	19
slika 27: Razstavljiva klubska mizica	19
slika 28: Razstavljiva klubska mizica iz vezane plošče	20
slika 29: Ogrodje stolca iz vlaknene plošče	20

slika 30:	Sodoben stolec iz vlaknene plošče	21
slika 31:	Navaden stolec.....	23
slika 32:	Zunanje dimenzije stolcev	26
slika 33:	Razstavljivi stolec (stolec A).....	27
slika 34:	Klasičen stolec (stolec B)	27
slika 35:	CNC nadmizni rezkar ANDI	28
slika 36:	Baza za naše elemente	29
slika 37:	Fiksirana noga na MDF ploščo.....	30
slika 38:	Levi utor na nogi stolca.	31
slika 39:	Izreskan levi utor na nogi stolca.....	32
slika 40:	Desni utor na nogi stolca.	33
slika 41:	Mostnik stolca	34
slika 42:	Izreskan mostnik stolca	35
slika 43:	Veznik stolca	35
slika 44:	Izreskan veznik stolca.....	36
slika 45:	Izvertine za moznike in zatiča.	37
slika 46:	Ošiljen moznik.....	38
slika 47:	Zatič.....	38
slika 48:	Ošiljeni mozniki in zatiča zalepljeni na plošči stolca.....	39
slika 49:	Izvertine in utor na mostniku.	40
slika 50:	Izreskan utor ter izvrtane luknje na mostniku	40
slika 51:	Detajl vrtanja za magnet.....	41
slika 52:	Vstavljen magnet v utor za veznik	41
slika 53:	Detajl vrtanja za vijak.....	42
slika 54:	Vijak na vezniku.....	42
slika 55:	Izvertine za moznike in veznike.....	43
slika 56:	Izvertine za moznike na mostniku.....	44
slika 57:	Izvertine za moznike na vezniku	44
slika 58:	Spajanje nog z mostniki in vezniki.....	45
slika 59:	Testiranje po standardu SIST EN 1728:02.....	46
slika 60:	Testiranje klasičnega - nerazstavljivega stolca.....	47
slika 61:	Testiranje razstavljivega stolca.....	48

slika 62:	Koničasta odprtina.....	49
slika 63:	Počasno izpadanje veznika med ciklusom ponovitev.....	50
slika 64:	Izpad veznika pri 2855 in 10000 ponovitvah.	51
slika 65:	Izpad veznika pri 20000 ponovitvah.	52

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izdelavni načrti razstavljivega in navadnega stolca.

1 UVOD

Pri pohištvu se danes razstavljivi spoji pojavljajo v večji meri kot nerazstavljivi. Razstavljivi spoji so lahko izvedeni s pomočjo lesnih vezi ali pa z vijaki in pohištvenim okovjem. Med najbolj zanimivimi razstavljivimi lesnimi vezmi so gotovo tradicionalne japonske vezi. Seveda pa je izdelava tovrstnih vezi zapletena in vezana na zamudno ročno obdelavo, kar je zaradi visokih stroškov izdelave nesprejemljivo z vidika proizvajalca.

Stari slovenski rek pravi: »Kamen na kamen palača, zrno na zrno pogača.« Čeprav bistvo tega nima nič skupnega s temo te diplomske naloge, lahko vseeno najdemo podrobnosti pomena tudi z mojim delom, in sicer v bistvu spajanja. Zatorej sam kamen na kamen, če ni spojen ali vezan ne postane palača ampak kup kamenja.

Lesnim izdelkom moramo posvetiti posebno pozornost v spajanju. Les namreč »živi« in zaradi tega zahteva premišljeno konstruiranje, da se slabosti »živega« lesa ne pokažejo v izdelku kot napake (Rozman, 1997a).

Namen lesnih zvez je medsebojno povezovanje posameznih delov lesa, tako da nastane nov izdelek. Dva lesena elementa združimo v spoj ali spah. Zveza prenaša silo iz elementa na element. Spoj je srečanje dveh elementov za prenos sile. Lesene zveze so narejene tam, kjer se srečajo podporni in podprti elementi, kjer se morata spajati dva kosa lesa, ki sta podprta ali spojena, in kjer morajo biti skupaj spojene deske zaradi preprečitve ukrivljanja ali sestavljene kot ogrodje.

Poznamo razstavljive in nerazstavljive zveze. Neločljive zveze dobimo z lepili, žičniki, spojkami ali v kombinaciji z lesnimi vezmi. Ločljive zveze pa dobimo z lesnimi vezmi, vijaki in posebnim okovjem (Kresal, 2000).

Rdeča nit diplomske naloge bo razvoj ter izdelava razstavljive lesne vezi, ki bo vgrajena v uporaben izdelek. Razstavljiva lesna vez bo primerna za enostavno montažo in demontažo, ustrezala bo mehansko tehničnim zahtevam, imela bo ustrezen izgled in z ekonomskega vidika, zanimiva.

2 PREGLED OBJAV

2.1 IZNAJDBA ORODJA

Razvoju lesenih zvez lahko sledimo skozi zgodovino orodja. Človek je začel proizvajati orodja za oblikovanje predmetov, ki jih je našel v naravi. Ta so bila narejena iz izbranih naravnih materialov (veje, bambus, trave, živalske snovi - kosti, rogovi) in obdelana z enostavnim brušenjem. Tako so nastale osti, noži, žage, igle, ki so najavile začetek tehničnega razvoja. Izboljšave orodij so vplivale na številne spremembe osnovnih lesenih zvez. Hkrati so iskali rešitev kako narediti zveze bolj čvrste, močne in manj vidne. Zato so nastale različne lesene zveze, ki so ustrezale pogojem in zahtevam časa (Kitek Kuzman, 2001).

2.2 ZGODOVINA RAZVOJA LESNIH VEZI

Obdelava lesa ima dolgo zgodovino. Industrijska proizvodnja, ki išče najrazličnejše poti do racionaliziranja izdelave, se je med lesnimi vezmi omejila le na nekaj osnovnih vezi, tako pri spajanju delov iz naravnega lesa kot pri spajanju delov predelanega lesa. Zamudne ročne izdelave ne srečujemo več niti v najskromnejših mizarskih delavnicah. Žal pa je s strojno izdelavo vezi izginilo precej domiselnih rešitev vezanja lesenih delov, ki so imele tudi poudarjen estetski videz (Rozman, 1997a).

2.3 VRSTE LESNIH VEZI

Glede na različno tehnologijo ločimo tri vrste lesenih zvez:

- Tesarske lesne vezi, ki izhajajo iz gradnje lesenih zgradb in ostrešij in so se razvijale v okviru tesarske obrti,
- mizarske lesne vezi (za izdelavo masivnega pohištva in stavbnega pohištva, in vezi za predelani les).

V tej diplomski nalogi se bomo osredotočili le na razstavljive lesne vezi, ki so sestavljene in funkcionalne brez dodatnih nelesnih elementov.

2.3.1 Razstavljive tesarske lesne vezi

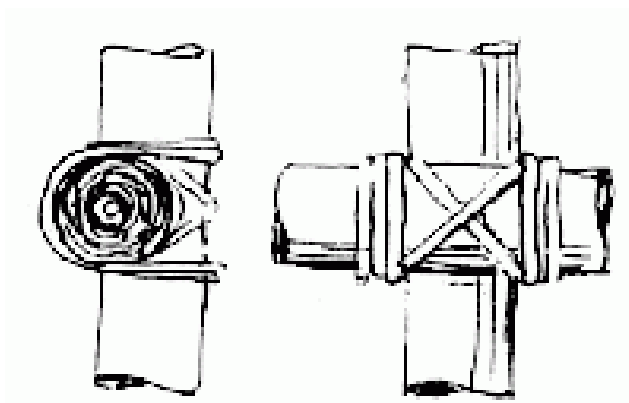
Velik del razstavljivih lesnih vezi se je skozi zgodovino razvil in uporabljal prav v tesarstvu, saj so elementi, ki se uporabljajo v tesarstvu največkrat velikih dimenzij ter teže in bi jih bilo nemogoče izdelati in prenašati v končnih dimenzijah. V tesarstvu se je in se še danes s pridom izkorišča gravitacijo in težo sestavnih elementov (ostrešij, kritine, ...).

Razvoj tesarstva se pričinja šele, ko je železno orodje omogočilo obdelavo lesa (Sl. 1).



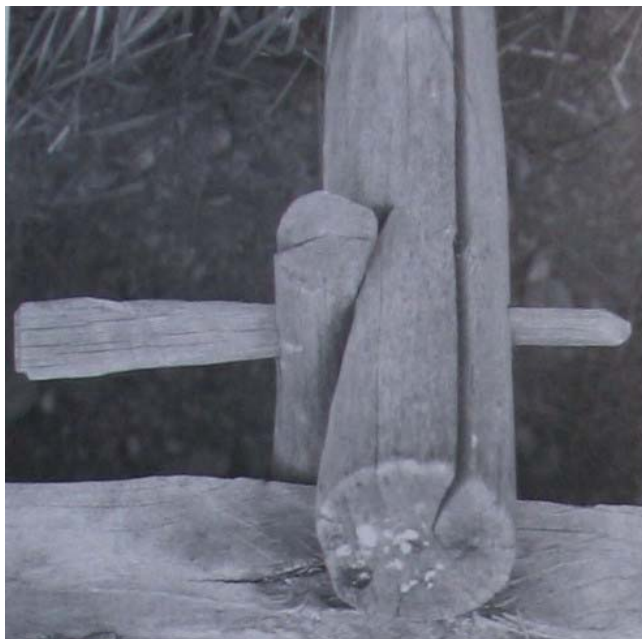
slika 1: Tesarsko orodje (Kitek Kuzman, 2001).

Zato prve kolibe ne kažejo tesarskih zvez, temveč so pletene. Za pletenje ni potrebno orodje: kol je zabit v zemljo, stena ali streha je pletena iz šibja in premazana z glino ali prekrita s slamo. Poleg olupljenih prepletenih vej so za povezovanje sprva uporabljali tudi živalske kite ali usnjene trakove, ki so s svojo elastičnostjo dajali sestavljenim lesenim delom potrebno prožnost. Rogovilaste veje so služile kot zgled kasnejših lesnih zvez, vendar je šele človek omogočil stike, preklope in splete. Konstrukcija lesenih kolov je bila povezana med seboj s šibami in vrvmi, narejenimi iz vlaken rastlin dokler je bil v uporabi les okroglega prereza (Sl. 2) (Kitek Kuzman, 2001).



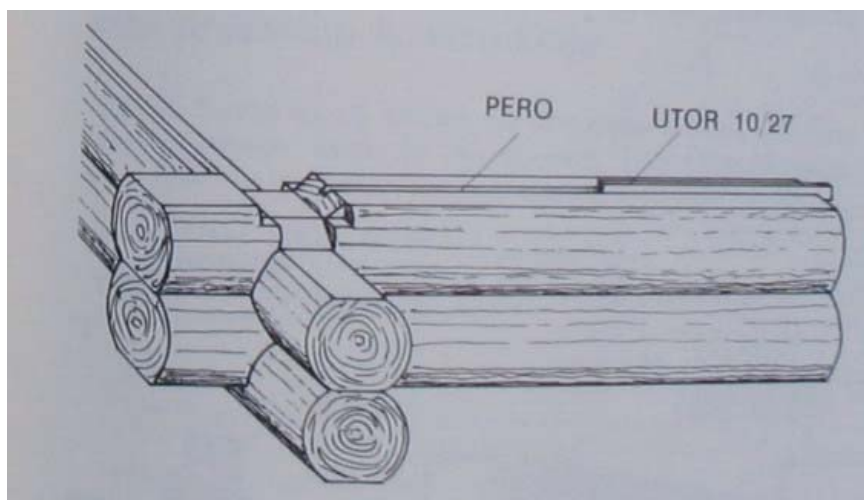
slika 2: Lesne zveze najdene v zgodnjih zgradbah (<http://www2.arnes.si/aa/2001/kite01cl.html>).

Pomembna prelomnica pričvrščevanja je bil lesen klin ali trn, ki je bil pogosto narejen iz bukovine in zabit v sveži les (Sl. 3). Klin je poleg vezenja zagotovil tudi prenos sil na vozlišča (Kitek Kuzman, 2001).



slika 3: Uporaba lesenega klina (Gerner, 2000).

Med prve hiše nedvomno sodijo lesene hiše. Ker je bila lesna surovina v bližini in jo je bilo na pretek, se je razvila kladna gradnja hiš (Sl. 4) (Dekleva, 1976).



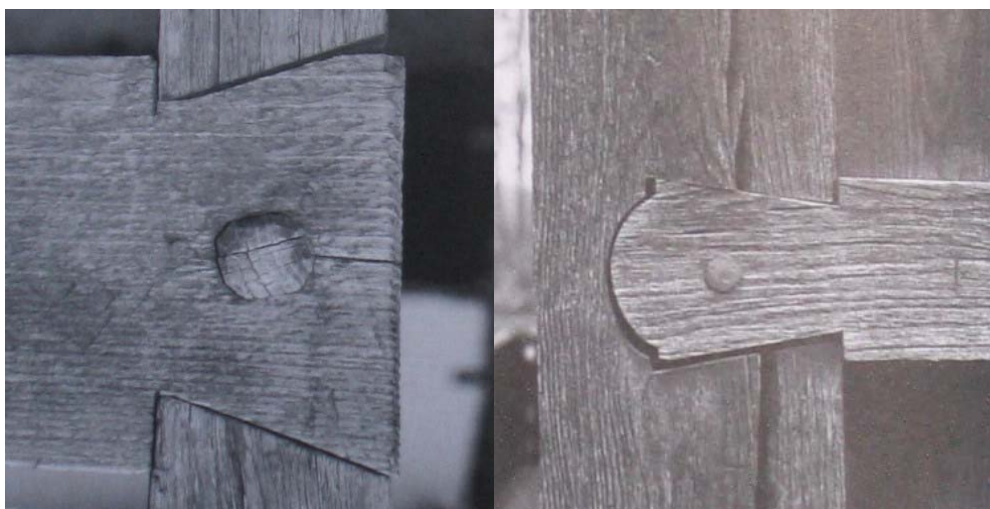
slika 4: Kladna gradnja (Dekleva, 1976).

Prve konstrukcijske zveze so bile iz zveze dveh kosov lesa po principu čep in pero. Te zveze so se razvile, ko je bilo na razpolago orodje za izdelovanje lukenj (Sl. 5). Na začetku so si pomagali s pomočjo ognja in prvih kamnitih orodij (Kitek Kuzman, 2001).



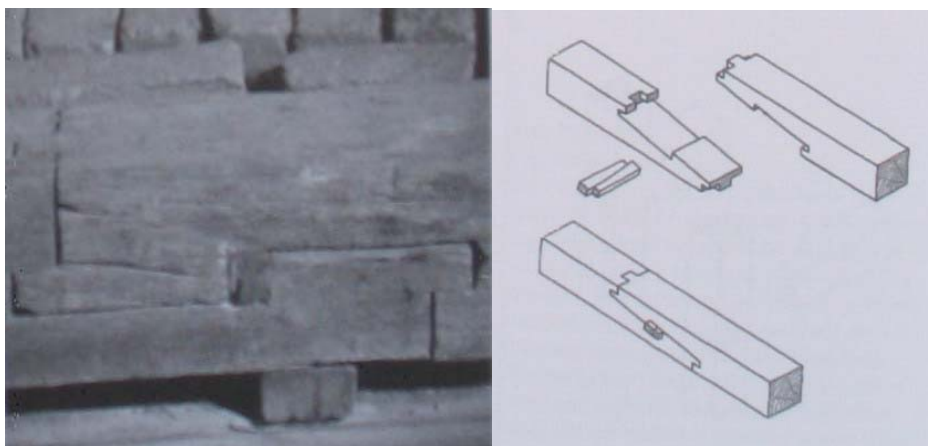
slika 5: Čep in luknja (Gerner, 2000).

Ko so iznašli kovinski sveder s spiralno obliko, so lesne vezi zaradi dodatne trdnosti pogosto učvrstili s klinom. Tesarskim vezem se je poleg trdnosti povečal tudi estetski videz (Sl. 6) (Kitek Kuzman, 2001).



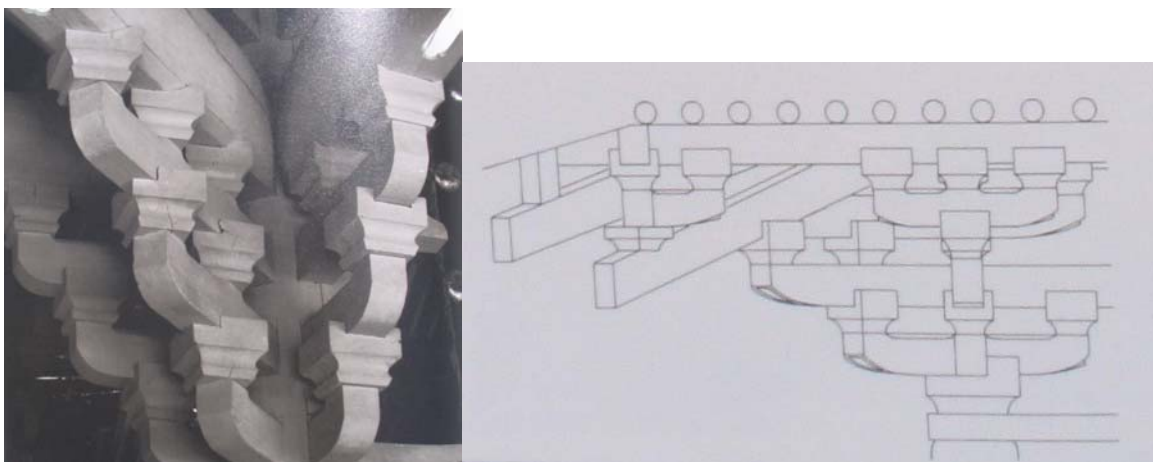
slika 6: Funkcionalnost in estetika (Gerner, 2000).

Tudi največje stavbe so zgradili s pomočjo dolžinskega spajanja, katerega razstavljivost so dosegli z obojestranskim zabijanjem zagozd (Sl. 7).



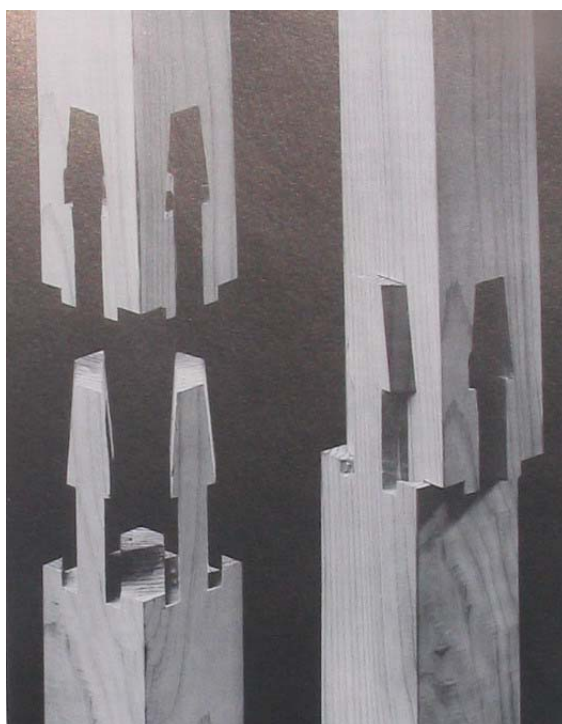
slika 7: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo (Gerner, 2000).

Pravo umetnost so iz tesarskih razstavljivih lesnih vezi razvili Japonci (Sl. 8). S pomočjo tradicionalnih japonskih lesnih vezi so razvili in ohranili svoj tradicionalni način gradnje hiš iz lesa, ki so pogosto prava umetniška in statična mojstrovina.



slika 8: Tipična Japonska lesena gradnja (Zwerger, 2000).

Podpirajoči stebri (Sl. 9) igrajo pomembno vlogo v tradicionalni japonski leseni gradnji. Ker so temelji teh stebrov posebno dovzetni za trohnenje in razpadanje, so bile vezi le teh razvite tako, da je mogoče zamenjati temeljni del stebra, ki je v stiku z zemljo. Ker so bile te vezi vidne iz vseh štirih strani je vzpodbudilo japonske tesarje, da so naredili spoj vezi čim bolj neopazen (Graubner, 1992).



slika 9: Dvojni gošji vrat (Shi-ho-kama-tsugi-te) (Graubner, 1992).

2.3.2 Razstavljive mizarske oz. pohištvene lesne vezi

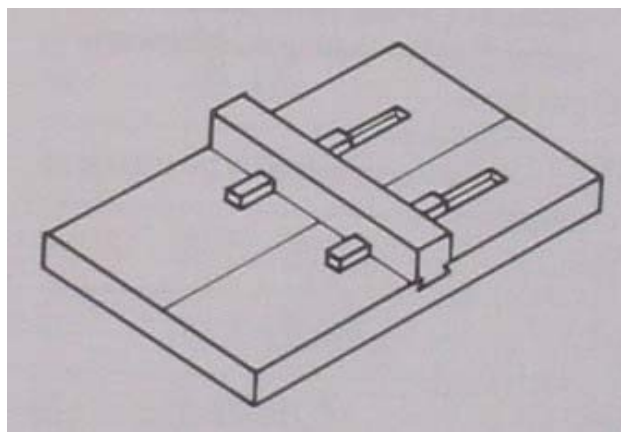
Velik del razstavljivih pohištvenih vezi je izpeljanka iz tesarskih vezi. Elementi le teh so seveda neprimerno manjši saj ne gre več za nosilne konstrukcije, ki bi morale prenašati velike obtežbe. Prav zaradi manjših dimenzij se je razvila cela paleta razstavljivih pohištvenih vezi, ki nam dajejo različne možnosti medsebojnih vezav posameznih delov. Le te bomo v grobem razdelili na možnost spajanja elementov:

- po širini z ti. širinskimi vezmi,
- spajanje elementov po dolžini z dolžinskimi vezmi in
- spajanje s kotnimi vezmi za spajanje elementov pod kotom.

2.3.2.1 Širinske lesne vezi

Širinsko spajanje elementov z razstavljivimi lesnimi vezmi v zgodovini ni doživelo večjega razvoja. Poznamo le nekaj primerov razstavljivih širinskih vezi, ki so izvedene s posrednimi elementi, ki povezujejo vzdolžni les.

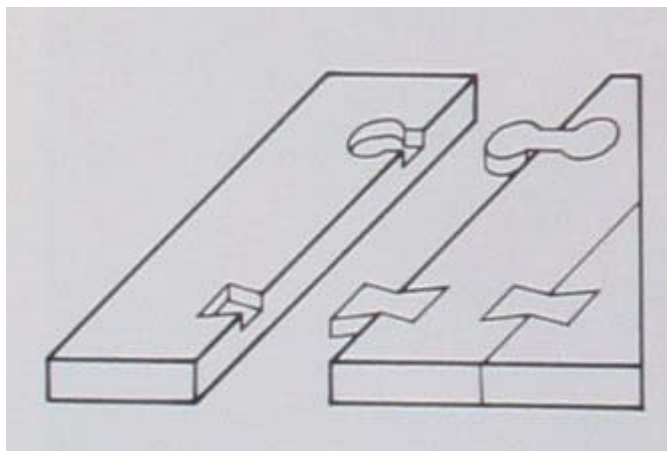
Na sliki 10 je primer širinske razstavljive vezi, ki vsebuje več posrednih elementov za fiksacijo spojenih delov. Tak način širinskega spajanja je primeren le za spajanje elementov, ki so samo enostransko vidni (zidna obloga, dno predala).



slika 10: Širinsko spajanje elementov z grebenasto letvijo in zagozdami (Graubner, 1992).

