

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nábytku, designu a bydlení

**Možnosti využití odpadu aglomerovaných  
materiálů na plošné dílce**

Bakalářská práce



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Martin Zbořil  
Studijní program: Nábytek  
Obor: Tvorba a výroba nábytku  
Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Pavel Král  
Název práce: **Možnosti využití odpadu aglomerovaných materiálů na plošné dílce**  
Jazyková varianta: Čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Cíl a zaměření práce. Cílem práce je provést analýzu možnosti využití odřezů aglomerovaných velkoplošných materiálů. Pozornost bude zaměřena na odřezy třískových případně vláknitých materiálů napadajících za formátovací pilou. Bude provedena specifikace těchto odpadů, případně kvantifikace. Hlavním cílem bude návrh spojování těchto odřezů do plošných dílců a jejich využití při výrobě nábytku. V rámci experimentu budou vyrobeny varianty vzorků a ty následně testovány na vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti. Bude posouzena materiálová a časová náročnost takto vyráběných dílců – ekonomické zhodnocení.
3. Literární přehled. Zpracování literární rešerše na danou problematiku. Vývojové trendy produkce velkoplošných materiálů ve světě, v Evropě a České republice.
4. Materiál a metodika. Návrh metody kvantifikace a specifikace odpadů velkoplošných materiálů. Metodika lepení a úpravy odpadů do plošných dílců a jejich úprava. Metodika hodnocení vybraných fyzikálních a mechanických vlastností.
5. Výsledky a diskuze. Výroba, vlastní měření a vyhodnocení výsledků. Dosažené výsledky diskutujte a porovnejte mezi sebou, případně s publikovanými údaji. Uveďte využití v praxi.
6. Závěr.

Rozsah práce: 30 až 50 stran

Literatura:

1. FAIT, P. *Hodnocení mechanických vlastností QSB desky a jejich srovnání s vlastnostmi vybraných konstrukčních materiálů pro dřevostavby*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2014. 79.
2. KOŠUTOVÁ, P. *Vplyv lepidla na pevnost lepených spojov za zvýšených teplot s využitím metody šikmého šmyku*. Bakalářská práce. MENDELU Brno, 2015. 76.
3. ŠTEFKA, V. *Kompozitné drevné materiály : návody na cvičenia . Technológia aglomerovaných materiálov. Časť II. 2. vyd.* Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 170 s. ISBN 80-228-0681-1.
4. ŠTEFKA, V. *Kompozitné drevné materiály : Technológia aglomerovaných materiálov. Časť II. 2. vyd.* Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2002. 205 s. ISBN 80-228-1136-X.
5. HRÁZSKÝ, J. -- KRÁL, P. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 130 s. ISBN 80-7157-751-0.
6. HRÁZSKÝ, J. -- KRÁL, P. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.

Datum zadání: prosinec 2015

Datum odevzdání: duben 2017

**Martin Zbořil**  
Autor práce

**doc. Dr. Ing. Pavel Král**  
Vedoucí práce

**Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka**  
Vedoucí ústavu

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

## *Čestné prohlášení*

*Prohlašuji, že jsem práci Možnosti využití odpadu aglomerovaných materiálů na plošné dílce vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

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

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

V                      dne

*Podpis*

## **Poděkování**

Tímto děkuji mému vedoucímu práce, panu doc. Dr. Ing. Pavlu Královi, za cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ivanu Vysoudilovi z firmy ZWT s.r.o. za poskytnutí lepidla a technického bezpečnostního listu. Dále bych chtěl poděkovat firmě Framoz a.s. a mému otci Vladislavu Zbořilovi za možnost využití strojového vybavení a pomoc při vyrábění zkušebních vzorků.

V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

## **Abstrakt**

**Jméno:** Martin Zbořil

**Název práce:** Možnosti využití odpadu aglomerovaných materiálů na plošné dílce

Bakalářská práce se zabývá využitím odpadu z dřevotřískové desky na plošné dílce. Řeší se zde problematika lepení těchto odpadů v závislosti na druhu lepidla.

Dále je zde vysvětlená technologie lepení odpadů na plošné dílce a jejich následné využití v dřevařském a nábytkářském průmyslu.

Zároveň je posouzena materiálová a časová náročnost takto vyráběných dílců – ekonomické zhodnocení.

Důležitou částí této bakalářské práce je porovnání hodnot maximální síly ( $F_{max}$ ) na vytvořených vzorcích z dřevotřískové desky od výrobce DDL lepených dvěma druhy lepidel. Následně jsou zjištěné hodnoty porovnány se vzorky z dýhované dřevotřískové desky vyrobené z již zmíněných odpadů.

**Klíčová slova:** dřevotřísková deska, lepidla, odpady, maximální síla

## **Abstract**

**Name:** Martin Zbořil

**Title of the work:** The possibilities of utilizing the waste of agglomerated materials on flat parts

The bachelor thesis deals with the utilizing of waste from the particle board to create flat parts. The problem of bonding this kind of waste depending on the type of adhesive is dealt in this thesis. The technology of gluing of waste on flat parts and their subsequent usage in the wood and furniture industry is also explained here. At the same time, the material and time demands of the components produced like that are assessed – the economic assessment. An important part of this bachelor thesis is the comparison of values of the maximum force ( $F_{max}$ ) on formed specimens from a particle board made by the DDL producer, which are glued with two types of adhesives. Subsequently, the detected values are compared with the specimens of veneered particle board made from the aforementioned waste.

**Key words:** particle board, adhesives, wastes, maximum force

## Obsah

1 Úvod .....	9
2 Cíl a zaměření práce.....	10
3 Literární přehled.....	11
3.1 Třískové desky .....	11
3.2 Historie a vývoj třískových desek ve světě, Evropě a České republice .....	12
3.3 Hodnoty třískových desek podle ČSN EN 312-4: Třískové desky – Nosné desky pro použití v suchém prostředí.....	16
3.4 Průměrné hodnoty modulu pružnosti podle ČSN EN 12369-1: Desky na bázi dřeva – Charakteristické hodnoty pro navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: OSB, třískové a vláknité desky .....	16
3.5 Odřezy napadající za formátovací pilu.....	16
3.6 Lepidla.....	17
4 Materiál a metodika.....	19
4.1 Zkušební materiál.....	19
4.2 Zařízení a pomůcky .....	19
4.3 Postup zkoušky dýhované dřevotřískové desky.....	19
4.3.1 Úprava odřezků .....	19
4.3.2 Technologie lepení .....	19
4.3.3 Dýhování .....	19
4.4 Postup zkoušky lepené dřevotřískové desky.....	20
4.4.1 Úprava odřezků .....	20
4.4.2 Technologie lepení .....	20
4.4.3 Formátování.....	20
4.5 Stanovení výsledků zkoušky .....	21
4.5.1 Určení hustoty zkušebních těles .....	21
4.5.2 Určení vlhkosti zkušebních těles .....	21
5 Výsledky .....	23
5.1 Výsledky měření vzorků dřevotřískové desky bez spoje.....	23
5.2 Výsledky měření vzorků dřevotřískové desky lepených polyuretanovým lepidlem.....	23

5.3	Měření vzorků dřevotřískové desky lepených polyvinylacetátovým lepidlem.....	25
5.4	Výsledky měření vzorků dýchované dřevotřískové desky .....	27
5.5	Vyhodnocení výsledků .....	29
5.5.1	Porovnání hodnot $F_{max}$ lepených vzorků DTD se vzorky DTD bez lepeného spoje .....	29
5.5.2	Porovnání hodnot vzorků lepených polyuretanovým lepidlem se vzorky lepenými polyvinylacetátovým lepidlem .....	30
5.5.3	Porovnání hodnot lepených vzorků DTD dýchovaných se vzorky dýchované DTD bez lepeného spoje.....	31
6	Ekonomické zhodnocení .....	32
7	Diskuze .....	33
8	Závěr .....	35
9	Summary .....	36
10	Použitá literatura .....	37
11	Použité internetové zdroje.....	38
12	Seznam obrázků .....	39
13	Seznam tabulek .....	40
14	Příloha .....	42



## 1 Úvod

Aglomerované materiály jsou jedny z nejčastěji používaných materiálů v nábytkářském průmyslu. Nesmíme však opomenout i dřevařskou a zejména čalounickou výrobu, jež se bez aglomerovaných materiálů také neobejde. Dřevotřísková deska, kterou se tato bakalářská práce zabývá, je jedna z nejčastěji využívaných aglomerovaných materiálů. Její využití je velmi obrovské a v nábytkářství nahrazuje dřevo díky své ceně, která se samozřejmě liší podle druhu povrchové úpravy DTD. Porovnání dřeva s DTD ve výrobě nábytku je velmi specifické, neboť plně nahradit deskové řezivo dřevotřískovou deskou je takřka nemožné. Už v roce 1945 byly vytvořeny první národní podniky, tudíž dřevo samotné se využívá pro výrobu sesazenek, které jsou následně využívány jako povrchová úprava dřevotřískových desek. Vývoj výrobců nábytku se za posledních dvacet let markantně navýšil, což má za následek vyšší produkci velkoplošných materiálů a nabývajících odřezků a odpadů při výrobě. Tento fakt je z hlediska ekologie velmi zdrcující, jelikož právě s odpady z DTD nenakládají výrobci nábytku správně. Ve většině případů využívají tento odpad jako palivo, což je velmi nepříjemné pro naše ovzduší, proto je důležité dokázat tento odpad zhodnotit pro možnost další výroby.

