

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

**Návrh skladby kompozitního materiálu s využitím akrylátového skla**

**Diplomová práce**

Zadání diplomové práce:



## **PODĚKOVÁNÍ**

*Mé největší poděkování patří vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Pavlu Královi za odborné rady, konzultace a informace, které mi vždy poskytl s velkou ochotou a laskavostí. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Pipíškovi za odbornou pomoc a rady v průběhu vývoje výroby a lisování mého nového kompozitního materiálu. Jako třetí osobě bych chtěl velmi poděkovat Ph.D. Mgr. Zuzaně Paschové, která mi poskytla své znalosti, rady a pomoc při práci s chemickými látkami. A v neposlední řadě své rodině za podporu ve svém studiu.*

## **ABSTRAKT**

**Autor:** Bc. Kolomazník Petr

**Název práce:** Návrh skladby kompozitního materiálu s využitím akrylátového skla

Diplomová práce je zaměřena na návrh skladby a výroby kompozitního materiálu s dřevěnými lístkovými třískami a akrylátového skla. Celá práce je postavena na vývoji skladby kompozitního materiálu od počátku výroby po výsledný přijatelný vzhled a příznivých vlastností vzniklé akrylátotřískové desky. V práci je stanoven podíl jednotlivých komponentů. Akrylátotřísková deska je podrobena zkouškám pro zjištění fyzikálních a mechanických vlastností: odolnost povrchu proti oděru dle ČSN 910276, odolnost proti nárazům dle BS 3962, odolnost povrchu proti vodě dle ČSN 492120, drsnost povrchu ČSN 490211, zjištění bobtnání po uložení ve vodě ČSN 49 0166, stanovení pevnosti v tahu kolmo na rovinu desky ČSN EN 319, stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310, stanovení hustoty dle ČSN EN 323 a vlhkosti ČSN EN 13183-1 a jejich následné vyhodnocení. V závěru budou u akrylátotřískové desky porovnány vlastnosti s jinými kompozitními materiály a návrh použití desky v praxi.

**Klíčová slova:** akrylátotřísková deska, lístková tříska, kompozitní materiál, plexisklo, dřevo, polymethylmethakrylát, OSB deska, roztřískování

## **ABSTRACT**

**Author:** Bc. Kolomazník Petr

**Title:** Proposal of the structure of composite material using acrylic glass

This thesis focuses on the proposal of the structure and production of composite material from wooden sliver leaves and acrylic glass. The thesis contains information about the development of the structure of composite material from the very beginning till the final acceptable appearance and promising characteristics of created acrylic panel. There is described a ratio of individual components and the acrylic-sliver panel undergoes examinations to find physical and mechanical characteristics: resistance of the surface against abrasion according to ČSN 910276, impact resistance according to BS 3962, surface water resistance according to ČSN 492120, surface roughness ČSN 490211, finding swelling values when stored in water according to ČSN 49 0166, finding flexural modulus according to ČSN EN 310, determining density according to ČSN EN 323 and humidity ČSN EN 13183-1 and following assessment. In the Conclusion there is a comparison of acrylic-sliver panel characteristics with other composite materials and proposal of the panel use in practice.

**Keywords:** acrylic-sliver panel, sliver leaves, composite material, plexiglass, wood, polymethylmethacrylate, OSB board, flaking

## OBSAH

1	Úvod.....	12
2	Cíl práce.....	14
3	Literární přehled .....	15
3.1	Charakteristika aglomerovaných materiálů .....	15
3.2	Dřevo, surovina pro výrobu aglomerovaných materiálů .....	15
3.2.1	Dřevo a jeho vlastnosti.....	15
3.2.2	Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu na bázi dřeva .....	16
3.2.3	Surovina pro výrobu aglomerovaných desek .....	16
3.3	Výroba třískových desek .....	18
3.3.1	Desky s orientovanými třískami (OSB - Oriented Struktural Board)...	18
3.3.2	Co je štěpka a co tříška.....	18
3.3.3	Surovina na výrobu OSB desek .....	19
3.3.4	Odolnost OSB desek proti vodě.....	20
3.3.5	Příprava suroviny .....	20
3.3.6	Odkorňování.....	20
3.3.7	Bubnový odkorňovač .....	21
3.3.8	Výroba třísek.....	21
3.3.9	Rotační krájení třísek .....	22
3.3.10	Prstencový roztřískovač.....	22
3.3.11	Roztřískovač WZU 25-725-56 .....	23
3.3.12	Sušení třísek.....	26
3.3.13	Sušárna třísek.....	27
3.3.14	Třídění třísek .....	28
3.3.15	Třídíč třísek PAL.....	28
3.3.16	Formování třísek.....	29
3.3.17	Lisovací proces .....	30

3.3.18	Dokončování desek .....	30
3.3.19	Chlazení desek.....	30
3.4	Plast .....	30
3.4.1	Polymery .....	30
3.4.2	Plastické hmoty .....	31
3.4.3	Tvorba filmu pomocí roztoku .....	31
3.5	Polymer PMMA .....	31
3.6	Polymethakryláty jako plasty .....	32
3.6.1	Polymethylmethakrylát (PMMA) .....	32
3.6.2	Výroba organického skla.....	32
3.6.3	Vlastnosti PMMA .....	32
3.7	Podobný materiál.....	33
3.7.1	Polykarbonát .....	33
4	Materiál a Metodika.....	34
4.1	Používané dřevo na výrobu třísek .....	34
4.2	Dřevěné lístkové třísky .....	38
4.3	Drcené plexisklo neboli akrylát.....	38
4.3.1	Plexisklo EXTRUDOVANÉ (XT).....	38
4.3.2	Plexisklo LITÉ (GS) .....	39
4.4	Použitá rozpouštědla.....	40
4.4.1	Toluen - charakteristika.....	40
4.4.2	Aceton - charakteristika .....	40
4.5	Hydraulický lis .....	40
4.6	Popis výroby nového kompozitního materiálu.....	42
4.6.1	První pokus.....	42
4.6.2	Druhý pokus .....	42
4.6.3	Třetí pokus .....	43



4.6.4	Tvarové změny po slisování desky .....	56
4.6.5	Neúspěšné lisování.....	57
4.7	Metodika zjišťování odolnosti povrchu proti nárazu ČSN 49 2120.....	58
4.8	Metodika zjišťování odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276 ....	59
4.9	Metodika zjištění odolnosti povrchu proti vodě podle ČSN 49 2120 .....	59
4.10	Metodika zjištění drsnosti povrchu podle ČSN 49 0211 .....	60
4.11	Metodika zjištění hustoty desek ze dřeva EN 323 .....	60
4.12	Metodika zjištění vlhkosti vzorku řeziva EN 13183 – 1 .....	61
4.13	Metodika zjištění bobtnání po uložení ve vodě ČSN 49 0166 .....	61
4.14	Metodika stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu ČSN	
EN 310	.....	62
4.14.1	Vyjádření výsledků – modul pružnosti.....	63
4.14.2	Vyjádření výsledků – pevnost v ohybu .....	63
5	Výsledky .....	64
5.1	Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti nárazu ČSN 49 2120 .....	64
5.2	Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276 .	
	.....	64
5.2.1	Zjištěné výsledky odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276.....	
	.....	64
5.2.2	Vyhodnocení výsledků zkoušky odolnosti povrchu proti oděru dle ČSN	
91 0276	.....	65
5.3	Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti vodě podle ČSN 49 2120 ..	
	.....	66
5.4	Výsledky a vyhodnocení drsnosti povrchu podle ČSN 49 0211 .....	66
5.4.1	Zjištěné výsledků drsnosti povrchu ČSN 49 0211 .....	66
5.4.2	Vyhodnocení výsledků drsnosti povrchu dle ČSN 49 0211 .....	67
5.5	Výsledky a vyhodnocení hustoty desek EN 323 .....	68
5.5.1	Zjištěné výsledků hustoty desek EN 323 .....	68

5.5.2	Vyhodnocení výsledků hustoty dle EN 323.....	70
5.6	Výsledky a vyhodnocení vlhkosti desek EN 13183 – 1 .....	71
5.6.1	Zjištěné výsledky vlhkosti vzorku dle EN 13183 – 1 .....	71
5.6.2	Vyhodnocení výsledků vlhkosti vzorku dle EN 13183 – 1.....	72
5.7	Výsledky a vyhodnocení bobtnání desek po uložení ve vodě ČSN 49 0166 ... .....	73
5.7.1	Zjištěné výsledky bobtnání vzorku dle ČSN 49 0166.....	73
5.7.2	Vyhodnocení výsledků bobtnání vzorku dle ČSN 49 0166 .....	74
5.8	Výsledky a vyhodnocení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu ČSN EN 310 .....	75
5.8.1	Zjištěné výsledky modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310 .....	75
5.8.2	Vyhodnocení výsledků pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310 .....	76
5.8.3	Vyhodnocení výsledků modulu pružnosti dle ČSN EN 310.....	78
5.8.4	Vyhodnocení výsledků průběhu pevnosti v ohybu při zatížení dle ČSN EN 310 .....	80
5.9	Stanovení ceny akrylátotřískové desky .....	83
6	Diskuse.....	84
7	Závěr .....	87
8	Summary .....	88
9	Seznam zkratk .....	89
10	Seznam použité literatury.....	90
11	Internetové zdroje.....	92
12	Normy .....	93
13	Seznam tabulek .....	94
14	Seznam obrázků .....	95
15	Seznam příloh.....	98

16	Přílohy.....	99
----	--------------	----

# 1 ÚVOD

Dřevo je materiál, který lidé znají a používají po tisíciletí, a přesto se mu stále snaží lépe porozumět a využít jeho různorodých vlastností. Řadí se k nejstarším a nejoblíbenějším přírodním materiálům. Díky svému složení a kresbě poskytuje využití v mnoha odvětvích. Lidé se naučili dřevo využívat pro jeho skvělé vlastnosti a nežádoucí vlastnosti se snaží co nejvíce eliminovat. Objevili způsob jak dřevo využívat jinak než v surovém stavu. Vymýšlejí stále nové a dokonalejší způsoby, jak z něho vyrobit nové materiály s lepšími vlastnostmi, vzhledem a netypickým designem.

Při správném hospodaření v lesních strukturách je dřevo neustálým zdrojem obnovitelné suroviny. Lidé se tento fakt snaží dodržet a zabývají se touto problematikou v České republice, ale i v celé Evropě. Po těžbě dřeva se klade důraz na to, aby vznikla nová výsadba. Jen tímto způsobem se zajistí zdroje dřeva i pro další generace.

Dřevo jako přírodní obnovitelný materiál je takřka nevyčerpatelným zdrojem energie, surového materiálu a díky jeho složení je potřeba i v chemickém průmyslu. I přesto, že dřevo má spoustu nevýhod a nežádoucích vlastností, lidé se snaží eliminovat a omezit jeho nedostatky a postupem času docilují při jeho zpracování lepších výsledků tyto vady odstranit nebo částečně zamezit.

Dřevo je lehký, pevný a pružný materiál s vynikajícími teplotně izolačními vlastnostmi, lehce se opracovává, odolává chemikáliím, tlumí vibrace, je dobře spojitelný a vzhledem ke své hmotnosti se s ním dobře manipuluje. Díky těmto dobrým vlastnostem se dřevo stalo častým zdrojem v průmyslových odvětvích, ve stavebnictví, při výrobě nábytku, hudebních nástrojů a hraček. Další nové výrobky se stále vyvíjí a stávající zdokonalují. (Gandelová a kol., 2012)

Při porovnání dřeva s jiným materiálem jako je kámen, ocel či beton, můžeme říci, že i když je to pouhý přírodní materiál, lidé stále nacházejí nové výrobky a jiné uplatnění při jeho bohaté struktuře a složení.

Dřevo je vytvářeno v živém stromu z oxidu uhličitého a vody při spolupůsobení sluneční energie. Růstem stromu se snižuje množství CO<sub>2</sub> v ovzduší, a tak představuje ekologickou surovinu. Dřevo velmi dobře ovlivňuje čisté životní prostředí. Což

nemůžeme říci o uměle vyrobených aglomerovaných a kompozitních materiálech, které se tak hojně vyrábějí u nás, ale i po celém světě.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem diplomové práce je návrh skladby kompozitního materiálu na bázi dřeva s využitím dřevních třísek a akrylátového skla. Z roztříděných aglomerovaných částic: třísek a akrylátového skla budou vyrobeny vzorky pro testování v laboratorních podmínkách. Bude stanoven podíl jednotlivých komponentů a cena kompozitního materiálu za 1 m<sup>2</sup>. Na vzorcích budou testovány vybrané rozhodující fyzikální a mechanické vlastnosti: odolnosti povrchu proti oděru dle ČSN 910276, odolnost proti nárazům dle BS 3962, odolnost povrchu proti vodě dle ČSN 492120, drsnost povrchu ČSN 490211, zjištění bobtnání po uložení ve vodě ČSN 49 0166, stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310, stanovení hustoty dle ČSN EN 323 a vlhkosti ČSN EN 13183-1 a jejich následné vyhodnocení.

## **3 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **3.1 Charakteristika aglomerovaných materiálů**

Materiály vyrobené z dřevních nebo jiných lignocelulózových částic se nazývají aglomerované materiály získané dezintegrací rostlinného materiálu a následného seskupení za pomoci teploty, tlaku a použití pojiva nejčastěji lepidla, ale i umělou látkou. (Janák, Král 2003) Zásadními zásahy do struktury dřeva bylo umožněno získat výrobky nových specifických vlastností, které dostatečně omezují některé nepříznivé přirozené vlastnosti rostlého dřeva. (Kuchtík 1973) Na aglomerované materiály se nejčastěji zpracovává rovnané průmyslové dříví, dřevní odpad z průmyslové výroby nebo méně kvalitní lesní sortiment, které nemají jiné využití. Skupina aglomerovaných materiálů zaujímá různé druhy dřevotřískových a dřevovláknitých desek. Využití těchto materiálů nalezneme nejen v nábytkářském průmyslu, ale i ve stavebnictví, výstavnictví, v dopravě a výrobě obalů a na spoustu dalších výrobků. Každoročně jsou hledány a vyvíjeny nové materiály s lepšími vlastnostmi, aby odolaly dennímu užívání a zatížení. Na aglomerované desky se klade velký důraz při testování odolnosti proti vlhkosti, ohni a jedovatým chemickým látkám nacházejících se nejčastěji v pojivech a povrchových nátěrech. (Janák, Král 2003)

### **3.2 Dřevo, surovina pro výrobu aglomerovaných materiálů**

#### **3.2.1 Dřevo a jeho vlastnosti**

Dřevo je přírodní organický buněčný materiál. Je kompozitem vytvořeným z chemického komplexu celulózy, hemicelulózy, ligninu a extraktivních látek. (Kuklík, Melzerová 2011) Žádné dva druhy dřeva nejsou stejné, každý druh lze rozdělit podle různých vlastností. Rozdílné vlastnosti jsou dány genetickou výbavou vyskytující se u všech zástupců téhož druhu. Vlastnosti dřeva jsou z velké části ovlivněny růstovými podmínkami, typem půdy nebo podnebím a jsou pro daného jedince specifické a jedinečné. (Gibbs 2005) Dřevo je vysoce anizotropní materiál, zejména vzhledem k podlouhlému tvaru buněk dřeva a orientované stavbě stěn buněk. Anizotropie vyplývá z rozdílných velikostí buněk v průběhu růstového období a částečně z převládajícího směru typu buněk, jako jsou dřeňové paprsky. (Kuklík, Melzerová 2011) Dřeňové paprsky se na příčném řezu kmene jeví jako přímky vybíhající ze středu k obvodu a na

radiálních řezech vytvářejí pestrou kresbu. (Gibbs 2005) Během růstu stromu vznikají ve dřevní hmotě značné nehomogenosti, což jsou suky, smolníky a jiné růstem podmíněné charakteristiky ovlivňující vlastnosti dřeva. Rozdělí-li se dřevo na menší částice a ty opět spojíme, vzniká materiál na bázi dřeva, u kterého vliv růstových charakteristik dřeva a nežádoucí vlastnosti potlačíme. (Kuklík, Melzerová 2011)

### **3.2.2 Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu na bázi dřeva**

Na mechanicko-fyzikální vlastnosti (a na způsoby aplikace) materiálů na bázi dřeva mají výrazný vliv téměř všechny výrobní parametry. Mezi nejpodstatnější se obvykle uvádí: druh dřeviny, velikost, geometrie, orientace, formování a kvalita třísek, typ a množství použitého lepidla a přídavných látek a lisovací faktory (lisovací čas, teplota a tlak, rychlost uzavírání lisu, vlhkost, chemické reakce při lepení třísek, plastifikace, formát výrobku), které vzájemnou interakcí v průběhu lisování třískového koberce usměrňují zejména tvorbu hustotního profilu charakterizující rozložení hustoty v deskách.

Obvykle platí, že se zmenšující se velikostí částic se zlepšuje možnost jejich formování, což má za následek stoupající hustotu vyráběného materiálu. Současně také platí, že pro materiály se stejnou hustotou se zmenšující se velikostí částic klesá pevnost. (Böhm a kol. 2012)

### **3.2.3 Surovina pro výrobu aglomerovaných desek**

Každá deska má specifické požadavky na vlastnost a vhodnost dřevin z hlediska technologií. Použití odlišné technologie u třískových a jiné technologie u vláknitých desek. (Janák, Král 2003)

Faktor ovlivňující vlastnosti aglomerovaných desek je kvalita použitých vstupních materiálů a aplikované technologie. Z tohoto hlediska můžeme rozdělit faktory ovlivňující vlastnosti desek na:

- Faktory surovinové: jejich kvalita je dána příslušnými normami a technickými podmínkami. Dají se lehko kontrolovat, a proto se dají jejich častou kontrolou eliminovat nedostatky, nebo nesprávné použití.
- Faktory technologické: jsou dané technologickým procesem. Technologický proces se vyznačuje určitou dynamickou a chronologickou operací s cílem



dosáhnout postupné změny vytvoření celého výrobku. Technologické faktory se obtížněji kontrolují a regulují. (Štefka 2002).

Parametry jako je například hustota dřeva, roztrískovatelnost, délka dřevních vláken, podíl jádra a běle, pH dřeviny jsou velmi zásadní pro výrobu desek. (Hrázský, Král 2007) Hlavním důvodem, který vedl k vývoji materiálů na bázi dřeva, byla snaha o výrobu produktů využívajících příznivé vlastnosti dřeva (izolační vlastnosti, snadná obrobitelnost, příznivé působení na prostředí, nízké výrobní nároky na energii, design, získání plošného materiálu o velké délce a význačné šířce ...) a zároveň překonávajících jeho nevýhody. Dřevo jako samotný materiál je tvořený z vláken, které sesychají a bobtnají pouze ve směru kolmém na vlákna. Tyto rozměrové změny materiálů na bázi dřeva lze minimalizovat vhodným konstrukčním řešením, například křížovým lepením (lepením materiálu tak, že směry vláken jednotlivých vrstev jsou na sebe kolmé).

Při výrobě aglomerovaných materiálů se dřevo nejdříve dezintegruje na drobnější části a tyto drobné části se následně spojí do jednoho kusu a vzniká nový materiál s uspořádáním směru třísek podle požadavků na konečný produkt. Tímto výrobním postupem lze částečně eliminovat a snížit vlhkostní roztažnosti.

Materiály na bázi dřeva částečně omezují nehomogenitu rostlého dřeva a umožňují větší rozmanitost jednotlivých konstrukčních řešení. Ačkoliv tyto materiály, stejně jako použitá výrobní surovina, vykazují anizotropní chování, na rozdíl od dřeva, lze stupeň anizotropie kompozitních materiálů regulovat (například velikostí a orientací dřevních částic). (Baker 2002).

Výhody aglomerovaných desek je v oblasti konstrukce možné najít v homogenitě hmoty a stejných vlastnostech ve všech směrech, možnost výroby velkoplošných desek bez jediné spáry. Desky jsou odolnější vůči změnám rozměrů v závislosti na vzdušné vlhkosti.

Nevýhoda spočívá v komplikovanějších způsobech spojování mechanickými prostředky, ve větší hmotnosti dílů a větší náročnosti na kvalitu obráběcích nástrojů. (Dlask 1993)

### 3.3 Výroba třískových desek

#### 3.3.1 Desky s orientovanými třískami (OSB - Oriented Structural Board).

OSB je velkoplošný materiál vyráběný z dlouhých, štíhlých a tenkých třísek. Třísky ve vnějších vrstvách jsou orientovány rovnoběžně s délkou nebo šířkou desky, třísky ve středové vrstvě jsou orientovány náhodně nebo obecně kolmo na lamely vnějších vrstev. (Janák, Král 2003) Třísky jsou fixovány pojivem z umělých pryskyřic. Za působení teploty a tlaku dochází k aktivaci lepidla a desky získávají své rozměrové a pevnostní vlastnosti. (Kníže 2007) Středové vrstvy tvoří až 50 % objemu celé desky. Velikost a orientace třísek mají rozhodující vliv na vlastnosti desek. (Janák, Král 2003) Ploché třísky mají délku 50 až 75 mm a šířku, která je menší než polovina jejich délky. (Kuklík, Melzerová 2011)

#### 3.3.2 Co je štěpka a co tříška

Štěpka je sypká hmota složená z rozměrově vymezených kousků dřeva, jejíž obvyklý rozměr bývá  $25 \times 25 \times 10$  mm. Vznikají hlavně sekáním rostlého dřeva nebo různých dřevních odpadů (krajiny z výroby řeziva apod.)

Pro výrobu OSB desek se používají slabé a velkoplošné třísky (rozměry cca tl. 0,6 mm, šířka 10 – 30 mm a délky 120 mm). Tyto třísky se získávají tangenciálním dělením na roztřískovacích strojích, kde je možné zpracovávat pouze kvalitní vlákninovou surovinu. Nejčastěji smrk nebo borovice. (Kníže 2007)



Obr. 1 Štěpka (<http://www.drevozavod-prazan.cz/piliny-a-stepka#lightbox>)



Obr. 2 Lístková tříška (Kolomazník – vlastní foto 2017)

### 3.3.3 Surovina na výrobu OSB desek

Pro výrobu OSB je možno použít mnoho dřevin. Nejvhodnější dřeviny na výrobu desek jsou dřeviny, které mají hustotu v rozmezí  $350 - 700 \text{ kg/m}^3$ . Dřeviny s menší hustotou vyvolávají pokles pevnosti OSB desek a trhliny v nich, hlavně při lisování. Při použití dřevin o velmi vysoké hustotě se musí hustota desek enormně zvyšovat pro dosažení požadovaných vlastností a uzavřených hran desek. Optimální velikost třísek je velikosti  $75 \times 25 \times 0,6 \text{ mm}$ . (Janák, Král 2003) Tloušťky desek jsou v rozmezí 6 až 25 mm. Dobrá jakost povrchu se získává broušením. (Kuklík, Melzerová 2011)

Před samotným roztřískováním musí být surovina dokonale odkorněná a vysušená z vlhkosti okolo 70 % na vlhkost 2 až 4 %. (Janák, Král 2003) OSB desky mají pro své vlastnosti, nízkou objemovou hmotností oproti překližkám a třískovým deskám dobrou opracovatelnost, a proto v současnosti nacházejí široké využití ve stavebnictví, kde nahrazují překližky. OSB desky potažené speciální fólií a s boky zatmelenými vodotěsným polyuretanovým tmelem splňují ty nejnáročnější požadavky na betonářské bednění. (Kuklík, Melzerová 2011)

Jako hydrofobizační látka je užíván tekutý parafin ve formě parafinové emulze. Ten se při lisování desky nataví a na povrchu desky tak zůstává tenká lesklá vrstva, kterou vytváří slabý film parafínu. Tato vrstvička i parafin obsažený uvnitř desky zlepšuje její odolnost proti působení vlhkosti. (Kníže 2007)

### **3.3.4 Odolnost OSB desek proti vodě**

Z hlediska odolnosti proti vlhkosti se OSB desky vyrábí v různých variantách. Nejméně odolné proti vlhkosti jsou desky označovány OSB 2, nejvíce odolné jsou naopak OSB desky označovány OSB 4. Velkým omylem je však názor, že desky OSB jsou odolné i proti vodě. Nejsou. Pokud se mluví o vlhkosti prostředí, myslí se vlhkost vzduchu, jejíž maximální výše a doba trvání je charakterizována normou. Avšak neustálý kontakt s vodou deska nesnese a po krátké době se rozpadá. (Kniže 2007)

### **3.3.5 Příprava suroviny**

Dřevní suroviny v různé formě a velikosti se většinou skladují na volném prostranství, pokud nepřichází do výroby přímo z jiného provozu. Před dezintegrací se dřevo pro lepší zpracování paří nebo máčí a vzápětí dochází k odstranění nečistot. Vlhkost dřeva je okolo 60 – 80 %, extrémně mokré dřeviny dosahují až 120 %. Většinou se dřevo odkorňuje a krátí na potřebné délky. (Kuchtík 1973)

Linky potřebují mít zabezpečený plynulý provoz, a to zásobou surovin na určitou dobu. U dřeva je to možné min. na 14 dní provozu. Uskladňovat větší množství je neekonomické.

