

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

**Vliv předřezu stolní kotoučové pily na konečnou
kvalitu řezu**

Bakalářská práce

Autor: Šárka Ryndová

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Sedlecký, Ph.D.

2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šárka Ryndová

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Vliv předřezu stolní kotoučové pily na konečnou kvalitu řezu

Název anglicky

Influence of precutting unit of circular saw on final cut quality

Cíle práce

Cílem práce je zjištění vlivu předřezového kotouče na výslednou kvalitu řezu u povrchově upravených aglomerovaných materiálů. Kvalita obrobeného povrchu bude srovnána s kotoučem určeným na stejný materiál ovšem bez předřezu. Vyhodnocení bude probíhat pomocí dotazníku a měřením kvality.

Metodika

Zajištění materiálu a nástrojů

Provedení experimentální části práce – zkušební řezu.

Vyhodnocení výsledků a jejich zpracování.

Stanovení závěrů.

Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran

Klíčová slova

Předřez, kotoučová pila, řez, kvalita povrchu

Doporučené zdroje informací

DŘEVAŘSKÁ. *Dřevařská technická příručka*. PRAHA: SNTL, 1970.

JANÍČEK, F. *Stroje a zařízení, pro 1. až 4. roč. středních průmyslových škol dřevařských oborů truhlářství*. PRAHA: SNTL, 1979.

JOSTEN, E. – WITTCHEN, B. – REICHE, T. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2961-9.

NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-60-3.

ZBOŘIL, F. – JANÍČEK, F. – VOZÁR, J. *Výrobní zařízení pro učební obory Zpracování dřeva*. Praha: Informatorium, 1999. ISBN 80-86073-48-3.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miroslav Sedlecký, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv předřezu stolní kotoučové pily na konečnou kvalitu řezu“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miroslava Sedleckého, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V..... dne.....

Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat Ing. Miroslavu Sedleckému Ph.D. za odborné vedení při zpracování bakalářské práce.

Dále patří mé poděkování kolektivu laboratoře zpracování dřeva za pomoc při zpracování této práce.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině, především svému příteli, za pomoc a podporu při studiu.

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá analýzou vlivu předřezového agregátu na výslednou kvalitu povrchu laminované dřevotřískové desky.

Rešeršní část je zaměřena na proces řezání, popis kotoučové pily, jejího příslušenství a činností spojených s její obsluhou. Současně se rešeršní část zabývá výrobou aglomerovaných dřevotřískových desek.

Praktická část řeší zjištění okrajových podmínek experimentu, dále řeší vyhotovení zkušebních vzorků. Pokračuje jejich vyhodnocením, jak pomocí specializovaného softwaru, tak v závislosti na odpovědích respondentů v dotazníku.

Klíčová slova: Předřez, kotoučová pila, řez, kvalita povrchu

Influence of precutting unit of circular saw on final cut quality

Abstract: The bachelor thesis deals with the analysis of the impact of the pre-cut unit on the resulting surface quality of the laminated chipboard.

The first part is focused on the cutting process, the description of the circular saw, its accessories and the activities associated with its operation. Concurrently, this part deals with the production of agglomerated chipboards.

Analysis section solves findings of boundary conditions of the experiment. Furthermore, it solves the production of test samples. Then it continues to evaluate them using both specialized software and respondents' responses to the questionnaire

Keywords: Precut, circular saw, cut, surface quality

Obsah

1	Úvod.....	- 9 -
2	Cíle práce	- 10 -
3	Rozbor problematiky	- 11 -
3.1	Řezání	- 11 -
3.2	Základní stroje pro oddělení materiálu	- 13 -
3.3	Kotouč pily	- 17 -
3.4	Deskový materiál	- 20 -
4	Metodika	- 26 -
4.1	Použité materiály	- 26 -
4.2	Použité laboratorní vybavení	- 26 -
4.3	Použité softwarové vybavení.....	- 28 -
4.4	Použité nástroje.....	- 28 -
4.5	Použité stroje	- 29 -
5	Praktická část práce.....	- 30 -
5.1	Měření a výpočet hustoty desky	- 30 -
5.2	Měření a výpočet vlhkosti desky	- 31 -
5.3	Zjištění odštěpování povrchu.....	- 31 -
5.4	Vytvoření dotazníku	- 32 -
6	Výsledky a diskuze	- 34 -
7	Závěr	- 41 -
8	Bibliografie	- 42 -
9	Přílohy.....	- 44 -

Seznam tabulek

Tabulka 1: Otáčky kotouče v závislosti na jeho průměru a řezné rychlosti.....	- 12 -
Tabulka 2: Orientační hodnoty posuvu na zub při řezání kotoučovou pilou	- 13 -
Tabulka 3: Obecné rozdělení deskových materiálů	- 20 -
Tabulka 4: Požadavky na vlastnosti dřevotřískové desky typu P2	- 22 -
Tabulka 5: Technické parametry použité laboratorní váhy.....	- 26 -
Tabulka 6: Technické parametry použité sušárny.....	- 27 -
Tabulka 7: Technické parametry použité formátovací pily.....	- 29 -
Tabulka 8: Výchozí tabulka pro ukázkou výpočtu.....	- 33 -
Tabulka 9: Naměřené hodnoty zkušebních vzorků vážením.....	- 34 -
Tabulka 10: Naměřené hodnoty zkušebních vzorků měřením.....	- 34 -
Tabulka 11: Vypočtené hodnoty hustoty a vlhkosti zkušebních vzorků.....	- 35 -
Tabulka 12: Výsledky odštípnutí aglomerované desky při použití předřezového agregátu	- 36 -
Tabulka 13: Výsledky odštípnutí aglomerované desky při použití speciálního kotouče	- 36 -
Tabulka 14: Celkové srovnání použitých technologií.....	- 40 -

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozvírací klín	- 16 -
Obrázek 2: Nejpoužívanější geometrie zubů pilových kotoučů.....	- 18 -
Obrázek 3: Struktura laminované DTD	- 25 -
Obrázek 4: Laboratorní váha Kern.....	- 26 -
Obrázek 5: Sušárna použitá pro vysoušení vzorků	- 27 -
Obrázek 6: Použitý scanner se zkušebními vzorky	- 27 -
Obrázek 7: Použité pilové kotouče v hlavní a předřezové pilové jednotce.....	- 28 -
Obrázek 8: Speciální kotouč na laminované desky bez použití předřezové jednotky	- 28 -
Obrázek 9: Použitá formátovací pila SI 400 EP CLASS	- 29 -

Seznam grafů

Graf 1: Výsledky dotazníku a softwaru – speciální kotouč, levá strana vzorku	- 37 -
Graf 2: Výsledky dotazníku a softwaru – speciální kotouč, pravá strana vzorku.....	- 37 -
Graf 3: Výsledky dotazníku a softwaru – předřezový agregát, levá strana vzorku.....	- 38 -
Graf 4: Výsledky dotazníku a softwaru – předřezový agregát, pravá strana vzorku	- 38 -
Graf 5: Výsledky dotazníku – neodborná část veřejnosti	- 39 -
Graf 6: Srovnání maximálního průmětu odštěpu dle použité technologie řezu.....	- 39 -

1 Úvod

Dřevo od nepaměti slouží lidstvu jako zdroj tepla i jako materiál pro zajištění obživy a bezpečí. V průběhu času se vyvinulo specializované zpracování dřeva pro vybudování přístřeší nebo primitivních zařízení a současně jeho využití v uměleckých dílech.

V dnešní době, kdy je výrazně řešena problematika obnovitelných zdrojů, jsou řešeny i odpady ze zpracování dřeva. Z nich je následně technologickým procesem tvořen nový materiál v podobě aglomerovaných desek. Tyto desky mohou být následně z estetického hlediska povrchově upravovány umělými povlaky. Tyto povlaky samozřejmě vykazují jiné vlastnosti, než samotné plné dřevo nebo aglomerovaný materiál. Při obrábění je tak nutné brát v úvahu volbu vhodného technologického postupu obrábění i volbu nástroje. Proces obrábění ve dřevozpracujícím průmyslu je většinou řešen rotací nástroje, který odebírá materiál pomocí řezných hran, výjimečně rotací materiálu.

V současné době, kdy jsou aglomerované materiály hojně využívány, je problematika jejich dělení řešena pomocí speciálních postupů. Nejčastějšími metodami jsou použití předřezové jednotky stolní kotoučové pily, jež omezuje poškození povrchové úpravy desky, nebo použití speciálních obráběcích nástrojů – řezných kotoučů se specifickým ozubením.

Otázku, jakou metodu dělení desek použít řeší zpracovatelé těchto materiálů. Ti jsou současně postaveni před otázku ekonomickou, zda je nutné pořizovat celý předřezový agregát, či ekonomicky výhodnější koupí samotného kotouče.

2 Cíle práce

Cílem práce je zanalyzování vlivu dvou metod zpracování velkoformátové dřevotřískové desky. Metodou je myšleno dělení materiálu pomocí stolní kotoučové pily. První možností je oddělení materiálu pomocí hlavního pilového kotouče současně s použitím předřezového. Druhá možnost je využití speciálního řezného kotouče umožňujícího řezat laminované desky bez použití předřezové jednotky bez ztráty kvality povrchu v okolí řezu. Analýza bude sloužit k usnadnění potencionálního rozhodnutí při výběru stolní kotoučové pily s předřezovým agregátem či bez něj.

3 Rozbor problematiky

Problematika v případě této práce se zabývá řezáním na kotoučových pilách. Kotoučová pila je jeden z nejpoužívanějších strojů v dřevozpracujících podnicích. Kotoučové pily jsou využívány hlavně díky výsledné kvalitě povrchu obráběného materiálu, a to jak v masivním dřevě, tak i v materiálech na bázi dřeva. Současně je také značnou výhodou možnost volby velikosti prořezu, mimo jiné volbou velikosti pilového kotouče. Správná volba pilového kotouče je také nutná v závislosti na obráběném materiálu. Bohužel je kotoučová pila současně strojem podílejícím se na nejvíce způsobených úrazech při práci. (1)

Současně se práce také zabývá velkoplošnými deskami, které jsou povrchově upravené laminem. Na tento typ řezu se používá předřezový agregát, případně speciální kotouč, který umožňuje použití pily bez předřezového agregátu. Tyto možnosti technologického procesu se používají proto, že aglomerované laminované desky se při řezání běžným kotoučem na masivní dřevo vyštípnou a tím dochází k poškození povrchu a znehodnocení vizuální kvality desky.