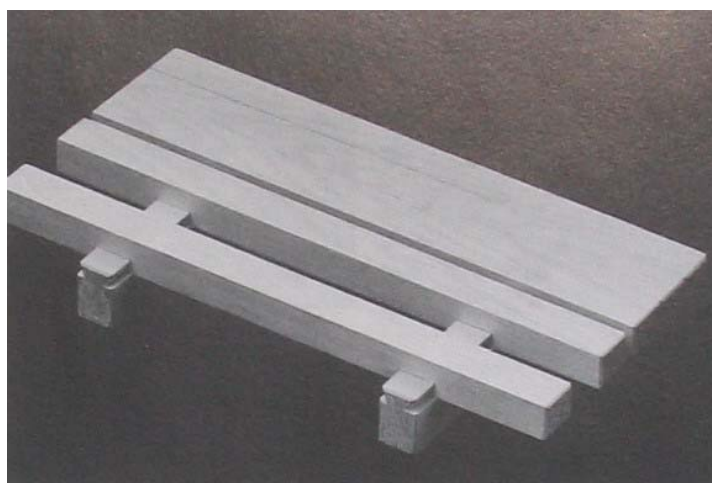
Mnogo preprostejša izvedba razstavljive širinske vezi je spajanje elementov s posrednimi elementi, katerih oblika preprečuje razstavljivost elementov. Posebna peresa, ki se

uporabljajo pri tej vrsti vezave lahko služijo tudi kot okras in tako izboljšajo estetski videz površine (Sl. 11).



slika 11: Širinsko spajanje z uporabo posrednih peres (Graubner, 1992).

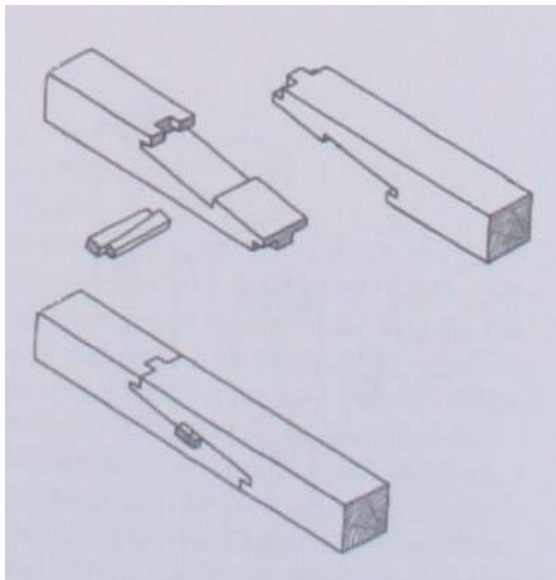
Pri proizvodnji pohištva so vezi izdelane po sistemu grebenaste letve, uporabljajo jih kot zanesljivo sredstvo za preprečevanje ukrivljenja širokih lesenih površin, kot so naprimer: dna predalov, pregrade, sedišča stolov ter mizne plošče (Graubner, 1992).



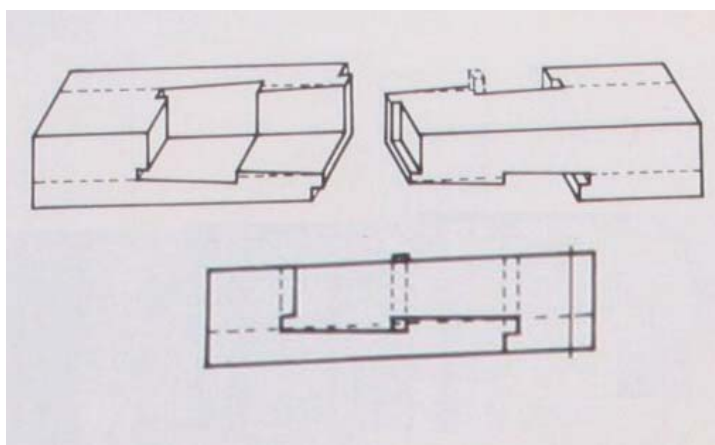
slika 12: Širinsko spajanje z grebenastima letvama (Graubner, 1992).

2.3.2.2 Dolžinske lesne vezi

Izredno trdno dolžinsko spajanje se je doseglo z uporabo dvojnih zagozd (Sl. 13 in 14).

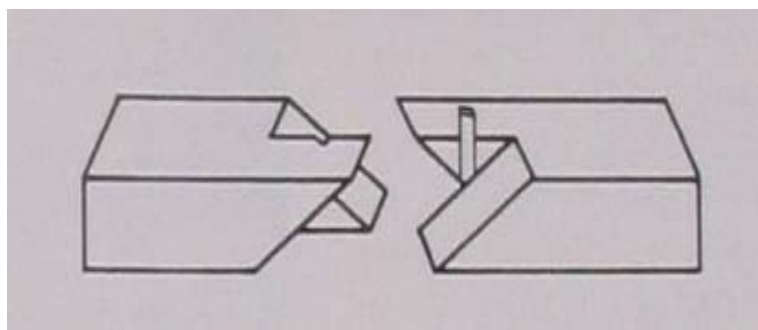


slika 13: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo (Gerner, 2000).

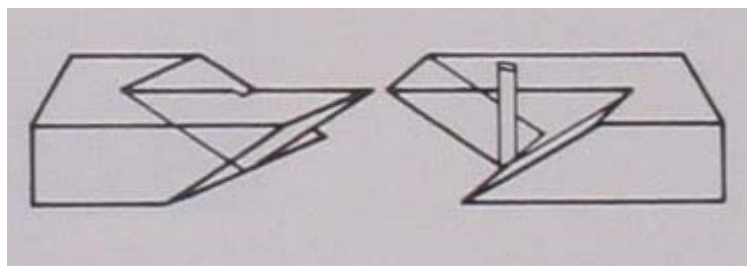


slika 14: Dolžinsko spajanje z dvojno zagozdo (Graubner, 1992).

Na Japonskem so se za dolžinsko spajanje veliko uporabljale razpolovljene zaklepajoče se vezi. Posrednik, katerega se je prečno vstavilo skozi vez je preprečeval izvlečenje delov vezi (Sl. 15). Preploščitev s poševno odrezanimi stičnimi ploskvami lahko tudi dodatno utrdimo s poševno rezanimi stičnimi površinami (Sl. 16) (Graubner, 1992).



slika 15: Razpolovljena zaklepajoča vez - Isuka-tsugi (Graubner, 1992).



slika 16: Razpolovljena zaklepajoča vez s poševno rezanimi stičnimi površinami - Miyajima-tsugi)
(Graubner, 1992).

2.3.2.3 Kotne lesne vezi

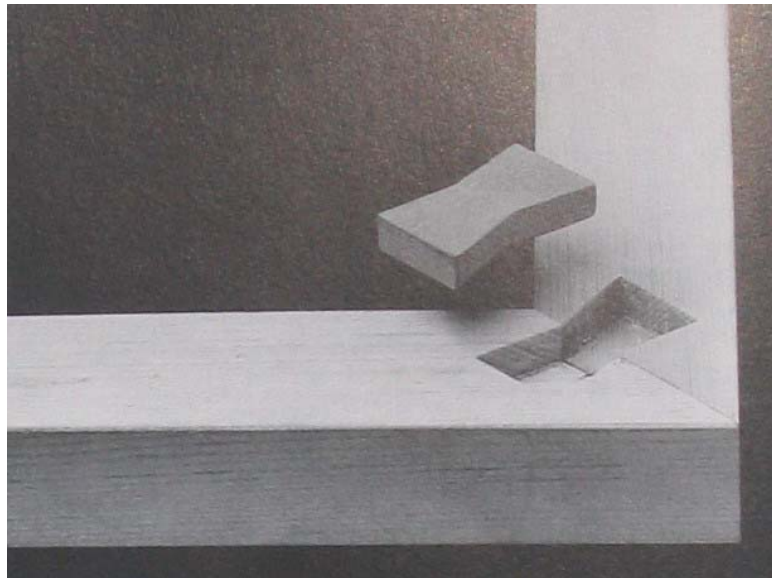
Kotne vezi delimo na:

- okvirne kotne vezi
- obodne kotne vezi

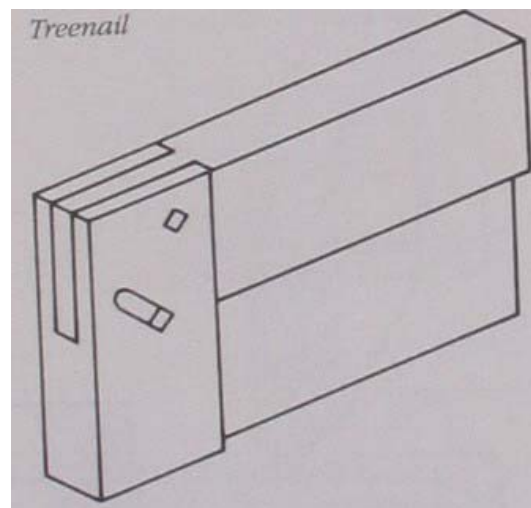
2.3.2.3.1 Okvirne kotne vezi

Okvirne kotne vezi so vezi daljših, ožjih in ploščatih kosov lesa, ki se med seboj vežejo pod določenim kotom. Prav tako so se te zaradi prevelike porabe materiala, razvile iz neposrednih tudi v posredne vezi z vstavljanjem moznika, čepa ali drugih posrednih elementov (Rozman, 1997a).

Spajanje s peresom z dvojnimi lastovičjim repom je odličn način spajanja elementov, katere bo potrebno kasneje razstaviti. Ta vez je sicer zelo učinkovita, vendar ne prenese upogiba in krivljenja. Kljub temu, da so jih v večji meri nadomestili kovinski vezni elementi, se na Japonskem še vedno uporablja za okvirje in širinsko spajanje desk (Graubner, 1992).

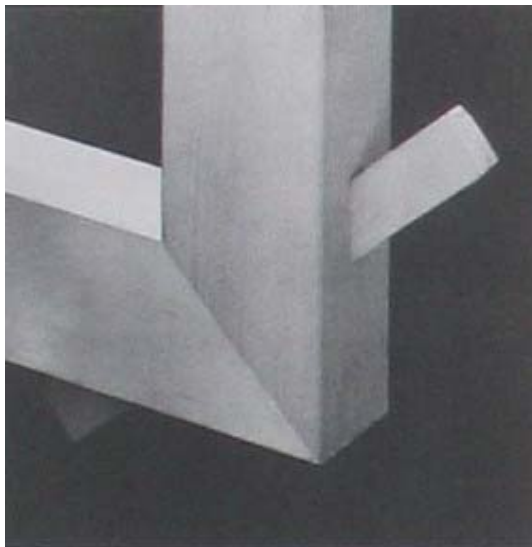


slika 17: Spajanje s peresom v obliki dvojnega lastovičjega repa (Graubner, 1992).



slika 18: Zarezna čepna vez z lesenimi žebli (Graubner, 1992).

Na Japonskem se je ta način pritrjevanja, kot je prikazan na sliki 19 primarno uporabljal kot nadomestilo čepne vezi pri tankih okvirni konstrukcijah, tako da se je tanek kos lesa vstavilo diagonalno skozi vez (Graubner, 1992).

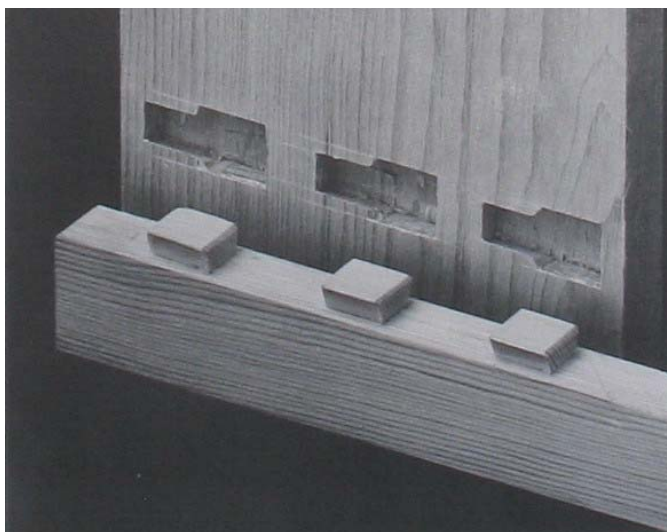


slika 19: Nadomestilo čepne vezi (Graubner, 1992).

2.3.2.3.2 Obodne kotne vezi

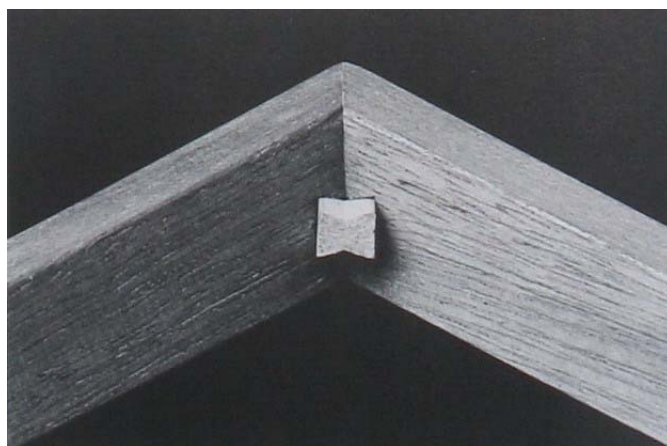
Kotne obodne vezi so najbolj razširjene pri vezanju ploščatih tvoriv. Obodne vezave masivnega lesa se danes pojavljajo le redko (predali, podboji vrat). Najbolj pogosto pa jih izvedemo z mozniki. Nekdanje tipične obodne kotne vezi, kot so rogeljne, so skoraj povsem izginile iz uporabe (Rozman, 1997a).

Na sliki 20 je lep primer japonske razstavljive rogeljne vezi, katere izdelava zahteva veliko časa in izkušenega rokodelca.



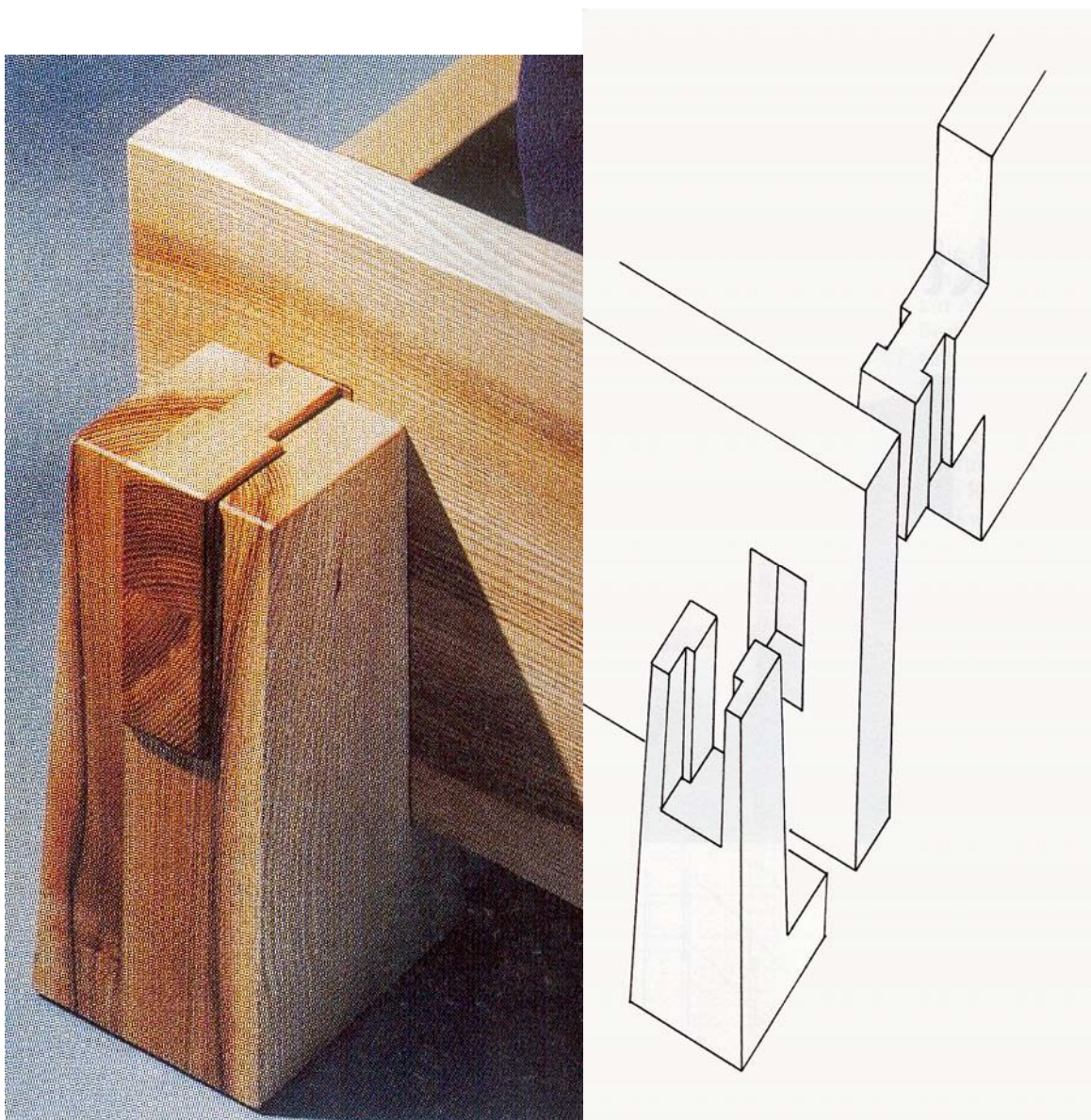
slika 20: Obodna razstavljiva rogeljna vez (Graubner, 1992).

Mnogo preprostejša in tudi lažje strojno izvedljiva je razstavljiva obodna vezava z uporabo posrednega elementa v obliki črke X, katerega se vstavi v prej izdelane utore na čelu obodnih elementov, ki sta zarezana pod kotom (Sl. 21).



slika 21: Obodna razstavljiva vez z uporabo posrednega elementa (Graubner, 1992).

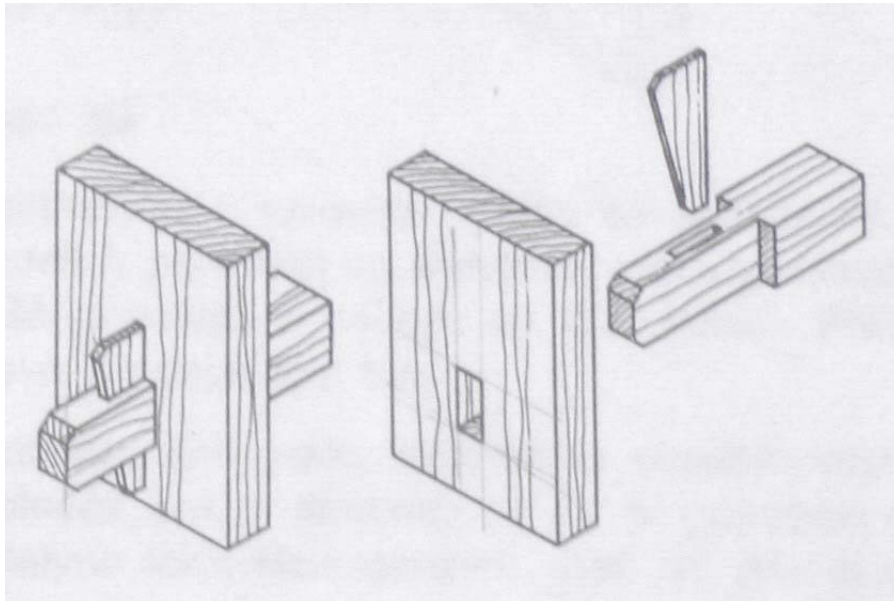
Obodno razstavljivo vez na sliki 22 je mogoče sestaviti tako, da se na vzdolžni del oboda vstavi skozi odprtino na prečnem delu oboda, nakar se s tretjim delom vez utrdi.



slika 22: Razstavljiva ogrodna vez

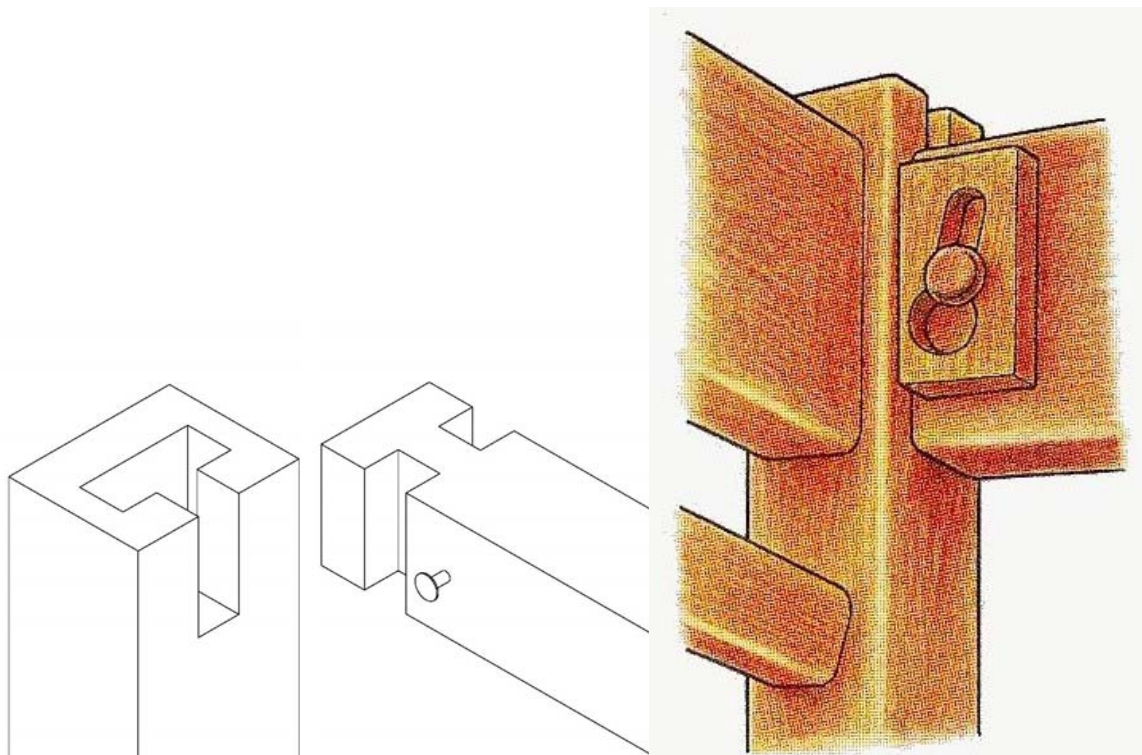
2.3.2.4 Posebne pohištvene vezi

Nekatere vezi je težko vključiti v dozdej omenjene skupine. Tu je potrebno omeniti značilno vez čepa z zagozdo (Sl. 23), ki se je nekdanj uporabljala predvsem pri miznih konstrukcijah (Rozman, 1997a).