Štěpky se skladují volně sypané na hromadách. Hromady dosahují 13 – 15 m. Podklad pod skladovanou hromadou musí být betonový nebo asfaltový. Z důvodu docházení činnosti mikroorganismů a biologických procesů se musí pravidelně obměňovat složení hromady. Tím se zajistí, aby nedocházelo k poklesu hmotnostnímu úbytku štěpek, barvě a vlastnostech štěpky. (Hrázský, Král 2007)

Také se skladují ve velkých silech, to dovoluje kontinuální a rovnoměrné dávkování materiálu. Nevýhodou je možnost ucpání a v zimních měsících zamrznutí materiálu v silech. (Štefka 2006)

### **3.3.6 Odkorňování**

Při zpracování dřevní suroviny na třísky je přítomnost kůry nežádoucí. Kůry se nejde úplně zbavit. Platí však, že by neměla být obsáhnutá v povrchových vrstvách desek, kde má velký vliv na nežádoucí vlastnosti. (Štefka 2006) Kůra totiž negativně ovlivňuje nejen vzhled desek, ale i fyzikální a mechanické vlastnosti desek. Obsahuje velké procento nečistot, které mají za následek otupování nožů při dezintegraci dřeva.

(Hrázský, Král 2007) Ve středových vrstvách může být maximální podíl kůry 10 % a musíme počítat s tím, že nám to snižuje pevnostní vlastnosti. (Štefka 2006)

Existuje několik typů odkorňovačů: frézovací, tryskové, rotorové. Při zpracování velkého množství, menších průměrů a nerovného dříví se nejčastěji používají bubnové odkorňovače.

### 3.3.7 Bubnový odkorňovač

Odkorňovací technologie je založena na otočných hřídelích umístěných na spodní části zařízení. Odkorňovací zařízení je upevněno na pohyblivých hřídelích. Zcela pohyblivé dno poskytuje rychlý čas a dobrý odkorňování. Podle požadavků se dají činnosti snadno upravit, jako je rychlost odkorňování a množství odkorněných klád. (IMALPAL 2015)



Obr. 3, Obr. 4 Bubnový odkorňovač a dopravník vedení klád do roztřískovače. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

### 3.3.8 Výroba třísek

Pro výrobu třísek se používají především měkčí a také méně často používané rychle rostoucí dřeviny z důvodu úspory energie, nižšího opotřebování nástrojů a snížení prašnosti při výrobě třísek. Jedná se především o smrk, jedli, topol, osiku, břízu, borovici a buk. V podstatě lze pro výrobu třísek používat dřeviny, jejichž hustota leží v

rozmezí 350 – 700 kg/m<sup>3</sup>. Nižší hustota výchozí dřevní hmoty vyvolává pokles pevnostních vlastností vyrobených třískových desek. Při použití dřevin o velmi vysoké hustotě se musí hustota desek enormně zvyšovat pro dosažení požadovaných vlastností a uzavřených hran desek (Štefka, 2002). Na výrobu třísek se používají dva způsoby roztřískování. Nejčastěji používaný roztřískovač je diskový, avšak ještě více používaný roztřískovač je prstencový. Důvodem je, že prstencový roztřískovač zvládne roztřískovat surovinu většího objemu třísek za rychlejší čas. (Janák, Král 2003)

### **3.3.9 Rotační krájení třísek**

Rotační krájení třísek se provádí na diskových nožových roztřískovačích. Diskový roztřískovač má nože umístěny v čelní ploše kotouče. Rozlišují se od sebe usazením disku do svislé, vodorovné nebo šikmé polohy a mechanismem na přísun materiálu ke kotouči. Vyrobená tříska má rovnoměrnou tloušťku a velikost udávají vyčnívající nože z roviny disku. Délka třísky je dána vzdáleností nařezávacích nožů od sebe ve směru ostří nože. Šířka třísky není rovnoměrná, musí se formovat v egalizačních mlýnech. Průměr disku bývá od 1000 do 2600 mm s počtem nožů 4 – 5 s řeznou rychlostí.

Tyto stroje i přes svoji přesnou výrobu třísky jsou nahrazovány rychlejšími a výkonnějšími roztřískovači. (Janák, Král 2003)

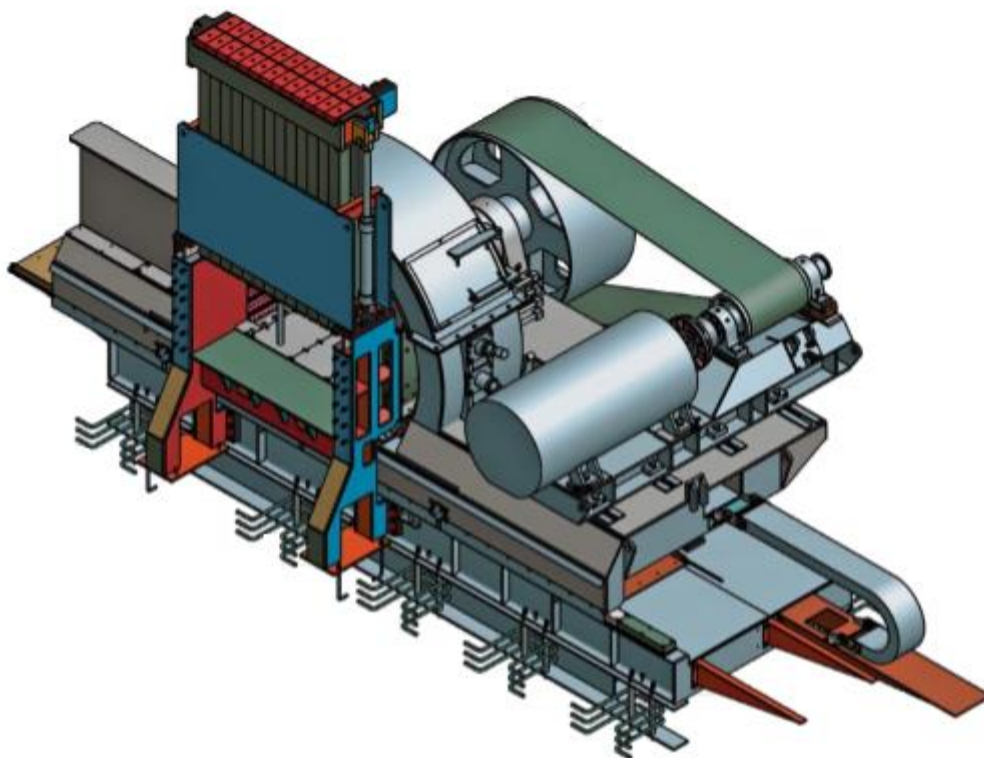
### **3.3.10 Prstencový roztřískovač**

V prstencovitém stroji jsou štěpky vrhány odstředivou silou lopatkovým kolem na ostří nožů umístěných na prstenci, který se otáčí vůči němu protisměrně. Štěpky se dostávají k nožům v různé poloze, nelze tedy jednoznačně charakterizovat model řezání. Vzniká zde možnost tangenciálního a podélného modelu řezání. Tloušťky třísek jsou dány mírou vysunutí nožů za vnitřní obvod nožového prstence a šířkou štěrbin mezi ostřím nožů a hřbetovou hranou držáků nožů. Nejdokonalejší prstencové roztřískovače v mnoha modifikacích a typových řadách vyrábí německá firma Pallmann PZK - roztřískovač má nožový věnec, který je určen pro jednostupňové zpracování dlouhé vlákniny a odřezků na vysoce jakostní listkovou třísku i větších délek, zejména pro výrobu OSB desek. Efekt kalibrovaného dělení vyrábí jen listkové třísky s malými tloušťkovými rozdíly. Délka třísek je předurčena délkou ostří na hřbetových nožích, separátními nařezávacími nožíky, které jsou vsazeny před noži s nepřerušným ostřím.

Materiál je k nožovému věnci dopravován laťkovým dopravníkem. V průběhu třískování se rozlišují tyto čtyři fáze:

1. Materiál je podáván zepředu do třískovacího prostoru.
2. Čtyřčinné přitlačení dřeva je uvedeno v činnost. Posuvná protivrstva a boční stlačení pomocí posuvné čelisti – horizontálním směru: ve vertikálním směru se tlakové zařízení skládá z mečovitých ramen věžovitého závaží.
3. Rotující nožový věnec se pohybuje proti stlačenému dřevnímu materiálu a roztřískuje jej.

Po skončení třískovacího taktu se rychle vrátí přitlačecí prvky a nožový věnec do výchozí polohy. Začíná opět nový pracovní úkon. (Janák, Král 2003)



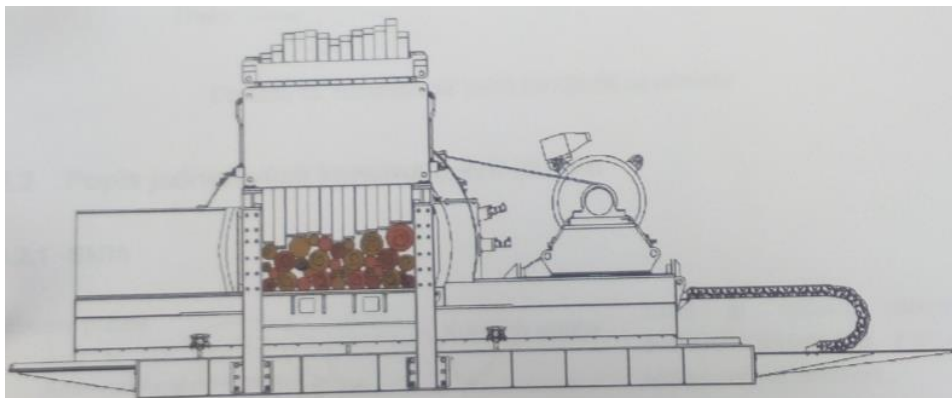
Obr. 5 Prstencový roztřískovač (<http://www2.leonhardtgmbh.de/images/pdf/leonhardt-langholz-zerspaner-llz.pdf>)

### 3.3.11 Roztřískovač WZU 25-725-56

Vstupní materiál prochází zařízením pro zjišťování kovů, aby se zamezilo vstupu kovových částic do roztřískovače. Vstupní materiál se přivádí do roztřískovače přes



nakládací stanici WZUZ. Kmeny stromů jsou posunovány vozíkem dřeva do nakládací stanice dále do řezacího prostoru a jsou svírány věží se závažím.



Obr. 6 Roztřískovač WZU 25-725-56: dřevěné kmeny jsou svírány ve věži se závažím. (HFHN 2005)

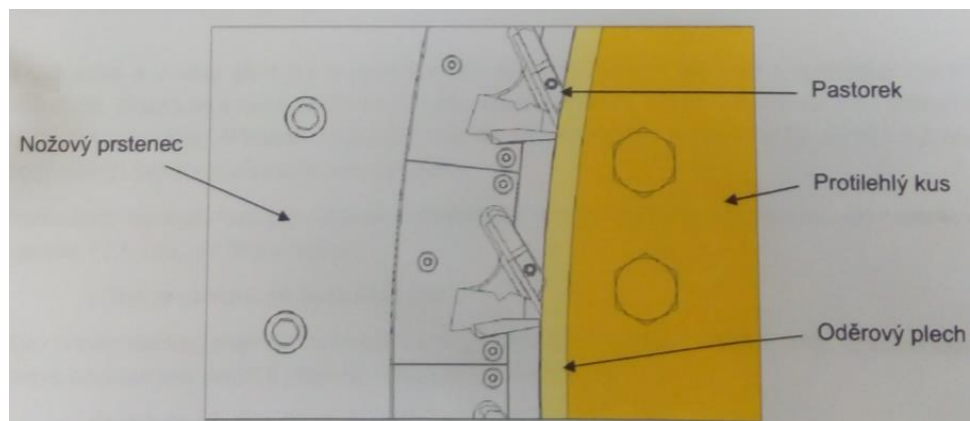
První roztřískovací zdvih: Stroj WZU 25-725-56 vyjede ze základní polohy až do koncové polohy. Přitom rotující nožový prstenec roztřískuje dřevo ležící v řezacím prostoru. Poté se závaží věže zdvihne nahoru a nakládací stanice dřevěné kmeny posune dopředu. Dále následuje další roztřískovací zdvih.

Nožový prstenec je uložen otočně a je poháněn elektromotorem. V nožovém prstenci jsou uspořádány nože, které jsou svírány odstředivou silou. Nožový prstenec odřezává třísky přímo z podávaných kmenů stromů.

Za chodu nožového prstence je odstředivý klín tlačěn směrem ven. Tento odstředivý klín tlačí proti klapce, která opět svírá svazek nožů skládající se z nože a desky pro držení nožů.

Řezací prostor zasahuje do rotujícího nožového prstence a je upevněn na skříní. V řezacím prostoru se uskutečňuje roztřískovací proces. V řezacím prostoru se nachází dřevěné kmeny, v průběhu roztřískování, je zde umístěno zařízení pro rozstřík vody k zvlhčování dřeva a protilehlé nože. Na přechodovém kusu je upevněn protilehlý kus, který zasahuje do řezacího prostoru. Slouží jako doraz pro kmen při procesu roztřískování. Prstenec přejíždí až do úplného roztřískování kmene pomocí pastorků a do oděrového plechu v protilehlém kuse.





Obr. 7 Nožový prsteneček na protilehlém kuse. (HFHN 2005)

Tab. 1 Technické údaje o stroji WZU 25-725-56

<b>WZU 25-725-56</b>	
Průměr nožového prstence	2500 mm
Délka nože	725 mm
Délka třísky	120 mm
Výkon při tloušťce třísky 0,55 mm	31 t/h
Řemenice nožového prstence	2800 mm
Hmotnost úplného stroje	83 t
<b>Nožový prsteneček</b>	
Počet nožů	56
Otáčky	246 ot/min
<b>Vstupní materiál</b>	
Vstupní materiál	dřevěné kmeny
Druh dřeva	převážně jehličnaté
Průměr	80 - 800 mm
Délka	1800 - 3200 mm

Délka třísky je dána vzdáleností pastorků v přídržné desce nožů. Tloušťka třísky závisí na předsunutí nože, rychlosti posuvu a otáčkách nožového prstence. Šířka třísky je ovlivněna různými úhly nože, oděrovými lištami a oddělovacími lištami třísek. Protože dřevo je přírodní materiál, závisí kvalita třísek také na vlastnostech daného dřeva, jako je vlhkost dřeva, druh dřeva a teplota. Jelikož velmi záleží na teplotě dřeva, používají se letní a zimní oddělovací lišty třísek. (HFHN 2005)

### 3.3.12 Sušení třísek

Vlhkost třísek je rozhodující faktor při výrobě aglomerovaných materiálů. Při vyšší vlhkosti třísek je zapotřebí při lisování dodávat větší množství tepelné energie na odpaření vody. Při vlhkých třískách nejsou vyrobené materiály objemově stálé a tvoří se v nich praskliny a trhliny.

Třísky jsou vysoušeny z počáteční vlhkosti 40 až 150 % na vlhkost 2 až 4 %. Sušárny můžeme rozdělit na rotační, bubnové a proudové.

Na tloušťce třísek při sušení záleží, lépe se suší tenčí třísky než hrubší. Podobně lépe se vysušují dřeviny o nižší hustotě než dřeviny s vyšší hustotou. V procesu sušení je důležitá kontrola a regulace samotného procesu.

Při provozu sušáren dochází často ke vzniku požáru, eventuálně k výbuchům. Požárům, které vznikají v důsledku přehřátí materiálu, je nutno zabránit instalací vhodných regulačních zařízení. Nebezpečí přehřátí vysušeného materiálu (třísky, prachové částice, vlákna) vzrůstá při příliš velké dodávce tepelné energie oproti skutečné potřebě na vysušení materiálu. Nejvíce nebezpečný je jemný podíl třísek a prachu. (Hrázský, Král 2007)

Sušení třísek probíhá převážně konvekčním způsobem, přičemž je možné rozdělit sušení na dvě fáze.

1. Uvolnění kapilární vody, která se vyznačuje přibližnou konstantní rychlostí sušení, tzn. Lineárním poklesem vlhkosti třísek
2. Difuze par

Hraniční oblast mezi odpařováním kapilární vody a difuzí par je v technice sušení označováno jako hraniční nebo mezní bod, při kterém se mění charakteristiky procesu sušení. Například při zvýšení sušící teploty ze 140 na 260 °C v procesu difuze par (to znamená ve druhé fázi sušení) byl čas sušení zkrácen o 60 %. Souvisí to se zvyšováním parciálního tlaku par mezi povrchem třísek a sušícím médiem, ve kterém dochází právě k zvyšování sušících teplot.

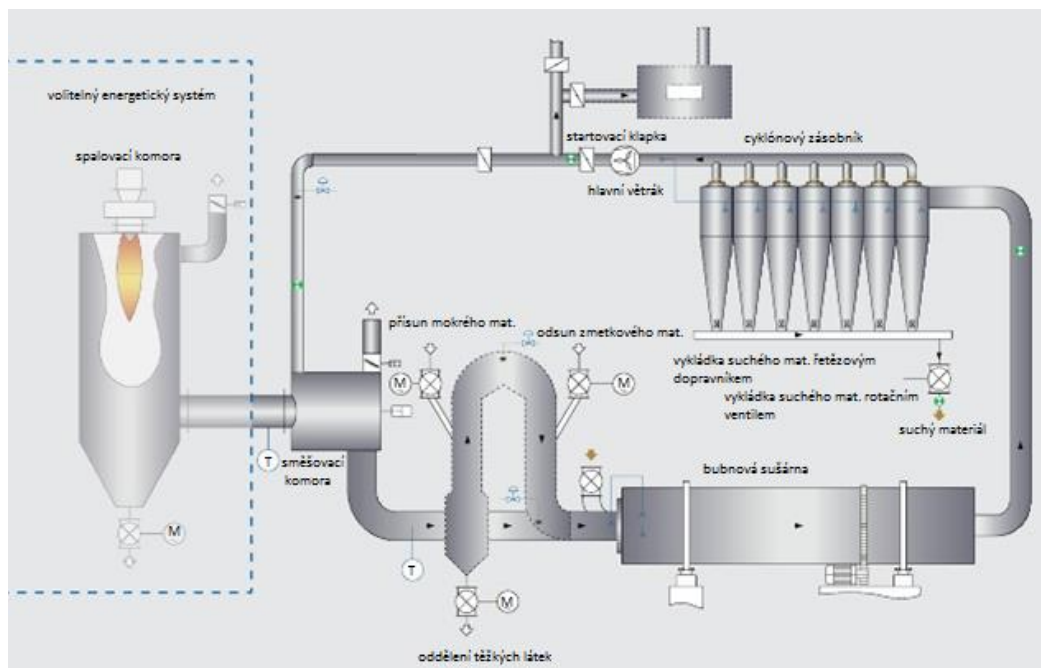
Významný vliv na rychlost sušení třísek má i rychlost proudění vzduchu jako sušícího média. Za stejných podmínek je možný při sušení třísek na konečnou vlhkost 5 % ztratit čas sušení přibližně o 44 % zvýšení rychlosti proudění vzduchu z 1 na 4 m/s<sup>-1</sup>. (Štefka 2006)

### 3.3.13 Sušárna třísek

Vlhký materiál je přiváděn přes rotační ventil do rotujícího bubnu. Teplo se přenáší převážně konvekci do materiálu. Bubnová sušárna TT odděluje vysušený materiál z cyklonů proudem vzduchu. Na inovovaném modelu TT bubnu uvolní většinu sušeného materiálu gravitací přes vypouštěcí krabici. V proudu plynu jsou suspendované jemné částice dopraveny do cyklonové nádrže. Sušárna je vyhřívána horkými spalinami. (DIEFFENBACHER 2015)

Požadované parametry sušárny:

- Teplota na vstupu 400 °C
- Teplota na výstupu 118 °C
- Vstupní vlhkost třísek maximálně 120 %



Obr. 8 Schéma bubnové sušárny typu TT. (DIEFFENBACHER 2015)



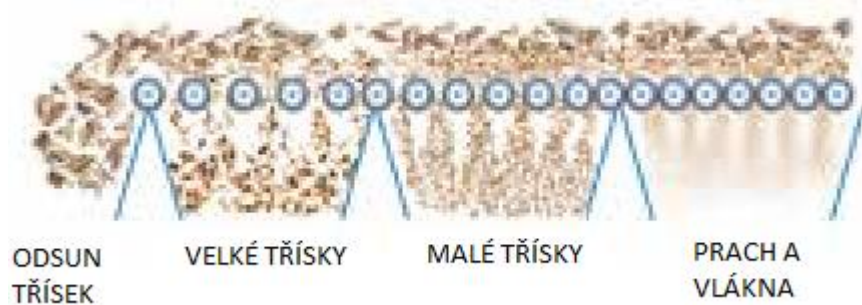
Obr. 9 Bubnová sušárna. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

#### **3.3.14 Třídění třísek**

Pro lisování jednotlivých typů desek je zapotřebí jiný druh a složení třísek. Pro lisování daného druhu je důležité složení třísek pro jednotlivé vrstvy z hlediska rozměrů a podílu rozměrových frakcí. (Štefka 2006) Čím jsou dřevěné třísky sušší, stávají se více křehčí, a proto se musí vytřídit jednotlivé frakce. Každá frakce se používá do jiné vrstvy nebo desky. Oddělují se povrchové vrstvy lístkové třísky od středových vrstev jehlicové třísky.

#### **3.3.15 Třídič třísek PAL**

Vymezené válečkové třídiče mají profily (hvězdicovité, diskové, tvary pentagramu), aby vyhovoval tříděnému typu materiálu. Disky jsou vyráběny specifickou povrchovou úpravou, aby byly odolné proti opotřebení (chromování, nitridace, práškový nástřík). Stroj jde nastavit na třídění dvou až tří frakcí třísek. Integrovaná sací jednotka odstraňuje prach, vlákna a nežádoucí předměty. Stroj PALL má všechny mezery a vypouštěcí klapky volně nastavitelné, umožňuje snadné a rychlé přenastavení velikostí frakcí. Stroj garantuje, že při provozu nedojde absolutně k žádnému ucpání a vyžaduje velmi nízké nároky na údržbu. (IMAL PAL 2015)



Obr. 10 Schéma třídiče třísek (IMAL PAL 2015)



Obr. 11 třídiče třísek PALL (IMAL PAL 2015)

### 3.3.16 Formování třísek

Formováním dřevních částic začíná proces rovnání dezintegrovaného dřeva do celistvého výrobku. Úroveň a kvalita vrstvení závisí na rovnoměrnosti a plošné hmotnosti desek, a tak i zajištění rovnoměrnosti jejich vlastností. Rovnoměrnost vrstvení má i ekonomický efekt, protože je dosažuta stabilita vlastností desek umožňující snížení průměrné hustoty, a tím úspory surovin a energie. U desek pro stavebnictví, vyráběných převážně z velkoplošných třísek, má i za účel technickou a bezpečnou spolehlivost. (Štefka 2006)

Při vrstvení třískového koberce platí pravidlo, že čím jsou třísky přesněji orientovány, tím má deska lepší mechanické vlastnosti. (Hrázský, Král 2007)

### **3.3.17 Lisovací proces**

Třískový koberec je při lisování vystaven tlaku lisu a současně působení vysoké teploty prostřednictvím vyhřívaných topných desek lisu. Tímto procesem dochází k vytvrnutí látky, která drží jednotlivé třísky pohromadě a tvoří celistvou desku. Samotné vytvrzování nastává od povrchových vrstev a ukončuje se ve vrstvě středové – tehdy je možno lisování ukončit.

### **3.3.18 Dokončování desek**

Dokončování vylisovaných třískových desek je závěrečnou fází jejich výroby. Skládá se z pravidla z těchto operací: chlazení desek, ořezání na přesný formát, případně předtřídění.

