

**Mendelova univerzita v Brně**

---

**Lesnická a dřevařská fakulta**

Ústav nábytku, designu a bydlení

**Návrh nábytkového prvku pro děti vhodného  
pro CNC výrobu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Milan Šimek, Ph.D.

Vypracovala:

Michaela Kubátová

**Brno 2017**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka:	<b>Michaela Kubátová</b>
Studijní program:	Nábytek
Obor:	Tvorba a výroba nábytku
Konzultant:	Ing. Adam Kořený, Ph.D.
Název tématu:	<b>Návrh nábytkového prvku pro děti vhodného pro CNC výrobu</b>
Rozsah práce:	min. 40 stran textu + přílohy.

## Zásady pro vypracování:

1. Cíle práce: analýza možností výroby nábytku s využitím CNC obráběcích center, navržení nábytkového prvku vhodného pro CNC výrobu, výroba prototypu.
2. Rešerše: přehled historického vývoje vybraného nábytkového typu, jeho současné tendence při navrhování a výrobě, včetně ergonomických, konstrukčních a bezpečnostních požadavků.
3. Materiály a technologie: CNC výroba všeobecně, materiály vhodné pro CNC výrobu, popis možností výroby rozebratelných spojů.
4. Praktická část: inspirace a rešerše, ideové návrhy, výběr nejlepšího řešení, vizualizace, technická dokumentace.
5. Výroba prototypu na CNC obráběcím centru ve vybrané firmě.
6. Diskuze a závěr: konečné hodnocení vlastního návrhu, jeho ověření na prototypu, návrhy na zlepšení a zhodnocení přínosu práce pro praxi.

Seznam odborné literatury:

1. KOŘENÝ, A. *Chair design for CNC manufacturing*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2010. 104.
2. JURÁSEK, J. *Aspekty výroby a konstrukce otevřeného ozubového spoje pomocí CNC technologie*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2009. 85.
3. KRÁL, P. – ŠRAJER, J. *CNC obráběcí centra*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 79 s. ISBN 978-80-7375-163-0.
4. ŠIMEK, M. – HAVIAROVÁ, E. – GAZO, R. CNC wood processing for furniture industry innovations and competitiveness. In *International Scientific Conference Organized on the occasion of the 90th anniversary of the Forestry Faculty in Prague*. 1. vyd. Praha: ČZU Praha, 2009, s. 20–26.
5. ECKELMAN, C A. *Strength Design of Furniture*. 1. vyd. West Lafayette: Tim Tech, Inc., 1978. 231 s.
6. JOYCE, E. – PETERS, A. – SPIELMAN, P. *Encyclopedia of furniture making*. New York: Sterling, 1987. 519 s. ISBN 0-8069-7203-3.
7. DLABAL, S. *Nábytek, člověk, bydlení*. Praha: Ústav bytové a oděvní kultury, 1976. 178 s.
8. ŠIMEK, M. – TAUBER, J. – VOITH, P. – DLAUHÝ, Z. CNC Manufacturing Technology Case Study of an Armchair Design. In GRBAC, I. *New materials and technologies in the function of wooden products*. 25. vyd. Zagreb: Faculty of Forestry, Zagreb University: 2014, s. 41–45. ISBN 978-953-292-034-5. URL: <http://ambienta2014.com/>
9. ŠIMEK, M. – TAUBER, J. – ŠPRDLÍK, V. Innovations in sitting design with a use of CNC technology. In *Research for Furniture Industry: Proceedings of the XXVII-th International Conference*. 1. vyd. Ankara: Gazi University, 2015, s. 77–83. URL: <http://www.furnituredesign2015.org/10.html>
10. ŠIMEK, M. – KOŘENÝ, A. – DLAUHÝ, Z. – MIHAILOVIĆ, S. Possibilities of CNC Manufacturing with Regard to Furniture Design. In GRBAC, I. *Wood is Good – User Oriented Material, Technology and Design*. 24. vyd. Zagreb: Faculty of Forestry, Zagreb University, 2013, s. 157–165. ISBN 978-953-292-031-4. URL: <http://www.sumfak.unizg.hr/Upload/Ambienta2013/doc/Proceedings%20AMBIENTA%202013.pdf>

Datum zadání bakalářské práce: únor 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017



**Michaela Kubátová**  
Autorka práce



**Ing. Milan Šimek, Ph.D.**  
Vedoucí práce



**doc. Ing. Daniela Tesařová, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu



**doc. Ing. Radomír Klvač, Ph.D.**  
Děkan LDF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Návrh nábytkového prvku pro děti vhodného pro CNC výrobu**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 26. dubna 2017

Podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce Ing. Milanu Šimkovi, Ph.D. za podnět k napsání této závěrečné práce a za cenné připomínky při jejím zpracování. Dále bych ráda poděkovala své rodině za veškerou podporu v mém studiu a všem, kteří se ochotně podíleli na výrobě prototypu, jelikož bez nich by nikdy nevznikl.

## **Abstrakt**

**Jméno:** Michaela Kubátová

**Název práce:** Návrh nábytkového prvku pro děti vhodného pro CNC výrobu

Tato práce se věnuje teorii a výrobou rozebíratelné konstrukce nábytku, přesněji dětského stolku, s využitím CNC technologie. U konstrukce navrženého dětského stolku je hlavním smyslem snadná montáž či demontáž a to bez použití pomocných nástrojů, lepidla či kování. Teoretická část popisuje historii i současný stav stolového nábytku pro děti předškolního věku, demontovatelného nábytku, nábytkářských spojů a CNC technologie. Praktická část práce je zaměřena na vznik návrhu dětského stolku, popis výroby prototypu, návrhy ke zlepšení produktu a celkové zhodnocení přínosu pro praxi.

## **Klíčová slova**

Demontovatelný nábytek, CNC technologie, CNC spoj, dětský hrací stolek

## **Abstract**

**Name:** Michaela Kubátová

**Title of thesis:** Design of children's furniture element for CNC manufacturing

This thesis deals with theory and manufacturing of flatpack furniture construction, especially about children's playing table, with using CNC technology. The main idea of children's table design is easy assembly and disassembly without use of special tools, adhesives or additional fittings. The theoretical part describes the history and current state of table furniture for preschool children, flatpack furniture, furniture joints and CNC technology. The practical part presents the creation of a children's playing table design, prototyping description, suggestions to improve the product and the overall assessment of the benefit for practice.

## **Keywords**

Flatpack furniture, CNC technology, CNC cut joinery, children's playing table

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíl práce</b>	<b>8</b>
1.1	Úvod.....	8
1.2	Cíl práce.....	8
1.3	Postup řešení .....	9
<b>2</b>	<b>Stolek pro děti předškolního věku</b>	<b>10</b>
2.1	Historický vývoj.....	11
2.2	Současné tendence při navrhování a výrobě.....	13
2.3	Ergonomie.....	14
2.4	Normy, bezpečnostní a konstrukční požadavky .....	15
<b>3</b>	<b>Materiál a technologie</b>	<b>18</b>
3.1	CNC technologie.....	18
3.2	Charakteristika CNC strojů .....	19
3.3	Výhody a nevýhody CNC systémů.....	22
3.4	Materiály vhodné pro nábytek obráběný CNC technologií .....	22
<b>4</b>	<b>Demontovatelný nábytek</b>	<b>25</b>
4.1	Historie demontovatelného nábytku.....	25
4.2	Běžně využívané druhy rozebíratelných spojů .....	26
4.3	Homogenní spoj.....	29
4.4	CNC technologie a její význam při tvorbě demontovatelného nábytku.....	30
<b>5</b>	<b>Návrh dětského stolu vhodného pro CNC výrobu</b>	<b>31</b>
5.1	Požadavky výrobku .....	31
5.2	Inspirace a řešení.....	32
5.3	Návrh stolu .....	34
5.4	Výsledný návrh.....	41
<b>6</b>	<b>Výroba prototypu</b>	<b>43</b>
6.1	Příprava technické dokumentace a G kódu.....	43
6.2	CNC stroj a výroba.....	44
6.3	Lakování.....	47

---

6.4	Hotový prototyp.....	49
<b>7</b>	<b>Zhodnocení výsledků práce</b>	<b>50</b>
7.1	Návrhy na zlepšení .....	50
7.2	Přínos pro praxi .....	52
7.3	Diskuze .....	52
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Literatura</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>Seznam obrázků</b>	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>Zdroje obrázků</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>Seznam příloh</b>	<b>65</b>



# 1 Úvod a cíl práce

## 1.1 Úvod

V posledních několika letech se v mnoha odvětvích průmyslu stává běžným využívání počítačově řízených strojů (CNC strojů) ve výrobě. Jinak tomu není ani v nábytkářském průmyslu, kde s sebou CNC technologie přináší mnoho výhod, co se týče především rychlosti, přesnosti a variability výroby. CNC způsob obrábění umožňuje snadnou výrobu tvarově náročných prvků, které by byly pro tradiční ruční výrobu velmi náročné až neproveditelné. V tomto případě mluvíme o složitých tvarech homogenních spojů, které mohou nejen kvalitně splňovat svoji funkci spoje, ale také určit design celého produktu. Tato práce se věnuje návrhu a výrobě nábytkového prvku pro děti s využitím právě takového homogenního spoje.

Navrhovaným prvkem byl vybrán stolec pro děti předškolního věku, tedy skupiny dětí mezi 3 - 6 lety. Tento věk se vyznačuje velkou touhou po poznávání okolního světa formou hry a postupným osvojováním si každodenních činností rodičů. Tyto činnosti jsou velmi různorodé, patří mezi ně například hygienické a stravovací návyky, způsob komunikace s okolím, nebo způsob pohybu u jednotlivých činností. Je nutné vzít v potaz strukturu běžného bydlení dospělé osoby. Každá běžně prováděná činnost zde má své místo, čímž člověk získává pocit pořádku, který ho obklopuje, tvoří vhodné podmínky a ničím nerušené zázemí pro jednotlivé činnosti. Pro děti tohoto věku se svět dospělých stává velmi atraktivním k průzkumu, což mnohdy pro dospělé znamená nepříjemné následky při jakkoliv krátké nepozornosti. Je tedy více než žádoucí odpoutat dětskou zvědavou pozornost k prostorům určeným přímo pro něj. Takový prostor nemusí nutně znamenat uzavřenou místnost dětského pokoje, kde se dítě může cítit separovaně od rodiče a jeho světa. Stačí vytvořit útulný „koutek“ v často obývané části bytu a právě pro takové účely byl navržen dětský stolec CANDY.

## 1.2 Cíl práce

Cílem práce je bližší seznámení s problematikou CNC technologie a analýza možností výroby nábytku s využitím CNC obráběcích center. Na informacích získaných z teoretické části práce je postavena část praktická, která se věnuje návrhnutí nábytkového prvku pro děti předškolního věku vhodného pro CNC výrobu a následné výrobě prototypu tohoto prvku.

### 1.3 Postup řešení

V první části práce je provedena teoretická studie týkající se problematiky vybraného nábytkového typu, přesněji jeho historický vývoj, současné tendence při navrhování a výrobě, včetně ergonomických, konstrukčních a bezpečnostních požadavků.

Další část práce obsahuje teoretický přehled materiálů a technologií zaměřený na CNC výrobu všeobecně, materiály vhodné pro CNC výrobu, přehled rozebíratelných spojů, které lze využít v nábytkářském průmyslu a navazující problematika homogenního spojů. Informace uvedené v teoretické části práce jsou získávány ze zdrojů, které jsou následně uvedeny v použité literatuře.

Na základě teoretické části je vystavena část praktická, která se věnuje inspiraci a rešerši daného nábytkového prvku, jeho ideovému návrhu a výběru nejlepšího řešení. Součástí je vizualizace prvku vytvořená v programu 3Ds Max, kompletní technická dokumentace určená pro výrobu, která byla zpracovávána v programu AutoCAD. Nadále je popsán postup výroby od začátku až po hotový prototyp dětského stolku v poměru 1 : 1. Výroba prototypu probíhala v prostorách dílen Mendelovy univerzity v Brně.

Závěr práce popisuje konečné hodnocení vlastního návrhu, návrhy na zlepšení prototypu a zhodnocení přínosu práce pro praxi.

## 2 Stolek pro děti předškolního věku

Předškolní věk je velmi důležitou etapou života dítěte, která je vymezena věkovým úsekem přibližně 3 – 6 let. Je to tedy věk, kdy se dítě velmi rychle vyvíjí ať už po fyzické, psychické či mravní stránce a začíná se socializovat za pomoci předškolních zařízení. Nejvýznamnější formou učení se a poznávání okolního světa v tomto věku je hra. Právě hraní si děti charakterizuje a je zjištěno, že díky hře se dokáží vyrovnat s událostmi a jevy okolního světa, které ještě nemají možnost pochopit.

Mezi nejčastější způsoby hry dětí patří kresba. Dětskou kresbou se věnuje mnoho odborníků zabývajících se dětskou psychologií a vývojem celkově. Dětská kresba je průsečíkem dětských snů, zábavy, učení se a reality. Právě kresbou může dítě svým způsobem komunikovat, může jí vyjádřit své obavy, vzpomínky, zájmy, sny, přání a zažité události.

Pro dospělého člověka je často velmi složité toto sdělení pochopit v pravém smyslu, mnohdy se to nepovede vůbec. Co ovšem ovlivnit může, je místo a prostředí, ve kterém dítě bude trávit většinu svého času. Ideálním řešením je vybavit dítěti pokoj takovými kusy nábytku, aby se již od útlého věku učilo systému, pořádku a přitom aby nábytek neomezoval, v některých případech až neohrožoval zdraví dítěte.

V souvislosti s hrou a učením se dětí předškolního věku je vhodným prvkem vybavení dětského pokoje dětský stolek a sedací nábytek velikostí odpovídající vzrůstu dítěte.



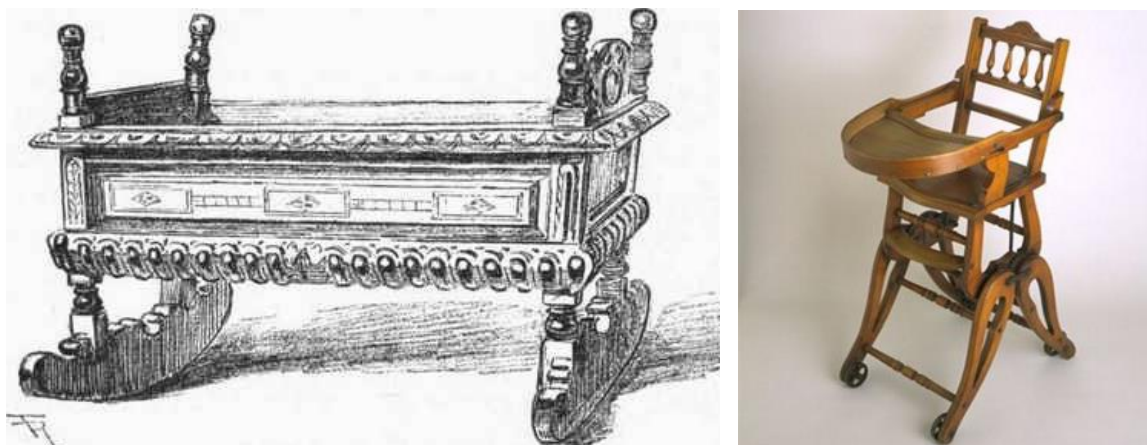
Obr. 1 Hrací stolek pro předškoláka.

Design dětského nábytku je velmi hravý a fantazii se zde meze nekladou, důležité je dbát především na funkci a bezpečnost. Tvorba a výroba dětského nábytku podléhá mnoha přísným normám a předpisům, týkajících se bezpečnosti materiálů, konstrukce či použité povrchové úpravy. Pro zákazníka to znamená, že by teoreticky neměl nebezpečný kus nábytku v obchodním domě vůbec najít.

## 2.1 Historický vývoj

Řešení dětského nábytku se v historii vztahovalo především na dětskou kolébku a dětskou židličku. U ostatních druhů nábytku byla věnována pozornost uzpůsobování jeho rozměrů a vzhledu dětem velmi zřídka.

Mezi úplně první materiály pro výrobu dětských kolébek patří bezpochyby proutí a kožešiny, problémem je rychlý rozklad těchto materiálů, takže se nedochovalo téměř žádné kusy tohoto starého nábytku. Dalším už mnohem rozsáhlejším a nejvíce dochovaným materiálem pro výrobu bylo dřevo. Zhruba od poloviny 19. století se vyrábí i složitější výškově nastavitelné dětské jídelní židličky.



Obr. 2 Kolébka Jamese VI. (Skotsko cca r. 1836) a dětská židle (Anglie r.1860).

K nejstarším dochovaným kusům dětského nábytku patří faraonova dětská židle objevena v Tutanchamonově hrobce. Tato židle dokonale vypovídá o profesionálních znalostech a umu obrábění materiálů prastarých Egyptských řemeslníků.



Obr. 3 Tutanchamonova dětská židle.

Ještě donedávna (zhruba do osmdesátých let minulého století) tvořil zařízení dětských pokojů nábytek vyřazený z obývacích pokojů, kancelářských sestav, nebo provizorně zhotovený nábytek rodičů.



Obr. 4 Vybavení dětského pokoje vyřazeným nábytkem (vlevo) a dětský pokoj v Müllerově Vile (vpravo).

„V dnešní době je situace řešení dětských pokojů lepší, než uvádějí statistiky v 80. a 90. letech, kdy převážná většina dotázaných chtěla mít nejkrásnější obývací pokoj a na dětský pokoj zbývaly nejmenší části bytu se špatnou orientací zdaleka nevyhovující potřebám dítěte. Hry dětí v celém bytě povolovalo jen 40% tázaných a hry dětí jen v dětském pokoji požadovalo 36% respondentů. Zákaz her dětí v obývacím pokoji vyžadovalo 30% rodičů. Přitom malé děti vyžadují při svých hrách přítomnost rodičů a vykázaní do dětského pokoje vnímají často jako trest.“

(Brunecký a Švancara, 1995)



Obr. 5 Dětský stůl s lavičkami plastový (vlevo) a kovový (vpravo).