## **2 Cíl a zaměření práce**

Cílem práce je provést analýzu možností využití odřezů aglomerovaných velkoplošných materiálů. Pozornost bude zaměřena na odřezy třískových případně vláknitých materiálů napadajících za formátovací pilu. Bude provedena specifikace těchto odpadů, případně kvantifikace. Hlavním cílem bude návrh spojování těchto odřezů do plošných dílců a jejich využití při výrobě nábytku. V rámci experimentu budou vyrobeny varianty vzorků a ty následně testovány na vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti. Bude posouzena materiálová a časová náročnost takto vyráběných dílců – ekonomické zhodnocení.

### 3 Literární přehled

#### 3.1 Třískové desky

Třísková deska (DTD) je velkoplošný dílec, který se skládá z lepidla, malých dřevních částic (např. hobliny, třísky, piliny), nebo z jiných lignocelulosových hmot (např. konopné, lněné pazdeří či bagasy).

##### *„Třídění třískových desek:*

##### *1. Podle způsobu výroby:*

- *plošně lisované*
- *lisované válci*
- *výtlačně lisované* - *plné (bez otvorů)*  
- *vylehčené (s otvory)*

##### *2. Podle úpravy povrchu*

- *surové (nebroušené)*
- *broušené nebo egalizované*
- *povrchově upravené (nátěry a laky)*
- *povrchově upravené nalisováním respektive nalepením pevného materiálu (např. dýhou, syntetickou pryskyřicí impregnovaným dekoračním papírem, fólií, dekoračním vrstveným materiálem – laminátem)*

##### *3. Podle tvaru*

- *rovné*
- *s profilovaným povrchem*
- *s profilovanými bočními plochami*

##### *4. Podle velikosti a tvaru částic*

- *třísková deska*
- *deska z velkoplošných třísek*
- *deska orientovaných třísek (OSB)*
- *deska z jiných třísek, např. z pazdeří (pazdeřová deska)*

##### *5. Podle struktury desky*

- *jednovrstvé*
- *vícevrstvé (mohou být z různých částic orientovaných či neorientovaných v různých vrstvách)*

- *s plynulou změnou struktury*
- *výtlačně lisované vylehčené desky*

#### 6. *Podle použití*

- *desky pro všeobecné účely*
- *desky pro vnitřní zařízení (včetně nábytku) do suchého prostředí)*
- *desky pro nosné a vyztužovací účely ve stavebnictví:*
  - *do vlhkého prostředí*
  - *do suchého prostředí*
- *desky pro speciální účely*
  - *desky se zvlášt' zvýšenou pevností*
  - *desky se zvýšenou odolností vůči biologickým činitelům*
  - *desky se zvýšenou odolností vůči ohni*
  - *akustické desky*
  - *jiné. “ (Hrázský, 2004, s. 10,11)*

### **3.2 Historie a vývoj třískových desek ve světě, Evropě a České republice**

První záznam o výrobě dřevotřískových desek je zapsán v Hubardově spisu „Zužitkování dřevního odpadu“, který pochází z roku 1877. Technologii, jak třísky a piliny lisovat na velkoplošné formáty, vytvořili poprvé v Německu roku 1918. O osmnáct let později F. Pfohl se ve svém patentu zmiňuje o dřevotřískových deskách jednovrstvých a vícevrstvých. Tento patent byl jakýsi základ pro rozvoj průmyslové výroby.

Na začátku 40. let se F. Fahrni zabýval nejen technologií, ale také vývojem speciálních strojů pro výrobu třískových desek. V roce 1941 byla postavena firmou TORFIT WERKEN v Brémách linka na výrobu jednovrstvých třískových desek o vysoké hustotě, následně roku 1944 byla vybudována linka na výrobu třívrstvých třískových desek ve Švýcarsku. V roce 1949 v Bučině Zvolen se začala výroba dřevotřískových desek pod názvem Bukas. Jednalo se o první závod na světě, který dřevotřískové desky vyráběl z tvrdého listnatého dřeva. Pojivem těchto dřevotřískových desek pro nábytkářské účely bylo močovinoformaldehydové lepidlo „Burcol“, ale pro vodovzdorné desky se používalo xylenoformaldehydové lepidlo pod názvem „Buxycol“.

Významným pokrokem ve vývoji třískových desek bylo vybudování DŘEVOZPRACUJÍCÍHO DRUŽSTVA Lukavec u Pacova roku 1972. Družstvo

zahájilo provoz jako moderní dřevotřísková linka s kapacitou až 34 500m<sup>3</sup>/rok. Produkce se každým rokem zvyšovala. Také v tomto roce vznikla linka na výrobu výtlačně lisovaných třískových desek v n. p. RUDNÉ DOLY Rýmařov. V 70. letech byly modernizovány i další závody např. Vrbno pod Pradědem (1977).

V roce 1980 byla spuštěna linka v Hodoníně o produkci 105 000 m<sup>3</sup>/rok. O dva roky později byla zprovozněna linka v Jihlavě s kapacitou 148 000 m<sup>3</sup>/rok. (Bleša, 2009)

**Tab. 1 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v České republice (FAO, 2017)**

rok	produkce	import	export
2010	1085000	473000	1285000
2011	1052000	476440	1339390
2012	1033000	480000	1335000
2013	1032000	637700	1335000
2014	1036000	690000	1342000
2015	1040000	742690	1390200

**Tab. 2 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Evropě (FAO, 2017)**

rok	produkce	import	export
2010	46288531	12784820	15631060
2011	46874953	13083238	15477733
2012	45649294	13174207	16762969
2013	46025081	13947787	17039951
2014	47303490	14987468	18038406
2015	47897337	15149604	18472486

**Tab. 3 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Asii (FAO, 2017)**

rok	produkce	import	export
2010	9200	649498	3534
2011	9300	1004399	1388
2012	305700	1086347	533
2013	199100	1172201	213
2014	68400	1213697	249
2015	68400	1213697	249

**Tab. 4 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Severní Americe (FAO, 2017)**

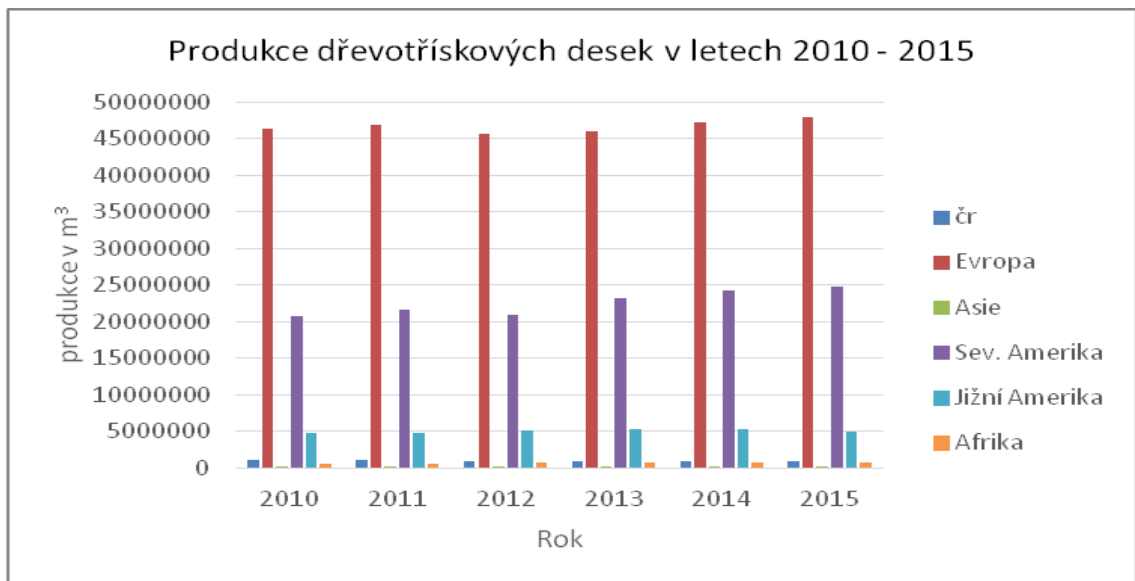
rok	produkce	import	export
2010	20757000	3474978	3411826
2011	21674000	3930825	4140970
2012	20881000	4209152	4687000
2013	23153099	5053066	5334831
2014	24228490	5590067	5881477
2015	24760000	6470722	6246911