### **3.3.19 Chlazení desek**

Vylisované třískové desky po vyndání z lisu mají vysokou teplotu, přičemž dochází k velkému teplotnímu spádu mezi povrchovou a středovou vrstvou. Při uložení nechlazených desek do hrání dochází k poklesu hodnot základních fyzikálních a mechanických vlastností. Projevuje se to vizuálními změnami kroucením, prohýbáním desek a i následného praskání. (Hrázský, Král 2007)

## **3.4 Plast**

### **3.4.1 Polymery**

Stáním některých organických sloučenin po delší dobu, popřípadě působením vzduchu, světla a tepla se molekuly seskupují v jednoduché sloučeniny ve větší. Vzniklá látka nabývá na objemu, váze, viskozity a dalších jiných vlastností. (Maruška 1950)

Polymerní sloučeniny jsou v principu makromolekulové látky, které vznikají polyreakcemi. Počet pospojovaných základních složek v polymerní sloučenině udává

stupeň polymerace, který vlastně udává i délku řetězce makromolekuly. (Várkoly a kol. 1995)

### **3.4.2 Plastické hmoty**

Názvem plastické hmoty souhrnně označujeme všechny materiály tvořené makromolekulami přírodních nebo syntetických sloučenin, které se dají tvarovat účinkem tepla nebo tlakem. (Várkoly a kol. 1995)

Hlavní složka zastoupená konkrétním druhem makromolekulové látky se nazývá pojivo. Je to filmová látka, nebo směs filmových látek, které v něm váže rozptýlené přísady. Vlastnosti pojiva určují základní fyzikální a chemické vlastnosti plastů. (Liptáková, Sedliačik 1989)

Mezi plastické hmoty patří všechny prakticky využitelné materiály, které je možné aplikovat různými způsoby tváření a tvarování založené na plastické deformaci hmoty. V procesu zpracování jsou materiály v plastickém stavu a hotové výrobky jsou pevné, houževnaté a pružné. (Várkoly a kol. 1995)

### **3.4.3 Tvorba filmu pomocí roztoku**

Při systémech termoplastického charakteru podmiňuje odpařování rozpouštědla. Film může vznikat prakticky při jakékoliv teplotě. Když roztok obsahuje termoreaktivní látky, tvorbu filmu podmiňuje chemické reakce a jejich charakter určující chemické složení filmotvorných látek. Při rozpouštědlových systémech se současně odpařuje i rozpouštědlo. (Liptáková, Sedliačik 1989)

## **3.5 Polymer PMMA**

Polymery a kopolymery kyseliny akrylové metakrylové a jejich estery a amidy nitrily jsou označovány jako polyakryláty. Vyrábějí se jako homopolymery nebo častěji jako nejrůznější kopolymery. Všechny se vyznačují vynikající odolností vůči povětrnosti, stálostí na světle a transparentností. Nejčastější jejich použití je v závislosti na typu monomeru jako nátěrové hmoty a různé průmyslové pomocné látky, plasty a vlákna. (Mleziva, Šňupárek 2000)

## **3.6 Polymethakryláty jako plasty**

### **3.6.1 Polymethylmethakrylát (PMMA)**

Kyselina methakrylová s její polymerací esterů pro výrobu plastů je většinou bloková nebo suspenzní. Z používaných esterů má největší význam methylmethakrylát. (Vichr, Zelinger 1966)

V průmyslové praxi se používá několik technologií blokové polymerace, lišící se hlavně tvarem polymerační formy (pro výrobu desek, trubek, tyčí a drtí). Výrobek je označován jako organické sklo.

### **3.6.2 Výroba organického skla**

Organické sklo se vyrábí tak, že předpolymer methylmethakrylátu polymeruje vlivem iniciátoru a tepla mezi dvěma paralelně uloženými silikátovými skly. Čistý, nestabilizovaný monomer se v předpolymeračním kotli o obsahu 100 až 1000 l zahřeje na 60 až 100 °C a v něm se rozpustí 0,1 % azobisisobutyronitrilu nebo dilauroylperoxidu. Předpolymerace se sleduje podle změny indexu lomu a viskozity a přeruší se ochlazením po dosažení okolo 5 procentní konverze. Předpolymer se zfiltruje do hliníkového zásobníku, ze kterého se odvažuje pro jednotlivé desky.

Pro přípravu forem se používají dvě skleněné desky, jež jsou distancovány profilem z PVC a utěsněny. Okrajové těsnění musí být stlačitelné, aby desky mohly sledovat smrštění při polymeraci. Formy se vloží do stojanu, naplní se předpolymerem a poté se umístí do temperačních prostorů, kde se zvýšením teploty zahájí polymerace a kde proudící vzduch nebo voda zajišťují odvádění polymeračního tepla. Polymerační teplota kolísá v rozmezí od 30 až 130 °C, polymerační doba se řídí teplotou a tloušťkou desek. Při výrobě desek o tloušťce 5 mm je 9 hodin teplota 40 °C a 4 hodiny se zvyšuje ze 40 na 100 °C. (Mleziva, Šňupárek 2000)

### **3.6.3 Vlastnosti PMMA**

Nejvíce popisující vlastností PMMA je jeho bezbarevnost a naprostá čírost, a to i v tlustých vrstvách. Tato vlastnost mu umožňuje jeho dokonalou průhlednost, ale i snadné zabarvování. Ze všech známých termoplastů má PMMA největší odolnost proti povětrnosti. Dokáže čelit dlouhodobému působení tropického podnebí a UV záření. Poškození je minimální nebo žádné, vzhled je dán pouze změnou čírosti a zabarvením.



Při působení na PMMA teplotou 130 až 140 °C se stává kaučukovitý a snadno tvarovatelný. Vykazuje vynikající tvarovou paměť, projevující se vrácením tvarované desky do původního rovného tvaru zahřátím na  $T_m$ . PMMA má propustnost světla okolo 92 %, v celém rozsahu spektra má dobré mechanické elektroizolační vlastnosti, odolává zředěným alkáliím, kyselinám a je vodotěsný. Koncentrovanějším kyselinám a hydroxidům neodolává. Nejlépe se dá rozpustit v aromatických a chlorovaných uhlovodících, esterech, ketonech a etherech. Velmi dobře se mechanicky obrábějí. Bez zatížení má tepelnou odolnost 80 °C. Jeho nežádoucí vlastnost je, že má malou povrchovou tvrdost. (Mleziva, Šňupárek 2000)

Hustota PMMA většinou bývá okolo  $1180 \text{ kg/m}^3$ . (Várkony a kol. 1995)

Je to drahý plast, jeho uplatnění se nachází na místech, kde se využijí jeho vlastnosti, např. zasklívání oken v dopravních prostředcích, v kancelářských potřebách, používá se na kryty přístrojů, hodinková sklíčka i zubní protézy apod. (Mleziva, Šňupárek 2000)

### **3.7 Podobný materiál**

#### **3.7.1 Polykarbonát**

Polykarbonát je téměř nový materiál používaný v posledních deseti letech u nás s velmi nastupující progresivitou. Přestože je to plast, je obdařen vlastnostmi, které ho v řadě případů staví před klasické materiály. Nejpraktičtější vlastností je jeho nerozbitnost jako celku. Mohou se na něj házet kameny, padat předměty z velkých výšek, tlouci do něj hřebíky a materiál bude stále celý. Při těchto nárazech dochází maximálně k určitému povrchovému poškození nebo jeho vzhledu. Polykarbonát je nejvhodnější pro zasklívání střeš.

Vyrábí se ve dvojnásobném provedení jako plný se vzhledem skla a jako komůrkový s vynikajícími izolačními vlastnostmi. Obě provedení se vyrábějí v různých tloušťkách a barvách (čirý, opál a bronz někdy i zelená a modrá).

Polykarbonát má vysokou stabilitu vzhledu, světelnou prostupnost a mechanické stálosti. Jednou z výhod je jeho hmotnost, která je velmi nízká, zvláště u komůrkového provedení. Nevýhodou je snadné poškození poškrábáním, tak jako u většiny plastů.

Polykarbonát je pružný, dá se ohýbat, snese zvýšené zatížení, aniž by nastala trvalá změna tvaru. Tato výhoda je však také nevýhodou v případě plošné únosnosti. U plného provedení je zapotřebí dodání četnějších podpěr, jinak se materiál vlastní vahou prohne.

Mnohem více je využitelný komůrkový polykarbonát. Denně se s ním můžeme setkat u benzínových čerpadel či buněk na košíky v supermarketu. Jako každý materiál má své negativní vlastnosti. Při dešti je více hlučný, a to z důvodu, že je lehký a snadno se rozvibruje. (Pospíšil 2001)

## **4 MATERIÁL A METODIKA**

### **4.1 Používané dřevo na výrobu třísek**

#### **Smrk ztepilý (*Picea abies*)**

- **Vzrůst**

Smrk dosahuje průměrné výšky 37 m a průměr 0,8 – 1,2 m

- **Vzhled**

Barva je od téměř bílé po světle žlutohnědou s přirozeným leskem. Na příčném řezu jsou dobře viditelné letokruhy. Pryskeřičný kanálky jsou viditelné převážně na podélných řezech. Dřevo je rovnovláknité, má jemnou texturu.

- **Vlastnosti**

Po vysušení má smrk průměrnou hustotu  $460 \text{ kg/m}^3$ . Dobře a rychle vysychá, s malým rizikem deformací. Houževnatost a rázovou tuhost má nízkou. Má střední pevnost v ohybu a tlaku, malé předpoklady pro ohýbání. Snadno se opracovává. Dřevo je špatně impregnovatelné.

- **Využití**

Vybavení interiéru, kostry a rámy domů, podlahoviny. Obecně v truhlářině a tesařině. Důlní stojky, žebříky a aglomerované materiály.



Obr. 12 Textura smrku. ([https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/jehlicnate\\_dreviny](https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/jehlicnate_dreviny))

### **Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)**

- **Vzrůst**

V příznivých podmínkách dosahuje borovice výšky 40 – 43 m a průměr 0,6 – 1 m.

- **Vzhled**

Dřevo je sukovité, má mírně pryskyřičnaté jádrové dřevo světle červenohnědé barvy, odlišné od světlého krémově bílého až žlutého bělového dřeva, letokruhy jsou velmi dobře zřetelné, pryskyřičné kanálky viditelné na všech řezech (příčný řez – světlé body, podélný řez – krátké čárky).

- **Vlastnosti**

Po vysušení je hustota borového dřeva okolo 510 kg/m<sup>3</sup>. Dřevo velice dobře a rychle vysychá. V případě špatného ošetření nebo uskladnění dochází k zbarvení běli (zamodrání). Při použití dřevo vykazuje střední tvarovou stálost. Vyznačuje se nízkou tuhostí a rázovou houževnatostí, nízkou až střední pevností v ohybu, tlaku a má velmi nízké předpoklady pro ohýbání. Snadno se opracovává. Jádrové dřevo je středně trvanlivé a mírně rezistentní vůči impregnaci.

- **Využití**

Nejlepší dřevo se používá na nábytek, v soustružnictví, na konstrukci vozidel, na aglomerované materiály, železniční pražce, sloupy a důlní podpěry.



Obr. 13 Textura borovice. ([https://www.tfdesign.cz/docs\\_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/borovice.jpg](https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/borovice.jpg))

### **Jedle (Abies spp.)**

- **Vzrůst**

Jedle dorůstá do výšky 40 m.

- **Vzhled**

Barva dřeva je od krémově bílé až po světle žlutohnědou, blíže připomíná evropský smrk, dřevo je méně lesklé. Textura je pruhovaná a slabě fládovaná.

- **Vlastnost**

Dřevo jedle je bělové. Ve dřevě nejsou přítomny pryskyřičné kanálky. Jedle má v suchém stavu hustotu  $480 \text{ kg/m}^3$ . Dřevo pro jeho nejlepší využití by mělo být sušeno uměle. Při přirozeném sušení vysychá příliš pomalu, bez příliš velkého kroucení, může však vytvořit trhlinky nebo popraskat, velmi často se z něj uvolňují suky. Jedle má nízkou tuhost a nízkou odolnost proti nadměrnému zatížení, střední pevnost v ohybu a tlaku a velmi slabou ohebnost při paření. Jedle je velmi dobře opracovatelná jak ručně, tak i strojně. Nástroje a řezné ústrojí strojů otupuje minimálně.

- **Využití**

Jedle je vynikajícím stavebním materiálem, využívána jak v interiéru, tak i v exteriéru na dřevěné konstrukce krovu. Dále se používá na překližky, aglomerované materiály a spoustu dalších výrobků.



Obr. 14 Textura jedle. ([https://www.tfdesign.cz/docs\\_cs/konstrukce/drevo/textury/hires/jedle.jpg](https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hires/jedle.jpg))

### **Buk (*Fagus spp.*)**

- **Vzrůst**

Buk je znám jako matka lesů, protože ostatní listnaté stromy by bez něj ve smíšených lesích těžko přežívaly, spadané bukové listí ničí plevelný porost a poskytuje bohatý humus obohacující půdu. Buk dorůstá do výšky 45 m a průměru 1,2 m.

- **Vzhled**

Dřevo buku je v odstínu velmi světle krémové až růžovohnědé a po napaření získá načervenalé bronzovohnědou barvu. Je rovnovláknité, se širokými dřevnými paprsky a vlastní jemnou, pravidelnou texturu.

- **Vlastnosti**

Buk má hustotu  $720 \text{ kg/m}^3$ . Při sušení vyžaduje zvláštní péči, protože schne velmi rychle a dobře, ale vykazuje výrazné tvarové změny a značně sesychá. Dřevo má střední pevnost v ohybu, tuhost a rázovou houževnatost, vlastní vysokou pevnost v tlaku a má výjimečně dobré předpoklady pro ohýbání. Je dobře opracovatelné ručně i strojně a výborně ve dřevě drží spoje. Ve dřevě se často objevuje nepravé jádro. Bukové dřevo je snáze propustné pro impregnační látky.

- **Využití**

Buk je velmi oblíbené dřevo s velkou škálou využití. Vyrábí se z něj nábytek, židle, velké využití má v interiérové truhlářině. Soustruží se z něj rukojeti pracovních nástrojů. Hojně se z něho vyrábí ohýbaný nábytek.

Vyrábí se z něj dýha na překližky a i dekorativní intarzie. Horší kvalita se přidává do aglomerovaných materiálů. (Walker 2009)



Obr. 15 Textura buku. ([https://www.tfdesign.cz/docs\\_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/buk.jpg](https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/buk.jpg))

## 4.2 Dřevěné lístkové třísky

Dřevěné lístkové třísky na výrobu akrylátotřískové desky byly dodány od firmy KRONOSPAN

## 4.3 Drcené plexisklo neboli akrylát

Akrylátová drť má velikost krystalů 3 mm a vyrábí se ve všech odstínech akrylátu. 1 kilogram drtě má objem 1,5 litru.

### 4.3.1 Plexisklo EXTRUDOVANÉ (XT)

EXTRUDOVANÉ plexisklo je nejběžnější plexisklo na trhu, prodává se a zpracovává v těchto obchodních značkách Akrylon, Altuglas, Isik, Perspex a Plexiglas. Plexisklo má výborné optické vlastnosti, dobře se řeže pilou i laserem, frézuje, ohýbá, lepí, pískuje, brousí a leští. Lze na něm, provést bezproblémový potisk a použít pro styk s potravinami. Všechny materiály obsahují UV filtr.

**Plexisklo není vhodné na použití:** oken motorových člunů, plexi štítů na motorky, kopulí a světlíků.

**Nevýhody:** Oproti LITÉMU plexisklu (GS) má nepatrně větší křehkost, menší teplotní odolnost, nepatrně horší obrobiteľnosť (soustružení, vrtání, frézování).

#### 4.3.2 Plexisklo LITÉ (GS)

Vzhledem k tomu, že desky se mohou litím vyrábět i v malých sériích, je převážná část barevných desek právě litá. Všechny materiály obsahují UV filtr.

**Výhody:** lepší houževnatost, větší teplotní a povětrnostní odolnost, dobrá obrobiteľnosť.

**Nevýhody:** vyšší cena, větší tloušťková tolerance ( $\pm 1$  mm).

**Použití:** reklama, zdravotnictví, kryty strojů, technické prvky, luxusnější a technicky náročnější výrobky, okna motorových člunů, plexi štíty na motorky, kopule, světlíky.

**Není vhodné:** plexisklo do solárií. Dále všude kde je vyžadována přesnost síly materiálu. (MK Plexi, s.r.o. 2017)



Obr. 16 Čirá plexisklová drť. (<http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm>)



Obr. 17 Barevná plexisklová drť. (<http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm>)

## **4.4 Použitá rozpouštědla**

### **4.4.1 Toluén - charakteristika**

Toluén je čirá bezbarvá kapalina s aromatickým zápachem. Teplota tání činí  $-93\text{ °C}$  a varu  $111\text{ °C}$ . Jeho hustota je  $867\text{ kg.m}^{-3}$  a rozpustnost ve vodě  $530\text{ mg.l}^{-1}$ . Při pokojové teplotě je těkavý a hořlavý. Může se rozpouštět v tucích a dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech. Přirozeně se vyskytuje v ropě. Benzín obsahuje 5 – 7 % toluenu.

#### **Použití**

Toluén se používá jako rozpouštědlo v průmyslu (náhrada za toxičtější benzen). Slouží jako rozpouštědlo v barvách, nátěrech, syntetických vůních, lepidlech, inkoustech a v čisticích prostředcích. Používá se také při tiskařských pracích, barvení kůží a k výrobě benzenu a dalších chemikálií. Toluén se také používá jako výchozí surovina při výrobě polymerů, ze kterých se potom vyrábí nylon, plastové lahve a polyuretany. Mezi další využití patří výroba léčiv, barviv a laků na nehty. Přidává se do benzínu ke zvyšování oktanového čísla. (irz 2017)

### **4.4.2 Aceton - charakteristika**

Čirá bezbarvá kapalina bez mechanických nečistot, charakteristické vůně, neomezeně mísitelná s vodou a mnoha dalšími rozpouštědly. Teplota tání činí  $94,9\text{ °C}$  a varu  $56,53\text{ °C}$ . Jeho hustota je  $790\text{ kg/cm}^3$  a rozpustnost ve vodě je neomezená.

#### **Použití**

Aceton se používá jako rozpouštědlo v průmyslu chemickém, farmaceutickém, gumárenském, při výrobě nátěrových a plastických hmot i syntetických lepidel. (CHEMAP 2017)

## **4.5 Hydraulický lis**

Při našem lisování desek jsme používali hydraulický lis typu HL 400 od firmy STROZATECH s.r.o.



**Hydraulický lis MENDELU** Tento stroj navrhl, vyrobila a uvedla do provozu firma:

Typ: HL 400  
Výrobní číslo: 2/2012  
Rok výroby: 2012


**CE** **STROZATECH s.r.o.**  
Kounicova 271/13, 602 00 Brno, Česká republika  
tel./fax: +420 541 211 473 • mobil: +420 603 546 378  
e-mail: info@strozatech.cz • http://www.strozatech.cz

**Technické parametry:**

Velikost topných desek: 1300 x 1200 x 40 mm  
Příkon topných desek: 62,4 kW  
Teplota topných desek: 90 - 220 °C  
Specifický tlak na ploše 1200 x 1000 mm: 3,35 MPa  
Počet etáží: 1  
Světlost etáže: 200 mm  
Celková lisovací síla: 4020 kN  
Uzavírací pracovní rychlost: 12,5 mm/sec  
Celková doba odezvy dle ČSN EN ISO 13855:2010: 0 sec  
Bezpečná vzdálenost: není stanovena  
Celková hmotnost: 10 000 kg  
Celkový el. příkon: 70 kW  
Napájení: 3 + PE + N / 400 V / 50 Hz  
Zkratový proud: 10 kA  
Číslo elektrického schématu: 2/2012/E

Hydraulika: 4 hydraulické válce pr. 200 / 140 mm  
zdvih 205 mm, tlak 320 bar

Způsob transportu:  
viz. technická dokumentace



Obr. 18 Technické parametry hydraulického lisu HL 400 (Kolomazník – vlastní foto 2017)



Obr. 19 Hydraulický lis HL 400 (Kolomazník – vlastní foto 2017)

## 4.6 Popis výroby nového kompozitního materiálu

První myšlenka byla vyvinout kompozitní materiál, který bude průhledný nebo aspoň částečně propouštět světlo. Mnozí z nás známe průsvitný beton, který byl vyvinut v Americe. Proč se tedy nepokusit vyvinout dřevěný průhledný kompozitní materiál?

Dřevo je přírodní anizotropní materiál, který se skládá z několika tisíců buněk tvořících samotnou stavbu a vzhled masivního dřeva. Proto by bylo velmi složité se pokusit tyto buňky nějak vybělit a zbavit dřeva jeho zbarvení, a tak vytvořit jeho transparentnost. Při této představě by dřevěný materiál vypadal velmi dobře, jelikož bychom mohli pozorovat jeho vnitřní stavbu buněk.

Tato představa je nemožná, a proto jsme hledali materiál, který propouštět světlo dokáže. Ideálním materiálem by byla přírodní surovina, která má podobné vlastnosti jako dřevo.

### 4.6.1 První pokus

První myšlenky směřovaly k použití kamene (vltavín, křemen, pazourek) nebo jemného křemičitého písku. První problém by vznikl při spojování dřeva a kamene. Jak docílit toho, aby si kámen či křemičitý písek zachovaly svoji transparentnost, kterou nemají až tak velkou ani v samotném složení. Dále by vznikl problém v jejich odlišných fyzikálních i mechanických vlastnostech, proto jsme hledali jiný vhodnější materiál.

### 4.6.2 Druhý pokus

Druhý nápad byl roztavit sklo do tekutého stavu a smísit ho s dřevěnými třískami. Plošnými třískami jsme se inspirovali u čím dál tím více používaného materiálu OSB desky. Lístkové třísky jsme zvolili proto, aby byla částečně zachovaná a přiznaná kresba dřeva.

První problém by nastal při smíchání dřeva a tekutého skla. Sklo se taví okolo 1450 až 1550 °C a křemenné sklo dokonce až při teplotě 2000 °C. Dřevo má naopak dost nízkou odolnost vůči vysokým teplotám. Bod splanutí se u dřeva pohybuje v rozmezí 180 – 275 °C, i když hodně záleží na druhu dřeva, hustotě, vlhkosti a chemickém složení. Bod zápalnosti, který je pro nás rozhodujícím kritériem, je v rozmezí 330 – 520 °C. Proto složení naší transparentní desky ze skla a dřeva bylo nemožné, protože při smíchání by dřevěné třísky shořely.

### **4.6.3 Třetí pokus**

Při zhodnocení těchto kritérií jsme hledali vhodný materiál, který bude mít částečně shodný vlastnosti jako dřevo a při spojení bude se dřevem spolupůsobit a tvořit jeden celek. Požadavek byl, aby materiál byl co nejvíce průhledný nejlépe jako sklo. Nejvhodnějším materiálem bylo plexisklo (neboli akrylát), které je velmi dobře průhledné a jeho teplota tavení je nízká, a to okolo 150 – 160 °C.

#### **4.6.3.1 Hledání nejlepší varianty zpracování akrylátu**

Při prvních pokusech jsme akrylát zkoušeli roztavit do tekuté podoby. Zkoušeli jsme použít horkovzdušnou pistoli, která i při hodinovém působení horkého vzduchu o teplotě 630 °C povrch akrylátové drtě pouze natavila. Jelikož se na drť působilo horkým vzduchem lokálně, tak jen co se nahřálo jedno místo povrchu, jiné místo při předešlém působení tepla opět tuhlo a akrylát se nedařilo roztavit na požadovanou tekutou látku.

Jiný pokus byl prováděn pomocí kuchyňského vařiče, který sice působil větší plochou na sklo, ale nedokázal akrylátovou drť natolik do hloubky prohřát, aby se stala plastickou.

Další pokus byl prováděn pomocí propanbutanového hořáku, který akrylát bez problému roztavil. Nevýhodou bylo velké vzhledové poškození, které způsobilo působení plamene přímo na povrch materiálu. Proto se drť nasypala do kovové nádoby. Nádoba se opět za pomoci propanbutanového plamene zahřívala. Akrylátová drť se dobře roztavila, avšak na velmi malou chvíli. Potřebný čas pro nalití skla do formy s dřevěnými třískami byl velmi krátký. Sklo začalo tuhnout ještě před jeho uložením do formy. Tato varianta byla též nepoužitelná na výrobu nového materiálu.

Nejpříjemnější variantou se jevil nápad vložit už předem navrstvenou desku přímo do vyhřátého hydraulického lisu na požadovanou teplotu. Protože lis působí a dodává teplo lisovaného materiálu z obou stran a zároveň působí tlakem, který se dá předem přednastavit. To zajistí dobré prohřátí materiálu v celé jeho ploše a tloušťce. Topné desky lisu mohou dodávat delší dodávání teploty potřebné pro roztavení akrylátu.

#### **4.6.3.2 První postup tvoření desky**

První desku jsme vrstviли obdobně, jako se vrství OSB deska při laboratorním lisování.

1. Na podkladní plech jsme natáhli pečící papír, který je určený do lisu a zabraňuje zašpinění nebo přilepení materiálu na plech.
2. Na plech jsme položili předem připravenou formu o velikosti 350 x 350 mm.
3. Dno jsme posypali akrylátovou drtí, aby bylo celé zakryté.
4. Na sklo jsme navrstvili lístkové třísky. Třísky jsme se snažili orientovat jedním směrem.
5. Na třísky jsme dali další vrstvu akrylátu a navrstvili další vrstvou třísek orientovanou kolmo na předešlou vrstvu třísek.
6. Nakonec jsme opět posypali vrstvu drceného plexiskla, aby sklo vytvořilo ochranný povlak okolo a na povrchu třísek a deska mohla být voděodolná.
7. Formu jsme odstranili, položili na navrstvenou desku pečící papír a přikryli plechem.
8. Celá deska se vložila do předem přehřátého hydraulického lisu při 160 °C a tlaku 0,5 MPa.
9. Po půl hodině jsme navýšili teplotu na 200 °C a zároveň tlak na 2 MPa, jelikož akrylát se nedařilo rozpustit do tekutého stavu, bylo pouze trošku natavené.
10. I přes navýšení teploty, tlaku a ponechání desky v lisu další půl hodinu, se nedařilo akrylát roztavit do požadované podoby.
11. Opět jsme navýšili lis na jeho maximální teplotu 220 °C, i přesto se za dvě hodiny nezdařilo desku vylisovat na požadovanou kvalitu.