3.1 Řezání

Řezání je technologický proces, který působením cizího tělesa, tedy řezného nástroje, odstraňuje z obráběné suroviny určitou část hmoty, a to buď za účelem jejího rozdělení na menší části, nebo za účelem získání požadovaného tvaru obrobku při určité kvalitě jeho povrchu. (2)

3.1.1 Kinematika řezného procesu

Kinematika oddělování třísky při řezání na stolní kotoučové pile spočívá v otáčivém pohybu kolem osy kotouče, kdy obrobek je posuvem přitlačován ke kotouči. Vzniká tedy hlavní pohyb po kružnici a posuvný pohyb po přímce. (2)

Kinematika řezného procesu může mít vliv na jakost řezné plochy. Jakost je podmíněna kinematickými nerovnostmi způsobenými vibrací kotouče nebo nepřesnostmi rozvodu zubů. Současně může mít na kvalitu povrchu vliv vytrhávání a chlupacení způsobené stavbou dřeva nebo stavbou obráběného materiálu. Největší vliv může mít osová výchylka pilového kotouče, která závisí na celkovém stavu stroje, zejména na přesnosti ložisek a kolmosti přírub pilového kotouče k ose otáčení. Pro dosažení vyšší jakosti řezné plochy je tak primárně potřeba zkontrolovat řezné podmínky, a to především přesnost upnutí nástroje. (3)

3.1.1.1 Výpočet řezné rychlosti

Řeznou rychlostí (v_c) je myšlena rychlost hlavního pohybu, která je okamžitá vůči obrobku. Pro práci s ostrými pilovými kotouči se doporučuje rychlost 40–60 m/s, pro práci s tupými pilovými kotouči se doporučuje rychlost mezi 60–80 m/s. Maximální řezná rychlost kotoučových pil se pohybuje okolo 150 m/s. Výpočet řezné rychlosti viz vzorec 3.1. (2)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} \quad (3.1)$$

Kde:

- v_c : řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- D : průměr pilového kotouče [mm]
- n : doporučené otáčky [min^{-1}]

Doporučené otáčky dle velikosti pilového kotouče je možné odečíst z tabulky 1. uvedené níže. Tabulka byla vypočtena dle vzorce 3.2. (4)

$$n = \frac{60000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (3.2)$$

Tabulka 1: Otáčky kotouče v závislosti na jeho průměru a řezné rychlosti (autorka)

D [mm]	Řezná rychlost										
	10 [m/s]	20 [m/s]	30 [m/s]	40 [m/s]	50 [m/s]	60 [m/s]	70 [m/s]	80 [m/s]	90 [m/s]	100 [m/s]	120 [m/s]
100	1910	3820	5730	7639	9549	11459	13369	15279	17189	19099	22918
150	1273	2546	3820	5093	6366	7639	8913	10186	11459	12732	15279
200	955	1910	2865	3820	4775	5730	6685	7639	8594	9549	11459
250	764	1528	2292	3056	3820	4584	5348	6112	6875	7639	9167
300	637	1273	1910	2546	3183	3820	4456	5093	5730	6366	7639
350	546	1091	1637	2183	2728	3274	3820	4365	4911	5457	6548
400	477	955	1432	1910	2387	2865	3342	3820	4297	4775	5730
450	424	849	1273	1698	2122	2546	2971	3395	3820	4244	5093
500	382	764	1146	1528	1910	2292	2674	3056	3438	3820	4584
550	347	694	1042	1389	1736	2083	2431	2778	3125	3472	4167
600	318	637	955	1273	1592	1910	2228	2546	2865	3183	3820
650	294	588	881	1175	1469	1763	2057	2351	2644	2938	3526
700	273	546	819	1091	1364	1637	1910	2183	2456	2728	3274

Výše uvedená tabulka je čistě orientační a slouží pouze pro přehled řezných rychlostí v závislosti na otáčkách kotouče. Vždy je nutné řídit se maximálními povolenými hodnotami určenými výrobcem.

3.1.1.2 Výpočet posuvné rychlosti

Posuvná rychlost při podélném řezání a při mechanizovaném posuvu dosahuje 50-100 m/min. Při čelním řezání s mechanizovaným posuvem je rychlost okolo 5-25 m/min. (2)

$$s = \frac{s_z \cdot n \cdot z}{1000} \quad (3.3)$$

Kde:

- s: rychlost posuvu [m/min]
- s_z : posuv na zub [mm/zub]
- n: doporučené otáčky [min^{-1}]
- z: počet zubů kotouče

Posuvná rychlost je dle vzorce 3.3 závislá na otáčkách pilového kotouče a počtu zubů pilového kotouče, tyto hodnoty je možné nalézt na samotném kotouči nebo v katalogu výrobce kotouče. Současně je i závislá na konstantě „posuv na zub“ jejíž hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Orientační hodnoty posuvu na zub při řezání kotoučovou pilou (5)

Materiál		Posuv na zub s_z
		[mm/zub]
Měkké dřevo	Podélné řezání	0,20 - 0,30
	Příčné řezání	0,10 - 0,20
Tvrdé dřevo		0,06 - 0,15
Dřevotříska		0,10 - 0,25
Překližka		0,05 - 0,12
Laminované desky		0,05 - 0,10
Neželezné kovy a plast		0,02 - 0,05

3.2 Základní stroje pro oddělení materiálu

Stroje pro oddělení materiálu jsou obráběcí stroje, které umožňují vytvořit obrobek žádaného geometrického tvaru a jakosti povrchu oddělením materiálu ve formě třísek řezným nástrojem. Příkladem mohou být soustruhy, brusky, vrtačky, rovinné frézky, svislé frézky, strojní pily nebo také CNC stroje či hydraulické a pneumatické přístroje. (6) (7)

Vzhledem k řešené problematice v praktické části bude bakalářská práce zaměřena primárně na stolní kotoučové pily.

Proces řezání dřeva kotoučovými pilami je v dřevařském průmyslu nejvíce používaný. Tento proces můžeme posoudit podle kritérií hospodárnosti, kvality, bezpečnosti a zatížení okolního prostředí. Důležitými vlivy při řezání na kotoučových pilách jsou cena nástroje a také ovlivnění okolního prostředí jako je hladina hluku a prašnost. (8)

3.2.1 Kotoučové pily

První strojní kotoučová pila byla vynalezena v roce 1780 ve Spojeném království. Kotoučové pily byly umístěny ve vodních či větrných mlýnech, které sloužily k jejich pohonu. První kotouče měly menší zuby a byly používány až na výsledné zkracování řeziva po prvotním nařezání kulatiny na rámové pile. Také se využívaly k efektivnímu řezání menších výřezů. Na začátku 19. století se začaly používat větší kotouče, až do průměru 2,97 m. Do doby, než se začaly používat parní stroje, byly velké pily nepraktické na pořez kulatiny, protože vyžadovaly více energie než rámové pily. V závislosti na odpadávání odřezků od pily se pily rozdělovaly na levé nebo pravé. Americká firma SKIL v roce 1927 patentovala ruční provedení kotoučové pily. (9)

Truhlářská kotoučová pila je v základním provedení stolní pilou osazenou pravítkem pro podélné řezání souběžně s kotoučem. Často bývá opatřena bočním zkracovacím vozíkem, který zpravidla jezdí na ocelové tyči a je osazen příčným pravítkem. Pro nárůst rozměrů aglomerovaných desek samozřejmě vznikaly nároky na prodloužení řezné délky. Pro kvalitní a konstantní lineární pohyb obráběného materiálu byly vyvinuty formátovací vozíky umístěné na hliníkových profilech. Vozíky jezdí paralelně s pilovým kotoučem a pevný stůl je osazen vpravo od kotouče, je tak možná délka od 1 000 mm do 5 000 mm. (9)

Jedním z dalších vylepšení truhlářských kotoučových pil bylo osazení předřezového agregátu, který umožňuje kvalitně zpracovávat laminované desky. (9)

Z postupného vylepšování truhlářské kotoučové pily se postupně vyvinula horizontální formátovací pila. Rozlišení mezi truhlářskou a formátovací kotoučovou pilou není úplně přesně stanoveno, ale obecně lze za formátovací pilu považovat stroj osazený hliníkovým vozíkem s řeznou délkou od 1 000 mm a více. (6)

3.2.1.1 Stojan stroje

První formátovací pila byla celodřevěné konstrukce postavená v roce 1906 Wilhalem Altendorfem v Německu. Po dřevěném stojanu přešla výroba na litinové stojany a v dnešní době se z důvodu úspory hmotnosti přechází na svařované ocelové plechy tloušťky 3–6 mm. Na stojanu je osazen stůl, který je vyroben z ocelového plechu, hliníku nebo šedé litiny. (6)

3.2.1.2 Formátovací vozík

Formátovací vozík je jednou z nejdůležitějších součástí formátovací pily. U jednotlivých pil se může lišit nejen rozměry, ale i konstrukcí pojezdu. Jedním z hlavních srovnávacích měřítek u jednotlivých výrobců je konstrukce pojezdu. V současné době jsou stále vyvíjeny lehčí, přesnější a odolnější typy pojezdu. (6)

Vozík se skládá ze dvou základních prvků, a to nosného trámce a samotného vozíku. Oba prvky jsou vyráběny nejčastěji z hliníkových slitin. Vozík bývá povrchově upravován eloxováním, čímž se zamezí špinění obráběných dílců hliníkovou slitinou. Trámec umožňuje seřízení vozíku do přesné roviny a také je pevně spojen se stojanem stroje. (6)

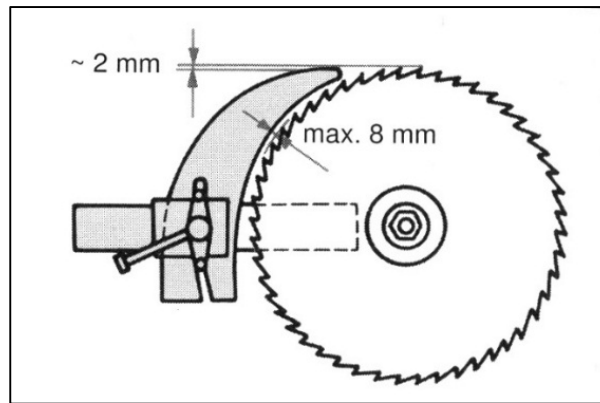
Mezi vozíkem a trámcem se nacházejí pojezdové mechanismy, kterých je několik druhů. Jedním ze základních jsou čtyři „V-drážky“ ve kterých jsou nalepeny tvrdokovové planžety a mezi každou dvojicí jsou umístěné kalené kuličky, které jsou umístěné v kleci a umožňují translační pohyb vozíku. Dalším způsobem jsou nalisované planžety v rybinové drážce, které mají lepší životnost oproti lepeným planžetám. Dalším způsobem jsou kuličkové klece, které jsou umístěné mezi dvěma čtveřicemi kalených tyčí. Posledním vylepšením pojezdového mechanismu je dvojité kladkové uložení vozíku. (6)

3.2.1.3 Podpěrný rám

Podpěrný rám je ocelový rám, který je na jedné straně podpírán teleskopickým ramenem a na straně druhé je zavěšen na formátovacím vozíku. Pro snazší nakládání desek bývá osazen válečkem. Na podpěrném rámu je uloženo příčné a zadní pravítko s dorazy. (6)

3.2.1.4 Rozvírací klín

Rozvírací klín patří k bezpečnostně technickému vybavení každé stolní kotoučové pily. Rozvírací klín slouží k zabránění zaklínění a následnému zpětnému vrhu obráběného materiálu. Rozvírací klín musí být chráněn proti samovolnému sklopení a bývá svisle i vodorovně nastavitelný. Odstup rozvíracího klínu od vnější kružnice řezného kotouče nesmí překročit vzdálenost 8 mm. Vrchní část rozvíracího klínu nesmí výškově přesahovat hrot zubu v nejvyšší poloze. Současně nesmí být vrchní část klínu níže než dno zubové mezery kotouče. Požadavky jsou kladeny i na tloušťku rozvíracího klínu – ideální rozměr je takový, že klín je silnější než tělo pilového kotouče, ale současně tenčí než vytvořená řezná spára zubu tohoto kotouče. Konstrukce rozvíracího klínu je patrná z obrázku 1. (1)



Obrázek 1: Rozvírací klín (1)

3.2.1.5 Ochranný kryt kotouče

Ochranný kryt kotouče, který je k rámu pily upevněn bez vnější vazby k rozvíracímu klínu, plní ochrannou funkci před dotykem obsluhy pilového kotouče a zároveň jako ochrana před odletujícím odebraným materiálem. Současně se na ochranný kryt kotouče může umístit odsávání pilin a prachu. Toto odsávání může být řešeno i spodním odtahem nebo jako kombinace obou. (1)