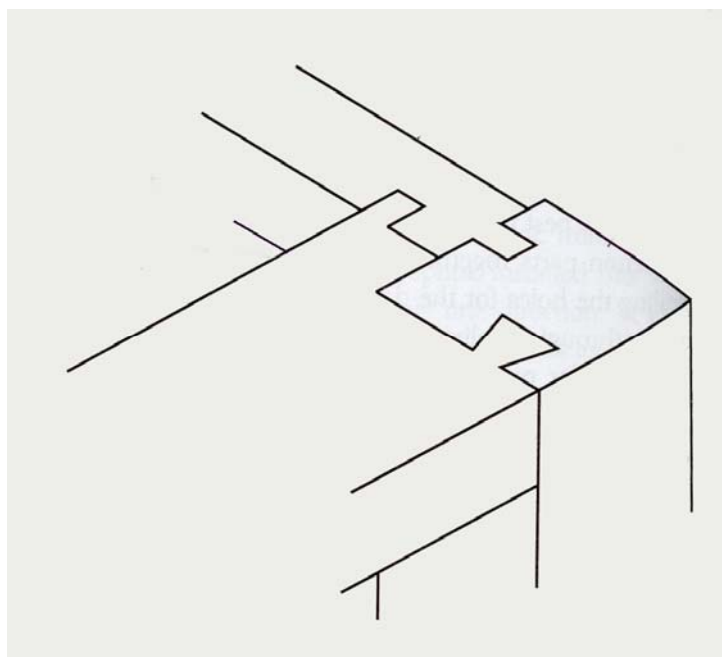
slika 23: Zagozdna čepna vez (Rozman, 1997a).

Razstavljiva mostiščna ogrodna vez je izvedena z več posrednimi elementi (Sl. 24).



slika 24: Razstavljiva ogrodna vez

Razstavljivo mostiščno ogrodno vez je izvedena tako, da najprej vstavimo v nogo del oboda, katerega nato fiksiramo z drugim delom oboda, ki ga vstavimo z vrha. (Sl. 25)



slika 25: Razstavljiva ogrodna vez (DeCristoforo, 1997).

2.3.2.4.1 Vezi predelanega lesa

Vezi predelanega lesa so enakega izvora kot pohištvene vezi. Predelan les se navadno izdeluje v velikih ploščah, zato je problematika spajanja zožena na spajanje po obodu. (Kresal, 2000).

Kljub nekaterim prednostim, ki jih imajo različne vrste predelanega lesa, lahko trdimo, da je predelan les manj primeren material za različna medsebojna spajanja z lesnimi vezmi (Rozman, 1997a).

Izjema je vezan les, kjer poznamo celo paleto razstavljivih vezi izdelanih iz vezane plošče. Pri tej vrsti materiala, ki je še najbolj podoben masivnemu lesu, se s pridom izkorišča poleg elastičnosti tudi homogeno strukturo ter enako trdnost v vzdolžni in prečni smeri, zaradi križnega lepljenja listov furnirja pri sami izdelavi vezane plošče.

Razstavljive vezi iz vezane plošče so se bliskovito razvile s pojavom CNC obdelovalne tehnike, saj so največkrat izdelane s pomočjo le te. CNC obdelava nam poleg natančnosti dopušča tudi veliko mero ustvarjalnosti. Zato so največkrat tako izdelani izdelki atraktivni in ekonomični.

Prvi NC stroji so se pojavili v začetku petdesetih let v Združenih državah Amerike.

Glavni razlogi, vodilo in cilji pri razvoju CNC strojev so bili naslednji:

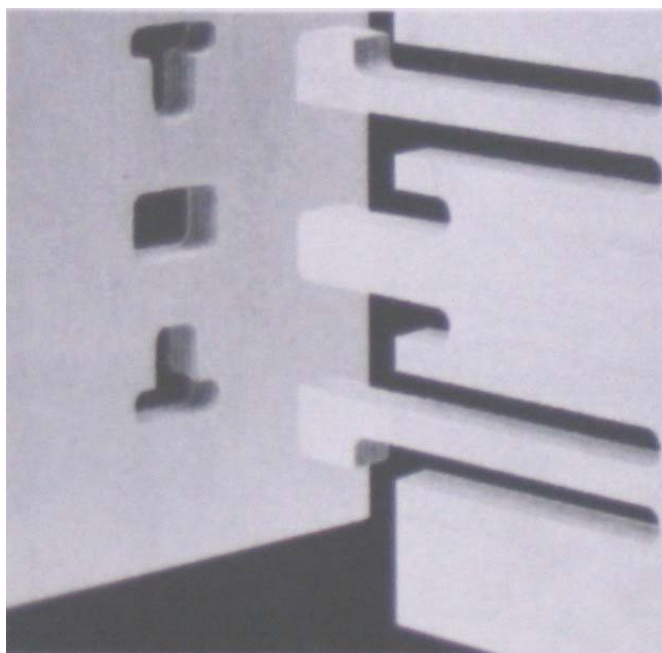
- povečati produktivnost,
- izboljšati kvaliteto in natančnost izdelkov,
- zmanjšati proizvodne stroške,
- izdelava zahtevnih izdelkov, ki jih na drugačen način ne moremo izdelati.

Z razvojem elektrotehnike in še posebej elektronike so se krmilja fizično manjšala, hkrati pa ponujala večje možnosti krmiljenja. Z uvajanjem visoko avtomatiziranih CNC strojev se je krajšal čas izdelave izdelkov in zmanjševali so se proizvodni stroški v maloserijski in srednjeserijski proizvodnji, pa tudi v posamični proizvodnji (Osnove CNC tehnologije ..., 2008).

CNC obdelovalna tehnika ima veliko prednosti in nam omogoča:

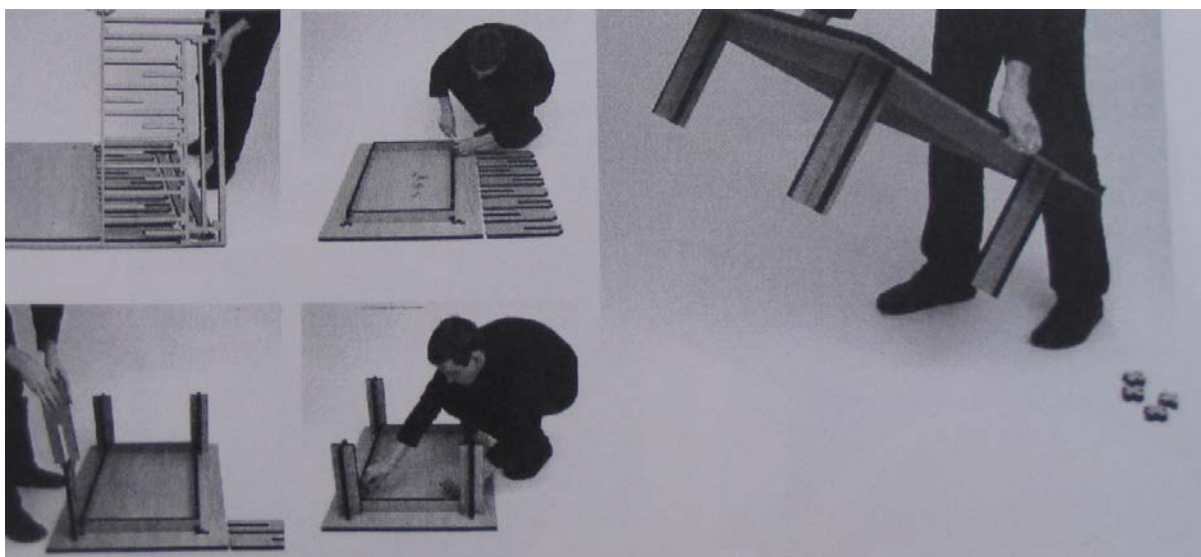
- izboljša kvaliteto ter natančnost obdelave elementov, kar omogoča tesno prileganje elementov ter posledično doseganje boljše stabilnosti ter trdnosti spojev,
- doseganje najrazličnejših oblik spojev, ki so lahko zelo nenavadni ter estetski in bi bili sicer neizvedljivi,
- v celoti nadomesti zamudno in zapleteno ročno delo, ki je zelo drago,
- zaradi hitrejše obdelave se zmanjšajo proizvodni stroški ter poveča produktivnost podjetja.

Na sliki 26 je prikazana vez, ki je izpeljanka iz zagozdne čepne vezi. Tudi to vez lahko razstavimo in zopet sestavimo na zelo enostaven način, kar nam omogočajo elastične karakteristike materiala iz katerega je vez izdelana.

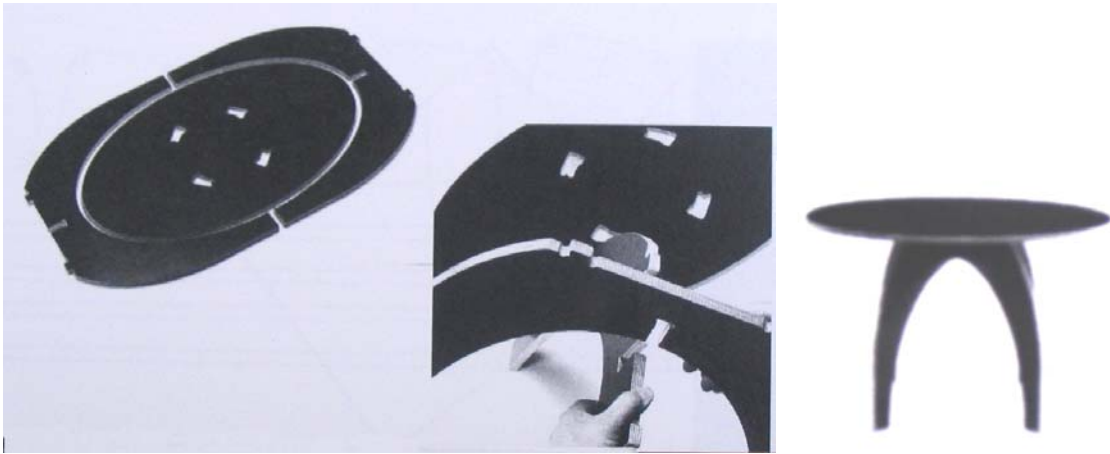


slika 26: Obodna posredna vez (Steffen, 2003).

Tovrstne vezi so največkrat izdelane s pomočjo CNC strojev, katerih obdelava ima celo vrsto prednosti pred obdelavo s klasičnimi stroji. Tovrstna obdelava omogoča tudi optimalen izkoristek materiala brez večjih količin odpadkov. Poleg tega se oblika ostankov tesno prilega formi našega izdelka in jo lahko tako, uporabimo za zaščitno embalažo pri pakiranju razstavljenega izdelka v pakete (Sl. 27 in 28).

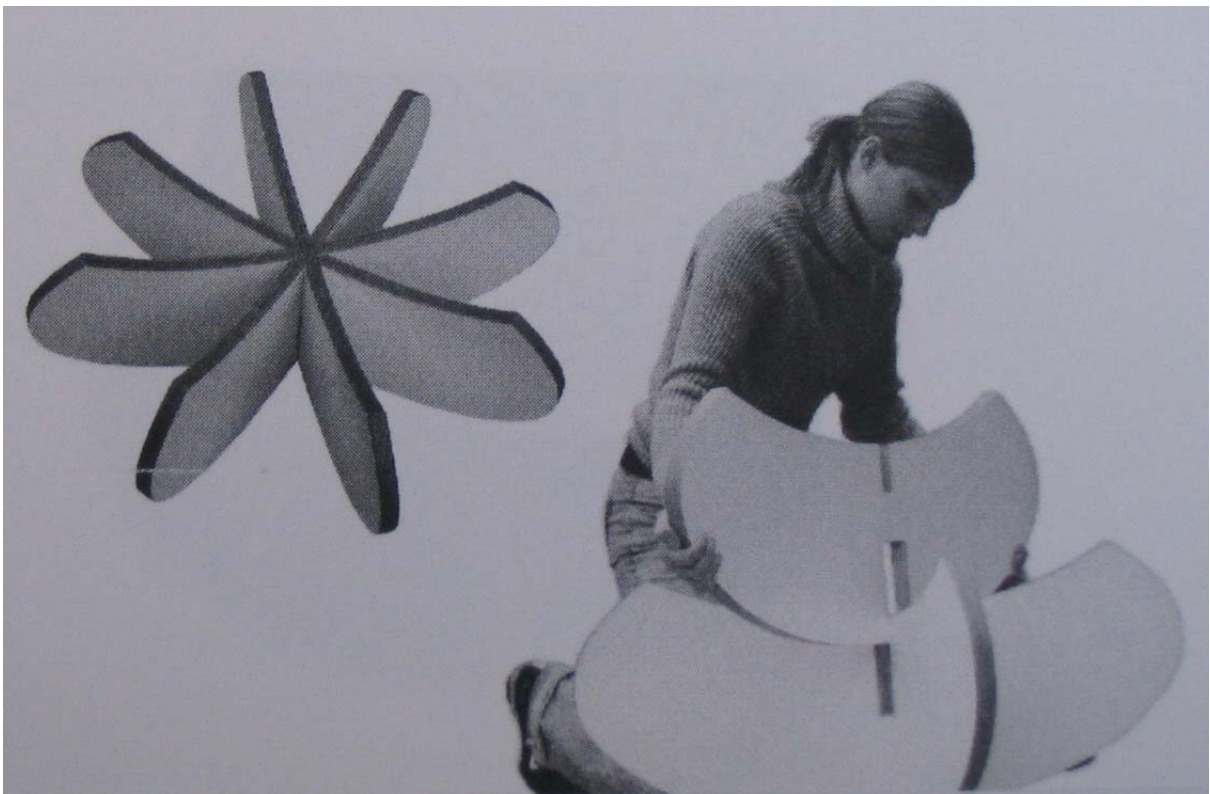


slika 27: Razstavljiva klubska mizica (Steffen, 2003).



slika 28: Razstavljiva klubska mizica iz vezane plošče (Steffen, 2003).

Poleg vezane plošče se za razstavljive lesne vezi uporablja tudi vlaknene plošče (Sl. 29 in 30), ki se prav tako odlično obdeluje z CNC stroji. Zaradi manjše trdnosti in razslojevanja se uporabljajo predvsem debelejšje vlaknene plošče.



slika 29: Ogrodje stolca iz vlaknene plošče (Steffen, 2003).



slika 30: Sodoben stolec iz vlaknene plošče (Steffen, 2003).

3 RAZVOJ LASTNEGA IZDELKA

Cilj diplomske naloge je bil izdelati lasten izdelek z razstavljivo lesno vezjo masivnega lesa, estetskega izgleda, doseženim nivojem mehansko tehničnih zahtev ter ugodno ceno izdelave.

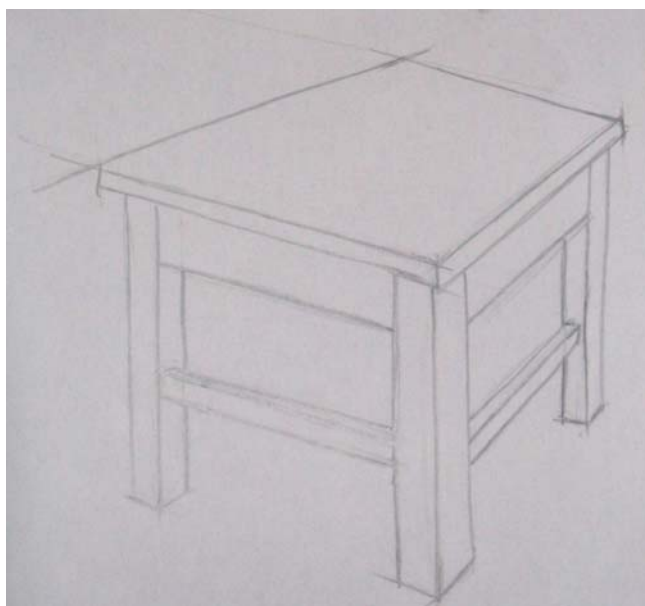
Razstavljive lesne vezi omogočajo večkratno montažo in demontažo, zato so demontirani izdelki enostavnejši za skladiščenje, manipuliranje in manj izpostavljeni poškodbam. Odločili smo se, da izdelamo izdeleka, ki ga dobimo na tržišču največkrat zmontiranega in nam povzroča veliko težav pri transportu in skladiščenju, ker kljub majhni lastni teži zavzame veliko volumna. To je stol.

Stoli spadajo med najbolj in najrazličnejše načine obremenjeno pohištvo. Samo spomnimo se, na koliko različnih načinov se da sedeti na njih. Slabo zasnovana konstrukcija stola in slaba izdelava se hitro pokažeta: stol se razmaje in mogoče celo razpade (Rozman, 1997b). Izdelek katerega bomo izdelali v sklopu naše diplomske naloge bo natančneje, navaden stolec. Stolci so stoli brez hrbtnega naslona. Naše babice so jih imele kot kuhinjske stole. Nižji so bili npr. čevljarski stolci, molzni stolci pa so poznani tudi le z eno nogo. Pručka ali pručica je stolec s straničnima nogama (Rozman, 1997b).

Navaden stolec (Sl. 31) tudi danes največkrat služi kot priložnostni stol, uporablja se tudi kot podnožnik za noge pri počivalniku, kot majhna klubska mizica za odlaganje ter kot podstavek na katerega stopimo za doseganje višje postavljenih predmetov.

Zaradi njegove funkcionalnosti je stolec kot objekt izpostavljen najrazličnejšim vrstam obremenitve, kar nas obvezuje, da izdelamo izdelek, ki bo dovolj trden, kljub temu, da je izdelan iz razstavljivih lesnih vezi. Njegovo estetsko zanimivost bomo dosegli z vidnimi zunanji vezmi, ki bodo izdelane s pomočjo CNC obdelovalne tehnologije.

Končni izdelek (stolec) bo torej sestavljen iz štirih nog, ki bodo povezane z mednožnimi vezniki ter z zgornjim mostiščem na katerega bo pritrjena plošča oz. sedišče.



slika 31: Navaden stolec.

3.1 KRITERIJI ZA RAZVOJ LASTNEGA IZDELKA

Danes je na tržišču zelo pestra ponudba najrazličnejših oblik ter vrst stolcev, zato smo se odločili, da bo naš stolec klasične oblike. Popestrile ga bodo zunanje vidne lesne vezi ter možnost kombiniranja različnih barvnih kombinacij in materialov.

Določili smo kriterije za razvoj lastnega izdelka:

- možnost kombiniranja in menjave elementov,
- dober estetski izgled,
- enostavnost montaže in demontaže elementov,
- enostavno vzdrževanje elementov,
- doseganje ugodne cene,
- prodajna privlačnost,
- prilagodljivost elementov tehnologiji,
- ekološka primernost,
- trdnost,
- stabilnost,

- trajnost,
- funkcionalnost,
- majhne dimenzije v razstavljivem stanju.

Predvidevamo, da bo tak izdelek zanimiv za uporabnika in da zanj obstaja dovolj veliko potencialno tržišče, saj izdelkov s podobnimi rešitvami ni veliko.

4 MATERIAL IN METODA

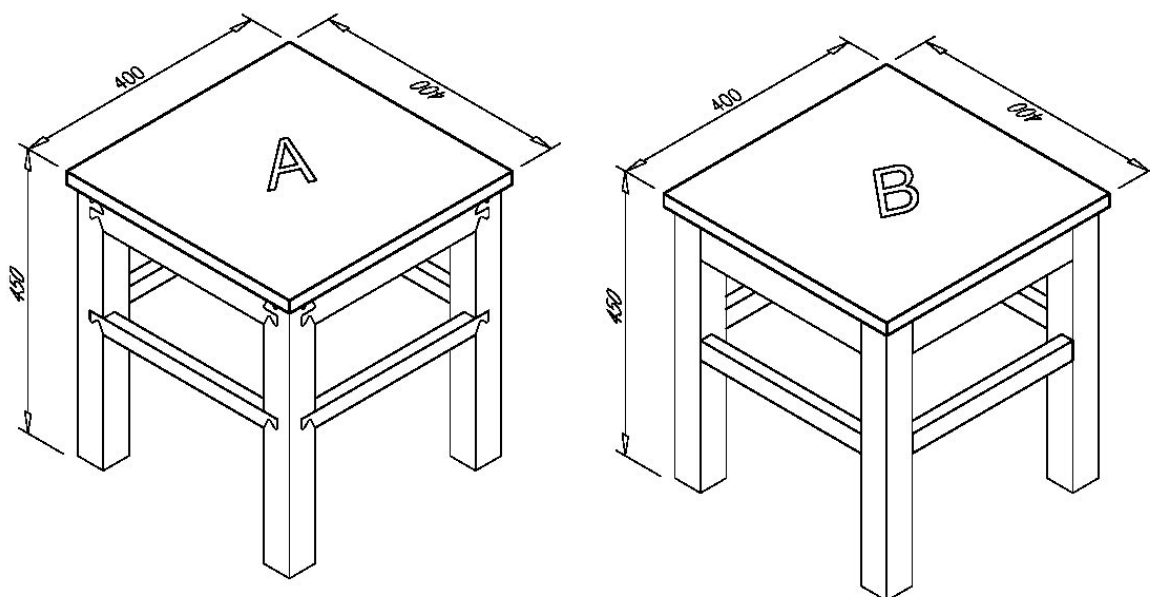
V diplomski nalogi smo hoteli ugotoviti ali je razstavljiva vez, ki smo jo izdelali in vgradili v stolec, dovolj trdna in primerna za uporabo. To smo preverili s testiranjem razstavljivega in nerazstavljivega stolca in tako primerjali dobljene rezultate.

4.1 IZBIRA MATERIALA

Naša izdelka sta bila izdelana iz naravnega lesa bukve prve kvalitete posušen na 8% relativne zračne vlažnosti. Noge, mostišče ter vezniki stolca so nezlepljeni, medtem ko je sedišče širinsko zlepljeno na topi spah. S tem smo dosegli potrebno širino ter dimenzijsko stabilnost.

4.1.1 Izdelava vzorcev

Izdelali smo dva izdelka, ki se razlikujeta le po tipu vezi. En stolec vključuje razstavljive lesne vezi in smo ga poimenovali stolec A, drugi, stolec B pa je izdelan na klasičen način z mozniki. Zunanje dimenzije in nosilna konstrukcija so pri obeh stolcih enake (Sl.32). Tako smo ju lahko kasneje med seboj primerjali z mehansko tehničnega vidika.



slika 32: Zunanje dimenzije stolcev

Pri izdelavi vzorcev smo pazili, da je bil les čim bolj enoten in homogen. Izbrani les bukve smo najprej razrezali na bruto dimenzije ter ga na poravnalnem in debelinskem skobelnem stroju obdelali na dimenzije:

- noge preseka 46x46mm,
- mostišče preseka 60x20mm
- veznike stolca preseka 30x20mm.