**Tab. 5 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Jižní Americe (FAO, 2017)**

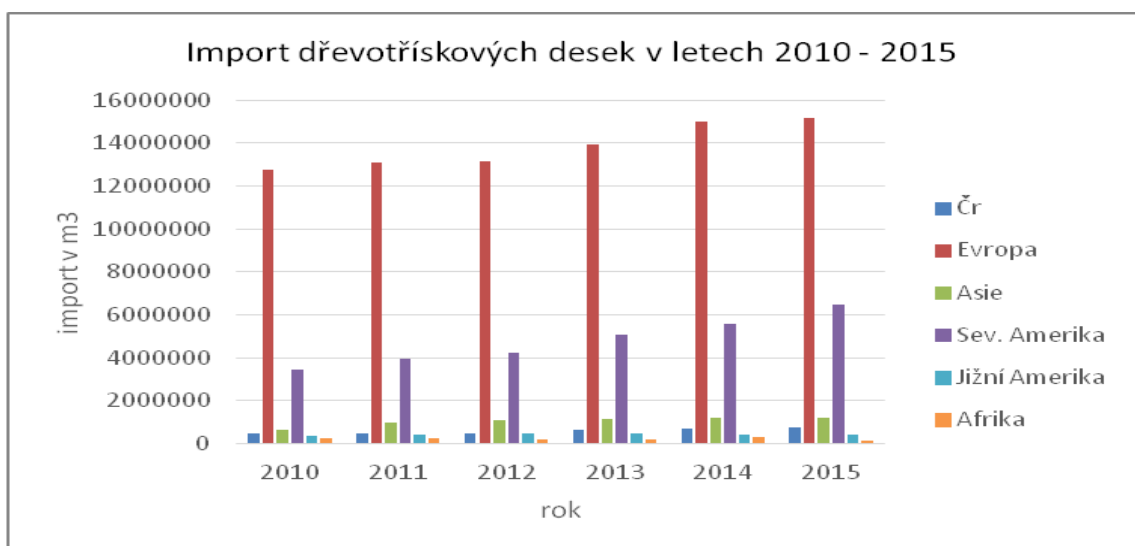
rok	produkce	import	export
2010	4737400	389517	429976
2011	4840400	437038	475270
2012	5113000	449778	437444
2013	5397000	502759	513908
2014	5414000	435496	604913
2015	4968300	407515	528231

**Tab. 6 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Africe (FAO, 2017)**

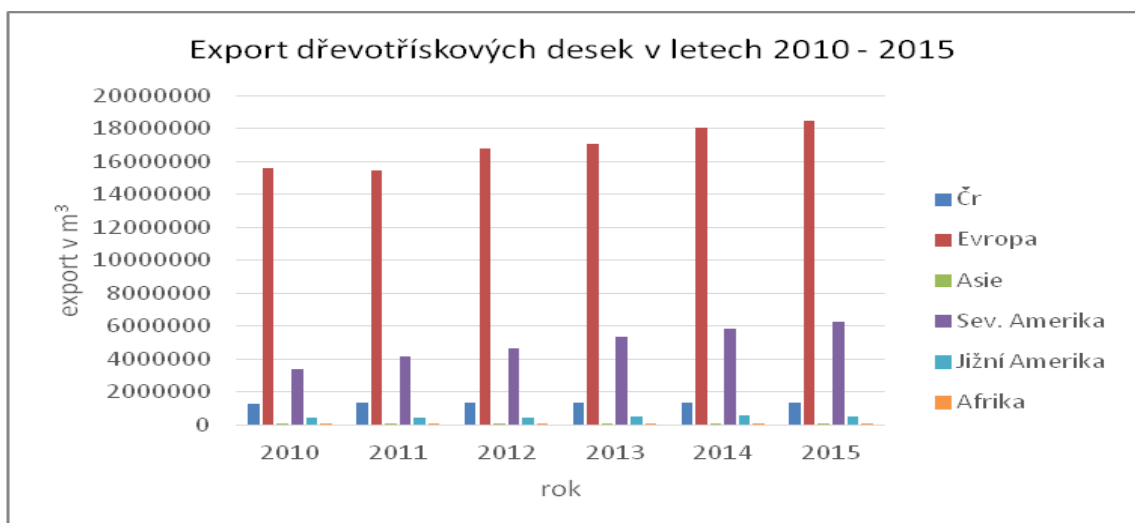
rok	produkce	import	export
2010	583085	258600	49609
2011	591107	256530	71962
2012	809102	170414	66710
2013	735107	175673	23992
2014	840935	291060	43223
2015	850935	159157	44963



Obr. 1 Porovnání produkce dřevotřískových desek ve světě



Obr. 2 Import dřevotřískových desek ve světě



Obr. 3 Export dřevotřískových desek ve světě

### 3.3 Hodnoty třískových desek podle ČSN EN 312-4: Třískové desky – Nosné desky pro použití v suchém prostředí

Tab.7 Hodnoty třískových desek podle ČSN EN 312-4

tloušťka mm	hustota kg/m <sup>3</sup>	ohyb N/mm <sup>2</sup>	tah N/mm <sup>2</sup>	tlak N/mm <sup>2</sup>	smyk kolmo k rovině desky N/mm <sup>2</sup>	smyk v rovině desky N/mm <sup>2</sup>
>6 až 13	650	14,2	8,9	12,0	6,6	1,8
>13 až 20	600	12,5	7,9	11,1	6,1	1,6
>20 až 25	550	10,8	6,9	9,6	5,5	1,4
>25 až 32	550	9,2	6,1	9,0	4,8	1,2
>32 až 40	500	7,5	5,0	7,6	4,4	1,1
>40	500	5,8	4,4	6,1	4,2	1,0

### 3.4 Průměrné hodnoty modulu pružnosti podle ČSN EN 12369-1: Desky na bázi dřeva – Charakteristické hodnoty pro navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: OSB, třískové a vláknité desky

Tab. 8 Hodnoty modulu pružnosti v tahu, tlaku, ohybu a smyku podle ČSN EN 12369-1

tloušťka mm	Ohyb N/mm <sup>2</sup>	Tah a tlak N/mm <sup>2</sup>	Smyk kolmo N/mm <sup>2</sup>
>6 až 13	3200	1800	860
>13 až 20	2900	1700	830
>20 až 25	2700	1600	770
>25 až 32	2400	1400	680
>32 až 40	2100	1200	600
>40	1800	1100	550

### 3.5 Odřezy napadající za formátovací pilu

Při nábytkářské a dřevařské výrobě, kde nejčastěji používanými materiály jsou třískové desky, vznikají při řezání odřezky, které se následně vyváží do sběrných dvorů. Je zde také možnost tyto odřezy dále zpracovat pomocí lepení natupo těchto odřezků.





Obr. 4 Vzorek dřevotřískové desky se dvěma spoji před porušením



Obr. 5 Vzorek dřevotřískové desky se dvěma spoji po ohybové zkoušce

### 3.6 Lepidla

Lepidla se používají jako spojovací materiál. Jsou to látky kapalného skupenství nebo v rozpuštěném či plastickém stavu. Pevnost spoje závisí na dokonalé přilnavosti lepidla na povrch materiálu a na soudržnosti molekul lepidla při jeho vytvrzení. Mezi nejpoužívanější lepidla v nábytkářské a dřevařské výrobě patří močovinoformaldehydová, fenolformaldehydová a PVAC lepidla. (Král, 2011)

**Močovinoformaldehydová lepidla (UF)** jsou nejrozšířenějšími lepidly na dřevo obecně. Jsou zdravotně nezávadná Průmyslová spotřeba těchto lepidel rapidně narůstá v důsledku zvyšující se výroby aglomerovaných materiálů (především dřevotřískových desek a překližek). Velmi důležitým aspektem těchto lepidel jsou jejich užitečné vlastnosti, mezi které patří jejich vytvrzování v široké hranici teplot (10-150°C). Mají proporcionálně krátkou vytvrzovací dobu. Velkou nevýhodou u UF lepidel je uvolňování formaldehydu, který je zdraví škodlivý. (Král, 2011)

**Formaldehyd** patří mezi karcinogeny kategorie 3 s požadavkem označení "Riziko trvalého poškození". „*Hlavní opatření z hlediska ochrany zdraví spočívá v důsledné kontrole zdrojů formaldehydu - stavebních materiálů, zařizovacích předmětů, nábytku a čisticích prostředků, aby bylo pokud možno zabráněno používání materiálů s vysokou emisí formaldehydu (volný formaldehyd v třískových deskách je v současné době již pod hranicí 6,5 mg/100 g a.s. TD. Od 90. let minulého století jsou již tyto hodnoty stabilizované).*“ (ČZU PRAHA 2005).