Jednotlivé krystalky drceného plexiskla byly nataveny a vzájemně s třískami spojeny v jeden kus materiálu, který držel pohromadě. Ovšem povrch desky nebyl jednolitý a celistvý.

Tento pokus o vylisování desky byl nevyhovující. Tímto pokusem jsme však zjistili, že na spojení třísek a akrylátu nemusíme použít lepidlo. Akrylát i při pouhém natavení se dobře spojí s dřevěnými třískami a vytváří jeden celek.

Po neúspěšném pokusu jsme hledali jiný způsob, jak dostat plexisklo z pevného stavu do stavu kapalného. Při zjišťování vlastností akrylátu jsme zjistili, že je dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. Výhodou bylo, že při vytěkání rozpouštědla z rozpuštěného akrylátu se opět stává tuhá a pevná hmota.

Zkoušeli jsme hledat nejvhodnější rozpouštědlo, které nejlépe a nejrychleji rozpustí akrylát do tekutého stavu. Nejvhodnější a nejúčinnější rozpouštědlo se jevil DICHLORMETHAN »  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  .



Obr. 20 DICHLORMETHAN v originální láhvi. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

Při jeho testování se musel stanovit vhodný poměr přidání dichlormethanu do akrylátu, aby byla zajištěna nejlepší rozpustnost a práce s rozpuštěným materiálem. Byly vyzkoušeny a testovány tyto poměry v procentech.

Tab. 2 Jednotlivé poměry roztoků dichlormethanu s akrylátem.

Roztok [%]	Dichlormethan [l]	Akrylát [g]
50	0,5	250
40	0,5	200
30	0,5	150
20	0,5	100



Obr. 21 Rozpouštění 30 % roztoku. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

#### **4.6.3.3 Druhý postup tvoření desky**

1. Na druhý pokus jsem si vyrobil rámečky 20 x 20 x 6 mm, 30 x 30 x 8 mm a 20 x 20 x 8 mm.
2. Na pevnou podložku, v našem případě na plech, jsme natáhli pečicí papír, který je určený do lisu a zabraňuje zašpinění nebo přilepení materiálu.
3. Na plech s pečicím papírem jsme položili předem vyrobený kovový rámeček, který zamezoval odtok viskozního materiálu a tvořil formu pro následně ztuhlý materiál. Rámeček šel použít pouze pro 40 % a 50 % roztok. Při použití 20 % a 30 % roztoku rámeček příliš málo viskozní roztok neudržel a roztok podtéká pod rámečkem. Z tohoto důvodu jsme použili jako formu kuchyňský pečicí plech. Vzhledem k tomu, že jsme nevěděli, jak půjde vylitá deska po vytvrdnutí vyjmout z plechu, tak jsme jeden plech pokryli pečicím papírem a druhý vymazali obyčejným parafínem.
4. Dno jsme polili slabou vrstvou roztoku. Za pomoci stěrky jsme jej rozetřeli rovnoměrně v celé ploše rámečku.
5. Na sklo jsme navrstvili plošné lístkové třísky. Třísky jsme se snažili orientovat jedním směrem. Mezi třískami jsme nechávali mezeru zhruba 0,2 – 1 cm, aby se třísky nedotýkaly a nezabraňovaly následnému pronikání denního světla.

6. Dále se 10 – 20 min. vyčkalo, aby roztok částečně ztuhl. Třísky poté tolik neplavaly a udržovaly si své určené místo v desce. Poté jsme na třísky dali další vrstvu roztoku a navrstvili další vrstvou třísek orientovanou kolmo na předešlou vrstvu třísek.
7. Nakonec jsme opět polili vrstvu rozpuštěného akrylátového roztoku, aby sklo vytvořilo ochranný povlak okolo a na povrchu třísek a deska mohla být voděodolná.
8. Po ztuhnutí akrylátu se deska vyloupila z formy. Na desku jsme položili pečící papír a přikryli plechem.
9. Celá deska se vložila do předem přehřátého hydraulického lisu.

Při vytvrzování a odtěkání rozpouštědla z navrstvené desky se vně a na povrchu desky vytvoří bublinky. Bublinky vytváří rozpouštědlo při jeho odtěkání z desky do ovzduší. Tyto bublinky jsou nežádoucí, protože snižují mechanické a estetické vlastnosti celé desky. Proto se musí celá deska ještě zalisovat. Při lisování nastal velký problém, jelikož použitý DICHLORMETHAN odolá maximální teplotě do 40 °C. Při působení na desku jsme museli dodávat mnohem větší teplotu, a to od 120 – 180 °C, protože obyčejný akrylát začíná být plastický při 150 – 160 °C a akrylát s obsahem DICHLORMETHANU začíná být plastický od 90 – 180 °C. Zde velmi záleží na druhu použitého akrylátu a na použitém poměru akrylátu s rozpouštědlem a na době lisování po vylití desky. Čím déle po vylití budeme desku lisovat, tím méně v desce je obsažený nevytěkavý DICHLORMETHAN a deska jde snáze vylisovat. Minimální čas pro začátek lisování je jeden týden od vylití a vytvoření desky.



Obr. 22 Navrstvená deska po vytvrnutí a vytěkání DICHLOTMETHANU s velkým obsahem nežádoucích vzduchových bublinek. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

Při tomto zpracování desek jsme zkoušeli více procentní složení roztoků, a proto jsme museli hledat optimální teploty pro vylisování desek v hydraulickém lisu. Protože teplota při lisování a čas od vylití do začátku lisování desky je nejdůležitější faktor při tomto postupu výroby.

Při prvních pokusech jsme se snažili zabránit tvoření bublinek. Proto jsme se pokusili přimíchat do DICHLORMETHANU s akrylátem TOLUEN a do jiné várky ACETON. Úmysl byl zamezit tvoření bublinek a lepší vzhled po vylisování.

1. TOLUEN: Deska byla vylitá do rámečku o velikosti 20 x 20 x 0,6 cm. Poměr DICHLORMETHANU + TOLUENU a akrylátu byl 30 %. Doba vytěkání a vytvrnutí byla dva týdny. Lis byl nastaven na 180 °C a tlak na 0,5 MPa.
  - a. Desku jsme vložili do lisu a nechali pět minut nahřát bez působení tlaku, aby se deska nerozlámala.
  - b. Na dalších pět minut jsme uzavřeli lis a nechali působit teplotu a tlak. Při vyndání jsme zjistili, že teplota je velmi velká a tvoří se velké bubliny.
  - c. Lis jsme nastavili na teplotu 120 °C a nechali patnáct minut působit tlak a teplotu lisu.

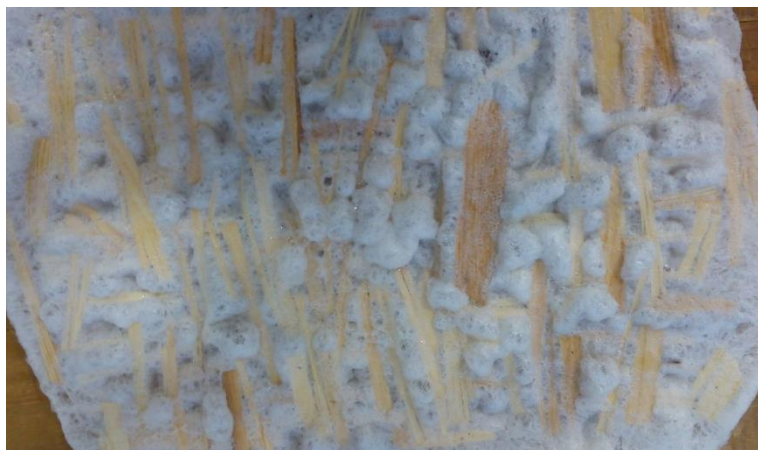


- d. Vzhled desky byl na pohled přijatelný, ovšem při prohýbání desky se vně tvořily prasklinky. Prasklinky narušovaly celistvost a transparentnost desky.
- e. Okraje desky byly velmi zpěněny.



Obr. 23, Obr. 24 Vzhled vylisované desky s přidáním TOLUENU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

- 2. ACETON: Deska byla vylitá do rámečku o velikosti 30 x 30 x 0,8 cm. Poměr DICHLORMETHANU + ACETONU a akrylátu byl 30 %. Doba vytěkání a vytvrnutí byla dva týdny. Lis byl nastaven na 120 °C a na tlak 0,5 MPa.
  - a. Desku jsme vložili do lisu a nechali pět minut nahřát bez působení tlaku, aby se deska nerozlámala. Deska se začala ihned po vložení do lisu napěňovat, aniž by lis na desku působil tlakem.
  - b. Na dalších pět minut jsme uzavřeli lis a nechali působit tlak lisu 0,5 MPa a teplotu 120 °C.
  - c. Po pětiminutovém lisování se deska vyndala a ještě více napěnila.
  - d. Při opětovném lisování a ponechání desky v lisu dalších patnáct minut se vzhled desky neměnil.
  - e. Bylo to způsobeno tím, že zbylý nevytěkáný ACETON má velmi malou teplotu varu 56,53 °C, a při působení tak vysoké teploty deska vypěnila.



Obr. 25 Vzhled vylisované desky s přidáním ACETONU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

3. 50 % použitý roztok akrylátu + DICHLORMETHANU: Deska byla vylitá do rámečku o velikosti 20 x 20 x 0,6 cm. Poměr DICHLORMETHANU a akrylátu byl 50 %. Doba vytěkání a vytvrnutí byla dva týdny. Lis byl nastaven na 180 °C a na tlak 0,5 MPa. Při vrstvení této 50 % desky byl velký problém s časem potřebným na navrstvení desky, jelikož už při vylívání roztok velmi rychle tuhl. Po vytvrnutí a vytěkání rozpouštědla se na povrchu desky vytvořilo mnoho bublinek. Deska i přes dlouhý čas vytvrzování, okolo dvou týdnů, obsahovala vně desky ještě spoustu rozpouštědla, které nestihlo odtékat z důvodu vytvoření povrchové chrusty akrylátu. Slabá ztuhlá vrstva zabránila dalšímu unikání rozpouštědla do ovzduší, protože uzavřela povrch a rozpouštědlo nemělo kudy unikat. Zbylé obsažené rozpouštědlo se negativně projevilo při lisování desky, kde zapříčinilo velké vypěnění akrylátu, což je nepříjemné ohledně vzhledu a velkého snížení mechanických a fyzikálních vlastností.
  - a. Desku jsme vložili do lisu a nechali pět minut nahřát bez působení tlaku, aby se deska nerozlámala.
  - b. Na dalších pět minut jsme uzavřeli lis a nechali působit teplotu a tlak. Při vyndání jsme zjistili, že teplota je velmi velká a tvoří se velké bubliny.
  - c. Lis jsme nastavili na teplotu 120 °C a nechali pět minut působit tlak a teplotu lisu.

- d. Vzhled desky byl velmi zpěněný ani při opětovném lisování se vzhled desky nelepšil.
- e. Deska není vhodná pro další použití.



Obr. 26 50 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

- 4. 40 % použitý roztok akrylátu + DICHLORMETHANU: Deska byla vylitá do rámečku o velikosti 20 x 20 x 0,6 cm. Poměr DICHLORMETHANU a akrylátu byl 40 %. Doba vytěkání a vytvrnutí byla dva týdny. Lis byl nastaven na 120 °C a na tlak 0,5 MPa. Vrstvení této 40 % desky bylo o něco lepší než u 50 % desky. Práce se 40 % roztokem byla velmi dobrá. Po vytvrnutí a vytěkání rozpouštědla se na povrchu desky též vytvořilo mnoho bublinek. Deska i přes dlouhý čas vytvrzování, okolo dvou týdnů, obsahovala vně desky ještě spoustu rozpouštědla, které nestihlo odtékat z důvodu vytvoření povrchové chrusty akrylátu, ovšem bylo to o něco lepší než s použitím 50 % roztoku. Slabá ztuhlá vrstva zabránila dalšímu unikání rozpouštědla do ovzduší, protože uzavřela povrch a rozpouštědlo nemělo kudy unikat. Rozpouštědlo opět vytvořilo v celé struktuře mnoho bublinek. Desku se podařilo dobře vylisovat. Je to z důvodu dlouhého rozmezí mezi vrstvením a lisováním desky a dobře nastavené teploty.

- a. Desku jsme vložili do lisu bez předehřátí.

- b. Desku jsme nechali po dobu 25 minut v lise o teplotě 120 °C a tlaku 0,5 MPa.
- c. Vzhled desky byl velmi přijatelný, avšak ne dokonalý. Okraje desky byly velmi zpěněny.



Obr. 27 40 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

5. 30 % použitý roztok akrylátu + DICHLORMETHANU: Jelikož 30 % roztok je o mnoho méně viskózní a více tekutější než 40 a 50 % desky, museli jsme hledat vhodnou formu pro vylití, která má pevné dno. Jako formu jsme použili kuchyňský plech. Doba vytěkání a vytvrdnutí byla jeden týden. Lis byl nastaven na 90 °C a na tlak 0,5 MPa. Vrstvení této 30 % desky bylo velmi dobře proveditelné, jelikož roztok měl menší viskozitu a šel dobře rozprostřít po formě. Po vytvrdnutí a vytěkání rozpouštědla se na povrchu desky též vytvořily bublinky, bylo jich však daleko méně než u 40 a 50 % desek. Desku se podařilo dobře vylisovat.
  - a. Desku jsme vložili do lisu bez přehřátí na 10 minut. Při teplotě 90 °C a tlaku 0,5 MPa.
  - b. Poté jsme desku vyndali a nechali ochladit.
  - c. Opět jsme vložili desku do lisu a nechali 5 minut dolisovat.

d. Vzhled desky byl velmi přijatelný, ale ne dokonalý.



Obr. 28 30 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

6. 20 % použitý roztok akrylátu + DICHLORMETHANU: Jelikož 20 % roztok je o mnoho méně viskózní a více tekutější než 40 a 50 % desky, museli jsme opět použít kuchyňský plech jako u 30 % desky. Doba vytékání a vytvrnutí byla jeden týden. Lis byl nastaven na 90 °C a tlak na 0,5 MPa. Vrstvení této 20 % desky bylo velmi dobře proveditelné, jelikož roztok měl menší viskozitu a šel dobře rozprostřít po formě. Nevýhodou bylo, že deska se musela vrstvit ve větších časových odstupech, protože třísky po velmi tekutém roztoku plavaly a nezůstávaly na svém určeném místě v desce. Po vytvrnutí a vytékání rozpouštědla se na povrchu desky též vytvořilo několik málo bublinek. Desku se podařilo dobře vylisovat.

V jiném pokusu jsme se snažili zkrátit čas výroby desky, ovšem se zachováním všech parametrů.

Desku jsme v jeden den navrstvili a hned druhý den vložili do lisu. Jen co jsme položili desku do vyhřátého lisu bez žádného tlaku, deska začala ihned velmi razantně pění a pění ani nezastavilo působení tlaku. Bylo to způsobeno přítomností velkého množství nevytěkání rozpouštědla v desce.



- a. Desku jsme vložili do lisu bez přehřátí na 10 minut. Při teplotě 90 °C a tlaku 0,5 MPa.
- b. Poté jsme desku vyndali a nechali ochladit.
- c. Opět jsme vložili desku do lisu a nechali 5 minut dolisovat.
- d. Vzhled desky byl velmi nedokonalý.



Obr. 29 20 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU zalisovaná po jednom dni vytěkání. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

#### **4.6.3.4 Třetí postup tvoření desky**

Třetí pokus vrstvení desky jsme prováděli obdobně, jako se vrství OSB deska při laboratorním lisování. Proces se opakoval jako v prvním pokusu, jen s menším množstvím obsahu třísek a jen ve dvou vrstvách. Třísky se tolik nepřekrývají a umožňují lepší transparentnost.

1. Na podkladní plech jsme natáhli pečící papír, který je určený do lisu a zabraňuje zašpinění nebo přilepení materiálu na plech.
2. Na plech jsme položili předem připravenou formu o velikosti 350 x 350 mm.
3. Dno jsme posypali akrylátovou drtí XT, aby bylo celé zakryté.
4. Na sklo jsme navrstvili lístkové třísky. Třísky jsme se snažili orientovat jedním směrem, a tak aby se jednotlivé třísky zároveň nedotýkaly.
5. Na třísky jsme dali další vrstvu akrylátu a navrstvili další vrstvou třísek orientovanou kolmo na předešlou vrstvu třísek.

6. Nakonec jsme opět posypali vrstvu drceného akrylátu, aby sklo vytvořilo ochranný povlak okolo a na povrchu třísek a deska mohla být voděodolná.
7. Formu jsme odstranili, na navrstvenou desku jsme položili pečící papír a přikryli plechem.
8. Desku jsme vložili do vyhřátého lisu, bez působení tlaku. Důvodem, proč jsme ihned desku nelisovali, je ten, že tvrdá drť by rozdrtila a polámala slabé dřevěné třísky. Proto se na desku nechalo 15 minut působit teplo 160 °C z topných desek lisu.
9. Poté jsme lis sevřeli na 10 minut při tlaku 0,5 MPa a teplotě 160 °C.
10. Po deseti minutách jsme navýšili tlak na 2,2 MPa při stejné teplotě na dalších 10 minut.
11. Nakonec po zkontrolování stavu lisované desky jsme vyměnili pečící papír, který teplem degradoval. Poničený papír nevytvářel dokonalý povrch a vzhled desky.
12. Deska byla opět na 5 minut vrácená do lisu pro zdokonalení povrchu.

Tento pokus o vylisování desky byl velmi úspěšný. Vzhled desky odpovídal našim představám. Pro dokonalejší, kvalitnější a čistě transparentní povrch desky je nutné měnit častěji pečící papír, který musí být vložen mezi lisovanou desku a plechem. Tímto pokusem jsme zjistili, že velmi záleží na složení a druhu použitého akrylátu. Plexisklo pro tento způsob výroby musí být EXTRUDOVANÉ, označené XT, které má velmi dobré parametry při lisování. Plexisklo LITÉ označené GS, které jsme používali v prvním pokusu je velmi nevhodné pro použití našeho způsobu výroby desek. Nesplňuje požadované vlastnosti pro lisování a nevytváří tak kvalitní povrch a celkové vlastnosti transparentní desky. V příloze je přiložen technický list, kde jsou uvedeny odlišné vlastnosti obou plexiskel (akrylátů).



Obr. 30 Transparentní deska s použitím EXTRUDOVANÉHO (XT) akrylátu. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

Deska byla vylisovaná s kombinací čirého a modrého EXTRUDOVANÉHO (XT) akrylátu. Poměr byl 50 % čiré drtě a 50 % modré drtě. Modré drtě bylo přidáno příliš velké množství. Dřevěné třísky tolik nevyniknou. U příští výroby postačí přidat pouhých 20 % modré drtě a navýšení čiré drtě na 80 % celkového objemu. Na desku o formátu 350 x 350 mm bylo dohromady použito 1 kg modré + čiré drtě.



Obr. 31 Barevná deska namíchaná 50 % čiré drtě a 50 % modré drtě. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

#### **4.6.4 Tvarové změny po slisování desky**

Při výrobě jsme zkusili vylisovat dva druhy desek se dvěma a třemi vrstvami třísek. Dvouvrstvá deska se po vylisování velmi prohýbala, abychom tyto tvarové změny



omezili, vysušili jsme třísky na tři procentní vlhkost. Navrstvili jsme novou desku a zalisovali. Po vylisování jsme desku vložili mezi dva plechy a svěrkami stáhli k sobě. Desku jsme nechali pomalu vychladnout. Po vychladnutí a odtížení se deska opět začala prohýbat.

Z poznatků, které se využívají při výrobě překližky, jsme navrstvili lichý počet vrstev třísek. Tři vrstvy třísek zamezily tvarové změny a deska byla dokonale rovná a při testování na ohyb bude nejspíše i pevnější. Nevýhodou je, že deska není tolik transparentní, jako deska s dvěma vrstvami třísek.

Jiný problém nastal s povrchem desky, který není dokonale rovný. Důvodem je, že při lisování se musí mezi plech a desku vkládat pečicí papír, který při lisování tlakem a dodávané teploty lisu nevydrží a potrhá se, což způsobí otisknutí na povrch desky. Působení vysoké teploty na pečicí papír, má nežádoucí účinky i na jeho zbarvení. Papír zhnědne a částečně zbarví povrch desky. Deska poté není tak dokonale čirá.

Tento problém by se vyřešil, kdyby se pečicí papír nahradil silikonovými fóliemi.

Tento poznatek s tvarovatelností povrchu můžeme brát i jako výhodu. Lisováním můžeme vytvořit strukturovaný povrch desky podle podkladu, a tak získat další provedení vzhledu desky.

#### **4.6.5 Neúspěšné lisování**

Desky byly lisovány stejným postupem jako třetí varianta. Důvodem neúspěšného pokusu je použití LITÉHO (GS) akrylátu, který ani při navýšení maximální teploty lisu na 220 °C nejde vylisovat na požadovaný vzhled.

V průběhu lisování jsme zkoušeli desku polít rozpouštědlem DICHLORMENHANEM. Důvodem bylo, že jsme si mysleli, že rozpouštědlo pomůže akrylátu lépe se roztavit. Tato myšlenka byla velmi mylná. Deska při vložení zpět do lisu velmi rychle vybublala a roztrhla se. V místě trhliny desku držely pohromadě pouze dřevěné třísky.



Obr. 32 Zelená deska s použitím LITÉHO (GS) akrylátu (Kolomazník – vlastní foto 2017)



Obr. 33 Červená deska s použitím LITÉHO (GS) akrylátu a v průběhu lisování přidání rozpouštědla DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017)

#### **4.7 Metodika zjišťování odolnosti povrchu proti nárazu ČSN 49 2120**

Metoda spočívá ve spuštění ocelové koule o průměru 19,1 mm o kinematické energii 0,05 J. Koule je držena z dvoumetrové výšky nad zkušebním prvkem a následně spuštěna pomocí trubky na testovaný vzorek. Nesmí způsobit na zkušebním tělese hlubší deformaci než 1 mm. Posouzení poničení povrchu kolem dopadu kuličky je identifikováno a číselně posouzeno podle číselných kódů.

#### **4.7.1.1 Popis zkušebního vzorku**

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry: 350 x 350 mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

Tloušťka materiálu 0,7 a 10 mm.

### **4.8 Metodika zjišťování odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276**

Metoda spočívá v broušení plochy povrchu dvěma válečky, na kterých jsou přidělané brusné papíry, a následném stanovení koeficientu odolnosti proti oděru. Pro stanovení oděru povrchu se mezi sebou odečte hmotnost zkušebního tělesa před zkouškou m1 a hmotnost zkušebního tělesa po zkoušce m2, získané hodnoty nám vyjdou v gramech. U všech rozdílů hmotnosti spočítáme aritmetický průměr.

#### **4.8.1.1 Popis zkušebního vzorku**

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry: 10 x 100 x 100 mm, uprostřed je otvor o průměru 6,3 mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

### **4.9 Metodika zjištění odolnosti povrchu proti vodě podle ČSN 49 2120**

Metoda spočívá v zjištění odolnosti povrchu proti působení účinků vody po dobu 48 hodin bez vizuálních změn. Na povrchu o ploše 5 cm<sup>2</sup> se vytvoří z tvárné, vodou nepropustné hmoty ohrádka. Po celou zkušební dobu se voda nesmí dostat mimo sledovanou plochu ohrádky.

#### **4.9.1.1 Popis zkušebního vzorku**

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry: 350 x 350 mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

Tloušťka materiálu 0,7 a 10 mm.

#### **4.10 Metodika zjištění drsnosti povrchu podle ČSN 49 0211**

Drsností povrchu se měří jakost obráběného povrchu. Určuje se podle způsobu obrábění, vzhledu a hloubky stop po nástroji. Přístroj měří takzvaný skutečný povrch, jak skutečně povrch vypadá, klikatost a také, kterým směrem vedou rýhy, jak jsou hluboké, je také charakterizována chlupatostí, vytrháním a vlnkami způsobenými nástrojem, makroskopickou stavbou dřeva. Také se měří drsnost vyštípané dekorační vrstvy, vrtaných a případně dlabaných otvorů.

Drsnost se měří přístrojem SJ – 201 MITUTOYO. Princip měření spočívá v položení přístroje na povrch. Přístroj pomocí diamantového snímacího hrotu změří povrch materiálu. Přístroj nám vyhodnotí střední aritmetickou odchylku posuzovaného profilu Ra, největší výšku nerovnosti povrchu Rz a průměrnou kvadratickou odchylku profilu Rq.

##### **4.10.1.1 Popis zkušební vzorku**

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry: 350 x 350 mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

Tloušťka materiálu 0,7 a 10 mm.

