

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**



**Návrh výroby stolu ze smrku na CNC zařízení bez  
nutnosti užití kovového spojovacího  
materiálu**

**Bakalářská práce**

**Autor: Tomáš Váňa**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková,  
PhD.**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Váňa

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

**Návrh výroby stolu ze smrku na CNC zařízení bez nutnosti užití kovového spojovacího materiálu**

Název anglicky

**Design of spruce table production on CNC machine without need for metal joints**

---

### Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je návrh výroby psacího stolu pomocí CNC a bez nutnosti užití kovových spojů. Záměrem je prověření možností spojů z hlediska stability a pevnosti při zachování co nejčistšího designu.

### Metodika

Charakteristika materiálu, v tomto případě smrkového dříví. Z důvodu cenově dostupné a zároveň jeho vlastností splňují požadavky, jaké budou kladeny na stůl tohoto typu. Souhrn znaků strojního zařízení použitého při výrobě. Součástí práce je výrobní postup a technická dokumentace ve formě výkresů popisujících rozměry, tvar jednotlivých dílů a jejich vzájemné spoje.

Časový harmonogram zpracování závěrečné práce bude probíhat v základních a metodologicky odlišných etapách:

- 1/ červenec – srpen 2020: literární rešerše – analýza literatury s přehledem dosavadních poznatků o řešeném problému a vymezení základních pojmů, které budou používány v práci,
- 2/ září – říjen 2020: příprava vzorků (materiálů), formulaci hypotéz jejich operacionalizaci, popis metod, které budou použity v bakalářské práci,
- 3/ listopad – prosinec 2020: pečlivě proveden návrh výroby psacího stolu pomocí CNC,
- 4/ leden – březen 2021: sepisování poznatků po vykonání návrhu a dokončení závěrečné práce,
- 5/ duben 2021: odevzdání závěrečné práce.

**Doporučený rozsah práce**

35 – 45 stránek

**Klíčová slova**

stůl, CNC, spoje, smrkové dřevo, obrábění

---

**Doporučené zdroje informací**

- BEER, P. Niekonwencjonalne narzedzia do obróbki drewna. Poznań, Wydawnictwo Akademii Rolniczej. 2007. s. 58-70. ISBN 978-83-7160-445-4.
- JOSTEN, E, REICHE, T a WITTCHEN, B. Truhlářské konstrukce: spoje, povrchové úpravy dřeva, konstrukce. 1. vyd. Praha: Grada. 2011. 288 s., ISBN 978-80-247-2960-2.
- KANICKÁ, L. Design nábytku v současném světě. 1. vyd. Brno: ERA. 2007. 120 s., ISBN 978-80-7366-107-6.
- KVIETKOVÁ, M. Obrábění dřeva. CARTER Praha. 2015. 295 s., ISBN 978-80-213-2604-0.
- NUTSCH, W a BARTOŠ, V. Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada. 2012. 408 s., ISBN 978-80-247-4244-1.
- PORTER, B. Carpentry and Joinery 1. CRC Press. 2001. 320 s., ISBN 978-07-506-5135-6.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 8. 7. 2020

**Ing. Radek Rinn**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 28. 01. 2021

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma návrh výroby stolu ze smrku na CNC zařízení bez nutnosti užití kovového spojovacího materiálu vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Sarvašové Kvietkové Moniky, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č.111/1998 o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20.4.2021 \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Chtěl bych touto cestou poděkovat doc. Ing. Monice Sarvašové Kvietkové, PhD., vedoucí mé bakalářské práce za její odborné rady, cenné připomínky, ochotu a trpělivost.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, zejména své sestře Martině a svému dobrému příteli Timovi za jejich trpělivost a povzbuzení.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem výroby psacího stolu pomocí CNC a bez nutnosti užití kovových spojů. Jako materiál je použito smrkové dřevo, protože je cenově dostupné a zároveň jeho vlastnosti splňují požadavky, jaké jsou kladeny na stůl tohoto typu. Součástí práce je výrobní postup a technické výkresy popisující rozměry, tvar jednotlivých dílů a jejich vzájemné spoje. Dále se tato práce věnuje CNC strojům a jejich vlastnostem, lepidlům, povrchové úpravě dřeva a designu nábytku. Praktická část práce pojednává o tvorbě návrhu a výkresů a následné výrobě stolu.

**Klíčová slova:** stůl, CNC, spoje, smrkové dřevo, obrábění

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the design of the production desk using CNC and without the use of metal joints. Spruce wood is used because it is affordable and at the same time its properties meet the requirements to be placed on a table of this type. Part of the work is production process and technical drawings describing dimensions, shape of individual parts and their mutual joints. Furthermore, this work deals with CNC machines and their properties, adhesives, wood surface treatment and furniture design. The practical part of the work deals with the creation of design and drawings and the subsequent production of the table.

**Keywords:** table, CNC, joints, spruce wood, machining

# Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce.....	12
3 Literární řešerše .....	13
3.1 Dřevo .....	13
3.1.2 Smrk.....	14
3.2 CNC obráběcí stroje.....	15
3.2.1 Vývoj číslicově řízených strojů .....	17
3.2.2 Konstrukce CNC strojů.....	19
3.2.3 Dřevoobráběcí centra .....	19
3.2.4 Programování.....	20
3.3 Lepidla .....	22
3.3.1 Přírodní lepidla .....	23
3.3.2 Syntetická lepidla.....	24
3.4 Povrchová úprava .....	28
3.4.1 Mořidla.....	31
3.4.2 Nátěrové hmoty.....	33
3.4.3 Techniky povrchové úpravy .....	36
3.5 Design .....	38
4 Praktická část práce .....	39
4.1 Použitý program.....	39
4.2 Použité obráběcí centrum.....	40
4.3 Návrh a výkresy .....	42
4.4 Výroba .....	45
5 Výsledky .....	49



6 Diskuze .....	50
7 Závěr .....	51
7 Seznam použitých zdrojů.....	52
8 Přílohy.....	55

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Smrková kulatina .....	15
Obrázek 2 - Látky a postupy syntetických lepidel.....	25
Obrázek 3 - Nastavení Inventoru .....	40
Obrázek 4 - Morbidelli M100.....	41
Obrázek 5 - Správné sezení .....	42
Obrázek 6 - Umístění pojezdových desek .....	43
Obrázek 7 - Výkres svrchní desky.....	44
Obrázek 8 - Výkres čela zásuvky .....	45
Obrázek 9 - Slepění svrchní desky a pojezdových desek.....	46
Obrázek 10 - Slepění lubu s nohami.....	46
Obrázek 11 - Slepění nohou se svrchní deskou .....	47
Obrázek 12 - Slepění boků, dna a zad zásuvky .....	47
Obrázek 13 - Slepěná zásuvka.....	47
Obrázek 14 - Vizualizace stolu.....	49

# 1 Úvod

Dřevo jako takové je jeden z nejhezčích materiálů, který pochází z obnovitelných zdrojů a má širokou škálu využití. Smrkové dřevo je (obzvláště v dnešní době) velmi snadno dostupným materiálem, pro který bude třeba nalézat vhodné využití. Je pro tvorbu nábytku velmi vhodné – jeho opracování je snadné, má jemnou texturu, která není rušivým atributem pro tvarový design stolu, je poměrně lehké a pevné.

U nábytku je také důležitá ergonomie lidského těla, ze které by měly vycházet veškeré rozměry, vzájemné poměry a tvarování nábytku. V dnešní době je toto téma obzvláště naléhavé, když běžný člověk stráví sezením u kancelářského stolu spoustu hodin denně. Správná výška a tvar stolu pak ovlivňují směr pohledu a tím postavení lidského těla při práci – pohled na desktop či pracovní plochu. Stůl zároveň musí poskytovat dostatečnou plochu pro pohodlnou práci. Potřeba úložného prostoru v rámci stolu je s nástupem elektronických technologií čím dál méně aktuální, naopak je žádoucí řešení uložení potřebných kabelů atd.

Problematika ohledně řešení konstrukce a designu nábytku mi přijde celkově velice zajímavá, a právě proto jsem si zvolil dané téma.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je návrh výroby psacího stolu pomocí CNC a bez nutnosti užití kovových spojů. Záměrem je prověření možností spojů z hlediska stability a pevnosti při zachování co nejčistšího designu. Ten má vycházet z povahy použitého materiálu. Návrh bude přenesen do softwarového 3D prostředí a bude zpracována dokumentace.

### 3 Literární rešerše

Tato práce se věnuje výrobě stolu ze smrkového dřeva pomocí CNC strojů a bez nutnosti užití kovových spojů. Prvně se zaměřím na dřevo jako takové a smrkové dřevo jako materiál a jeho vlastnosti. Dále se budu věnovat CNC strojům, na kterých budou vyrobeny všechny součásti stolu, a proto bychom si tyto stroje měli přiblížit. Spoje stolu budou lepené a následně se stůl podrobí povrchové úpravě, a tak se budu věnovat i lepidlům a povrchovým úpravám. Následně se zaměřím na design, protože estetický dojem je u nábytku rovněž důležitým aspektem.

#### 3.1 Dřevo

Je spjaté s lidskou civilizací od pradávna. Bylo jednou z nejdůležitějších surovin ve starověku i středověku a je důležité i v dnešní době. Dřevo zůstává jedním z nejvyhledávanějších materiálů i napříč tomu, že věda a technika mají neobyčejný úspěch na úseku výroby materiálů pro průmysl, stavby i každodenní život. Snahy o utlumení dřevařského průmyslu i dřeva jako takového proběhly v době řízeného hospodářství, ale ukázaly se jako neopodstatněné. Intenzivní rozvoj techniky a technologie zpracování a mnohostrannosti využívání dřeva vyvolává postupné prohlubování poznatků o vnitřní struktuře, chemickém složení a jeho fyzikálních a mechanických vlastnostech. Můžeme se s ním setkat v pověstech, mýtech, literatuře, řemesle i umění. Promítá se do uměleckých představ a estetického cítění díky poměrně lehké opracovatelnosti a své dostupnosti a lze předpokládat, že zůstane jedním z nejdůležitějších prvků prostředí člověka pro svůj přírodní charakter, přírodní kresbu, příznivé fyzikální vlastnosti a specifický estetický výraz.

Dřevo představuje pevný, pružný a zároveň lehký materiál, je schopné snášet velké zatížení, má dobré tepelně izolační vlastnosti, tlumí vibrace, je dobře opracovatelné reznými nástroji, lze jej spojovat a zpevňovat kovovými i jinými výplněmi. Disponuje esteticky působivými, dekoračními vlastnostmi a také rezonančními vlastnostmi. Se dřevem se poměrně dobře manipuluje. Výhodou je i nízká hmotnost a mimo jiné je to i poměrně levnější materiál. Díky těmto přirozeným vlastnostem lze dřevo využít pro výrobu stavebních konstrukcí, nábytku, hudebních nástrojů, obalů, sportovních potřeb a dalších výrobků.

U dřeva se setkáme i s nedostatky, jako je třeba nestabilita, změny vlhkosti, hořlavost, různé mechanické vlastnosti v závislosti na druhu dřeviny, místě růstu, směru vláken, výskytu vad apod. Tyto nedostatky lze do značné míry odstranit pomocí chemicko-mechanického a chemického zpracování dřeva na listové a deskové materiály, jako jsou například dřevovláknité desky (DVD), dřevotřískové desky (DTD), lepenka, papír apod. Vlastnosti přírodního dřeva lze také modifikovat pomocí antiseptik, antipyrenů, živic, lisování a plastifikace. Můžeme tak získat materiály odolné proti ohni, biologickým škůdcům (houby, hmyz), které mají nižší hygroskopicitu, větší pevnost a další cenné vlastnosti. Dřevo je nyní předmětem všestranného komplexního výzkumu v chemii, elektronice, v technologii plastů ale i v atomové fyzice (Kvietková, 2015; Požgaj a kol., 1997).

### **3.1.2 Smrk**

Smrkové dřevo je nejdůležitější užitkové dřevo v Česku. Používá se jako stavební materiál, k výrobě měkkého dýhovaného nábytku, k výrobě nástrojů, jako palivo, k výrobě dřevoviny, celulózy a papíru. Nejlepší dřevo mají smrky ze své přirozené oblasti (horské smrky z výšek 800-1100 m), mají stejnoměrné úzké letokruhy a stejnoměrnou strukturou jako takovou. Takové dřevo můžeme najít například na Šumavě, Rudohoří, Krkonoších a Karpatech. Z naprosto rovnoměrně rostlých kmenů se vyrábí rezonanční prkénka na hudební nástroje.

Smrkové dřevo nemá zřetelné jádro, žlutobílá barva dřeva s ostře vyznačenými letokruhy, v nichž vrstva letního dřeva neznatelně přechází do dřeva jarního (obr. 1). Má úzkou dřevň o maximálním průměru 0.5 cm, dřevňové paprsky jsou patrné jen pod lupou, pryskyřičné kanálky jsou pouhým okem nezřetelné, jsou viditelné pod lupou na příčném řezu jako drobné, ojedinelé, řídce rozseté póry, na podélném řezu jako uzounké trhlínky. Dřevo slabě pryskyřičně voní.



**Obrázek 1 - Smrková kulatina**

(Příčný, 2016)

Vyznačuje se pryskyřičnými kanálky s drobnými, nápadně tlustostěnnými epiteliálními buňkami, dřeňové paprsky jsou jednovrstevné i vícevrstevné, sestavené na obvodu z příčných tracheid uprostřed parenchymu. Uprostřed vícevrstevného paprsku je skoro vždy různě veliký pryskyřičný kanálek. Obvodové tracheidy dřeňových paprsků mají dvojtečky, stěny mají jinak hladké, parenchymatické buňky mají drobnější dvojtečky se šikmým šterbinovitým pórem. Buňky jsou jinak prázdné a uvnitř nemívají pryskyřici, stěny všech buněk jsou bezbarvé (Kavina, 1932; Patříčný, 2016).