**Polyvinylacetátová lepidla (PVAC)** se skládají z acetylenu a kyseliny octové. Vyznačují se zejména svým charakterem pružnosti a poskytnutím velmi pevného spoje. Při vytvrzování PVAC disperzí nedochází k žádným chemickým reakcím. Jedná se o

fyzikální proces, při kterém materiál (dřevo) z PVAC lepidla odstraňuje vodu, zatímco se vytváří na jeho povrchu souvislý film.

Mezi vlastnosti PVAC lepidel dále patří:

- nehořlavost
- odolnost vůči mikroorganismům
- zdravotně nezávadná
- možnost transparentního spoje
- vhodné pro lepení za tepla i za studena
- krátké lisovací časy

Použití PVAC lepidel:

- montáž nábytku
- lepení laťovkových středů
- sesazování dých na hranu
- dýchování
- lepení oken, dveří (viz. *volná příloha – technický list, Kleiberit 300.0*)

**Polyuretanová lepidla (PUR)** jsou jednosložková lepidla vytvrzující absorpcí vzdušné vlhkosti. Vytváří pevný a vodovzdorný spoj. PUR lepidla jsou vhodná pro lepení plošných spojů s požadavkem odolnosti teplotním a povětrnostním vlivům.

Mezi vlastnosti polyuretanových lepidel patří:

- medově hnědé před vytvrzením, po vytvrzení transparentní
- odolnost vůči vodě a vlhku
- plnicí schopnost
- rychlá adheze

Použití polyuretanových lepidel:

- lepení rámců, oken, dveří
- lepení konstrukčních spojů s požadavkem na vysokou pevnost a odolnost vůči vodě (viz. *volná příloha - technický list, Den Braven D4*)

## **4 Materiál a metodika**

Při zkoušce pevnosti spoje v ohybu je možné vycházet z ČSN EN 310 – Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti a pevnosti v ohybu.

### **4.1 Zkušební materiál**

Příprava zkušebních vzorků se provádí podle normy ČSN EN 325. Rozměry vzorků jsou dány podle zkušebního zařízení podle normy ČSN EN 310. Odvíjí se od tloušťky materiálu, ze kterého se zkušební vzorky vytváří. Zkušebním materiálem v této zkoušce byla lepená dřevotřísková deska z odpadů a dýhovaná dřevotřísková deska. Jeho rozměr byl 18 x 50 x 410 mm ( $\pm 0,5$  mm).

### **4.2 Zařízení a pomůcky**

- elektronická váha s přesností na 0,001g
- elektronické posuvné měřidlo s přesností na 0,01 mm
- univerzální zkušební stroj s mechanickým pohybem horního příčnicku - Zwick Z050

### **4.3 Postup zkoušky dýhované dřevotřískové desky**

#### **4.3.1 Úprava odřezků**

Odpad napadající za formátovací pilu je třeba před lepením ze všech čtyřech stran oříznout pro správnou přilnavost při lepení. Na rozměr odřezků není kladen důraz, ovšem čím větší odřezky, tím menší spotřeba lepidla při následném lepení.

#### **4.3.2 Technologie lepení**

Při nanášení PVAC lepidla se odřezky nanesou ručně pomocí nanášecího válečku (více odřezků najednou), u polyuretanového lepidla pomocí štětce. Odřezky se k sobě lepí natupo na připraveném stole. U PVAC i PUR lepidel není třeba tento lepený formát upnout do možných svěrek, jelikož pevnost spojů v tomto dílci je za dobu 15min taková, že je možné jej přemístit do klimatizovaného skladu. Po klimatizaci je možné tyto formáty egalizovat na egalizační brusce pro srovnání nerovností plochy a pro následné dýhování.

#### **4.3.3 Dýhování**

Princip této operace spočívá v nalepení dýhy na levnější materiál. Při dýhování větších ploch je nutné jednotlivé listy dýh spojit. Dýhy spojené do větších formátů se nazývají sesazenky. Při dýhování je nutné vědět základní technické parametry při lisování, mezi které patří:

- doba vkládání do lisu
- doba lisování
- lisovací teplota
- lisovací tlak (Böhm, 2012)

Při nanesení lepidla pomocí válečku se na plochu dílce vloží dýha, která je od délky i šířky větší než dýhovaný dílec ( $\pm 20\text{mm}$ ). Následně se tato operace opakuje u druhé opačné plochy a dílec je možný vložit do etážového lisu, který má následující parametry:

- lisovací tlak – 1,8 MPa
- lisovací teplota – 85 °C
- doba lisování – 12 min

#### **4.3.4 Formátování**

Formátování se odvíjí od využití daného materiálu. Materiál s využitím v nábytkářské výrobě je nutný formátovat za pomoci formátovací pily s předřezovým kotoučem pro docílení vysoké kvality řezu na spodní ploše.

### **4.4 Postup zkoušky lepené dřevotřískové desky**

#### **4.4.1 Úprava odřezků**

Úprava odřezků je první operace při výrobě lepení odpadů na plošné dílce. Dílce, které se následně lepí natupo k sobě, je nutné ze všech čtyř stran ořezat, aby při lepení vznikl pevný spoj.

#### **4.4.2 Technologie lepení**

Technologie lepení odpadů je velmi specifická. Lepidlo na hranu lepeného dílce se nanáší ručně pomocí štětce nebo válečkem (je možné jako u postupu dýhované DTD nanášet lepidlo na více odřezků najednou). Při vytvrzení lepidla ve spojích je možné dodatečně egalizovat, pokud při využití takové lepené dřevotřískové desky je nutné mít plochu srovnanou.

#### **4.4.3 Formátování**

Při formátování tohoto lepeného materiálu není třeba mít čistý řez i na spodní ploše dílce, proto je zbytečné mít upnutý na formátovací pile předřezový pilový kotouč.

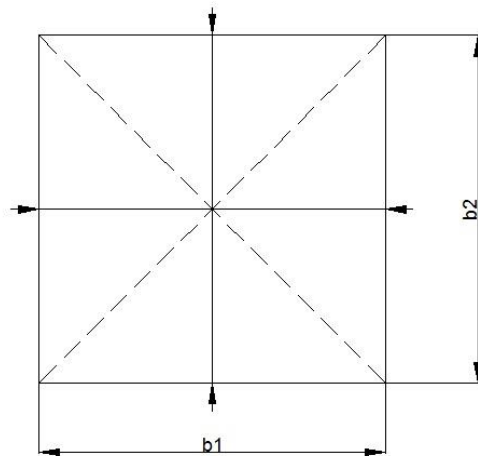
Využití těchto lepených formátů je zejména ve stavebnictví. Ve výrobě nábytku je tento materiál nepoužitelný.

## 4.5 Stanovení výsledků zkoušky

### 4.5.1 Určení hustoty zkušebních těles

Určení hustoty vychází z normy ČSN EN 323 - Desky ze dřeva. Zjišťování hustoty. Každý zkušební vzorek se zváží s přesností na 0,01g. Rozměry zkušebních těles se zjišťují podle ČSN EN 325:

- Tloušťka  $t$  se měří s přesností na 0,05 mm v bodě průsečíku úhlopříček
- Rozměry  $b_1$  a  $b_2$  se měří v bodech rovnoběžně s hranami zkušební vzorku nad průsečíkem úhlopříček



Obr. 6 Místa měření rozměrů zkušebního tělesa (Hrázský, 2004)

Hustota  $\rho$  každého vzorku v  $\text{kg/m}^3$  se vypočítá podle vzorce:

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

kde je :  $m$  - hmotnost zkušebního tělesa (g)  
 $b_1, b_2$  - rozměry zkušebního tělesa (mm)

### 4.5.2 Určení vlhkosti zkušebních těles

Určení vlhkosti vychází normy ČSN EN 322 - Desky ze dřeva. Zjišťování vlhkosti.

Podstatou této zkoušky je zkoumání ztráty hmotnosti u zkušebních vzorků vážením v době, kdy se vzorky odeberou a po vysušení do konstantní hmotnosti za teploty 100 – 105 °C

Zkušební vzorky se nejprve odeberou hned po jejich nařezání, následně se určí jejich hmotnost s přesností na 0,01 g. Pokud není možné ihned po odběru provést určení hmotnosti vzorků, je nutné zabránit změně vlhkosti zkušebních vzorků.

Vzorky jsou následně uloženy v sušárně při teplotě 100 – 105 °C po dobu dosažení jejich konstantní hmotnosti. Konstantní hmotnosti dosáhneme, když výsledky dvou měření v rozmezí 6 h se neliší více jak 0,1 % hmotnosti měřených vzorků.