#### **4.11 Metodika zjištění hustoty desek ze dřeva EN 323**

Metoda spočívá ve zjištění hustoty jako poměru hmotnosti zkušební tělesa k jeho objemu, obě měření se provádějí při stejné vlhkosti. Ze zkušebních vzorků, které jsou odebrány z desky, se vypočítá aritmetický průměr z hustot měřených vzorků. Hodnota je vyjádřena v kg/m<sup>3</sup> s přesností na 3 desetinná místa.

Vzorec hustoty:

$$p = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \cdot 10^6$$

Kde:  $m$  – je hmotnost zkušební tělesa

$b_1$  a  $b_2$  – se měří ve dvou bodech rovnoběžně s hranami zkušební tělesa s přesností na 0,1 mm.

$t$  – tloušťka se měří v bodě průsečíku úhlopříček s přesností na 0,05 mm.

#### 4.12 Metodika zjištění vlhkosti vzorku řeziva EN 13183 – 1

Metoda spočívá ve stanovení vlhkosti vzorku řeziva. Zvážené zkušební těleso se suší při teplotě ( $103 \pm 2$  °C). Sušení se provádí do té doby, dokud hmotnosti dvou po sobě následujících vážení v intervalu 2 h nejsou menší než 0,1 %.

Vlhkost se vypočítá ze vzorce:

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100$$

Kde:  $m_1$  – hmotnost zkušební tělesa před sušením v gramech

$m_0$  – hmotnost vysušeného zkušební tělesa v gramech

$w$  – vlhkost v procentech

výsledek se uvádí s přesností na 0,1 %

#### 4.13 Metodika zjištění bobtnání po uložení ve vodě ČSN 49 0166

Metoda spočívá ve stanovení bobtnání plošně nebo výtlačně lisovaných třískových desek. Bobtnání se stanoví měřením přírůstkem zkušebních těles po úplném ponoření do vody. Zkušební tělesa se ponoří svisle do čisté, klidné vody s pH ( $7 \pm 1$ ) a teplotou ( $20 \pm 1$ ) °C. Tato teplota se udržuje po celou dobu zkoušky. Během zkoušky musí být zkušební tělesa oddělena od sebe, a také oddělena ode dna a stěn vodní lázně. Horní boky musí být 25 mm pod hladinou vody po celou dobu zkoušky. Po každé zkoušce se voda vymění.

Doba ponoření musí odpovídat normám pro jednotlivé typy desek. Zkušební tělesa musí být klimatizována do konstantní hmotnosti při střední relativní vlhkosti vzduchu  $(65 \pm 5) \%$  a teplotě  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Konstantní hmotnosti je dosaženo, jestliže výsledky dvou po sobě následujících vážení vykonaných v intervalu 24 h se neliší více než o 0,1 % hmotnosti zkušebního tělesa.

Bobtnání se vypočítá podle vzorce

$$G_1 = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100$$

Kde:  $t_1$  – tloušťka zkušebního tělesa před ponořením, v milimetrech

$t_2$  – tloušťka zkušebního tělesa po ponoření, v milimetrech

Bobtnání desky je aritmetický průměr výsledků všech zkušebních těles odebraných z desek a vyjádřených v procentech na jedno desetinné místo.

#### **4.13.1.1 Popis zkušebního vzorku**

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry:  $50 \pm 1 \times 50 \pm 1$  mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

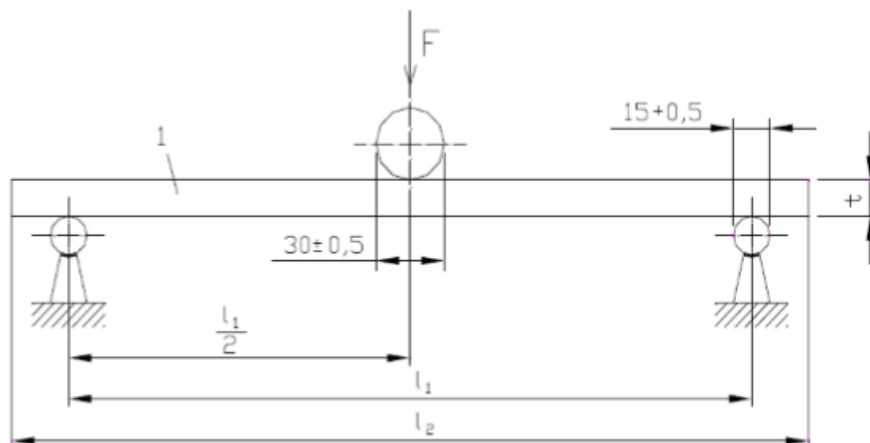
Tloušťka materiálu 0,7 a 10 mm.

### **4.14 Metodika stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu**

#### **ČSN EN 310**

Metoda spočívá ve stanovení modulu pružnosti v ohybu. Pevnost ohybu se stanoví zatížením zkušebního tělesa v jeho středu, uloženého na dvou podporách. Modul pružnosti se vypočítá z lineární části zatěžovací křivky. Ohybová pevnost každého zkušebního tělesa se vypočítá stanovením poměru ohybového momentu  $M$  při maximálním zatížení  $F_m$  k momentu jeho celého průřezu.

Pro měření ohybu je potřeba přístroj nastavit podle EN 325, vhodný je měřit průhyb tělesa ve středu rozpětí s přesností na 0,1 mm a použít vhodný zatěžovací měřicí systém pro měření zatížení zkušebního tělesa s přesností na 1% z naměřené hodnoty.



Obr. 34 Způsob uspořádání tělesa a přípravku pro ohybovou zkoušku.

1 – zkušební těleso, F – zatížení, t – tloušťka zkušebního tělesa,  $l_1 = 20 * t$ ,  
 $l_2 = l_1 \pm 50$

#### 4.14.1 Vyjádření výsledků – modul pružnosti

$$E_m = \frac{l_t^3 (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 (a_2 - a_1)} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$l_t$  – vzdálenost středů podpěr v mm

b – šířka zkušebního tělesa v mm

t – tloušťka zkušebního tělesa v mm

$F_2 - F_1$  – přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky v N,  $F_1$  – musí být přibližně 10 % a  $F_2$  – přibližně 40 % z maximálního zatížení

$a_2 - a_1$  – přírůstek průhybu ve středu délky zkušebního vzorku

Modul pružnosti v ohybu musí být pro každé zkušební těleso vyjádřen na tři platné číslice.

#### 4.14.2 Vyjádření výsledků – pevnost v ohybu

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

##### 4.14.2.1 Popis zkušebního vzorku

Dílec: kompozitní materiál

Rozměry: těleso musí být pravouhlé

šířka b musí být  $(50 \pm 1)$  mm

délka l musí být dvacetinásobkem jmenovité tloušťky plus 50 mm

Materiál: PMMA (akrylát) s dřevěnými plošnými lístkovými třískami.

Tloušťka materiálu je 0,7 a 10 mm.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti nárazu ČSN 49 2120

Po důkladném prozkoumání povrchu testované desky od padající ocelové kuličky, odpovídá poškozený povrch podle ČSN tabulky pro padající kuličku. Povrch nevykazuje žádné poškození ani popraskání, tudíž číslo odolnosti je 5, a to jak u dvouvrstvé tak i u trojvrstvé desky. Testovaný povrch velmi dobře vyhověl této zkoušce.

### 5.2 Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276

#### 5.2.1 Zjištěné výsledky odolnosti povrchu proti oděru podle ČSN 91 0276

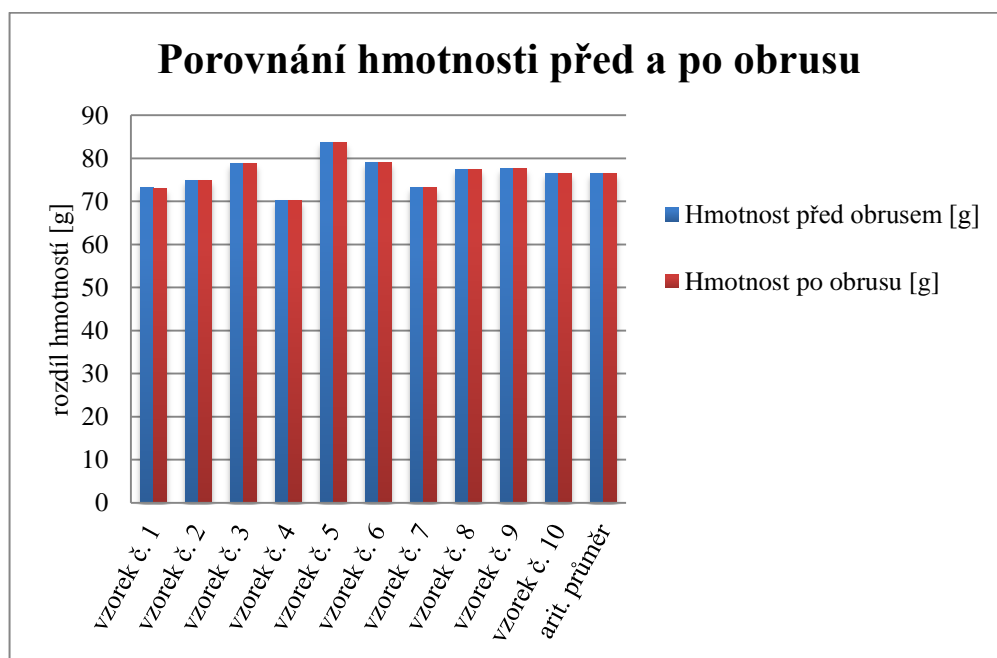
Tab. 3 Výsledky měření – zjišťování odolnosti povrchu akrylátotřískové desky.

Číslo vzorku	Počáteční hmotnost [g]	Konečná hmotnost [g]	Rozdíl hmotnosti [g]
1	73,127	73,074	0,053
2	74,785	74,743	0,042
3	78,722	78,683	0,039
4	70,185	70,148	0,037
5	83,712	83,678	0,034
6	79,078	79,050	0,028
7	73,309	73,271	0,038
8	77,472	77,432	0,040
9	77,609	77,569	0,040
10	76,506	76,470	0,036
Σ	764,505	764,118	0,387

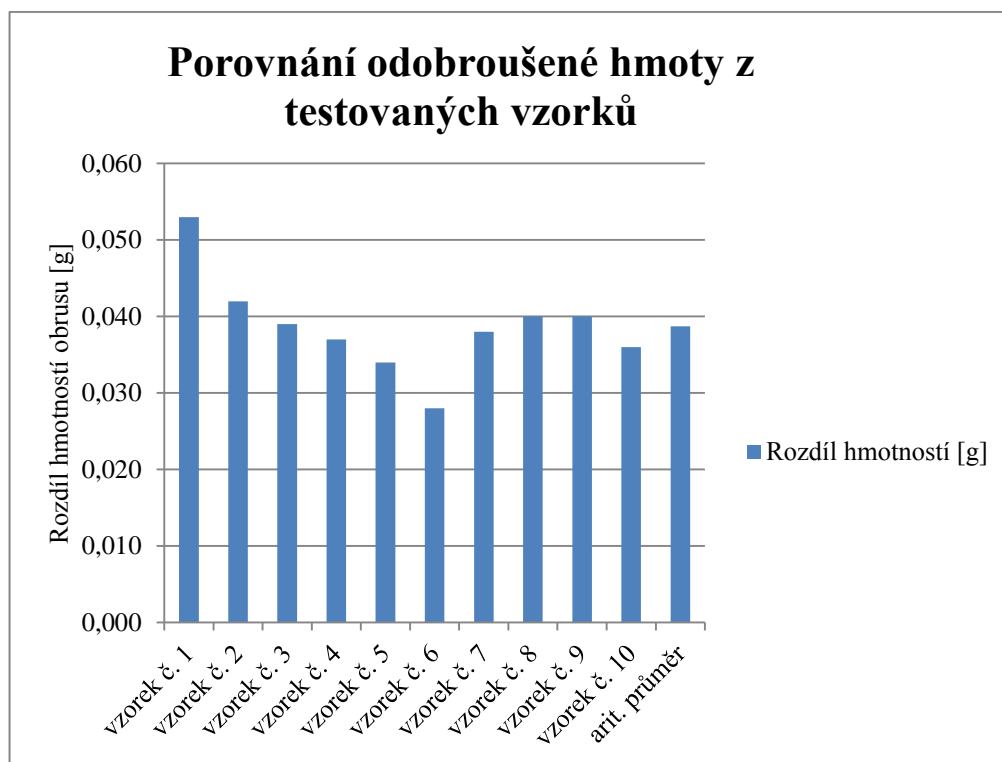


## 5.2.2 Vyhodnocení výsledků zkoušky odolnosti povrchu proti oděru dle ČSN 91 0276

Při porovnání hmotnosti zkušební vzorku před a po zkoušce na oděr je velmi malý až nepatrný rozdíl hmotností. Z toho vyplývá, že tento kompozitní materiál je velmi odolný vůči oděru. Po skončení zkoušky jsme povrch důkladně očistili. Zjistili jsme, že povrch desky nebyl ani moc poškrábán a poškozen. Na Obr. 36 si můžeme povšimnout, že obruš u vzorku č. 1 byl největší, mohlo to být způsobeno nejmenším opotřebením brusného papíru na zkušební stroji. Deska u této zkoušky odolnosti povrchu proti oděru velmi dobře vyhověla.



Obr. 35 Graf znázorňující vyhodnocení odolnosti povrchu proti oděru.



Obr. 36 Graf znázorňující množství odbroušeného materiálu z testovaných vzorků.

### 5.3 Výsledky a vyhodnocení odolnosti povrchu proti vodě podle ČSN 49 2120

Po důkladném prohlédnutí místa na povrchu desky, kde jsme nechali po dobu 48 hodin působit vodu a desinfekční mycí prostředek savo, se povrch vůbec nezměnil, ani nezneškodil. Touto zkouškou jsme si ověřili, že tento materiál je dobře omyvatelný a nevadí mu ani působení takto silného mycího prostředku jako je savo. Deska u této zkoušky odolnosti povrchu proti vodě velmi dobře vyhověla.

### 5.4 Výsledky a vyhodnocení drsnosti povrchu podle ČSN 49 0211

#### 5.4.1 Zjištěné výsledků drsnosti povrchu ČSN 49 0211

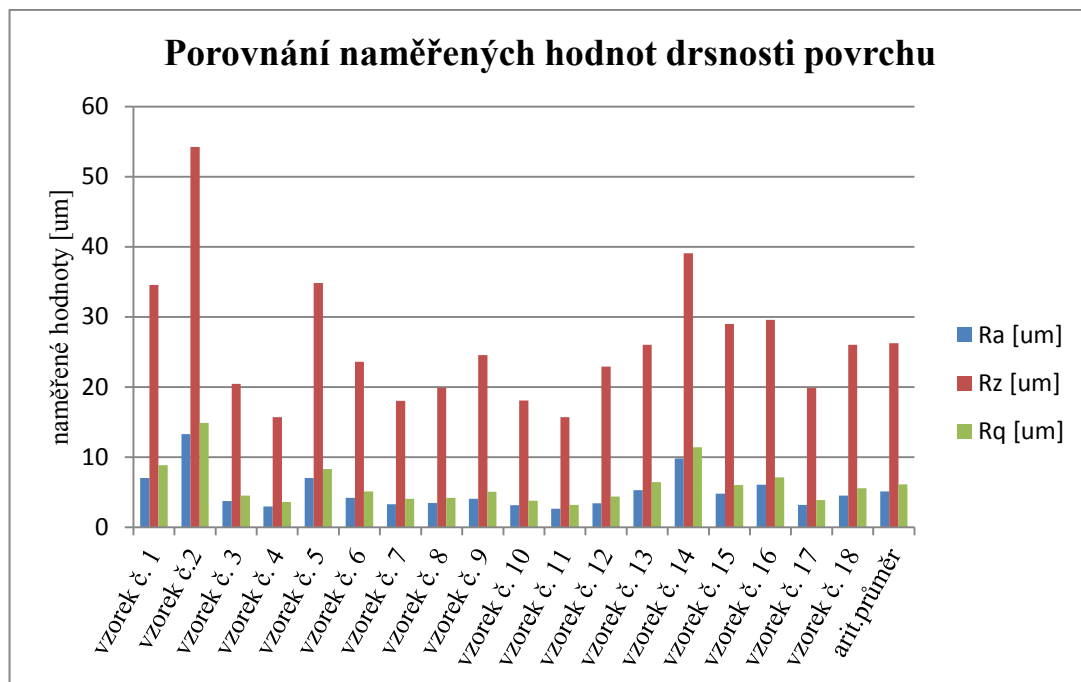
Tab. 4 Výsledky měření – naměřené hodnoty drsnosti povrchu Ra, Rz, Rq.

Číslo vzorku	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rq [ $\mu\text{m}$ ]
1	7,03	34,55	8,84
2	13,30	54,23	14,87

3	3,72	20,45	4,53
4	2,95	15,69	3,62
5	7,01	34,84	8,30
6	4,20	23,61	5,12
7	3,26	18,04	4,04
8	3,45	19,89	4,20
9	4,06	24,56	5,06
10	3,14	18,06	3,80
11	2,65	15,68	3,21
12	3,41	22,91	4,38
13	5,29	26,04	6,42
14	9,79	39,08	11,42
15	4,80	28,98	6,02
16	6,06	29,57	7,11
17	3,17	19,84	3,89
18	4,52	26,04	5,58
Aritmetický průměr	5,10	26,23	6,13

#### 5.4.2 Vyhodnocení výsledků drsnosti povrchu dle ČSN 49 0211

V tomto měření drsnosti povrchu si můžeme všimnout velké variability nerovnosti povrchu Rz. Nerovný povrch vznikl tím, že se mezi povrch desky a plech musí vkládat pečící papír, který se nám při lisování a působení tlaku otiskne na desku a vznikne nerovný povrch. Tento problém by se vyřešil, kdyby se pečící papír nahradil silikonovými fóliemi. Ra je střední hodnota vzdálenosti bodů x, y zjišťovaného profilu od střední čáry v délce měřeného úseku. Ra určuje reálný povrch testovaného povrchu mezi body x a y. Při porovnání všech měřených vzdáleností mezi x a y u jednotlivých vzorků je reálný povrch u všech podobný. Je to dáno moc malou vzdáleností, kterou stroj umí změřit. Rq nám určuje hodnoty pro výpočet velikosti prohlubně v místě měřeného úseku. Největší prohlubeň mají vzorky č. 2 a č. 14, může to být způsobeno špatným slitím akrylátového drceného skla při lisování.



Obr. 37 Graf znázorňující hodnoty Ra, Rz, Rq drsnosti povrchu.

## 5.5 Výsledky a vyhodnocení hustoty desek EN 323

### 5.5.1 Zjištěné výsledků hustoty desek EN 323

Tab. 5 Výsledky měření – naměřené hodnoty a spočítaná hustota před vysušením vzorků.

Číslo vzorku	Hmotnost před vysušením [g]	Šířka [mm]	Délka [mm]	Tloušťka [mm]	Hustota před vysušením [kg/m <sup>3</sup> ]
1	20,25	50,50	51,80	7,40	1046,098
2	20,80	51,70	50,40	7,40	1078,724
3	20,95	50,60	50,20	7,50	1099,686
4	20,15	50,30	50,50	7,56	1049,286
5	22,55	50,20	50,40	8,30	1073,827
6	22,40	50,40	51,60	8,18	1052,966
7	23,75	50,60	52,00	8,28	1090,133
8	22,35	50,40	50,00	8,46	1048,351
9	21,65	50,20	51,90	8,30	1001,172
10	22,80	50,00	50,40	8,43	1073,264
11	18,35	50,30	50,20	6,90	1053,211
12	18,90	50,20	50,80	6,88	1077,224
13	18,75	50,50	50,30	6,85	1077,585
14	19,00	51,80	50,60	6,97	1040,017
15	19,40	50,40	50,70	6,85	1108,339

16	19,20	51,00	50,40	6,80	1098,479
17	18,75	50,10	50,60	6,90	1071,924
18	19,15	50,30	51,50	7,05	1048,587
19	20,40	50,70	50,90	7,30	1082,883
20	20,70	50,50	50,60	7,42	1091,753
21	20,75	50,70	50,00	7,53	1087,039
22	20,75	50,70	50,10	7,25	1126,768
23	19,85	51,70	50,00	7,11	1080,016
24	27,40	50,00	51,80	10,51	1006,580
25	28,25	50,10	51,90	10,31	1053,792
Aritmetický průměr	21,09	50,56	50,78	7,70	1068,708

Tab. 6 Výsledky měření – naměřené hodnoty a spočítaná hustota po vysušení vzorků.

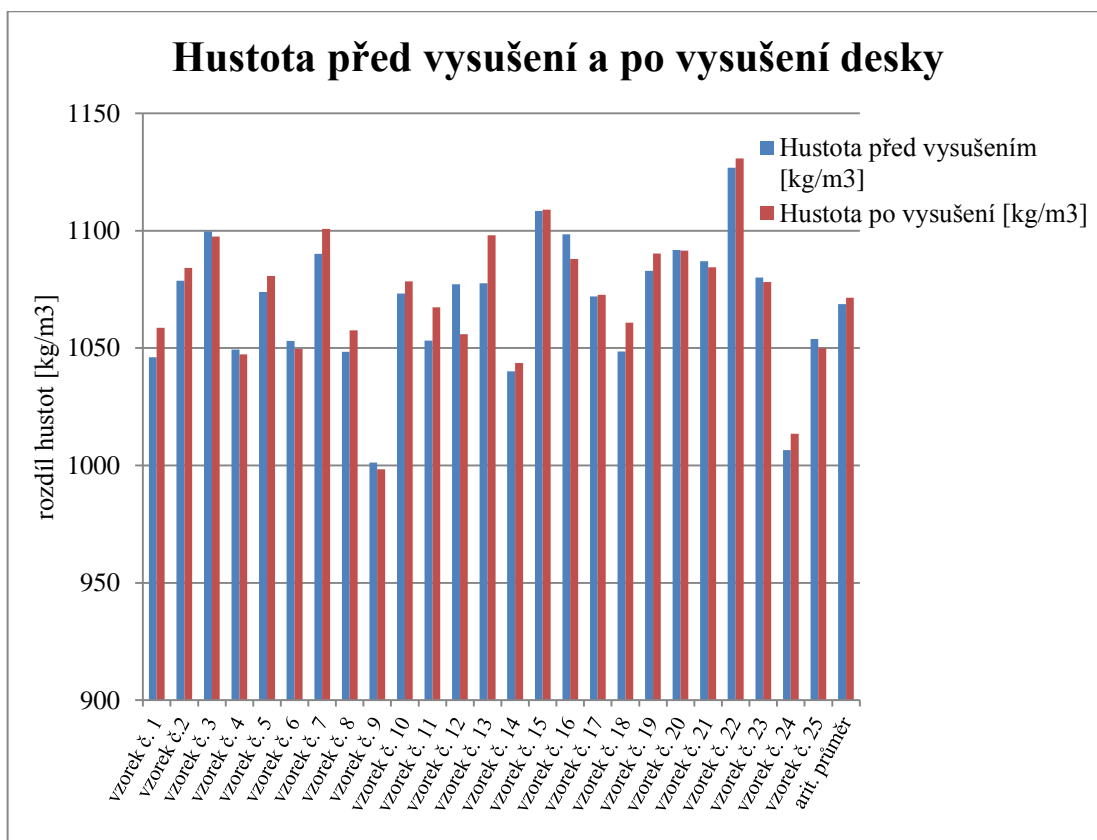
Číslo vzorku	Hmotnost po vysušení [g]	Šířka [mm]	Délka [mm]	Tloušťka [mm]	Hustota po vysušení [kg/m <sup>3</sup> ]
1	20,15	50,50	51,70	7,29	1058,682
2	20,70	51,33	50,27	7,40	1084,073
3	20,85	50,46	50,20	7,50	1097,473
4	20,00	50,24	50,48	7,53	1047,288
5	22,40	49,83	50,36	8,26	1080,666
6	22,20	50,33	51,50	8,16	1049,612
7	23,60	50,00	51,91	8,26	1100,806
8	22,15	50,27	49,96	8,34	1057,490
9	21,50	50,17	51,78	8,29	998,338
10	22,65	49,97	50,34	8,35	1078,349
11	18,20	50,16	49,27	6,90	1067,289
12	18,80	50,07	50,80	7,00	1055,890
13	18,65	50,13	49,90	6,79	1098,021
14	18,90	51,79	50,46	6,93	1043,603
15	19,25	50,23	50,45	6,85	1108,960
16	19,05	51,00	50,27	6,83	1087,916
17	18,65	50,00	50,54	6,88	1072,717
18	19,00	50,25	51,21	6,96	1060,849
19	20,25	50,31	50,57	7,30	1090,322
20	20,60	50,41	50,46	7,42	1091,439
21	20,60	50,60	49,99	7,51	1084,410
22	20,65	50,58	49,87	7,24	1130,741
23	19,75	51,53	50,00	7,11	1078,121
24	27,20	49,81	51,51	10,46	1013,513
25	28,10	50,06	51,86	10,31	1049,843
Aritmetický průměr	20,95	50,40	50,63	7,67	1071,456

### 5.5.2 Vyhodnocení výsledků hustoty dle EN 323

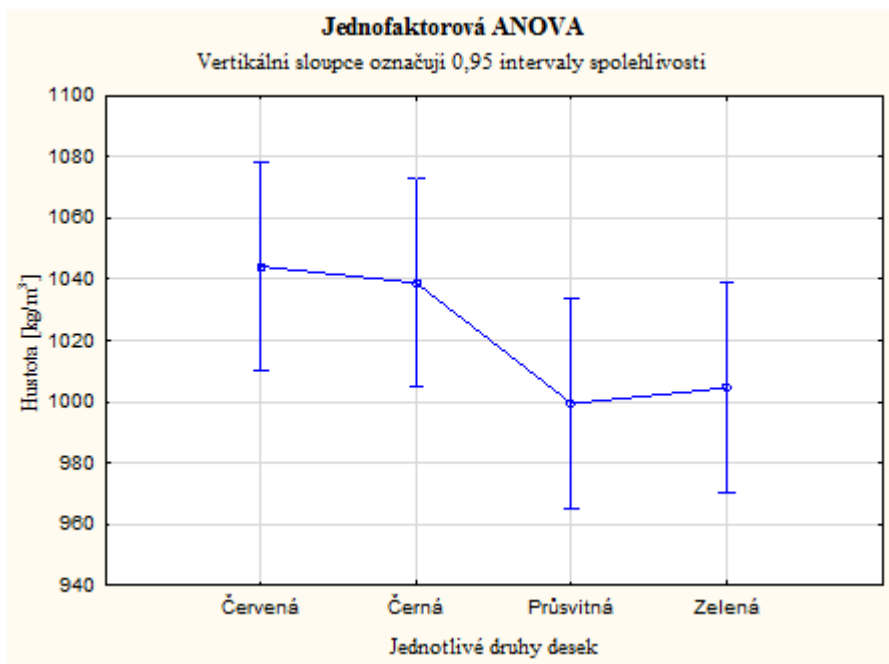
Z výsledku zkoušky je zřejmé, že hustoty jsou u každého testovaného vzorku velmi odlišné. Je to způsobeno nestejnou tloušťkou testovaných vzorků a nerovnostmi povrchu, které vznikly nedokonalým lisováním. Dále to může být způsobeno jiným množstvím výskytu třísek v jednotlivých zkušebních vzorcích. Při spočítání hustoty jsme zjistili, že tato deska je velmi těžká.