Další kapitola je věnována CNC obráběcím strojům, a to z hlediska vývoje, konstrukce a programování. Na těchto strojích budou vyráběny veškeré dílce stolu, a proto bychom si tyto stroje měli přiblížit.

### **3.2 CNC obráběcí stroje**

V dnešní době jsou součástí větších výrobních zařízení snad ve všech výrobních odvětvích. S CNC a NC stroji lze obrábět dřevěné materiály, kovy i plasty. Disponují velkou přesností, rychlostí a flexibilitou. Druh výrobku lze změnit jednoduchou změnou programu a změnou nástrojů (pružná automatizace), ale může být potřeba i složitější přestavba stroje (tvrdá automatizace). Stroj je programován do automatického pracovního cyklu, který je zajišťován převážně číslicovým řízením.

Číslicové řazení je způsob, kterým je řízen automatický cyklus stroje, jsou řízeny jeho fyzikální veličiny (dráha, otáčky, posuv,..). Tyto údaje zadává program, který je ve formě kódovacího jazyka, srozumitelného pro řídicí systém. Tyto údaje jsou následně zpracovávány a posílány k silovým a ovládacím prvkům stroje. S CNC se můžeme setkat ve formě obráběcích, tvářecích, vypalovacích, svařovacích, nýtovacích, drátovacích, kontrolních, měřících a rýsovacích strojů nebo manipulačních linek (Kvietková, 2015; Král a kol., 1998).

Dělí se podle druhů operací (schopen vykonat za jedno upnutí), tvaru obráběného obrobku, druhu informací, řízení stroje a druhu vykonávané práce.

Dle druhu operací:

- jednoprofesní – jsou určeny pro pouze jeden druh operace (například soustružení) při jednom upnutí,
- víceprofesní – zvládají více operací najednou při jednom upnutí (obráběcí centra).

Dle tvaru obráběného obrobku:

- na obrábění obrobku rotačního tvaru,
- pro výrobu skříňových obrobků,
- pro výrobu rotačních i nerotačních součástí.

Dle druhu informací a řízení:

- informace o geometrii obrábění (údaje o pohybu nástroje a obroku),
- informace o technologii obrábění – lineární ovládání funkcí (posuv, otáčení, frekvence),
- pomocné a přípravné informace (tuhost supportu, oběh chladícího média).

Dle řízení stroje

- polohové řízení – pohyb všech os současně nebo postupně bez souvislosti s řízením pohybu, nástroj je při polohování mimo obrobek,



- úsekové řízení – pohyb podél osy při obrábění, pohyby převážně rovnoběžné s osou, šikmé pohyby pomocí současného pohybu podél dvou os při stejném posuvu,
- souvislé řízení – pohyb podél všech os současně a nezávisle na sobě, pro každou osu mohou být zvoleny různé rychlosti (možnost výroby kruhových a obloukových obrysů).

Dle vykonávané práce

- pro obrábění – frézky, soustruhy, brusky, obráběcí centra, stroje pro dělení materiálu, stroje pro nekonvenční obrábění,
- ostatní CNC stroje – lisy, ohýbačky, svařovací roboty, dopravní manipulátory atd (Kvietková, 2015).

### 3.2.1 Vývoj číslicově řízených strojů

První myšlenka číslicového řízení obráběcích strojů přišla ke konci 2. světové války v Americe. Za vynálezce je považován americký mechanik a obchodník, John T. Parson. John T. Parson v roce 1942 začal pracovat ve firmě Sikorsky Aircraft, která se právě začínala zabývat výrobou helikoptér, kde navrhl novou metodu na připevňování vazníků křídla za použití lepidel, což se do té doby nikdy nepoužívalo. Poté navázal spolupráci s Frankem Stulenem, používali spolu pro výpočty kalkulačky s děrnými štítky. V roce 1949 uzavřel dohodu s MIT (světová špička v mechanických systémech a zpětnovazebních systémech) a letectvím, v roce 1952 byl demonstrován systém MIT, který vyráběl jakýkoliv složitý tvar s vysokou přesností.

Po roce 1970 firma Herebert uvedla na trh první soustružnické centrum s rotačními nástroji pro vrtání a frézování. Zde už scházel pouze malý krok k přechodu na CNC (C – Computerized, N – numerical, C – control – počítače číselné řízení). První uvedla firma Kearney&Trecker.

V 80. letech byly stroje vybaveny zásobníky, a to jak obrobků, tak i nástrojů. Aplikace senzorů pro sledování pohonů a jednotlivých mechanismů.

V 90. letech byly CNC stroje vybaveny velkokapacitními zásobníky s mezioperační dopravou nástrojů a obrobků. Docházelo k větší přesnosti, produktivitě a rychlosti obrábění.

CNC stroje z 21. století lze považovat za úplně novou generaci, jde o multifunkční stroje se snahou o sjednocení hardwaru a softwaru. Ve strojích jsou integrovány systémy CAD/CAM.

### **Stroje 1. vývojového stupně**

Jsou to stroje odvozeny od běžných konvenčních strojů, avšak jsou uzpůsobeny číslíkovému řazení. Mají značně nepřesnou a málo spolehlivou výrobu, dnes se s nimi v provozu už nesetkáme.

### **Stroje 2. vývojového stupně**

Mají systém umožňující řízení v určitých obecných cyklech. Jsou vybaveny automatickou výměnou nástrojů pomocí revolverových hlav, již opotřebované nástroje se ale musí měnit ručně. Některé soustružnické stroje disponovaly dopravníkem třísek.

### **Stroje 3. vývojového stupně**

Tyto stroje jsou používány již v automatizovaných výrobních soustavách a jsou opatřeny automatickou výměnou obrobků. Nástroj umí zvolit systémy řízení. Již opotřebované nástroje se ale opět musí měnit ručně.

### **Stroje 4. vývojového stupně**

Jde o již plně automatický stupeň, a to v oblasti výměny nástrojů, obrobků manipulace s třískami, tak i v návaznosti na všechny druhy mezioperační dopravy. Je zde umožněn třísměnný provoz. Využívá moderní metody (např. laserových paprsků). Je vyřešena výměna opotřebovaných nástrojů.

### **Stroje 5. vývojového stupně**

V tomto stupni jsou uplatňovány tzv. mechatronické prvky. Jsou zde měřicí sondy k měření obrobku, které pracují v průběhu obrábění. Tyto stroje umožňují kompenzaci chyb polohování nebo korekci programu pro dodržení rozměrů z výkresu. Objevuje se zde laserové odměřování polohy a optimalizace řezných podmínek.

## **Stroje 6. vývojového stupně**

Tento vývojový stupeň je ze všech nejpřesnější, je totiž poučen ze všech předchozích chyb. Disponuje kvalitními řídicími systémy a je typický pro svoji rychlou výměnu nástrojů (Kvietková, 2015).

### **3.2.2 Konstrukce CNC strojů**

CNC stroje tvoří v zásadě stojan stroje s hnacími a obráběcími agregáty a řízení, které je nutné pro regulaci obrábění. Stroje mohou být buď s pojízdovým výložníkem nebo pojízdovým portálem. Rozlišujeme stroje s pohybem omezeným na nástroj nebo se současným pohybem nástroje a pracovního stolu.

Na strojích s pevným stolem lze obrábět dva obrobky střídavě ze všech stran na jednom stole, díky tomu mohou být během obrábění upínány nové dílce. Aby mohly být menší obrobky obráběné střídavě na pohyblivých stolech, se často tyto stoly vyrábějí ze dvou samostatně pohyblivých částí. Pro potřebu obrábění velkých obrobku lze tyto stoly spojit. Obrobky se upínají vakuovým upínáním a mechanickým či pneumatickými upínacími prvky, které se využívají při vzniku velkých sil při obrábění.

Stůl nebo pracovní agregáty musí být pro obrábění pohyblivé. Pohyby se dělí do tří os (X, Y a Z), ty spolu svírají pravý úhel. Pro každý pohyb podél osy má svůj vlastní motor, pohyby tak mohou probíhat ve směru jedné osy nebo více os současně. Díky tomuto překrýváním jednotlivých pohybů lze opracovávat i libovolně zakřiveně (Marek, 2010).

### **3.2.3 Dřevoobráběcí centra**

Pomocí obráběcích center se provádí kompletní třískové obrábění obrobku. Díky tomu se výrazně zkracují vnitropodnikové přepravní a zásobovací lhůty. Ideálně se všechny pracovní operace provádí na jedno upnutí obrobku.

Vrtání se provádí pomocí jednotlivých nebo skupinových vrtáků. Vrtají se konstrukční otvory, otvory na kování, řady otvorů na plochách obrobku nebo bocích obrobku. Tyto otvory bývají většinou kolmé k plochám obrobku, ale lze vrtat i otvory v různých úhlech.

Nástroje pro frézování často nebývají na agregátech upnuty pevně, protože na frézování je potřeba mnoho různých fréz. Frézy jsou v zásobnících nástrojů a předávány na obráběcí vřeteno jsou pomocí zařízení pro výměnu nástrojů nebo nástrojovým revolverem. Formátovací řezy, nařezávání a drážkovací řezy lze provádět otočným řezacím agregátem, který je k dispozici na všech osách.

Hrany na rovné i tvarové okraje lze lepit pomocí agregátů na lepení hran, ty si dopravují materiál na hrany z odpovídajícího zásobníku. Hrany jsou následně rychle ofrézovány.

Pomocí brusných agregátů lze brousit vyfrézované a často profilované hrany obrobku. Díky velkým obráběcím plochám CNC center je možné současně upnout více obrobků. Řízení stroje jsou většinou nastaveny tak, aby se obrobky mohly obrábět střídavě nebo zrcadlově, tak lze opracovat levé i pravé strany obrobku během jedné pracovní operace.

Je třeba dbát na bezpečné upnutí obrobku, protože při obrábění často působí na obrobek velmi vysoké síly. Na to slouží volně polohovatelná vakuová upínací zařízení. Ty však někdy disponují nedostatečnou přidržovací silou, zejména u nerovných, potažených nebo poréznych obrobků, v těchto případech se používají pneumatické upínací svorky, které se upevňují na hrany obrobku, ale mohou bránit formátování vnějších obrysů. Některá řízení během obrábění spouštějí upínky automaticky dolů a po obrobení je opět vrátí zpět (Nutsch, 2014; Beer, 2007).

### **3.2.4 Programování**

Při přímém programování se příkazy a data nutná k obrábění zadávají přímo do řízení stroje nebo řídicího počítače. Všechna geometrická data a příkazy musí být ve formě programovací řádky, proto jsou většinou strojové programy toho druhu nákladné. Pro komplexní obrábění jsou tyto programy často nepřehledné.

Programování CAD funguje pomocí vektorových obrysových dat ve formě výkresu CAD, ta jsou následně překládána programem přizpůsobeném stroji pomocí procesoru. Díky tomu lze použít data nejrůznějších CAD programů.

Při dílenském programování (WOP) se na počítači vytvoří určitý druh pomocného výkresu, který se následně využije pro programování. To přiřadí jednotlivé body

pomocného obrysu k příkazům ohledně nástroje, rychlosti otáček atd. Obrysy jednotlivých obrobků lze programovat variabilně díky podobnosti kroků při obrábění.

U komplikovaných obrobků se používá metoda Teach-in. Při té se tvar vyráběného kusu snímá senzorem nebo opticky. Data získána pomocí snímání se ukládají do paměti a poté se dostanou do obráběcího programu (Štulpa, 2006; Smid, 2006).

### **Struktura programu**

CNC programy tvoří uspořádaný sled informací, pomocí kterých se řízení stroje převádí na pohyby stroje. Program se člení na programově technické informace, geometrické informace, technologické informace a ostatní informace. Každá jednotlivá informace se nazývá slovo, souhrn informací v jednom řádku je věta. Pořadí slov je pevně stanoveno. Slova se skládají z adresy (písmena) a číselného kódu. V jedné větě nesmějí být adresy, které se opakují, nebo si odporují.

Programově technické informace řídí průběh programu a tok informací k řízení stroje. Pro správnou interpretaci programových příkazů musí být tyto příkazy uspořádány v určitém sledu. Začátek programu se označuje znakem % a bezprostředně za ním je jméno programu, které bývá zadáno numerickým programátorem. Na každém místě lze napsat poznámku jako pomůcku při vytváření programu nebo jako vysvětlivky pro obsluhu stroje, ale tato poznámka musí být v kulatých závorkách, díky kterým jí řízení ignoruje.

Geometrické informace určují kontury obrábění a použitý měrný systém. Pohyby stroje jsou prováděny způsoby a za podmínek, které jsou řízeny podmínkami dráhy. Ty tvoří adresa G (angl. go = jít) a dvoumístný číselný kód. Souřadnicová slova určují koncový bod pohybu nebo dráhu naprogramovanou v příslušné větě. Skládají se z adresy X, Y a Z (dle osy) a číselné hodnoty udávající dráhu nebo cílovou souřadnici příslušné osy. Při absolutním zadávání rozměrů jsou všechny rozměry měřeny od nulového bodu obrobku (odpovídá vzestupnému kótování u výkresů). Příslušná podmínka dráhy je G90. Při přírůstkovém zadávání rozměrů jsou rozměry zadávány od poslední polohy nástroje (odpovídá řetězovému nebo částečnému kótování). Příslušná podmínka dráhy je G91. V jednom programu lze toto zadávání měnit. Příkazy pro zadávání rozměrů jsou modální (samostatné příkazy) a jsou tedy účinné, dokud nejsou zrušeny odporujícím příkazem

v jiné větě. Příkazy účinné pouze v aktuální větě jsou větně účinné příkazy. Pro programování křivek je třeba stanovení cílového bodu, směr otáčení a zvolený poloměr. Jde o interpolační parametry. Vztahují se ke středu kružnice a používají se pro ně adresy I (vzdálenost středu rovnoběžně od osy X), J (vzdálenost středu rovnoběžně od osy Y) a K (vzdálenost středu rovnoběžně od osy Z) a rozměru. Pro pohyb ve směru hodinových ručiček se používá slovo G02, proti směru hodinových ručiček se používá slovo G03. G90 se používá pro cílovou souřadnici a G91 pro dráhu na jednotlivých osách.