3.2.1.6 Pilová jednotka

Pilová jednotka je složená z litinového odlitku nebo ocelového svařence. Pilová jednotka je poháněná elektromotorem přes klínový či plochý řemen. Stroj v základním provedení má jednu rychlost, ve vylepšených pilách jsou i tři stupně otáček, v nejnovějších aplikacích se potom nachází plynulá regulace. Pilová jednotka umožňuje výškové i úhlové nastavení kotouče. (9)

Z konstrukčního hlediska vycházíme ze dvou řešení. Prvním je, že pomocí otočného čepu se pilová hřídel s motorem pohybuje nahoru a dolů a tím vykonává kruhový pohyb. Druhým způsobem je, že se pilová hřídel s motorem pohybuje po lineárním vedení. (9)

Pilová jednotka byla na starších strojích uložena na dvou čepích, podle kterých se naklápěla. Nevýhodou byl fakt, že při změně úhlu řezu se měnila poloha pilového kotouče z roviny řezu. U novějších pil je pilová jednotka uložena na segmentech (takzvaných půlměsících) a tím zůstává rovina řezu ve stejné poloze i při naklopení. (9)

Pilová deska umožňuje naklopení celé pilové jednotky o 45° v obou směrech. Mechaniku pilové jednotky můžeme obsluhovat třemi způsoby, a to ručně pomocí pohybových šroubů, elektricky pomocí servomotorů nebo pomocí počítače, kdy se agregát přednastaví na konkrétní požadovanou hodnotu. (6)

Pilová jednotka může být osazena další malou pilovou jednotkou, která může být osazena nezávislým elektromotorem, nebo poháněna z hlavní pilové jednotky. Tato přídatná pilová jednotka se nazývá předřezový agregát. Kotouč předřezové jednotky má otáčky okolo 7 000 – 10 000 otáček za minutu a směr otáčení je opačný než u hlavního pilového kotouče. Důvodem zavedení tohoto agregátu byla rostoucí výroba laminovaných desek. Tento agregát přeřízne spodní vrstvu laminované desky a nedochází tak k vytrhávání lamina ze spodní části desky při řezání hlavním pilovým kotoučem. (9)

3.3 Kotouč pily

Pilové kotouče jsou obráběcí nástroje, které jsou součástí kotoučových pil. Na pilovém kotouči jsou umístěné břity. Hlavní pilový kotouč uchycený v pilové jednotce bývá většinou nastaven vysunutím nad obráběný materiál pro úplné přeříznutí, ale může být výškově nastaven i pod výškovou hladinu obráběného materiálu pro vytvoření drážky. Do řezu se může pohybovat buď materiál (stolní pila), nebo pilový kotouč (zkracovací pila). Současně může být pila osazena vedlejší pilovou jednotkou. Těleso předřezového kotouče bývá složeno ze dvou menších řezných kotoučů a distančních kroužků. Zmíněné distanční kroužky jsou umístěny mezi dvěma řeznými kotouči a tím určují šířku prořezu materiálu. (9)

Základními prvky zubu pilového kotouče jsou břit, čelo a hřbet. Břit je funkční část nástroje, je klínovitá. Čelo je plochá část, po které se odvíjí tříska a svírá úhel se základní rovinou. Hřbet nástroje je obrácen k ploše řezu. (10)

3.3.1 Rozdělení pilových kotoučů

Podle požadovaného obráběného materiálu a podle požadované kvality se mění použití pilového kotouče, které je určeno technologickými předpisy. Podle několika kritérií můžeme rozdělit pilové kotouče: (11)

- a) Podle směru řezání vzhledem k dřevním vláknům
 - příčné řezání
 - podélné řezání
 - kombinované řezání
- b) Podle použití pilového kotouče pro řezaný materiál
 - pro rostlé dřevo
 - na aglomerovaný materiál

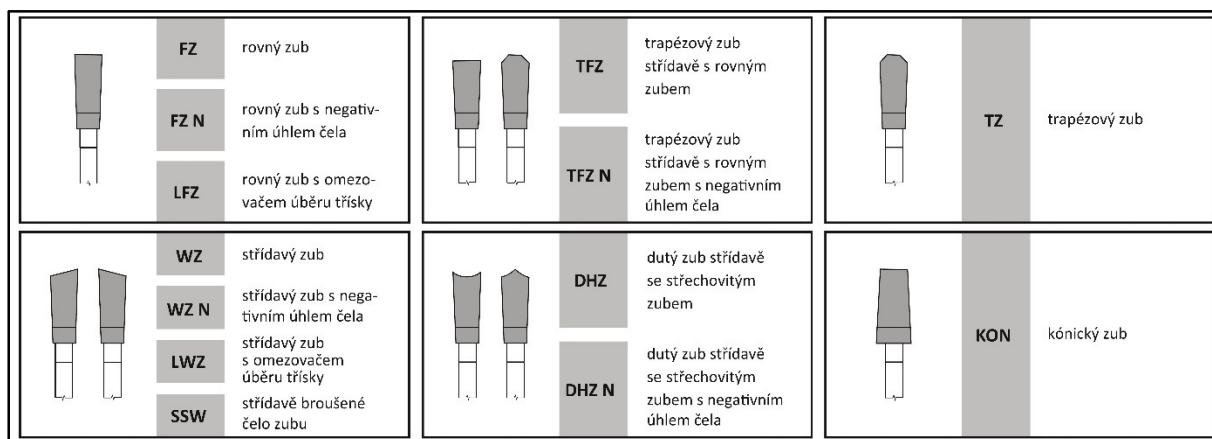
c) Podle příčného řezu pilového kotouče rozeznáváme

- ploché (hoblovací)
- seřezávací (sbíhavé) pravé nebo levé
- seřezávací (sbíhavé) oboustranné
- podbroušené

d) Podle tvaru pilových kotoučů

- rozvedené pilové zuby
- pýchované pilové zuby
- s destičkami ze slinutých karbidů

Pilové koutoče jsou také děleny podle geometrie plátků zubů. Každý druh zubů slouží pro jiné druhy řezů. Například rovný zub slouží k řezání podélně a příčně v masivním dřevu. Dutý zub může být použit pro řezání vrstvených materiálů, jako je například překližka. (1)



Obrázek 2: Nejpoužívanější geometrie zubů pilových kotoučů (4)

3.3.2 Materiály pro výrobu pilových kotoučů

Pilové kotouče jsou vyráběny z ušlechtilé nástrojové oceli. Tato ocel je vyráběna podle ČSN 19418 a označení oceli je 75Cr1. (5)

3.3.2.1 Výroba pilových kotoučů

Pilové kotouče jsou tepelně zpracovány, vyrovnány, vyztuženy, rozvedeny a naostřeny.

Tepelné zpracování je prováděno kalením pilového kotouče do tloušťky těla 3 mm na 44-48 HRC a pro tloušťku nad 3 mm je hodnota 42-46 HRC. (5)

Při vyrovnání jsou odstraněny úchytky rovinnosti (vypukliny nebo prohlubiny). Jsou odstraněny z důvodu axiální házivosti, která by neměla překročit hodnoty:

- 0,2 mm u pilového kotouče do průměru 200 mm
- 0,4 mm u pilového kotouče do průměru 500 mm
- 0,6 mm u pilového kotouče do průměru 800 mm
- 0,8 mm u pilového kotouče nad průměr 800 mm

Tyto hodnoty se vypočítají měřením v upnutém stavu kotouče, který je upnut poblíž patní kružnice a je třeba mít v patnosti kvalitu přírub, u kterých je dán minimální průměr $5 \cdot \sqrt{\text{průměru kotouče}}$. (5)

Vyztužení je vhodná úprava předpětí a zvyšuje se tím tuhost kotoučů. Tímto procesem se zlepšuje přesnost řezání a také jakost řezné plochy. Při menší tloušťce pilového kotouče je vyztužení pro řeznou rychlost 60 m/s a u větších tlouštěk je vyztužování pro rychlost 80 m/s. Informace o otáčkách, které odpovídají vyztužení kotouče, jsou uvedeny na pilovém kotouči. (5)

Pro ostření je dobré použití bílého nebo šedého korundu střední zrnitosti. Pojivo korundu pro ostření může být keramické nebo bakelitové a struktura bývá pórovitá až velmi pórovitá. (5)

3.3.2.2 Povrchové úpravy pilových kotoučů

Povrchově se upravují boční plochy těl kotoučů, což se provádí se následujícími metodami: (9) (12)

- Černěním, jedná se o úpravu, u které se nanese na povrch pilového kotouče tenký povlak černé barvy. Tato úprava prodlužuje životnost kotouče až o 20 %.
- PVD povlakováním, („physical vapour deposition“) což je technologie přípravy tenkých vrstev, které disponují vynikajícími fyzikálními a chemickým vlastnostmi. Těmito vlastnostmi jsou především nízké tření, vysoká tvrdost, odolnost vůči otěru, vysoké teplotě, korozi a kyselinám. Takto lze upravit všechny typy kotoučů. Tento povlak zabraňuje nalepování pryskyřice a pilin na povrch kotouče. Na potažení pilového kotouče se mohou používat sloučeniny, jako například TiN , TiCN, AlTiN, TiAlN.
- Niklováním, což je nanesení tenkého povlaku mléčné barvy, které snižuje nalepování pryskyřice a dalších nečistot. Díky tomu se snižuje tření a zahřívání a také se prodlužuje životnost. Niklování rovněž brání korozi při řezání dřeva s vyšší vlhkostí.

Dalšími možnými úpravami, které ovšem nejsou na nástrojích běžně používány, jsou například teflonování, chromování a další. (9)

3.4 Deskový materiál

Nestejnorodost dřeva a jeho struktury, která se projevuje v různých mechanických a fyzikálních vlastnostech, již odedávna zapříčinila pokusy o zhotovení materiálu, který bude stejnorodější. Prvními deskovými materiály byly překližky a vrstvené lisované dřevo. V celosvětovém měřítku se spotřeba aglomerovaného materiálu stále navyšuje. (1) (13)

V tabulce 3 je potom uvedeno základní dělení deskových materiálů.

Tabulka 3: Obecné rozdělení deskových materiálů (1)

Deskové materiály				
Aglomerované materiály na bázi dřeva				-
Překližka ČSN EN 636 -(1-4)	Dřevotřísková deska ČSN EN 312	Dřevovláknitá deska ČSN EN 622	Ostatní aglomerované materiály na bázi dřeva	Ostatní deskové materiály
Dýhovaná překližka Multiplex	Plošně lisované desky	Tvrdé dřevovláknité desky	Vrstvené dřevo	Vysokotlaký laminát
Spárovka a dýhovaná deska	Desky výtlačně lisované ČSN EN14 755	Dřevovláknité desky středně tvrdé	Tvarované vrstvené dřevo	Desky z tvrdé pěnové hmoty
Tvarované části překližky	Laminované desky	Porézní dřevovláknité desky a středně tvrdé dřevovláknité desky	Vrstvené dřevo ČSN EN 14 279	Sádrokartonové desky
Biodeska	Orientované speciální desky používané jako obkladový a stavební materiál	Tvrdé dřevovláknité desky s dekorem	Voštinové desky	Sádrovláknité desky
Velkoplošné bednicí desky	Tvarované dřevotřískové desky, OSB desky			

Tento trend se dotýká i dřevozpracujících podniků. Výroba deskového materiálu z masivního dřeva jako například spárovka umožňuje detekovat vady ve dřevě, tyto vady odstranit při nářezovém plánu a pro jejich výrobu tedy lze použít i méně jakostní řezivo.

Při výrobě aglomerovaných materiálů je velká snaha o nahrazení masivního dřeva, ale zároveň zanechání dobrých vlastností masivního dřeva a eliminaci jeho špatných vlastností. Aglomerované materiály na bázi dřeva jsou vyráběny k určitému účelu použití a tím se lze zabývat přesně vlastnostmi, které jsou potřebné pro výsledný produkt.