V Obr. 39 nejsou prokazatelné rozdíly ve středních hodnotách. Na první pohled si můžeme povšimnout, že třívrstvá červená a černá deska mají v podstatě shodnou hustotu a stejně je to i u dvouvrstevných desek.

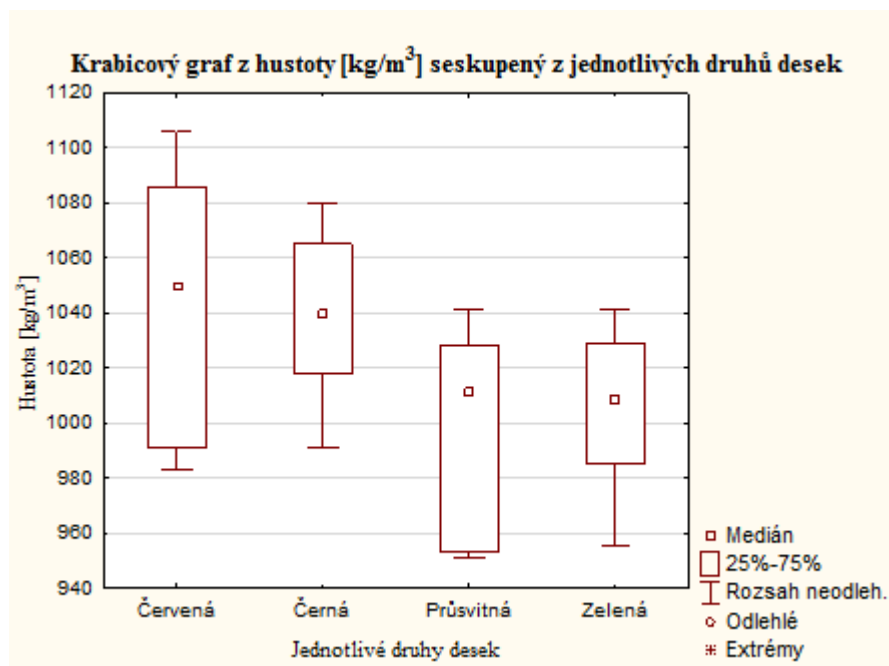
V Obr. 40 si můžeme všimnout, že černá a zelená deska má symetricky uspořádaný průběh dat. Opět se nám potvrdilo tvrzení, že vlastnost a tím i hustota jsou ovlivněny množstvím výskytu třísek. Dále můžeme vidět, že se hustota odvíjí od tloušťky a kvalitním zalisováním při výrobě desek.



Obr. 38 Graf znázorňující hustoty před a po vysušení testovaných vzorků.



Obr. 39 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU hustoty při ohybu jednotlivých desek.



Obr. 40 Krabicový graf znázorňující hustotu při ohybu jednotlivých druhů desek.

## 5.6 Výsledky a vyhodnocení vlhkosti desek EN 13183 – 1

### 5.6.1 Zjištěné výsledky vlhkosti vzorku dle EN 13183 – 1

Tab. 7 Výsledky měření – zjišťování vlhkosti akrylátotřískové desky.

Číslo vzorku	Hmotnost před vysušením [g]	Hmotnost po vysušení [g]	Vlhkost vzorku [%]
1	20,30	20,15	0,7
2	20,80	20,70	0,5
3	20,95	20,85	0,5
4	20,15	20,00	0,7
5	22,55	22,40	0,7
6	22,35	22,20	0,7
7	23,75	23,60	0,6
8	22,35	22,15	0,9
9	21,65	21,50	0,7
10	22,80	22,65	0,7
11	18,30	18,20	0,5
12	18,90	18,80	0,5
13	18,75	18,65	0,5
14	18,95	18,90	0,3
15	19,35	19,25	0,5
16	19,20	19,05	0,8
17	18,75	18,65	0,5
18	19,10	19,00	0,5
19	20,40	20,25	0,7
20	20,70	20,60	0,5
21	20,75	20,60	0,7
22	20,70	20,65	0,2
23	19,85	19,75	0,5
24	27,40	27,20	0,7
25	28,30	28,10	0,7
Aritmetický průměr	21,08	20,95	0,6

### 5.6.2 Vyhodnocení výsledků vlhkosti vzorku dle EN 13183 – 1

Jak už jsem uváděl u hustoty, z výsledku zkoušky je patrné, že vlhkost je u každého testovaného vzorku velmi odlišná. Je to způsobeno nestejnou tloušťkou testovaných vzorků a nerovnostmi povrchu, které vznikly nedokonalým lisováním. Dále to je způsobeno jiným množstvím výskytu třísek v každém jednotlivém zkušebním vzorku. Dřevo přijímá mnoho vlhkosti už jen z ovzduší, a to se nám prokázalo u testování. Testovaný vzorek s výskytem více třísek má větší vlhkost než vzorek, který ve svém obsahu tolik třísek nemá. Při pohledu na velikosti naměřených hodnot vlhkostí jsou



oproti jiným kompozitním materiálům velmi malé. Je to dáno tím, že jsou dřevěné třísky chráněny před vniknutím vody k jejich povrchu.



Obr. 41 Graf znázorňující vyhodnocení vlhkosti akrylátotřískové desky.

## 5.7 Výsledky a vyhodnocení bobtnání desek po uložení ve vodě ČSN 49 0166

### 5.7.1 Zjištěné výsledky bobtnání vzorku dle ČSN 49 0166

Tab. 8 Výsledky měření – zjišťování bobtnání akrylátotřískové desky.

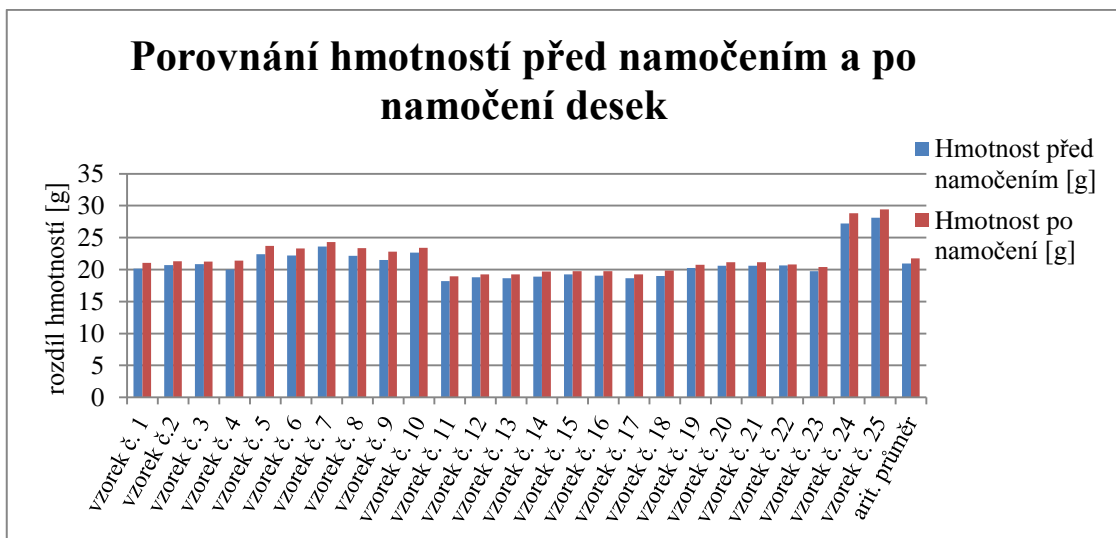
Číslo vzorku	Tloušťka před ponořením [mm]	Tloušťka po ponoření [mm]	Hmotnost před namočením [g]	Hmotnost po namočení [g]	Bobtnání vzorku [%]
1	7,29	7,43	20,15	21,05	1,92
2	7,40	7,42	20,70	21,30	0,27
3	7,50	7,61	20,85	21,25	1,47
4	7,53	7,70	20,00	21,40	2,26
5	8,26	8,43	22,40	23,70	2,06
6	8,16	8,53	22,20	23,30	4,53
7	8,26	8,27	23,60	24,30	0,12
8	8,34	8,35	22,15	23,35	0,12
9	8,29	8,33	21,50	22,80	0,48

10	8,35	8,43	22,65	23,40	0,96
11	6,90	6,95	18,20	18,95	0,72
12	7,00	7,05	18,80	19,25	0,71
13	6,79	6,86	18,65	19,25	1,03
14	6,93	7,00	18,90	19,70	1,01
15	6,85	6,88	19,25	19,75	0,44
16	6,83	6,86	19,05	19,75	0,44
17	6,88	6,92	18,65	19,25	0,58
18	6,96	6,98	19,00	19,85	0,29
19	7,30	7,36	20,25	20,75	0,82
20	7,42	7,43	20,60	21,15	0,13
21	7,51	7,52	20,60	21,15	0,13
22	7,24	7,25	20,65	20,80	0,14
23	7,11	7,21	19,75	20,40	1,41
24	10,46	10,64	27,20	28,80	1,72
25	10,31	10,38	28,10	29,40	0,68
Aritmetický průměr	7,67	7,75	20,95	21,76	0,98

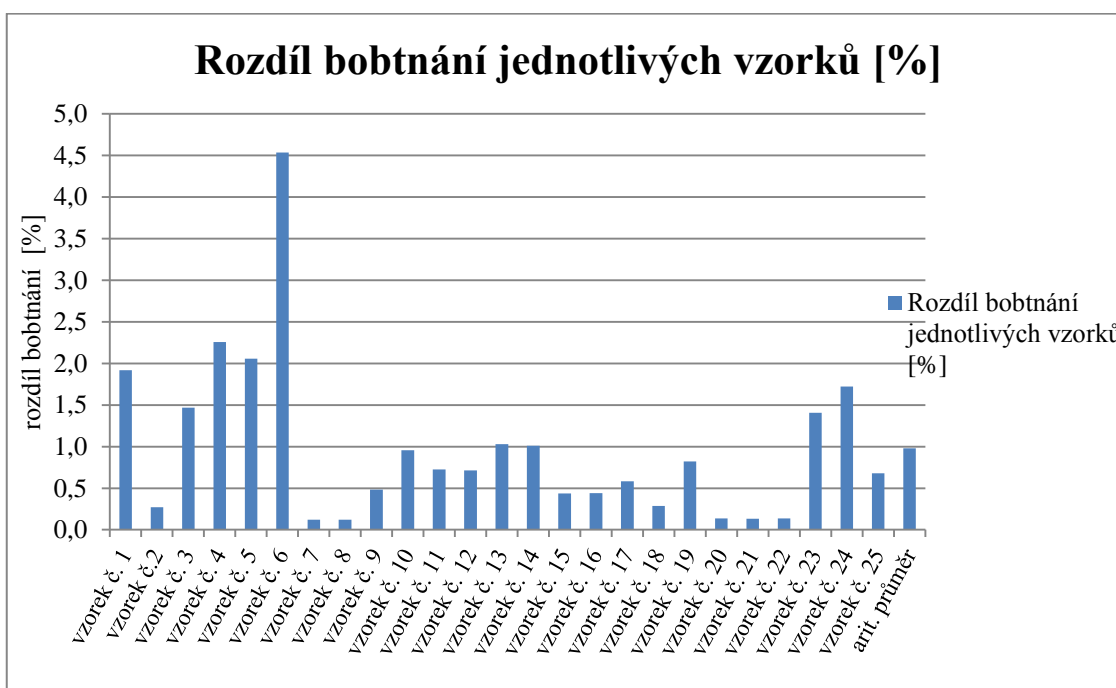
### 5.7.2 Vyhodnocení výsledků bobtnání vzorku dle ČSN 49 0166

Při porovnání hmotností před namočením a po namočení vzorků jsme zjistili, že rozdíl nabobtnání od nenabobtnalého vzorku není tak razantní. Ve vzorcích bobtnají pouze dřevěné třísky. Důvodem, proč se ke třískám dostala voda a způsobila nabobtnání je, že celistvá deska byla nařezána, a tak vzniklo narušení celistvosti a ochrana třísek polymethylmetakrylátem, proto ke třískám mohla voda a způsobila nabobtnání.

Na obrázku č. 41 si můžeme povšimnout, že bobtnání jednotlivých vzorků je velmi odlišné a variabilní. Odlišné bobtnání je způsobeno množstvím třísek obsažených v jednotlivých zkušebních vzorcích, čím více vzorek obsahuje dřevěných třísek, tím více nabobtnal.



Obr. 42 Graf znázorňující porovnání hmotností před namočením a po namočení akrylátotřískové desky.



Obr. 43 Graf znázorňující porovnání bobtnání jednotlivých vzorků akrylátotřískové desky.

## 5.8 Výsledky a vyhodnocení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu ČSN EN 310

### 5.8.1 Zjištěné výsledky modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310

Tab. 9 Výsledky měření jednotlivých desek na modul pružnosti a pevnosti v ohybu.

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Délka [mm]	Síla [N]	Pevnost v ohybu MOR [Mpa]	Modul pružnosti MOE [Mpa]	Hmotnost [g]
červená d. 1	10,78	50,22	250	737,1	45,47	5766,71	134,166
červená d. 2	10,82	50,39	250	646,3	39,44	5226,96	138,86
červená d. 3	10,66	49,89	250	823	52,26	5400,03	143,658
červená d. 4	11,35	50,11	250	697,1	38,88	4265,6	139,779
červená d. 5	10,69	50,21	250	662,2	41,55	5645,62	145,706
červená d. 6	10,59	50,25	250	637,2	40,71	5715,60	147,182
černá d. 1	8,45	50,25	210	350,4	35,15	9065,76	92,381
černá d. 2	9,62	50,34	210	221,5	17,11	6027,52	90,312
černá d. 3	8,38	50,2	210	671,7	68,59	9728,52	95,406
černá d. 4	8,54	50,31	210	671,3	65,86	9237,74	94,128
černá d. 5	8,37	50,32	210	141	14,4	7915,64	90,006
černá d. 6	8,43	50,33	210	332,5	33,47	9289,72	94,913
průsvitná d. 1	7,75	49,77	210	324,4	39,07	8708,05	76,996
průsvitná d. 2	7,5	50,2	210	506,6	64,58	10878,76	82,315
průsvitná d. 3	7,63	49,62	210	554,8	69,15	10156,83	81,725
průsvitná d. 4	7,73	49,77	210	437,1	52,91	9520,12	82,911
průsvitná d. 5	7,48	49,92	210	452,3	58,29	9356,61	74,737
průsvitná d. 6	7,64	50,13	210	194,9	23,97	9600,18	80,172
zelená d. 1	7,35	50,32	210	111,3	14,73	8010,96	74,159
zelená d. 2	7,35	50,23	210	561,5	74,49	10796,76	79,754
zelená d. 3	7,22	50,14	210	169,2	23,31	8505,40	77,917
zelená d. 4	7,32	50,06	210	561,8	75,39	10508,99	80,129
zelená d. 5	7,26	50,26	210	441,5	60	10700,56	76,031
zelená d. 6	7,16	50,2	210	440,5	61,62	10382,45	74,351

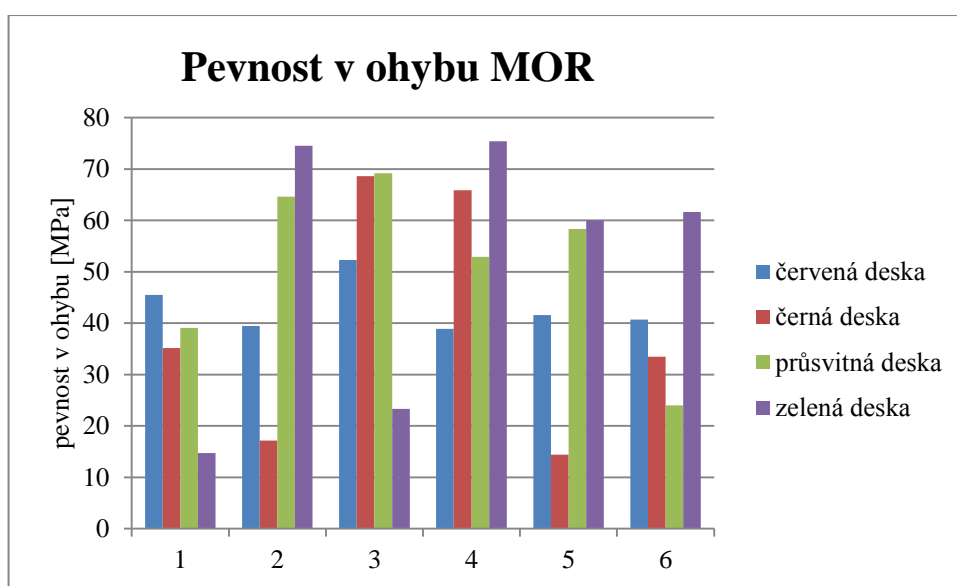
### 5.8.2 Vyhodnocení výsledků pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310

Jako u většiny předešlých zkoušek, vlastnosti ovlivňují dřevěné třísky vyskytující se v testovaných vzorcích, tak i v ohybu dřevěné třísky ovlivňují pevnost jednotlivých vzorků. Při srovnání pevností červené desky si můžeme povšimnout srovnatelných hodnot. V desce jsou dvě krajní vrstvy třísek orientovány v podélném směru, ty zajišťují přibližně stejné vlastnosti. Při srovnání všech pevností v ohybu, nejmenší pevnost má černá deska, která má dvě povrchové vrstvy orientované v příčném a jednu středovou vrstvu v podélném směru. Dvouvrstvé desky mají větší pevnost z důvodu menšího

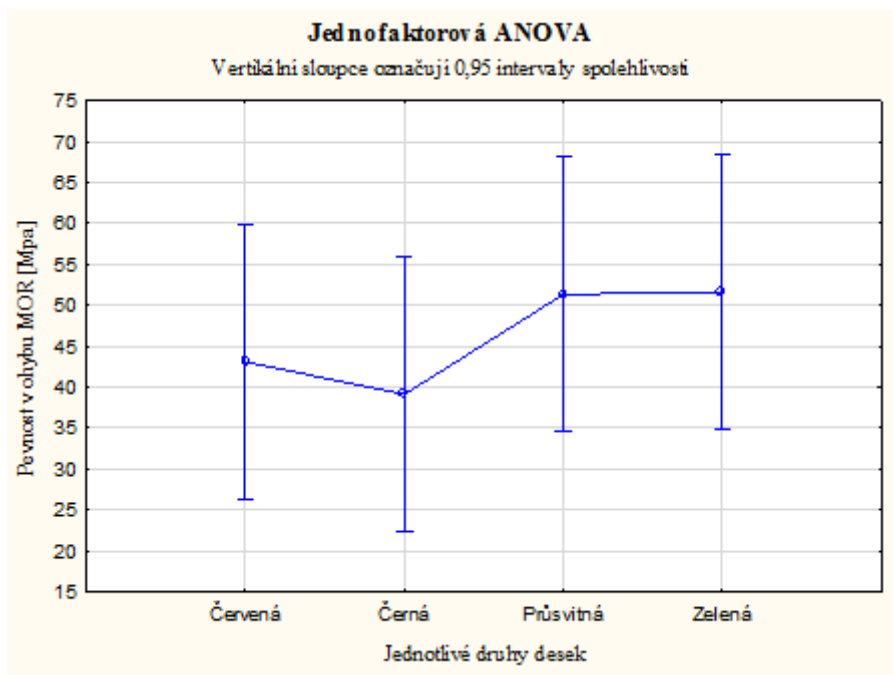
výskytu třísek. Z toho vyplývá, že čím méně má deska ve svém obsahu třísek, tím víc je pevnější.

Na Obr. 45 je znatelné, že střední hodnoty jsou neprokazatelné, můžeme je považovat za shodné. V této zkoušce jsme si potvrdili, že nejmenší pevnost v ohybu má černá deska. Průsvitná a zelená deska s dvěma vrstvami třísek mají větší a vzájemně srovnatelnou pevnost v ohybu z důvodu menšího výskytu třísek.

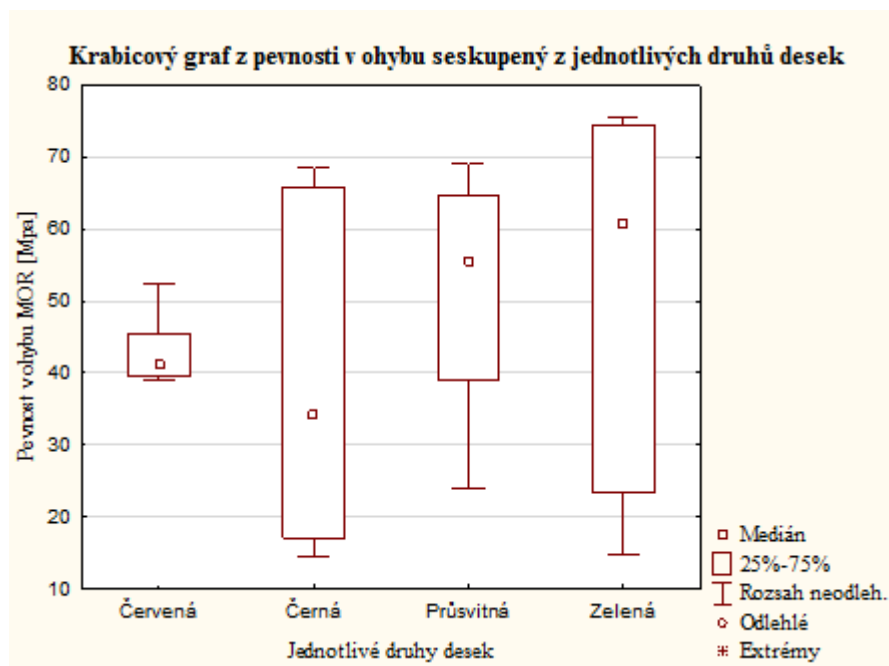
Na Obr. 46 si můžeme na první pohled všimnout, že se nevyskytují žádné odlehlé ani extrémní body. Vnitřní kvartil u černé, průsvitné a zelené desky je velmi velký, data neodpovídají klasickému modelu, objevují se malé a velké hodnoty. Červená deska má menší variabilitu dat, to znamená, že data jsou více shodná než u ostatních desek. Velká variabilita dat je způsobena odlišným množstvím vyskytujících se třísek v průřezu testovaných vzorků.



Obr. 44 Graf znázorňující porovnání pevnosti v ohybu čtyř desek.



Obr. 45 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU pevnosti v ohybu.



Obr. 46 Krabicový graf znázorňující pevnost v ohybu jednotlivých druhů desek.