Výpočet absolutní vlhkosti se vypočítá podle vzorce:

$$H_a = \frac{m_H - m_0}{m_0} 100$$

$H_a$  – absolutní vlhkost zkušebního vzorku

$m_H$  – hmotnost zkušebního vzorku při prvním vážení

$m_0$  – hmotnost zkušebního vzorku při posledním vážení po vysušení

## 5 Výsledky

### 5.1 Výsledky měření vzorků dřevotřískové desky bez spoje

Tab. 9 Hodnoty měřených vzorků dřevotřískové desky bez spoje

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
1	17,85	50,69	410	350,67	637	236,342	bez spoje
2	17,95	50,71	410	304,48	642	239,605	bez spoje
3	18,03	50,74	410	359,24	630	236,467	bez spoje
4	17,91	50,88	410	321,36	638	238,372	bez spoje
5	17,90	50,79	410	299,41	630	234,842	bez spoje
6	17,90	50,81	410	348,04	634	236,358	bez spoje
7	17,95	50,82	410	314,02	626	234,272	bez spoje
8	17,91	50,83	410	309,47	632	235,867	bez spoje
9	17,90	50,87	410	348,22	626	233,706	bez spoje
10	18,00	50,56	410	341,31	621	231,566	bez spoje
min	17,85	50,56	410	299,41	621	231,566	bez spoje
max	18,03	50,88	410	359,24	642	239,605	bez spoje
průměr	17,93	50,77	410	329,62	632	235,741	bez spoje

Tabulka č. 9 udává naměřené a vypočítané hodnoty pro vzorky dřevotřískové desky vyrobených z velkého formátu, jejímž výrobcem je DDL (Dřevozpracující družstvo Lukavec). Tabulka č. 9 je jedna z nejdůležitějších, jelikož právě s těmito hodnotami se budou následně porovnávat hodnoty naměřenými u vzorků lepených.

### 5.2 Výsledky měření vzorků dřevotřískové desky lepených polyuretanovým lepidlem

Tab. 10 Hodnoty měřených vzorků s jedním spojem lepených PUR lepidlem

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
11	17,90	51,00	410	183,16	641	239,826	1spoj
12	17,90	51,29	410	172,66	643	241,963	1spoj
13	17,93	51,19	410	119,31	646	243,008	1spoj
14	17,95	51,28	410	203,98	639	241,060	1spoj
15	17,90	51,23	410	97,97	644	242,085	1spoj
16	17,94	51,38	410	274,92	640	241,831	1spoj
17	17,88	51,35	410	180,19	645	242,636	1spoj
18	17,94	51,29	410	263,98	643	242,610	1spoj
19	17,98	51,32	410	146,07	640	242,257	1spoj
20	17,92	51,32	410	163,31	644	242,790	1spoj
min	17,88	51,00	410	97,97	639	239,826	1spoj
max	17,98	51,38	410	274,92	646	243,008	1spoj
průměr	17,92	51,27	410	180,56	643	242,007	1spoj

Tabulka č. 10 znázorňuje naměřené hodnoty pro lepený spoj PUR lepidlem, kde při měření byl vyvíjen největší tlak právě v lepené spáře, což se projevuje na maximální síle  $F_{max}$ , kde síla  $F_{max}$  u vzorku č. 15 byla velmi nízká. Průměrná hodnota  $F_{max}$  však byla oproti minimální síle  $F_{max}$  znatelně vyšší.

**Tab. 11: Hodnoty měřených vzorků se dvěma spoji lepených PUR lepidlem**

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	$F_{max}$	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
21	17,94	51,37	410	281,30	632	238,612	2spoje
22	17,90	51,03	410	349,00	634	237,403	2spoje
23	17,98	51,24	410	359,06	632	238,877	2spoje
24	17,96	51,26	410	305,62	633	238,975	2spoje
25	17,94	51,22	410	349,97	638	240,489	2spoje
26	17,91	51,32	410	341,13	637	240,083	2spoje
27	17,91	51,31	410	275,79	636	239,641	2spoje
28	17,94	51,24	410	320,93	638	240,361	2spoje
29	17,93	51,28	410	276,75	634	238,931	2spoje
30	17,90	51,24	410	337,37	638	239,850	2spoje
min	17,90	51,03	410	275,79	632	237,403	2spoje
max	17,98	51,37	410	359,06	638	240,489	2spoje
průměr	17,93	51,25	410	319,69	635	239,322	2spoje

V tabulce č. 11 je možné si všimnout, že síla  $F_{max}$  oproti hodnotám naměřených v předchozí tabulce č. 10 je vyšší. Tento výsledek je zapříčiněn dvěma spoji na vzorcích, jelikož při ohybové zkoušce nebyl vyvíjen tlak na lepenou spáru, ale na část vzorku bez lepeného spoje.

**Tab. 12 Hodnoty měřených vzorků se třemi spoji lepených PUR lepidlem**

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	$F_{max}$	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
31	17,92	51,37	410	239,49	643	242,796	3spoje
32	17,97	50,93	410	226,98	648	243,301	3spoje
33	17,92	51,26	410	210,54	645	242,891	3spoje
34	17,97	51,23	410	175,29	647	244,285	3spoje
35	17,94	51,30	410	196,81	641	241,741	3spoje
36	17,93	51,22	410	175,20	647	243,615	3spoje
37	17,94	51,18	410	225,41	643	241,918	3spoje
38	17,95	51,26	410	171,27	644	243,008	3spoje
39	17,93	51,05	410	223,92	641	240,513	3spoje
40	17,96	51,25	410	215,26	645	243,585	3spoje
min	17,92	50,93	410	171,27	641	240,513	3spoje
max	17,97	51,37	410	239,49	648	244,285	3spoje
průměr	17,94	51,21	410	206,02	644	242,765	3spoje



Tabulka č. 12 opět ukázala, jak při měření má velký vliv umístění lepených spár při ohybové zkoušce na trhačím stroji. Lepený spoj byl opět v místě, kde byla vyvíjena největší síla zatěžovací hlavou, proto se hodnoty od vzorků se dvěma lepenými spárami liší. V průměru o 30% jsou naměřené hodnoty u vzorků se třemi lepenými spárami nižší oproti hodnotám v tab. 11 - Hodnoty měřených vzorků se dvěma spoji lepených PUR lepidlem.

### 5.3 Měření vzorků dřevotřískové desky lepených polyvinylacetátovým lepidlem

**Tab. 13** Hodnoty měřených vzorků s jedním spojem lepených PVAC lepidlem

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
41	18,40	50,26	410	249,34	644	244,215	1spoj
42	18,08	50,22	410	248,29	658	244,833	1spoj
43	18,12	50,19	410	217,25	651	242,833	1spoj
44	18,05	50,31	410	260,27	659	245,397	1spoj
45	18,03	50,27	410	243,22	661	245,819	1spoj
46	18,11	50,22	410	239,81	657	245,063	1spoj
47	18,09	50,19	410	230,54	659	245,379	1spoj
48	18,11	49,97	410	234,04	666	247,198	1spoj
49	18,15	50,20	410	232,90	660	246,398	1spoj
50	18,11	49,94	410	232,12	659	244,360	1spoj
min	18,03	49,94	410	217,25	644	242,833	1spoj
max	18,40	50,31	410	260,27	666	247,198	1spoj
průměr	18,13	50,18	410	238,78	657	245,150	1spoj

Tabulka č. 13 udává naměřené hodnoty u vzorků s jednou lepenou spárou lepených polyvinylacetátovým lepidlem. Průměrná síla Fmax je 238,78 N, což v porovnání s průměrnou silou Fmax u vzorků lepených PUR je výrazně větší (viz tab. 10).

**Tab. 14** Hodnoty měřených vzorků se dvěma spoji lepených PVAC lepidlem

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
51	18,07	50,13	410	333,09	664	246,594	2spoje
52	18,16	50,26	410	319,89	663	248,158	2spoje
53	18,05	50,23	410	319,45	660	245,496	2spoje
54	18,07	50,30	410	213,49	659	245,407	2spoje
55	18,11	50,25	410	319,02	657	245,144	2spoje
56	18,06	50,25	410	292,44	660	245,445	2spoje
57	18,10	50,24	410	255,20	656	244,534	2spoje
58	18,21	50,31	410	265,42	655	245,867	2spoje
59	18,10	50,09	410	220,75	660	245,310	2spoje
60	18,20	50,07	410	364,74	655	244,639	2spoje
min	18,05	50,07	410	213,49	655	244,534	2spoje
max	18,21	50,31	410	364,74	664	248,158	2spoje
průměr	18,11	50,21	410	290,35	659	245,659	2spoje

Tabulka č. 14 nám udává naměřené a vypočítané hodnoty pro vzorky se dvěma spoji lepených PVAC lepidlem. Měřené vzorky se velice blíží k hodnotám vzorkům bez spoje, což je velmi důležité pro následné porovnání mezi nimi.