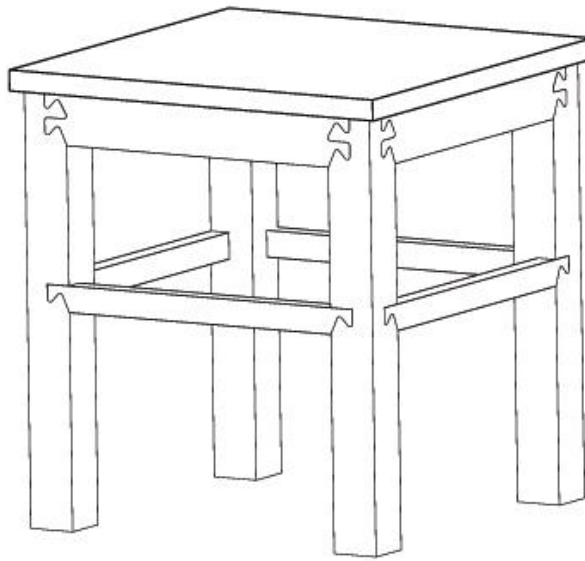
Za sestavo dveh stolcev smo potrebovali po 8 kosov od prejšnjih elementov. Izdelali smo 3 kose več za vsakega, zaradi možnih napak pri nadaljni obdelavi. Tudi dolžina vseh elementov je bila daljša od zahtevane za 60mm.

Les, ki smo ga namenili za ploščo, smo najprej razrezali na bruto dimenzije, ter ga obdelali tako, da ga je bilo mogoče širinsko zlepiti na topi spah. Za lepljenje sedišča na topi spah smo uporabili vodoodporno lepilo Mekol D3 proizvajalca Mitol. Ko je bilo lepilo utrjeno, smo ploščo obrezali na neto dimenzije 400x400mm in na debelinskem skobelnem stroju dosegli debelino 30mm.

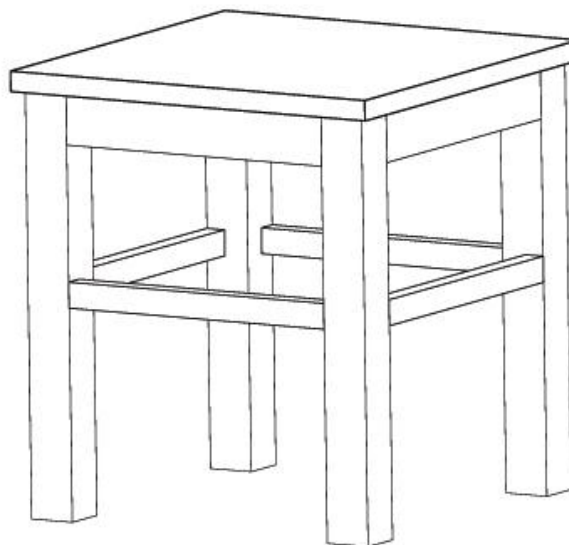
Ko smo imeli elemente obdelane na prave dimenzije, smo jih ločili na elemente:

- razstavljivi stolec A izdelan z razstavljivimi lesnimi vezmi (Sl. 33)
- stolec B izdelan na klasičen način (Sl.34),

saj se proizvodni proces od tu naprej razlikuje.



slika 33: Razstavljivi stolec (stolec A)



slika 34: Klasičen stolec (stolec B)

4.1.2 Izdelava stolca z razstavljivimi lesnimi vezmi

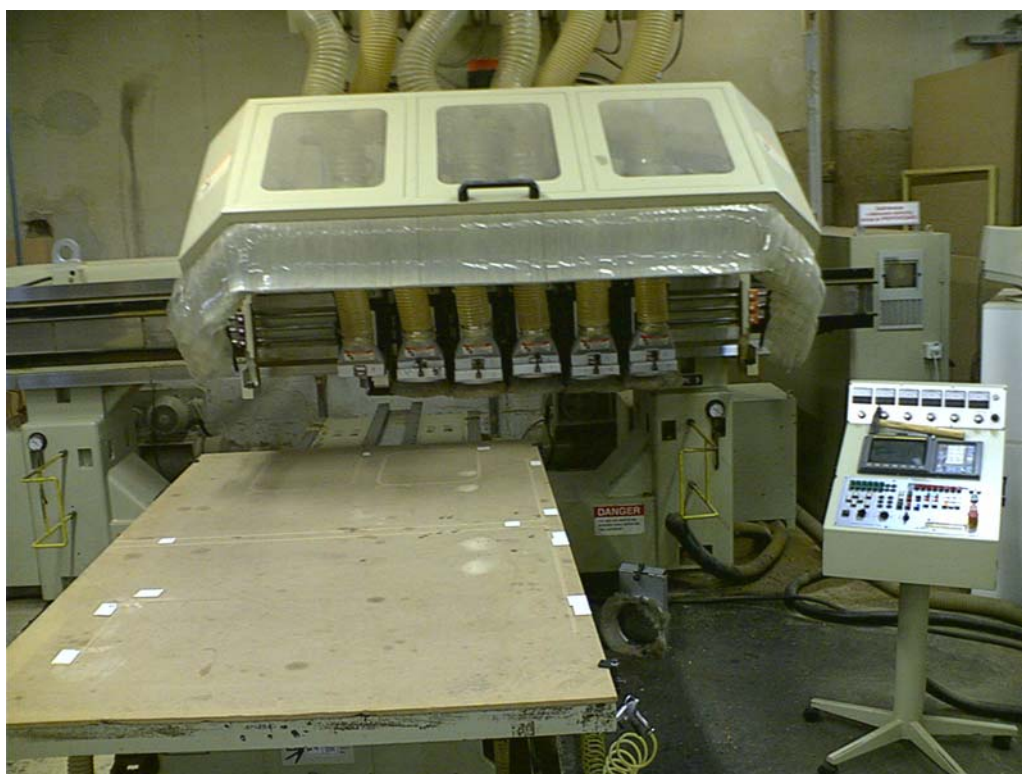
Stolec, ki vsebuje razstavljive lesne vezi je mogoče popolnoma razstaviti in zopet sestaviti brez uporabe orodja. Kljub razstavljivosti je njegova trdnost dovolj velika, le če so vsi

elementi, ki tvorijo stolec pravilno izdelani in sestavljeni. Največji del obremenitev prenaša spoj med nogo in mostiščem ter spoj med nogo in mednožnimi vezniki. Ta spoj je prav poseben tehnološki problem saj poleg zahtevne in natančne obdelave zahteva tudi vez, ki nudi določeno trdnost in je hkrati še dekorativna. Odločili smo se, da jo bomo izdelali s CNC obdelovalno tehnologijo, ki nam poenostavi prej naštete zahteve.

4.1.2.1 Obdelava elementov razstavljivega stolca z CNC tehnologijo

V našem izdelku bodo noge, mostišče ter vezniki stolca zahtevali obdelavo z CNC obdelovalno tehnologijo in tako sestavljeni tvorili razstavljivo vez.

Za izdelavo vezi, ki je vključena v izdelek smo uporabili nadmizni CNC rezkar ANDI (Sl.35).



slika 35: CNC nadmizni rezkar ANDI

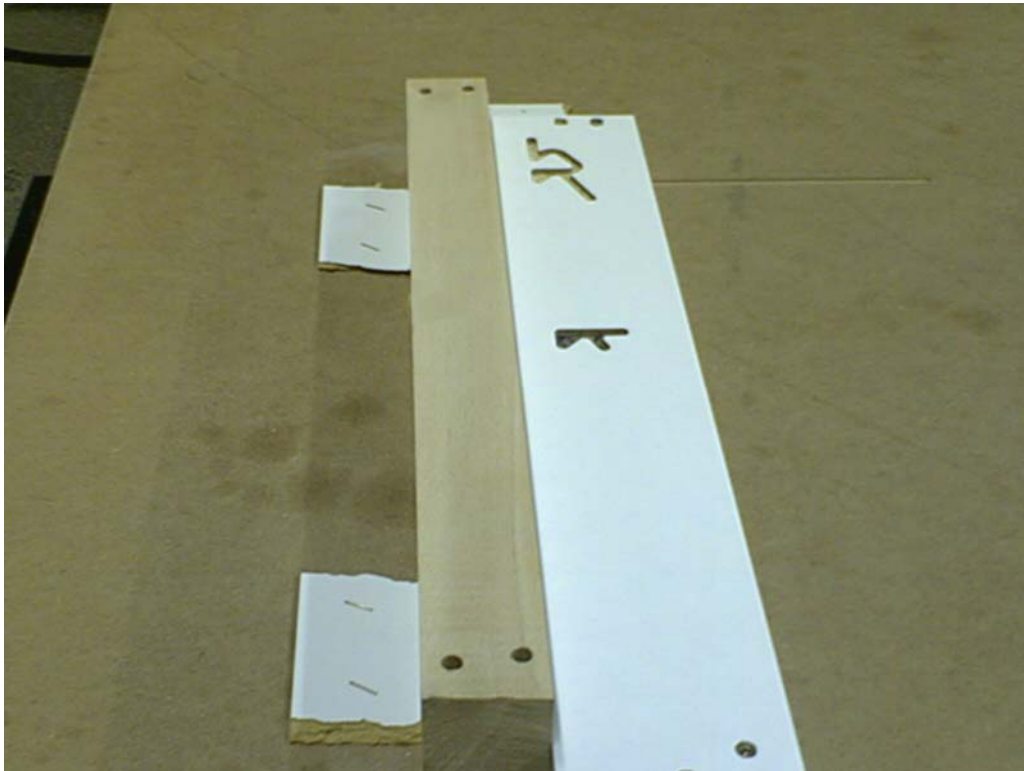
Najprej smo na MDF ploščo, ki je pritrjena na mizi rezkarja, izrezkali šablono in tako dobili bazno točko za naše elemente (Sl.36).



slika 36: Baza za naše elemente

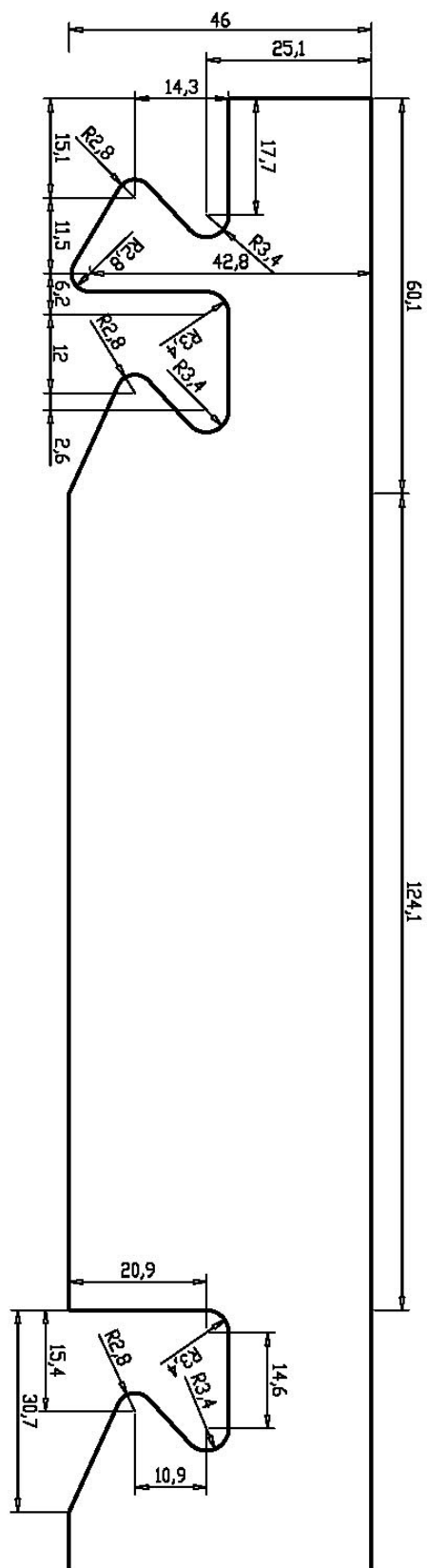
Orodje, ki smo ga uporabili pri izdelavi vezi je bil vidia rezkar s premerom 6mm. Ker nismo imeli na razpolago debelejšega (premer 8mm) smo morali v globino rezkat postopoma po 8mm, da smo tako preprečili nastajanje vibracij. Vibracije bi povzročile netočnost obdelave, katera bi na izdelku kazala netočnost prileganje vezi.

Začeli smo z rezkanjem utora za mostnik in veznik na nogah stolca. Zaradi majhne površine nog, jih vakumska tlačilka ni dovolj pritrdila na mizo. Morali smo v nekoliko daljše elemente izvrtati dve luknji na vsaki strani in jih priviti v mizo rezkarja iz MDF plošče s samoreznimi vijaki. Poleg tega smo k nogi privili še dodatno oporo iz iverne plošče (Sl. 37).

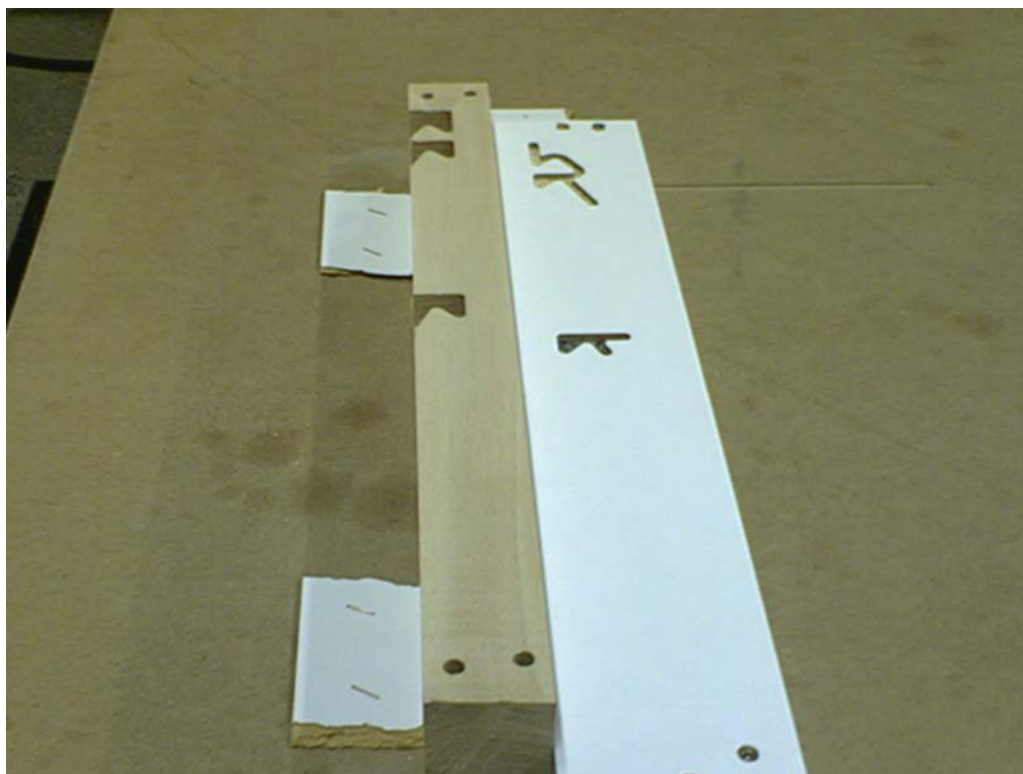


slika 37: Fiksirana noga na MDF ploščo.

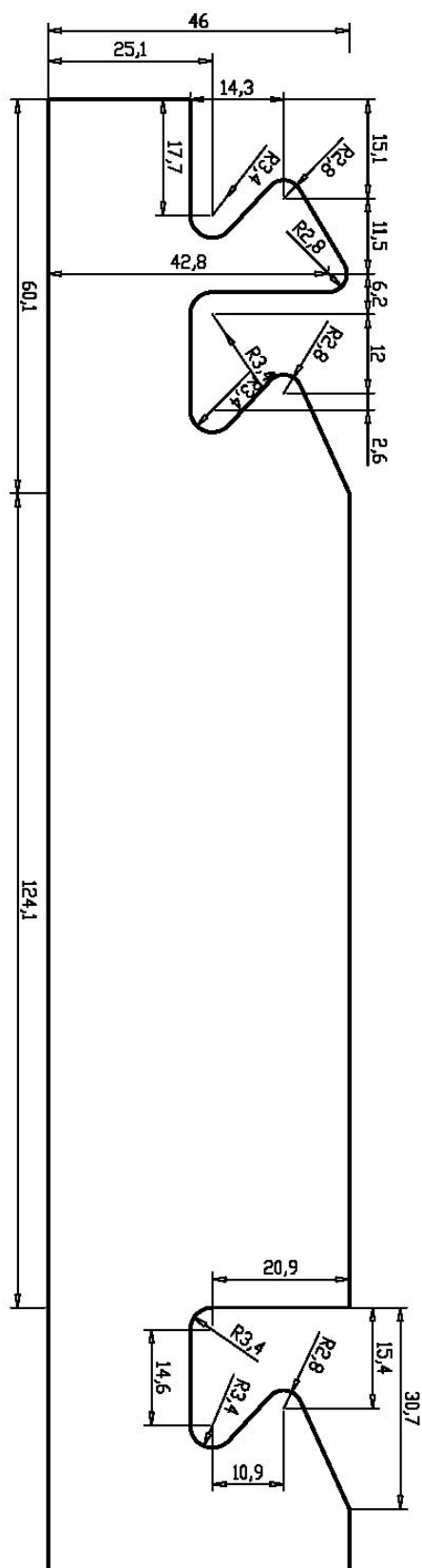
Ko je bil element dovolj trdno pritrjen, smo lahko izrezkali utor za mostnike in veznike. Ker se rezka utor na dveh ploskvah noge je pomembno da rezkamo pravi utor na pravi ploskvi. Poimenovali smo jih levi utor, za tistega, ki je odprt na levo stran (Sl. 38 in 39) in desni utor, za tistega, ki je odprt na desno stran (Sl.40).



slika 38: Levi utor na nogi stolca.

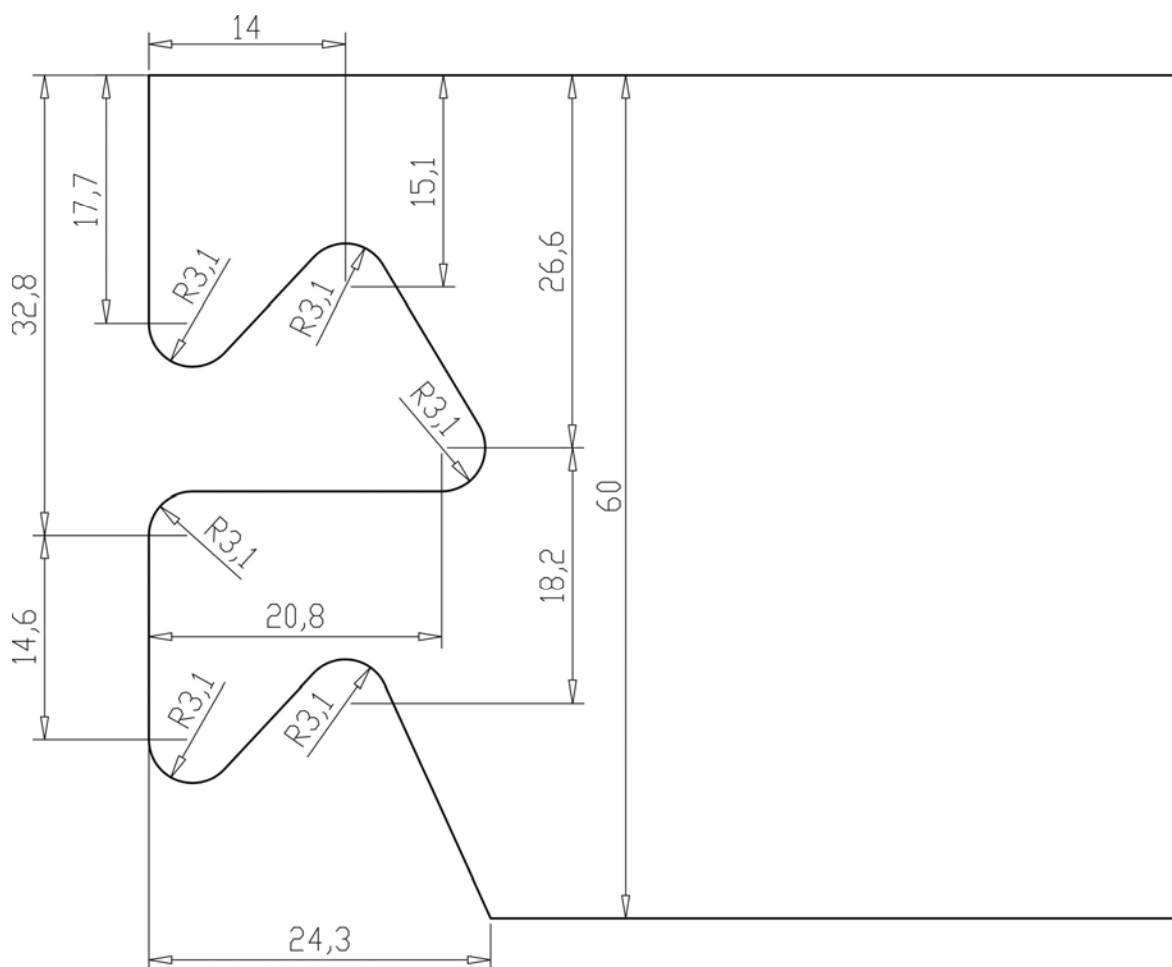


slika 39: Izreskan levi utor na nogi stolca.



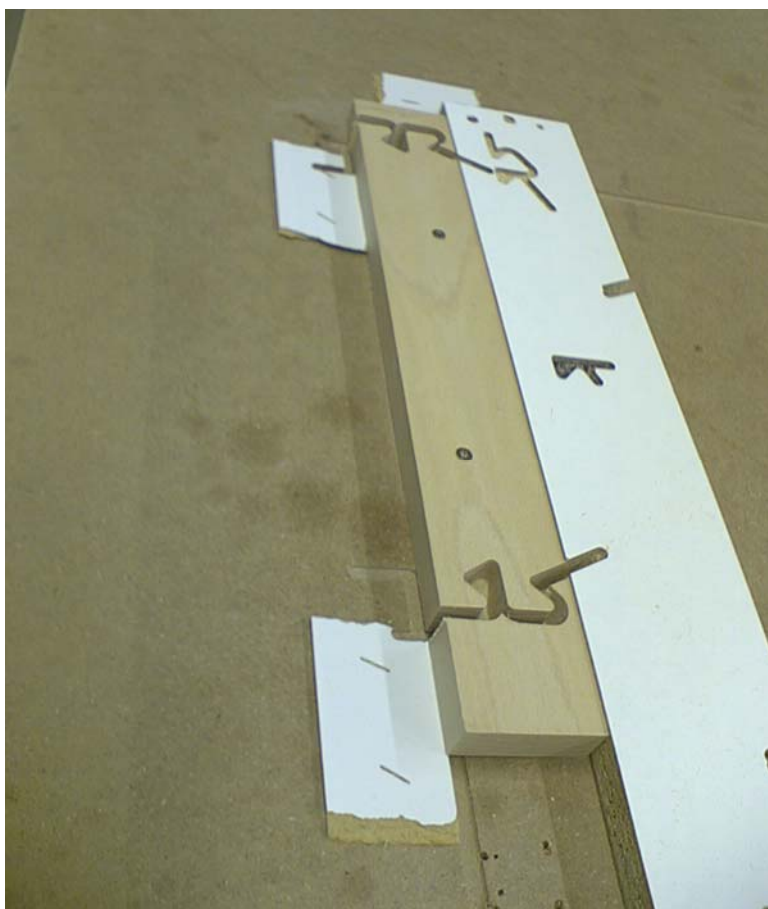
slika 40: Desni utor na nogi stolca.