Technologické informace určují mechanické parametry, jako je posuv a otáčky. Pro rychlost posuvu se používá adresa F (angl. feedrate) a číselný kód, který udává hodnotu rychlosti posuvu v mm/min. Pro počet otáček se používá adresa S (angl. spindle speed) a číselný kód, který udává hodnotu počtu otáček v jednotkách 1/min. Otáčky mohou být zadané i v konstantní rychlosti v m/min.

Ostatní informace regulují provoz stroje, jako je směr otáčení vřetene nebo výměnu nástrojů. Nástroj v zásobníku nástrojů v řízení je znázorněn adresou T (angl. tool) a dvoumístným číselným kódem. M03 se používá pro smysl otáček vřetene nástroje vpravo, M0 pro smysl otáček vřetene nástroje vlevo, M05 pro programované zastavení vřetene, M06 pro programovanou výměnu nástroje a M30 pro konec programu s návratem zpět.

U CNC programování je označen začátek a konec programu, jednotlivé kroky jsou očíslováním seřazené v časovém sledu a v tomto pořadí jsou zpracovávány řízením, jde tak o hlavní program. Pokud se při obrábění jednoho obrobku opakuje stejný pracovní postup, lze pro něj napsat podprogram, který je vyvolán z hlavního programu v případě potřeby a po dokončení řízení skočí zase na hlavní program (Overby, 2010; Edward, 2016).

Po obrobení všech dílců bude následovat kompletace stolu, která bude provedena pomocí lepených spojů, v další kapitole se tedy budu věnovat lepidlům.

### **3.3 Lepidla**

Jde o materiály v kapalné, někdy i pastovité a pevné formě. Lepidla pevně spojují materiály adhezí (přilnavost lepidla k materiálu) a kohezí (vnitřní soudržnost lepidla), jako například dřevo, plasty, sklo a kov.

Pod pojmem lepidla se můžeme setkat s jinými běžně užívanými pojmy, které se používají podle chemických, fyzikálních nebo zpracovatelských hledisek, jako například kliš, disperzní lepidlo, reaktivní lepidlo, kontaktní lepidlo nebo tavné lepidlo. Lepidla lze tedy dělit různě.

Pojem lepidlo zahrnuje všechny lepidla z živočišných, rostlinných nebo syntetických výchozích látek, která obsahují rozpustné nebo disperzní částice. U disperzních lepidel je velikost částic mezi  $10^{-7}$  cm a  $10^{-5}$  cm (Porter, 2001; Trávník, 2003).

### **3.3.1 Přírodní lepidla**

Mezi přírodní lepidla patří lepidla glutinová a kaseinová, podle dřívější terminologie se často nazývají klišy. Tyto lepidla mají omezené použití.

#### **Glutinová lepidla**

Glutin, který je hlavní součástí, je bílkovinná sloučenina, která se získává vyvařením živočišných odpadů. Podle druhu užitého odpadu se pak odvíjí názvy klišů.

Ze surové kůže a ze šlach získáváme kožní klišy, z kostí po odstranění tuku získáváme kostní klišy a ze směsi získáváme klišy směsné.

Jsou i speciální glutinové klišy s přidanými chemickými sloučeninami, jako je například glutinový rychlotuhnoucí kliš, glutinový kliš používaný za tepla a glutinový kliš používaný za studena.

K dostání jsou tyto klišy jako světle žluté až tmavě hnědé drošky, tabulky nebo prášek. Rozpouštějí se po předchozím nabobtnání ve studené vodě, která je zahřívána ve vodní lázni při teplotě asi 70 °C (teplota klišu 55 °C). Tím se mění na vazkou, roztíratelnou kapalinu. Ochlazením se smrští, ztvrdnou a vznikne pevné slepení. Za provozních klimatických podmínek se dosahuje konečné pevnosti až po 24 hodinách.

Použitím glutinových klišů vznikají elastické spáry, které nejsou odolné proti vlhkosti a teplu a jsou napadány bakteriemi a plísněmi. Měly by se používat jen pro vnitřní suché prostory.

## **Kaseinová lepidla**

Jde o fyzikálně tuhnutí lepidla na bázi kaseinu (sýroviny), který je získávaný z odstředěného mléka. Kasein, který není rozpustný ve vodě, se stává rozpustným přidáním především zásad (hydroxidu vápenatého a oxidu sodného) a lepidlo současně získává odolnost vůči vlhkosti. Je k dostání ve formě prášku, skladuje se ve vzduchotěsných nádobách, protože je navlhavé. Při použití se práškové lepidlo rozmíchává ve vodě, může se roztírat za studena i za tepla. Při obrábění jsou otupovány nástroje kvůli alkáliím, které jsou v lepidle obsaženy.

Použitím těchto lepidel vzniknou pružné spoje, odolné proti vlhkosti a částečně i proti plísním. Tyto klihy lze použít pro dílce, vystavené částečně povětrnostním vlivům (například okna). Pevnost mají stejně vysokou jako spoje lepidel ze syntetických pryskyřic. Přidáním vápna způsobuje skvrny, popřípadě tmavé spoje u dřevin s obsahem třísloviny (například u dubu, ořechu nebo mahagonu) (Osten, 1986; Nutsch, 2014).

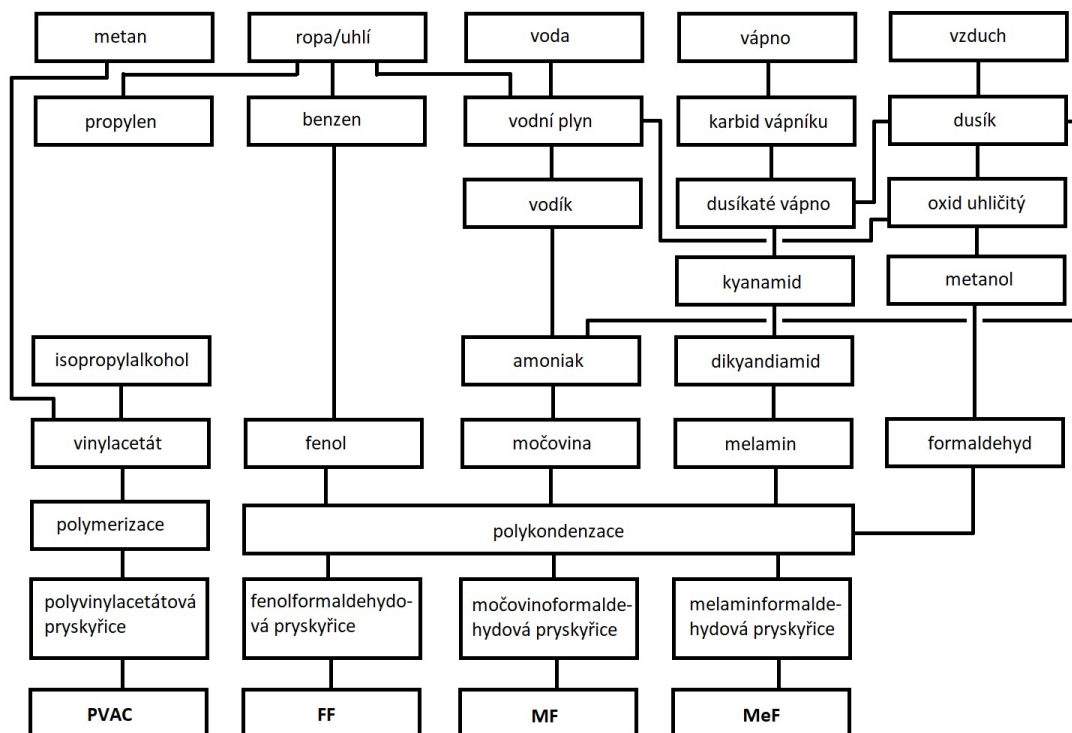
### **3.3.2 Syntetická lepidla**

Vyhovují lépe požadavkům na zpracovatelnost, rozsah použití a stálost než přírodní lepidla.

Rozlišují se podle použitých plastických hmot na polyvinylacetátová lepidla (PVAC), lepidla s formaldehydovou pryskyřicí (PF), lepidla s močovinoformaldehydovou pryskyřicí (UF) a lepidla s melaminoformaldehydovou pryskyřicí (MF).

Jde o chemické sloučeniny z organických látek a vyrábějí se polymerací, polykondenzací, nebo polyadící (obr. 2). V hotových lepidlech jsou obsaženy rozpouštědla, ředidla, plnidla, nastavovadla, změkčovadla, antioxidanty (prostředky proti stárnutí), barviva a smáčedla.





Obrázek 2 - Látky a postupy syntetických lepidel

## Disperzní lepidla

Do skupiny disperzních lepidel spadají polyvinylacetátová lepidla a polymethylmethakrylátová lepidla (foliová lepidla).

Polyvinylacetátová lepidla vznikají polymerací termoplastů. Polyvinylacetát je nerozpustný ve vodě a jeho částice jsou ve vodě rozptýleny (dispergovány), proto jsou k dostání pouze v kapalně formě a jejich barva je mléčně bílá. Lze s nimi pracovat bez dalších přísad, avšak u hustých lepidel je možno přidat 1% až 3% vody.

Zpracovaná polyvinylacetátová lepidla bez tvrdidel tuhnou fyzikálně, s přidáním tvrdidel tuhnou z části chemicky a z části fyzikálně. Tuhnutí probíhá tak, že se nabobtnalé plastové částice usazují těsně k sobě a vytvářejí tuhý, často průhledný lepidlový film.

Jsou-li lepidla při aplikaci příliš studená, částice PVAC se na sebe usazují pouze volně a nevytvářejí tak uzavřený a pevně spojený film, vrstva lepidla je křehká a křídově bílá a nemá žádnou pojivost. Jde o teplotu takzvaného bílého bodu a pohybuje se mezi 2 °C a 8 °C.

Spoje PVAC lepidel bez přidání tvrdidel měknou při teplotách 40 °C až 60 °C, s přidanými tvrdidly odolávají až do 150 °C. Spoje v obou případech nepodléhají stárnutí, jsou elastické a odolné proti plísním. Lepidlo bobtná při kontaktu s vodou pouze, pokud nebylo přidáno tvrdidlo, snižuje se pevnost spoje, ale nerozlepí se, spoj je opět pevný po vyschnutí. Prosáknuté lepidlo je možné odstranit organickými rozpouštědly. Lepidla nezpůsobují žádné vadné zbarvení dřeva, pokud nepřijde do kontaktu s železem.

Lepidla mají upravena složení podle druhu lepení, jsou rozlišovány na montážní (jsou nejpoužívanějším lepidlem k lepení spojů), dýhovací (obsahují plnidla a nastavovadla), směsná (přidává se asi 10% močovinoformaldehydových pryskyřičných lepidel a zvyšuje se tak pevnost lepení za vlhka, použití na vnitřní dílce) a laková lepidla (modifikovaná lepidla, která narušují nitrolakové vrstvy na povrchu a tvoří trvanlivé spojení silnou adhezí mezi lakem a lepidlem, syntetické laky nenaruší).

Termoplastické foliové lepicí hmoty polymetylakrylu, vynylacetátu nebo etylenu, mají velmi dobrou přilnavost a jsou silně plastická, nejsou vhodná k přenášení velkých dlouhodobých mechanických sil. Jsou používána na olepování velkých ploch a částí nábytku foliemi. Lepidlo může být nanášeno na nosnou část, folii nebo na obě spojované plochy. Většinou jsou používána v plynule pracujících navalovacích zařízeních, někdy s přívodem tepla, při ručním lepení se používají řídicí, přitom se foliové lepidlo nanáší obvyklými přípravky v množství, které je uvedeno dodavatelem na čistý a hladký nosný materiál. Folie, která se položí po nanesení lepidla, se uhladí filcovou lištou a pak se přitlačí tlakem asi 0.1 N/mm<sup>2</sup>.

### **Kondenzační lepidla**

Tvrditelné duroplastické (termosetické) fenolické, melaminové a močovinné pryskyřice jsou při výrobě předkondenzovány a upraveny tak, aby bylo možné je zpracovávat s vodou. Při použití se opět spustí přerušená kondenzace teplem nebo přidáním tvrdidel a pokračuje tak úplné vytvrzení. K vytvrzování pomalu dochází i při pokojové teplotě, proto mohou být tato lepidla skladována jen krátkou dobu.

Tvrdidla tvoří kyseliny nebo soli. Mohou být obsažena v lepidle, přimíchávány před nanášením jako prášek či roztok, nebo mohou být naneseny na jednu lepenou plochu. Vytvrzování se urychluje zahřátím.

Fenolformaldehydová lepidla jsou v kapalné formě (zastudena tuhnoucí montážní lepidla a zatepla tuhnoucí překližkárenská lepidla) a jako lepicí folie (zatepla tuhnoucí suché lepidlové filmy), tyto lepicí folie se skládají ze suchých papírových pásů, částečně napuštěných zaschlými fenolickými pryskyřicemi s přidaným tvrdidlem. Tyto lepidla tvrdnou působením tepla, pro vytvrzení je třeba vyšších teplot. Spoje jsou tmavě hnědé, relativně elastické, odolné vůči vodě, varu, tropickým a povětrnostním podmínkám.

Močovinoformaldehydová pryskyřičná lepidla jsou ve formě prášku, lepidlových filmů a nejčastěji v kapalné formě. Používají se k dýhování ploch nábytkových dílců, jako montážní lepidla nebo pro výrobu překližek, laťovek, dřevotřískových desek a podobně. Jsou rozlišovány na zatepla a zastudena tuhnoucí močovinoformaldehydová pryskyřičná lepidla a montážní a dýhovací lepidla. Spoje jsou tvrdé a křehké, z části čiré, nejsou odolné vůči vodě, varu a povětrnostním podmínkám, krátkodobá vlhkost škody nepůsobí. Styk s kovy způsobuje skvrny.