Vývoj nových technologií a materiálů ke konci 20. století umožnil významný pokrok ve výrobě nábytku ve všech směrech. Začal se běžně vyrábět nábytek z dřívě v tomto oboru méně využívaných materiálů. Příkladem je zpracování plastů v nábytkářském průmyslu.



## 2.2 Současné tendence při navrhování a výrobě

Od zmiňovaného konce 20. století neuplynulo mnoho let, avšak požadavky na dětský nábytek se postupně zvyšovaly a nadále zvyšují vysokým tempem. Rodiče dětí neapelují pouze na praktičnost či barevné provedení daného výrobku, jak tomu mnohdy bývalo v minulosti. Hledají pro své děti originální tvar, nový design, důmyslné moderní provedení, praktičnost, bezpečnost a v dnešní době se také často řeší otázka ekologie, která se blíže dotýká i nábytkářství ve smyslu použitých materiálů a nátěrových hmot. To vše rodič hledá ideálně za nejnižší možnou cenu.



Obr. 6 Příklad dětského nábytku (Small Design).

Dřevo je materiál, který nás doprovází po tisíciletí a i přes velkou škálu nových materiálů zůstává v současnosti pro nábytek nejvyužívanějším z nich, i když téměř nikdy ve své čisté podobě. Velkoplošným materiálům vyráběných zpracováním dřeva se věnuje odstavce 3.4, kde jsou jednotlivě popsány. S těmito materiály lze velmi snadno dosáhnout moderního čistého vzhledu. Příkladem je obrázek (vlevo), který ukazuje 2 varianty sestavy dětského stolečku a sezení vyrobené z překližky, ze které lze díky CNC technologii a decentní barevnosti vytvořit kvalitní design produktu.

Pokud se podíváme na aktuální nabídku dětských stolečků, mnohdy se setkáme s geometrickými tvary, které se uchylují spíše k minimalismu a velmi žádanému skandinávskému designu v tónech dřeva a jemných pastelových barev. Velmi moderním se také stává stohovatelné řešení nábytku, či snadno a opakovaně rozebíratelné systémy, které umožňují homogenní spoj nábytku.

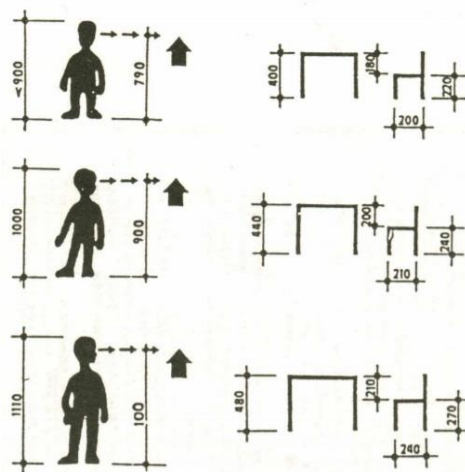


Obr. 7 Rozebíratelný dětský stůl se sezením Sprout design (vlevo) a Milka Interiors (vpravo).

## 2.3 Ergonomie

„Interdisciplinární věda ergonomie se zabývá vztahem člověka a jeho prostředí. V úvahu bere anatomické, fyziologické a psychologické faktory stejně jako chování, kapacitu a limity člověka.“ (Kanická a Holouš, 2011)

Jedním z rozhodujících faktorů při tvorbě nábytku je přizpůsobit jeho velikost uživateli a to co nejlépe. Důležitou informací je nejen výška, ale také váha, věk, nebo dokonce národnost uživatele. Celková výška člověka nám prozradí příliš málo informací, proto měříme především rozměry jednotlivých částí lidského těla, nebo rozměry vzdáleností mezi důležitými kloubními systémy. Teprve soubor všech výše uvedených informací nám může dát kompletní podklady pro ideální rozměrové řešení navrhovaného nábytku přímo pro dětského zákazníka.



Obr. 8 Výška dítěte ve vztahu k nábytku.

V případě dětského nábytku je tato otázka o to složitější, že dítě roste velmi rychle, proto je téměř nemožné dodržovat ideální rozměry nábytku k jeho potřebám v každém momentu vývoje. Touto problematikou se zabývá tzv. rostoucí nábytek.

### Rostoucí nábytek

Jde o dětský nábytek, u kterého je možné v několika stupních měnit výšku jeho jednotlivých částí. Nejčastěji se jedná o pracovní stoly nebo židle pro školáky a předškoláky, kde je možné správně nastavit výšku i hloubku sedáku, výšku opěradla zad, či područek, tak aby bylo pro dítě sezení ergonomicky správné a zdravé. Podobný systém platí i u dětských pracovních stolů, kde je možnost výškové nastavitelnosti noh stolu, čili výška pracovní desky a dále také sklon pracovní desky. Jde o velmi praktickou a propracovanou skupinu dětského nábytku, což se mnohdy odráží v ceně.



Obr. 9 Příklad tzv. rostoucího nábytku.

Nábytek, který odpovídá současné výšce zorného pole, dosahu a pohybu dítěte, mu umožní jeho pohodlné užívání a snadnou manipulaci s předměty v jeho okolí. Tím je pro dítě snadné učit se základnímu pořádku a stává se pro něj přirozenou součástí života.

## 2.4 Normy, bezpečnostní a konstrukční požadavky

Technické normy vznikají na základě zkušeností a potřeb každodenního života a představují obecně přijatelný kompromis mezi nejmodernějšími technologiemi a ekonomickými zábranami. Jsou formulovány v rámci technických normalizačních komisí, které jsou na národních, regionálních (např. Evropský hospodářský prostor) či mezinárodních úrovních ustavovány z odborníků zastupujících zájmy nejrozličnějších stran a zainteresovaných subjektů. Měly by zde být zastoupeny i zájmy spotřebitelů a o to se Sdružení českých spotřebitelů cílevědomě snaží, jistě někdy s většími, jindy s menšími úspěchy. (Technické publikace ČNI, 2006)

- ČSN 91 0100 Nábytek – Bezpečnostní požadavky.
- ČSN 91 0811 Nábytek – Dětský stolový nábytek bytový. Základní rozměry.
- ČSN 91 0612 Nábytek – Dětský sedací nábytek bytový. Základní rozměry.
- Vyhláška MZ. Č. 84/2001 o hygienických požadavcích na hračky a výrobky pro děti do věku tří let.
- ČSN ISO 7250 Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování.
- POKYN ISO/IEC 50 - Bezpečnostní hlediska - Směrnice pro bezpečnost dětí.
- ČSN 91 0102 Nábytek – Povrchová úprava dřevěného nábytku – Technické požadavky.
- ČSN 910 270 Nábytek - Zkoušení povrchové úpravy nábytku. Základní a společná ustanovení.

### Bezpečnostní a konstrukční požadavky

Bezpečnosti dětí by měla být věnována velká pozornost, protože zranění dětí a mladistvých jsou v mnoha zemích hlavní příčinou jejich smrti nebo invalidity. Děti se rodí do světa dospělých bez zkušenosti nebo vědomí rizika, ale s přirozenou chutí objevovat. Následkem toho je během dětství možnost zranění obzvláště velká. Protože takový stupeň dozoru, který by vždy zabránil potenciálně nebezpečím, není vždy prakticky možný, je nutná strategie prevence zranění. Preventivní strategie, které mají za úkol chránit děti, musí vycházet z faktu, že děti nejsou malí dospělí. Schopnost dítěte vnímat možné riziko zranění a jeho povahu se liší od dospělých. Preventivní strategie musí také vycházet ze základního východiska, že děti

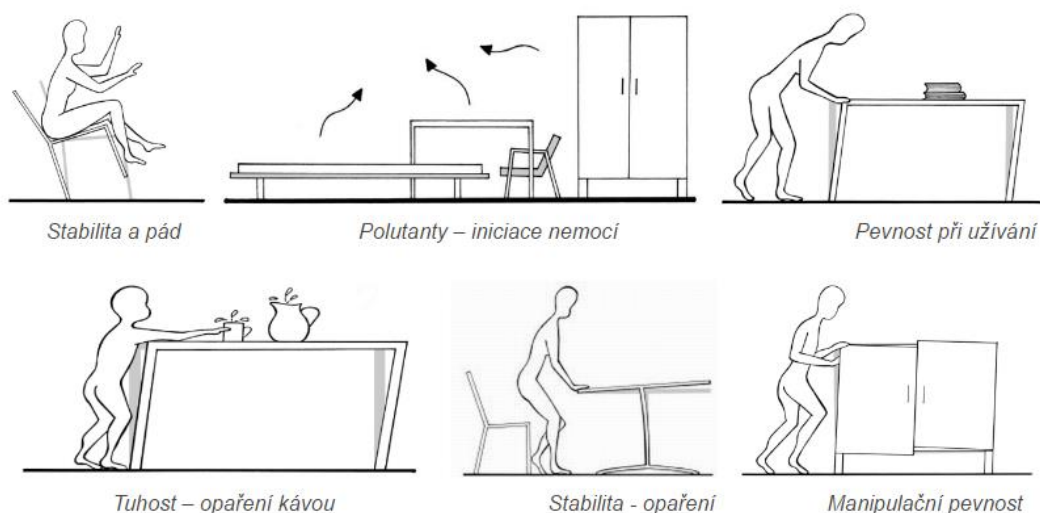


neužijí správně výrobky nebo okolní prostředí. Způsoby použití odrážejí chování dítěte odpovídající jeho věku a stupni vývoje. Preventivní strategie, jejichž záměrem je chránit děti, proto mohou být odlišné od těch, jejichž záměrem je chránit dospělé osoby. Záměrem je vyvinout výrobky, zařízení, instalace a služby (společně zmiňované jako výrobky) způsobem, který by minimalizoval možnost zranění dítěte. Předcházet zranění je odpovědností každého. Prevence zranění může být prováděna prostřednictvím designu a technologie, legislativy a výchovy.

(Technické publikace ČNI, 2006)

### **Problematiku bezpečnosti nábytku řeší normy ČSN 91 0100**

- Nábytek musí být konstruován tak, aby na výrobku v místech obvyklého kontaktu s uživatelem nevznikly ostré hrany (rohy) břity, které mohou být příčinou poškození oděvu, poranění kůže a úrazů.
- Při navrhování výrobku mohou být použity materiály, jejichž užívání, zpracování, obrábění nebo postupy spojené s jejich povrchovou úpravou neohroží bezpečnost osob a životního prostředí dle závazných právních předpisů.
- Projekt výrobku garantuje užité parametry nábytku, zdravotní, hygienické, ergonomické a nepatologické účinky výrobku, dále bezpečnostní, ekologické, požární aj. vlastnosti v souladu s právními předpisy nebo znalostmi známými v době vypracování projektu.
- Otvor v dětském stolu - V souladu s dětskými normami pro evropský nábytek nesmí být průměr otvoru menší než 7 mm a větší než 12 mm v otvoru hlubokém do 10 mm.



Obr. 10 Příklady bezpečnostních rizik.

### Technické požadavky řeší ČSN 91 0001, ČSN 91 0100

- Nábytek musí být konstruován tak, aby nemohla být vlivem obvyklých činností porušena jeho stabilita a funkce.
- Na nábytek musí být použity konstrukční desky a materiály vhodné pro daný účel použití a současně vyhovující namáhání při obvyklém nebo předpokládaném používání výrobku.
- Pro dokončení výrazně namáhaných hran (vyplývající z funkce výrobku) musí být použit vhodný materiál, který zajistí nábytku dlouhodobou životnost a bezpečnost.
- Konstrukce musí být řešena tak, aby nevznikaly netěsné konstrukční spoje, skuliny a mezery, které mohou být příčinou vady výrobku, vad ukládaných věcí nebo zranění uživatele.
- Demontovatelné dílce a součásti musí být zhotoveny s takovou přesností, aby suchá montáž a demontáž mohla být provedena bez dodatečného přizpůsobování.
- Konstrukce nábytku musí být řešena tak, aby při běžném užití výrobku a jeho součástí nebo komponentů, nedocházelo k nežádoucím funkčním nebo zvukovým efektům.

## 3 Materiál a technologie

Technologie se zabývá postupy získávání surovin, jakožto i následujícími postupy při dalším zpracování surovin na základní materiály, polotovary a hotové konečné výrobky. Technologie tedy určuje výrobní způsoby, během kterých se změní počítačnický materiál na výsledný produkt.

Výroba nábytku jde ruku v ruce s historií člověka, jde o řemeslné umění, které se dříve dědilo z generace na generaci a postupně se přeměňuje dle potřeb člověka. Člověk, v našem případě zákazník, je tedy ústředním hybatelem, který formuje výrobu a dává jí přesný směr. Velmi dlouho dobu byla úroveň opracování materiálů udávána rukodělnou výrobou a nástroji, které při ní člověk používal. S tzv. průmyslovou revolucí přišly nové možnosti s vývojem strojního opracování materiálů. Dle Krantoráda (2015) byly již v 19. století prakticky známy všechny technologické postupy opracování dřeva, které využíváme dodnes. Mezi základní a také výchozí postupy opracování dřeva či materiálů na bázi dřeva patří řezání, frézování, vrtnání, broušení a soustružení.

### 3.1 CNC technologie

Zhruba v 80. letech 20. století se začal směr obrábění dřeva otáčet k počítačovému řízení, jinak řečeno numerickému řízení a ke konci téhož století docházelo k jeho velmi rychlému rozšíření. Nastal výrazný pokrok jak technologické tak ekonomické situace a CNC (*Computer Numerical Control*) technologie, které do té doby byly využívány pouze většími podniky, byly najednou dostupné i menším dřevozpracujícím celkům. Nastává tak situace, kdy se v nábytkářském průmyslu vyměňuje lidská práce za automatizované stroje a linky. CNC centra přináší značné zjednodušení komplikovaných pracovních operací, na které firma často neměla dostatečně kvalifikované pracovní síly, proto se stala velmi oblíbená nejen u velkých firem.



Obr. 11 Čtyřosé CNC obráběcí centrum (HOLZHER Pro Master 7122)

„Na dnešní výrobu je kladeno několik i protichůdných požadavků. Ve zkratce lze konstatovat, že výroba, která má být konkurenceschopná, musí vyrábět rychle, levně a kvalitně. Rychlost a cena jsou často v přímém rozporu s kvalitou, a jelikož žijeme ve spotřebním světě, kvalita je jen taková, aby odpovídala normám a přáním zákazníka. Díky CNC technologiím lze dodržet jak dostatečnou rychlost a cenu výroby, tak požadovanou kvalitu.“ (Král a Šrajer, 2008)

### 3.2 Charakteristika CNC strojů

Pro pochopení problematiky je nutno vysvětlit rozdíl mezi pojmy NC, CNC a DNC systémem. Popisem jednotlivých výrazů se zabývá Král (2008):

#### **NC (*Numerical control*)**

Jde o všeobecně o celou oblast numerického řízení, která zahrnuje všechny techniky používané pro řízení obráběcích strojů pomocí zadání série kódových pokynů. Tyto kódové pokyny musí být zadány v určitém pořadí a obsahují písmena čísla i jiné symboly, které jsou poté elektronicky převedeny na impulzy či výstupní signály, které aktivují provoz stroje, tak aby byl správně řízen pohyb obrábění. Tuto činnost vykonává řídicí jednotka stroje, která je jeho nedílnou součástí.

Velmi významným výrazem v této problematice je tzv. „G kód“. Tento výraz označuje v podstatě logické uspořádání pokynů, neboli NC program, který člení tyto pokyny pro NC obrábění na funkce, které řídí pohyb vřetene vůči pracovnímu stolu, pomocné funkce jako je výběr nástroje na obráběcí hlavě, nebo řízení rychlosti a směru rotace vřetena. „G kód“ může být uložen jako samostatný program a lze ho použít později k dosažení totožných výsledků jako při prvním použití.

Nástupcem základního NC konceptu je CNC.

#### **CNC (*Computer numerical control*)**

CNC lze do češtiny přeložit jako „počítačem řízené obráběcí stroje“, je systém kdy obráběcí stroje využívají počítač (CNC řídicí systém) tak, že obrábění probíhá přesně dle připravených NC technologických programů. Základním rozdílem mezi NC a CNC je tedy přidání počítače s klávesnicí k původnímu NC stroji, což umožňuje vytvoření či uložení programů v obráběcím stroji a zautomatizování procesu opakování. CNC stroje jsou velmi oblíbené díky přesnosti, rychlosti a flexibilitě výroby.

#### **DNC (*Direct numerical control/ distributive numerical control*)**

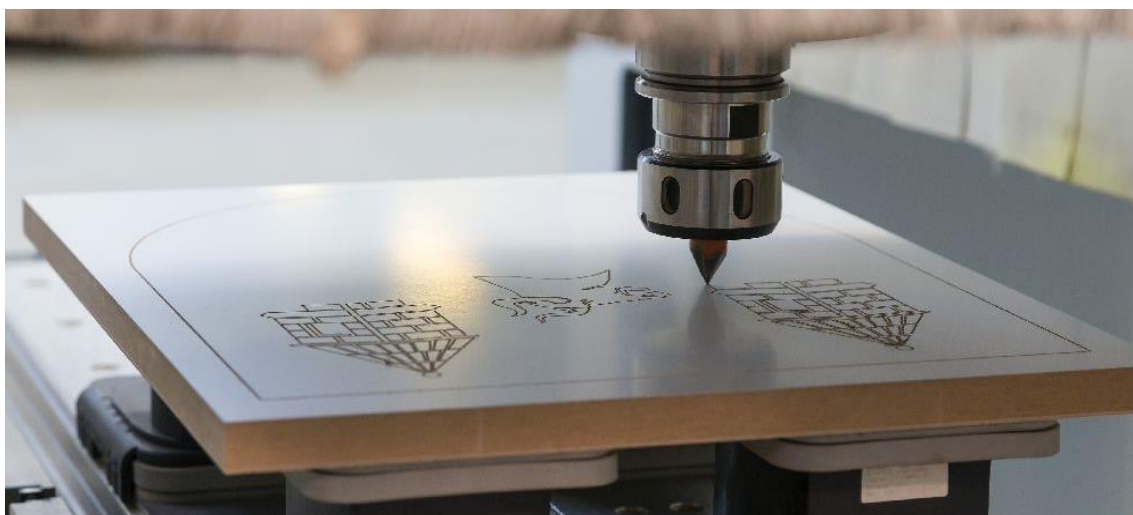
DNC systém si zjednodušeně lze představit jako jeden centrální řídicí počítač, který řídí dva a více CNC strojů. Propojení počítače s CNC stroji lze provést dvěma různými způsoby. Prvním z nich je *Direct numerical control* (přímé počítačové řízení), kde hlavní procesor řídí částečně nebo zcela jeden nebo více strojů, tzn. každý NC stroj dostává povely z hlavního počítače. Tento způsob umožňuje centrální řízení výrobního systému. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena koordinačního počítače a softwaru.