Ko smo izreskali utore na nogah, smo na mizo prav tako z vijaki, pritrdili mostnik stolca. Na mostniku smo izreskali obliko čepa, ki se ujema z obliko utora, kateri je bil izreskan na nogah. Pri čepnih vezeh je razlika med utorom in peresom 0,2mm, s tem je omogočeno tesno ujemanje. Z enako razliko smo tudi mi izreskali manjši čep na mostniku, vendar se je izkazalo, da je ujemanje pretesno in tako razstavljivost nemogoča. Najprej smo povečali razliko na 0,25mm, ampak je bilo ujemanje še vedno pretesno. Končna razlika je bila 0,3mm (Sl.41).



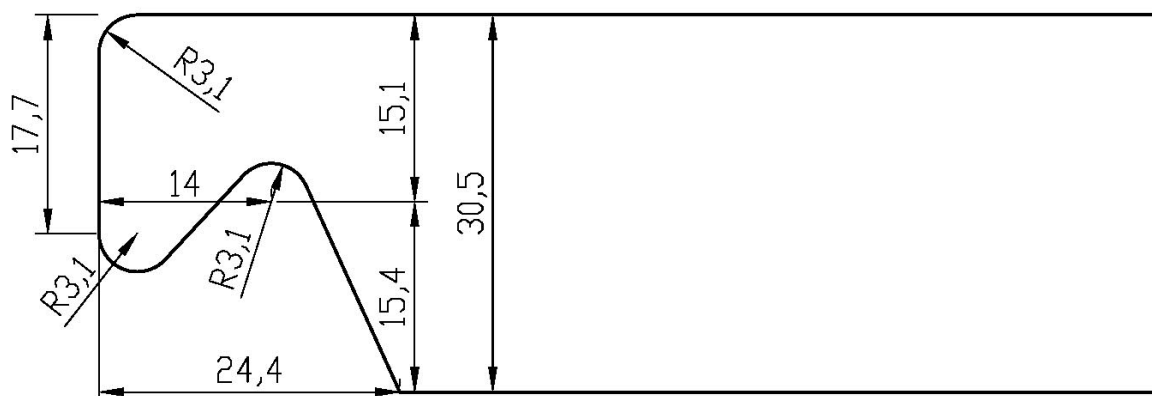
slika 41: Mostnik stolca

Ko je bil izreskan mostnik je bil hkrati že odrezan na pravo dolžino, in sicer 336mm (Sl.42).



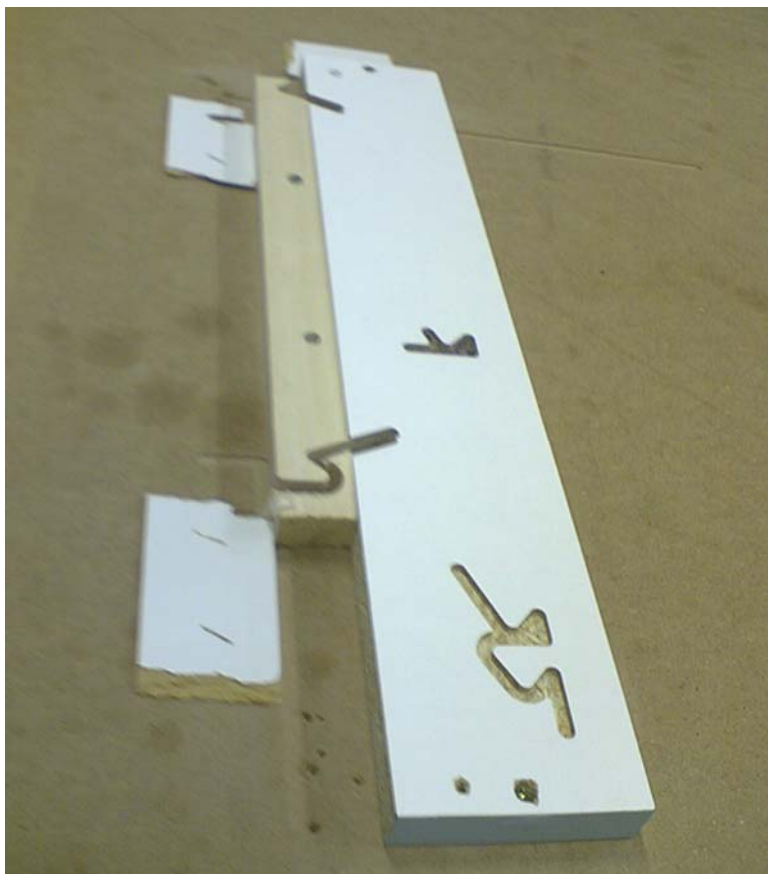
slika 42: Izreskan mostnik stolca

Zadnji element našega stolca, ki zahteva CNC obdelavo je veznik. Ker je veznik manjšega preseka kot mostnik, smo na njemu izreskali samo enojni čep s prav takšno razliko (0,3mm) (Sl.43).



slika 43: Veznik stolca

Tudi veznik smo pritrdili na mizo z dvema vijakoma. Po končani obdelavi je imel končno dolžino 336mm (Sl. 44)

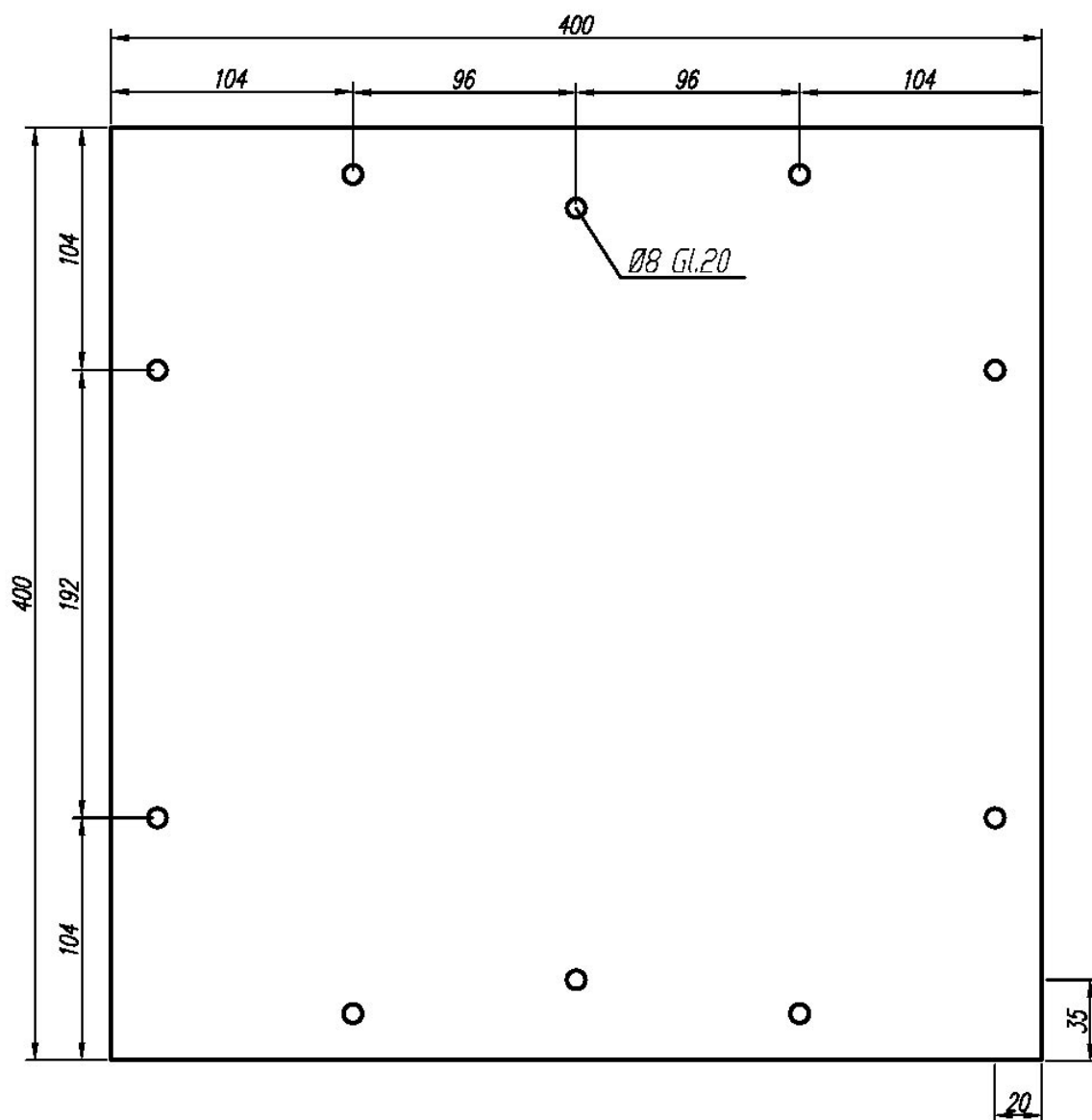


slika 44: Izreskan veznik stolca

4.1.2.2 Klasična obdelava elementov razstavljivega stolca

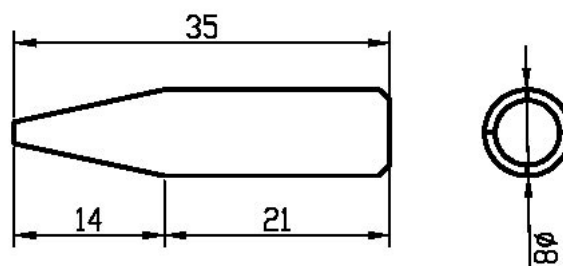
Tudi razstavljiv stolec vsebuje elemente, ki zahtevajo klasično strojno obdelavo.

Na spodnji strani sedišča stolca je bilo potrebno izvrtati luknje premera 8mm globine 20mm za ošiljene moznike, ki preprečujejo izpadanje mostnikov ter luknje za dva zatiča, ki pritrdita sedišče na mostišče (Sl.45).

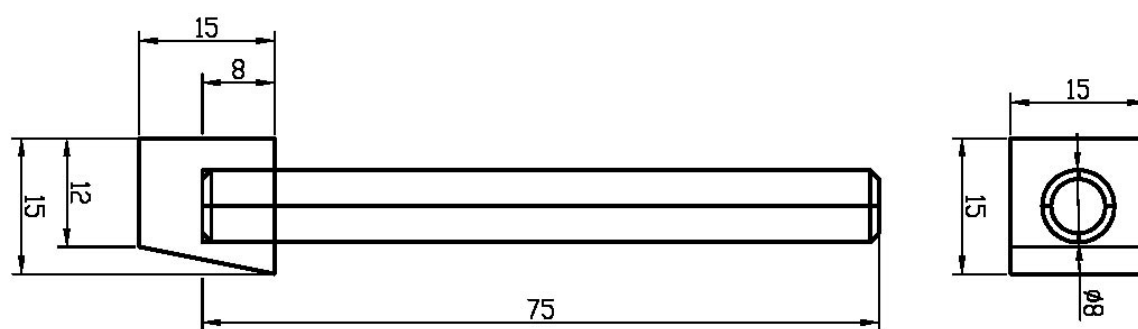


slika 45: Izvrtine za moznike in zatiča.

Za ošiljene moznike smo uporabili moznik debeline 8mm dolžine 35mm, katerega smo ošilili (Sl. 46). Za zatič smo uporabili okroglo palico debeline 8mm in dolžine 75mm, na katero smo zalepili lesen zatič (Sl. 47).

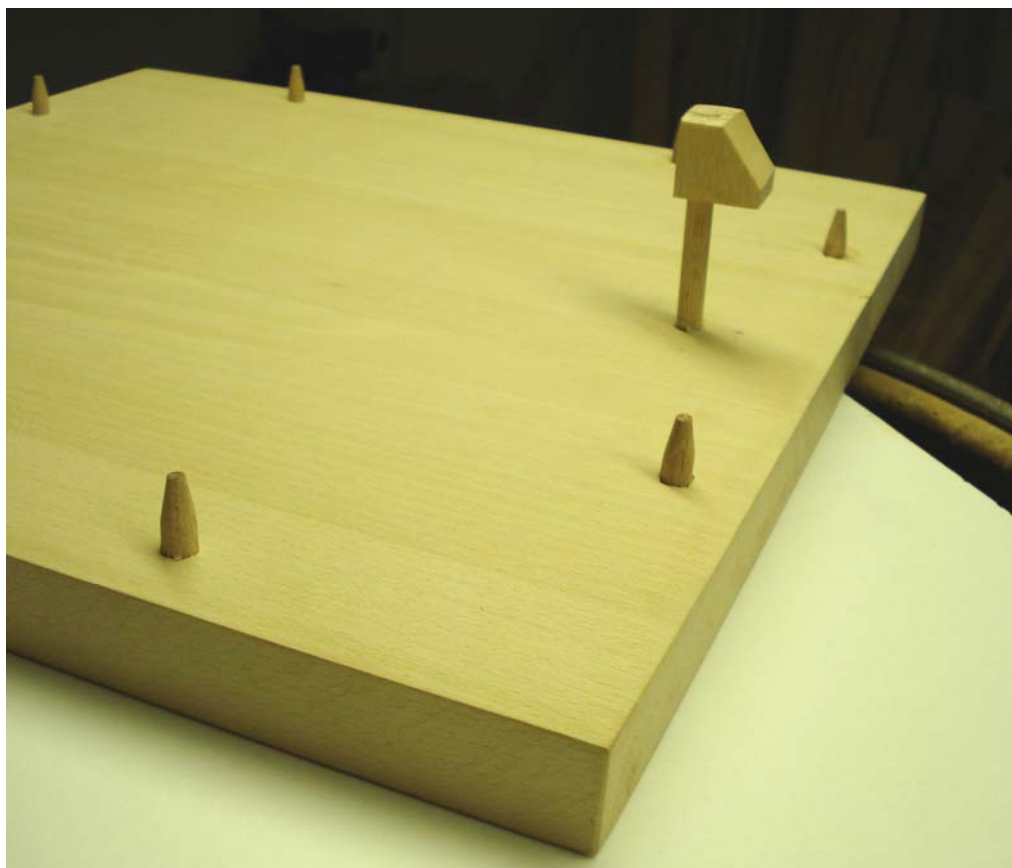


slika 46: Ošiljen moznik.



slika 47: Zatič.

Ko smo imeli pripravljene zatiče in ošiljene moznike, smo jih lahko zalepili na ploščo stolca (Sl. 48). Za lepljenje smo uporabili vodoodporno lepilo Mekol D3 proizvajalca Mitol.

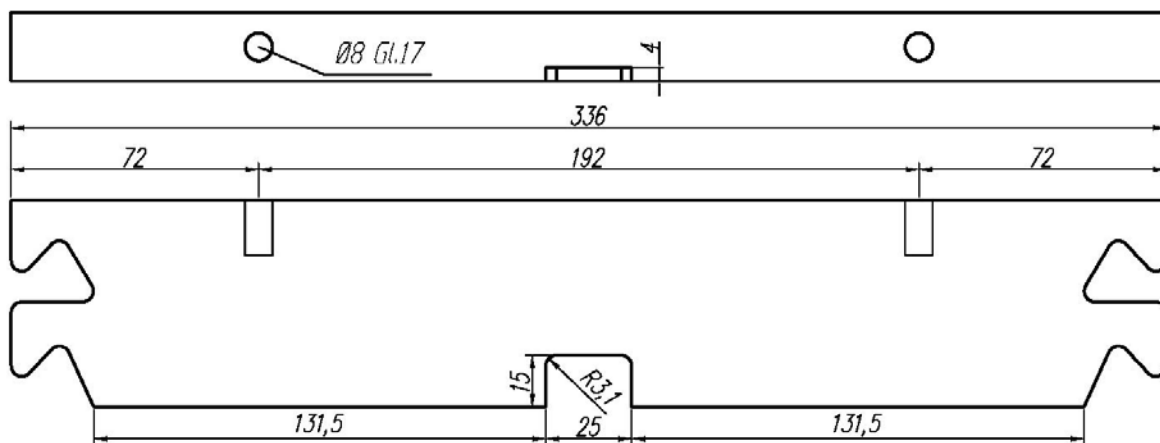


slika 48: Ošiljeni mozniki in zatiča zalepljeni na plošči stolca.

4.1.2.3 Klasična obdelava elementov po končani CNC obdelavi

Tudi na elementih, katere smo že obdelovali z CNC tehnologijo, je bilo potrebno izvesti določen del klasične obdelave.

Na mostnikih je bilo potrebno izvrtati luknje za ošiljene moznike, ki so pritrjeni na sedišču stolca in preprečujejo njihovo izpadanje. Samo na dveh je bilo potrebno na notranji strani z ročnim rezkarjem izrezkat utor globine 4 mm, ki je služil kot zatična površina zatiču prilepljenemu na sedišču stolca (Sl.48 in 49).



slika 49: Izvrtine in utor na mostniku.

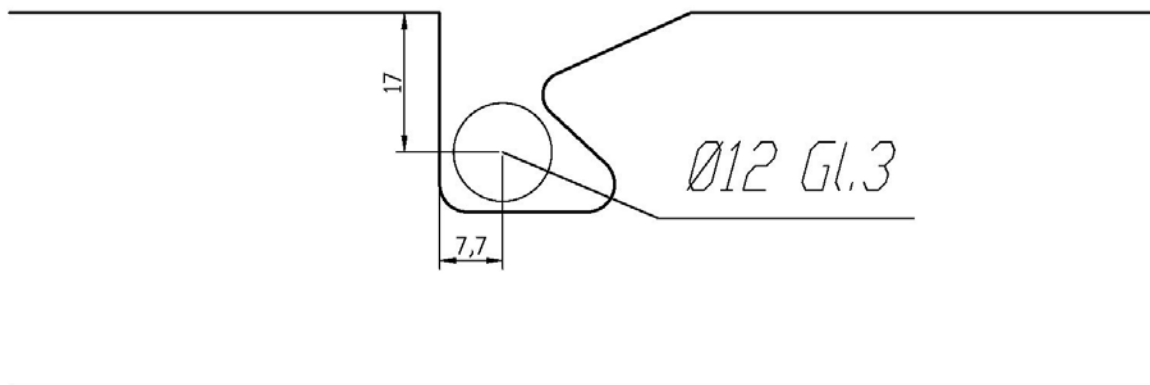


slika 50: Izreskan utor ter izvrtane luknje na mostniku

Noge stolca smo najprej odrezali na potrebno dolžino 420mm in s tem izrezali stran prevrtan del, ki nam je služil za pritrditev noge na mizo rezkarja. Veliko težav nam je povzročalo izpadanje veznika iz noge, saj ga ni bilo mogoče utrditi, ne da bi pokvarili estetski izgled stolca. Po dolgem razmisleku smo se odločili za uporabo dveh ne lesnih

materialov in tako rešili problem. Izpadanje veznika iz noge smo rešili z vgradnjo magneta ter kovinskega vijaka.

Na nogah je bilo potrebno izvrtati v vsak utor za veznike še eno luknjo, premera 12mm, v katero smo vstavili magnete premera 12mm in debeline 3mm (Sl.51 in 52).

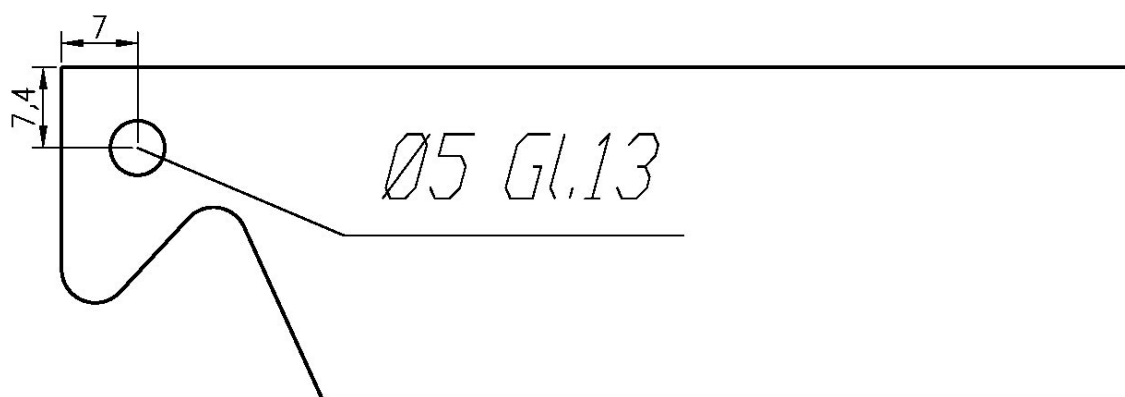


slika 51: Detajl vrtanja za magnet.



slika 52: Vstavljen magnet v utor za veznik

Na veznike smo izvrtali luknje premera 5mm in globine 13mm za kovinske vijake. Odločili smo se za vgradnjo vijakov, ker je s privijanjem ali odvijanjem mogoče uravnati ujemanje z magnetom (Sl.53 in 54).



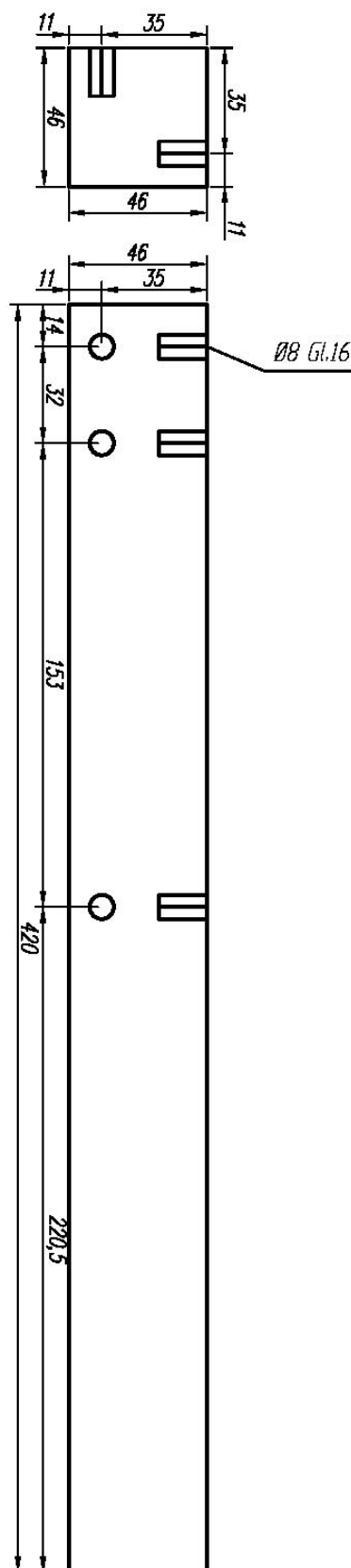
slika 53: Detajl vrtanja za vijak.



slika 54: Vijak na vezniku

4.1.3 Izdelava klasičnega stolca

Klasični stolec, je tehnološko mnogo preprostejša izdelava, saj je nerazstavljiv in tako lahko v celoti izdelan na klasičen način. Odločili smo se, da vse spoje izvedemo z moznično vezjo z dodanim lepilom. Noge stolca smo najprej odrezali na dolžino 420mm in z mozničnim strojem izvrtali luknje premera 8mm in globine 16mm za mostnike in veznike(Sl. 55).



slika 55: Izvrtine za moznike in veznike.



slika 58: Spajanje nog z mostniki in vezniki

4.2 TESTIRANJE VZORCEV

Testiranje je potekalo v laboratoriju za preizkušanje pohištva na Biotehniški fakulteti, na oddelku za lesarstvo. Izdelka smo testirali po standardu SIST EN 1728:02. Standard SIST EN 1728:02 ki ima 14 kategorij. Izbrali smo kategorijo 6.12, katera simulira obremenitve, ki se največkrat pojavijo pri uporabi stolca.