Melaminoformaldehydová pryskyřičná lepidla jsou většinou ve formě prášku. Rozlišují se na zastudena tuhnoucí montážní lepidla a zatepla tuhnoucí dýhovací lepidla. Bývají jako částečně smíšená lepidla nebo smíšený kondenzát. Často se z nich vytváří směsi s močovinoformaldehydovými lepidly. Spoje jsou tvrdé, křehké, odolné vůči působení studené i horké vody, omezeně odolné vůči povětrnostním podmínkám a čiré jako sklo.

### **Polyadiční lepidla**

Tyto lepidla tuhnou působením chemické reakce. Toto tuhnutí se také nazývá vytvrzování nebo zesítnění.

Epoxidová lepidla jsou duroplastická jednosložková nebo dvousložková, tvrdnoucí zastudena nebo zatepla. Jsou v kapalné formě (s ředidlem) a v pevné formě (prášek, tyčinky). Vytvrzování zastudena, zatepla, polyadice.

Polyuretanová lepidla jsou zesítněné duroplasty jednosložkové (viskozita se dosahuje pomocí ředidel) nebo dvousložkové. Jsou v tekuté formě. U jednosložkových lepidel vytvrzení probíhá pomocí odebrání okolní vlhkosti, u dvousložkových pomocí polyadice. Spoj je tuhý, chemicky stálý, elasticky měkký až tvrdý, nehořlavý, odolný od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $+120^{\circ}\text{C}$  a odolný proti povětrnostním vlivům.

## **Kontaktní lepidla**

Při kontaktním lepení se spojované části spojují lepidlovým filmem pod tlakem. Používají se polychlorbutadienová a polychloroprenová lepidla.

Polychlorbutadienová lepidla se skládají z umělého kaučuku, který vzniká polymerací a obsahují ředidlo. Vlastnosti se mohou lišit podle volby základních látek a přísad. Jsou v tekuté formě. Lepí se s nimi hrany, plastové a kovové folie, pryž, kůže i dřevo vzájemně. Mohu být bez tvrdidel (odolnost do 60°C) a s tvrdidly (elastický spoj s vyšší odolností proti teplu a vodě). Lepidlo se nanáší na obě lepené plochy. Vysoká rychlost tuhnutí a lepivý účinek, spoj je elastický.

## **Tavná lepidla**

Jsou to pevná lepidla z umělých pryskyřic, bez rozpouštědla a jsou zpracovávány v rozpuštěném stavu. Tavicí teplota se pohybuje podle druhu mezi 100°C a 280°C, při poklesu teploty tuhnou okamžitě. Jsou i reaktivní tavná lepidla, která tuhnou fyzikálně a následně u nich probíhá zesítnění (například polyuretanová tavná lepidla). Tavná lepidla lze použít pro různé účely užitím různých umělých pryskyřic s vosky, barvivy, plnidly a dalšími přísadami (například k olepování boků plošných dílců olepovacími páskami).

Jsou k dostání v pevném stavu, ve formě granulátu, tyčí nebo desek. Velmi krátká doba tuhnutí, na použití je potřeba speciálních přístrojů (montážní pistole, olepovací stroje). Rychlé tuhnutí umožňuje plynulé lepení při rychlosti asi 40 m/s (Sedliačik, 2007; Osten, 1986; Nutsch, 2014).

Následující a velice důležitý krok je u dřevěných výrobků povrchová úprava, bez které se dřevo v běžném využívání neobejde. Povrchová úprava prodlužuje životnost a zlepšuje estetický dojem nábytku, proto se další kapitola zabývá povrchovou úpravou.

## **3.4 Povrchová úprava**

Pod tímto pojmem se rozumí všechny materiály, popř. pracovní postupy, které jsou používány k estetické úpravě a ochraně dřevěných výrobků. Pro technicky a esteticky bezvadnou povrchovou úpravu je třeba pečlivě provedená příprava ploch.

Čištění povrchu se dnes používá jen zřídka. Jde o starou technologii jemného opracování dřeva, dřevo se hobluje, popřípadě leští cídičem nebo škrabkou ve směru vláken.

Broušením se vyhlazuje povrch odebráním jemných třísek za pomoci brusiva. Zrno brusného papíru je voleno podle materiálu a požadované jakosti. Máme různé zrnitosti, podle kterých rozlišujeme hrubé broušení, předbrušování nebo jemné broušení. Pokud se bude materiál natírat průhlednou vrstvou nebo mořit, broušení se provádí napříč i podél vláken, aby po broušení na povrchu nebyli vidět žádné rýhy. Broušením se dosáhne mimořádně hladkého povrchu. Je důležité, aby se u broušení pracovalo s ostrými brusnými papíry a mírným tlakem, aby se odříznutá vlákna nezatlačovala do povrchu. Broušení tupými brusnými a papíry a přílišným tlakem vede k tvorbě spálených skvrn a k příliš silnému zdrsnění při následných povrchových úpravách. Po zbroušení by se měl z pórů kartáčem vykartáčovat brusný prach, aby prostředky na následující povrchovou úpravu (mořidla a laky) dobře smáčely obroušenou plochu.

U dřeva obsahující pryskyřici, se využívají prostředky na odstraňování pryskyřice, protože tyto dřeva přijímají mořidla špatně a nerovnoměrně a v případě zahřátí po opatření bezbarvým lakem může pryskyřice pod nátěrem vystupovat a vést k tvorbě tmavých skvrn. Pryskyřice se odstraňuje na již obroušené dřevěné ploše. Na odstraňování pryskyřice se používají louhy z alkalických mýdel (jádrové a mazlavé mýdlo), louhy z nealkalických mýdel (neutrální mýdlo), soda a uhličitán draselný, rozpouštědla (snadno prchavé benzíny, terpentýnová silice, alkoholy, octan etylnatý a aceton) a speciální prostředky na odstraňování pryskyřice. Dřevěná plocha se nejprve smočí prostředkem a následně se kartáčeje fibrovým kartáčem nebo kartáče se silnými štětinami, přebytek se následně odstraňuje houbou a pěna, která je vytvořena při kartáčování, musí být zcela odstraněna čistou vodou, aby při následném moření nevznikaly tmavé skvrny.

Máčení se provádí u povrchů, které chceme mořit nebo natírat vodními laky. Máčení má za následek bobtnání, a tak se zvednou stlačená místa, zatlačení dřevní vlákny a okraje pórů. Tato místa se po vysušení brousí proti směru vláken ostrým, jemným brusným papírem za lehkého přitlačení. Dosáhneme tak velice kvalitního povrchu. Máčení se provádí čistou teplou vodou nebo vodní párou. Obnovené zdrsnění pro následující moření se sníží za použití kuchyňské soli ve vodě, u jehličnatých dřevin se

používá vodní roztok salmiaku, který zároveň odstraňuje nečistoty a pryskyřici, u dřevin obsahující třísloviny se využívá kyselina octová. Používá se i kličová voda (3-5% roztok), která zpevní zvednutá vlákna, ty se pak následně snadno odbrousí. Máčení se neprovádí u mechanicky velmi namáhaných povrchů, které lakují větší vrstvou laku a u bělených povrchů, kde je máčení nahrazenou vodou obsaženou v bělidle.

Pojmem prosak lepidla označujeme lepidlo, které proniká dýhou a je viditelné na ploše dýhy. Lepidlo buď zůstane ve spárách a ze spáry se vymačkává, nebo vytváří při moření lokální barevné rozdíly (plochy a póry nasáklé lepidlem ztmavnou). Tyto zbytky lepidla se odstraňují. Glutinová lepidla se odstraňují kyselinou oxalovou, kyselinou šťavelovou nebo roztokem mýdla a následným kartáčováním. Kaseinová lepidla se odstraňují kyselinou octovou nebo kyselinou chlorovodíkovou bez železa a následným oplachem teplou vodou. PVAC lepidlo se v čerstvém stavu dá opláchnout teplou vodou, ve ztuhlém stavu pouze acetonem nebo jinými rozpouštědly. Kondenzační a reaktivní lepidla nelze odstranit, doporučuje se je přebarvit na požadovaný odstín. Foliová, kontaktní, termoplastická tavná lepidla se odstraňují rozpouštědlem dodaným výrobcem.

Tmely před mořením a lakováním jsou látky, které se s mořidlem nebo lakem musí snášet, po moření a lakování to jsou takové látky, které mají požadovaný stupeň lesku vyspraveného místa. Nejčastěji se používá tmel na dřevo, který se skládá z dřevěné moučky a rychle schnoucího lepidla, přijímá kvůli pojivu zpravidla méně mořidla než okolní plochy, musí být zbarven na požadovaný odstín, ale existují i tmely na dřevo, které lze mořit. Tmel truhlářský je tvořen naškrábaným čelním dřevem nebo dřevěným prachem smíchaným s lepidlem, nepřijímá mořidla, a tak je třeba jej zbarvit. Voskové tmely bývají z tvrdého vosku, jsou k dostání ve formě tyčí a vyrábí se téměř ve všech barvách. Aplikuje se zahřátím a následným zatlačením do požadovaného místa. Šelak se používá pro vyplnění ploch, které se mají leštit. Lze jej tónovat, zpracovává se jako voskové tmely. Je používán na úpravu mořených a lakovaných ploch.

Skvrny se odstraňují, protože výrazně snižují kvalitu povrchu, musí se odstranit ještě před mořením a lakováním, vhodné je jim předejít. Olejové a mastné skvrny můžeme odstranit nanášením kaše z hořčičku nebo plavené křídly a rozpouštědla, po odpaření rozpouštědla prášek nasaje rozpuštěné látky, ten se pak vykartáčuje. Parafín můžeme vymýt nitroředidlem, acetonem a etylesterem kyseliny octové. Skvrny od sádry, cementu

a vápna můžeme odstranit zředěnou kyselinou octovou nebo zředěnou čistou kyselinou chlorovodíkovou bez obsahu železa a následně opláchnutím vodou. Oxidační skvrny můžeme odstranit peroxidem vodíku nebo kyselinou šťavelovou a citronovou a následně opláchnutím vodou. Skvrny po máčení můžeme odstranit opláchnutím teplou vodou, pro posílení účinku můžeme přidat salmiak, u dřev obsahujících třísloviny kyselinu octovou nebo citronovou.

Póry se vyplňují plniči pórů nebo laky s vyšším obsahem sušiny. Plniče tvoří plnicí tělíska, pojidla a barviva nebo pigmenty. Používají se minerální plnicí tělíska (např. pemzové prášky) a organická plnicí tělíska (např. rýžová moučka). Pojivo bývá lak, šelakový roztok nebo speciální olej. Plniče jsou vysoce viskózní směsi, vyplňují póry i prostor mezi pigmenty. Pokud se póry vyplňují u mořených ploch, tak se volí plnič, který odpovídá odstínu moření. Plnič je aplikuje na plochu natřenou základovou vrstvou, přebytek se setře, nebo se odbrousí po zaschnutí. Pokud se póry vyplňují před mořením, plnič se aplikuje přímo na obroušeno plochu, po zaschnutí a broušení se moří, následně se nanese vrchní nátěrová vrstva. Pokud se póry vyplňují plnicím lakem, používá se zředěný, barevný polyuretanový pryskyřičný lak. Póry jsou vyplněny a zbarveny, nejsou viditelné stříbrné póry. Lze použít i polyesterový lak.

Plochy a skvrny lze zesvětlit bělením. Jako bělidla se používá peroxid vodíku, šťavelová sůl. Kyselina šťavelová, kyselina citronová, kyselina chlorovodíková a bělicí mořidla. Před mořením se dřevo prakticky nebělí, ale lze jej po bělení mořit mořidly stálými na světle. Bělení probíhá buď oxidací (přívod kyslíku) nebo redukcí (odebrání kyslíku) (Zemiar, 2009; Janíček, 2002).

### **3.4.1 Mořidla**

Mořením se mění přírodní barva dřeva za účelem vyrovnání barvy dřeva dýhy, dosažení individuálního barevného odstínu, vyniknutí kresby nebo zlepšení stálosti dřeva. Jde o chemický proces, při kterém se mění barva dřeva působením chemicky reagujících látek v kombinaci s barvivu. U barvení jde o fyzikální proces, při kterém se barevný roztok (barviva rozpouštěná ve vodě nebo organickém roztoku, anebo nerozpustné pigmenty) vsakuje do dřeva. V technice dřeva se tyto procesy nerozlišují a používá se pro ně výraz „moření“. Rozlišujeme mořidla barvivová, chemická, substrátová, přírodní látky měnící barvu dřeva a kombinovaná.

Barvivová mořidla jsou roztoky syntetických barviv, které se získávají rafinací černouhelného dehtu a přísad nebo disperze velmi jemně mletých pigmentů s obsahem pojiv. Pojivo se fyzikálně odpařuje a nerozpustné barevné komponenty se usazují mezi vlákna dřeva. Rovnoměrné moření a dokonalé proniknutí do dřeva je zajištěno přísadami. Toto moření má nejvyšší intenzitu a rozmanitost barev. Mají poměrně jednoduchou aplikaci, rozpouští se v horké vodě a lze je aplikovat ihned po ochlazení. Můžeme se potkat s označeními jako: vodová, na tvrdé dřevo, antik, rustikální, rozpouštědlová, olejová, mlhová a lihová (lihová jsou na světle nestálá).