Druhým způsobem je *Distributive numerical control* (operační počítačové řízení), který lze v základní formě popsat jako jeden počítač zasílající informace přímo k řídicí jednotce NC. V nejsložitější formě jde o vzájemně propojenou síť počítačů, která si řídí výrobní operace.

### CNC lze rozdělit dle typu obrábění na:

- CNC vrtačky
- CNC horní frézky
- CNC obráběcí centra
- CNC formátovací pily
- CNC stroje na kontinuální obrábění

Vzhledem k tématu práce jsou pro nás nejzásadnější CNC obráběcí centra nábytkářská, která lze dle Krále (2008) rozdělit na vrtací, frézovací či kombinovaná, záleží zde na převažujícím způsobu opracování.



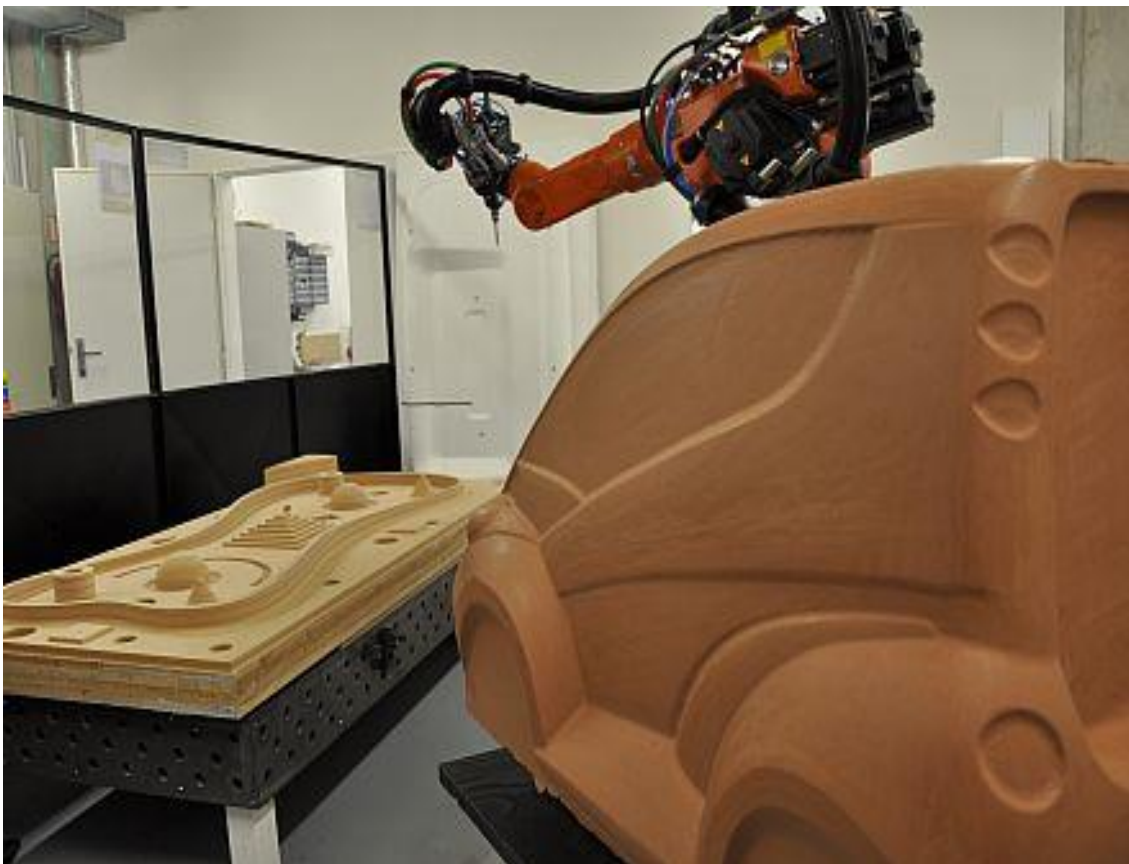
Obr. 12 Pracující CNC frézovací centrum.

Nábytkářská obráběcí centra jsou určena zejména k obrábění plošných materiálů z masivu či materiálů na bázi dřeva. Lze zde na jedno upnutí provádět operace jako je vrtání do plochy, vrtání do hrany (v osách X a Y), řezání (frézování) drážek a polodrážek, vrtání (frézování) otvorů pro nábytkové kování, tvarování (frézování) profilů v ploše i na hranách.

Rozsah použitelnosti záleží na počtu funkčních pracovních os pohybu nástroje, dle kterého lze stroje rozdělit na tří, čtyř nebo pětiosé NC a CNC. Král (2008) popisuje tříosé řešení CNC obráběcího centra jako ve většině případů dostačující pro jednoduchou nábytkářskou a stavebně truhlářskou výrobu. Pracovní hlava vykonává pohyb vzhledem k obrobku v ose X (v podélném směru), v ose Y (v příčném směru) a v ose Z (ve vertikálním směru). Rotující nástroj opracovává obrobek kolmo na svoji osu (vrtáním), rovnoběžně na svoji osu (frézováním), nebo kombi-

novaně. U čtyřosého řešení je pracovní hlava schopna pohybu také ve třech osách, ale navíc má agregát s možností otáčení se kolem své vlastní osy (osa C). Pokud je ke jmenovaným osám přidána možnost naklápět agregát vlevo a vpravo pod určitým úhlem, mluvíme už o pětiosém stroji. Pětiosým CNC centrem lze obrábět velmi kvalitně i prostorově složité tvary jako jsou schodiště, dřevěné modely či plastiky.

Nejpokročilejší možnosti CNC systémů jsou robotizované linky, které se v poslední době objevují častěji. Jde o nasazení robotů při vývojových projektech výroby modelů, maket a vylisků. Kombinace volné kinematiky robota s vyspělou technologií vřeten a softwarovými možnostmi dnešních CAD/CAM systémů nabízí výkonné flexibilní CNC pracoviště.



Obr. 13 Robotizované pracoviště s pětiosým systémem CNC obrábění.

### 3.3 Výhody a nevýhody CNC systémů

#### Výhody:

- Výrobní proces může být plně automatizován.
- Snížení počtu zaměstnanců, efektivnější práce, není nutno dodržovat směnný provoz -> nepřetržitý provoz.
- Možnost zapojení do výrobních linek.
- Velká pružnost výroby, kdy není provoz omezen prostorem na množství strojů jednotlivě vykonávajících jednu danou činnost.
- Zvýšení rychlosti a přesnosti opracování.
- Vysoká přesnost a spolehlivost s malou nutností údržby.
- Odstranění technologických přestávek pro přenastavování stroje.
- Možnost opracování nástrojem ve více osách.
- Jednoduchá fixace dílce při opracování.

#### Nevýhody:

- Náročnost na kvalifikaci obsluhy strojů.
- Poměrně velké pořizovací a provozní náklady.
- Nižší rychlost výroby v poměru s velkosériovou výrobou na jednotlivých specializovaných strojích.

### 3.4 Materiály vhodné pro nábytek obráběný CNC technologií

V nábytkářském průmyslu jsou nejpoužívanější velkoplošné materiály na bázi dřeva. Jinak tomu není ani u nábytku uzpůsobenému k výrobě na CNC obráběcích strojích. Největší podíl těchto velkoplošných materiálů v nábytkářském průmyslu je spojen s celkovou koncepcí a s technologií opracování. Výroba velkoplošných aglomerovaných materiálů se na našem území rozmohla už zhruba na počátku 20. století jako reakce na dřevní odpad, který ve druhé polovině téhož století prakticky vymizel. Velkou výhodou jsou jednoznačně nižší nároky na vstupní surovinu oproti výrobě z rostlého dřeva. Mezi nejpoužívanější velkoplošné materiály patří především dřevotřískové a dřevovláknité desky, desky z orientovaných plochých třísek a překližky. Každý z nich má své specifické vlastnosti, dle kterých je nutné zvážit a vhodně zvolit jejich využití.



### Výhody velkoplošných materiálů na bázi dřeva

- Nižší anizotropie než u rostlého dřeva.
- Rozměr výroby desky omezen pouze využitou technologií.
- Efektivnější využívání dřevních surovin.
- Větší možnost přizpůsobení se trhu.



Obr. 14 Nábytek vyrobený z velkoplošných materiálů (zleva: MDF, karton, překližka, OSB)

### Typy velkoplošných materiálů na bázi dřeva

#### • Spárovka

Dle Krontoráda (2008) je spárovka deska, vytvořená vzájemným šířkovým slepením jednotlivých přířezů masivního materiálu. Běžně se pro slepení používá PVAc (polyvinylacetátové) lepidlo. Holouš a Máchová (2013) dále uvádějí, že spárovka je materiál určený pro vnitřní účely bez nebezpečí navlhnutí. Jednotlivé díly, vlysy ze kterých se spárovka skládá, jsou zrcadlově skládány z radiálního nebo tangenciálního řeziva (musí být vyztužena vlysem pro zachování roviny plochy). Desky jsou dodávány při vlhkosti  $8 \pm 2\%$  a to v tloušťkách 14 - 55 mm, šířkách 1200 - 1300 mm a délkách 2000, 2500, 3000 a 5000 mm. Hmotnost se odvíjí od druhu použitého dřeva – např. průměrná hmotnost bukové spárovky je 620 - 700 kg/m<sup>3</sup>.

#### • Překližka

Překližky vznikají slepením lichého počtu loupaných nebo krájených dýh při respektování pravidla osové symetrie. To udává, že od středové vrstvy musí být na každou stranu stejný počet a vlastnosti vrstev, jak uvádí v literatuře Kotradyová (2009). Dvojice dýh na každé straně musí mít stejný směr vláken, tloušťku a použitou dřevinu. U překližek je vždy následující vrstva pootočená o 90°, tím dochází k překřížení vláken a zvýšení pevnosti a stability. Překližky mohou být třívrstvé (tloušťka 3, 4 a 5 mm), pětivrstvé (tloušťka 6 - 12 mm), sedmivrstvé (tloušťka 9, 10, 12 a 15 mm) a vícevrstvé, nazývané také multiplex, o počtu vrstev do 35 (tloušťka 15 - 50 mm). Překližky dělíme na truhlářské, vodovzdorné, obalové, letecké a speciální.



- **DTD - Dřevotřískové desky**

Böhm, Reisner a Bomba (2012) uvádí, že jde o deskový materiál vyrobený z dřevěných částic (dřevěných třísek, hoblin, pilin, apod.), spojených organickým pojivem pomocí tepla a tlaku. Výroba se skládá z výroby štěpek, jejich úpravy, nanášení lepidla, lisování a dodatečné úpravy. DTD se vyrábějí nejčastěji třívrstvé. Vnitřní vrstvu tvoří větší listkové třísky a povrchové vrstvy jemné jehlicovité třísky. Díky tomu je povrch desek mnohem homogennější a hladší. Samotná výroba pak nejčastěji probíhá na kontinuálních linkách. Dřevotřískové desky se vyrábějí surové (broušené a nebroušené), dýhované, laminované (velmi často využité v dnešní době) a opláštěvané plastovou nebo papírovou fólií. Nejvíce se setkáme s formáty o rozměrech 1 830×2 750 mm a 2 070×2 800 mm. Jedná se o nejlevnější aglomerovaný materiál.

- **MDF (*Medium Density Fiberboard*) - Dřevovláknité desky střední hustoty**

MDF desky jsou tvořeny ze dřeva bez kůry, které je zpracováno na mezistupňový polotovar – štěpky, které jsou dále rozvlákněny na drobné částice, jak uvádí Kronatorád (2008). Nejvíce ceněnou vlastností MDF je dokonalá homogenita v kterékoliv části průřezu. Díky této vlastnosti jsou naprosto vhodné pro profilování hran či frézování do plochy. Díky hladkému a rovnému povrchu je možné povrchově upravovat lakem, fólií, laminátováním či dýhováním. Hustota se pohybuje mezi 400 – 900 kg/m<sup>3</sup>, v nábytkářství se nejvíce setkáme s hustotou okolo 650 kg/m<sup>3</sup>. Holouš a Máchová (2013) uvádějí, že běžné formáty MDF jsou například 2750×1840 mm; 2440× 2750 mm a 3500×1220 mm o tloušťkách v rozmezí 8 - 40 mm.

- **HDF (*High Density Fiberboard*) - Dřevovláknité desky vysoké hustoty**

Böhm, Reisner a Bomba (2012) uvádí, že HDF desky mají hustotu větší než 900 kg/m<sup>3</sup>. Ve většině případů jsou vyráběny v tloušťkách 2 - 6 mm. Od počátku výroby (r. 1949 - firma Solo Sušice) se jedná o velmi kvalitní materiál, který se rychle uplatnil na trhu. HDF má ve většině případů horší mechanické vlastnosti než překližka, ale je výrazně levnější. Díky některým přednostem, zejména tvrdosti a homogenitě, často překližku nahradil (např. záda skříňového nábytku). Na pevný povrch lze dobře provádět potisk, laminovat, nalepovat dýhu nebo papírové folie.

- **OSB (*Oriented strand board*) desky**

Jde o materiál vytvořený lisováním velkých (2 - 7 cm) dřevních štěpků nebo hoblin ve třech až čtyřech vrstvách. Za užití tlaku a tepla jsou spojeny voděodolným lepidlem. Různou orientací vrstev se dosahuje vylepšených mechanicko-fyzikálních vlastností podobně jako u křížového lepení dýh v překližkách. Desky se vyrábí s broušeným i nebroušeným povrchem. Můžou také mít v hraně vyfrézované pero/drážku pro dobré napojení při tvorbě podlah nebo stěn. Holouš a Máchová (2013) uvádějí, že běžné formáty OSB desek jsou 2440×1220 mm, 2500×1250 mm, 2070×2800 mm a to v tloušťkách v rozmezí 6 - 40 mm.

## 4 Demontovatelný nábytek

„Demontovatelný nábytek lze vnímat buď v pojetí demontovatelných spojů, nebo v užším pohledu demontovatelného nábytku. Z historického hlediska jsou demontovatelné spoje výrazně starší. Zmínka o prvních rozebíratelných spojích sahá až do Egypta a to přibližně do roku 715 - 525 před naším letopočtem.“ (Šimek, 2010)

### 4.1 Historie demontovatelného nábytku

Demontovatelný spoj zasahuje hluboko do historie, mezitím co demontovatelný nábytek, začal být produkován až mnohem později. Tento nábytek vycházel především z potřeby přepravy na dlouhé vzdálenosti v rozloženém stavu z prostorových důvodů – rozložený stav → menší rozměr výrobku → nižší cena přepravy → možnost distribuce více kusů.

S myšlenkou demontovatelného nábytku přišel Michael Thonet, zakladatel značky TON, která je neodmyslitelnou ikonou nábytkářské produkce a designu od 19. století až do současnosti. První továrna byla postavena roku 1861 v Bystřici pod Hostýnem a vyráběl se zde nábytek z bukového ohýbaného dřeva. Již po deseti letech od otevření produkovala cca 300 000 kusů produktů ročně. Výrobou demontovatelného nábytku se značce TON otevřely nové možnosti exportu výrobků z Evropy do USA, který by byl bez přepravy nábytku v demontovaném stavu finančně i časově extrémně náročný. Nejslavnější židle značky TON je židle č. 14 (vyráběná od roku 1858), která se skládá z 6 snadno složitelných dílů. Nejen v Americe se tato židle stala velmi žádanou a oblíbenou. Dle Svatavy Molákové bylo v rozmezí roku 1859 a 1930 vyrobeno 50 000 000 kusů této židle.



Obr. 15 Židle č. 14 značky TON v demontovaném i složeném stavu.

Nový rozměr této myšlenky dala společnost Ikea zhruba v polovině 20. století, kdy si na tomto principu postupně postavila podstatnou část své „image“. Na rozdíl od ostatních firem, včetně značky TON, které v té době pouze přepravovaly nábytek v demontovatelném stavu a před dodáním zákazníkovi daný kus složily, Ikea dodávala přímo zákazníkům balený demontovatelný nábytek s přesným popisem montáže, kterou si zákazník provede sám v domácnosti. Takto funguje Ikea dodnes a mnoho ostatních společností vyrábějící nábytek ji v tomto následuje.



Obr. 16 Ukázka uložení demontovaného křesla značky Ikea v kartonové krabici.

## 4.2 Běžně využívané druhy rozebíratelných spojů

### • Dřevěné kolíky

Historie dřevěných kolíků zasahuje mnoho století do minulosti a v dnešní době jde o nejvyužívanější nábytkářský spoj. Nejčastěji se setkáme s kolíky bukovými, ale například pro nábytek určený do exteriéru se mohou používat i kolíky z tvrdšího dubu. Kolíky mají po celé svojí délce stejný průměr a mohou být hladké, s rovnými drážkami (hoblované), nebo spirálově rýhované (komprimované). Rozměry kolíků jsou běžně v průměru kolíku 6 - 16 mm, délka je 20 - 120 mm kdy jsou hrany na čelech kolíků zkoseny a vyrábí se při vlhkosti dřeva  $8\pm 2\%$ . Hlavní výhodou je, že materiál reaguje na vnější podmínky (vlhkost, teplota, atd.) podobným způsobem jako materiál, ze kterého je nábytek vyroben, tudíž nedochází k uvolňování spoje jako v případě kovového spoje.

### • Ozuby, rybina

Spojení na ozuby je jedním z nejstarších truhlářských spojů, určený především pro desky z masivního dřeva (spárovky, biodesky, atd.), protože umožňuje spojením dílcům sesychat a bobtnat bez přílišného borcení. Ozuby slouží krom pevného truhlářského spoje i jako dekorativní prvek výrobku. Ozuby jsou samosvorné spoje, tudíž se při spojování nemusí stahovat ve stahovacím přípravku.