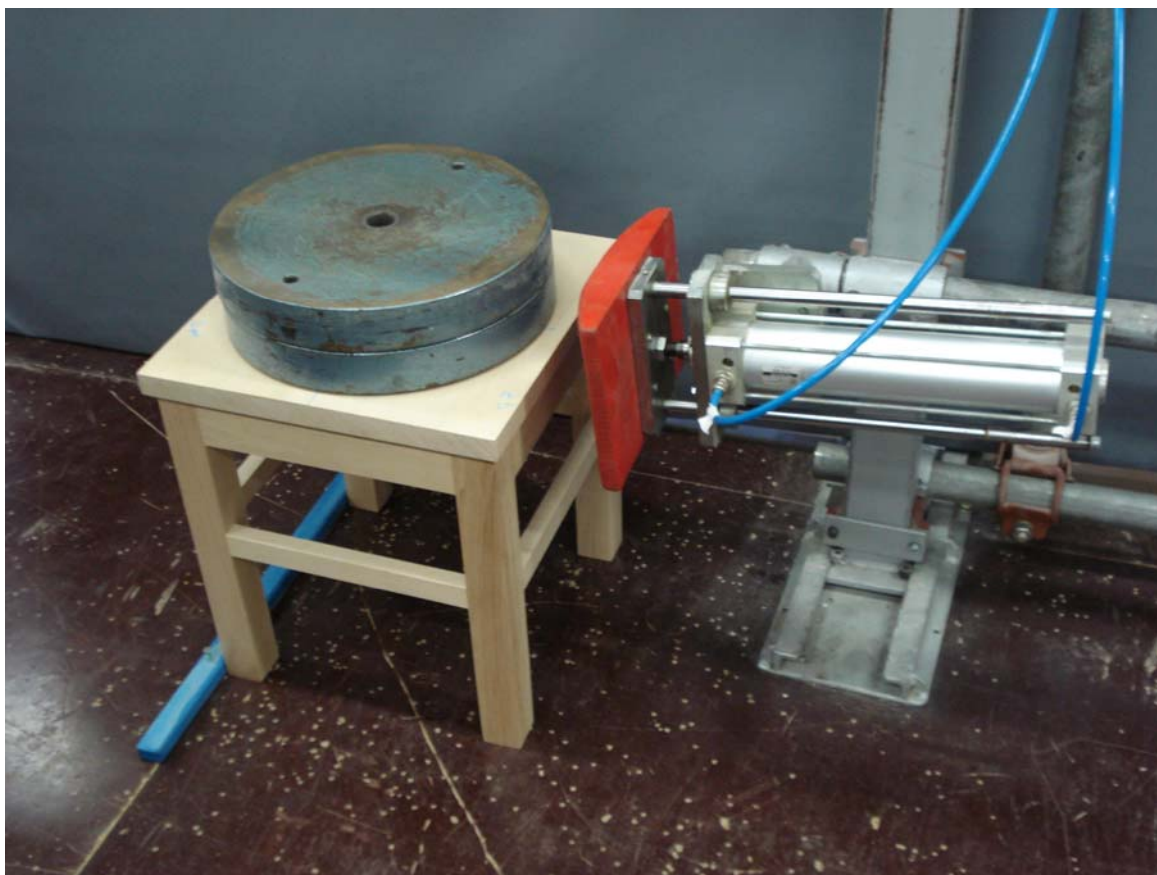
Po standardu se te obremenitve simulira tako, kot je prikazano na sliki 59. Z leseno letvico smo utrdili dve nogi preizkušanca. Na sedišče smo postavili utež ali pritiskali s silo 500N, ter desetkrat pritiskali na sprednji rob z max. silo 500N. Na preizkušane pritiskamo s pnevmatskim batom, ki ima na koncu leseno oblikovano pritisno telo. Standard nam dopušča, da pritiskamo na rob tudi nekoliko navzdol in tako preprečimo prevrnitev preizkušanca.



slika 59: Testiranje po standardu SIST EN 1728:02

4.2.1 Testiranje klasičnega stolca

Najprej smo testu izpostavili klasičen - nerazstavljiv stolec. Postavili smo ga na lesena tla, v katera smo privili leseno letev, ki je služila kot ovira. Na sedišču smo s črtami označili center ter usmerjenost sedišča z oznakama ZG in SP. Na označeno mesto smo postavili dve uteži skupne mase 70kg. Dvigovanje stolca smo preprečili tako, da smo prednjemu robu označenemu z oznako ZG, postavili prtisni bat in ga usmerili navzdol za 10° (Sl. 60).



slika 60: Testiranje klasičnega - nerazstavljivega stolca

4.2.2 Testiranje razstavljivega stolca

Popolnoma enak postopek testiranja smo izvedli tudi pri razstavljivem stolcu. Ker pa ima razstavljiv stolec zatiče, ki uterjujejo sedišče na mostišče samo na dveh straneh, smo sklepali da njegova trdnost ni enaka v obeh smereh. Na sedišču stolca smo označili še drugo smer postavitve. Tako smo poleg usmerjenosti ZG – SP, označili še usmerjenost L – D in tako preverjali statično obremenitev prednjih nog.



slika 61: Testiranje razstavljivega stolca

S testiranjem po točki 6.12 statična obremenitev prednjih nog smo preizkušali trdnost obeh stolcev. Zanimala nas je še trajnost takega izdelka, vendar standard SIST EN 1728:02 za take vrste izdelka nima predpisanega postopka. Poslužili smo se modifikacije samega standarda v točki 6.7. V tej točki standard opisuje preizkušanje trajnosti sedeža in hrbtnega naslona. S tem testom smo želeli ugotoviti trajnost razstavljive vezi, saj standard v tej točki simulira pogoje, ki bi se največkrat pojavili pri njegovi uporabi. Razstavljiv stolec smo postavili z robom ob pritiski bat, na sedišče postavili utež mase 100kg, ter privili zaustavljajno letev pod noge. Tako smo lahko začeli pritiskati na sprednji rob s silo 500N. Ciklus ponovitev smo izvedli v dveh delih, v vsakem po 10000 ponovitev. Frekvenca pritiskanja na rob je bila 18 ciklov na minuto. Po prvih 10000 ponovitvah smo temeljito pregledali stolec in označili vidne spremembe.

5 REZULTATI

5.1 REZULTATI PREIZKUŠANJA STATIČNE OBREMENITVE PREDNJIH NOG

Po desetih ciklikih obremenitvah je klasičen stolec ostal brez vidnih sprememb. Zaradi popolne simetričnosti stolca, smo se odločili da ga ni potrebno obrniti še za 90 stopinj in ga obremeniti še na drugem robu. Tako smo prišli do ugotovitve, da nerazstavljiv stolec ustreza standardu v točki 6.12.

Med ciklusom obremenjevanja so se pri razstavljivem stolcu začele pojavljati konične reže med mostnikom postavljenim vzporedno s pritisknim batom in nogo, ki so se ob sprostitvi pritisknega bata izničile. (Sl. 62). Iste spremembe so se pojavile tudi, ko smo pritiskali na drugi rob. Kljub tem spremembam, ki so se pojavile med samim ciklusom je trdnost stolca zadovoljiva. Tudi razstavljivi stolec ustreza zahtevam standarda.



slika 62: Konične reže.

5.2 REZULTATI PREIZKUŠANJA TRAJNOSTI

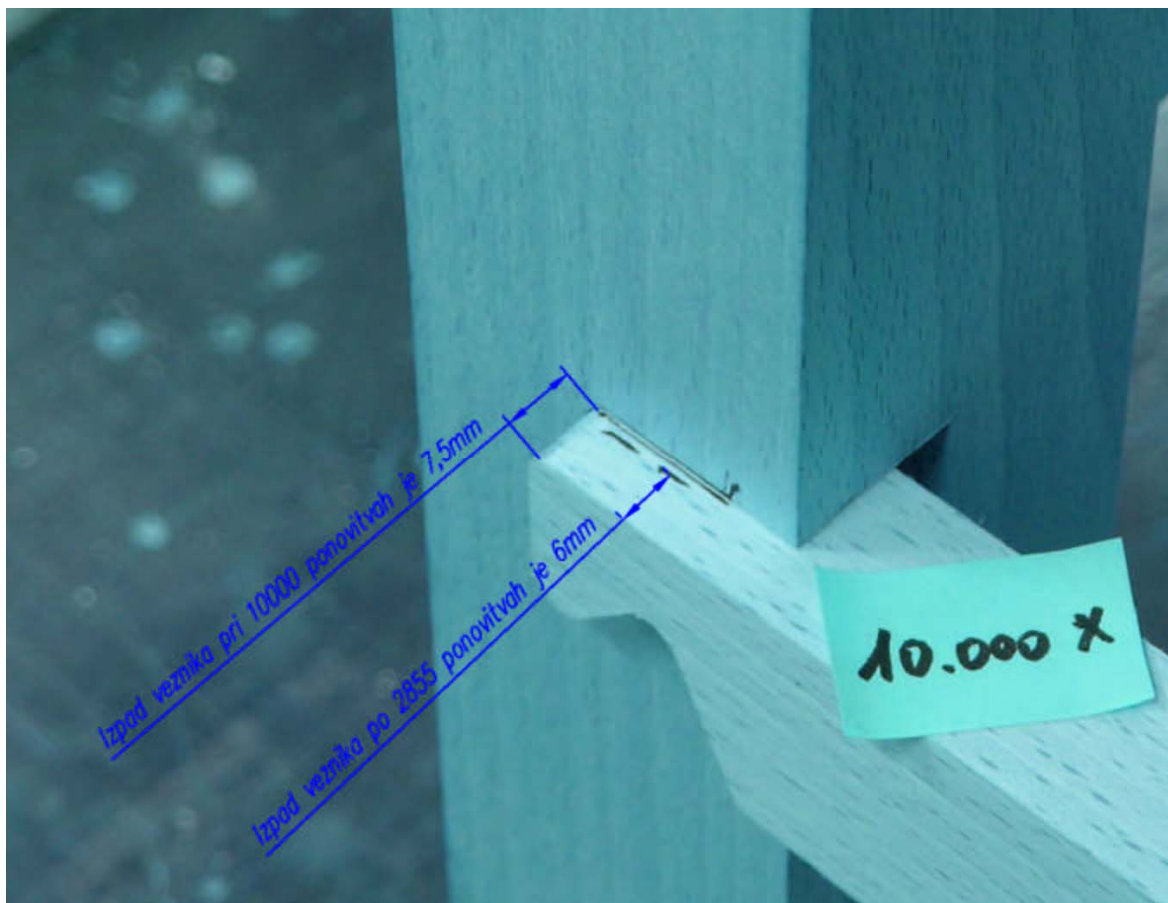
Nerazstavljiv stolec je po pričakovanjih opravil preizkušanje trajnosti brez sprememb. Preizkušanje ni vplivalo na njegovo trdnost in niti na njegov izgled.

Med preizkušanjem trajnosti razstavljivega stolca so se, ob pritisku na rob, pojavile enake razpoke, kot pri preizkušanju trdnosti. Med ciklusom ponovitev smo opazili počasno lezenje navzven enega od veznikov, vendar samo na eni strani, kot je vidno na sliki 63.



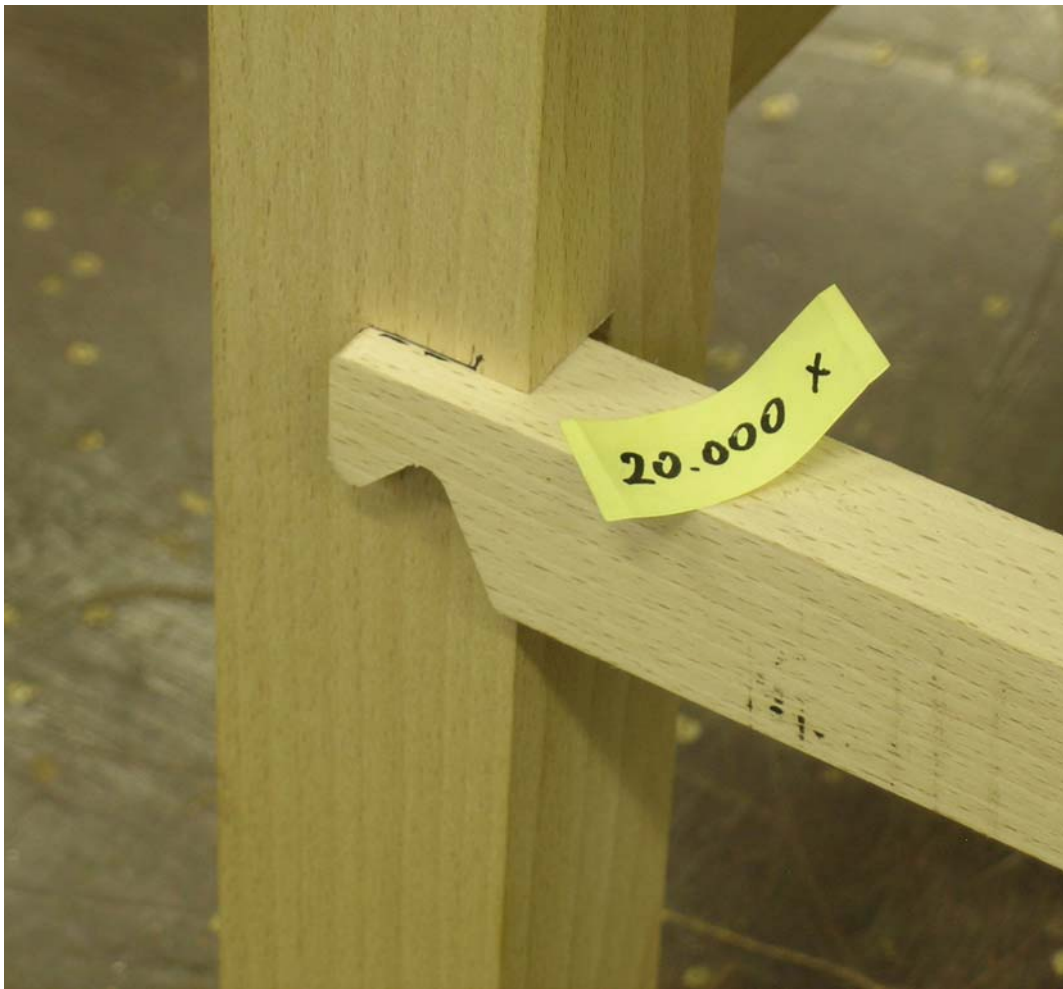
slika 63: Počasno izpadanje veznika med ciklusom ponovitev.

Po 2855 ponovitvah je bil izpad 6mm. Po 10000 ponovitvah pa 7,5mm (Sl. 64)



slika 64: Izpad veznika pri 2855 in 10000 ponovitvah.

Izpadli veznik smo po prvih 10000 ponovitvah, pritisnili nazaj na prvotno mesto in opazovali kaj se bo zgodilo pri ponovnem obremenjevanju. Ob zaključku ponovnih 10000 ponovitvah, se je isti veznik ponovno pomaknil navzven za 6mm (Sl. 65).



slika 65: Izpad veznika pri 20000 ponovitvah.

Po končanem preizkušanju trajnosti, je stolec kljub izpadajočemu vezniku obdržal vse svoje lastnosti in s tem zadovoljil pogoje standarda.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

Stoli in solci z nizko lastno maso zavzemajo zelo veliko volumna pri transportu in skladiščenju. Zato smo razvili stolec, ki je razstavljiv, a kljub temu dovolj trden. Poleg tega smo z vgradnjo vidnih razstavljivih vezi, izdelanih z CNC tehnologijo, zagotovili svojevrsten estetski izgled stolca.

Uporabili smo les bukovine, ki je dober za obdelavo. Les bukovine je zelo občutljiv na vlago in se zaradi njenega delovanja pojavijo razlike v ohlapnosti ali tesnjenju spojev v razstavljivi vezi. Zaradi tega, bi bilo bolje uporabiti les javora ali jesena, ki sta mnogo manj občutljiva. Dodatno dimenzijsko stabilnost ali zmanjšanje higroskopičnih lastnosti lesa, bi lahko dosegli z lakiranjem površine.

Izdelava razstavljive vezi z uporabo CNC tehnologije je bila enostavna. CNC tehnologija nam poleg izjemne natančnosti obdelave omogoča izvedbo sicer nemogočih oblik. Uporabimo jo lahko za izdelavo dekorativnih lesnih vezi, s čimer izboljšamo estetski izgled izdelka.

Sestavljanje in razstavljanje stolca nam otežuje lesen zatič, ki utrjuje sedišče z mostiščem, in je izdelan iz okrogle palice premera 8mm. Izkazalo se je, da je okrogla palica preveč toga in je posledično sestavljivost in razstavljivost stolca otežena. Okroglo palico bi lahko nadomestili s palico pravokotnega preseka 15x4mm, ki bi jo bilo lažje upogniti v želeno smer.

Ob preizkušanju trajnosti se je eden od veznikov pomaknil za približno 6mm navzven. Vendar samo na eni nogi, kjer je bila mogoče nekoliko koničasto izdelana vez ali pa vijak ni imel dobrega stika z magnetom. Ob izpadu celotnega veznika iz noge bi bila resno ogrožena trdnost stolca. Namesto vijaka na vezniku, bi bilo bolje uporabiti premično kovinsko ploščico, ki bi se samodejno poravnala z magnetom in tako zagotovila optimalen prijem. Možna rešitev bi bila tudi, da bi nadomestili magnet ter vijak s tekstilnim "ježkom", ki bi verjetno preprečil izpadanje veznika.

Sklepi diplomske naloge so torej sledeči:

- stolec z uporabljeno razstavljivo lesno vezjo je dovolj trden in trajen za uporabo,
- razstavljen zavzema zelo malo prostora,
- zadovolji estetske zahteve in je
- enostaven za montažo in demontažo.

7 POVZETEK

V prvem delu diplomskega dela smo opravili pregled znanih razstavljivih lesnih vezi. Pregled je vključeval samo razstavljive lesne vezi, katere ne vsebujejo nelesnih elementov.

V drugem delu diplomskega dela smo se osredotočili na razvoj lastne razstavljive lesne vezi, ki smo jo vgradili v uporaben izdelek. Odločili smo se za stolec! Stolec prav tako, kot ostali stoli zavzema zelo veliko prostornine med transportom in skladiščenjem. Ta problem smo vzeli kot izhodiščno točko in izdelali razstavljiv stolec, ki vsebuje razstavljive lesne vezi. Zaradi testiranja smo izdelali tudi dimenzijsko popolnoma enak stolec, ki je nerazstavljiv in izdelan na klasičen način z lepljenimi mozniki.

V tretjem delu diplomskega dela smo testirali oba stolca po standardu SIST EN 1728:02 . Najprej smo preizkušali trdnost. Ker sta oba stolca ustrezala zahtevam standarda, ki so predpisane za trdnost, smo ju izpostavili še preizkusu trajnosti. Po opravljenem testu trajnosti, sta oba stolca obdržala vse karakteristike in s tem zadovoljila pogoje standarda.

Med testiranjem so se pokazale določene pomanjkljivosti na razstavljivem stolcu. Odpravo teh smo predlagali v zadnjem delu diplomskega dela.

8 VIRI

- 1 DeCristoforo R. J. 1997. The complete book of wood joinery. New York, Sterling, cop.: 308 str.
- 2 Dekleva R. 1976. Tesarstvo za vsakogar. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 86 str.
- 3 Gerner M. 2000. Entwicklung der Holzverbindungen. Forschungs- und Untersuchungsergebnisse. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag: 132 str.
- 4 Graubner W. 1998. Encyclopedia of wood joints. 3rd printing. Newtown, The Taunton Press: 151 str.
- 5 Kresal J. 2000. Gradiva v arhitekturi. učbenik za arhitekte. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 187 str.
- 6 Osnove CNC tehnologije. Razvoj računalniško vodenih obdelovalnih strojev
www.sts.si/arhiv/cncpro/osnovecnc.htm (18.feb.2008)
- 7 Kitek Kuzman M. 2001. Razvoj obrti tesarskih lesenih zvez.
www2.arnes.si/aa/2001/kite01cl.html (18.feb.2008)
- 8 Rozman V. 1997a. Konstrukcije. 2. Konstrukcijski elementi. 5. popravljeni natis. Ljubljana, Lesarska založba: 166str.
- 9 Rozman V. 1997b. Konstrukcije. 3. Konstrukcije izdelkov. 6. natis. Ljubljana, Lesarska založba: 328 str.

- 10 SIST EN 1728:2002. Pohištvo za domačo uporabo - Sedežno pohištvo – Preskusne metode za ugotavljanje trdnosti in trajnosti. *Domestic furniture - Seating – Test methods for the determination of strength and durability*. 2002: 31str.
- 11 Steffen D. 2003. C-Moebel. Digitale Machart und gestalterische Eigenart. 1. Aufl. Frankfurt am Main, Anabas: 233 str.
- 12 Zwerger K. 2000. Wood and wood joints. Building traditions of Europe and Japan. Basel, Berlin, Boston, Birkhäuser: 278 str.