Chemická mořidla se skládají z předmořidla a zamořidla (dokončovací mořidla, mohou do něj být přidána barviva). V předmořidle jsou třísloviny a v zamořidlech bývají soli některých kovů. Odstíny (hnědé a černé) vznikají chemickou reakcí. Letní dřevo je i po namoření tmavší, protože v sobě má větší podíl tříslovin než jarní dřevo. Pokud chceme mořit dřevo chudé na třísloviny, je zapotřebí použít předmořidla, jde o roztoky obsahující třísloviny: tanin (tříslovina z dubové kůry), pyrogalol (získáván z dehtu), pyrokatechin (vyráběný synteticky, méně často ze smrkové kůry) a katech (vyráběný synteticky, méně často ze smrkové kůry). U dokončovacích mořidel jde o jedovaté soli kovů, které reagují s tříslovinami, tím se tvoří odstín mořidla. Používá se uhličitan draselný (většinou bílá sypká hmota), uhličitan sodný (bílý prášek), síran měďnatý (modré, jedovaté krystaly), chroman draselný (citronově žluté, jedovaté krystaly) a dvojjchroman draselný (červenožluté, jedovaté krystaly). Podobného efektu, jako dvousložková mořidla, dosahují jednosložková pozitivní mořidla. Předmoření a zamoření se provádí jednou pracovní operací a mořidla se prodávají již připravená k použití. Aby byl zachován účinek moření, tak se plocha po moření musí natřít speciálním lakem (zesvětlovacím). Dřeviny obsahující třísloviny lze mořit čpavkovými parami (vodný roztok čpavku). Tyto páry reagují s tříslovinami ve dřevě a vytváří tak barevné odstíny (hnědá až černohnědá barva). Lze mořit kombinací barvivových mořidel a čpavku.

Kombinovaná mořidla se skládají z barvivového mořidla a z chemického mořidla. Používají se u dřevin s větším obsahem tříslovin. Barvivové mořidlo umožňuje barevné variace a dodává barvě intenzitu, zatímco chemické mořidlo zdůrazňuje kresbu dřeva.

Substrátové moření se provádí pomocí barvivových mořidel, která obsahují ještě bezbarvý substrát (velmi jemný plastový prášek). Tento substrát je během rozpouštění



zabarven do odstínu mořidla a při aplikaci se ukládá do dřeva. Vzniká krycí vrstva mořidla a struktura dřeva je mírně zastřena.

Barvení přírodními látkami je zpravidla jen málo stálé a odpovídá jen minimálním požadavkům. Stálá barviva jsou minerální, ale ty částečně zakrývají strukturu dřeva. Rozlišujeme rostlinná barviva (gumiguta, indigo, karmín a ořechové mořidlo), živočišná barviva (indická žlutá, karmínový lak a sépiové barvivo) a minerální barviva (grafit, zelená hlína, kaselská hnědá, okr, umbra a rumělka) (Nutsch, 2014; Tesařová, 2014).

### 3.4.2 Nátěrové hmoty

Jde o hmoty na bázi organických pojiv, které jsou před použitím a během použití tekuté, následně tuhnou a tvoří souvislý film, ten má ochranou a estetickou funkci. Aplikace nátěrových hmot se nazývá lakování. Každé nátěrové hmoty splňují jiné požadavky, ke kterým patří obsah krycích látek, viskozita, obsah pevných částic, přilnavost nátěrových hmot, skupiny namáhání povrchu nábytku a vliv rozpouštědel a ředidel během zpracování.

Nátěrové hmoty lze dělit:

Dle účelu použití – vnitřní lak, vnější lak, lodní lak, nábytkový lak, okenní lak, parketový lak a lak na sedací nábytek.

Dle druhu tvoření filmu – nitrolak, polyuretanový lak, lak na bázi alkydové nebo akrylové pryskyřice, polyesterový lak a kyselinou tvrditelný lak.

Dle druhu podle podílu pevných částic – s nízkým obsahem, se standardním obsahem, se středním obsahem a s vysokým obsahem.

Dle funkce podle typu vrstvy – primární (základní), krycí základ, plnicí, základový, krycí vrstva, jednovrstvý a vícevrstvý lak.

Dle způsobu nanášení – stříkání, airless, máčení, polévání a navalování.

Dle pórovitosti – s otevřenými, polootevřenými nebo zavřenými póry.

Dle tuhnutí – fyzikálně schnoucí lak, chemicky tvrdnoucí lak, oxidačně tvrdnoucí lak a lak tvrdnoucí ozářením (např. paprsky UV)..

Dle docíleného povrchu – lak jasný, matný, s hedvábným leskem, s vysokým leskem, efektní a rýsovací.

Dle účinku na životní prostředí – vodní lak, práškový lak a lak s vysokým obsahem pevných částic.

Viskozita je měřítko hustoty nátěrové hmoty, označuje se také jako tekutost nebo konzistence. Viskozita má velký vliv na nanášení nátěrové hmoty a pro chování nátěru na povrchu. Viskozitu lze ovlivnit rozpouštědly, ředidly a jinými přísadami.

Laky vytvrzované kyselinami (KT-laky), polyuretanové (PUR-laky) a polyesterové laky (UP-laky) nazýváme chemické laky. Laky vytvrzované kyselinami mívají jako pojivo melaminovou pryskyřici, často v kombinaci s alkydovými pryskyřicemi nebo nitrocelulózou (kombinovaný nitrolak). Jde o dvousložkové laky. Lak tvrdne odpařováním rozpouštědla a ředidla a následnou reakcí laku a tvrdidla. Lak je tvrdý a neelastický. Polyuretanové laky se skládají z desmofen, který je tzv. základní lak a z desmoduru, ten je označován jako přídatný lak nebo tužidlo. Desmorfen tvoří nasycená polyesterová pryskyřice, desmodur tvoří diisokyanát. Mohou být tvrdé i elastické a mohou tvrdnout chemicky nebo fyzikálně. Lze do něj přidat barviva. Lak je tvrdý a elastický. Polyesterové laky se skládají ze základního laku (polyesterová pryskyřice, polystyren), katalyzátoru (organické sloučeniny peroxidu), urychlovače (sloučenina kobaltu), parafínu nebo vosku (pro zábranu přístupu kyslíku), stabilizátorů, pigmentů, rozpouštědel a ředidel. Složení těchto laků má škodlivé účinky a je třeba dodržovat přísné předpisy. Lak je tvrdý, křehký a odolný vůči vodě a chemikáliím.

Fyzikálně schnoucí nátěry jsou tvořeny různými, vzájemně chemicky nereagujícími látkami. Rozpouštěla a ředidla se odpařují a netěkavé částice zůstávají na povrchu dřeva a tvoří vrstvu laku. Řadíme sem nitrocelulózové laky (NC-laky), alkydové pryskyřičné laky (laky AK), akrylové pryskyřičné laky (AC-laky), laky ředitelné vodou (vodní laky) a lazury. Nitrocelulózové laky mají jako hlavní složku celulózy nitrát, ten plní funkci pojiva. Obsah dusíku určuje, zda je nitrocelulóza rozpustná v alkoholech (typ A) nebo rozpustná v esterech (typ E). Ta rozpustná v alkoholech je základní látka pro leštidla a matovací prostředky, rozpustná v esterech je základní látka pro nátěrové hmoty. Další přísady bývají alkydové pryskyřice, změkčovadla, matovací a brusné prostředky, rozpouštědla a ředidla. Lak je tvrdý a neodolný vůči chemikáliím a vlhkosti, žloutne.

Alkydové pryskyřičné laky tvoří polyesterové pryskyřice, modifikované oleji, popř. mastnými kyselinami jinými komponenty. Schnou oxidačně, chemicky nebo fyzikálně v závislosti na modifikaci. Často se míchají s jinými laky pro zlepšení vlastností. Lak je křehký a je málo odolný vůči chemikáliím. Akrylové pryskyřičné laky tvoří akrylové pryskyřice, ty vznikají polymerací monomerů. Mají obsah pevných částic od 40% do 60%. Ředí se buď alifáty nebo vodou. Lak je odolný vůči vodě a alkalickým látkám, málo náchylný ke křehnutí. Laky ředitelné vodou mají pojivo ze syntetický pryskyřic, které jsou rozpustné ve vodě a v organických rozpouštědlech. Obsah pevných částic je mezi 30% a 60%. Lak lze silně mechanicky a chemicky zatěžovat, jsou tvrdé a elastické, vhodné pro namáhané plochy (např. stoly). Lazury jsou transparentní nebo pigmenty opatřené nátěrové hmoty, jsou bezbarvé, nebo mění barvu dřeva. Pojiva lazur bývají na bázi oxidačně schnoucích alkydových pryskyřic, olejů, vosků a vodou ředitelných akrylátů. Mají obsah pevných částic mezi 20% až 40% a vytvářejí tak tenký nátěrový film. Nepropouští vodu, ale propouští vodní páru, dřevo chrání před UV zářením, tvrdost, elasticita a odolnost proti chemikáliím je uspokojivá.

Oleje a fermeže jsou vytvořeny z přírodních látek a schnou fyzikálně-chemicky popř. oxidačně. Oleje lze použít přímo jako nátěrové hmoty a některé oleje slouží v modifikované formě jako pojivo pro olejové a alkydové pryskyřičné laky a nátěry. Teakové a lněné oleje se řadí mezi čisté oleje a jsou používány k ošetřování povrchů bez dalších přísad. Tvrdé oleje se skládají ze směsi různých olejů, rozpuštěných přírodních pryskyřic a vosků a používají se pro základové nátěry. Fermeže jsou oleje se speciálními přísadami, které při chemickém nebo tepelném ošetření schnou rychleji než čisté nebo neošetřené oleje. Na dřevo se užívají lněné oleje s obsahem sikativu (sloučeniny kovů s kyselinami), který urychluje vytvrzování pomocí štěpení dvojných vazeb a ukládání kyslíku.

Voskové nátěrové hmoty se vytváří rozpouštěním přírodních a syntetických vosků ve vodní lázni, popř. pomocí rozpouštědla. Viskozita a zpracovatelnost tohoto roztoku se odvíjí od teploty zpracování a rozpouštědla. Vosky lze tónovat.

Nátěrové hmoty z přírodních pryskyřic se vyrábí z šelaku, jantaru, kopálu, damary, sandaraku, benzoe a kalafuny. Některé pryskyřice lze použít také jako pojivo pro tvrdé oleje (Trávník, 2005).

### 3.4.3 Techniky povrchové úpravy

Mezi tyto techniky patří natírání základní barvou, matování, lakování, leštění, patinování, tryskání pískem, pískování, kartáčování, vypalování, ražení, lazurování, natírání olejem, fermežování, voskování a ošetřování pryskyřičnými roztoky.

Při povrchové úpravě filmotvornými nátěry je první pracovní operace nanesení základní vrstvy. Funguje jako přílnavý podklad, izolační vrstva nebo izolační základ, a jako nosný materiál pro přídavné látky, jako je např. absorbér UV záření u základového nátěru chránící před světlem, tvrdidlo u postupů s reaktivní základovou vrstvou. Také vyplňuje a zpevňuje vnější buňky dřeva, snižuje nasákavost vnější vrstvy dřeva a zlepšuje brousitelnost po nanesení nátěru. Základní reaktivní vrstva zabraňuje sloupávání mezivrstvy a krycí vrstvy z podkladu. Základní izolační nátěr chrání vrchní vrstvy laku před látkami obsažených ve dřevě exotických dřevin, které by narušovaly jejich schnutí nebo tvrdnutí. Izolační vrstva může zabránit nevhodným účinkům lepidel, bělidel a mořidel, znemožnit tmavnutí způsobené krycím lakem. Základní nátěr je ze stejných materiálů jako mezinátěry nebo krycí nátěry, izolační základ bývá z reaktivních laků. Nanášení se provádí štětcem, stříkací pistolí, polévacími stroji nebo válcovými nanášečkami laku. Po zaschnutí se brousí brusnými papíry ve směru vláken dřeva.

Matování jsou různé postupy, kterými se vytváří matný efekt ploch příjemný na omak. Matovat lze hubkou (polnou), stříkáním, navalováním a poléváním. Používají se prostředky nitrocelulóзовé, šelakové matovací, kombinace nitrocelulóзовých a šelakových matovacích a matovací prostředky na bázi syntetických pryskyřic. K matným lakům jsou přidávány jako matovací prostředky syntetické vosky a silikáty (oxid křemičitý). Matováním vznikají nerovné povrchy, na kterých se rozptýleně odráží dopadající světlo. Ne všechny laky lze matovat.

Vrchní lakem, krycím lakem nebo barvou bývá označován poslední nános, který se skládá z jedné nebo více vrstev. Tyto vrstvy mají za účel odolávat mechanickým, chemickým a klimatickým vlivům, dodávat povrchu požadovaný lesk nebo mat. Rozlišujeme transparentní nebo pigmentové s otevřenými póry a transparentní nebo pigmentové s uzavřenými póry.

U transparentního povrchu s otevřenými póry se nanáší vrchní bezbarvý lak na obroušený základový nátěr často v jedné vrstvě. Nátěr základním lakem se provádět nemusí. Pigmentová nátěrová hmota se nanáší ve více vrstvách. Podle náchylnosti k otěru se využívá bezbarvý lak jako poslední vrchní nátěr.

Čím uzavřenější póry jsou, tím více se povrch leskne a je hladší. Používá se nátěr, který póry vyplňuje a je elastický kvůli bobtnání a smršťování dřeva. Vyplnění póru je nutné pro použití fyzikálně schnoucích laků, aby se zamezilo propadávání laku do pórů. U chemických laků se po vytvrdnutí není třeba propadu do pórů obávat. Leštit lze přidáváním nebo odebráním (broušením a leštěním) nátěrové vrstvy a používá se lak s vysokým leskem.

Reliéfního vzhledu povrchové struktury dřeva lze dosáhnout pískováním, kartáčováním a vypalováním, tak se u jehličnatých dřevin silně naruší měkké jarní dřevo a letní dřevo zůstane zachováno. Tyto povrchy pak mohou být lakovány, mořeny a také upravovány v krycím provedení. Pískuje se čistým pískem s ostrými jemnými zrny, vhodně připravenými plasty nebo mletým sklem. Materiál je tryskán pod tlakem vzduchu asi 6 barů na povrch dřeva. Pomocí šablon lze do povrchu vytvářet ornamenty. Podobné struktury povrchu lze dosáhnout kartáčováním. Používají se ruční speciální ocelové kartáče. Kartáčeje se podél vláken dřeva. Vypalování se provádí pomocí plamenu pájecí lampy nebo svařovacího hořáku. Zuhelnatění lze urychlit předchozím ošetřením kyselinou dusičnou nebo kyselinou chlorovodíkovou. Lze následně kartáčovat ocelovým kartáčem pro silné vystoupení tmavšího letního dřeva. Na závěr se odstraňují prachové zbytky zuhelnatělého dřeva pomocí kartáče a mýdlové vody.