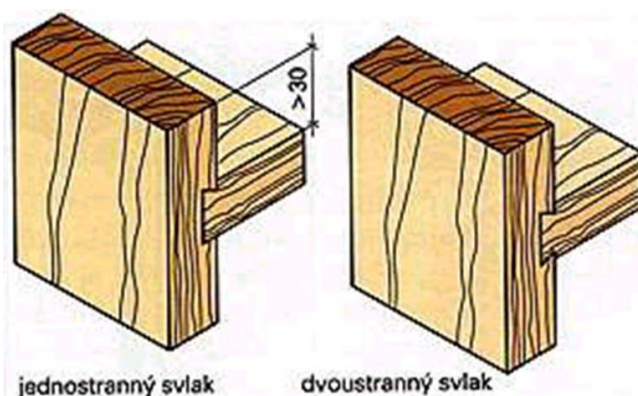
Nejpoužívanější druhy ozubových spojů jsou spojení na rybinové ozuby (otevřené, polokryté a celokryté) a spoje na sružené čepy (přímé ozuby). Na ozubovacích frézách mohou být při jednom pracovním kroku vyfrézovány ozuby a rybiny svlakovou frézou. Díky tvaru frézy mají ozuby zaoblený tvar.



Obr. 17 Otevřené rybinové ozuby v příčném spoji.

- **Svlak**

Svlak využívá rybinové drážky, tedy drážky, která se rozšiřuje s hloubkou a to se sklonem 75° až 80°. Správně aplikovaný svlak se sesycháním utahuje svlakování je vhodný ke spojení desek z masivního dřeva ve tvaru písmene T. Životnost zde závisí ve velké míře na správném provedení svlaku a jeho drážky. Drážka se vyřezává nebo frézuje vždy do průběžného dílu a svlak se vypracovává na tupě připojeném dílu. Takto vyrobený spoj se nikdy nelepí. Dílec by se mohl vlivem změny vlhkosti pokroutit, či potřhat. Svlak dělíme na dva základní typy - jednostranný svlak - pro spojení boku a dna, dvoustranný svlak - například pro středové mezistěny.



Obr. 18 Ukázka jednostranného a dvoustranného svlaku.

- **Čep a dlab**

Čep a dlab je klasický spoj pro rámové konstrukce. Potkáme se s ním ve variantách „skrytého“ a „průběžného“ provedení. Tloušťka čepu a šířka dlabu má činit zpravidla jednu třetinu tloušťky dřeva, délka čepu čtyřnásobek tloušťky dřeva. Jednoduchý spoj se ve výsledku musí lepit. V případě suché aplikace se zajišťuje příčným kolíkem, nebo vsunutím klínku. Podobným spojením je čep a rozpor. S aplikací příčného kolíku tvořil rozebíratelný spoj, který se používal např. u rámu oken.



Obr. 19 Truhlářský rohový spoj na čep a dlab.

- **Pero a drážka**

Jedná se o druh šířkového spoje používaného při spojování desek. Jak vyplývá z jeho názvu, boční strana jedné desky je opatřena perem, které zapadá do drážky na boční straně druhé desky. Tímto způsobem lze spojit několik desek a vytvořit z nich plochu o požadované šíři. Oba elementy pero-drážky se buď vytvoří přímo z dílců, nebo se použije vložené pero. Obdobou tohoto principu je polodrážka. Používá se například při pokládce dřevěných podlah, obložení, výrobě větších desek a podobně.

Z výše zmíněných základních spojů vychází mnoho desítek specifických méně obvyklých druhů spojů. Jsou nejčastěji vytvořeny modifikacemi či kombinací základních spojů. Několik příkladů ukazuje následující obrázek.



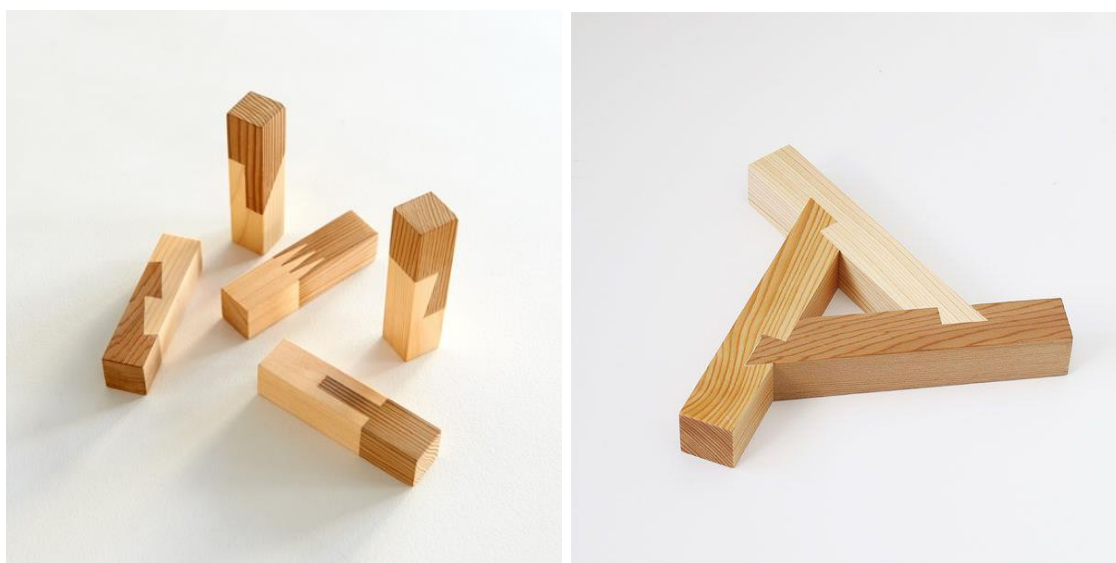
### 4.3 Homogenní spoj

Homogenní spoj je takový, který nevyužívá žádných dalších spojovacích prvků, krom sebe samého k tomu, aby bylo dosaženo plnohodnotné funkce spoje.

Všechny druhy homogenního spoje pracující s důmyslným tvarem jednotného materiálu, v našem případě je to dřevo, nebo materiály na bázi dřeva. Tento druh spoje byl původně využíván především ve spojitosti se stavebnictvím – tesařské práce. Od tohoto odvětví už nemá truhlářské řemeslo daleko a většina tesařských spojů byla převzata právě truhláři. Mnoho z nich bylo a je používáno v původní formě, ale velká část byla přeměněna a postupně se vyvinula až do rozmanitých křivek a „skládaček“, které tvoří design jednotlivých nábytkových kusů.

**Rozeznáváme 3 základní druhy homogenních spojů:**

- podélné (nastavování)
- příčné (sdružování)
- zesilovací



Obr. 20 Příklad podélného (vlevo) a příčného homogenního spoje.

S homogenním spojením je úzce spojen obor v angličtině nazýván „metagrobology“, který se zabývá tvorbou a výrobou různě složitých hlavolamů a skládaček. Z těchto důmyslně řešených skládaček lze načerpat neomezené množství inspirace jak pro nábytkářství, tak pro stavebnictví.

#### 4.4 CNC technologie a její význam při tvorbě demontovatelného nábytku

CNC technologie otvírají tomuto druhu spoje nové možnosti a to především pro využití u běžně vyráběného nábytku. Dříve byla výroba takového spoje technicky i časově velmi náročná, ručním způsobem výroby bylo velmi obtížné dosáhnout potřebné přesnosti a od toho se také odvozovala výsledná cena takového produktu. Díky CNC technologii je výroba mnoha typů homogenních spojů velmi snadno opakovatelná, dokonale přesná, rychlá a u viditelných spojů esteticky zajímavá. Absence lepidel i kování má dobrý dopad na přírodu pokud se na problém podíváme z ekologického hlediska.



Obr. 21 Dřevěný demontovatelný stolec – Autor: BENWU STUDIO (2016).

Demontovatelný nábytek ve smyslu využívání homogenních spojů jako hlavního prvku je velmi lákavý pro mladé designéry po celém světě. Na trhu lze dohledat kusy nábytku s velmi minimalistickými tvary, kde se daný kus nábytku skládá pouze z několika mála dílců, až po důmyslné celky mnoha jednotlivých navzájem se prolínajících dílců, které tvoří jedinečný design produktu.

## 5 Návrh dětského stolku vhodného pro CNC výrobu

Hlavním cílem této práce je navrhnout dětský stůl, který bude vyroben za pomoci CNC technologie. Konstrukce tohoto stolku by měla být snadno demontovatelná a to tak, že není nutné k montáži použít žádné nářadí či kování. Celá konstrukce je tvořena z materiálů na bázi dřeva, nebo ze dřeva samotného.

### 5.1 Požadavky výrobku

#### Vize:

- Hrací stůl pro děti předškolního věku.
- Stabilní konstrukce jen díky homogennímu spoji.
- Snadné složení/rozložení a následné uskladnění výrobku.
- Využití CNC technologie pro výrobu.
- Možnost krátkodobého využití předmětu i v exteriéru (zahradka, terasa,...).

#### Zákazník:

- Člověk, který v domácnosti očekává pohyb dětí předškolního věku a chce jim vytvořit zázemí pro hru.
- Předškolní a mimoškolní vzdělávací zařízení.
- Člověk, který vyhledává méně obvyklé způsoby řešení konstrukce nábytku.

#### Rozměry:

- Výška: 400 – 480 mm
- Šířka: 500 – 800 mm
- Hloubka: 450 – 500 mm

#### Materiál:

- Horní deska a nohy - spárovka (buk)
- lub a kolíky - buk
- **Model:**
  - Horní deska, nohy a lub – MDF
  - Větší i menší kolík – buk



## 5.2 Inspirace a řešerše

Hlavní inspirací k návrhu stolku se stal nábytek, kde je spoj právě hlavním prvkem designu výrobku. Tímto druhem nábytku se v dnešní době zabývá mnoho designérů po celém světě, nebylo tedy příliš těžké na internetu najít inspiraci ve formě různých článků či fotek. Při hledání inspirace nebylo směrodatné, o jaký druh nábytku se jedná, šlo především o použitý viditelný spoj, nebo způsob demontovatelnosti konstrukce daného výrobku.



Obr. 22 Ukázka možností řešení konstrukce homogenním spojem u pracovních stolů.



Obr. 23 Demontovatelný spoj u stolku pro notebook (design: Wilbur Davis studio).



Obr. 24 Možnosti homogenního spoje pracovního stolu (design: Design Milk).



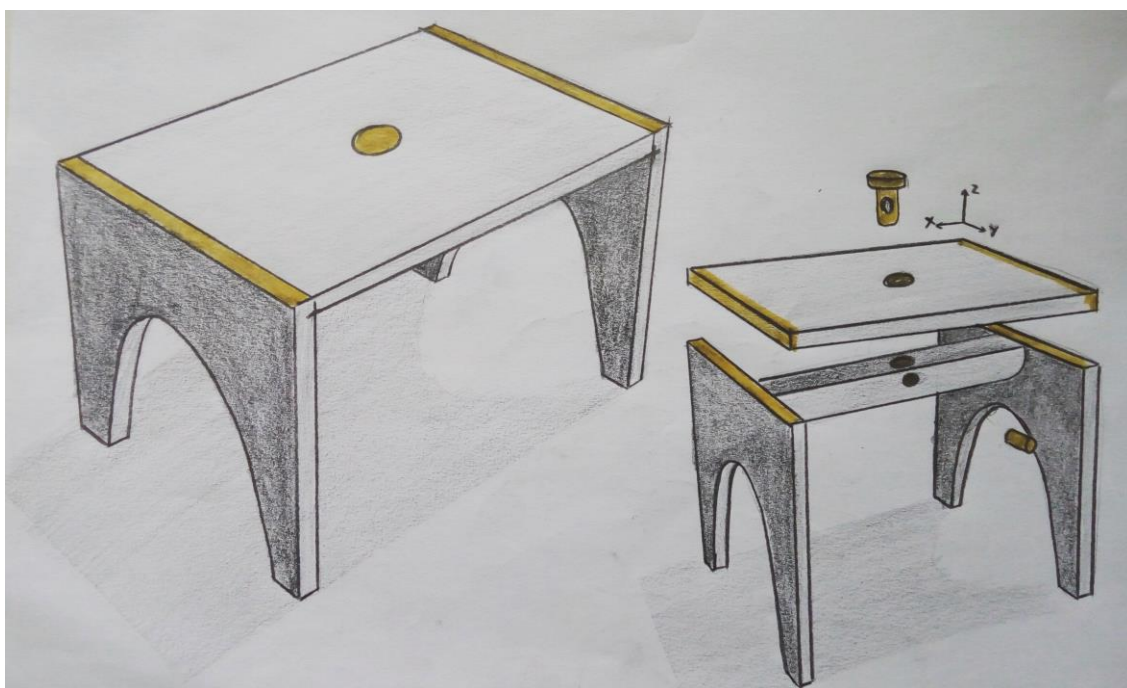
Obr. 25 Ukázka demontovatelného spoje konferenčního stolu (design: Petter Moris).



Obr. 26 Příklad demontovatelného spoje stoličky (design: Studio Zanocchi & Starke).

### 5.3 Návrh stolku

Jelikož jde o hrací stůl pro děti předškolního věku, bylo nutné počítat i s možností, že stůl nebude používán pouze k činnostem pro něj určeným. Proto bylo snahou navrhnout konstrukci dostatečně pevnou, tak aby byl stůl bezpečný a dostatečně stabilní i v extrémnějších případech používání, jako je lezení po stole, užívání stolu více dětmi zároveň a podobně. Z tohoto důvodu nebyly zvoleny jednotlivé 4 nohy, ale pouze 2 nohy zhotovené z materiálu MDF o tloušťce 36 mm. Každá noha má vykrojení oblého tvaru z estetických i praktických důvodů (váha stolu). Tyto nohy jsou nahoře zakončeny křivkou, která koresponduje s křivkou horní stolové desky, a tím společně vytváří homogenní spoj. Tento spoj slouží pro pevné spojení stolu pouze v pohybu do bočních směrů (v 3D prostoru je znázorňují osy  $x$  a  $y$ ) tudíž konstrukci drží pohromadě pouze vlastní váha jednotlivých dílců. Pokud bychom chtěli stůl ve složeném stavu přenést, nebylo by možné ho uchytit za horní desku, nehledě na to, že by pouze takto zajištěný spoj byl nevhodný a nebezpečný pro ponechání dětem bez jakkoliv krátkého dozoru. Proto bylo zvoleno použití dalšího homogenního spoje (kolíkového typu), který zajišťuje pevný spoj horní desky k lubu stolu pod touto deskou a tím pádem i pevné uchycení k nohám stolu (zajištění spoje ve směru osy  $z$ ).

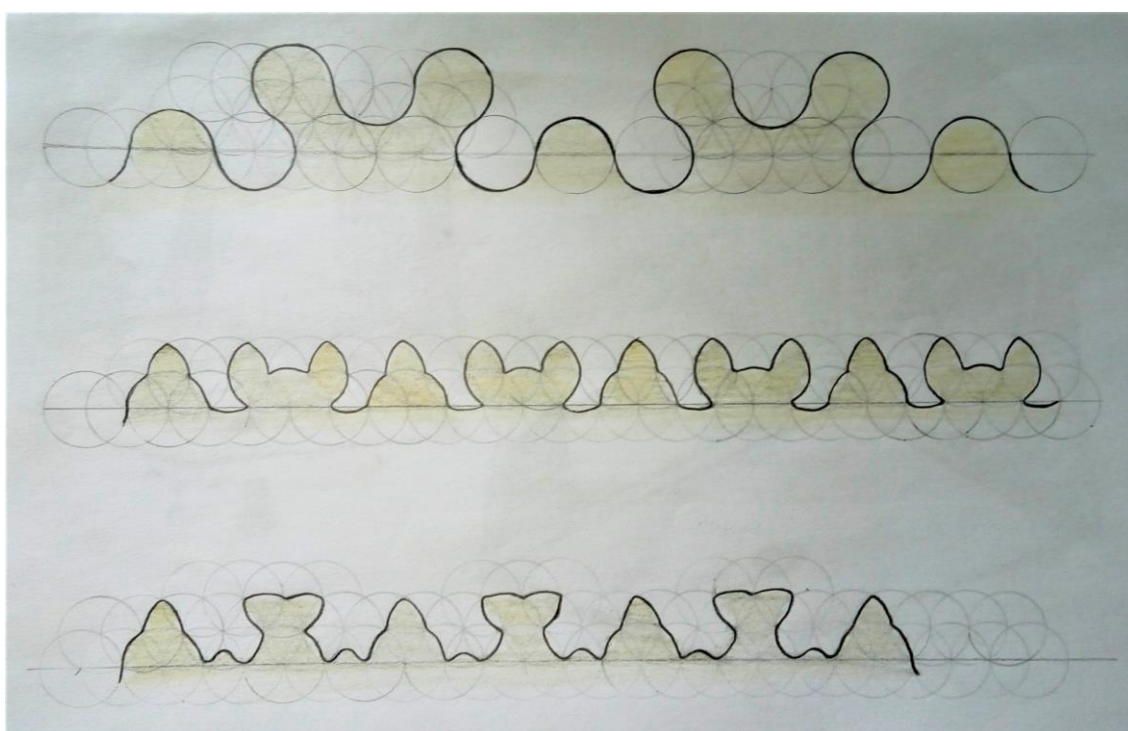


Obr. 27 Návrh konstrukce dětského stolku.



Pro homogenní spoj stolku byla použita modifikace polootevřeného rybinového ozubu. Jelikož jde o spoj, který bude nadále vyráběn pomocí CNC technologie, bylo nutné držet se jistých pravidel, které tato technologie udává. Bylo důležité uvědomit si, že CNC obrábění probíhá v tomto případě frézováním za pomoci nástroje (stopková fréza), což znamená, že hrany musí být zaobleny. Poloměr zaoblení se odvíjí od poloměru stopkové frézy.