ZAHVALA

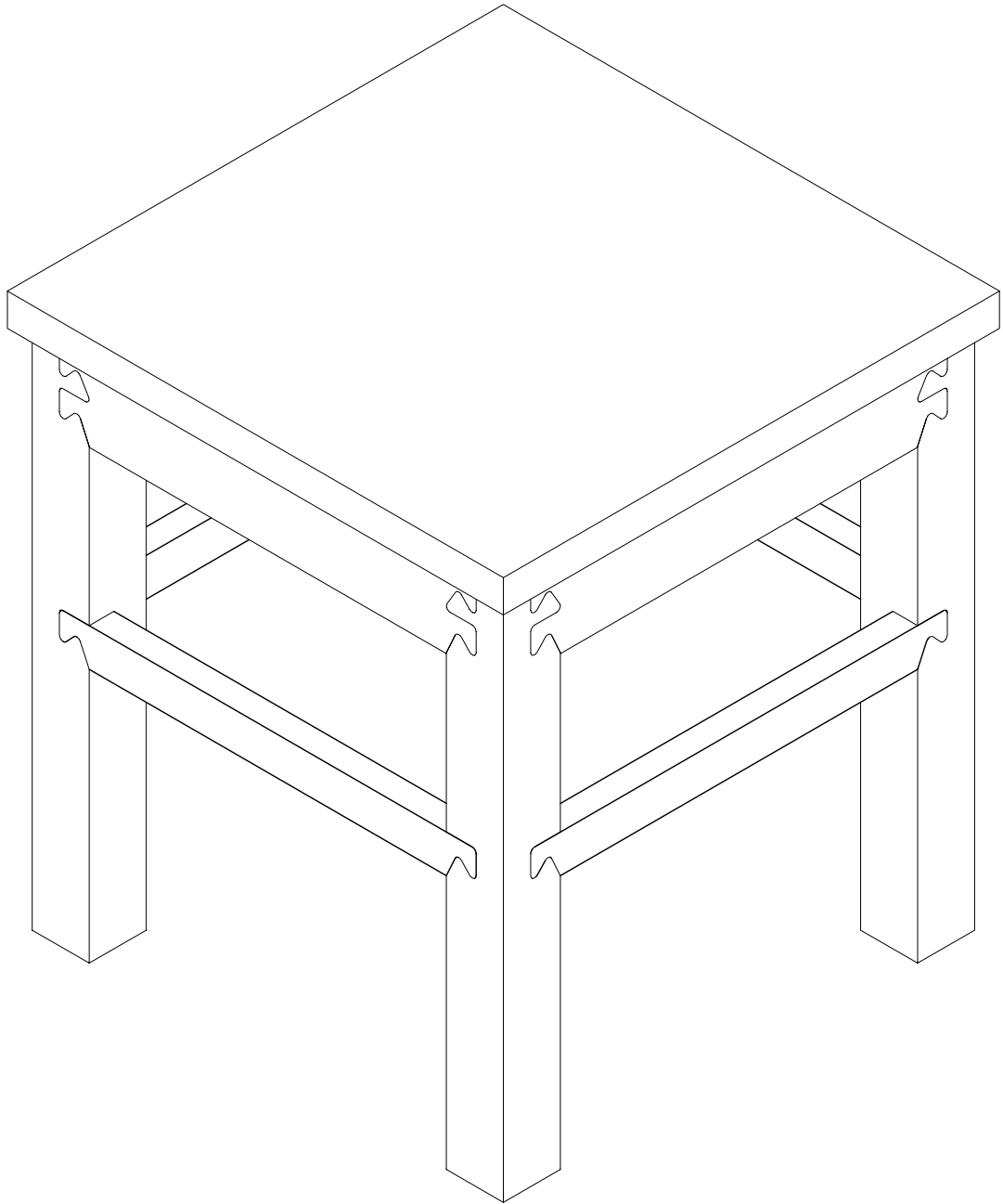
Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Jasni Hrovatin za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomske naloge in recenzentki doc. dr. sc. Silvani Prekrat. Prav tako se zahvaljujem podjetju Krasoprema d.o.o. za štipendiranje skozi vsa leta študija ter za omogočeno izdelavo vzorca razstavljivega stolca s pomočjo CNC tehnologije.

Hvala sošolcu Gregorju Kebe za vse skupne ure učenja ter staršem, ki so mi ta študij omogočili.

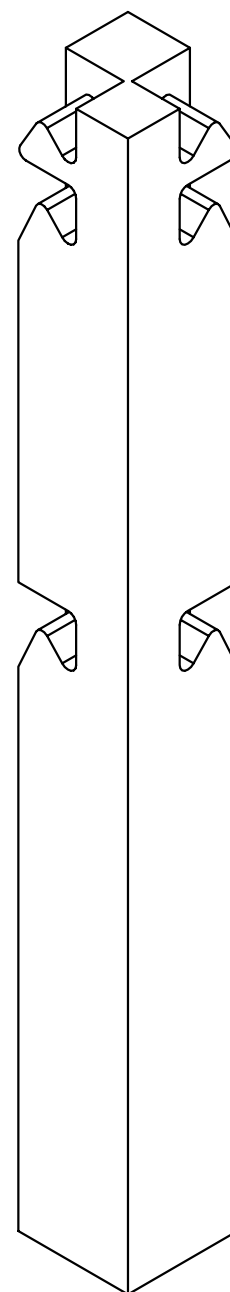
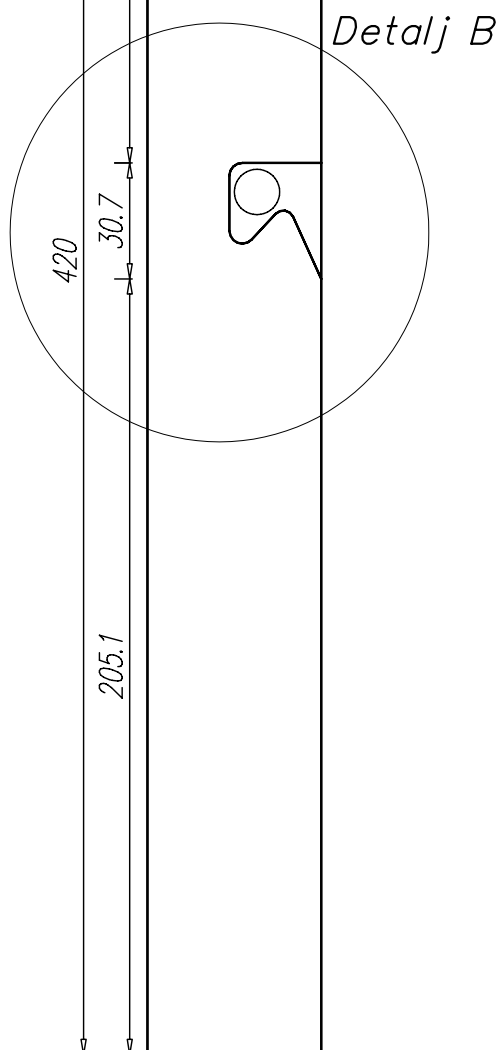
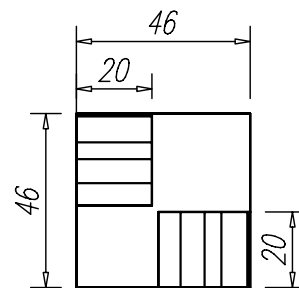
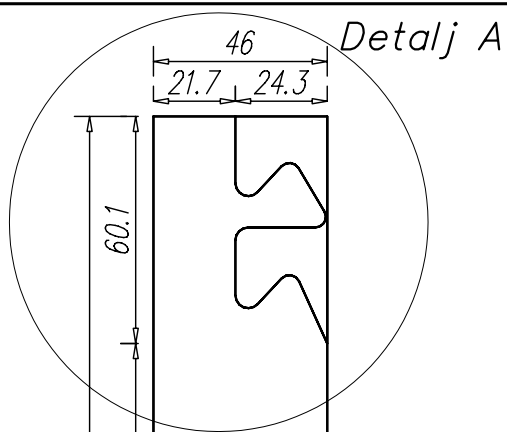
PRILOGE


Priloga A

Izdelavni načrti razstavljivega in navadnega stolca.

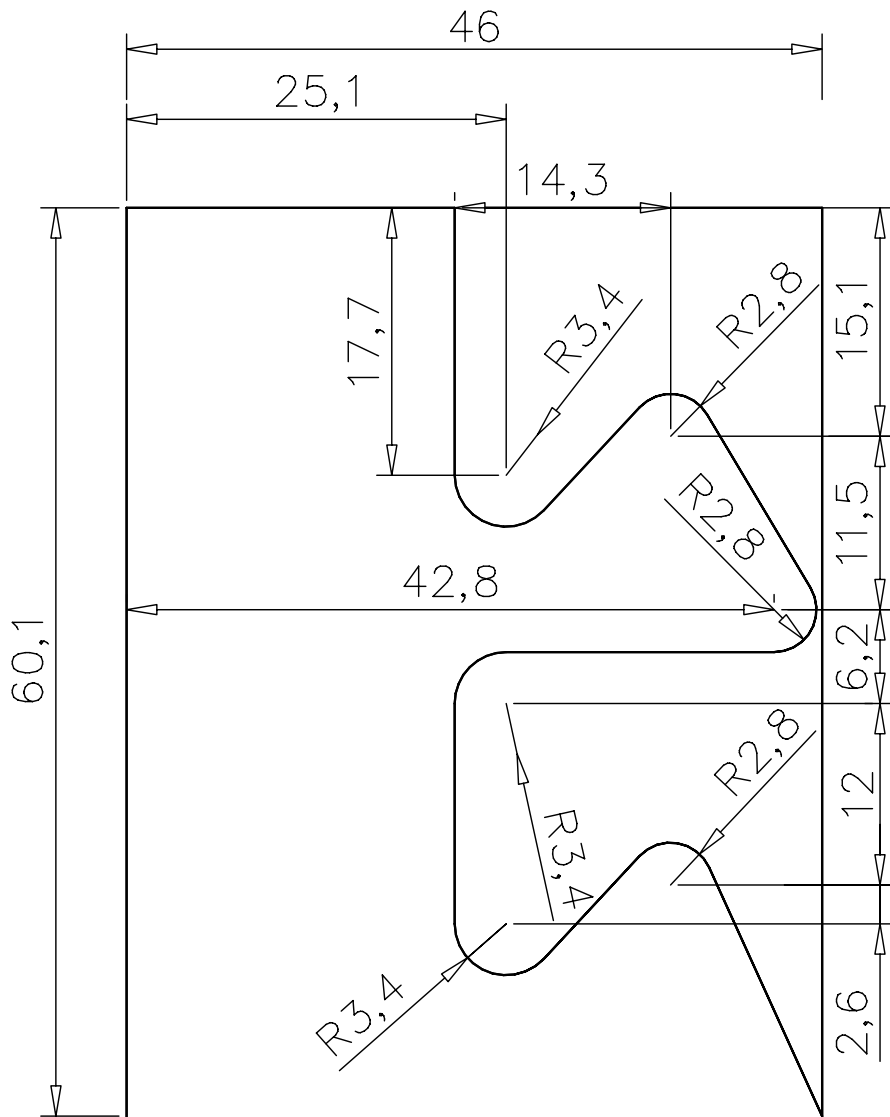



7	Moznik	35x8	bukev	8	
6	Zatič	85x15x15	bukev	2	
5	Plošča	400x400x30	bukev	1	
4	Veznik	336x30.5x20	bukev	4	
3	Mostnik2	336x60x20	bukev	2	
2	Mostnik	336x60x20	bukev	2	
1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:				
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo: 1:4	Poz.:	
			DIPLOMSKO DELO	List: index	



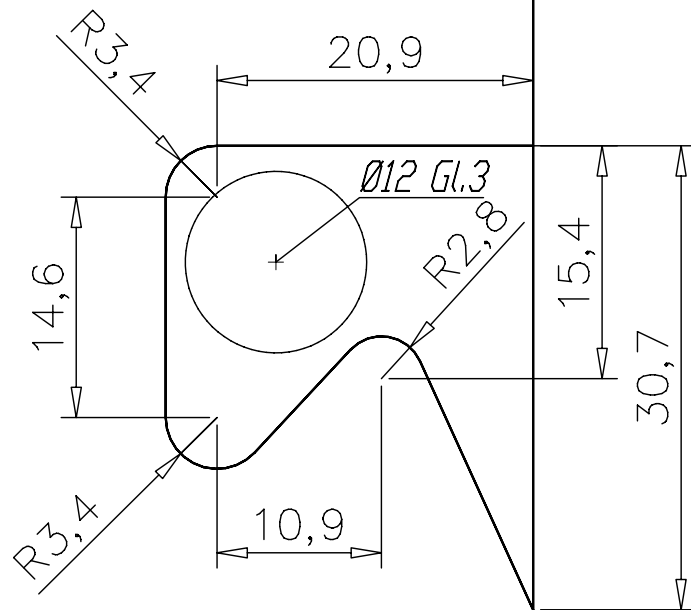
1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljev stolc		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Noga		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 1	
			1:2	List: 1	
			DIPLOMSKO DELO		


Detalj A

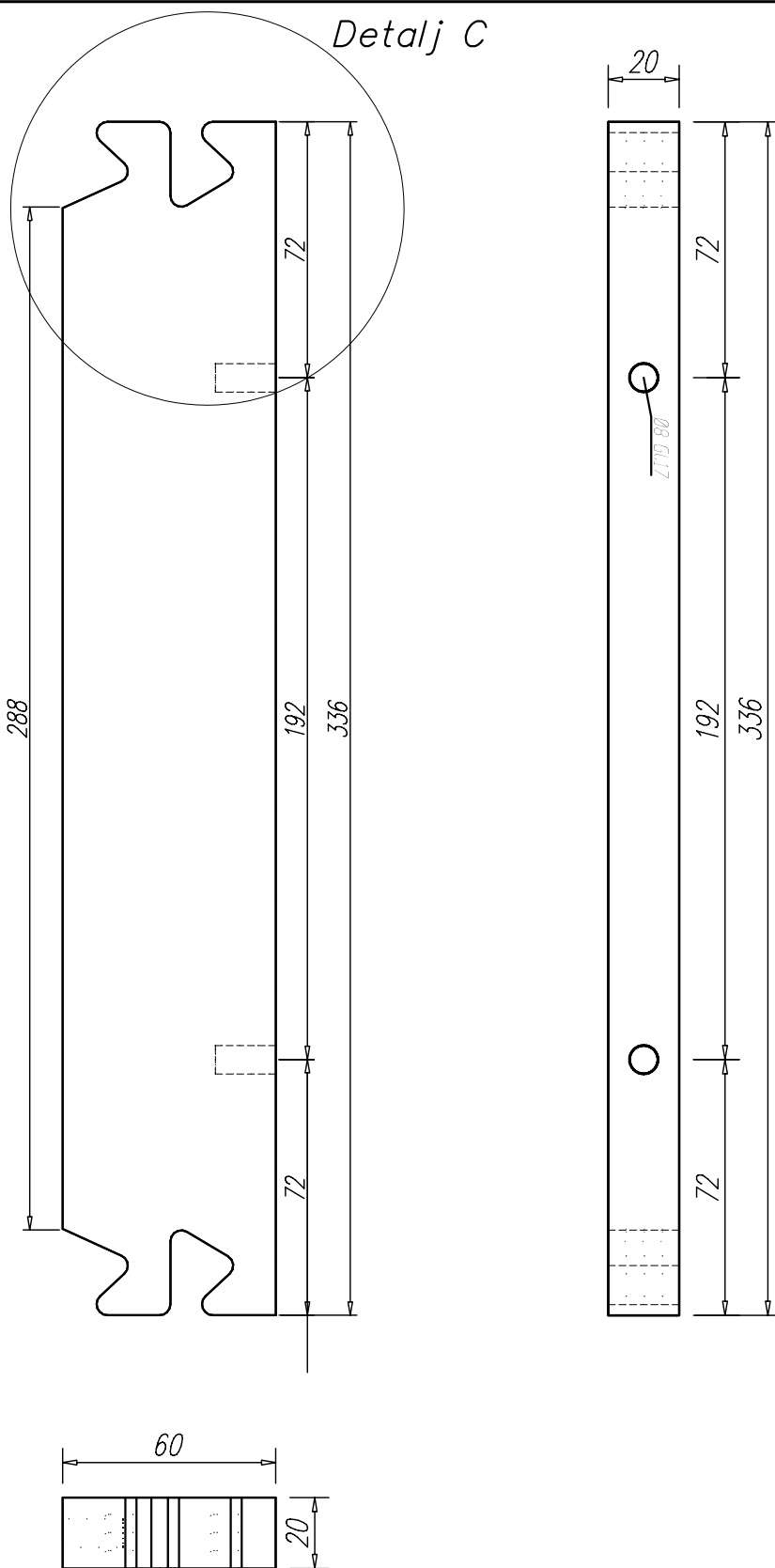



1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Detalj A		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 1	
			2:1	DIPLOMSKO DELO	

Detalj B

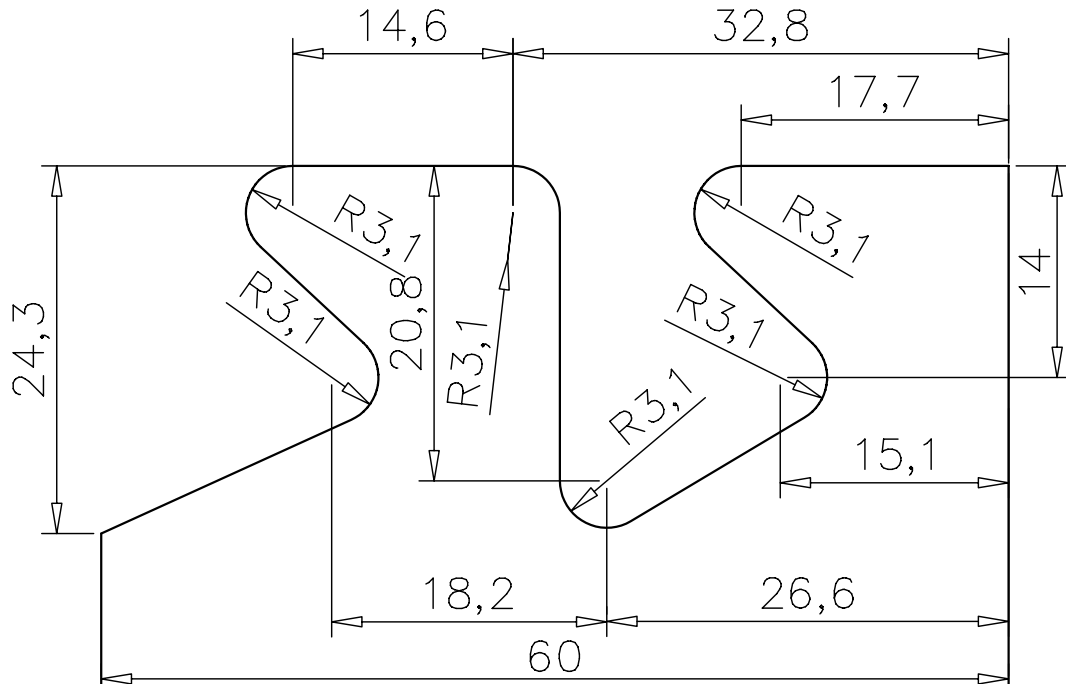



1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Detalj B		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 1	
			2:1	DIPLOMSKO DELO	
				List: 3	



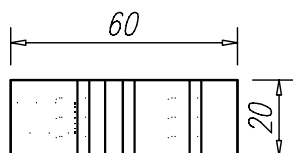
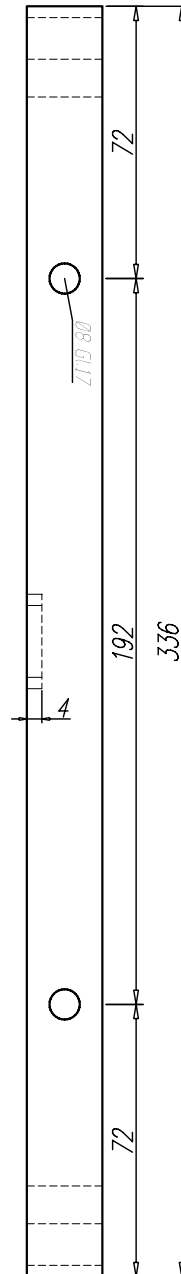
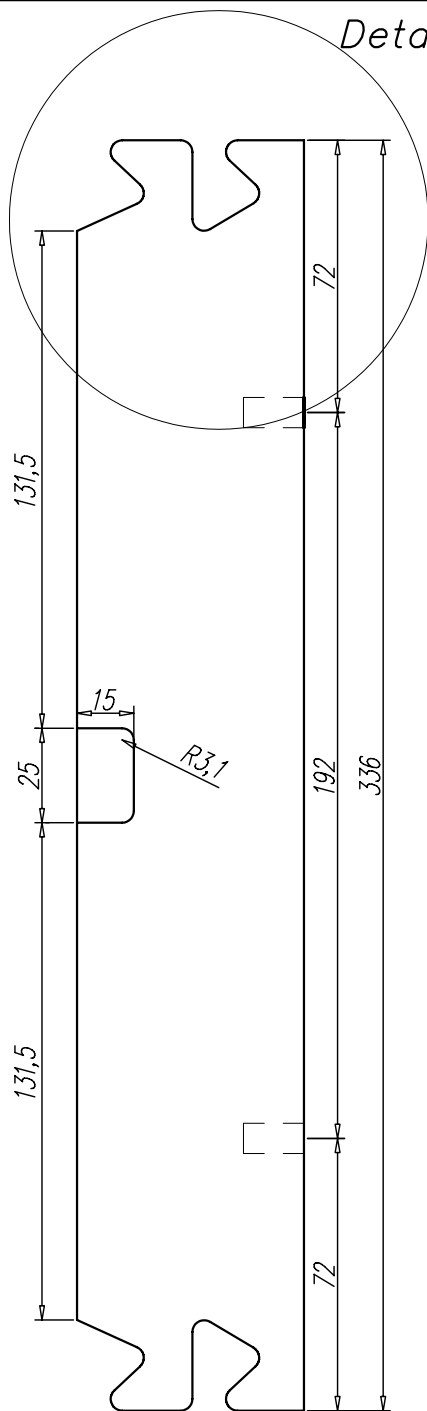
2	Mostnik	336x60x20	bukav	2	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljev stolc		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Mostnik		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 2	
			1:2	DIPLOMSKO DELO	

Detalj C



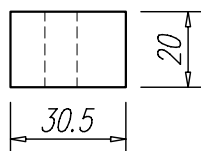
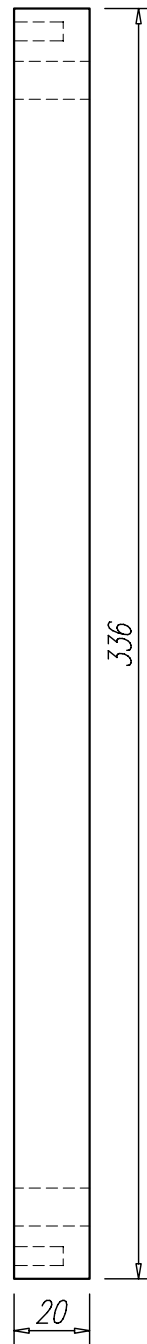
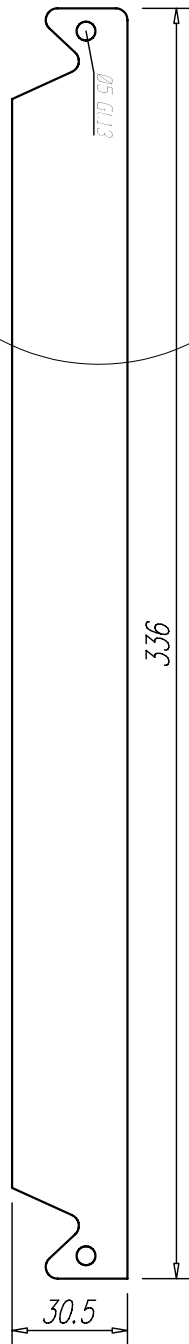
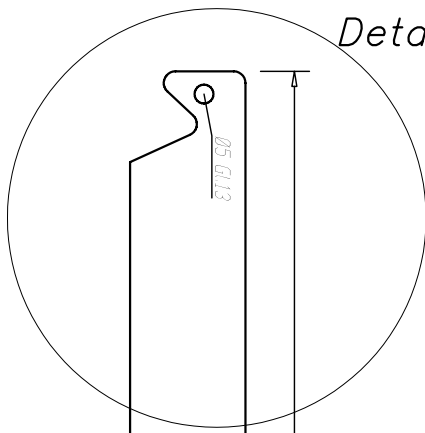
2	Mostnik	336x60x20	bukev	2	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Detalj C		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 2	
			2:1	DIPLOMSKO DELO	
				List: 5	