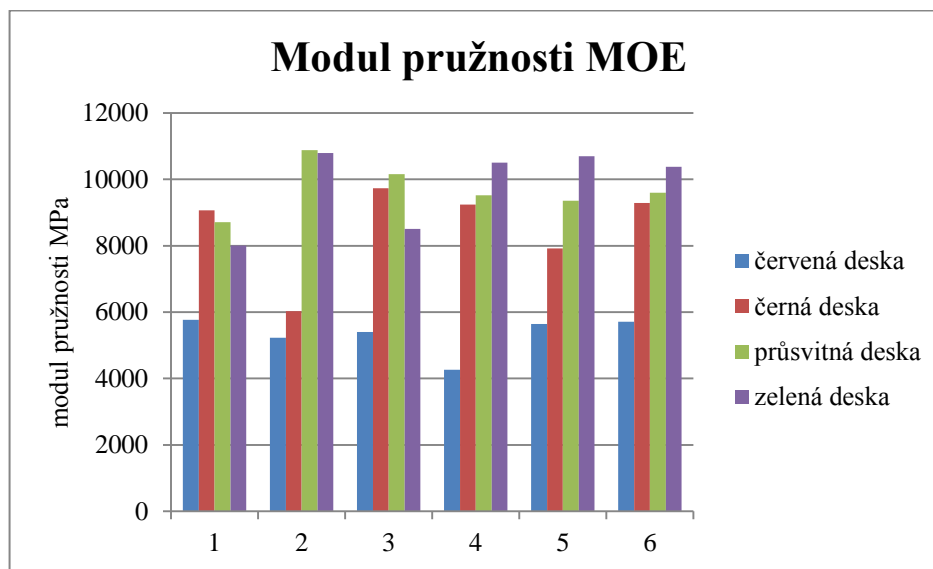
### 5.8.3 Vyhodnocení výsledků modulu pružnosti dle ČSN EN 310

Při pohledu na modul pružnosti všech čtyř desek si můžeme všimnout nejmenší pružnosti u červené desky. Je to z důvodu, že dřevěné třísky uložené podélně brání velkému průhybu. Jako druhá má nejmenší průhyb černá deska, ve které třísky

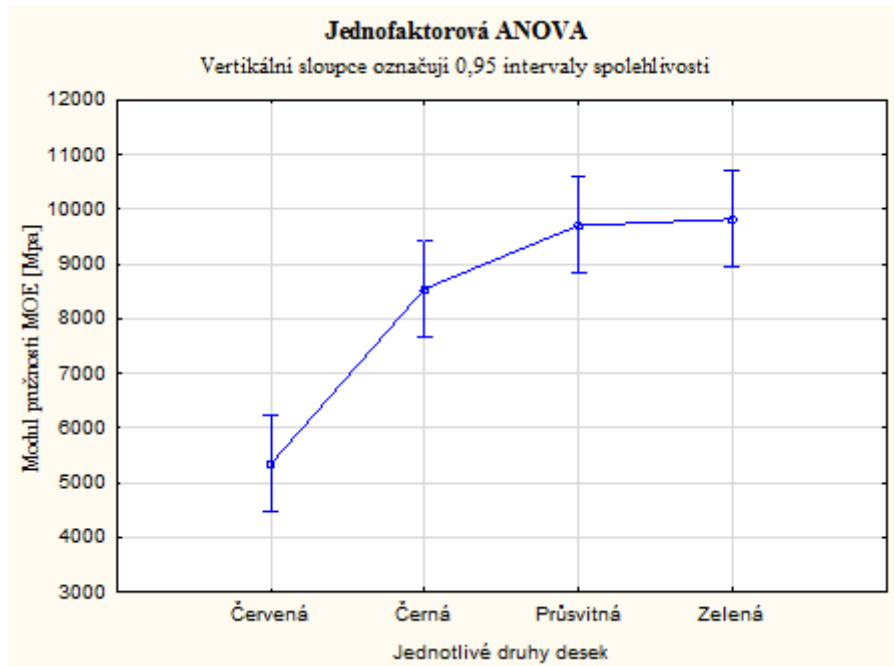
orientované napříč tolik nebrání průhybu jako u červené desky. Průsvitná a zelená deska mají modul pružnosti srovnatelný.

V Obr. 48 si můžeme všimnout, že červená deska se s žádnou jinou deskou nepřekrývá, to vede k závěru, že je statisticky významně odlišná od ostatních. Nejvíce se v modulu pružnosti podobají průsvitná a zelená deska. Důvodem je, že obě mají dvě vrstvy třísek. Černá deska s třískami v příčném směru se blíží svými hodnotami dvouvrstvým deskám.

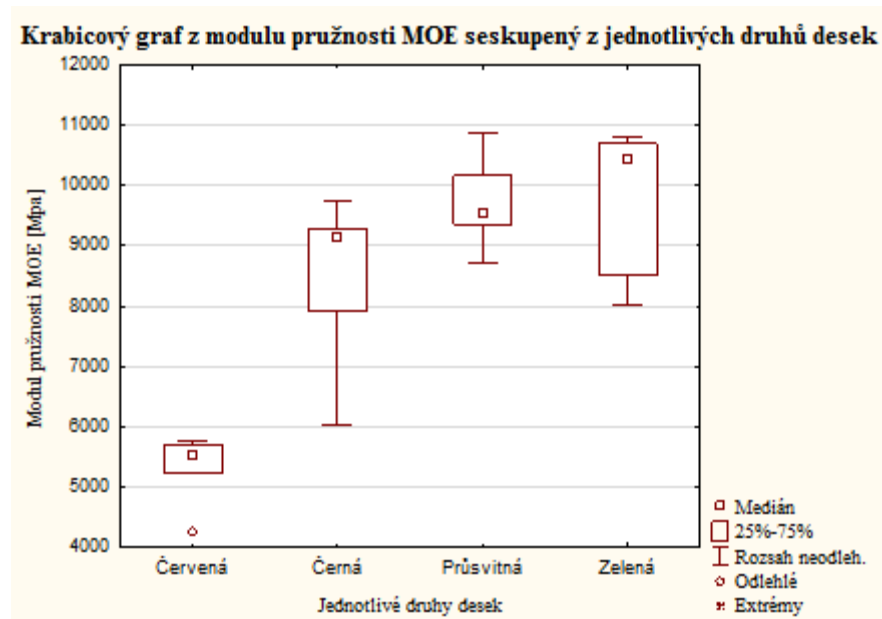
V Obr. 49 jsou na první pohled data velmi neobvykle rozložena. Žádná deska nevykazuje žádné extrémní body. U červené desky se vyskytuje odlehlý bod, může to být způsobeno nepřesným měřením. Dále červená deska vykazuje mnoho stejných dat v horním kvartilu. Průsvitná a zelená deska mají podobný rozsah dat v modulu pružnosti s menšími odlišnostmi. Při srovnání třívrstvé červené a černé desky je znatelná velká odlišnost v modulu pružnosti, je to z důvodu orientace třísek v deskách, červená má třísky v podélném směru a černá deska ve směru příčném.



Obr. 47 Graf znázorňující porovnání modulu pružnosti čtyř desek.



Obr. 48 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU modulu pružnosti.



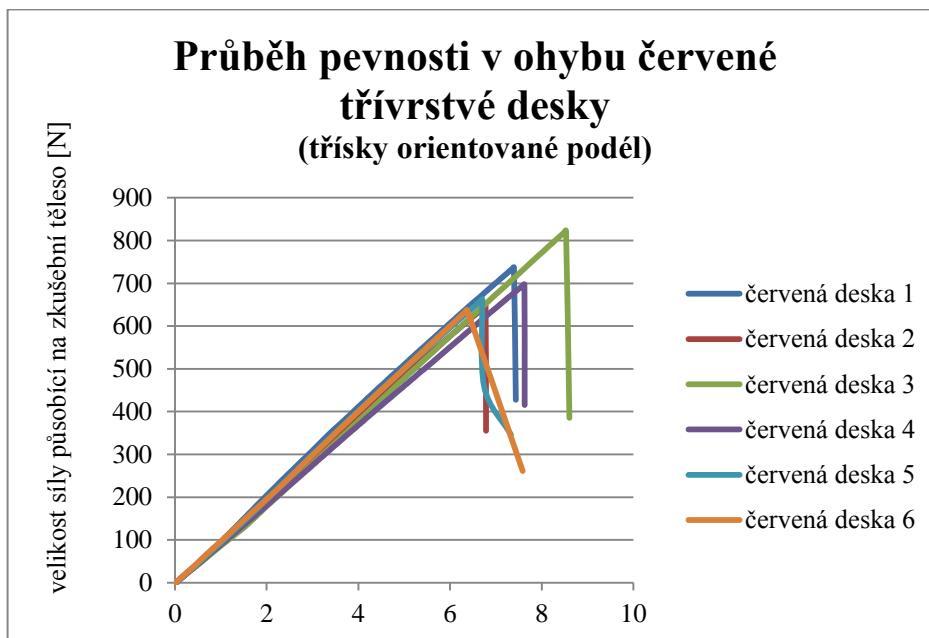
Obr. 49 Krabicový graf znázorňující modul pružnosti jednotlivých druhů desek.

#### 5.8.4 Vyhodnocení výsledků průběhu pevnosti v ohybu při zatížení dle ČSN EN 310

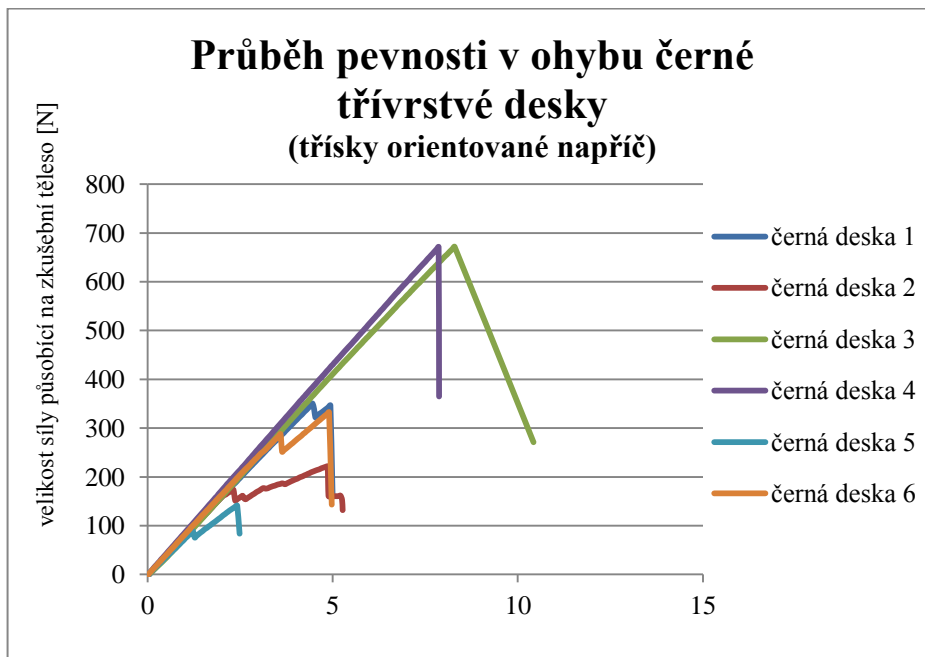
Zde si můžeme prohlédnout průběh pevností v ohybu jednotlivých vzorků vyřezaných ze stejné akrylátotřískové desky. Pokud porovnáme pevnost desek s třískami orientovanými podélně a s třískami orientovanými napříč, musí být u desky



s třískami v podélném směru vynaložená větší síla. U černé desky s třískami orientovanými napříč se vyskytuje větší plasticita při zatížení. U červené desky není žádná plasticita, když je překročena mez pevnosti, deska náhle praskne.

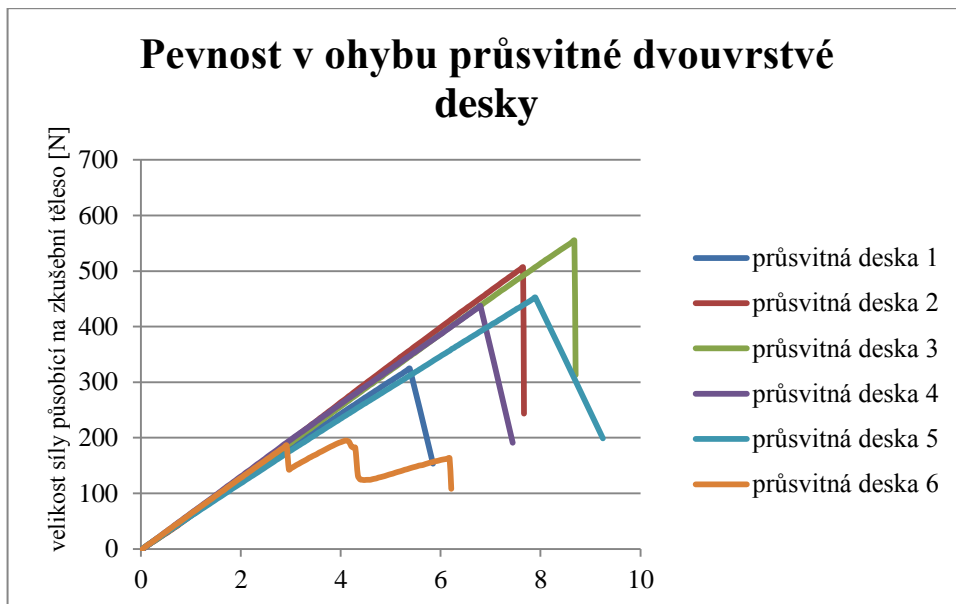


Obr. 50 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles červené desky.

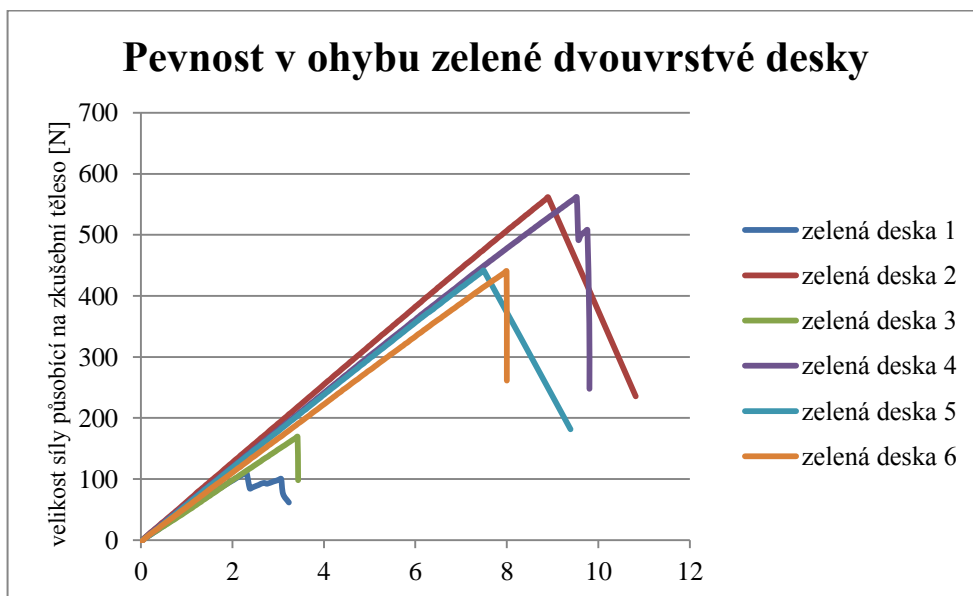


Obr. 51 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles černé desky.

Při porovnání průběhu ohybu při zatížení dvouvrstvých desek jsou velikosti zatížení dost srovnatelný a objevuje se i plasticita.



Obr. 52 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles z průsvitné desky.



Obr. 53 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles ze zelené desky.

## 5.9 Stanovení ceny akrylátotřískové desky

Cenu jsme stanovili z množství použitých materiálů a hodinové sazby za lisování + navrstvení desky.

Tab. 10 Stanovení ceny akrylátotřískové desky za m<sup>2</sup>.

Stanovení ceny akrylátotřískové desky		
Stanovení ceny lístkových třísek	Suma	Jednotka
Cena jehličnaté kulatiny používané na vláknu	1059	kg/m <sup>3</sup>
Cena listnaté kulatiny používané na vláknu	1233	kg/m <sup>3</sup>
Výtěžnost	100	%
93 % jehličnaté kulatiny z celkového množství	984,87	kg/m <sup>3</sup>
7 % listnaté kulatiny z celkového množství	86,31	kg/m <sup>3</sup>
<b>Celková cena za kulatiny na vláknu</b>	<b>1071,18</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
Podíl prachu 6 % z celkové ceny	64,27	kg/m <sup>3</sup>
Podíl menších částic 22 % z celkové ceny	235,66	kg/m <sup>3</sup>
Podíl jehlicových třísek 35 % z celkové ceny	374,91	kg/m <sup>3</sup>
Podíl lístkových třísek 37 % z celkové ceny	396,34	kg/m <sup>3</sup>
Výroba třísek 60 %	642,71	kg/m <sup>3</sup>
<b>Celková cena za lístkové třísky</b>	<b>1039,04</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
Stanovení ceny akrylátotřískové desky		
Cena čiré akrylátové drtě	115	Kč/kg
Cena akrylátu za 350 x 350 x 10 mm s množstvím 1,3 kg	149,5	Kč
Cena akrylátu za 1 m <sup>3</sup>	122 041	Kč
Celková cena za lístkové třísky	1039,04	kg/m <sup>3</sup>
Cena za hodinové lisování a navrstvení desky	80 000	Kč/h
Celková cena desky za 1 m <sup>3</sup>	203 080	kg/m <sup>3</sup>
<b>Celková cena desky za 1 m<sup>2</sup> s tloušťkou 10 mm</b>	<b>2030,80</b>	<b>Kč/m<sup>2</sup></b>
Stanovení ceny akrylátotřískové desky při podrcení akrylátu svépomocí - 25 %		
Cena čiré akrylátové drtě	86,25	Kč/kg
Cena akrylátu za 350 x 350 x 10 mm s množstvím 1,3 kg	111,80	Kč
Cena akrylátu za 1 m <sup>3</sup>	91 265	Kč
Celková cena za lístkové třísky	1039,04	kg/m <sup>3</sup>
Cena za hodinové lisování a navrstvení desky	80 000	Kč/h
Celková cena desky za 1 m <sup>3</sup>	172 304	kg/m <sup>3</sup>
<b>Celková cena desky za 1 m<sup>2</sup> s tloušťkou 10 mm</b>	<b>1723,04</b>	<b>Kč/m<sup>2</sup></b>

## 6 DISKUSE

Při výzkumu jsme chtěli vylisovat desku, která by měla dobré fyzikální a mechanické vlastnosti. Po výzkumu a nalezení nejvhodnějšího postupu výroby jsme vylisovali akrylátotřískovou desku, která má velmi vysokou hustotu. Nejvíce použitelná deska do praxe je třívrstvá deska, jelikož po vylisování si zanechá svůj rovinný tvar a nekrouťí se.

Při výrobě našeho kompozitního materiálu jsme používali drcený akrylát, který jsme vrstvěli mezi plošné třísky.

Druhá nevyzkoušená varianta by mohla vzniknout s celými tenkými plošnými akrylátovými deskami. Místo drtě by se položila tenká akrylátová deska, na ní by se navrstvily plošné třísky. Na třísky by se položila další deska. Třísky by byly opět navrstvené kolmo na první vrstvu třísek, nebo poskládány do jiného obrazce.

Muselo by se vyzkoušet, jestli by se desky za pomoci teploty a tlaku lisu spojily v jeden jednotný materiál a kolik vrstev by se takto dalo navrstvit.

Dřevěné třísky by se mohly různými variantami upravovat, a tak bychom získali jiné pohledové vlastnosti průsvitné kompozitní desky.

Třísky bychom mohli probarvovat, museli bychom volit takové barvy, které odolávají vyšším teplotám okolo 160 °C, což je potřebná teplota na slisování akrylátu s třískami do jednoho celistvého materiálu.

Dalším způsobem úpravy třísek by mohlo být naopak třísky co nejvíce vybělit. Získal by se ještě více průsvitný materiál s dřevěným dekorem.

Akrylát by se mohl slisovat se spousty materiály a vytvořit více designových variant. Jedna varianta, která by se dala použít, je smíchání akrylátové drtě s celulózou. Materiály by musely být takové, aby byla zachovaná původní myšlenka - spojení přírodního materiálu a plastové hmoty pro vytvoření transparentnosti. Zároveň by materiály měly zajistit dobré vzhledové, fyzikální a mechanické vlastnosti desky.

Celkovou cenu akrylátořískové desky jsme stanovili z cen použitých materiálů, které tvoří desku a cenu za lisování a vrstvení. Cena desky o tloušťce 10 mm byla stanovena na 2030,80 Kč/m<sup>2</sup>. Samotný akrylát je velmi drahý, proto je cena akrylotřískové desky tak vysoká. Když vezmeme v úvahu velké množství kladných vlastností a mnoho využití, je deska přímo úměrná svoji ceně. Při velkém množství výroby se vyplatí, když si akrylát firma nakoupí sama a následně nadrtí. Ušetří se okolo 25 % nákladů a cena za desku bude snížena na částku 1723,04 Kč/m<sup>2</sup>.

Hustota desek je velmi proměnná. Důvodem je množství třísek vyskytujících se v testovaném vzorku. Čím více je v desce třísek, tím menší má deska hustotu. Hustota akrylátotřívrstvé desky o tloušťce 10 mm se pohybuje okolo 1000 – 1050 kg/m<sup>3</sup>. Tato velká hustota je docílena tím, že použité akrylátové sklo při lisování za tepla zaplní všechny póry a deska je téměř bez mezer. Když srovnáme náš materiál s jiným materiálem, jako je například CETRIS deska, osb deska nebo samotný akrylát, tak zjistíme, že CETRIS deska má objemovou hmotnost 1 150 – 1350 kg/m<sup>3</sup>, což je při srovnání s naším materiálem ještě o dost více. Objemová hmotnost OSB desky tloušťky 10 mm je 640 kg/m<sup>3</sup> a samotný akrylát XT (extrudované) má objemovou hmotnost 1190 kg/m<sup>3</sup>. Tímto porovnáním jsme zjistili, že akrylátotřísková deska nemá zase tak velkou objemovou hmotnost a s deskou jde manipulovat lidskou silou. Dřevěné třísky nám desky vylehčují.

Při použití desky v exteriéru, například na střechy altánů, je velkou výhodou její velká tvrdost z důvodu odolnosti vůči pádu cizího předmětu na její povrch. Na pád cizího předmětu na povrch desky byla akrylátotřísková deska též podrobena zkouškou padající kuličky o průměru 19,1 mm z výšky 2 metrů. Zkouška dopadla velmi dobře, na desce nebylo znát žádné poškození. Při použití desky v exteriéru je velmi důležité, aby deska byla objemově stálá, nepodléhala bobtnání, případně jen velmi málo. Při podrobení zkoušky akrylátotřískové desky na tloušťkové bobtnání jsme došli k výsledku, že deska po uložení do vodní lázně po dobu 24 hodin nabobtnala v průměru do 1%. Což je velmi dobrý výsledek v porovnání s CETRIS deskou, která má tloušťkové bobtnání 1,5 % a OSB 4 desky 12 %.

Akrylátotřísková deska je velmi designově zajímavá a hodí se na spoustu věcí, například jako rozdělovací stěna mezi obývacím pokojem a kuchyní. Deska musí být odolná vůči vodě a čisticím prostředkům, což velmi dobře splňuje. Samotnou desku jsme vystavili účinkem vody a sava, které je jeden z nejagresivnějších čisticích prostředků.

Nejdůležitější kritéria, která musí deska splňovat, jsou pevnost v ohybu a modul pružnosti, aby mohla odolávat zatížení, které na desku bude působit. Pro využití v praxi je použitelná třívrstvá deska, kterou budeme porovnávat s jinými materiály. Pevnost v ohybu u třívrstvé desky je v průměru od 35 MPa do 65 MPa při tloušťce do 10 mm. Důvodem, proč je tak velké rozpětí v pevnosti je množství výskytu třísek obsažených v testovaném vzorku. Čím více má třísek, tím má deska menší pevnost. Při opětovném

porovnání vlastnosti pevnosti v ohybu akrylátotřískové desky s jinými materiály, a to CETRIS deskou, OSB deskou a samotného akrylátu, zjistíme, že CETRIS deska má pevnost v ohybu maximálně 11,5 MPa, OSB 4 deska 30 MPa a samotný akrylát XT (extrudovaného) kterého neoslábují žádné třísky, dosahuje pevnosti v ohybu 105 MPa. V porovnání čistého akrylátu s naší akrylátotřískovou deskou má naše nová deska zhruba o polovinu menší pevnost v ohybu, avšak o mnoho větší než CETRIS deska a OSB deska. Akrylátotřísková deska velmi dobře splňuje požadavky na pevnost v ohybu.