**Tab. 15** Hodnoty měřených vzorků se třemi spoji lepených PVAC lepidlem

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
61	18,10	50,24	410	245,23	632	235,609	3spoje
62	18,07	50,13	410	223,37	636	236,378	3spoje
63	18,01	50,24	410	241,91	639	237,019	3spoje
64	18,06	50,10	410	210,78	640	237,346	3spoje
65	18,09	50,28	410	219,26	642	239,565	3spoje
66	18,07	50,08	410	225,38	639	237,203	3spoje
67	18,01	50,23	410	244,88	646	239,449	3spoje
68	18,07	50,20	410	239,37	637	236,998	3spoje
69	18,09	50,13	410	248,03	636	236,392	3spoje
70	18,00	50,12	410	248,73	640	236,852	3spoje
min	18,00	50,08	410	210,78	632	235,609	3spoje
max	18,10	50,28	410	248,73	646	239,565	3spoje
průměr	18,06	50,18	410	234,69	639	237,281	3spoje

Opět v této tabulce se ujistil poznatek, že pokud lepený spoj při zkoušce je přesně pod zatěžovací hlavou, výsledná pevnost vzorku je menší.

## 5.4 Výsledky měření vzorků dýchované dřevotřískové desky

**Tab. 16** Hodnoty měřených vzorků dýchované DTD bez spoje

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
71	18,86	50,28	410	817,44	652	253,673	bez spoje
72	18,88	49,93	410	902,02	664	256,194	bez spoje
73	18,80	50,13	410	807,47	669	258,411	bez spoje
74	18,90	50,02	410	846,39	674	261,381	bez spoje
75	18,82	50,43	410	897,82	669	260,366	bez spoje
76	18,87	50,23	410	921,88	668	259,469	bez spoje
77	18,87	50,25	410	892,49	666	258,771	bez spoje
78	18,79	50,16	410	737,50	676	261,162	bez spoje
79	18,82	50,16	410	855,14	648	250,880	bez spoje
80	18,85	50,15	410	775,90	658	254,635	bez spoje
min	18,79	49,93	410	737,50	648	250,880	bez spoje
max	18,90	50,43	410	921,88	676	261,381	bez spoje
průměr	18,85	50,17	410	845,41	664	257,494	bez spoje

Tabulka č. 16 a tabulka č. 9 jsou nejdůležitější pro porovnání naměřených hodnot u vzorků s lepenými spárami. Nejvýznamnější hodnotou pro následné porovnání je průměrná maximální síla Fmax, která u dýchovaných vzorků bez spoje vyšla 845,41 N.

**Tab. 17** Hodnoty měřených vzorků dýchované DTD s jedním spojem lepených PVAC lepidlem

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	Fmax	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
81	19,14	50,35	410	1149,63	641	253,352	1 spoj
82	19,23	50,52	410	1223,89	655	261,040	1 spoj
83	19,16	50,58	410	1116,31	650	258,126	1 spoj
84	19,12	50,51	410	1166,86	635	251,471	1 spoj
85	19,31	50,20	410	1077,74	634	252,006	1 spoj
86	19,22	50,59	410	1092,87	632	252,116	1 spoj
87	19,28	50,62	410	995,08	651	260,580	1 spoj
88	19,28	50,65	410	1108,35	646	258,754	1 spoj
89	19,22	50,69	410	1092,34	644	257,336	1 spoj
90	19,25	50,68	410	1059,11	648	259,010	1 spoj
min	19,12	50,20	410	995,08	632	251,471	1 spoj
max	19,31	50,69	410	1223,89	655	261,040	1 spoj
průměr	19,22	50,54	410	1108,22	644	256,379	1 spoj

V tabulce č. 17 je velice důležité, že průměrná hodnota síly  $F_{max}$  je 1108,22 N. Pevnost dýhované dřevotřískové desky je 4x větší, než v porovnání s dřevotřískovou deskou. Samozřejmě i hmotnost se zvýšila díky dýhování.

**Tab. 18 Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD se dvěma spoji lepených PVAC lepidlem**

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	$F_{max}$	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
91	19,21	50,76	410	1245,32	635	253,919	2spoje
92	19,17	50,17	410	1220,04	641	252,668	2spoje
93	19,21	50,66	410	1311,71	642	256,137	2spoje
94	19,18	50,62	410	1345,47	646	257,275	2spoje
95	19,25	50,76	410	1422,00	647	259,179	2spoje
96	19,00	50,18	410	1284,85	648	253,375	2spoje
97	18,92	50,68	410	1264,30	639	251,407	2spoje
98	19,20	50,59	410	1208,76	634	252,406	2spoje
99	19,12	50,70	410	1251,27	634	251,869	2spoje
min	18,92	50,17	410	1208,76	634	251,407	2spoje
max	19,25	50,76	410	1422,00	648	259,179	2spoje
průměr	19,14	50,57	410	1283,75	641	254,248	2spoje

Tabulka č. 18 nevyhází z předchozího poznatku, že se dvěma spoji je síla  $F_{max}$  nejnižší. Zde v této tabulce u vzorků se dvěma spárami je průměrná hodnota maximální síly  $F_{max}$  1283,75 N.

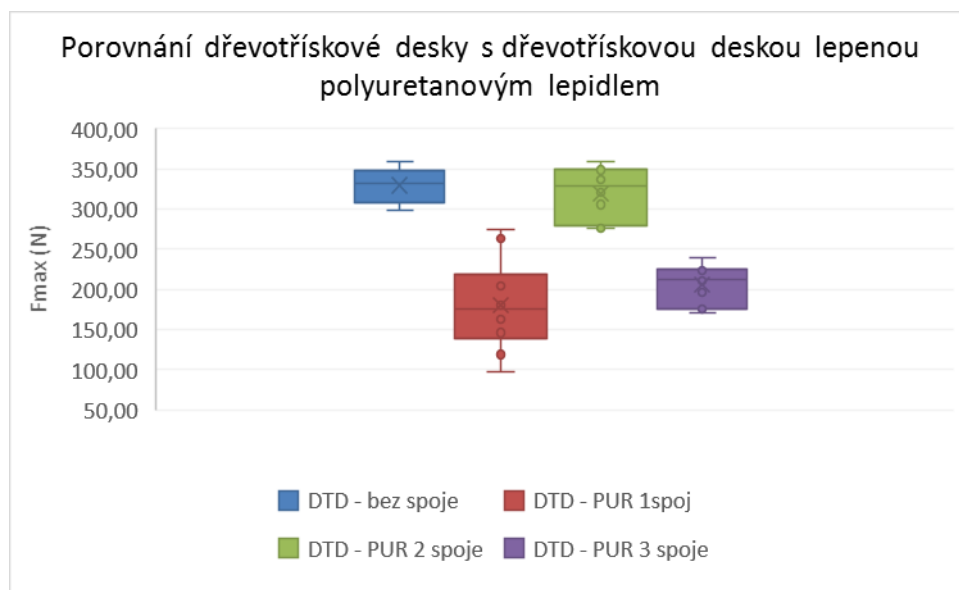
**Tab. 19: Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD se třemi spoji lepených PVAC lepidlem**

číslo vzorku	tloušťka	šířka	délka	$F_{max}$	hustota	hmotnost	poznámka
	mm	mm	mm	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
100	19,20	50,40	410	1065,75	650	257,817	3spoje
101	19,22	50,30	410	1259,05	650	257,613	3spoje
102	19,33	50,44	410	1147,27	644	257,374	3spoje
103	19,23	50,49	410	1187,94	657	261,389	3spoje
104	19,24	50,83	410	1159,69	654	262,414	3spoje
105	19,17	50,70	410	1264,12	662	263,847	3spoje
106	19,23	50,64	410	1215,67	660	263,475	3spoje
107	19,33	50,59	410	1307,24	668	267,725	3spoje
108	19,38	50,77	410	1049,22	652	263,098	3spoje
min	19,17	50,30	410	1049,22	644	257,374	3spoje
max	19,38	50,83	410	1307,24	668	267,725	3spoje
průměr	19,26	50,57	410	1183,99	655	261,639	3spoje

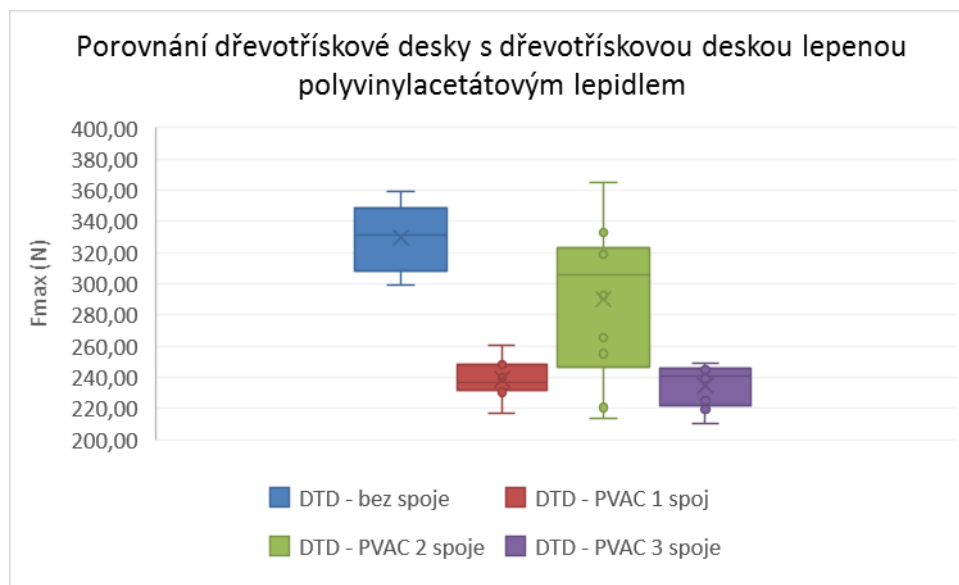
V této tabulce č. 19 je průměrná hodnota  $F_{max}$  1183,99 N, tudíž se nějak význačně neliší od naměřených hodnot vzorků s jedním a dvěma spoji.