3.4.1 Aglomerované materiály na bázi dřeva

Agglomerované materiály na bázi dřeva jsou deskové materiály vyrobené z dřevních částic, jakými jsou například třísky, vlákno, piliny a další. Mohou být také vyráběné z jiných lignocelulózových materiálů jakými jsou pazdeří, bagasa a sláma. Mohou být spojeny vlastní lepivostí, organickým pojivem (lepidlem) či pojivem minerálním za pomoci tepla, tlaku či katalyzátoru.

3.4.2 Dřevotřískové desky

Ve světě se začaly dřevotřískové desky (DTD) vyrábět koncem 40. let 20. století. První linkou na světě se může chlubit Československo, kde v roce 1949 firma Bučina začala vyrábět DTD z buku. Před četnými výzkumnými pracemi v 60. letech 20. století nebyly desky takové kvality jako dnes. Ne zcela zvládnutá technologie výroby způsobovala vysokou rozlupčivost, nerovnoměrný povrch, hustotu a také značnou rozdílnost tloušťky desek. Kvalita desek se začala vylepšovat přibližně v 60. letech minulého století. V současné době je tato deska nejvíce rozšířená a také vyráběna po celém světě, a to především pro výrobu nábytku, obkladů a podlahoviny. (9)

Jako každý materiál má DTD své výhody i nevýhody. Vlastnosti jsou měněny s ohledem na použití třísek, a to především na jejich velikost. Současně je vlastnosti možné měnit s druhem dřeviny a lepidla. Pozitivními vlastnostmi DTD oproti masivnímu dřevu je například nižší roztažnost při působení vlhkosti. Negativními vlastnostmi DTD jsou horší mechanické vlastnosti.

Hlavními výhodami desek jsou:

- možnost využití také lignocelulosového materiálu (lněné a konopné pazdeří, bambus, papyrus, stonky bavlníku a další)
- velkoplošnost
- plošná izotropnost vlastností

- umožnění výroby desek s různou hustotou

Hlavními nevýhodami těchto desek jsou:

- malá odolnost proti působení dlouhodobé vlhkosti, což omezuje venkovní použití s působením vnějších povětrnostních vlivů
- nepodobný vzhled dřevu, který je možné upravit pro zlepšení estetického vjemu. Pro zlepšení se povrchově upravují dýhováním, laminováním, či potahováním plastovými fóliemi umožňující vytvoření různých vzorů
- hrubá struktura, jež neumožňuje čisté a hladké profilování boků, k tomuto využití se musí použít dražší MDF

Dřevotřískové desky se dle ČSN EN 312 dělí na druhy:

- P1 – desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí
- P2 – desky pro vnitřní vybavení pro použití v suchém prostředí
- P3 – nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí
- P4 – nosné desky pro použití v suchém prostředí
- P5 – nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí
- P6 – zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití v suchém prostředí
- P7 – zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

V tabulce 4 jsou uvedeny požadavky na vlastnosti dřevotřískové desky typu P2, jež je v práci použita v rámci kapitoly 0.

Tabulka 4: Požadavky na vlastnosti dřevotřískové desky typu P2 (14)

Vlastnost	Metoda zkoušení	Jednotka	Požadavek						
			Tloušťková třída (mm, jmenovitý rozměr)						
			3 – 4	>6 – 13	>13 – 20	>20 – 25	>25 – 32	>32 – 40	>40
Pevnost v ohybu	EN 310	N/mm ²	13	13	13	11,5	10	8,5	7
Modul pružnosti v ohybu	EN 310	N/mm ²	1800	1800	1600	1500	1350	1200	1050
Rozlupčivost	EN 319	N/mm ²	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Přídržnost povrchu	EN 311	N/mm ²	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Poznámka: Hodnoty platí pro vlhkost materiálu odpovídající relativní vlhkosti vzduchu 65 % a teplotě 20 °C									

3.4.2.1 Výroba dřevotřískových desek

Pro výrobu DTD desky se používají dvě základní suroviny, a to zbytkové dřevo, které se dříve vůbec nevyužívalo (případně využívalo na energetické účely), a lepidlo, které určuje, na co budou desky použity.

Výroba DTD změnila neekologické zacházení se zbytkovým dřevem, jako jsou piliny, hnědá štěpka, pilařské odřezky, tyčovina anebo také rovnané průmyslové dřevo. Druhy dřeviny jsou voleny tak, aby nákup dosahoval co nejnižších cen. (9)

Lepidla, která se používají jsou pryskyřice, lepidla močovinoformaldehydová (UF), fenolformaldehydová (PF), melaminformaldehydová (MEF), izokyanátová. Tyto typy lepidel jsou termoreaktivní. UF lepidla se používají na desky pro vnitřní suché prostředí. Desky, které jsou využívány pro stavebnictví, a tím vystaveny delším expozicím vlhkosti se používají lepidla PF či MEF. (15)

Výroba DTD se skládá především z výroby třísek, jejich následné úpravy, nanášení lepidla a následného lisování. DTD se vyrábějí ve větší míře třívrstvé, přičemž vrchní a spodní vrstvy jsou homogennější, vyrobené z jemných třísek, tak aby byl povrch hladký. Střední vrstva je rozvrstvena z větších třísek pro zajištění pevnosti desky. Při výrobě se výrobní zařízení uspořádává do kontinuální linky. (9)

Výrobní fáze výroby DTD:

1. Zpracování vstupní suroviny se provádí buď jednostupňově (vstupní materiál se přímo roztřískuje) nebo dvojestupňově (ze vstupního materiálu se vytvoří štěpka a poté třísky). Rozhodování o jednostupňovém či dvojestupňovém zpracování závisí na vstupním materiálu
2. Následuje sušení roztřískovaného materiálu na vlhkost 3-5 %. Sušení probíhá v bubnových sušárnách. Toto sušení trvá několik sekund.
3. Suché třísky se třídí na vibračních síťových třídících. Zde je oddělena velmi jemná a velmi hrubá frakce.
4. Dále třísky pokračují technologickým procesem do nanášečky lepidla, kde se třísky vážou pojivou (6-12 % syntetických lepidel).
5. Po nanesení lepidla putují jemné povrchové a hrubé středové třísky na dopravníku a postupně se vrství. Vrství se do souvislého koberce buď gravitačně, nebo pneumaticky.

6. Poté se koberec několik minut lisuje ve vyhřátém etážovém, kontinuálním či kalandrovém lisu. Lisovací tlak je 350 N/cm^2 a teplota je od 40 do $240 \text{ }^\circ\text{C}$.

7. Desky poté několik dní dozrávají ve skladu a poté se formátují.

DTD se vyrábějí v různých provedeních a lze je dělit podle polohy třísek na: (16)

- plošně lisované
- výtlačně lisované
- desky z orientovaných třísek (OSB)

Dle způsobu úpravy povrchu:

- surové – broušené/nebroušené
- dýhované
- laminované
- kaširované papírovou nebo plastovou folií

Dle počtu vrstev:

- jednovrstvé
- třívrstvé
- více vrstvé

Do desek se mohou jako další surovinový zdroj použít piliny, které jsou však velmi malé a tím snižují vzájemnou vazbu třísek v hotové desce. I přesto se v praxi používají do 30 % celkového množství z důvodu nízké ceny. Stejně jako třísky je nutné piliny vysušit na 3 % vlhkosti.

Pevnost a tvrdost DTD určují kromě druhu dřeviny, množství pojiva a lisovacího tlaku i způsob výroby třísek, čímž DTD můžeme zařadit do třech skupin: (16)

- I. třísky speciálně řezané (kotoučovými třískovači)
- II. desky ze štěpek a z dřevního odpadu
- III. třísky získané dezintegrováním odpadu z dřevoobráběcího stroje

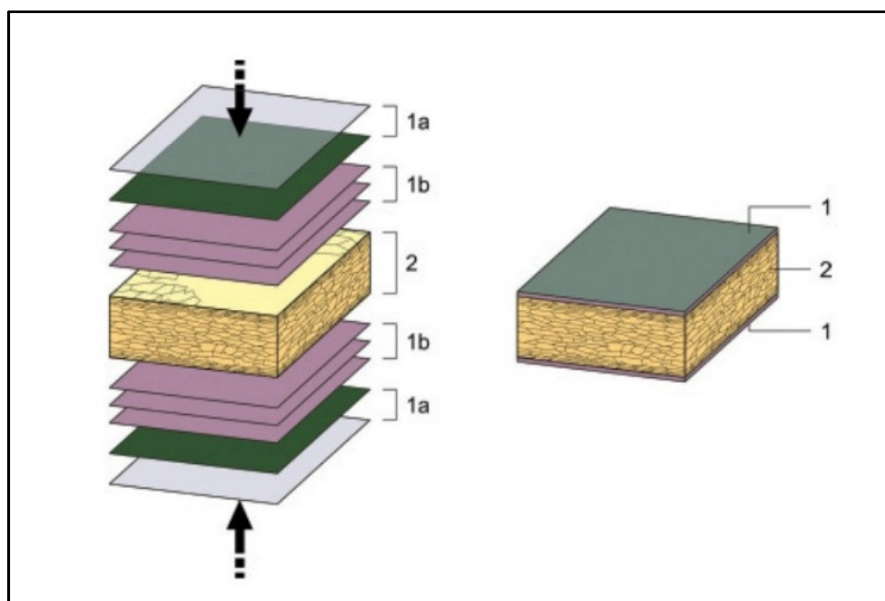
Normalizované rozměry desky jsou většinou ve formátu 1830·2750 mm nebo 2070·2800 mm.

3.4.2.2 Laminované DTD

Laminovaná DTD je oplášťována vrstvami pevného papíru nasyceného vinylformaldehydovou a melaminoformaldehydovou pryskyřicí. Laminování se provádí symetricky a oboustranně. Vzhled povrchu laminované desky je daný druhem potisku povrchu dekoračního papíru. (17)

Laminované DTD desky jsou určeny na přímé použití na nábytkové dílce bez dalšího dokončování povrchu. Jen po rozřezání je potřebné pohledové hrany olepit, a to buď melaminovými nebo plastovými hranami. (17)

Desky mají hustotu kolem $710 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, poměrně vysokou pevnost v ohybu a dobře zachovávají rovinnost. Povrch je bez pórů, odolný proti otěru, vroucí vodě, horkým dnům hrnců a proti slabým zásadám, kyselinám a alkoholu běžně používaným v domácnostech. Z těchto vlastností vychází, že se laminované desky používají především na výrobu kuchyňského, laboratorního, kancelářského, školního a hotelového nábytku, kde je požadována vysoká odolnost povrchu. (17)



Obrázek 3: Struktura laminované DTD (17)

1a – venkovní okrasná vrstva, **1b** – podkladová vrstva, **1** – laminát, **2** – DTD

4 Metodika

4.1 Použité materiály

Dřevotřísková laminovaná deska od firmy Eurospan E1 P2 o tloušťce 18 mm. Deska se primárně používá pro výrobu interiérového vybavení (včetně nábytku) a je určena pro použití v suchém prostředí. Technické vlastnosti desky viz tabulka 4.

4.2 Použité laboratorní vybavení

4.2.1 Laboratorní váhy

Všechny zkušební vzorky byly zváženy na laboratorní váze Kern PCB 2500-2. Technická data a ilustrační fotografie váhy jsou uvedeny v tabulce a na obrázku níže.

Tabulka 5: Technické parametry použité laboratorní váhy (18)

Parametr	Hodnota
Váživost	2500 g
Citlivost	0,01 g
Rozlišení	0,01 g
Vážicí plocha	130·130 mm



Obrázek 4: Laboratorní váha Kern (18)

4.2.2 Sušárna

Pro dokonalé vysušení vzorků pro zjištění vlhkosti byla použita sušárna Binder ED-23. Stolní sušárna využívá přirozenou cirkulaci vzduchu. Technická data a ilustrační fotografie sušárny jsou uvedeny v tabulce a na obrázku níže.