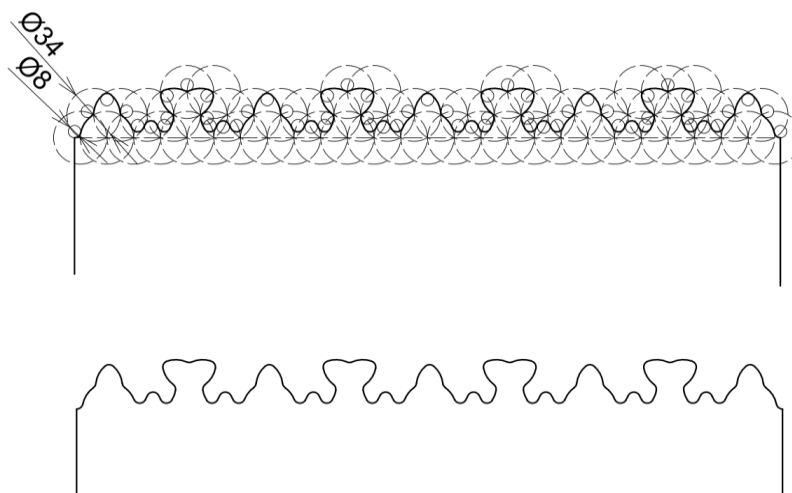
Dalším krokem tedy bylo najít vhodný tvar pro křivku, vycházející z rybinového ozubu, který je hravý, dostatečně pevný a plně funkční. Jak už bylo psáno výše, bylo nutné, aby měl spoj zaoblené hrany, proto se samo nabízelo vycházet rovnou z oblého tvaru. Nejlepší plošným tvarem je kružnice, proto bylo narýsováno několik za sebou systematicky jdoucích kružnic, ve kterých bylo možné vyhledat mnoho opakujících se tvarů tvořených z částí křivek těchto kružnic.



Obr. 28 Ukázka třech ideových návrhů pro homogenní spoj.

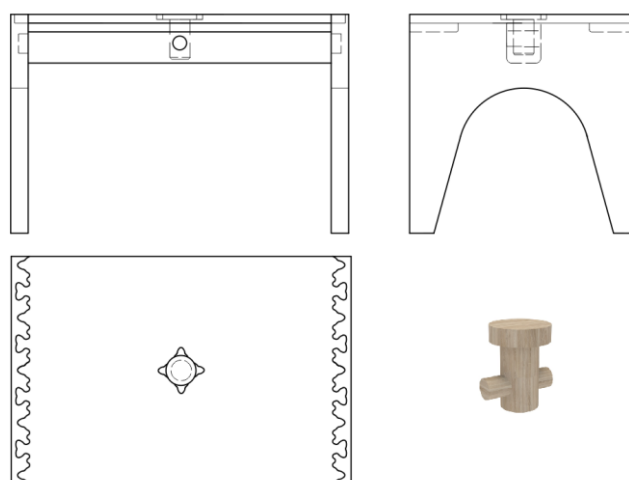
Výslednou variantou byla po konzultaci s vedoucím práce Ing. Milanem Šimkem, PhD. zvolena třetí křivka (na obrázku výše umístěna nejnižše). Důvodů pro zvolení právě této křivky bylo například neobvyklé zpracování tvaru, celkový estetický dojem, absence úzkých tvarů mezi jednotlivými prvky křivky, které by nemusely být při opakovaném skládání a rozkládání stolku dostatečně pevné (v krajním případě by se tyto úzké části mohly ulomit a tím by se stolek stal nebezpečným a nevhodným pro další užívání dětmi kvůli vzniklému otvoru ve spoji). Následovalo propojení zvoleného tvaru spoje s tvarem kolíku, který zajistí pevnost celé konstrukce.

Následné zpracování návrhu probíhalo modelováním v programu 3DStudio Max (verze 2017) a AutoCAD (verze 2016), kde bylo snadné provádět jednotlivé úpravy a doladit celkový koncept stolku s přesností.



Obr. 29 Přesné zpracování křivky homogenního spoje v programu Auto CAD.

Středový spojovací prvek byl řešen vyjmutím části křivky z podélného spoje, která byla následně použita tak, aby vytvořila obvod kruhovému otvoru, do kterého zapadne kolík spojující horní desku a lub stolku. Tímto kolíkem a lubem zároveň prochází další otvor pro menší kolíček, který pevně uchytí větší kolík k lubu.

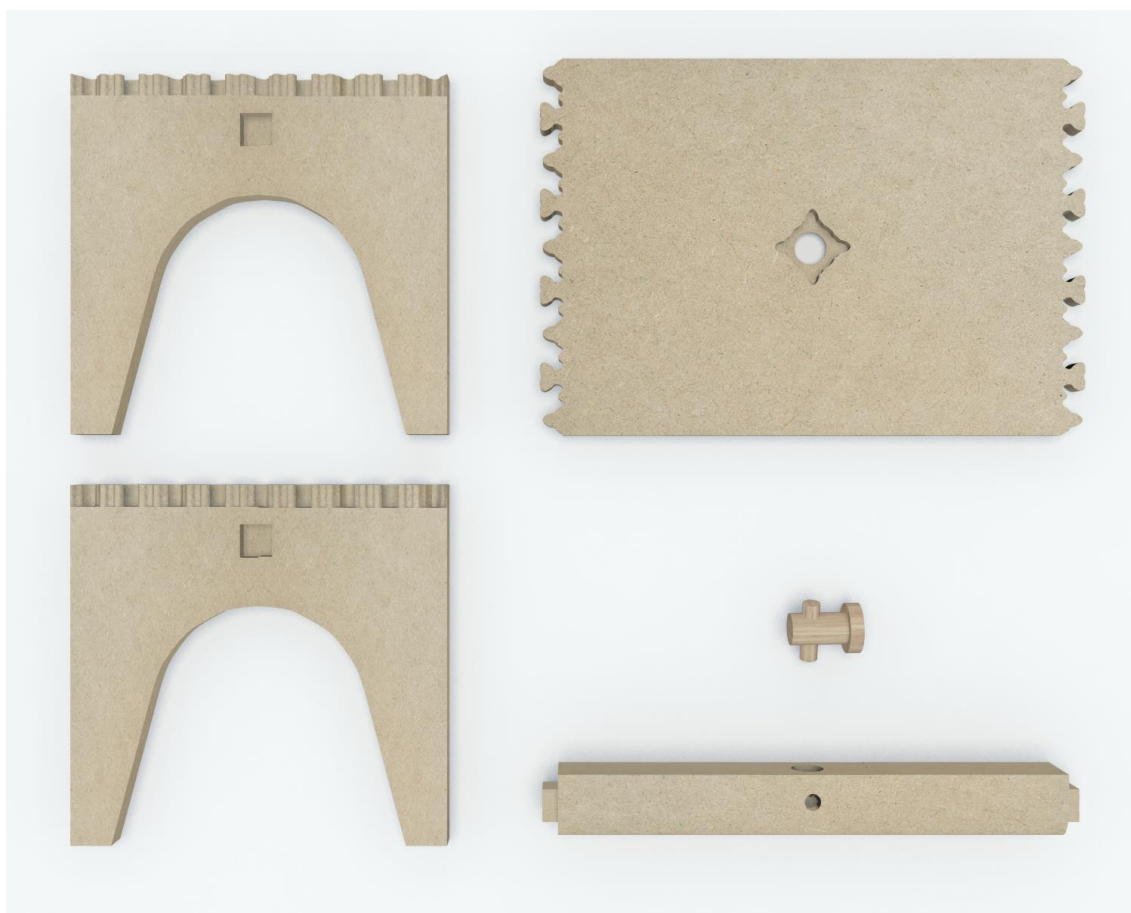


Obr. 30 Umístění středového kolíkového spoje ve stolku + vizualizace kolíkového spoje.

Otvor ve stolové desce odpovídá bezpečnostním normám ČSN 91 0100, které jsou upřesněny výše v odstavci 2.4.



Obr. 31 Vizualizace navrženého stolku z MDF.



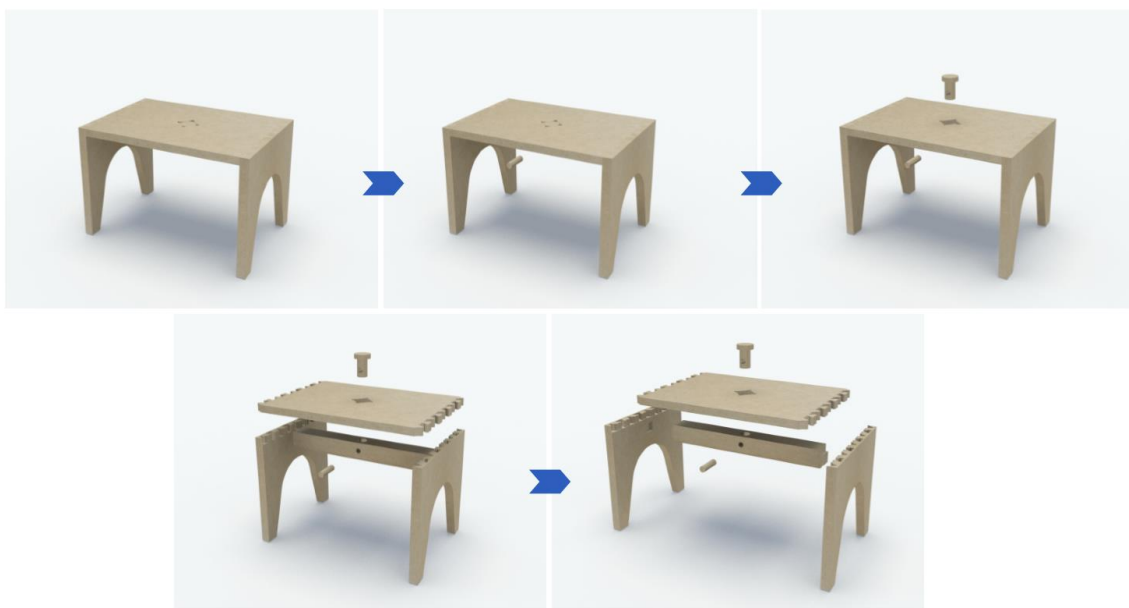
Obr. 32 Stolek v demontovaném stavu.

Konstrukci stolku tvoří celkem 2 nohy, stolová horní deska, lub a dva kolíky. Montáž či demontáž by měl zvládnout dospělý člověk sám bez potřeby použití jakýchkoliv pomůcek či nářadí.

Složení i rozložení stolku lze popsat čtyřmi jednoduchými kroky:

- První krok - spojení lubu s nohama zasunutím čepů lubu do dlabů noh stolku. Díky tloušťce materiálu (38 mm) stojí nohy samy od sebe poměrně stabilně, proto není zapotřebí při tomto kroku spojovat nohy s lubem ve vodorovné poloze, ale ve svislé poloze, ve které stolek běžně stojí.
- Druhý krok - zapuštění horní stolové desky do noh stolku ve směru shora dolů. Spoj umožňuje jediné správné spojení desky s nohama, pokud není křivka spoje stolové desky v pozici přesně nad křivkou spoje noh stolku, není možné tyto dva dílce spojit.
- Třetí krok - vložení většího ze dvou kolíků do otvoru, který se nachází ve středu stolové desky, tak aby byl po vložení kolíku jeho vnitřní otvor naprosto průchozí a souběžný s otvorem stejného průměru v lubu.
- Čtvrtý krok - vložení menšího kolíku do otvoru, který průběžně prochází lubem a větším kolíkem, pro zajištění konstrukce stolku ve všech směrech.

Demontáž probíhá stejným způsobem jako montáž akorát v opačném pořadí.



Obr. 33 Vizualizace ukazující postup demontáže stolku.

Povrchová úprava nábytku se výrazně podílí na funkci i estetických vlastnostech výrobku. Může ovlivnit vlastnosti jako je tvrdost, odolnost vůči oděru, otěru, vlhkému a studenému teplu či světlostálost. Zkráceně lze říci, že hlavní funkcí povrchové úpravy je zvýšení užitné, estetické a ekologické hodnoty produktu.

Vzhledem k materiálu, ze kterého je prototyp vyroben (MDF a bukové dřevo), bylo zvoleno lakování jako nejvhodnější výsledná povrchová úprava. Stoleček má působit hravě a zábavně, ale ne agresivně, proto byla kombinována vždy jedna dominantní výrazná barva s další spíše jemnější pastelovou či tlumenou barvou. Možnosti barevných variant znázorňují následující vizualizace, kde se ukázala vhodnějším barevným řešením světlá barva pro horní desku a sytější pro nohy stolu.



Obr. 34 Barevné varianty dětského stolku.



Při výběru laku nešlo pouze o barvu, ale také o vhodný typ laku, který bude pro děti bezpečný a díky předpokládanému častému přenášení či montáži/demontáži. Dětský nábytek by měl být dokončen nátěrovým systémem neemitující nebo omezeně emitující emise chemických a VOC (volatile organic compounds organické těkavé látky) látek. Těchto požadavků lze dosáhnout výběrem a následným použitím vysokosušivých, UV-tvrditelných akrylátových nebo vodou ředitelných polyuretanových nátěrových hmot. Jmenované druhy laků zaručují dostatečné odolnosti vůči fyzikálně - mechanickému namáhání i vůči působení kapalin.

Ohledně vhodného výběru laku proběhla konzultace s paní doc. Ing. Danielou Tesařovou Ph.D., a po té byl zvolen PUR (polyuretanový) lak ve 2 - 3 vrstvách jako vhodná povrchová úprava stolku. Tento lak se řadí mezi odolné laky určené pro vnitřní použití, používá se například u kuchyňského nábytku. Tento lak slouží až jako poslední vrstva. Nejdříve musí být aplikován PUR základ pro MDF pro ustálení tvaru použitého materiálu. Tento podklad zamezení bobtnání či sesychání MDF a sání barevného laku do MDF.

## 5.4 Výsledný návrh

Výslednou variantou (tzn. varianta, která bude vyráběna jako prototyp) byl zvolen stoleček v modrém provedení. Stolek dostal jméno „CANDY“.



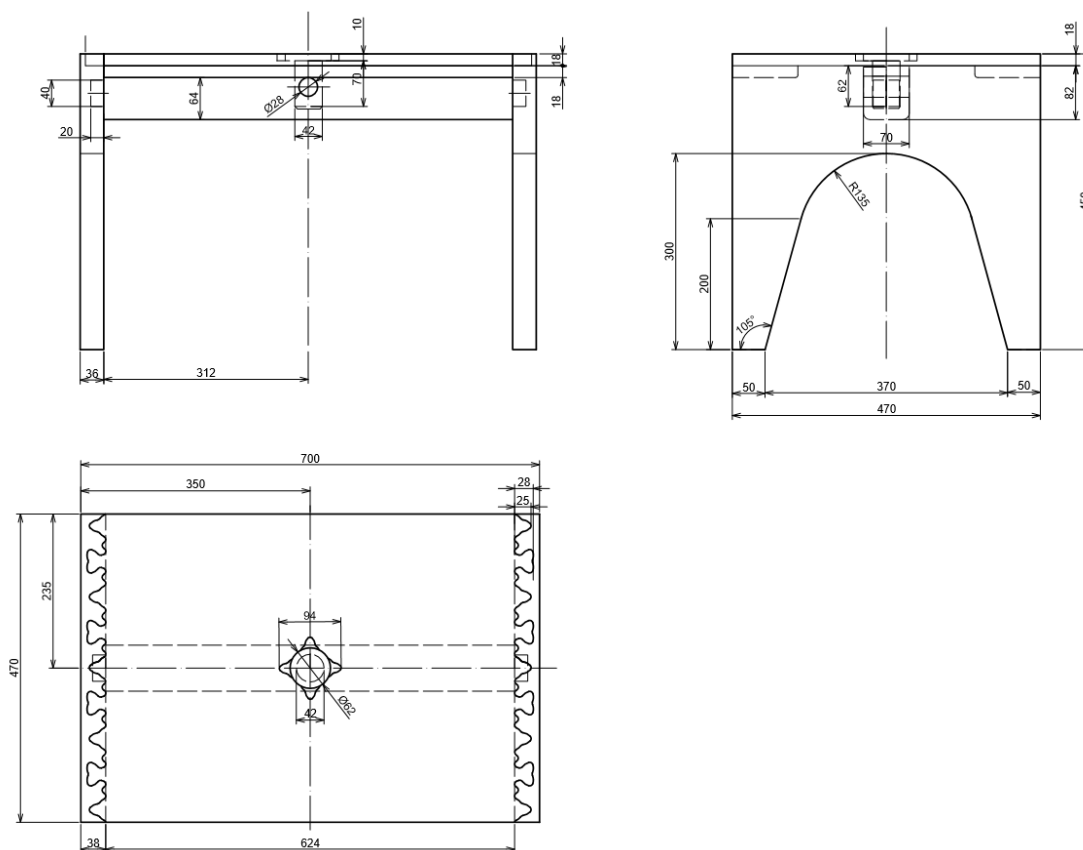
Obr. 35 Vizualizace zvolené barevné varianty (pohled na stolek shora).



Obr. 36 Vizualizace zvolené barevné varianty (pohled na stolek z boku).

Pro přesné určení odstínu laku vybrané varianty bylo vybráno běžné označení dle vzorníku barev RAL (celosvětově uznávaný standard pro stupnici barevných odstínů). Modrá barva noh a lubu - RAL 5015, barva odstínu „slonová kost“ horní desky a menšího kolíku - RAL 1015 a oranžová barva pro větší kolík - RAL 1018.

Rozměry navrženého stolku jsou 700×470×450 mm. Tyto rozměry jsou odvozeny od tělesných rozměrů dětí předškolního věku, pro které je stůl určen a které jsou dále popsány v kapitole 2.3 - Ergonomie. Následující obrázek zobrazuje základní pohledy s kótami. Celková technická dokumentace stolku je umístěna v přílohách této práce (příloha 1 – technická dokumentace).