## 5.5 Vyhodnocení výsledků

### 5.5.1 Porovnání hodnot $F_{max}$ lepených vzorků DTD se vzorky DTD bez lepeného spoje



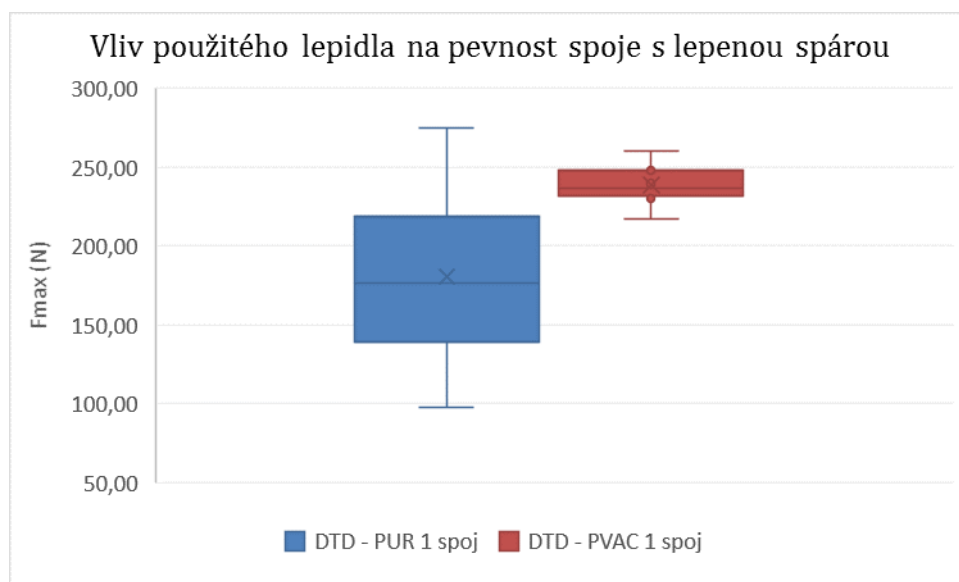
Obr. 6 Porovnání dřevotřískové desky s dřevotřískovou deskou lepenou polyuretanovým lepidlem.



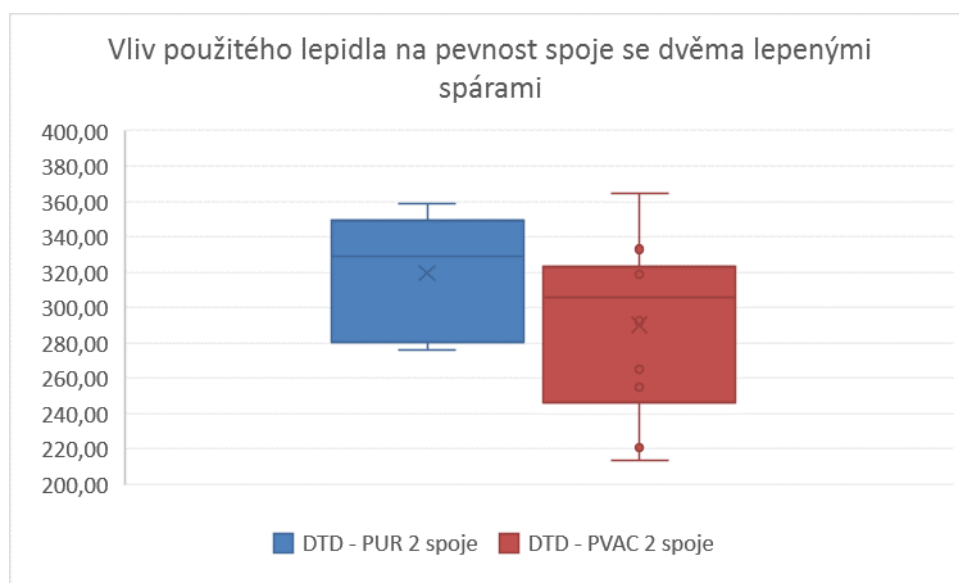
Obr. 7 Porovnání dřevotřískové desky s dřevotřískovou deskou lepenou polyvinylacetátovým lepidlem.

Tyto dva grafy ujistily předchozí zjištění, že nejlíže se hodnotám maximální síly u DTD bez spoje přibližují naměřené hodnoty u vzorků se dvěma spoji.

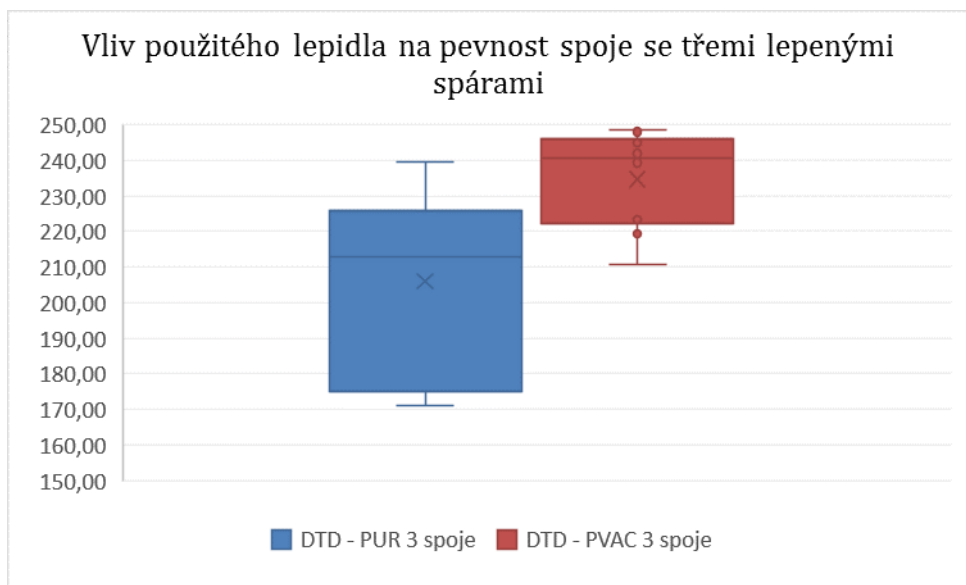
### 5.5.2 Porovnání hodnot vzorků lepených polyuretanovým lepidlem se vzorky lepenými polyvinylacetátovým lepidlem



Obr. 8 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje s lepenou spárou



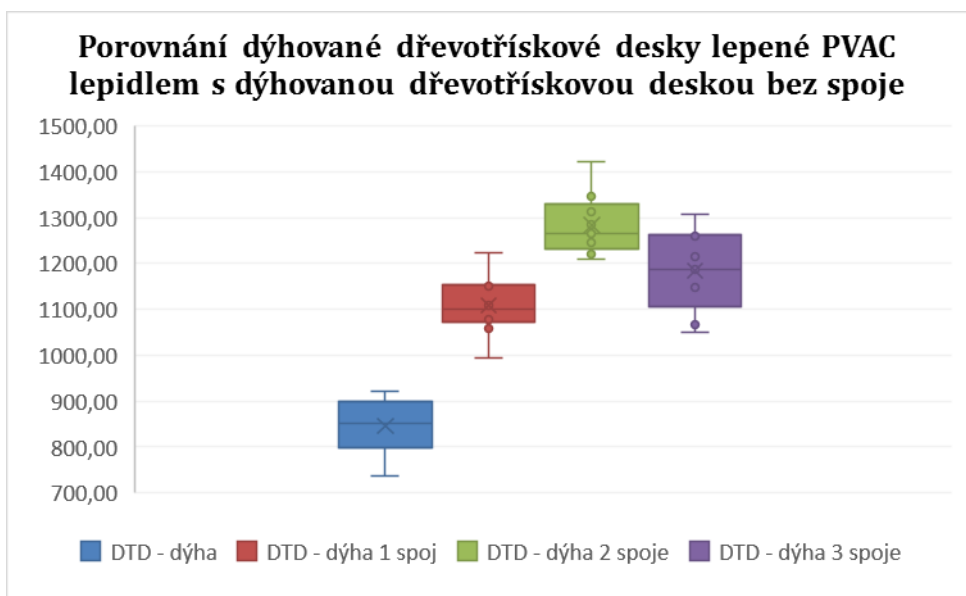
Obr. 9 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje se dvěma lepenými spárami



Obr. 10 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje se třemi lepenými spárami

Obr. 8,9,10 popisují vliv použitého lepidla na pevnost spoje u dřevotřískových desek. Pevnost spojů lepených PVAC lepidlem v porovnání s PUR lepidlem je větší u vzorků s jedním a třemi lepenými spárami.