Raznicí nebo válci pomocí vyhřívaných matric lze strukturovat vlhké, zpravidla měkké dřevo. Vláknata jsou při tomto procesu stlačována, proto by se dřevo nemělo máčet, lakovat a mořit vodními mořidly (Tesařová, 2014; Josten a kol., 2011).

Poslední kapitola se týká ne méně důležitého aspektu nábytku, a to designu. Design je jeden z prvních faktorů, který vytváří dojem na zákazníka.

### 3.5 Design

Design nábytku je dnes zásadním předpokladem pro úspěch na trhu, protože právě design je vedle funkčnosti nejžádanějším atributem a má velký dopad při rozhodování zákazníků.

Pro ideovou robustnost kusu nábytku je důležité, aby jeho design vycházel z charakteru použitého materiálu. Dřevo je heterogenní, většinou deskový materiál, který má přírodní původ, a tedy i specifickou krásu, kterou je dobré nechat vyniknout a nepotlačovat ji například nepřiměřenými povrchovými úpravami, které nejsou nutné, či zbytečně komplikovaným tvaroslovím.

Bohužel však smrkové dřevo nedosahuje takových vlastností, aby jej bylo možné ponechat úplně bez povrchové úpravy.

Vzhled bude vycházet taktéž z možností opracování materiálu – použití CNC fréz dovoluje tvarování šikmých hran, které dodávají vzhledu kýženou lehkost.

Masivní dřevo by se dalo téměř považovat za deskový materiál, ne však zcela bezvýhradně. Oproti umělým deskovým materiálům má své výhody – větší volnost v jeho tvarování, například zmíněné frézování hran do určitého reliéfu. (Tato možnost se však neshoduje s naším cílem lehkého moderního designu stolu).

U jednoduchého designu je naprosto zásadní čistota řešení spojů jednotlivých částí konstrukce. Výrazné detaily by rušily a značně oslabovaly výsledný vizuální dojem (Kanická, 2007; Kanická, Holouš, 2011).

## 4 Praktická část práce

Při rozhodování o správném návrhu bude kladen důraz na co nejširší zachycení cílové skupiny zákazníků po estetické a funkční stránce. Jeho hlavním úkolem bude zaujmout a oslovit investory současné doby, což znamená věkovou hranici od 25 let výše, která v současné době zařizuje svá bydlení. Navrhovaný stůl by měl být dominantou pokoje. Kromě estetické stránky musí plnit bezpečnostní požadavky hlavně při pohlednutí na nejmenší členy domácností.

Protože každý má nějakou představu o jednotlivém kusu nábytku, a to hlavně po estetické stránce, bude se návrh držet hesla „V jednoduchosti je krása“.

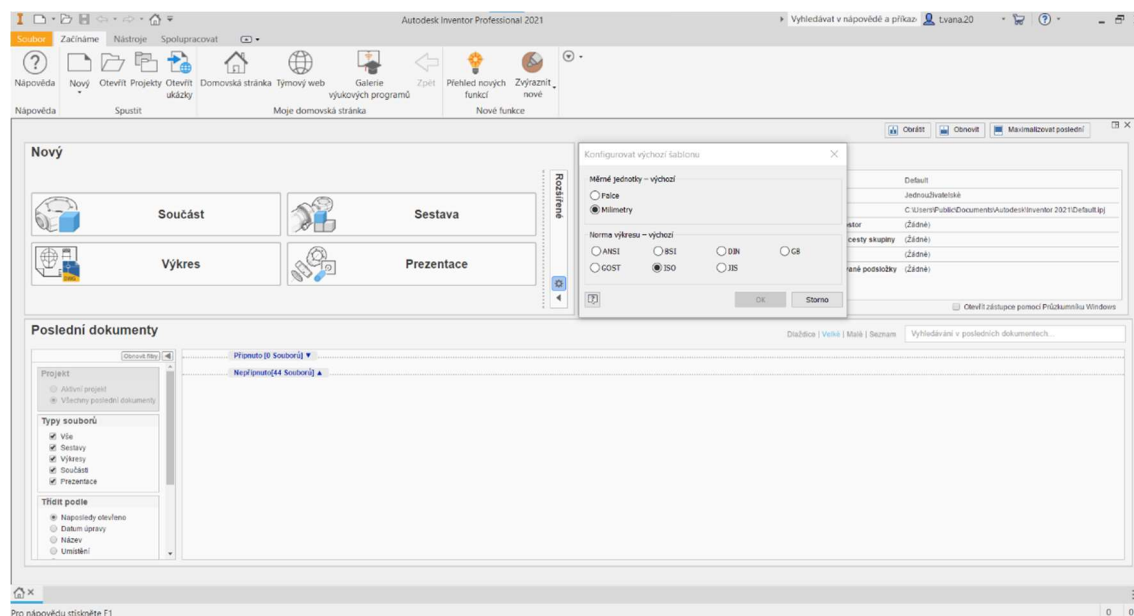
Nejprve je třeba vytvořit výkresovou dokumentaci a 3D vizualizaci návrhu stolu pomocí programu Inventor. Poté, co se takto zachytila první myšlenka, která byla potřeba jako základní kámen projektu, se celý návrh upravoval tak, aby se dosáhlo co nejideálnější, ergonomické a esteticky příjemné konstrukce stolu.

Jakmile je návrh stolu doveden do finální podoby, je třeba jej z výkresů Inventoru převést do programu pro CNC centrum, které bude použito pro výrobu jednotlivých dílců. Následně proběhne kompletace stolu pomocí lepených spojů a na závěr bude provedena povrchová úprava stolu.

### 4.1 Použitý program

Na tvorbu výkresové dokumentace byl použit program Inventor Professional 2021, který slouží k tvorbě návrhů, vizualizací, simulací a přesných technických výkresů ve 2D a 3D. Disponuje kvalitními nástroji, se kterými lze poměrně snadno vytvořit návrhy dílů, jednoduchých, ale i velmi složitých sestav. Dle rozdělení CAD systému se Inventor řadí mezi velký CAD, tedy velmi výkonné, které se vyznačují velkou spolehlivostí. Výstupním formátem jsou .ipt (díl), .iam (sestava), .dwg nebo .idw (výkres), .ipn (prezentace) a .ipj (projekt). V Inventoru lze kreslit v milimetrech nebo palcích a podporuje normy ISO, ANSI, BSI, DIN, GB, GOST a JIS. Tyto parametry lze navolit v nastavení, které je v menu hned po otevření programu (obr. 3).

Program má přívětivé uživatelské rozhraní, ve kterém se začne brzy cítit dobře i začátečník, nicméně k dosažení vyšší zručnosti s tímto programem, je zapotřebí získat více zkušeností. Přesto, že je program prvotně vytvořen pro strojařské výkresy, je vhodný i pro výkresovou dokumentaci nábytku díky možné tvorbě sestav z již nakreslených dílů.



Obrázek 3 - Nastavení Inventoru

## 4.2 Použité obráběcí centrum

Na výrobu dílců by bylo použito obráběcí centrum Morbidelli M100 s trémovým stolem (obr. 4). Jde o univerzální CNC obráběcí centrum, které slouží k flexibilnímu obrábění plošných i masivních dílců. Ke stroji lze přistupovat ze všech stran, a to v klidové i pracovní fázi. Pracovní operace jsou prováděny pod uzavřeným krytem a prostor kolem stroje není snímán fotobuňkami, které by pracovní operaci v případě narušení zastavily.

Toto CNC centrum disponuje pevným stolem a pojezdovým portálem, který je osazený obráběcími agregáty. Šasi lze osadit různou konfigurací čtyř pracovních jednotek, mezi které patří 3/4/5 osé vřeteno, vrtací hlava, přídavné elektrické vřeteno, otočná pila, dlabací jednotka a automatická jednotka pro nastřelování kolíků.

Stůl je tvořen trémovou konstrukcí, tyto trámy jsou polohovatelné v ose X a jsou osazeny podtlakovými přísavkami (pro obrábění plošných dílců), nebo pneumatickými svěrkami (pro obrábění masivních dílců). CNC centrum lze vybavit multifunkčním



stolem z ALU slitiny. Tento stůl umožňuje tzv. nesting systém, který umožňuje provést celý pracovní proces na jedno upnutí. Dílce jsou k pracovnímu stolu přisávány vakuově. Při pracovní operaci nedochází ke kontaktu mezi stolem a nástrojem.

Díky pětiosé obráběcí hlavě lze provádět velké úběry při vysokých rychlostech posuvu, aniž by došlo k velkým vibracím, které mají za důsledek nekvalitně obrobenu plochu, ta by musela být následně podrobena další výrobní operaci. Hlavní parametr této hlavy je výkon, hlava tohoto CNC centra disponuje výkonem 10kW. Chlazení je prováděno pomocí kapaliny. Hlava disponuje flexibilním naklápěním, opisováním plynulé křivky kolem obrobku s možností naklopení nástroje o 10°. Nástroje jsou umístovány u elektrického vřetene, na hraně pracovního stolu nebo v revolverovém rotačním zásobníku, toto umístění se odvíjí od konfigurace.

Jedním z hlavních cílů dnešních CNC strojů je zrychlování produkce výroby. Probíhá snaha o minimalizaci časových prodlev, kdy stroj provádí pomocné pohyby (výměny nástrojů, pohyb vřetene atd.). Tyto prodlevy lze redukovat pomocí umístění zásobníku poblíž vřetene pro rychlejší výměnu nástrojů, vysokých otáček vrtáků, nebo kyvadlového obrábění.



**Obrázek 4 - Morbidelli M100**

(<https://www.scmgroup.com/en/scmwood/products/machining-centres.c874/cnc-machining-centres-for-drilling-and-routing.878/morbidelli-m100-200.32314>, 10.4.2021)

### 4.3 Návrh a výkresy

Prvním krokem v návrhu stolu bylo stanovení základních parametrů, jde o základní rozměry a přibližný tvar stolu. Základní rozměry se odvíjejí od pohodlné polohy při sezení u stolu a tvar konstrukce je ovlivněn náročností na výrobu, estetickým dojmem a požadovanou funkčností.

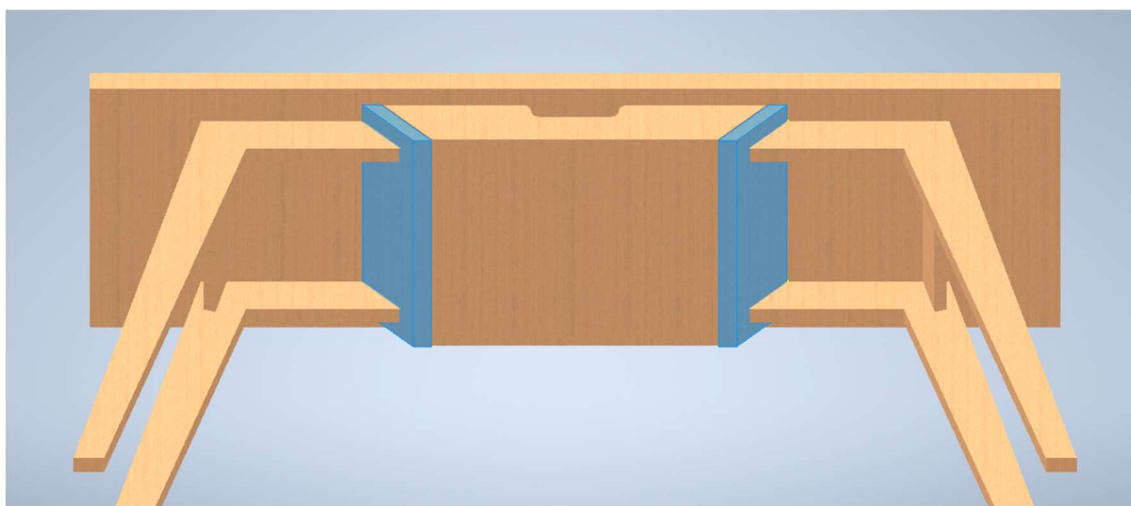
Mezi základní rozměry se řadí výška, šířka a hloubka stolu. Výška stolu je důležitá z hlediska polohy při sezení, člověk by měl být schopen u stolu sedět tak, aby nohy svíraly přibližně pravý úhel s páteří a v kolenech, aby měl rovná záda a předloktí ve výšce, ve které zůstanou ramena uvolněná (obr. 5), touto problematikou se zabývá ergonomie. Výška stolu je 773 mm. Šířka a hloubka stolu tvoří pracovní plochu, ta by měla být dostatečně velká pro ideální rozmístění všech předmětů. Plocha stolu má rozměry 1500 x 520 mm.



**Obrázek 5 - Správné sezení**

(<https://cdr.cz/sites/default/files/srovnanispatnedobre.jpg>, 10.4.2021)

Konstrukce stolu je navržena tak, aby zhotovení dílců a jejich kompletace byla co nejjednodušší, a aby zároveň působila čistým, esteticky příjemným dojmem. Spoje stolu jsou lepené. Stůl disponuje jednou zásuvkou, která je umístěná uprostřed pod svrchní deskou. Tato zásuvka je zavěšena za dvě desky, přičemž obě svírají se svrchní deskou úhel 45°. (obr. 6). Tyto desky jsou z vnitřní strany polepené filcovým páskem, pro minimalizaci tření a hladký výsuv lakované zásuvky.