Tabulka 6: Technické parametry použité sušárny (19)

Parametr	Hodnota
Rozsah teplot	5-300 °C
Napájení	230 V 50 Hz
Maximální příkon	800 W
Příkon pro udržení teploty*	148 W
Přesnost nastavení teploty*	± 0,5 °C
Předehřívací čas*	28 min
* Na teplotě 150 °C	



Obrázek 5: Sušárna použitá pro vysoušení vzorků (19)

4.2.3 Scanner

Všechny zkušební vzorky byly naskenovány na skeneru Epson GT – 15 000 v rozlišení 600 dpi a 48bitové barevné hloubce. Toto nastavení scanneru při velikosti vzorku 250·50 mm poskytuje orientační rozlišení fotografie cca 6000·1200 px. Ilustrační fotografii i se zkušebními vzorky prezentuje obrázek 6.



Obrázek 6: Použitý scanner se zkušebními vzorky (autorka)

4.3 Použité softwarové vybavení

Pro vyhodnocení odštípatelnosti materiálu byl použit program NIS ELEMENTS AR. Tento software umožňuje analýzu řešené plochy vzorku a určení součtu odštípnutých částí lamina. Současně je také jeho výstupem maximální hodnota odštípnutí na zkoumané hraně.

4.4 Použité nástroje

4.4.1 Kotouč hlavního pilového agregátu a předřezové jednotky

Na pilový agregát byl osazen pilový kotouč od firmy BSP o průměru 300 mm s počtem 96 zubů a šířkou prořezu 3,2 mm. Na předřezovou jednotku byl použit kotouč od firmy Pilana 5393 KON o průměru 120 mm s počtem 24 zubů, nastavitelnou šířkou prořezu od 3,1 do 4,2 mm pomocí distančních kroužků. Ilustrační fotografie viz níže.



Obrázek 7: Použité pilové kotouče v hlavní a předřezové pilové jednotce (autorka)

4.4.2 Speciální řezný kotouč

Speciální kotouč od firmy Pilana, typ 5390 DHZ HP o průměru 303 mm se 60 zuby a šířkou prořezu 3,2 mm.



Obrázek 8: Speciální kotouč na laminované desky bez použití předřezové jednotky (autorka)

4.5 Použité stroje

Veškeré zkušební řezy byly provedeny na kotoučové formátovací pile SI 400 EP CLASS. Tato pila disponuje například elektronicky řízeným zvedáním i naklápěním pilového kotouče. Po nastavení pily výrobce uvádí přesnost řezu v odchylce pět setin milimetru v celé délce řezu bez závislosti na délce osazeného formátovacího stolu. Standardní výbavou pily jsou také dva nouzové vypínače umístěné jak na přední straně, tak i na straně paralelního pravítka. Pila je osazena i automatickou brzdou pilového kotouče. Předřezová jednotka má samostatný pohonný agregát a je tak nezávislá co se výkonu týče na hlavním pilovém agregátu. Technická data a ilustrační fotografie pily jsou uvedeny v tabulce a na obrázku níže.

Tabulka 7: Technické parametry použité formátovací pily (20)

Parametr	Hodnota
Maximální výška řezu při 90° kotouče*	140 mm
Maximální výška řezu při 45° kotouče*	97 mm
Maximální sklon pilového kotouče	45 °
Otáčky hlavního pilového kotouče	3000/4000/5000 min ⁻¹
Otáčky předřezového kotouče	8500 min ⁻¹
Výkon hlavního pilového agregátu	7 kW
Výkon předřezového agregátu	0,9 kW
Hmotnost stroje	1070 kg
Formátovací stůl	3200-3800 mm
* Při osazení kotouče o průměru 400 mm	



Obrázek 9: Použitá formátovací pila SI 400 EP CLASS (autorka)

5 Praktická část práce

Praktická část práce byla rozdělena na následující části:

- zjištění hustoty desky použité k výrobě vzorků
- zjištění vlhkosti desky použité k výrobě vzorků
- zjištění odštěpení povrchu při použití předřezového agregátu
- zjištění odštěpení povrchu při použití speciálního kotouče
- vytvoření dotazníku pro hodnocení jakosti povrchu
- vyhodnocení dotazníku

5.1 Měření a výpočet hustoty desky

Měření hustoty desky probíhalo dle příslušné normy ČSN EN 323.

Z desky, která se použila na zjišťování kvality povrchu se na různých místech odřízlo 11 vzorků, které se zvážily na laboratorní váze. Následně se vzorky změřily na každé straně třikrát posuvným měřítkem pro vytvoření průměrné hodnoty dané délky strany pro eliminaci případných nepřesností hrubostí povrchu.

Pro každý vzorek se vypočítala hustota podle příslušného vzorce. Po výpočtu aritmetického průměru hustoty jednotlivých vzorků byla určena hustota celé aglomerované desky. (21)

$$\rho = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \cdot 10^6 \quad (5.1)$$

Kde:

- ρ : hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
- m : hmotnost [g]
- b_1 : 1. rozměr [mm]
- b_2 : 2. rozměr [mm]
- t : tloušťka [mm]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.2)$$

Kde:

- \bar{x} : průměr [-]
- n: počet prvků [-]
- $\sum_{i=1}^n x_i$: suma [-]

5.2 Měření a výpočet vlhkosti desky

Měření vlhkosti desky probíhalo dle příslušné normy ČSN EN 322.

Na tuto zkoušku byly použity stejné vzorky jako pro předchozí zkoušku. To znamená, že bylo použito opět 11 vzorků, které byly zváženy a následně vloženy do sušárny. Pravidelně byly vzorky váženy do doby, než se jejich hmotnost ustálila.

Po ustálení hmotnosti se pro každý vzorek vypočítala vlhkost dle příslušného vzorce. Po výpočtu aritmetického průměru vlhkosti jednotlivých vzorků byla určena vlhkost celé aglomerované desky. (22)

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (5.3)$$

Kde:

- H: vlhkost [%]
- m_H : hmotnost vzorku na počátku zkoušky [g]
- m_0 : hmotnost vzorku na konci zkoušky [g]

5.3 Zjištění odštěpování povrchu

Zjištění odštěpnutí povrchu probíhalo dle příslušné normy ČSN 49 0231.

Z dalších částí zkoumané desky se nejdříve na formátovací pile nařezaly vzorky s předřezovým kotoučem a hlavním kotoučem a následně vzorky pouze se speciálním kotoučem pro řezání laminovaných desek bez použití předřezové jednotky. Pro každé provedení bylo vytvořeno 36 vzorků, každý vzorek byl očíslován a označen. Bylo rozhodnuto, že provedené vzorky budou mít rozměr 250·50 mm. Na každém vzorku se naznačil úsek dlouhý 100 mm, kde bude provedeno změření odštěpnutí. Všechny vzorky byly v závislosti na normě odebrány z desky více než 150 mm od hrany desky z výroby. (23) (24)

Vzorky se v podobě nascanovaných obrázků vložily do softwaru NIS ELEMENTS AR. Poté se fotky naprahovaly (označení jednotlivých částí, které se odštípuly). Následně se označila plocha, která se bude měřit. Po změření se řešila „binární plocha“, která označuje celkovou plochu odštípnutí a také „maximální průmět 90“, který označuje největší plochu odštípnutí v daném měřeném úseku. Pro prezentaci výsledků odštípatelnosti byla kromě průměrné hodnoty také vypočtena směrodatná odchylka základního souboru. Výpočet probíhal dle vzorce 5.4.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n - 1}} \quad (5.4)$$

Kde:

- σ = směrodatná odchylka [-]

5.4 Vytvoření dotazníku

Dílním cílem práce bylo vytvoření dotazníku, který mezi respondenty mapoval subjektivní náhled na odštípatelnost lamina ze vzorků. Dotazník byl vytvořen pomocí aplikace google docs. V dotazníku byly nejdříve kladeny obecné otázky na respondenty, čímž byli respondenti rozděleni na dvě skupiny. Výsledky z první skupiny respondentů (odborníci na danou problematiku) budou porovnávány s výsledky softwarového výstupu. Výsledky ze skupiny respondentů nespádajících do skupiny odborníků budou sloužit pro obecné vyhodnocení potencionální ekonomické výhodnosti koupě předřezového agregátu. Dotazník v podobě, jak byl podáván respondentům, je uveden v přílohách, stejně tak data z daného dotazníku použita pro zpracování výsledků.

5.4.1 Vyhodnocení výsledků dotazníku

V první části vyhodnocování dotazníku byly vyjádřeny výsledky průzkumu mezi odbornou veřejností.

Porovnání číselných výsledků konkrétních hodnot s číselnou škálou hodnocení dotazníku je poměrně obtížné. Pro grafické porovnání tedy byly výsledky obou zmíněných metod přepočteny na procentuální vyjádření maximální hodnoty. Z výsledků softwaru byla vyhledána maximální hodnota binární plochy a ta byla určena jako 100 %. Ostatní hodnoty potom byly dopočteny jako určující procentuální podíl maxima. Stejně tak se výpočet opakoval u dotazníku, kde však bylo potřeba nejprve vypočíst konkrétní hodnoty k porovnání. Hodnota

u dotazníku tak byla určena jako pronásobení jednotlivých známek (1-5) s počtem odpovídajících respondentů. Pro názorné pochopení je níže uvedený postup řešení na příkladu.

Tabulka 8: Výchozí tabulka pro ukázkou výpočtu

Vzorek / Počet respondentů	Známka				
	1	2	3	4	5
1	10	8	6	4	2
2	1	3	5	7	9

Pro výpočet se tedy vždy vynásobí počet respondentů s konkrétní udělenou známkou a výsledky za daný vzorek se sečtou.

$$\text{Vzorek 1} = 1 \cdot 10 + 2 \cdot 8 + 3 \cdot 6 + 4 \cdot 4 + 5 \cdot 2 = \underline{70}$$

$$\text{Vzorek 2} = 1 \cdot 1 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 5 + 4 \cdot 7 + 5 \cdot 9 = \underline{95}$$

Z tohoto příkladu je na první pohled jasné, že vzorek číslo 2 vykazuje maximální hodnotu výsledku a lze ho tedy označit za „nejhorší“ z hlediska dotazníku. Proto je fiktivně označen jako 100 % vzorek a ostatní vzorky se procentuálně dopočítávají. Stejně tak procentuální dopočítávání probíhá u vzorků jejichž celková hodnota odštěpu byla určena softwarem jako „binární plocha“.

V druhé části vyhodnocování dotazníku byly vyjádřeny výsledky průzkumu mezi neobornou veřejností. Pro grafické znázornění byly použity odpovědi neoborné veřejnosti na všech hranách podle průměrné udělené známky konkrétnímu vzorku.

5.4.2 Celkové vyhodnocení

Celkové vyhodnocení potom bylo řešeno, jako určení pořadí pro danou metodu hodnocení. Pro řešenou metodu (Binární plocha, maximální průmět, odpovědi odborné veřejnosti, odpovědi neoborné veřejnosti) bylo stanoveno pořadí 1–4 a následně pro technologii řezu určen součet bodů pořadí. Technologie s vyšším číslem potom musela být horší, protože častěji končila na „posledním“ místě tohoto hodnocení.

6 Výsledky a diskuze

Vážení vzorků probíhalo v laboratoři nauky o dřevě dřevařského pavilonu na Fakultě lesnické a dřevařské.