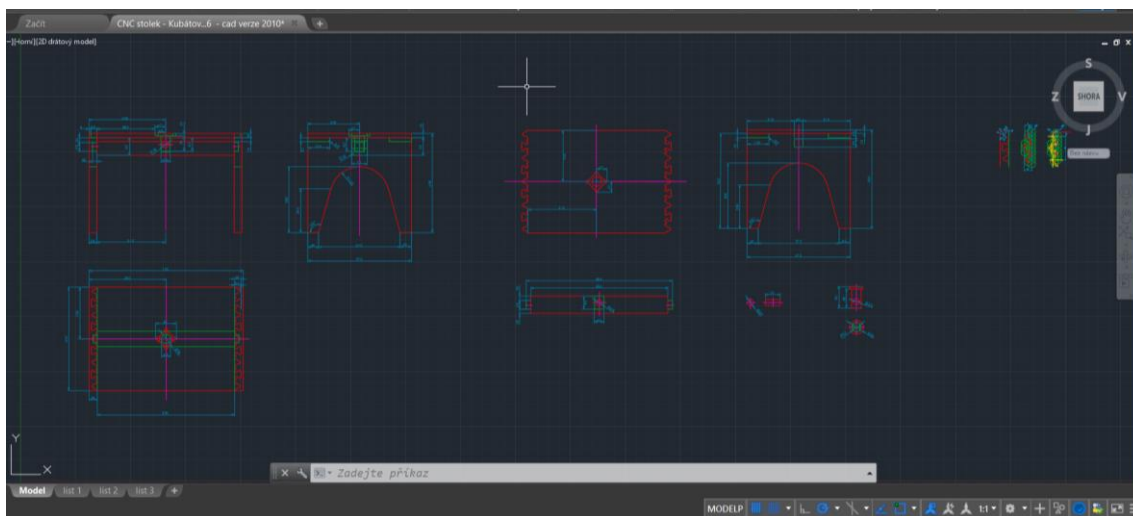
Obr. 37 Nárys, bokorys a půdorys stolku se základními rozměry.

Pro snadné přenášení a uskladnění demontovaného stolku byla v rámci návrhu stolku navržena a následně ušita textilní taška. Tato taška má rozměry odpovídající rozměrům největšího dílce stolku (horní desky) s přidáním 5cm v každém směru pro pohodlnější manipulaci dílců uvnitř tašky. Vnitřní prostor tašky je oddělen podélně na čtyři sekce třemi textilními přepážkami, aby nedocházelo k tření a oděru laku jednotlivých dílců při přenášení stolku. Taška má vyztužené dno se vsitou polyuretanovou pěnou pro zamezení možnosti poškození stolku při pokládání a široké zapínání klasickým zipem. Taška je vyrobena z šedé voděodolné textilie s černými lemy švů. Uši tašky jsou dostatečně dlouhé pro co nejpohodlnější možnost nošení na rameni. Foto celé tašky lze najít v kapitole 6.4 - Hotový prototyp.

## 6 Výroba prototypu

### 6.1 Příprava technické dokumentace a G kódu

Prvním krokem k přípravě stolku pro výrobu bylo vypracování výrobního výkresu. Tvorba technické dokumentace v tomto případě probíhala v programu AutoCAD. Technická dokumentace musela obsahovat základní pohledy výrobku (nárýs, půdorys, bokorys) s okótovanými jednotlivými částmi. Dále jednotlivé okótované dílce výrobku a přesné rozkreslení křivky s udanými rádiusy jednotlivých částí této křivky.



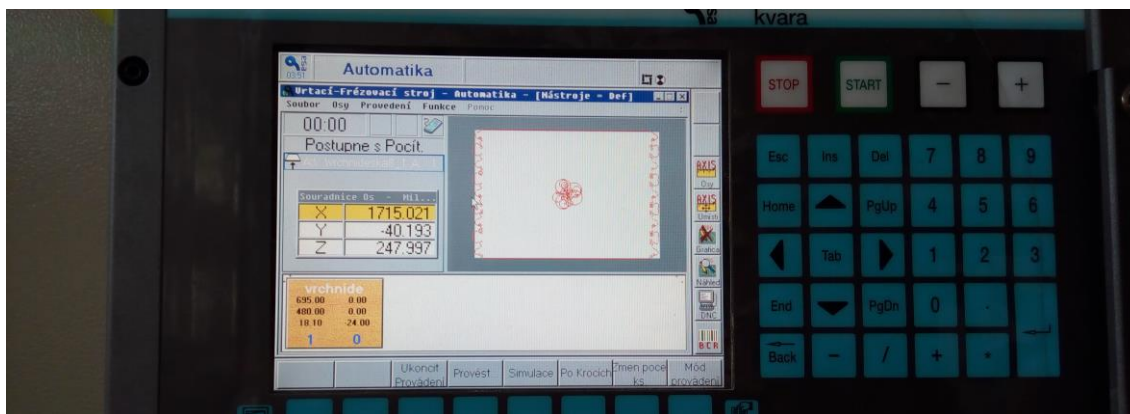
Obr. 38 Tvorba technické dokumentace v programu AutoCAD (verze 2016).

Vytvořený výkres uložen ve formátu .dxf (uložený ve starší verzi pro možnost otevření souboru i ve starších verzích programů) byl převeden ze systému CAD (*Computer-aided design*) do systému CAM (*Computer-aided manufacturing*). V tomto případě šlo o převod z programu AutoCAD do programu Alphacam. Práce v tomto programu a následná výroba prototypu probíhala v prostorách dílen Mendelovy univerzity v Brně.

Po vložení narýsovaných dat do výše zmíněného programu Alphacam bylo potřeba v pracovním prostoru dle výkresu určit dráhu (křivku), podle které se bude pohybovat obráběcí nástroj. K této křivce byly vždy přiřazeny nástroje a hodnoty definující obrábění jako je závislosti nástroje ke křivce (kopírování křivky nástrojem po středu či z její strany a v jaké hloubce), otáčky a rychlost posuvu nástroje. Následně jsou jednotlivé operace seřazeny do správné posloupnosti. Je důležité zmínit, že oproti technické dokumentaci vytvořené v AutoCADu, bylo v tomto kroku ubráno cca 0,2 mm z vnějšího tvaru křivky, jako technologická mezera pro spojení stolové desky a noh stolku. Ze vzniklých informací byl vygenerován G kód (strojový NC kód), který byl vložen do CNC řídicího systému.

## 6.2 CNC stroj a výroba

Výroba dále probíhala na tříosém vrtacím a frézovacím CNC stroji pro plošné dílce SCM Tech 99. Po nahrání programu do CNC stroje bylo nutné provést kontrolu správnosti vytvořeného G kódu pomocí simulace výroby. Simulací výroby je možné odhalit chyby, které mohou vzniknout při vytváření G kódu.



Obr. 39 Ukázka grafické simulace výroby na displeji CNC stroje.

Ještě před začátkem dalších operací na CNC stroji bylo nutné připravit MDF z velkého formátu na menší jednotlivé dílce. Naformátování dílců probíhalo na univerzální kotoučové formátovací pile, kde bylo dílcům ponecháno 0,5cm nadměry v každém směru oproti plánovanému rozměru po opracování na CNC stroji.



Obr. 40 Vrtací a frézovací CNC stroj SCM Tech 99.

Pro obrábění dílců v CNC stroji byla použita stopková fréza o průměru 8 mm. Plánovaná hloubka obrábění byla po celé hloubce MDF (36 mm). Této hloubky ale nemůže nástroj tak malého průměru dosáhnout, proto byla pro výrobu horní desky použita MDF poloviční tloušťky (18 mm). Po dokončení frézování byl dolepen pás MDF (18 mm) z bočních stran stolové desky pro dosažení požadované tloušťky.



Obr. 41 Frézování stolové desky (vlevo) a stopková fréza o průměru 8 mm (vpravo).

Z důvodů konstrukce použitého tříosého CNC stroje nebylo možné provádět obrábění druhého dílce, kterým byly nohy stolku, ideálním způsobem (upnutím dílce nohy stolku ve vertikální poloze), jelikož dílce byly příliš dlouhé. Byla tedy zvolena výroba způsobem plošných protikusů.

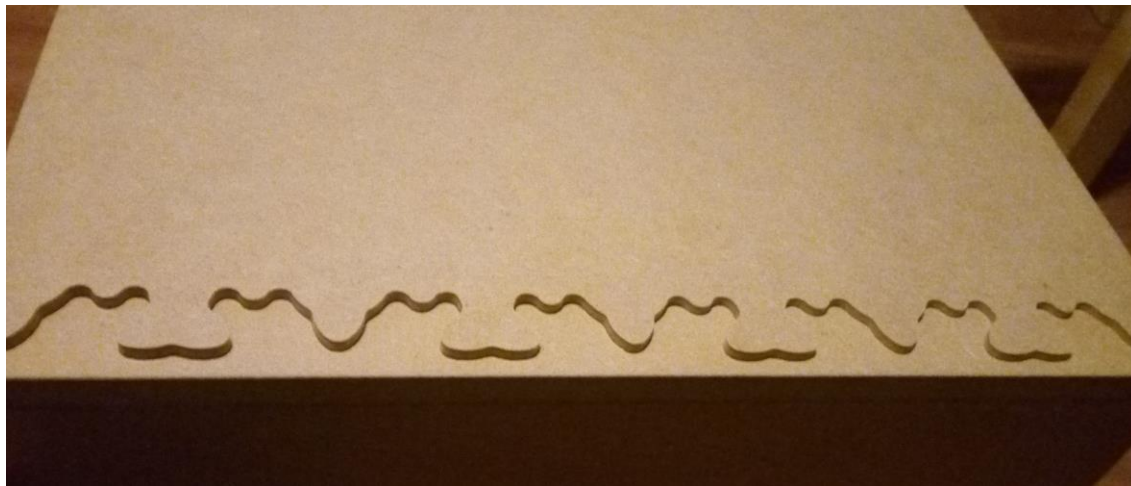


Obr. 42 Ukázka ideálního upnutí dílce nohy stolku ve vertikální poloze.

Ze zvoleného způsobu výroby tedy vyplývá, že nebylo možné obrábět nohu v celku, což znamená, že byla vyfrézována křivka spoje nohy při běžném horizontálním upnutí dílce, stejně jako horní deska stolku. Tento dílec byl následně z druhého konce zkrácen na šířku materiálu nohy (36 mm) a za pomoci lepidla přilepen ke zbytku nohy. Pro veškeré lepení bylo použito PVAC lepidlo (D3/04 PVAC - kleiberit 305.3.).



V souhrnu je tedy výsledná tloušťka stolové desky a nohy stolku 36 mm. Pro výrobu stolové desky a části nohy obsahující spoj byl použit materiál MDF tloušťky 18 mm a pouze pro ostatní část nohy MDF tloušťky 36 mm.



Obr. 43 Hotový spoj horní desky a nohy stolku.

Následujícím krokem byla výroba lubu a dvou kolíků stolku. Lub se skládá ze zdvojené MDF (36 mm), která byla následně formátována na přesný rozměr a osazena čepy, vše na univerzální kotoučové formátovací pile. Následně byly u dílce broušením upraveny spodní hrany a dočištění všech ploch. Teprve po broušení následovalo vrtání otvorů ve středu lubu pro zpevňující kolíky stolku.

Kolíky stolku byly vytvořeny z masivního dřeva (buk) soustružením. Větší z kolíků se skládá ze 3 různých průměrů a jednoho otvoru, kterým prochází menší kolík. Otvory ve větším kolíku a v lubu byly prováděny stolní vrtačkou.

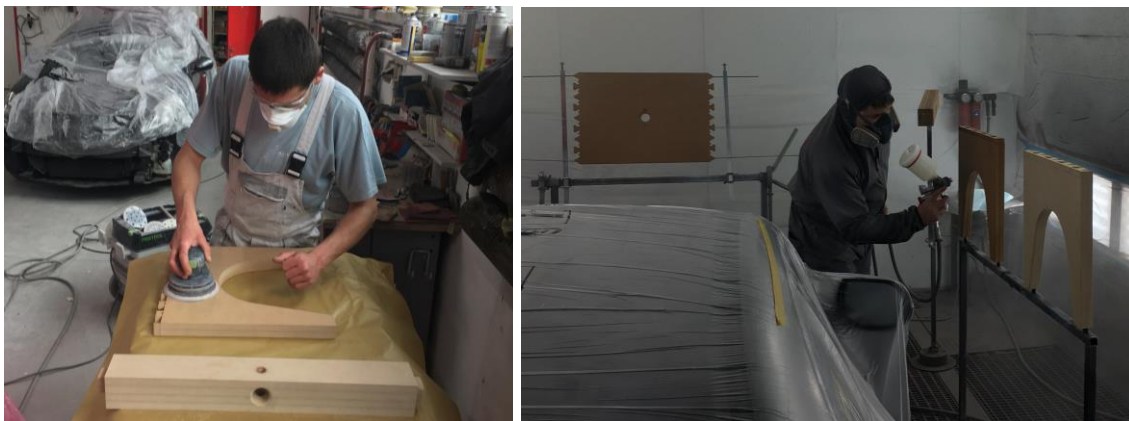


Obr. 44 Foto otvoru pro větší středový kolík ve stolové desce a obou kolíků stolku.

### 6.3 Lakování

Před začátkem samotného lakování bylo nutné povrch prototypu řádně připravit. Příprava povrchu obnáší vyhlazení a odstranění všech nečistot, kterého dosáhneme broušením. Pokud není povrch materiálu důkladně očištěn a vybroušen, nelze dosáhnout požadované kvality nátěrového filmu, nehledě na vysokou spotřebu nátěrových hmot a nabobtnání materiálu v důsledku sání laku do povrchu materiálu.

Broušení jednotlivých dílců bylo provedeno ruční orbitální bruskou. Pro první broušení všech rovinných ploch byl použit brusný prvek tzv. papírový výsek se suchým zipem o zrnitosti P180. Následovalo další přebroušení jemnějším brusným prvkem o zrnitosti P220. Všechny zaoblené části (kolíky, otvory v dílcích a křivka spoje) musely být vybroušeny ručně brusným papírem P220.

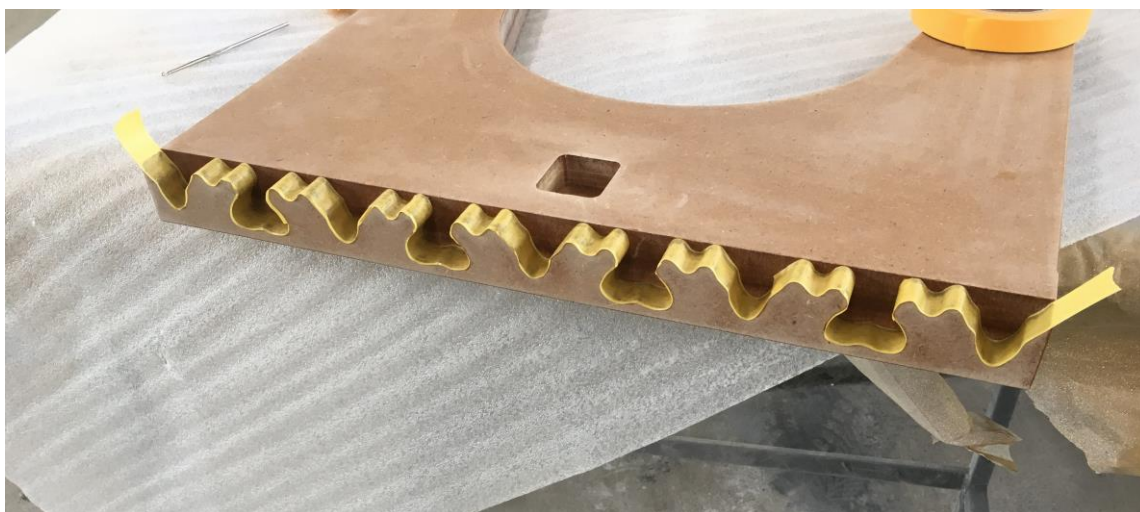


Obr. 45 Fotografie broušení dílce nohy stolku (vlevo) a stříkání PUR základu pro MDF.

Dalším krokem byl nános vysokovrstvého 2K polyuretanového základu (zn. Selemex system) ruční stříkací pistolí. Tato základová vrstva zamezí sesychání či bobtnání MDF vlivem vnějších podmínek a zacelí všechny mikroskopické otvory ve struktuře MDF, čímž zabrání vniku dalšího laku do povrchu materiálu. Všechny dílce vyrobené z MDF byly pevně upnuty do stojanů, kde je minimální plocha dotyku stojanu s dílcem, což umožní maximální pokrytí plochy nátěrovou hmotou.

Po vyschnutí (uváděno 12 - 16 hodin, ponecháno 48 hodin) byly dílce sňaty ze stojanů a bylo nutné je opět přebrousit nyní ještě jemněji, tedy brusným papírem zrnitosti P280. Dále měla následovat aplikace podkladového PUR (polyuretanového) laku (zn. Selemix system) v bílé matné barvě. Tento lak je vhodný pro nanášení stříkáním, má vysokou pigmentaci a dle popisu výrobce je dosaženo dostatečné síly vrstvy po první aplikaci. Odstín tohoto laku je čistě bílá a dalších RAL odstínů je možno snadno dosáhnout přidáním NP pigmentů z míchacího zařízení Selemex.

Vzhledem k pro lakování nedostačujícím mezerám ve spojích stolku (0,3 mm) bylo nejprve nutné olepit všechny vnitřní plochy spoje lepicí páskou tak, aby bylo zamezeno lakování těchto ploch, ale zároveň nebylo narušeno lakování ploch vnějších.



Obr. 46 Olepení vnitřní plochy křivky spoje lepicí páskou.

Po nanesení bílého podkladového PUR laku bylo nutné opět nechat dílce vyschnout 48 hodin a zopakovat proces broušení. Následovaly poslední 2 vrstvy barevného PUR laku, kde mezi jednotlivými nátěry byly dílce vybroušeny. Použité barvy na prototyp jsou modrá pro nohy a lub - RAL 5015, krémová barva pro horní stolovou desku a menší kolík - RAL 1015 a oranžová barva pro větší kolík - RAL 1018. Posledním krokem bylo odlepení lepicí pásky z vnitřních ploch spojů, výsledné vybroušení a začištění hran.