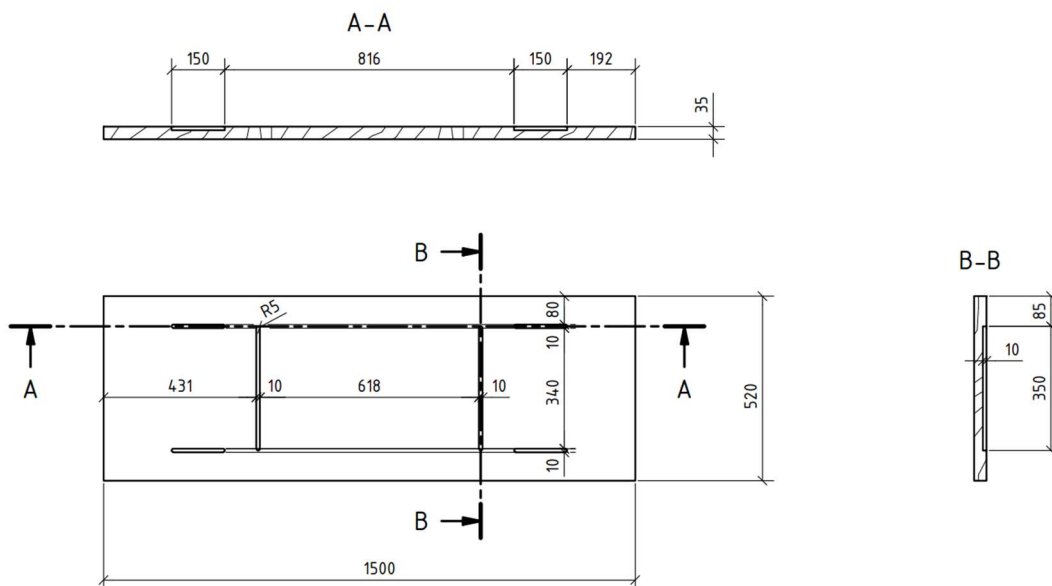
**Obrázek 6 - Umístění pojezdových desek**

Jak již bylo zmíněno, výkresová dokumentace byla vytvořena v programu Inventor Professional 2021. Tento program disponuje všemi potřebnými funkcemi pro tvorbu výkresů stolu.

Nejdříve se narýsuje každý jednotlivý dílec zvlášť a z těchto dokončených 3D výkresů se následně vytvoří 3D sestava stolu. Výrobní výkresy jsou následně generovány z těchto 3D výkresů jednotlivých dílců a sestavy.

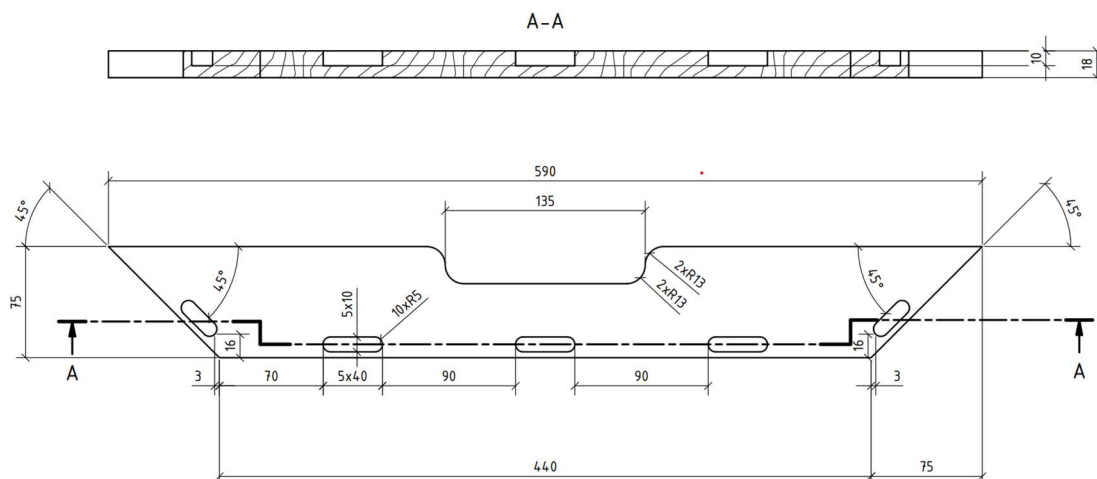
Jako první dílec byla narýsovaná svrchní deska, která definuje dva základní rozměry, a to šířku a hloubku stolu. Jde o velice jednoduchý dílec, je to v podstatě deska s šesti vyfrézovanými drážkami na jedné ploše, které slouží jako spoje pro nohy a pojezdové desky (obr. 7). Tyto drážky mají tloušťku 10 mm a jsou vždy zakončené rádiusem 5 mm na obou stranách, jsou použity pro veškeré spoje stolu a liší se pouze jejich délkou. Následující výkres byl pro pojezdové desky, které nesou zásuvku a mají velký dopad na vzhled stolu. Opět jde o poměrně jednoduchý dílec deskového tvaru, který má dvě zkosené hrany a na jedné z nich je vyfrézované pero, to slouží k napojení ke

svrchní desce. Jako další dílec jsem narýsoval nohy, které mají dvě variace, druhá variace je pouze zrcadlení té první. Noha už je tvarově složitější, protože se svrchní deskou svírá úhel  $105^\circ$ . Na jedné hraně má vyfrézované pero pro napojení na svrchní desku a z boku má vyfrézovanou drážku pro napojení s lubem. Poslední, pevně napojený dílec na stůl je lub, ten má zkosenou jednu hranu a na obou čelech má vyfrézované pero pro napojení s nohami.



**Obrázek 7 - Výkres svrchní desky**

Následující výkresy se věnují dílcům zásuvky, jde o záda, čelo, bok a dno. Záda tvoří lichoběžníkový tvar, u kterého jsou obě ramena pod sklonem  $45^\circ$  a na jedné ploše jsou vyfrézovány drážky pro napojení dna a boků. Čelo je téměř totožné se zády, jen navíc disponuje vyfrézovanou úchytkou (obr. číslo). Bok je hranolek se dvěma sraženými hranami a na obou čelech má vyfrézované pero pro napojení s čelem a zády. Dno zásuvky je deskového tvaru se dvěma sraženými hranami a na zbylých dvou hranách jsou vždy tři pera pro napojení s čelem a zády. Poslední výkres se týká sestavy celého stolu (obr. 8) (Nutsch, Bartoš, 2012).



Obrázek 8 - Výkres čela zásuvky

## 4.4 Výroba

Tato kapitola se věnuje výrobě již hotového návrhu stolu. Navržené dílce se nejdříve musí převést do programu pro CNC centrum, na kterém budou tyto dílce následně vyrobeny. Po výrobě těchto dílců následuje montáž, ta bude provedena pomocí lepených spojů. Finální operací výroby je povrchová úprava, bez které se nábytek z masivu neobejde.

### Programování

Na programování byla použita aplikace Edgecam, která je kompatibilní se soubory vytvořenými v Inventoru. Tato aplikace si vezme 3D výkres, který byl narýsován v Inventoru a definuje pro něj polotovár, ze kterého bude dílec vyroben. Následně se musel nadefinovat použitý nástroj pro každou plochu, řezná rychlost, orientace pohybu nástroje a postup jednotlivých cyklů. Po dokončení definice všech parametrů lze v aplikaci Edgecam provést simulaci, na které je vidět celý průběh obrábění. V případě chyby se plocha spojená s chybou zbarví červeně a aplikace na chybu upozorní. Výstupem této aplikace je program pro CNC zařízení, který ale nebylo třeba složitě psát, nýbrž ho stačilo definovat na 3D výkresu pomocí nástrojů této aplikace.

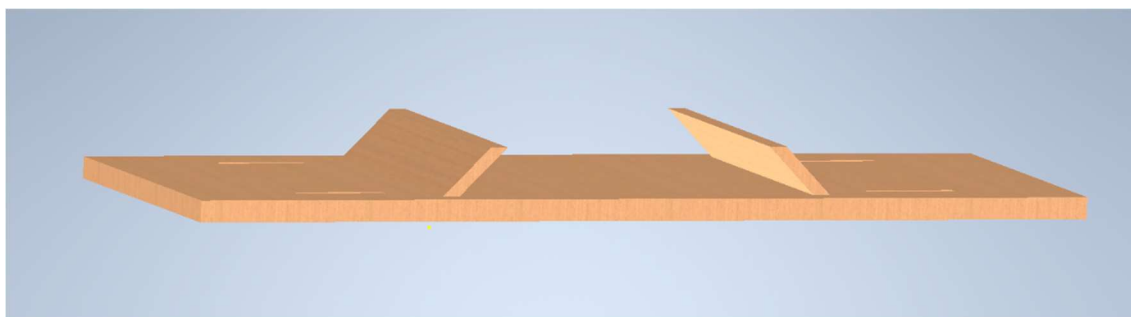
### Obrábění

Obrábění jednotlivých dílců probíhalo na již zmíněném CNC centru. Po uvedení stroje do provozu je zapotřebí otevřít pojistný ventil přívodu tlakového vzduchu, poté se provádí kalibrace.

Následuje nahrání programu pro obrábění do systému stroje a nastavení zarážek pracovního stolu, které tvoří nulový bod pro obrábění. Pro upnutí obrobku na pracovní plochu je třeba sepnout vakuovou vývěvu, posléze lze spustit obrábění. Jednotlivé dílce bylo zapotřebí po obrábění ručně zbrousit smirkovým papírem o zrnitosti 180.

### **Montáž**

Po výrobě všech dílců se veškerá pera pro napojení do drážek jemně zbrousila smirkovým papírem, aby mezi spoji byla mírná vůle, která tvoří prostor pro lepidlo. Pro spoje bylo použito PVAC lepidlo s přidanými tvrdidly pro větší odolnost ve vyšších teplotách. PVAC lepidlo schne 5 až 30 minut, nepodléhá stárnutí, není náchylné na plísně a barví pouze při kontaktu se železem, které se zde nenachází. Nejprve se ke svrchní desce nalepily pojezdové desky (obr. 9).

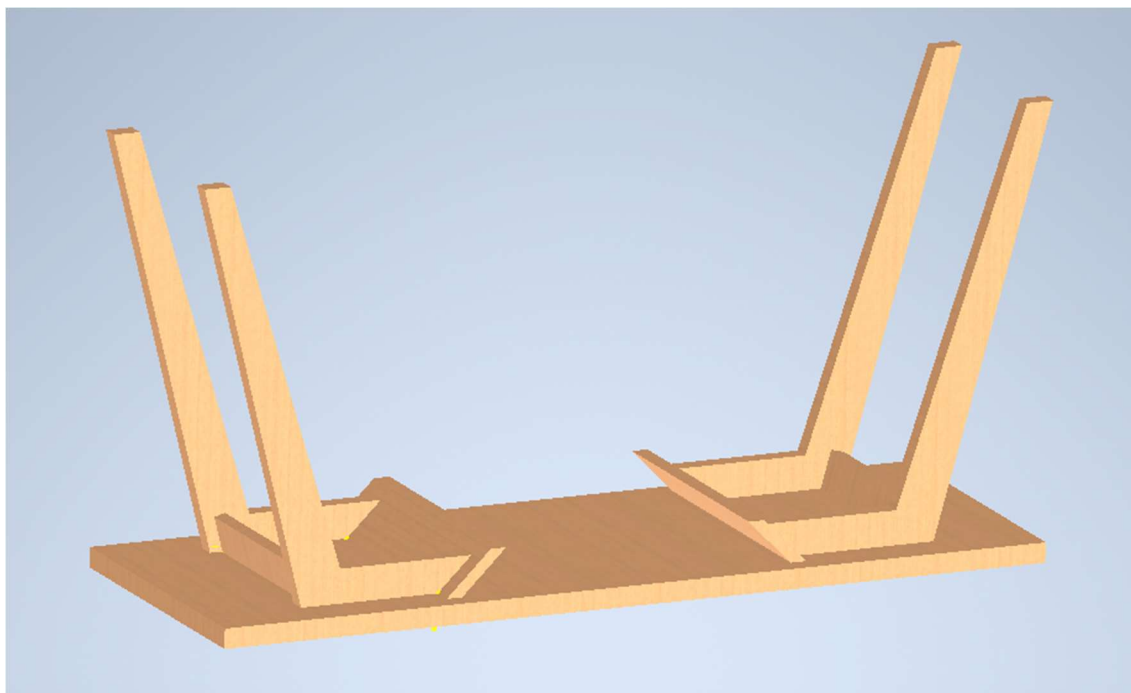


**Obrázek 9 - Slepění svrchní desky a pojezdových desek**

Následně se lub slepil s nohou varianta 1 a nohou varianta 2 (obr. 10), poté se již spojené nohy s lubem slepily se svrchní deskou (obr. 11). Nohy byly zafixovány ke svrchní desce za pomoci truhlářských svěrek po dobu vytvrzování lepidla.

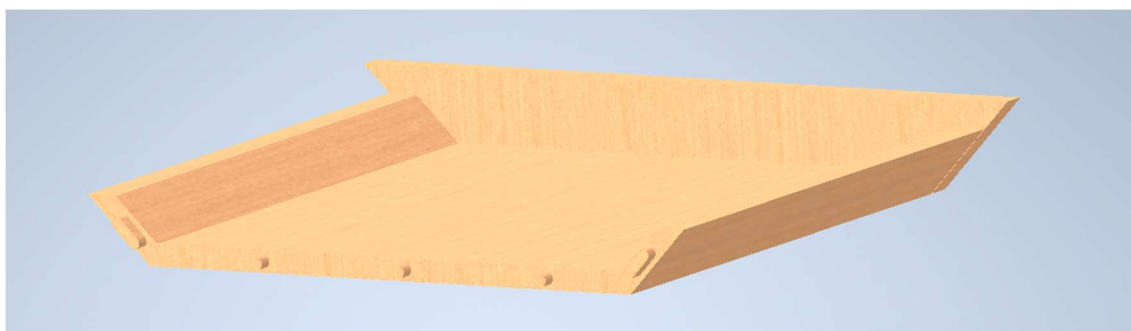


**Obrázek 10 - Slepění lubu s nohami**

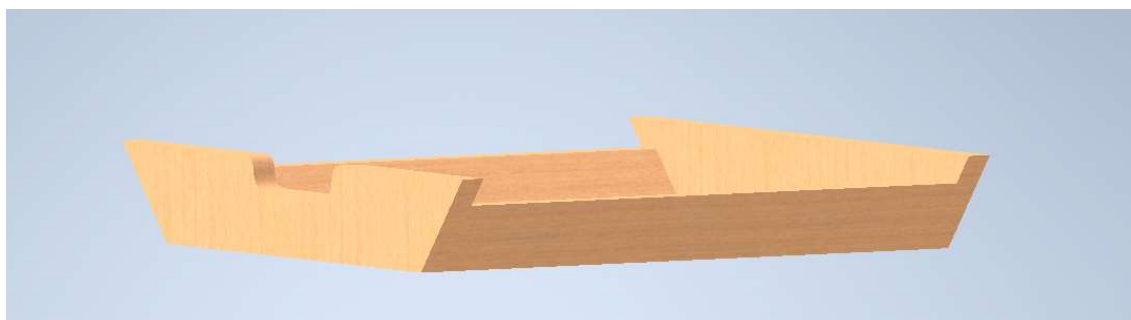


**Obrázek 11 - Spleení nohou se svrchní deskou**

Následovalo spleení zásuvky, u kterého se nejdříve slepilo dno a poté boky se zády (obr. 12). Posléze bylo z druhé strany nalepeno čelo (obr.13). Zásuvka se zafixovala svěrkami a lepidlo se nechalo vytvrdit (Král, Janák, 2004).