Tabulka 9: Naměřené hodnoty zkušebních vzorků vážením

	hmotnost při prvním vážení	hmotnost při posledním vážení
vzorek	m_H	m₀
#	[g]	[g]
1	32,19	30,35
2	32,28	30,44
3	32,54	30,72
4	32,44	30,61
5	31,77	29,96
6	31,75	29,98
7	32,76	30,93
8	33,00	31,14
9	32,6	30,72
10	33,27	31,42
11	32,08	30,30

Měření vzorků probíhalo stejně jako v případě vážení v laboratoři nauky o dřevě dřevařského pavilonu na Fakultě lesnické a dřevařské.

Tabulka 10: Naměřené hodnoty zkušebních vzorků měřením

	Rozměry		
vzorek	Tloušťka	Strana A	Strana B
#	[mm]	[mm]	[mm]
1	18,533	50,193	49,670
2	18,113	50,170	49,723
3	18,133	50,143	49,733
4	18,227	49,767	50,190
5	18,240	49,410	50,180
6	18,097	50,153	49,227
7	18,320	50,173	49,643
8	18,133	50,190	50,217
9	18,110	50,187	49,980
10	18,217	50,730	50,147
11	18,140	50,147	49,467

Určení hustoty aglomerované desky bylo řešeno dle průměru hustot jednotlivých vzorků (vzorec 5.2), které byly vypočteny dle vzorce 5.1. Současně také bylo možné vypočítat vlhkost aglomerované desky v době vytváření zkušebních vzorků, a to pomocí vzorce 5.3.

V tabulce jsou vyjádřené hodnoty hustoty a vlhkosti jednotlivých vzorků a výsledné průměry hustoty a vlhkosti.

Tabulka 11: Vypočtené hodnoty hustoty a vlhkosti zkušebních vzorků

	Hustota při řezání	Vlhkost při řezání
vzorek	ρ	H
#	[kg·m⁻³]	[%]
1	696,670	6,063
2	714,383	6,045
3	719,580	5,924
4	712,554	5,978
5	702,501	6,041
6	710,632	5,904
7	717,934	5,917
8	722,057	5,973
9	717,653	6,120
10	717,921	5,888
11	712,923	5,875
\bar{x}	713,164	6,0

Celková průměrná hustota aglomerované desky tak vychází 713,16 g·m⁻³, což je v rámci velmi blízké tolerance s literaturou, která uvádí orientační hodnoty hustoty 710 g·m⁻³.

Zjištění odštipnutí jednotlivých vzorků, probíhalo v laboratoři obrazové analýzy v dřevařském pavilonu Fakulty lesnické a dřevařské. Výpočty průměru proběhly dle vzorce 5.2 a směrodatná odchylka souboru potom dle vzorce 5.4.

Tabulka 12: Výsledky odštípnutí aglomerované desky při použití předřezového agregátu

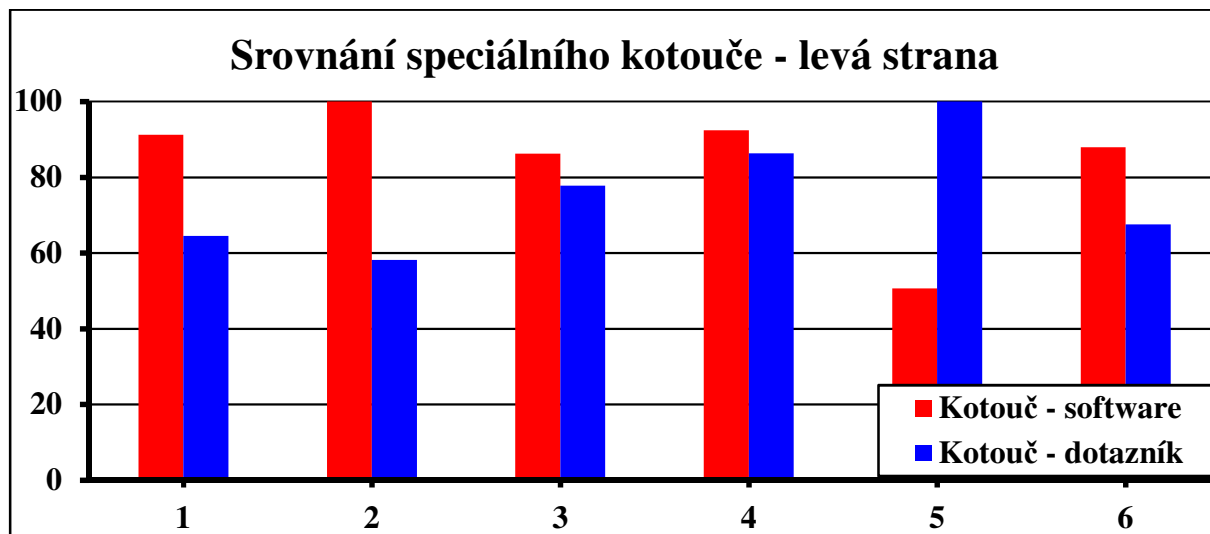
Použití předřezového agregátu				
Vzorek	Levá strana		Pravá strana	
	plocha	průmět	plocha	průmět
	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[mm]
1	10,00	0,64	5,53	0,30
2	11,77	0,97	7,11	0,59
3	7,42	0,35	10,77	1,50
4	9,54	0,42	7,51	0,42
5	10,14	0,51	11,28	0,85
6	6,69	0,28	14,67	1,44
\bar{x}	9,26	0,53	9,48	0,85
σ	1,72	0,23	3,08	0,47

Tabulka 13: Výsledky odštípnutí aglomerované desky při použití speciálního kotouče

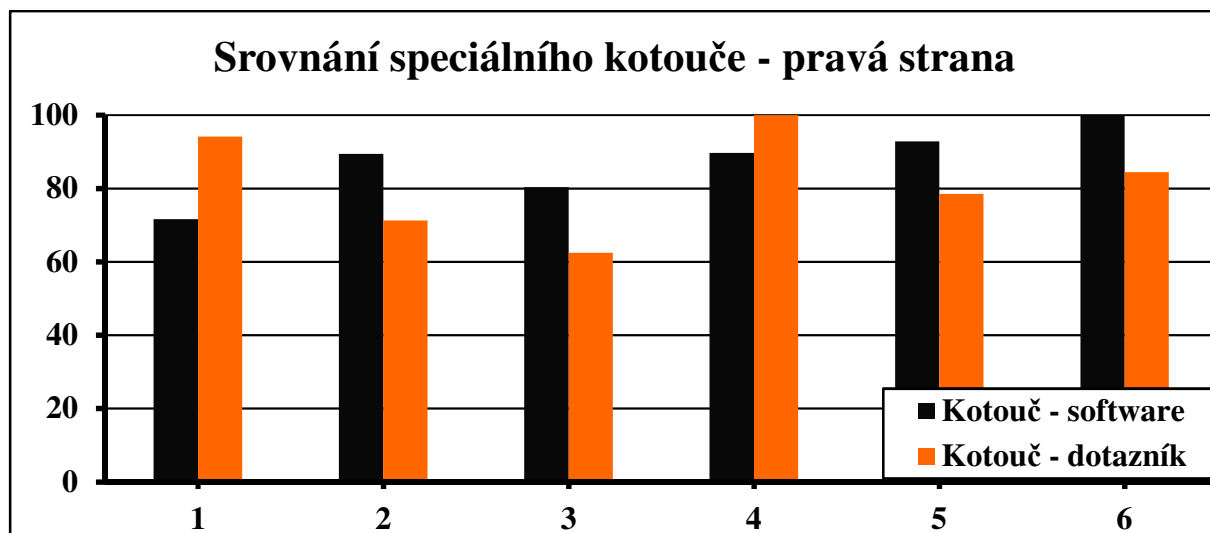
Použití speciálního kotouče				
Vzorek	Levá strana		Pravá strana	
	plocha	průmět	plocha	průmět
	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[mm]
1	9,69	0,37	9,33	0,52
2	10,62	0,76	11,65	0,76
3	9,16	0,51	10,47	0,68
4	9,81	0,34	11,68	0,64
5	5,38	0,45	12,09	0,55
6	9,34	1,29	13,03	1,22
\bar{x}	9,00	0,62	11,38	0,73
σ	1,68	0,33	1,19	0,24

Při pohledu na výsledkovou část softwarové analýzy je zřejmé, že předřezový agregát vykazuje mírně lepší výsledky, nicméně hodnoty nejsou zcela přesvědčivé pro jednoznačné určení lepší technologie. Nicméně jak je zmíněno v kapitole 3.1.1 chybou, která výrazně zhoršuje výsledky kvality řezu předřezového agregátu může být nepřesné nastavení tohoto agregátu.

Výsledné grafy srovnávají část dotazníku zodpovězeného odbornou částí respondentů s výsledky binární plochy softwarové analýzy.

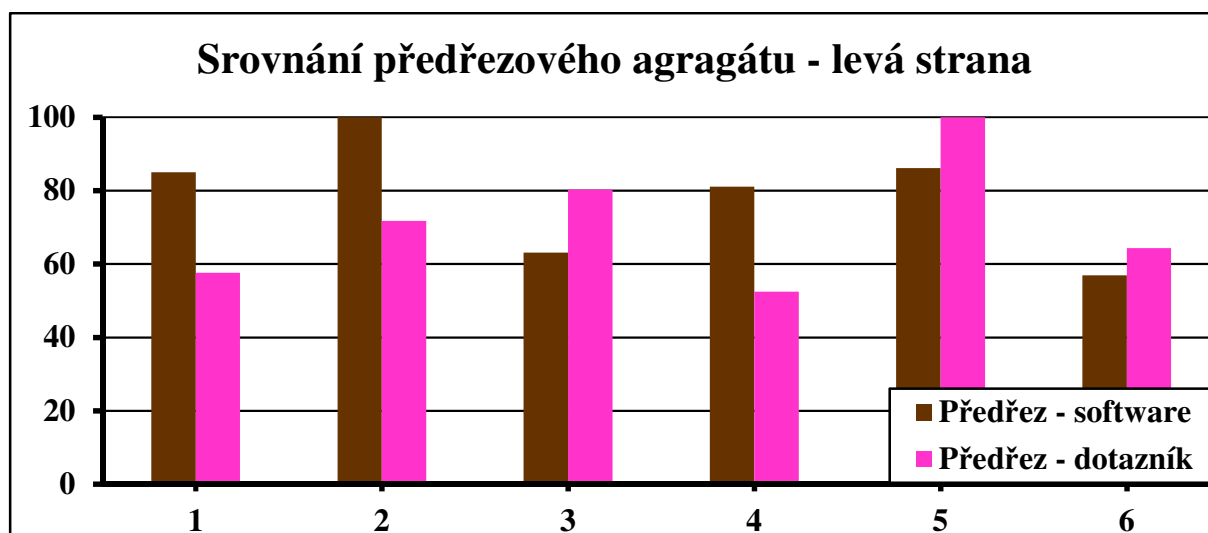


Graf 1: Výsledky dotazníku a softwaru – speciální kotouč, levá strana vzorku

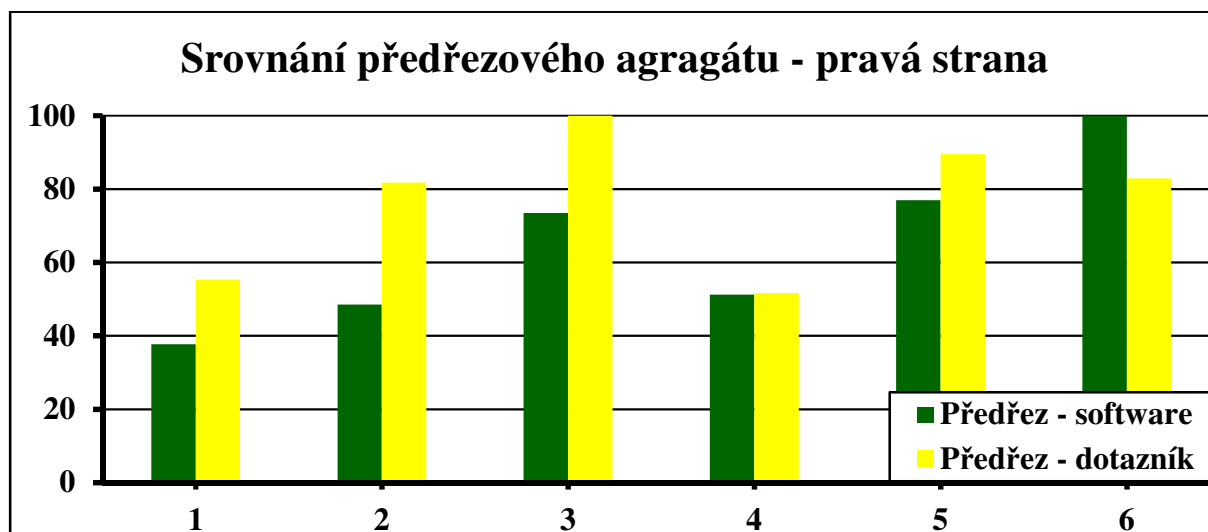


Graf 2: Výsledky dotazníku a softwaru – speciální kotouč, pravá strana vzorku

Při pohledu na grafické srovnání softwarového hodnocení binární plochy a odpovědi respondentů zastupující odbornou veřejnost je zřejmé, že se výsledky shodují. Levá strana vzorku číslo 5 sice dle dotazníku byla hodnocena jako nejhorší a softwarem jako nejlepší, nicméně u ostatních vzorků je podobnost mezi hodnocením velmi blízká.