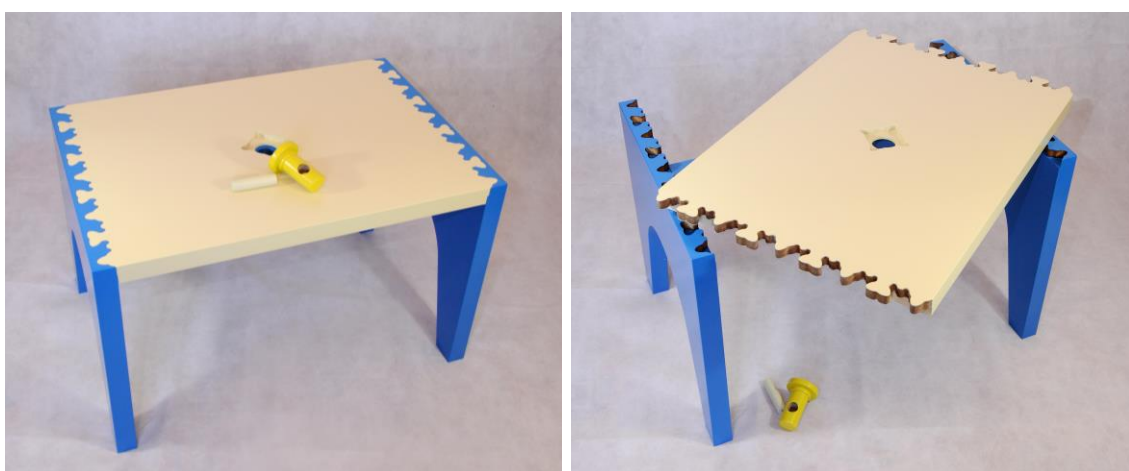
Obr. 47 Nanášení druhé vrstvy barevného polyuretanového laku ruční pistolí.



## 6.4 Hotový prototyp



Obr. 48 Zhotovený prototyp dětského stolku CANDY.



Obr. 49 Prototyp v částečně demontovaném stavu.



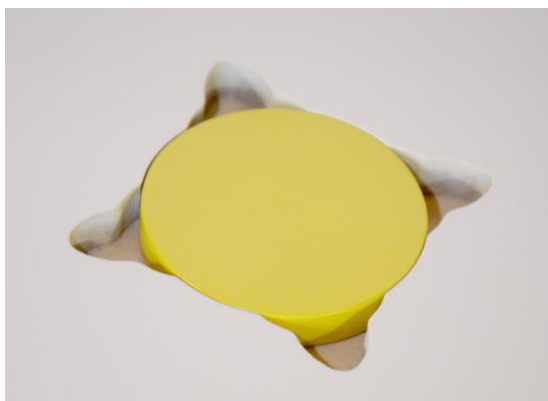
Obr. 50 Textilní taška k přenášení prototypu.

Vyrobený a nalakovaný prototyp je plně funkční, neobjevily se zde žádné nepřesnosti, které by zamezily montáži či demontáži stolku. Textilní taška, vyrobená pro přenášení či uskladnění stolku se ukázala jako dostatečně prostorná a praktická.

## 7 Zhodnocení výsledků práce

### 7.1 Návrhy na zlepšení

I přesto že prototyp stolku plní všechna očekávání, je tu velký prostor pro jeho následující rozvoj. První změnou, která by návrhu jistě prospěla, by bylo jiné řešení středového většího kolíku, respektive jeho otvoru. Je navržen a vyroben tak, aby



Obr. 51 Středový otvor s kolíkem.

tvar umožnil snadnou manipulaci (vsunutí/vysunutí kolíku do konstrukce stolku), ovšem pokud je složený stůlek užíván dětmi k malování či hraní, může se stát, že si děti protrhnou papír při kreslení nad otvorem. Dalším důvodem pro jiné řešení je fakt, že pokud dítě vyleje jakoukoliv tekutinu na stůlek, tak právě do popisovaného otvoru se jí dostane nejvíce a je složité ji odtud dostatečně dobře vyčistit.

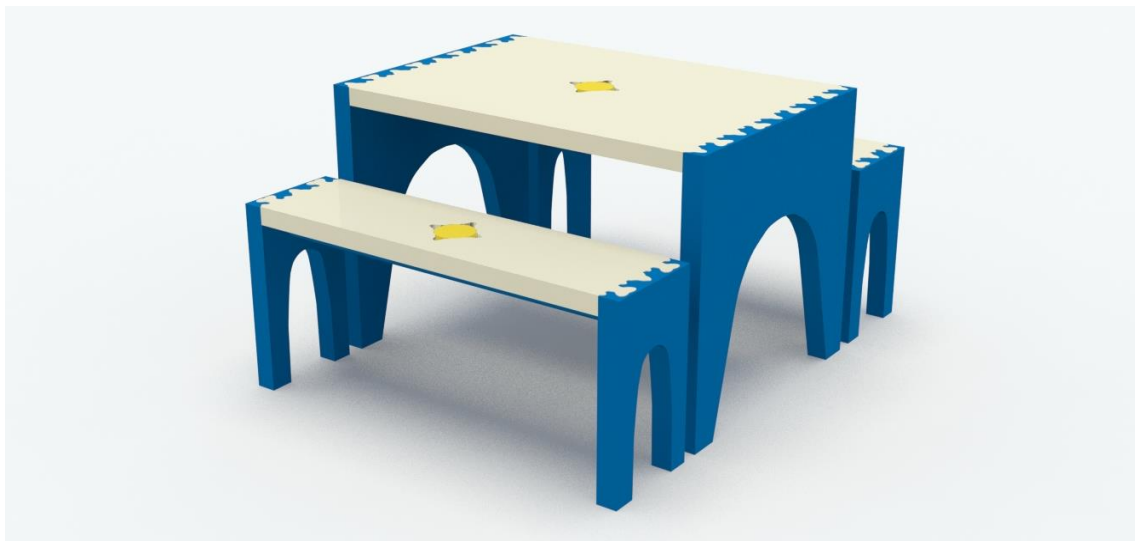
Na tento problém navazuje také řešení lubu stolku. V navrženém případě se skládá ze dvou slepených a následně naformátovaných MDF tloušťky 36 mm. Ve výsledku lub dosahuje rozměrů 664×80×72 mm. Je nejtěžším dílcem celého stolku a v případě sériové výroby by byl v této formě zbytečně komplikovaný.



Obr. 52 Možnost řešení lubu stolku.

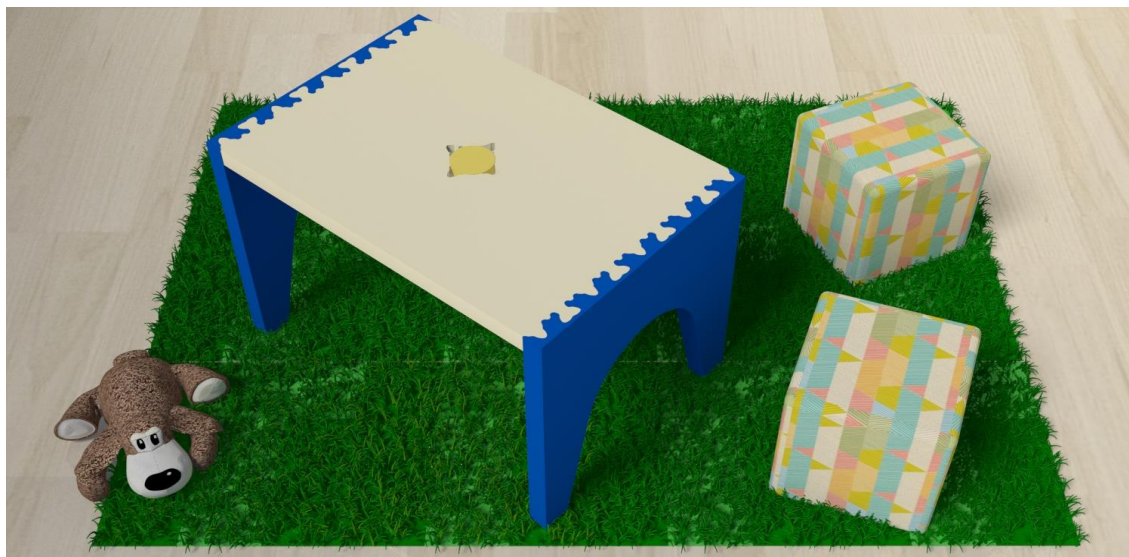
Snazší variantou by mohlo být řešení, kde se namísto jednoho velkého dílce lubu použijí dva menší dílce z materiálu MDF tloušťky 18 mm. Tyto dva dílce by byly umístěny přesně do pozice vnějších hran šířky stávajícího dílce, byly by tedy od sebe umístěny v rozteči 44 mm. V případě tohoto řešení by byla snížena hmotnost celého stolku, částečně vyřešena problematika nepraktičnosti otvoru ve smyslu údržby v případě vylití tekutin a byla by stále plně dodržena funkce lubu i středových kolíků stolku.

Jelikož jde o dětský stůl, lze považovat nedostatkem absence dětského sedacího nábytku. Ideálním řešením sedacího nábytku k navrženému stolu by byla lavička stejné konstrukce jako stůl, s rozdílem snížené výšky a menší šířky. Takovému řešení lavičky je nutno věnovat mnohem větší pozornost, protože pouze zmenším dílců noh a stolové desky je návrh esteticky nevyvážený.



Obr. 53 Vizualizace dětského stolku stolku s lavičkami.

Dalším možným řešením je taburet potažený textilií, výhodou je snadná a bezpečná manipulace i pro dětské uživatele a mnoho možností dekorů textilie. Nevýhodou je využití pouze v interiéru a nedemontovatelnost konstrukce.



Obr. 54 Vizualizace dětského stolku se sedacím nábytkem.



## 7.2 Přínos pro praxi

Celou práci lze shrnout jako pro praxi velmi přínosná. Dalo by se říci, že všechny teoretické znalosti potřebné pro kvalitní návrh a výrobu prototypu byly postupně získány za studia na vysoké škole a následně doplněny při tvorbě teoretické části práce. V průběhu výroby prototypu bylo ovšem postupně objeveno mnoho nedostatků a menších problémů, které nebylo možné přejít. Příkladem takového problému byl rozměr ponechané tolerance v místě spoje noh a horní desky stolku. Zde byla ponechána jednotná rezerva 0,2 mm. Tato rezerva se při montáži ukázala jako velmi hraniční už v surovém stavu MDF těsně po opracování. Pokud by byly dílce stolku před nánosem základového laku ponechány ve vlhčím prostředí, dalo by se počítat s malým nabobtnáním MDF, což by znemožnilo montáž stolku. Tento problém značně zkomplikoval výsledné lakování. Nebylo možné aplikovat lak (kromě prvního nánosu podkladového PUR základu) do místa spojů, protože se musely všechny potřebné plochy ručně oblepit lepicí páskou a dbát zvýšené pozornosti při lakování a následném broušení.

Za další cennou zkušenost lze považovat zjištění, že pouhé výpočty mnohdy „nestačí“, ale je nutno si výsledek pokud možno zkusit. Tímto autor naráží na fakt, že předem byla vypočítána hmotnost stolku na přibližných 14 kg. I výpočtem se zdála tato hmotnost celkem vysoká, avšak přijatelná. Až situace, kdy bylo nutné stolek složený v tašce přemístit na poměrně krátkou vzdálenost (přibližně 600 m), se ukázalo, jak je hmotnost reálně vysoká. Pro dospělého muže je jistě v pořádku, ovšem má-li být stolek určen pro děti například v domě prarodičů, je pravděpodobné, že pro ženu důchodového věku bude tato hmotnost komplikací. Problematika hmotnosti stolku je dále rozebírána v kapitole 7.3 - Diskuze.

V podstatě by do této kapitoly šlo postupně zmínit jakýkoliv bod postupu vzniku prototypu, ale v souhrnu je naprosto dostačující uvést fakt, že teoretické znalosti jsou důležité a nepostradatelné, ale až díky možnosti nahlédnutí do reálného prostředí výroby je možné dosáhnout komplexního pohledu dané problematiky a projeví se mnoho souvislostí, které ze samotné teorie nejsou až tak zřejmé.

## 7.3 Diskuze

Cílem práce bylo navrhnout dětský nábytkový prvek vhodný pro výrobu CNC technologií. Navrhovaný dětský stolek měl splnit několik požadavků. Jedním z nich byla snadná mobilita stolku, aby bylo možné vytvořit zázemí vhodné pro dítě předškolního věku snadno a rychle i v prostorách, kde se děti nevyskytují pravidelně. Příkladem takového prostoru je byt prarodičů či rodinných příslušníků dítěte. S touto myšlenkou byl vytvořen snadný systém demontovatelnosti stolku a textilní taška vhodná ke snadnému přesunu či uskladnění stolku. Dalším požadavkem byla bezpečnost. Bezpečnost zajišťuje konstrukce stolku, která díky několika použitým homogenním spojům zajistí stabilitu a pevnost spoje dílců ve všech směrech možného pohybu. Dalším ze základních požadavků zadání práce byl způsob výroby dílců stolku, vhodný pro obrábění CNC technologií.

Posledním, neméně důležitým, požadavkem bylo esteticky zajímavé zpracování, které bude pro malé děti přitažlivé. Složením všech jmenovaných požadavků a dalších nevyjmenovaných cílů vznikl design navrhovaného dětského stolku.

Zamyslíme-li se tedy nad slovem „design“, zjistíme, že jde v podstatě o soubor aspektů, které mohou nabývat technického, technologického, výtvarného i filozofického významu.

Technologická a technická stránka zpracování návrhu jsou velmi úzce propojeny. Celá práce postupně poukazuje na fakt, že CNC technologie otevírá mnohé nové možnosti výrobě homogenních spojů zhotovených ze dřeva či materiálů na bázi dřeva. V navrženém stolku se lze setkat se třemi různými typy homogenního spoje.

Prvním typem je podlouhlý příčný spoj horní desky a noh stolku, který vychází z polouzavřeného rybinového ozubu. Právě tento spoj je klíčový pro estetický ráz výrobku a je opracováván CNC strojem. Druhým, pro nábytkářskou výrobu často využívaným spojením je čep a dlab, který slouží ke spojení lubu k nohám stolku. Posledním z typů je kolíkový spoj, který je ve stolku použit u většího kolíku zajišťujícího stůlovou desku s lubem a u menšího kolíku, který prochází větším a zpevňuje tak celou konstrukci stolu.

Estetická, chceme-li výtvarná, tvář navrženého stolku je udána především křivkou hlavního spoje. Dále bylo nutné zvolit barevnou kombinaci povrchové úpravy, kterou byl zvolen PUR (polyuretanový) lak. Otázka barevnosti je složitější o to, že každý člověk vnímá barvy jiným způsobem. Autorem byla zvolena tedy barevnost, která není příliš vtíravá, ale přitom není příliš neutrální k upoutání pozornosti.

Výsledný prototyp odhalil mnoho kladných vlastností spoje. Ukázal se jako opravdu pevný a dostatečně stabilní. Mezi diskutabilní vlastnosti stolku se na prototypu projevil materiál. Plánovaným materiálem pro výrobu stolku je buková spárovka a bukové dřevo (pouze pro kolíkový spoj). Pro prototyp byl z důvodů snadného obrábění a ceny použit materiál MDF namísto bukové spárovky. Hmotnost prototypu se vyšplhala na 15,4 Kg. Tato hodnota je hraniční pro funkci mobilního dětského stolku. Uváděná hustota materiálu MDF se pohybuje mezi 650 - 780 kg/m<sup>3</sup>. Jestliže se hustota bukové spárovky pohybuje v rozmezí 620 - 700 kg/m<sup>3</sup> lze usoudit, že stůlek bude lehčí, ale rozdíl nebude výrazný. Návrhem pro snížení hmotnosti by mohlo být použití materiálu menší tloušťky. To by ale výrazně narušilo konstrukci celého stolku, jelikož šířka 36 mm (tloušťka noh stolku) je vyměřena přesně dle šířky křivky spoje horní desky a noh stolu. Chceme-li ponechat křivku spoje v aktuálním tvaru, není možno ji zmenšit kvůli průměru obráběcího nástroje CNC stroje, který je už tak velmi úzký (8 mm).

Je tedy otázkou jaký jiný materiál by mohl být pro výrobu vhodný, aby byl zachován koncept výrobku a výrazněji snížena jeho hmotnost. Problémem lehčích materiálů na bázi dřeva, jako je například překližka, je o mnoho nižší kvalita fyzikálních a mechanických vlastností. Pokud by byla pro výrobu dětského stolku CANDY použita jako příklad uváděná překližovaná deska, dalo by se předpokládat rychlé oštípání hran spojů.

V této kapitole má zajisté své místo i finanční stránka výroby prototypu. Bylo jisté, že výroba pouze jednoho výrobku na CNC stroji bude finančně nákladnější. Projekt byl zaslán elektronickou poštou postupně mnoha firmám různých velikostí. Z těchto firem k autorovu překvapení většina nebyla ochotna ani odpovědět. Osloveno bylo přibližně dvanáct firem vlastnícih CNC stroj, z toho pouze čtyři firmy odpověděly. Z těchto čtyř firem se dvě omluvily, že se projektu nemohou ujmout z důvodu mnoha nasmlouvaných zakázek. Zbylé dvě firmy byly ochotny komunikovat a dále se o projektu bavit. První z nich byla firma Hitona s.r.o, kde byla cena výroby prototypu bez lakování předběžně navržena na 14 500 Kč. Druhou z nich bylo truhlárství pod vedením pana Jana Rozprimo, kde byla cena předběžně navržena na 12 450 Kč. Ani jedna z těchto navržených kalkulací nebyla pro autora z finančních důvodů schůdná. Následné řešení projektu tedy probíhalo na pracovišti školních dílen, kde probíhalo obrábění vlastního materiálu na tříosém CNC stroji za cenu 1 500 Kč. Problém tohoto řešení byla špatná možnost upínání dílců, kde nohy stolku měly být upnuty ve vertikální poloze, což stavba stroje neumožňovala. Proto byla výroba prováděna způsobem plošných protikusů a následně byly části dílců k sobě lepeny. Kompletní způsob výroby je popsán v kapitole 6.2 CNC stroj a výroba. Výroba byla tedy mnohem složitější než bylo plánováno, ale díky ochotě zaměstnanců dílen Mendelovi univerzity v Brně je výsledkem funkční prototyp navrženého dětského stolku. Cenu prototypu lze vyčíslit na 4 800 Kč. Je v ní zahrnut nakoupený materiál MDF tloušťky 18 a 26 mm, opracování materiálu a textilní taška na přenášení prototypu. Nezahrnuje lakování, které bylo provedeno z rodinné známosti zdarma.