U modulu pružnosti u akrylátotřískové desky velmi záleží na orientování třísek v podélném nebo v příčném směru. Modul pružnosti třísek orientovaných v podélném směru je v průměru 5336 MPa a u třísek orientovaných v příčném směru je 8544 MPa. Je to proto, že třísky v podélném směru brání průhybu a třísky v příčném směru dovolí desce více se prohnout. Ve srovnání s CETRIS deskou, která má modul pružnosti 6800 Mpa, OSB 4 deskou, která má modul pružnosti 4800 MPa v podélném směru a v příčném směru 1900 MPa a čistého akrylátu, který má modul pružnosti 3300 Mpa, zjistíme, že i v této zkoušce velmi dobře akrylátotřísková deska obstála.

## 7 ZÁVĚR

Tato práce si brala za cíl vytvořit nový kompozitní materiál, který bude průsvitný s motivem dřeva. Další požadavek byl, aby deska měla mnoho využití z hlediska účelnosti a hlavně, aby designově dobře vypadala. Tento kompozitní materiál se skládá z akrylového skla a plošných lístkových třísek. Třísky dodávají desce přírodní design s kresbou dřeva a akrylové sklo poskytuje vlastnosti, díky kterým má deska mnoho využití. Deska drží pohromadě díky roztavenému akrylátovému sklu, přičemž není potřeba žádného dalšího lepidla. Při dodržení vyzkoumaných teplot a tlaku při lisování deska splňuje velkou škálu zatěžovacích zkoušek. Jednou z největších kladných vlastností je voděodolnost, která umožňuje desce být ve vlhkém prostředí, aniž by se změnila mechanické nebo fyzikální vlastnosti nebo její vzhled.

Akrylátotřísková deska může poskytnout mnoho využití díky neobvyklému vzhledu a velmi dobrým vlastnostem. Desku lze využít v interiéru a zároveň i v exteriéru.

Pro interiéru lze využít například jako dělící designovou stěnu mezi obývacím pokojem a kuchyní. Akrylátotřísková deska se velmi dobře vrtá a spojuje, což umožňuje další využití v kuchyňské lince. Pro svoji dobrou voděodolnost může sloužit jako mechanicky posuvné závěsy ve sprchovém koutě.

V exteriéru lze využít jako střešní krytina na zahradní altány, kde je zapotřebí průsvit denního světla a zároveň zabránění oslňování prudkým sluncem, což zajišťují dřevěné třísky. Akrylátotřísková deska může být použita jako plot se zajímavým přírodním motivem a vysokou trvanlivostí.

Nevýhodou tohoto nového kompozitního materiálu bude vysoká cena, která s délkou trvání na trhu bude klesat.

Věřím, že materiál se uchytí na trhu a najde si své místo mezi velkou škálou dnes vyráběných designových, ale i konstrukčních materiálů.

## **8 SUMMARY**

The aim of the thesis was to create a new composite material which will be translucent with wooden motif. Another requirement was to be able to utilize panel in multiple use considering it from the expediency perspective and mainly to look good from the design perspective. This composite material consists of acrylic glass and flat sliver leaves. Slivers give the panel natural design with wooden pattern. Thanks to acrylic glass attributes the panel has got multiple use. The panel holds together thanks to melted acrylic glass so it is not needed to use any additional adhesive. During pressing it is necessary to comply with researched temperatures and pressures so that the panel fullfills the wide range of the stress tests. One of the biggest positive attributes is water resistance which enables to use the panel in a humid environment without changing mechanical or physical characteristics or its appearance.

Acrylic-sliver panel can provide mutliple use because of its unusual look and very good attributes. The panel can be used in both interior and exterior.

It can be used as a dividing design wall between living room and kitchen in interior. Acrylic-sliver panel is easy to be drilled and piece toghether which widen further utilization in kitchen cabinets. Thanks to its good water resistance it can be used as mechanical sliding curtains in shower.

In exterior it can be used as a roofing material for garden summer-houses where the daylight is required and at the same time it obstructs dazzling from direct sunshine which is ensured by wooden slivers. Acrylic-sliver panel can be used as a fence with an interesting natural motif and long durability.

Disadvantage of this new composite material will be high price which will be decreasing with the time on the market.

I believe that the material will take hold on the market and it will find its place among the broad scale of today produced design and construction materials.



## **9 SEZNAM ZKRATEK**

apod. – a podobně

ČSN – česká technická norma

EN – evropská technická norma

kol. – kolektiv

OSB – Oriented Struktural Board

ot. – otáčky

PMMA – polymethylmethakrylát

Ra – střední aritmetická odchylka

Rz – nejmenší výška nerovnosti povrchu

Rq – průměrná kvadratická odchylka profilu

tl. – tloušťka

Tm – teplota tání

UV – ultrafialové záření

## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Baker, W. A. 2002. *Wood Structural Panels in Wood Handbook*, APA – The Engineered Wood Association. McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN: 0-07-136029-8.

DIEFFENBACHER GMBH. 2015. *Product Catalog*, Germany, Wood-based Panel Plants, Heilbronner Straße 20, 166 s.

Dlask, J. 1993. *Zpracování dřeva*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Skripta, 79 s. ISBN 80-7044-061-9.

EVONIK Industries. 2008. *PLEXIGLAS GS/PLEXIGLAS XT*. Germany, 8 s.

Gandelová L., Horáček P., Šlezingerová J. 2012. *Nauka o dřevě*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 176 s. ISBN 978-80-7375-312-2.

GIBBS, N. 2005. *Dřevo: obrazový přehled více než 100 druhů dřev včetně jejich využití*. Praha, Slovart, 256 s. ISBN 80-7209-720-2.

HFHM Maschinen Sp.z o o. 2005. *Technické údaje o stroji*, Polsko, HFHN Wood Engineering GmbH., Rathausstrasse 12.

Hrázský, J., Král, P. 2007. *Kompozitní materiály na bázi dřeva I*, Aglomerované materiály. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 252 s. ISBN 978-80-7375-034-3.

Janák, K., Král, P. 2003. *Technologie I: pro studijní obor Nábytkářství*. Praha, Informatorium. 204 s. ISBN 80-7333-003-2.

Kuchtík, J. 1973. *Zpracování dřeva*, Praha, Vysoká škola zemědělská v Brně, 196 s. ISBN 17-164-73.

Kuklík, P., Melzerová, L. 2011. *Kompozitní materiály na bázi dřev*, Praha, České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-04958-7.

Liptáková, E., Sedláčik, M. 1989. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*, Bratislava: Alfa, Edícia drevárskej, celulózskej a papiernickej literatúry, 520 s. ISBN 80-05-00116-9.

Maruška, J. 1950. *Plastické hmoty*, Praha, Nakladatelství práce v Praze, 130 s.

Mleziva, J., Šňupárek J. 2000. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha, Sobotáles, 537 s. ISBN 80-85920-72-7.

Pospíšil, K. 2001. *Zimní zahrady*, Praha, Grada Publishing, spol. s.r.o., 108 s. ISBN 80-247-9032-7.

Štefka, V. 2002. *Kompozitné drevné materiály II, Technológia aglomerovaných materiálov*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolen, ISBN: 80-228-1136-X.

Štefka, V. 2006. *Kompozitné drevné materiály II, Technológia aglomerovaných materiálov*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolen, 204 s. ISBN: 80-228-1705-8.

Várkony, L., Kováč, P., Belko, D., Tainová Š. 1995. *Technické plasty, výroba, spracovania a skúšanie*. V Žiline: Vysoká škola dopravy a spojov, 103 s. ISBN 80-7100-285-2.

Vichr, P., Zelinger J. 1966. *Plastické hmoty v nábytkárství pro II.ročník středních průmyslových škol: dřevařských*. 2.vyd. Praha: SPN. 177s.

Walker, A., eds. 2009. *Dřevo: velká encyklopedie: 150 druhů dřeva: podrobný průvodce "strom za stromem": svět nejvšestrannějšího přírodního zdroje*. Praha, Grada Publishing, a.s., 192 s. ISBN 978-80-247-2858-2.

## 11 INTERNETOVÉ ZDROJE

BÖHM, M., Reisner, J., Bomba J. 2012. *Materiály na bázi dřeva*. Vydání: první. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, [online] citováno 28. 2. 2017, ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné na <http://drevene-materialy.fld.czu.cz>

DŘEVOZÁVOD PRAŽAN s.r.o, *Štěpka*, [online] citováno 31. 1. 2017, Dostupné na <http://www.drevozavod-prazan.cz/piliny-a-stepka>

CHEMAP. 2017. *Aceton technický*, [online] citováno 26. 1. 2017, Dostupné na [http://www.chemap.cz/wp-content/uploads/Aceton\\_ts.pdf](http://www.chemap.cz/wp-content/uploads/Aceton_ts.pdf)

IMALPAL group. 2015. *Debarker* [online] citováno 26. 1. 2017, Dostupné na <http://www.imalpal.com/en/scheda.php?pr=129>

Kníže, J. 2007. *Dřevo a dřevěné polotovary ve stavebnictví*, [online] citováno 31. 1. 2017, Dostupné na <http://www.stavebnictvi3000.cz/pdf/2269.pdf>

LEONHARDT GmbH. 2011. *Bewährte Technologie – maßgeschneidert umgesetzt*. [online] citováno 28. 2. 2017, Dostupné na <http://www2.leonhardt-gmbh.de/images/pdf/leonhardt-langholz-zerspaner-llz.pdf>

MK Plexi, s.r.o. 2017. *Barevná i čirá plexisklová drť*. [online] citováno 28. 2. 2017, Dostupné na <http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm>

TFDesign s.r.o. 2005. *Jehličnaté dřeviny*. [online] citováno 28. 2. 2017, Dostupné na [https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/jehlicnate\\_dreviny](https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/jehlicnate_dreviny)

TFDesign s.r.o. 2005. *Listnaté dřeviny*. [online] citováno 28. 2. 2017, Dostupné na [https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/listnate\\_dreviny](https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/drevo/listnate_dreviny)

Toluen. 2017. [online] citováno 1. 3. 2017, Dostupné na <http://www.irz.cz/repository/latky/toluen.pdf>

## **12 NORMY**

BS 3962: Metoda zjišťování odolnost proti nárazům, 1980

ČSN 49 0166: Stanovení bobtnání po uložení ve vodě, 1997

ČSN 49 0211: Drsnost povrchu výrobků ze dřeva a dřevních materiálů, 1988

ČSN 49 2120: Metoda zjišťování odolnost povrchu proti vodě, 1976

ČSN 91 0276: Nábytek. Metoda zjišťování odolnost povrchu proti oděru, 1989

ČSN EN 13183-1: Vlhkost vzorku řeziva – Část 1: Stanovení váhovou metodou, 2004

ČSN EN 310: Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu, 1993

ČSN EN 323: Desky ze dřeva – zjišťování hustoty, 1994

### 13 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Technické údaje o stroji WZU 25-725-56 .....	25
Tab. 2 Jednotlivé poměry roztoků dichlormethanu s akrylátem. ....	45
Tab. 3 Výsledky měření – zjišťování odolnosti povrchu akrylátotřískové desky.....	64
Tab. 4 Výsledky měření – naměřené hodnoty drsnosti povrchu Ra, Rz, Rq. ....	66
Tab. 5 Výsledky měření – naměřené hodnoty a spočítaná hustota před vysušením vzorků. ....	68
Tab. 6 Výsledky měření – naměřené hodnoty a spočítaná hustota po vysušení vzorků. ....	69
Tab. 7 Výsledky měření – zjišťování vlhkosti akrylátotřískové desky.....	72
Tab. 8 Výsledky měření – zjišťování bobtnání akrylátotřískové desky.....	73
Tab. 9 Výsledky měření jednotlivých desek na modul pružnosti a pevnosti v ohybu. ....	76
Tab. 10 Stanovení ceny akrylátotřískové desky za m <sup>2</sup> .....	83

## 14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Štěpka ( <a href="http://www.drevozavod-prazan.cz/piliny-a-stepka#lightbox">http://www.drevozavod-prazan.cz/piliny-a-stepka#lightbox</a> ) .....	18
Obr. 2 Lístková tříška (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	19
Obr. 3, Obr. 4 Bubnový odkorňovač a dopravník vedení klád do roztřískovače. (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	21
Obr. 5 Prstencový roztřískovač ( <a href="http://www2.leonhardtgmbh.de/images/pdf/leonhardt-langholz-zerspaner-llz.pdf">http://www2.leonhardtgmbh.de/images/pdf/leonhardt-langholz-zerspaner-llz.pdf</a> ) .....	23
Obr. 6 Roztřískovač WZU 25-725-56: dřevěné kmeny jsou svírány ve věži se závažím. (HFHN 2005) .....	24
Obr. 7 Nožový prsteneček na protilehlém kuse. (HFHN 2005) .....	25
Obr. 8 Schéma bubnové sušárny typu TT. (DIEFFENBACHER 2015) .....	27
Obr. 9 Bubnová sušárna. (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	28
Obr. 10 Schéma třídiče třísek (IMAL PAL 2015) .....	29
Obr. 11 třídiče třísek PALL (IMAL PAL 2015) .....	29
Obr. 12 Textura smrku. ( <a href="https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/">https://www.tfdesign.cz/index.php/konstrukce/</a> .....	35
Obr. 13 Textura borovice. ( <a href="https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/">https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/</a> .....	36
Obr. 14 Textura jedle. ( <a href="https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/jedle.jpg">https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/jedle.jpg</a> ) .....	37
Obr. 15 Textura buku. ( <a href="https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/buk.jpg">https://www.tfdesign.cz/docs_cs/konstrukce/drevo/textury/hi-res/buk.jpg</a> ) .....	38
Obr. 16 Čirá plexisklová drť. ( <a href="http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm">http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm</a> ) .....	39
Obr. 17 Barevná plexisklová drť. ( <a href="http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm">http://www.plexi.cz/rubrika/60-Prodej-plexisklove-drte/index.htm</a> ) .....	39
Obr. 18 Technické parametry hydraulického lisu HL 400 (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	41
Obr. 19 Hydraulický lis HL 400 (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	41
Obr. 20 DICHLORMETHAN v originální láhvi. (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	45
Obr. 21 Rozpouštění 30 % roztoku. (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	46
Obr. 22 Navrstvená deska po vytvrnutí a vytěkání DICHLORMETHANU s velkým obsahem nežádoucích vzduchových bublinek. (Kolomazník – vlastní foto 2017) .....	48

Obr. 23, Obr. 24 Vzhled vylisované desky s přidáním TOLUENU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	49
Obr. 25 Vzhled vylisované desky s přidáním ACETONU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	50
Obr. 26 50 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	51
Obr. 27 40 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	52
Obr. 28 30 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	53
Obr. 29 20 % deska s obsahem akrylátu a DICHLORMETHANU zalisovaná po jednom dni vytěkání. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	54
Obr. 30 Transparentní deska s použitím EXRTUDOVANÉHO (XT) akrylátu. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	56
Obr. 31 Barevná deska namíchaná 50 % čiré drtě a 50 % modré drtě. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	56
Obr. 32 Zelená deska s použitím LITÉHO (GS) akrylátu (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	58
Obr. 33 Červená deska s použitím LITÉHO (GS) akrylátu a v průběhu lisování přidání rozpouštědla DICHLORMETHANU. (Kolomazník – vlastní foto 2017).....	58
Obr. 34 Způsob uspořádání tělesa a přípravku pro ohybovou zkoušku.....	63
Obr. 35 Graf znázorňující vyhodnocení odolnosti povrchu proti oděru.....	65
Obr. 36 Graf znázorňující množství odbroušeného materiálu z testovaných vzorků. ...	66
Obr. 37 Graf znázorňující hodnoty Ra, Rz, Rq drsnosti povrchu.....	68
Obr. 38 Graf znázorňující hustoty před a po vysušení testovaných vzorků.....	70
Obr. 39 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU hustoty při ohybu jednotlivých desek.....	71
Obr. 40 Krabicový graf znázorňující hustotu při ohybu jednotlivých druhů desek... ..	71
Obr. 41 Graf znázorňující vyhodnocení vlhkosti akrylátotřískové desky.....	73
Obr. 42 Graf znázorňující porovnání hmotností před namočením a po namočení akrylátotřískové desky.....	75



Obr. 43 Graf znázorňující porovnání bobtnání jednotlivých vzorků akrylátotřískové desky. ....	75
Obr. 44 Graf znázorňující porovnání pevnosti v ohybu čtyř desek. ....	77
Obr. 45 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU pevnosti v ohybu. ....	78
Obr. 46 Krabicový graf znázorňující pevnost v ohybu jednotlivých druhů desek. ....	78
Obr. 47 Graf znázorňující porovnání modulu pružnosti čtyř desek. ....	79
Obr. 48 Graf znázorňující jednofaktorovou ANOVU modulu pružnosti. ....	80
Obr. 49 Krabicový graf znázorňující modul pružnosti jednotlivých druhů desek. ....	80
Obr. 50 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles červené desky. ....	81
Obr. 51 Graf znázorňuje porovnání průběhu ohybu při zatížení těles černé desky. ..	81
Obr. 52 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles z průsvitné desky. ....	82
Obr. 53 Graf znázorňuje: porovnání průběhu ohybu při zatížení těles ze zelené desky. ....	82

## **15 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 Technický list plexiskla GS a plexiskla XT .....	99
--	----

## 16 PŘÍLOHY

Příloha 1 Technický list plexiskla GS a plexiskla XT

### Typical Property Values (at 23 °C and 50% relative humidity)

#### Mechanical properties

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Density $\rho$	1,19	1,19	1,19	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
Impact strength $a_{01}$ (Charpy)	15	15	45; 65; 75; no break	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1fu
Notched impact strength $a_{02}$ (Izod)	1,6	1,6	2,5; 4,5; 6,0; 6,5	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180/1 A
Notched impact strength $a_{01}$ (Charpy)	–	–	3,5; 6,5; 7,5; 8,0	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
Tensile strength $\sigma_M$ a) -40 °C b) 23 °C c) 70 °C	110 80 40	100 72 35	– 60; 50; 45; 40 –	MPa	ISO 527-2/1B/5
Elongation at break $\epsilon_B$	5,5	4,5	–	%	ISO 527-2/1B/5
Nominal elongation at break $\epsilon_{nB}$	–	–	10; 15; 20; 25	%	ISO 527-2/1B/50
Flexural strength $\sigma_{0,2}$ Standard test specimen (80 x 10 x 4 mm <sup>3</sup> )	115	105	95; 85; 77; 69	MPa	ISO 178
Compressive yield stress $\sigma_{0,2}$	110	103	–	MPa	ISO 604
Max. safety stress $\sigma_{max}$ (up to 40 °C)	5–10	5–10	5–10	MPa	–
Modulus of elasticity E <sub>t</sub> (short-term value)	3300	3300	2700; 2200; 2000; 1800	MPa	ISO 527-2/1B/1
Min. cold bending radius	330 x thickness	330 x thickness	270 x thickness; 210 x thickness; 180 x thickness; 150 x thickness	–	–
Dynamic shear modulus G at approx. 10 Hz	1700	1700	–	MPa	ISO 537
Indentation hardness H <sub>90/100</sub>	175	175	145; 130; 120; 100	MPa	ISO 2039-1
Abrasion resistance in Taber abrader test (100 rev.; 5,4 N; CS-10F)	20–30	20–30	20–30; 30–40; 30–40; 30–40;	% haze	ISO 9352
Coefficient of friction $\mu$ a) plastic / plastic b) plastic / steel c) steel / plastic	0,8 0,5 0,45	0,8 0,5 0,45	– – –	–	–
Poisson's ratio $\mu_p$ (dilatation speed of 5% per min; up to 2% dilatation; at 23 °C)	0,37	0,37	0,41; 0,42, 0,41; 0,43	–	ISO 527-1
Resistance to puck impact from thickness (Test Certificate No. from FMFA Stuttgart)	–	12 mm (46/900 549)	–; 6 <sup>0</sup> ; (6); 6 <sup>0</sup> mm ( <sup>1</sup> 46/901 869/5m/C; <sup>2</sup> 46/901 870/5m/C)	–	similar to DIN 18 032, Part 3

#### Acoustical properties

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Sound velocity (at room temperature)	2700–2800	2700–2800	–	m/s	–
Weight sounded reduction index R <sub>w</sub> at thickness: 4 mm 6 mm 10 mm	26 30 32	26 30 32	– – –	dB	–

### Optical properties (of clear grades, at 3 mm thickness)

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Transmittance $\tau_{\text{vis}}$	~ 92	~ 92	~ 91	%	DIN 5036, Part 3
UV transmission	no; no; no	no; yes	no; no; no; no	–	–
Reflection loss the visible range (for each surface)	4	4	4	%	–
Total energy transmittance g	85	85	85	%	DIN EN 410
Absorption in the visible range	< 0,05	< 0,05	< 0,05	%	–
Refractive index $n_D^{20}$	1,491	1,491	1,491	–	ISO 489

### Electrical properties

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Volume resistivity $\rho_{10}$	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>14</sup>	Ohm · cm	DIN VDE 0303, Part 3
Surface resistivity $\rho_{10s}$	5 · 10 <sup>11</sup>	5 · 10 <sup>11</sup>	> 10 <sup>14</sup>	Ohm	DIN VDE 0303, Part 3
Dielectric strength $E_b$ (1 mm specimen thickness)	~ 30	~ 30	–	kV/mm	DIN VDE 0303, Part 2
Dielectric constant $\epsilon$ at 50 Hz	3,6	3,7	–	–	DIN VDE 0303, Part 4
at 0,1 MHz	2,7	2,8	–	–	
Dispation factor $\tan \delta$ at 50 Hz	0,06	0,06	–	–	DIN VDE 0303, Part 4
at 0,1 MHz	0,02	0,03	–	–	
Tracking, CTI-Value	600	600	–	–	DIN VDE 0303, Part 1

### Behavior towards water

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Water absorption (24 hrs, 23 °C) from dry state; specimen 60 x 60 x 2 mm <sup>3</sup>	41	38	41; 45; 46; 49	mg	ISO 62, Method 1
Max. weight gain during immersion	2,1	2,1	2,1	%	ISO 62, Method 1
Permeability to water vapour	2,3 · 10 <sup>-19</sup>	2,3 · 10 <sup>-19</sup>	–	–	–
N <sub>2</sub>	4,5 · 10 <sup>-15</sup>	4,5 · 10 <sup>-15</sup>	–	–	–
O <sub>2</sub>	2,0 · 10 <sup>-14</sup>	2,0 · 10 <sup>-14</sup>	–	–	–
CO <sub>2</sub>	1,1 · 10 <sup>-13</sup>	1,1 · 10 <sup>-13</sup>	–	g cm	–
air	8,3 · 10 <sup>-15</sup>	8,3 · 10 <sup>-15</sup>	–	cm <sup>2</sup> h Pa	–

## Thermal properties

	PLEXIGLAS® GS 233; 222; 209; (0F00; 0F00; 0Z09)	PLEXIGLAS® XT 20070; 29070 (0A000; 0A070)	PLEXIGLAS RESIST® 45; 65; 75; 100	Unit	Teststandard
Coefficient of linear thermal expansion $\alpha$ for 0–50 °C	$7 \cdot 10^{-5}$ (–0,07)	$7 \cdot 10^{-5}$ (–0,07)	$7 \cdot 10^{-5}$ ; $8 \cdot 10^{-5}$ ; $9 \cdot 10^{-5}$ ; $11 \cdot 10^{-5}$ (0,07; 0,08; 0,09; 0,11)	1/K (mm/m °C)	DIN 53752-A
Possible expansion due to heat and moisture	5	5	5; 6; 6; 8	mm/m	–
Thermal conductivity $\lambda$	0,19	0,19	–	W/mK	DIN 52612
U-value, for thickness:					
1 mm	5,8	5,8	5,8		
3 mm	5,6	5,6	5,6		
5 mm	5,3	5,3	5,3		
10 mm	4,4	4,4	4,4	W/m²K	DIN 4701
Specific heat c	1,47	1,47	1,47	J/gK	–
Forming temperature	160–175	150–160	150–160; 140–150; 140–150; 140–150	°C	–
Max. surface temperature (IR radiator)	200	180	–	°C	–
Max. permanent service temperature	80	70	70; 70; 70; 65	°C	–
Reverse forming temperature	> 80; > 80; > 90	> 80; > 80	> 80; > 80; > 75; > 70	°C	–
Ignition temperature	425	430	–	°C	DIN 51794
Smoke gas volume	very little	very little	very little	–	DIN 4102
Smoke gas toxicity	non	non	non	–	DIN 53436
Smoke gas corrosiveness	non	non	non	–	–
Class	B2, Class 3 TP (b)	B2 Class 3 TP (b)	B2 – –	– – –	DIN 4102 BS 476, Part 7 + 6 BS 2782, Method 508 A
Fire rating	E	E	E	–	DIN EN 13501
German building inspectorate test report	P-K017 / 11.06	P-K018 / 02.07	P-K019 / 05.07	–	–
Vicat softening temperature	115	103	102; 100; 100; 97	°C	ISO 306, Method B 50
Heat deflection temperature under load (HDT)					
a) deflection 1,8 MPa	105; 105; 107	95	94; 93; 92; 90		
b) deflection 0,45 MPa	113; 113; 115	100	99; 98; 96; 93	°C	ISO 75