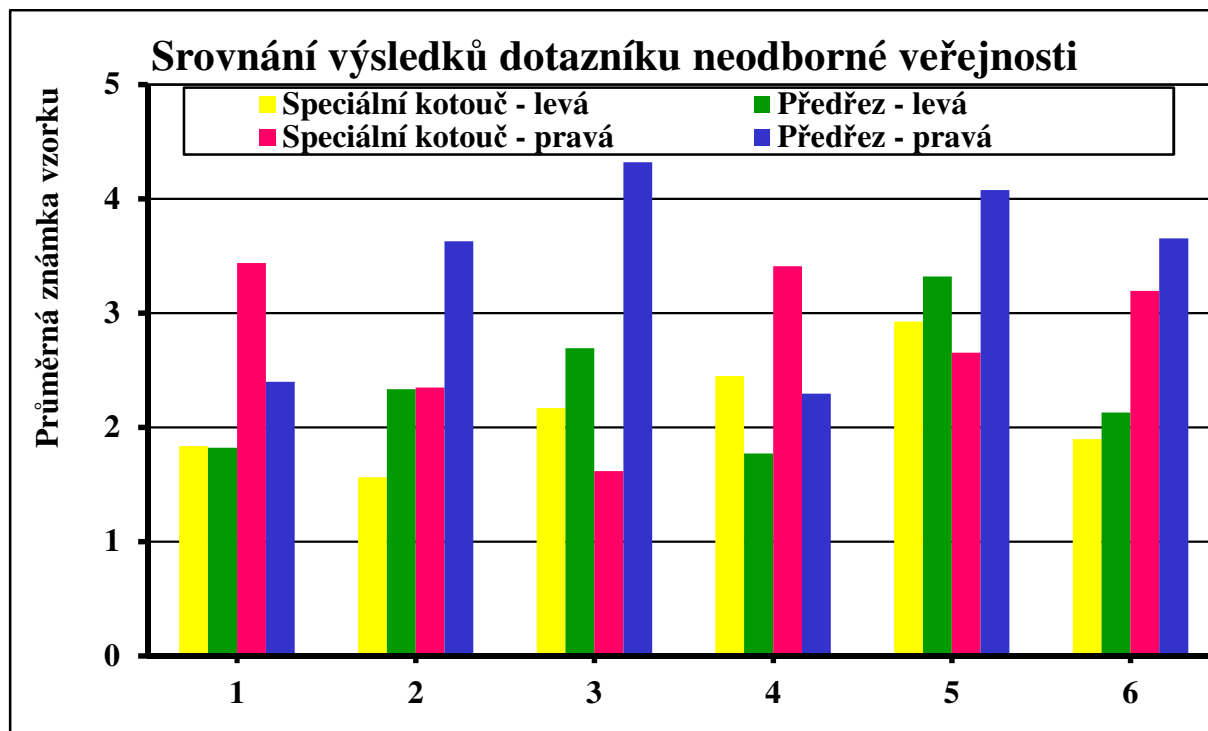


Graf 3: Výsledky dotazníku a softwaru – předřezový agregát, levá strana vzorku



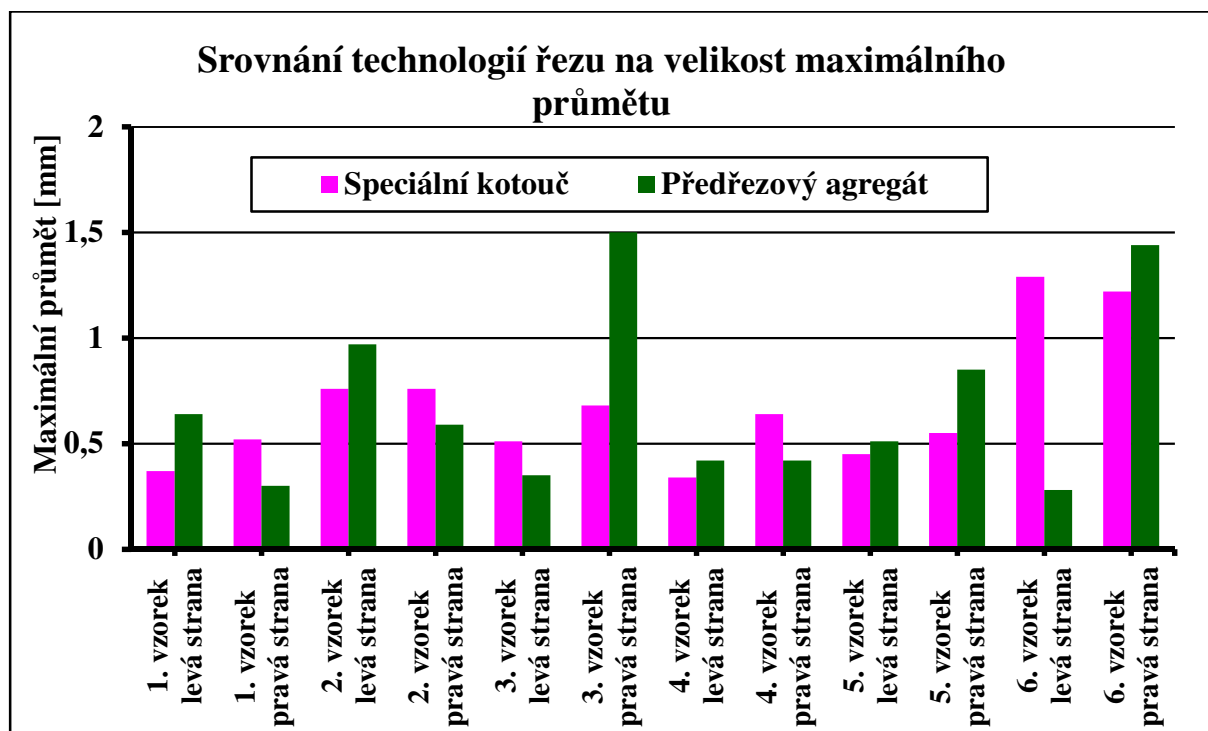
Graf 4: Výsledky dotazníku a softwaru – předřezový agregát, pravá strana vzorku

Při pohledu na grafické srovnání softwarového hodnocení binární plochy a odpovědi respondentů zastupující odbornou veřejnost použité technologie předřezu je viditelné, že odpovědi jsou ještě bližší a podobnější než při hodnocení specializovaného předřezového kotouče. I když se empiricky určené nejhorší vzorky i tak liší, jako v případě přechozí technologie, procentuální shoda odpovědí je velmi blízká.



Graf 5: Výsledky dotazníku – neoborná část veřejnosti

Dle grafického vyjádření odpovědí respondentů zastupujících neobornou veřejnost je zřejmé, že výsledky dotazníku vykazují značné rozdíly, jak mezi použitými technologiemi, tak i mezi jednotlivými vzorky stejné technologie. Všeobecně se ale výsledky shodují, že pravá strana vzorku byla při použití předřezové technologie horší.



Graf 6: Srovnání maximálního průmětu odštěpu dle použité technologie řezu

Grafické porovnání vlivu metody řezu na maximální průmět ukazuje, že výsledky jsou celkově vyrovnané, až na několik rapidních výchylek (například u 3. vzorku pravé strany). Toto vychýlení se pak značně projevuje v celkovém vyhodnocení použité technologie. Na druhou stranu nejedná se pouze o ojedinělé odklonění od běžné hodnoty.

Tabulka 14: Celkové srovnání použitých technologií

Metoda / Pořadí	Předřezová jednotka		Speciální kotouč	
	Levá strana	Pravá strana	Levá strana	Pravá strana
Binární plocha	2	3	1	4
Maximální průmět	1	4	2	3
Odborná veřejnost	3	4	2	1
Neodborná veřejnost	1	4	1	3
Σ použité technologie	22		17	

Celkové srovnání všech použitých metod hodnocení výsledné kvality řezu při použití různých technologií řezu laminované desky potom vykazuje jako vhodnější metodu použití specializovaného kotouče. Při prvním pohledu je zřejmé, že nejhorší bodové hodnocení obdržela pravá strana řezu při použití předřezové jednotky. Levá strana řezu vykazuje velmi podobné výsledky u obou metod, nicméně i při zaměření se jen na levnou stranu, trochu lepších výsledků stále dosáhla metoda řezání pouze specializovaným kotoučem.

Celkově by tak bylo možné, jak podle průměrného hodnocení respondentů, tak podle softwarové analýzy vyhodnotit předřezovou jednotku za nevýhodnou. Speciální kotouč vykazoval všeobecně lepší výsledky, nicméně výsledek může velmi zkreslovat chybné nastavení této jednotky.

7 Závěr

Bakalářská práce pojednávala o možnostech vlivu různých metod řezání laminovaných dřevotřískových desek. V úvodní části práce byla popsána související tematika v podobě rešeršní části práce zaměřené na proces řezání, stolní kotoučovou pilu a současně také byla zmíněna výroba dřevotřískových desek.

Praktická část práce potom řešila vytvoření zkušebních vzorků a definování okrajových podmínek experimentu. Po přípravě vzorků, z nichž část byla dělena s použitím předřezového agregátu a druhá část s použitím specializovaného kotouče byly určeny dvě metody zkoumání jakosti povrchu. První metodou bylo softwarové určení celkového odštěpení plochy lamina z okolí řezu a maximální hodnoty průmětu. Druhou metodou bylo vytvoření dotazníku pro odbornou i neobornou veřejnost. Odpovědi odborné veřejnosti na danou problematiku byly vyhodnoceny a následně porovnány se softwarovými výsledky. Odpovědi neoborné veřejnosti potom sloužily pro porovnání použitých metod řezání.

Ze softwarové výsledkové části práce vyplývá, že nebyl prokázán významný vliv v použitých technologiích řezu na výslednou kvalitu řezu. Celkové plochy odštěpení se při softwarové analýze různily, dle řezané strany vzorku. Celkově software určil jako mírně vyšší plochy odštěpení při použití specializovaného kotouče, nicméně obě metody měření vykazovaly značný rozptyl od průměrné hodnoty a nelze tak jednoznačně určit vhodnější technologii. Rozdílné výsledky měření by také pravděpodobně bylo možno dosáhnout lepší kalibrací předřezové jednotky. Nicméně po spojení všech metod vyhodnocení vychází se znatelněji lepším výsledkem použití samostatného specializovaného kotouče.