Model dětského stolku CANDY byl komisí vybrán a vystaven na mezinárodním veletrhu nábytku a interiérového designu - Mobitex 2017.

## 8 Závěr

Cílem práce bylo analyzovat možnosti výroby nábytku s využitím CNC technologie, navrhnout nábytkový prvek pro děti předškolního věku a následně vyrobit prototypu tohoto prvku pomocí CNC stroje.

Teoretická část popisuje studie problematiky dětského nábytku a jeho požadavků týkajících se ergonomie, konstrukce a bezpečnosti. Dále uvádí teoretický přehled materiálů, homogenních spojů používaných v nábytkářství a všeobecný popis CNC technologie. Informace uváděné v této části práce jsou získávány ze zdrojů, které jsou následně uvedeny v použité literatuře. Následující praktická část práce se věnuje návrhu dětského stolku a kompletním popisem výroby prvního prototypu v měřítku 1 : 1.

Výsledkem práce je tedy prototyp navrženého dětského stolku CANDY. Poznátky získané díky vyrobenému prototypu jsou uvedeny v kapitolách 7.1 - 7.3.

Závěrem lze říci, že dětský stolec CANDY splňuje všechny požadavky zadání práce a poznatky získané výrobou prototypu jsou vesměs kladné. Pro případné uvedení produktu do výroby je ale nutno zamyslet se nad vhodnějším konstrukčním řešením některých z dílců, tak aby bylo možno dosáhnout nižší celkové hmotnosti stolku a zároveň efektivní sériové výroby pomocí CNC strojů.

## Summary

The goal of bachelor thesis was to analyze the possibilities of furniture production with using CNC technology, to design the furniture element for preschool children and produced prototype of this element with using CNC machine.

The theoretical part describes studies of children's furniture and its requirements in terms of ergonomics, construction and safety. It also provides a theoretical overview of materials, homogeneous joints used in furniture and a general description of CNC technology. The information presented in theoretical part of the thesis is obtained from sources that are listed in the literature. The following practical part of thesis is describing design of a children's table and a complete description of the first prototype production in the scale of 1 : 1.

The result of the thesis is the prototype of the designed children's table CANDY. The results obtained from the produced prototype are presented in chapters 7.1 - 7.3.

In conclusion, the CANDY children's table meets all the requirements of the thesis, and the knowledge gained from the production of the prototype is generally positive. However, it is necessary to think about a more suitable design solution for some of the components before production in future, in order to achieve a lower total table weight and efficient series production using CNC machines.

## 9 Literatura

- BÖHM, M., J. RAISNER A J. BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- BRUNECKÝ, P. *Dějiny a bydlení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-354-2.
- BRUNECKÝ, P. A F. ŠVANCARA, *Interiér – člověk a nábytek*. Brno: MZLU Brno, 1995. ISBN 80-7157-157-1.
- HOLOUŠ, Z. A E. MÁCHOVÁ. *Konstrukce nábytku, procesy, návody, příklady*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-844-8.
- HOLOUŠ, Z., E. MÁCHOVÁ A P. KOTÁSKOVÁ. *Odborné kreslení pro učební obor truhlář*. Praha: Informatorium, spol. s r.o., 2008. ISBN 978-80-7333-069-9.
- KANICKÁ, L. A Z. HOLOUŠ. *Nábytek, typologie, základy tvorby*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3746-1.
- KOTRADYOVÁ, V. ET AL. *Furniture Design (Dizajn nabytku)*, Bratislava: STU Bratislava, 2009. ISBN 978-80/227-3006-8.
- KOŘENÝ, A. 2010. *Chair design for CNC manufacturing*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno.
- KRÁL, P. A J. HRÁZSKÝ. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN 80-715-7878-9.
- KRÁL, P. A J. ŠRAJER. *CNC obráběcí centra*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-807-3751-630.
- KRONTORÁD, K. *Výroba nábytku z deskových materiálů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7509-199-4.
- ZÁČAL, J. 2011. *Mechanické vlastnosti nelepených otevřených ozubových spojů vyrobených CNC technologií*. Bakalářská práce. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.



## Internetové zdroje

- AGNES, H., *SMALL DESIGN: PLAYFUL FUNCTIONAL KIDS FURNITURE* [online]. Červen 2016 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.hellowonderful.co/post/SMALL-DESIGN--PLAYFUL-FUNCTIONAL-KIDS-FURNITURE>
- Finewood workin, building furniture* [online]. Listopad 2007 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: [http://wood.woodtools.nov.ru/mag/fww/bfww\\_2007\\_10.pdf](http://wood.woodtools.nov.ru/mag/fww/bfww_2007_10.pdf)
- HAN, G., *Shaper Origin Is the World's First Hand-held, Augmented Reality-Aided CNC Machine* [online]. Srpen 2016 [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: <http://design-milk.com/shaper-origin-worlds-first-hand-held-augmented-reality-aided-cnc-machine/>
- HU, R., *Benwu Studio's Zen-like Offerings* [online]. Únor 2012 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.core77.com/posts/21670/NYIGF-Winter-2012-Benwu-Studios-Zen-like-Offerings>
- KANASAKI, K. AND H. TANAKA, *Traditional wood Joint System in digital fabrication* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2013\\_247.content.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2013_247.content.pdf)
- KITEK KUZMAN, M., M. ŠERNEK A M. KARIŽ, *Design and Manufacturing of Organic Shape Furniture*. Department of Wood Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia:2015 URL: [http://eprints.gozdis.si/1552/1/kitek\\_Proceedings\\_AMBIENTA\\_2013.pdf](http://eprints.gozdis.si/1552/1/kitek_Proceedings_AMBIENTA_2013.pdf)
- KODÝDEK, M., *Truhlářství postaru: Truhlářské spoje* [online]. Prosinec 2013 - Leden 2014 [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: <http://www.truhlarstvipostaru.cz/index.php/truhlarske-spoje>
- NIS - Nábytkářský informační systém, Informace o nábytku* [online]. [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/zavazne-predpisy/page/18/>
- ŠIMEK, M., J. TAUBER A J. ŠPRDLÍK, V., *Innovations in sitting design with a use of CNC technology*. In the 27th International Conference Research for Furniture Industry. 1.vyd. Gazi University Ankara, Turkey:2015, s 77-83. URL: <http://www.furnituredesign2015.org>.

*Technické publikace ČNI, Bezpečnost výrobků a technické normy, Průvodce spotřebitele 2.* opravené vydání, svazek č. 5., Sdružení českých spotřebitelů, Praha, 2006. ISBN 80-239-6299-X dostupné z: [http://www.n-i-s.cz/userfiles/Zach\\_Pozadavky\\_dle\\_funkce\\_ulozny\\_nabytek/Bezpecnost\\_vyrobku\\_NIS\\_Milda\\_Simek\\_2012\\_1.pdf](http://www.n-i-s.cz/userfiles/Zach_Pozadavky_dle_funkce_ulozny_nabytek/Bezpecnost_vyrobku_NIS_Milda_Simek_2012_1.pdf)

*TON, O společnosti* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.ton.eu/cz/o-spolecnosti/>

VODIČKOVÁ, E., *ASB-portal: Spojování dřeva* [online]. 2009 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/spojovani-dreva>

RAGAN, S. M., *CNC Joinery Notebook* [online]. Leden 2013 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <http://makezine.com/2013/01/25/cnc-joinery-notebook-update-1>

## 10 Seznam obrázků

Obr. 1	Hrací stolec pro předškoláka.	10
Obr. 2	Kolébka Jamese VI. (Skotsko cca r. 1836) a dětská židle (Anglie r.1860).	11
Obr. 3	Tutanchamonova dětská židle.	11
Obr. 4	Vybavení dětského pokoje vyřazeným nábytkem (vlevo) a dětský pokoj v Müllerově Vile (vpravo).	12
Obr. 5	Dětský stolec s lavičkami plastový (vlevo) a kovový (vpravo).	12
Obr. 6	Příklad dětského nábytku (Small Design).	13
Obr. 7	Rozebíratelný dětský stolec se sezením Sprout design (vlevo) a Milka Interiors (vpravo).	13
Obr. 8	Výška dítěte ve vztahu k nábytku.	14
Obr. 9	Příklad tzv. rostoucího nábytku.	14
Obr. 10	Příklady bezpečnostních rizik.	17
Obr. 11	Čtyřosé CNC obráběcí centrum (HOLZHER Pro Master 7122)	18
Obr. 12	Pracující CNC frézovací centrum.	20
Obr. 13	Robotizované pracoviště s pětiosým systémem CNC obrábění.	21
Obr. 14	Nábytek vyrobený z velkoplošných materiálů (zleva: MDF, karton, překližka, OSB)	23
Obr. 15	Židle č. 14 značky TON v demontovaném i složeném stavu.	25
Obr. 16	Ukázka uložení demontovaného křesla značky Ikea v kartonové krabici.	26
Obr. 17	Otevřené rybinové ozuby v příčném spoji.	27
Obr. 18	Ukázka jednostranného a dvoustranného svlaku.	27

---

<b>Obr. 19</b>	<b>Truhlářský rohový spoj na čep a dlab.</b>	<b>28</b>
<b>Obr. 20</b>	<b>Příklad podélného (vlevo) a příčného homogenního spoje.</b>	<b>29</b>
<b>Obr. 21</b>	<b>Dřevěný demontovatelný stolek – Autor: BENWU STUDIO (2016).</b>	<b>30</b>
<b>Obr. 22</b>	<b>Ukázka možností řešení konstrukce homogenním spojem u pracovních stolů.</b>	<b>32</b>
<b>Obr. 23</b>	<b>Demontovatelný spoj u stolku pro notebook (design: Wilbur Davis studio).</b>	<b>32</b>
<b>Obr. 24</b>	<b>Možnosti homogenního spoje pracovního stolu (design: Design Milk).</b>	<b>33</b>
<b>Obr. 25</b>	<b>Ukázka demontovatelného spoje konferenčního stolku (design: Petter Moris).</b>	<b>33</b>
<b>Obr. 26</b>	<b>Příklad demontovatelného spoje stoličky (design: Studio Zanonchi &amp; Starke).</b>	<b>33</b>
<b>Obr. 27</b>	<b>Návrh konstrukce dětského stolku.</b>	<b>34</b>
<b>Obr. 28</b>	<b>Ukázka třech ideových návrhů pro homogenní spoj.</b>	<b>35</b>
<b>Obr. 29</b>	<b>Přesné zpracování křivky homogenního spoje v programu Auto CAD.</b>	<b>36</b>
<b>Obr. 30</b>	<b>Umístění středového kolíkového spoje ve stolku + vizualizace kolíkového spoje.</b>	<b>36</b>
<b>Obr. 31</b>	<b>Vizualizace navrženého stolku z MDF.</b>	<b>37</b>
<b>Obr. 32</b>	<b>Stolek v demontovaném stavu.</b>	<b>37</b>
<b>Obr. 33</b>	<b>Vizualizace ukazující postup demontáže stolku.</b>	<b>38</b>
<b>Obr. 34</b>	<b>Barevné varianty dětského stolku.</b>	<b>39</b>
<b>Obr. 35</b>	<b>Vizualizace zvolené barevné varianty (pohled na stolek shora).</b>	<b>41</b>
<b>Obr. 36</b>	<b>Vizualizace zvolené barevné varianty (pohled na stolek z boku).</b>	<b>41</b>
<b>Obr. 37</b>	<b>Nárys, bokorys a půdorys stolku se základními rozměry.</b>	<b>42</b>

---

<b>Obr. 38</b>	<b>Tvorba technické dokumentace v programu AutoCAD (verze 2016).</b>	<b>43</b>
<b>Obr. 39</b>	<b>Ukázka grafické simulace výroby na displeji CNC stroje.</b>	<b>44</b>
<b>Obr. 40</b>	<b>Vrtací a frézovací CNC stroj SCM Tech 99.</b>	<b>44</b>
<b>Obr. 41</b>	<b>Frézování stolové desky (vlevo) a stopková fréza o průměru 8 mm (vpravo).</b>	<b>45</b>
<b>Obr. 42</b>	<b>Ukázka ideálního upnutí dílce nohy stolku ve vertikální poloze.</b>	<b>45</b>
<b>Obr. 43</b>	<b>Hotový spoj horní desky a nohy stolku.</b>	<b>46</b>
<b>Obr. 44</b>	<b>Foto otvoru pro větší středový kolík ve stolové desce a obou kolíků stolku.</b>	<b>46</b>
<b>Obr. 45</b>	<b>Fotografie broušení dílce nohy stolku (vlevo) a stříkání PUR základu pro MDF.</b>	<b>47</b>
<b>Obr. 46</b>	<b>Olepení vnitřní plochy křivky spoje lepicí páskou.</b>	<b>48</b>
<b>Obr. 47</b>	<b>Nanášení druhé vrstvy barevného polyuretanového laku ruční pistolí.</b>	<b>48</b>
<b>Obr. 48</b>	<b>Zhotovený prototyp dětského stolku CANDY.</b>	<b>49</b>
<b>Obr. 49</b>	<b>Prototyp v částečně demontovaném stavu.</b>	<b>49</b>
<b>Obr. 50</b>	<b>Textilní taška k přenášení prototypu.</b>	<b>49</b>
<b>Obr. 51</b>	<b>Středový otvor s kolíkem.</b>	<b>50</b>
<b>Obr. 52</b>	<b>Možnost řešení lubu stolku.</b>	<b>50</b>
<b>Obr. 53</b>	<b>Vizualizace dětského stolku stolku s lavičkami.</b>	<b>51</b>
<b>Obr. 54</b>	<b>Vizualizace dětského stolku se sedacím nábytkem.</b>	<b>51</b>

## 11 Zdroje obrázků

- Obr. 1** - <http://www.pauletpaula.com/cyrillus-home/>
- Obr. 2** - <http://chestofbooks.com/home-improvement/furniture/Old-Oak/images/CRADLE-OF-JAMES-VI-OF-SCOTLAND-JAMES-I.jpg>  
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/5a/1e/cf/5a1ecff1f1a5db9125758712b43420a9.jpg>
- Obr. 3** - <http://www.arnesbilder.se/bilderresor/Egypten/Tutankamuns>
- Obr. 4** - <http://www.muzeumprahy.cz/mullerova-vila/>  
[http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?foto1=REZ3713f0\\_a\\_DSF9633.jpg](http://bydleni.idnes.cz/foto.aspx?foto1=REZ3713f0_a_DSF9633.jpg)
- Obr. 5** - <https://946e583539399c301dc7-100ffa5b52865b8ec92e09e9de9f4d02.ssl.cf2.rackcdn.com/7609/337379.jpg>  
<http://www.ababyschoice.com/products/details/kids-picnic-table>
- Obr. 6** - <http://www.hellowonderful.co/post/SMALL-DESIGN--PLAYFUL-FUNCTIONAL-KIDS-FURNITURE>
- Obr. 7** - <https://cz.pinterest.com/pin/352266002078002157/>  
<https://sprout-kids.com/products/modern-kids-table-and-chairs#>
- Obr. 8** - <http://www.n-i-s.cz/>
- Obr. 9** - [http://derrossi.ru/catalog/articul/stol\\_moll\\_joker](http://derrossi.ru/catalog/articul/stol_moll_joker)
- Obr. 10** - <http://www.n-i-s.cz/>
- Obr. 11** - <http://www.pilart.cz/produkty/CNC-obrabeci-centra-1/>
- Obr. 12** - <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/bydleni-nejen-v-drevostavbe/nabytek-a-doplanky/3088-jak-se-vyrabi-kvalitni-koupelnovy-nabytek>
- Obr. 13** - <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2317-roboticke-systemy-pro-cnc-frezovani-a-automatizovane-3d-opticke-mereni.html>
- Obr. 14** - [https://www.docz.cz/i/stolicka-s-preklizkovou-podnozi-ameba\\_19400.jpg](https://www.docz.cz/i/stolicka-s-preklizkovou-podnozi-ameba_19400.jpg) <https://cz.pinterest.com/pin/487092515933352275/>  
<http://www.aconnolly.co.uk/index.php?furniture/osb-tables/>  
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/9a/7e/a8/9a7ea816dbbbafe5e62f3790e4ac8d26.jpg>
- Obr. 15** - <http://www.mofu.gr/product.php?pid=1391>
- Obr. 16** - <http://bloodybrill.blogspot.cz/>
- Obr. 17** - <https://publi.cz/books/163/images/pics/1340.jpg>
- Obr. 18** - [http://images.slideplayer.cz/11/3084284/slides/slide\\_4.jpg](http://images.slideplayer.cz/11/3084284/slides/slide_4.jpg)
- Obr. 19** - <http://www.chatar-chalupar.cz/truhlarske-rohove-spoje/>
- Obr. 20** - <http://global.rakuten.com/en/store/fcinterior/item/31387-13331/>
- Obr. 21** - <http://www.core77.com/posts/21670/NYIGF-Winter-2012-Benwu-Studios-Zen-like-Offerings>
- Obr. 22** - <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/62/b8/fb/62b8f8bea2dae83f8d857847628902cff.jpg>  
<https://cz.pinterest.com/pin/376472850075478803/>
- Obr. 23** - <http://www.wilburdavisstudios.com/shop/laptop-stand-in-ash-and-walnut/>
- Obr. 24** - <http://design-milk.com/the-north-collection-by-trunk-studio/>



**Obr. 25** - <http://www.boatbuildingacademy.com/woodworking/impossible-jointed-stool-peter-morris/>

**Obr. 26** - <http://www.designboom.com/shop/design/frida-studio-zanocchi-and-starke-11-26-2015/>

**Obr. 27 - 54** - Autorova tvorba

**Internetové odkazy obrázků platné k datu 26.4 2017**

## **12 Seznam příloh**

**Příloha č. 1** – Technická dokumentace stolku formátu A3

# **Přílohy**