Detalj C



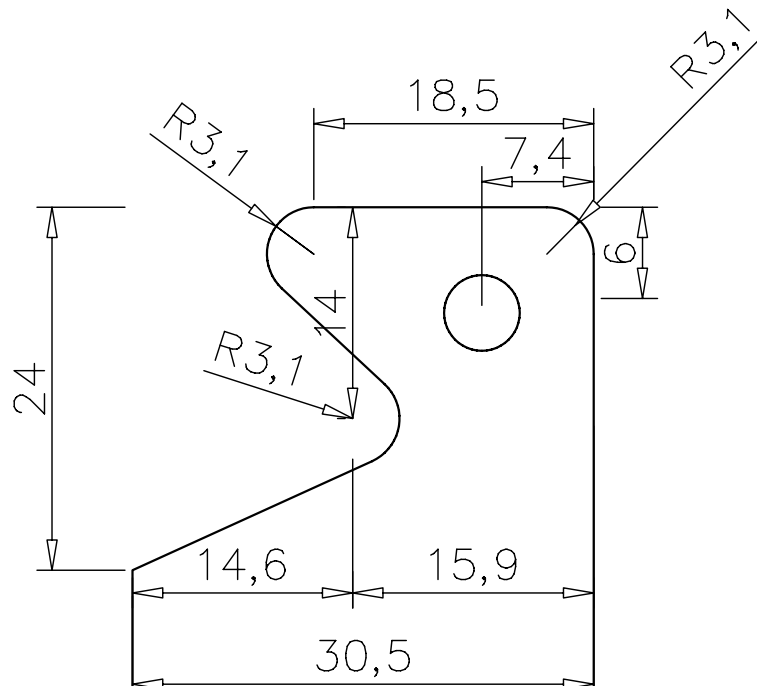
3	Mostnik2	336x60x20	bukev	2	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Mostnik2		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 3	
			1:2	List: 6	
			DIPLOMSKO DELO		


Detalj D

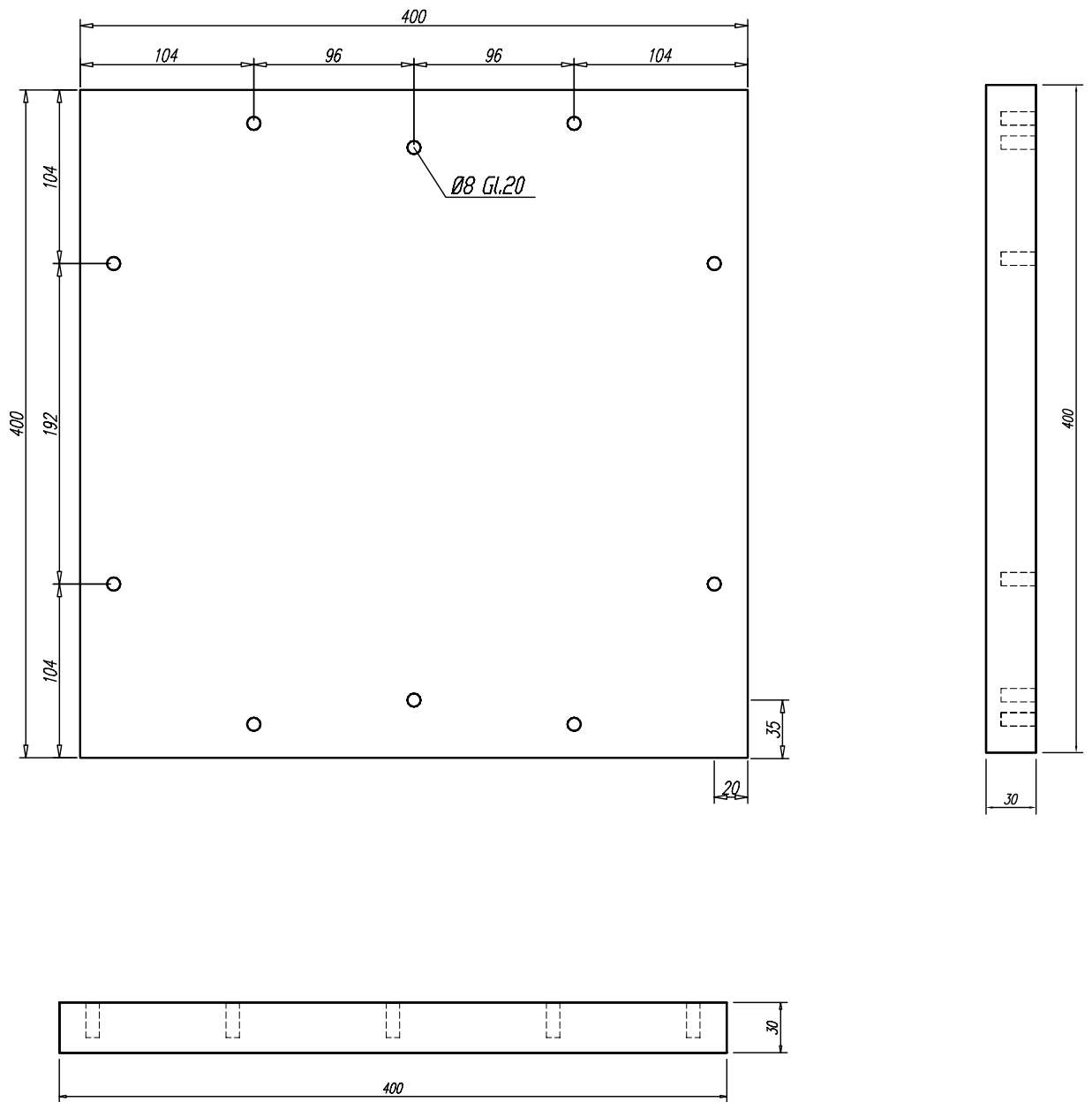


4	Veznik	336x30.5x20	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Veznik		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 4	
			1:2	DIPLOMSKO DELO	
			List: 7		

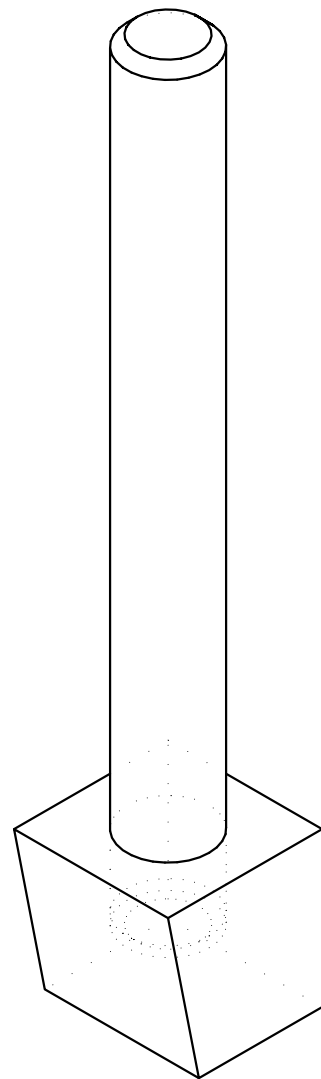
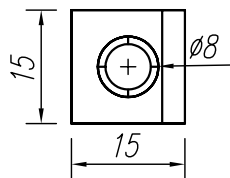
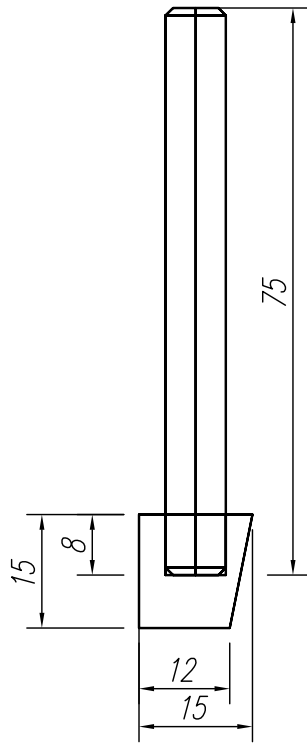
Detalj D




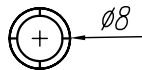
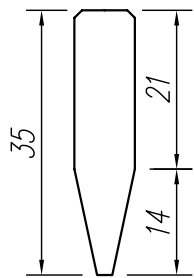
4	Veznik	336x30.5x20	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljev stolc		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Detalj D		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 4	
			2:1	DIPLOMSKO DELO	
				List: 8	




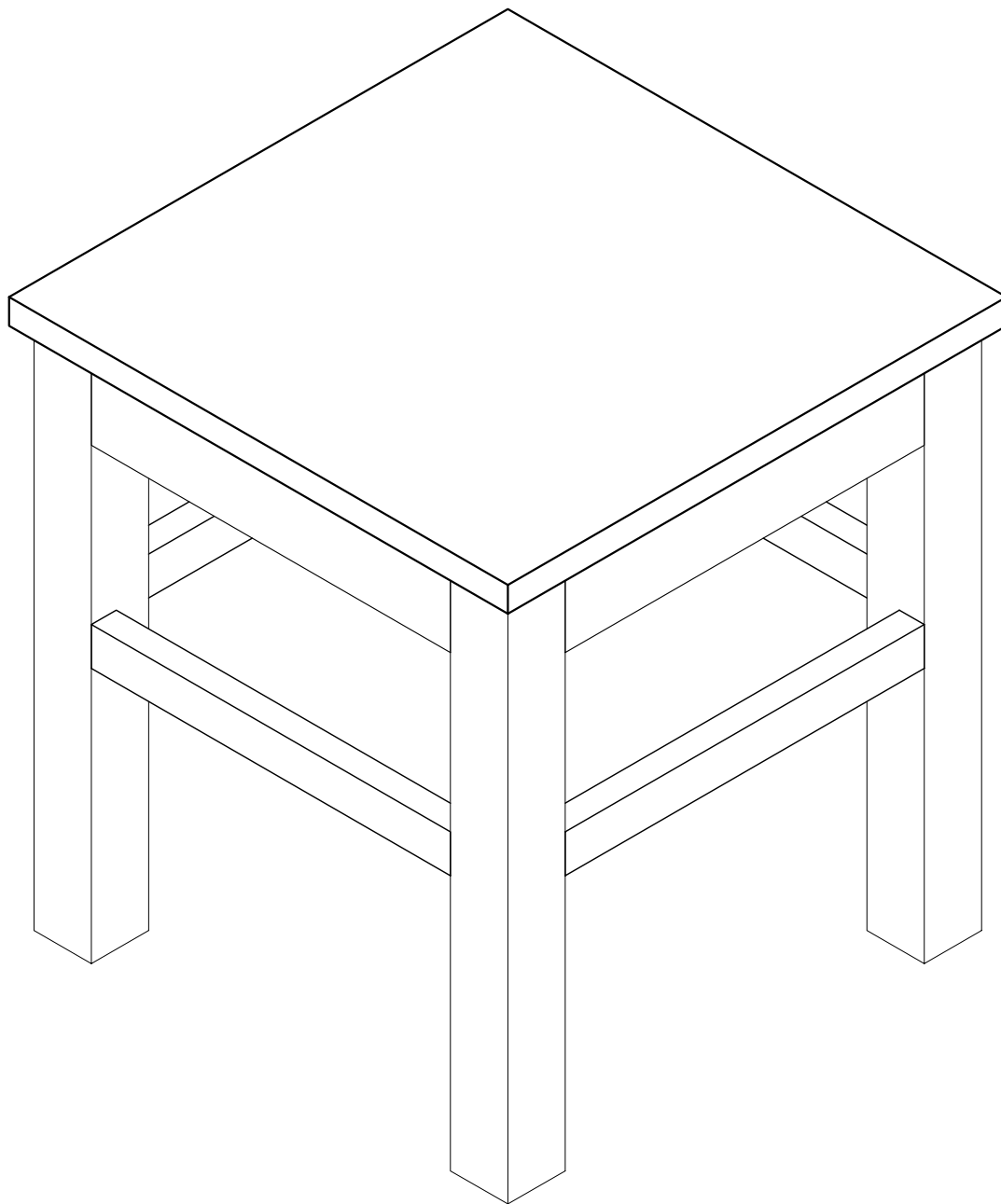
5	Plošča	400x400x30	bukev	1	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljen stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Plošča		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 5	
			1:4	DIPLOMSKO DELO	
				List: 9	




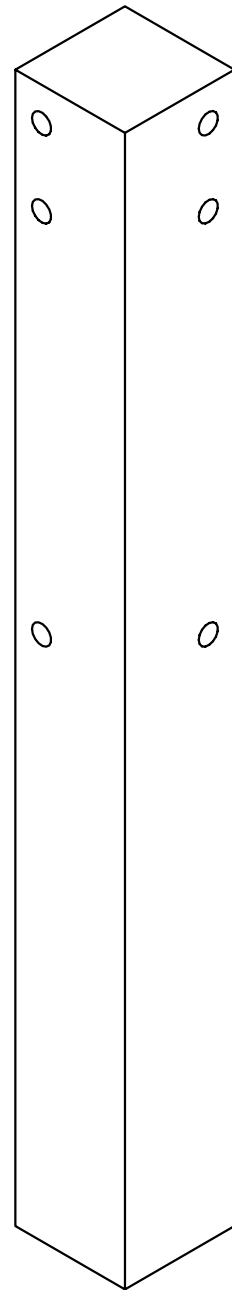
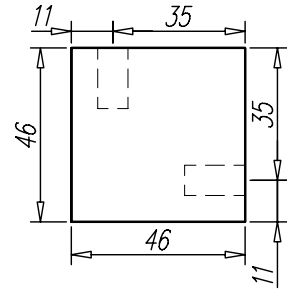
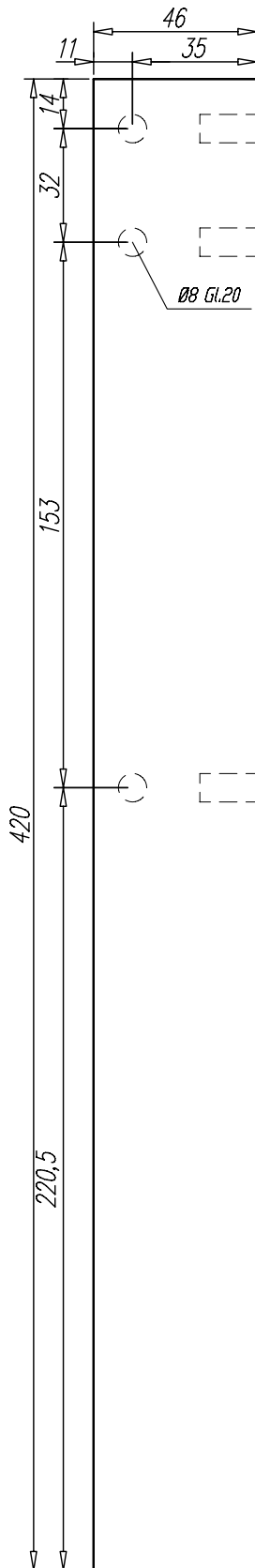
6	Zatič	85x15x15	bukev	2	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Zatič		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 6	
			1:1	DIPLOMSKO DELO	
				List: 10	




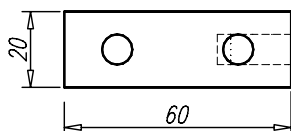
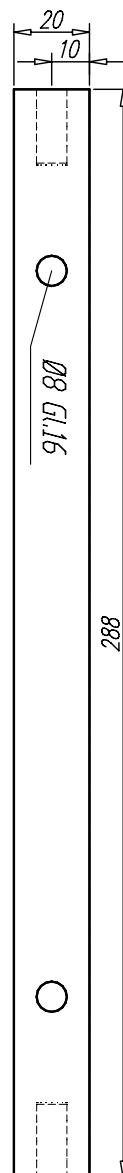
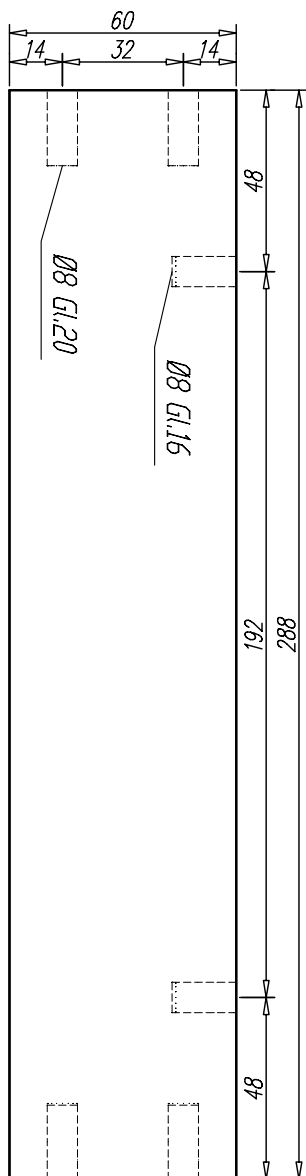
7	Moznik	35x8	bukev	8	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Razstavljiv stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Moznik		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 7	
			1:1		
			DIPLOMSKO DELO	List: 11	




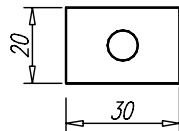
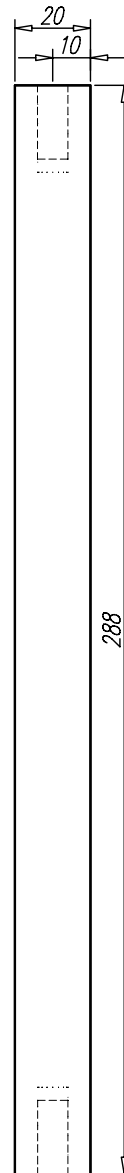
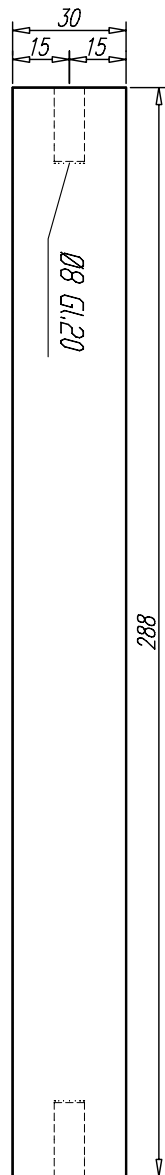
4	Plošča	400x400x30	bukev	1	
3	Veznik	288x30x20	bukev	4	
2	Mostnik	288x60x20	bukev	4	
1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Navaden stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:				
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.:	
			1:4		
			DIPLOMSKO DELO	List: index	




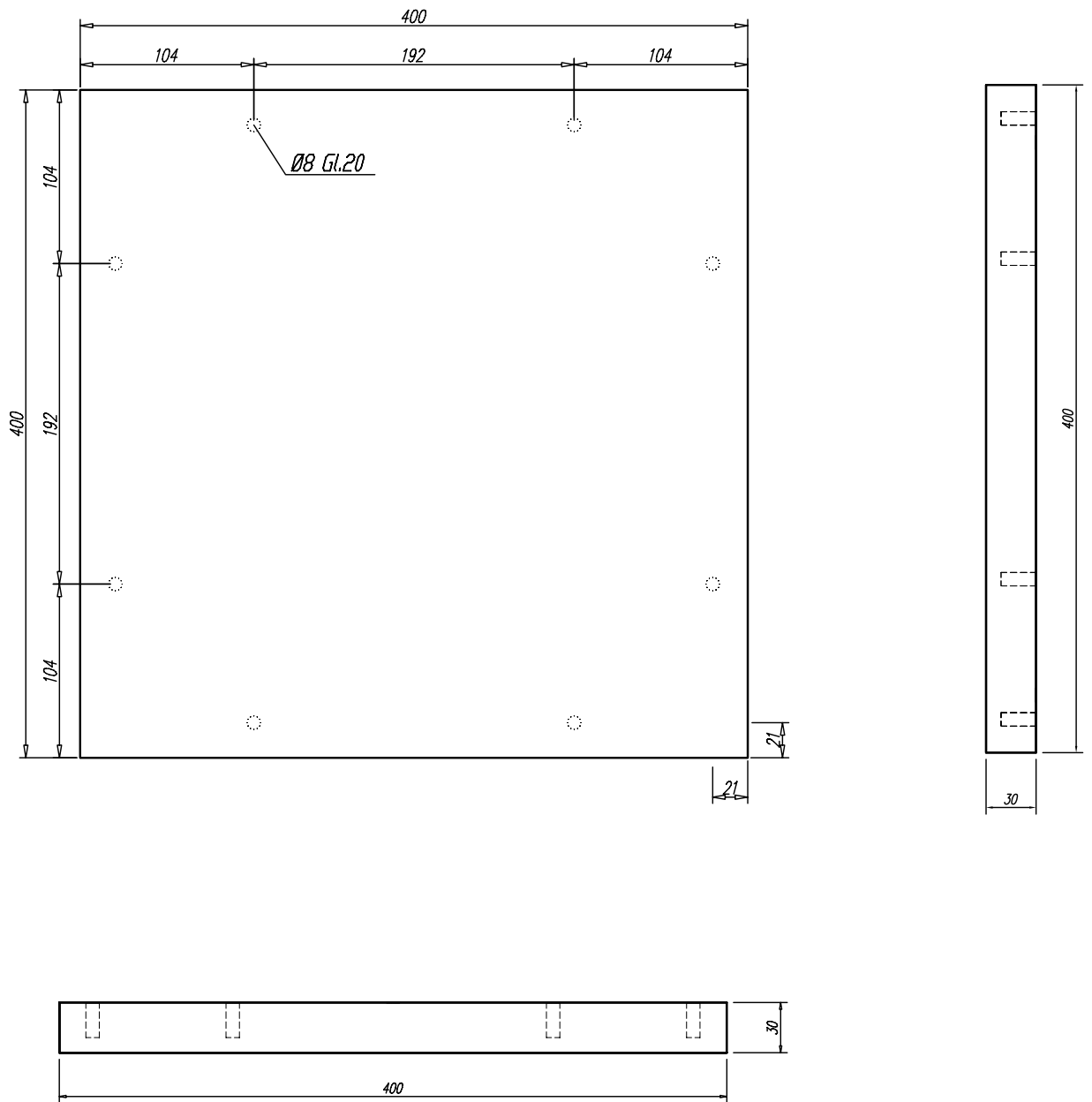
1	Noga	420x46x46	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Navaden stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos			
	Opombe:				
			Del:		
			Noga		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 1	
			1:2	List: 1	
			DIPLOMSKO DELO		




2	Mostnik	288x60x20	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Navaden stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Mostnik		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 2	
			1:2	DIPLOMSKO DELO	
				List: 2	



3	Veznik	288x30x20	bukev	4	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Navaden stolec		
	Pregledal:		Del:		
	Opombe:		Veznik		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 3	
			1:2	DIPLOMSKO DELO	
				List: 3	



4	Plošča	400x400x30	bukev	1	
Poz.	Naziv elementa:	Dimenzije:	Material	Kos	Opombe
		Datum	Izdelek:		
	Izdelal:	22.02.2008	Navaden stolec		
	Pregledal:	Alen Pangos	Del:		
	Opombe:		Plošča		
 Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo			Merilo:	Poz.: 4	
			1:4	DIPLOMSKO DELO	
				List: 4	