**Obrázek 12 - Spleení boků, dna a zad zásuvky**



**Obrázek 13 - Spleená zásuvka**

Čelo zásuvky byl poslední dílec s lepeným spojem u stolu, posléze byl stůl kompletně slepený. Stůl tvoří dvě slepené podsestavy, a to tělo stolu a zásuvka.

### **Povrchová úprava**

Po vytvrzení lepených spojů u výše uvedených podsestav, bylo nutné provést povrchovou úpravu. Nejprve se stůl podrobil broušení smirkovým papírem o zrnitosti 320, čímž se dosáhlo ideálního povrchu pro následné nanesení nátěru a obroušení hran, které nebyly zkosené a zaoblené.

Jako nátěrová hmota byl použitý lak ředitelný vodou. Výsledný film lze mechanicky a chemicky zatěžovat, je stálobarevný na světle a odolný proti otěru. Lak byl nanesen natíráním. Po 60 minutách byl přebroušen a následně byla nanesena další vrstva, která byla vyleštěna filcovým hadříkem.

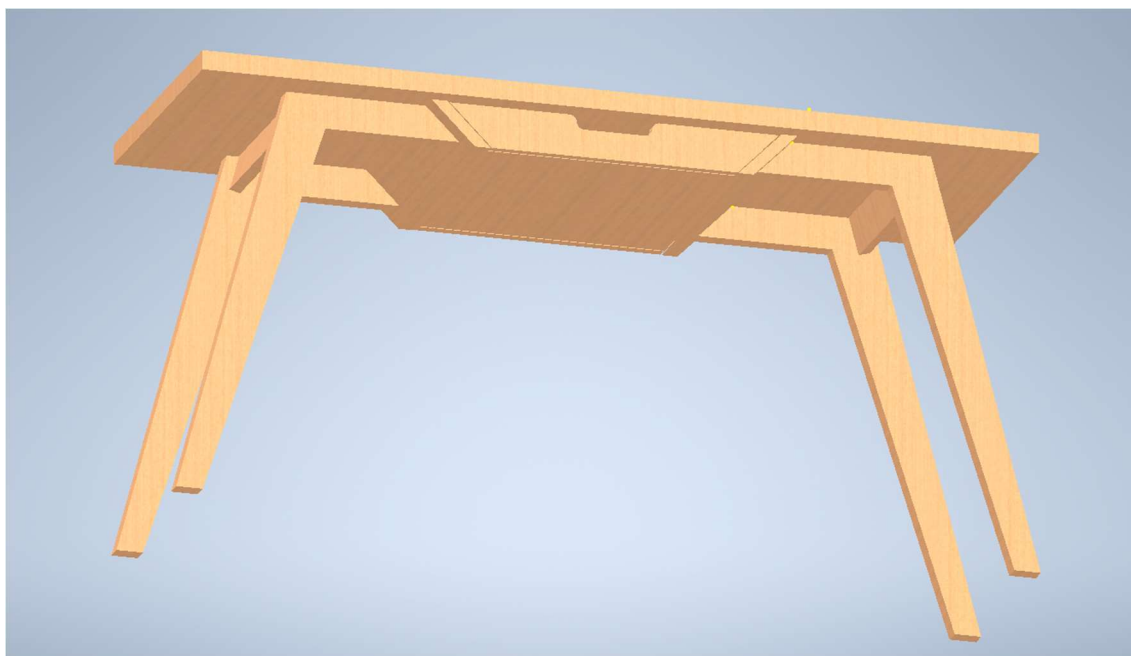


## 5 Výsledky

Výsledkem této bakalářské práce je vypracovaný návrh stolu ze smrkového dřeva, který lze vyrobit pomocí CNC, nemá kovové spoje a těží z estetických vlastností dřevěného materiálu. Cílem bylo využití širokých možností CNC obrábění, které řešilo absenci kovových spojů a navrhnout takovou konstrukci a spoje, které budou vhodné pro co nejčistší design stolu.

Výkresovou dokumentaci jsem tvořil v již zmíněném programu Inventor Professional 2021. Práce v tomto programu byla poměrně jednoduchá a intuitivní. Pro stůl jsem zhotovil devět výkresů jednotlivých dílců a jeden výkres sestavy stolu. Tento program mi také umožnil vytvořit 3D vizualizaci sestaveného stolu (obr. 14).

Výroba stolu měla být uskutečněna v nábytkářské firmě na Vysočině, která si nepřála být jmenována. K fyzické výrobě nakonec nedošlo v důsledku pandemie virové choroby COVID-19, finálním výstupem bakalářské práce je tedy výkresová dokumentace návrhu stolu (viz. příloha), což bylo i jejím cílem. Cíl bakalářské práce byl tedy splněn, přestože k fyzické výrobě z výše uvedených důvodů nedošlo.



Obrázek 14 - Vizualizace stolu

## 6 Diskuze

Když se na návrh podíváme, zjistíme, že byl zvolen konkrétní typ materiálu, konstrukce a design. Návrh je tedy jedinečný a nemůžeme ho moc porovnávat s jinou prací. Výrobou stolu bez kovových spojů na CNC se také ve své práci věnuje Náhlík (2019), ale jako materiál byla použita překližka, spoje byly řešeny tvarovým stykem a autor se na design stolu soustředil jen z menší části. Nicméně jedním ze společných faktorů bylo zaměření na ergonomii stolu, která je u nábytku tohoto typu důležitým aspektem.

Součástí obou prací je výkresová dokumentace. Náhlík (2019) kreslil v odlišném programu a návrhy jednotlivých dílců se odvíjí od zvoleného materiálu a jsou tedy plošného charakteru. Soustředil se na rozebiratelné spoje, které je těžší navrhnout, ale autor tak zjednodušil kompletaci stolu a vystačil si s menším počtem dílců. V mé práci jsem se soustředil na lepené spoje, které jsou jednodušší pro navrhnutí a nezasahují do estetické stránky stolu, ale nejsou rozebiratelné a jejich kompletace je složitější.

Dílce obou stolů byly vyráběny pomocí CNC centra a tento výrobní proces tedy mohl být u obou prací obdobně složitý a časově náročný. Stůl vyroben z překližky nebyl podroben žádné povrchové úpravě, zatím co stůl z masivního smrkového dřeva byl obroušen smirkovým papírem a následně lakován.

Práce Náhlíka (2019) se soustředí spíše na složitější rozebiratelné spoje, které vyžadovaly jistý důvtip, ale o to jednodušší konstrukci a kompletaci stolu. Má práce se věnovala více designu a jednodušším spojům, ale o to byla konstrukce i kompletace stolu složitější.

Většina prací zabývajících se obráběním pomocí CNC strojů je zaměřena na výrobu odlišných produktů. Například Barták (2018) se ve své práci věnuje výrobě dřevěného schodiště. Obě uvedené práce se věnují přiblížení CNC stroje a vypracování návrhu pro předmět výroby, nicméně výsledné výrobky z důvodu odlišné koncepce lze jen obtížně porovnat. Můžeme porovnávat použité CNC zařízení, to bylo i v mé práci použito z důvodu možností, kvality a přesnosti, jako uvádí i Barták (2018). Dále můžeme porovnávat software pro tvorbu návrhu nebo materiál, avšak nelze srovnávat stůl a schodiště z hlediska složitosti nebo designu.

## 7 Závěr

Tvorba návrhů designového nábytku z masivu je velice zajímavá. Nábytek je v neustálé přítomnosti člověka a jeho funkce i vzhled se nikdy nepřestanou vyvíjet, stejně tak je člověk celý život obklopen dřevem ať už v podobě stromů nebo dřevěných výrobků.

Dřevo je obnovitelný zdroj, dobře se opracovává a je esteticky příjemné, můžeme tedy předpokládat, že nábytek vyroben ze dřeva nejspíš nikdy nevyjde z módy. Přesto, že dřevo setrvává, pokrok zastavit nelze, a tak můžeme pozorovat, jak se posouvá funkcionality i vzhled dřevěného nábytku, nebo do tohoto vývoje dokonce přispět. Věnovat se výrobě dřevěného nábytku má tedy určitě smysl.

Dalším příkladem pokroku jsou CNC stroje, které výrobu nábytku urychlují, usnadňují, a dokonce ve výrobě otevírají nové možnosti. Dnešní možnosti v obrábění byly v minulosti těžko představitelné, a stejně tak si i my dnes jen těžko představíme, kam se posune tato technologie.

Jak můžeme vidět, tak díky důležitým aspektům, jako je obnovitelnost suroviny, neustálý posun designu a technologií, se výroba dřevěného nábytku může těšit bohaté budoucnosti.

## 7 Seznam použitých zdrojů

- BARTÁK, D. *Analýza CNC obráběcích center v souvislosti k výrobě dřevěného schodiště*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2018. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.
- BEER, P. *Niekonwencjonalne narzedzia do obróbki drewna*. Poznaň: Wydawnictwo Akademii Rolniczej. 2007. ISBN 978-83-7160-445-4.
- EDWARD, A. *Getting Started with CNC*. O'Reilly Media, Inc, USA. 2016. ISBN 978-14-5718-336-2.
- JANÍČEK, F. *Strojnictví Stroje a zařízení pro zpracování dřeva*. Praha: SOBOTÁLES, 2000. ISBN 978-80-85920-69-7.
- JOSTEN, E, REICHE, T a WITTCHEN, B. *Truhlářské konstrukce: spoje, povrchové úpravy dřeva, konstrukce*. 1. vyd. Praha: Grada. 2011. ISBN 978-80-247-2960-2.
- KANICKÁ, L. *Design nábytku v současném světě. 1. vyd.* Brno: ERA. 2007. ISBN 978-80-7366-107-6.
- KANICKÁ, L a HOLOUŠ, Z. *Nábytek: typologie, základy tvorby. 1.vyd.* Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3746-1.
- KAVINA, K. *Anatomie dřeva*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1932.
- KVIETKOVÁ, M. *Obrábění dřeva*. CARTER Praha. 2015. ISBN 978-80-213-2604-0.
- KRÁL, M., a kol. *Základy CNC obráběcích strojů*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998. ISBN 80-7200-295-3.
- KRÁL, P. JANÁK K. *Technologie I pro studijní obor nábytkářství*. Informatorium. 2004. ISBN 978-80-7333-003-3.
- MAREK, J., a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 2. vyd. Praha: MM publishing, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.

- NÁHLÍK, R. *Návrh výroby překližkového pracovního stolu bez spojovacího kování s využitím CNC zařízení*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2019. Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.
- NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. Německo: Europa-Lehrmittel, 2014. ISBN 978-3-8085-4012-1.
- NUTSCH, W a BARTOŠ, V. *Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada. 2012. ISBN 978-80-247-4244-1.
- OSTEN, M. *Práce s lepidly a tmely*. 3 vyd. přeprac. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN 978-80-7169-338-3.
- OVERBY, A. *CNC Machining. Building, Programming, and Implementation*. 1st ed. New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2010. ISBN 0071623019.
- PATŘIČNÝ, M. *Velká kniha o dřevě*. Praha: Fortuna Libri, 2016. ISBN 978-80-7546-053-0.
- PORTER, B. *Carpentry and Joinery I*. CRC Press. 2001. ISBN 978-07-506-5135-6.
- POŽGAJ, A., a kol. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 1993. ISBN 80-07-00600-1.
- SEDLIAČIK, J. XVIII. symposium *Pokroky vo výrobe a použití lepidel v drevopriemysle*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. ISBN 80-228-1697-3
- SMID, P. *CNC programming techniques: an insider's guide to effective methods and applications*. 1st ed. New York: Industrial Press, 2006. ISBN 0-8311-3185-3.
- ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.
- TESAŘOVÁ, D. *Povrchové úpravy dřeva: [lakování, moření, lazurování a lepení]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4715-6.

- TRÁVNÍK, A. *Výroba dřevěného nábytku. 2. vyd. přeprac.* Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-674-3.
- TRÁVNÍK, A. *Technologické operace výroby nábytku. 1. vyd.* Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. ISBN 80-7157-865-7.
- ZEMIAR, J. *Technológia výroby nábytku. vyd. 1.* Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. ISBN 978-80-228-2064-6.
- CSM woodworking technology. Morbidelli m100/200. [Online] [Citace: 10. 4 2021.] <https://www.scmgroup.com/en/scmwood/products/machining-centres.c874/cnc-machining-centres-for-drilling-and-routing.878/morbidelli-m100-200.32314>.
- Vlach, J. Jak správně sedět u počítače? [Online] [Citace: 10. 4 2021.] <https://cdr.cz/clanek/jak-spravne-sedet-u-pocitace-rozhodujici-je-vyber-stolu-zidle-spravne-cviky>.

## **8 Přílohy**

Příloha – Výkresová dokumentace stolu