Z dotazníkové části vyplývá, že odborná část veřejnosti se v hodnocení jednotlivých zkušebních vzorků velmi podobně shoduje se softwarovou analýzou. Neoborná veřejnost potom vykazuje značnou rozdílnost v odpovědích a hodnoty hodnocení jednotlivých vzorků tak vykazují značnou rozdílnost, jak mezi sebou vzájemně, tak s ohledem na hodnocení výše zmíněnými metodami. Otázkou v této části vyhodnocení zůstává, zda by respondenti hodnotili stejně, kdyby se nejednalo o internetový dotazník, ale o výběr nábytku do jejich domácnosti.

Pro jednoznačné určení vhodnosti výběru technologie zpracování laminovaných desek by bylo zapotřebí další zkoumání i za různých řezných podmínek. Například zajímavým výstupem by bylo zjišťování vlivu postupného otupení řezného nástroje a tohoto vlivu na výslednou kvalitu. Stejně tak by i z hlediska vyhodnocení softwaru i respondentů bylo vhodné zkoumat desky různých dekorů pro detekovatelnost vad v rámci kontrastních barev.

8 Bibliografie

1. JOSTEN, Elmar, REICHE, Thomas a WITTCHEN, Bernd. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-2961-9.
2. KVIETKOVÁ, Monika. *Obrábění dřeva*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. ISBN 978-20-213-2604-0.
3. PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha : SNTL, 1978.
4. <http://www.aruzicka.cz>. [Online] © Růžička - nářadí a nástroje. [Citace: 3. Duben 2019.] http://www.aruzicka.cz/editor/image/stranky3_soubory/katalog-edice-1---web.pdf.
5. Pilana a.s. <http://www.pilana.cz/cz/technicke-informace-pro-pilove-kotouce-z-nastrojove-oceli>. [Online] 2006. [Citace: 15. Březen 2019.] <http://www.pilana.cz/>.
6. NUTSCH, Wolfgang. *Příručka pro truhláře*. Praha : Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-60-3.
7. NOVOTNÝ, Karel. www.ust.fme.vutbr.cz. [Online] Zář 2002. [Citace: 20. Únor 2019.] http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hvs_vyrobní_stroje_a_zarizeni_novotny.pdf.
8. SVOREŇ, Jan. *Dřevařské stroje - část I*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2002. ISBN 80-228-1188-2.
9. BÖHM Martin, REISNER Jan, BOMBA Jan. *Materiály na bázi dřeva*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
10. JANÍČEK, František. *Strojnictví, stroje a zařízení pro zpracování dřeva*. Praha : Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-69-7.
11. JANÍČEK, František, ZBOŘIL, František a VOZÁR, Ján. *Výrobní zařízení pro učební obory Zpracování dřeva*. Praha : Informatorium, 1999. ISBN 86073-48-3.
12. www.pvd.cz. [Online] PVD tech. [Citace: 22. březen 2019.] <https://www.pvd.cz/uvod1.html>.
13. VANIN, S.I. *Nauka od dřevě*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1955.
14. <http://www.n-i-s.cz>. [Online] Nábytkářský informační server ©2013. [Citace: 3. Duben 2019.] <http://www.n-i-s.cz/cz/aglomerovane-materialy/page/190/>.

15. HRÁZSKÝ, Jaroslav, KRÁL, Pavel. *Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část I.: Aglomerované materiály*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. ISBN 978-80-7375-034-3.
16. LISIČAN, Jozef, a kol. *Teória a technika spracovanie dreva*. Zvolen : Matcentrum, 1996. ISBN 80-967315-6-4.
17. JOŠČÁK, Pavol, a kol. *Konštrukcia nábytku z dreva a drevených materiálov*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2014. ISBN 978-80-228-2464-4.
18. www.labmet.cz/. [Online] © 2019 LABMET.CZ. [Citace: 21. Březen 2019.] https://www.labmet.cz/images/stories/Vahy/_pcb.jpg.
19. www.binder-world.com. [Online] © BINDER GmbH 2015 - 2019, 15. Březen 2019. https://www.binder-world.com/var/plain_site/storage/images/media/imported/bilder/002.4528/3702522-55-eng-US/002.4528.jpg.
20. <http://www.panas.cz>. [Online] © PANAS, spol. s r.o. [Citace: 10. Březen 2019.] <http://www.panas.cz/katalog/class/produkt/si-400-ep-class-1453854999#>.
21. ČSN EN 323. *Zjištění hustoty*. Praha : Český normalizační institut, 1994. 8 s.
22. ČSN EN 322. *Zjištění vlhkosti*. Praha : Český normalizační institut, 1994. 8 s.
23. ČSN 49 0231. *Přídavky na opracování řeziva a přířezů řeziva, drsnost povrchu výrobků ze dřeva a na bázi dřeva*. Praha : Český normalizační institut, 1993. 8 s.
24. ČSN EN 14323. *Desky na bázi dřeva – Laminované desky pro vnitřní použití – Metody zkoušení*. Praha : Ústav pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2017. 20 s.

9 Přílohy

Příloha 1: Dotazník předkládaný respondentům

Prosím o vyplnění základních otázek a následně v obrázkové části zhodnoťte pohledovou kvalitu hrany (levá a pravá strana zeleného obdélníku) odštípnutého lamina.

Jste odborníkem/odbornicí v oblasti dřevařství (truhlář, nábytkář, zpracovatel dřeva, výrobce materiálů na bázi dřeva apod.).

- Ano
- Ne

Víte, co je laminovaná dřevotřísková deska?

- Ano
- Ne

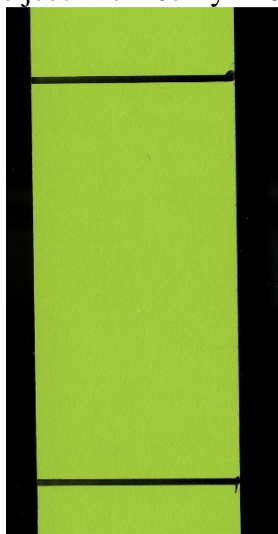
Pracoval/a jste někdy s laminovanou dřevotřískovou deskou?

- Ano
- Ne

Víte, co je to předřezový agregát u okružní (kotoučové) pily?

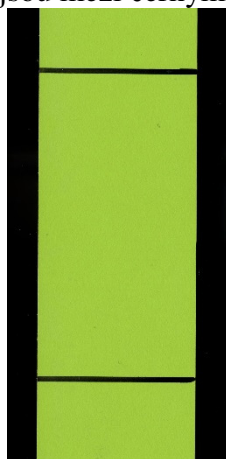
- Ano
- Ne

Ohodnoťte známkou 1-5 hrany, které jsou mezi černými čarami (1 = nejlepší; 5= nejhorší)

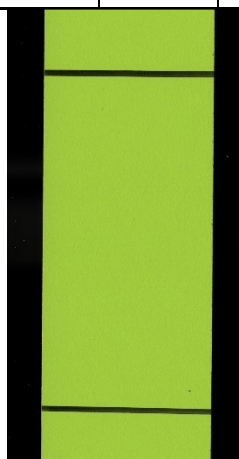


	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

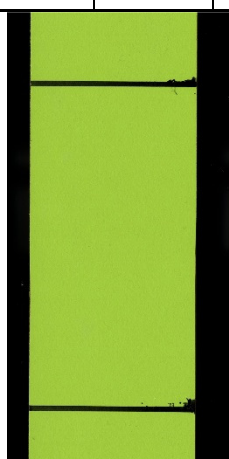
Ohodnořte známkou 1-5 hrany, které jsou mezi černými řarami (1 = nejlepší; 5= nejhorřší)



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

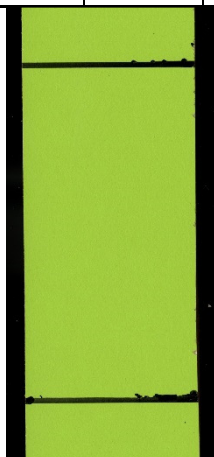


	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

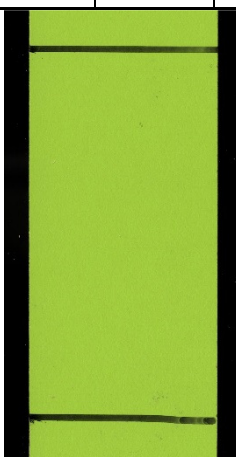
Ohodnoťte známkou 1-5 hrany, které jsou mezi černými čarami (1 = nejlepší; 5= nejhorší)



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

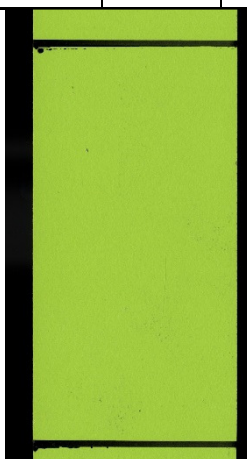


	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

Ohodnoťte známkou 1-5 hrany, které jsou mezi černými čarami (1 = nejlepší; 5= nejhorší)



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

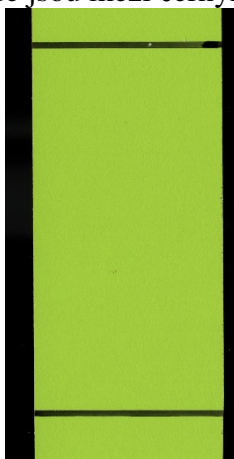


	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

Ohodnoťte známkou 1-5 hrany, které jsou mezi černými čarami (1 = nejlepší; 5= nejhorší)



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					



	1	2	3	4	5
LEVÁ STRANA					
PRAVÁ STRANA					

Příloha 2: Počty respondentů pro jednotlivé vzorky

Odborná veřejnost											Neodborná veřejnost										
Specializovaný pilový kotouč											Specializovaný pilový kotouč										
Vzorek / známka	Levá strana vzorku					Pravá strana vzorku					Vzorek / známka	Levá strana vzorku					Pravá strana vzorku				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	34	38	6	2	3	5	14	21	26	15	1	32	37	6	1	3	4	13	21	25	15
2	43	21	11	2	2	31	9	14	14	9	2	41	21	10	1	1	29	9	13	13	9
3	14	37	20	6	2	24	15	17	2	5	3	13	35	19	6	1	24	15	16	1	4
4	9	31	23	8	6	1	14	23	21	18	4	9	29	22	7	6	0	13	22	21	18
5	14	20	14	12	18	9	21	23	15	6	5	13	19	13	12	18	9	21	22	15	6
6	32	29	11	5	3	9	14	18	26	12	6	31	28	10	4	3	9	13	18	25	12
Předřezová jednotka											Předřezová jednotka										
Vzorek / známka	Levá strana vzorku					Pravá strana vzorku					Vzorek / známka	Levá strana vzorku					Pravá strana vzorku				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	37	31	11	2	3	14	31	17	12	5	1	35	29	10	1	3	13	29	16	12	4
2	24	20	15	11	8	3	12	14	18	31	2	24	19	15	10	7	3	12	13	18	29
3	14	17	26	15	6	1	1	2	17	57	3	13	16	25	15	6	0	0	1	16	54
4	26	38	9	3	0	11	34	23	6	3	4	25	37	9	3	0	10	32	22	6	3
5	3	21	12	12	28	2	3	9	21	41	5	3	21	12	12	26	1	3	9	21	40
6	24	26	21	6	2	2	11	20	14	32	6	24	25	21	6	1	1	10	19	13	31