### 5.5.3 Porovnání hodnot lepených vzorků DTD dýhovaných se vzorky dýhované DTD bez lepeného spoje



Obr. 11 Porovnání dýhované dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem s dýhovanou dřevotřískovou deskou bez spoje

## 6 Ekonomické zhodnocení

**Tab. 20** Cenová kalkulace technologického zařízení pro výrobu dýhované DTD

p.č.	specifikace	MJ	počet MJ	cena za MJ	cena celkem
1.	formátovací pila	ks	1	165000	165000
2.	dýhovací lis	ks	1	401715	401715
3.	egalizační bruska	ks	1	170390	170390
4.	odsavač prachu	ks	2	14000	28000
	cena celkem				600105

**Ceny jsou uvedeny bez DPH.**

**Tab. 21** Cenová kalkulace materiálů a spotřeba energie na výrobu dýhované DTD

p.č.	specifikace	MJ	počet MJ	cena za MJ	cena celkem
1.	sesazenka 0,9 mm, buk	m <sup>2</sup>	1	120	120
2.	odřezky DTD 18 mm	m <sup>2</sup>	1	15	15
3.	PVAC lepidlo Kleiberit 300.0	l/m <sup>2</sup>	0,25	86	22
4.	spotřeba energie pro výrobu m <sup>2</sup>				60
	cena celkem				217

**Ceny jsou uvedeny bez DPH.**

Z tabulky 19 je možné vyčíst, že materiálové náklady včetně energií na výrobu m<sup>2</sup> dýhované dřevotřískové desky činí 217 Kč bez DPH.

Cena při koupi v prodejnách Kili s.r.o. nebo JAF HOLZ spol. s r.o. dýhované dřevotřískové desky činí 380 Kč bez DPH za m<sup>2</sup>.



## 7 Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo provést analýzu využití odřezů z dřevotřískové desky. K provedení analýzy byly měřené vzorky lepeny dvěma druhy lepidel. Dále se tato práce zabývá dýchováním dřevotřískové desky vytvořené lepením z již zmíněných odřezů. Při porovnávání naměřených hodnot se vybrala nejdůležitější hodnota ze všech naměřených, což byla maximální síla  $F_{max}$  (veškeré naměřené a vypočítané hodnoty jsou v tab. 22 – 32). Při lepení vzorků polyuretanovým lepidlem bylo stěžejní, že nanášení tohoto lepidla ručně je velmi časově náročné z důvodu tuhosti lepidla, proto se vzorky, které se následně dýchovaly, polyuretanovým lepidlem nelepily. Při porovnání naměřených hodnot u vzorků lepených polyuretanových a polyvinylacetátovým lepidlem bylo zjištěno, že vzorky lepené polyvinylacetátovým lepidlem s jedním a třemi spoji vydrží při ohybové zkoušce větší maximální sílu  $F_{max}$ , než vzorky lepené polyuretanovým lepidlem (viz obr. 8,9,10). Vzorky dýchované dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem se porovnávaly se vzorky dýchované dřevotřískové desky, které se řezaly z nakoupené dýchované dřevotřískové desky. Z obrázku 11 je možné si všimnout, že nejmenší maximální síla  $F_{max}$  byla překvapivě naměřena u dýchované dřevotřískové desky bez lepeného spoje. Tento výsledek byl zapříčiněn tloušťkou dýhy u vzorků lepených dřevotřískové desky, jelikož tloušťka dýhy se lišila o 0,3 mm. Pevnost spoje při dýchování není tak důležitý, pokud je lepený spoj kolmo na vlákna dýhy.

Další částí této práce bylo provést ekonomické zhodnocení výroby dýchované lepené dřevotřískové desky. Materiálové a energetické náklady na výrobu činí 217 Kč bez DPH, což oproti ceně dýchované dřevotřískové desky u prodejců Kili s.r.o. či JAF HOLZ spol. s.r.o. je cca o 170 Kč levnější. Samozřejmě je důležité brát v potaz, že obsluhu technologického zařízení je třeba finančně ohodnotit.

Mezi základní technologická zařízení pro výrobu dýchované dřevotřískové desky vytvořené z odřezů patří formátovací pila s předřezovým kotoučem, dále dýchovací lis, egalizační bruska a odsavače prachu (viz tab. 20). Tato část nákladů je velice rozporuplná z důvodu ekonomické náročnosti těchto strojových zařízení.

Přínosem této práce pro praxi je zejména ukázat možnost zpracování odpadu dřevotřískové desky ekologicky a upozornit tak na fakt, že spousta menších firem, které vyrábějí dýhované dřevotřískové desky, tento odpad zbytečně spaluje nebo vyváží do sběrných dvorů, přitom by mohl být dále zpracován a využit pro další výrobu.

## 8 Závěr

Měřením vzorků dřevotřískové desky vyhotovené lepením odřezků natupo k sobě byla v porovnání se vzorky dřevotřískové desky bez lepeného spoje zjištěna nejvyšší průměrná hodnota maximální síly  $F_{max}$  u vzorků lepených polyuretanovým lepidlem se dvěma lepenými spárami.

$F_{max}$  (DTD – PUR 2 spoje) - 319,69 N

$F_{max}$  (DTD – bez spoje) - 329,62 N

Porovnáním pevnosti spoje v závislosti na druhu lepidla byly naměřeny nejvyšší hodnoty u:

$F_{max}$  (DTD – PUR 2 spoje) - 319,69 N

$F_{max}$  (DTD – PVAC 2 spoje) - 290,35 N

Při ručním nanášení polyuretanového lepidla na hranu dřevotřískové desky bylo zjištěno, že efektivita práce v porovnání s nanášením lepidla polyvinylacetátového je velmi nízká z důvodu tuhosti lepidla. Polyuretanové lepidlo tedy není vhodné pro tuto technologii výroby.

Porovnáním hodnot vzorků dýhované dřevotřískové desky vyrobené lepením odpadů s hodnotami dřevotřískové desky pouze dýhované byly naměřeny nejvyšší hodnoty u vzorků se dvěma lepenými spárami.

$F_{max}$  (DTD – dýha bez spoje) - 845,41 N

$F_{max}$  (DTD – dýha 2 spoje) - 1283,75 N

Hodnoty naměřené u vzorků lepených z odřezů v porovnání s hodnotami průměrné max. síly u vzorků bez lepené spáry vykazují patrný rozdíl, jelikož tloušťka dýhy na vyrobených vzorcích byla o 0,3 mm větší.

Závěrem bylo vyhodnoceno, že tato technologie lepení odřezků je ekonomicky výhodná, pokud jsou dostupná náležitá technologická zařízení.

## 9 Summary

By measuring the samples of particle board desk made by gluing the cuttings to one another, the highest average value of the maximum force  $F_{max}$  was found in samples bonded with polyurethane adhesive with two glued joints compared to the samples of the particle board without glued joints.

$F_{max}$  (DTD – PUR 2 joints) - 319.69 N

$F_{max}$  (DTD – without joints) - 329.62 N

By comparing the joint strength, depending on the type of adhesive, the highest values were measured with:

$F_{max}$  (DTD – PUR 2 joints) - 319.69 N

$F_{max}$  (DTD – PVAC 2 joints) - 290.35 N

When manually applying a polyurethane adhesive to the edge of a particle board, it has been found that the effectiveness of the work compared to the application of the polyvinyl acetate adhesive is very low due to the stiffness of the adhesive. Therefore, the polyurethane adhesive is not suitable for this production technology.

By comparing the sample values of the veneered particle board made by gluing the waste with the values of the particle board only veneered, the highest values were measured for the samples with two glued joints.

$F_{max}$  (DTD – veneer without joint) - 845.41 N

$F_{max}$  (DTD – veneer, 2 joints) - 1283.75 N

The values measured for the samples glued from the cuts compared to the average maximum force values for the samples without glued joint resulted in a noticeable difference, as the thickness of the veneer on the samples was 0.3 mm larger.

In conclusion, it has been found that this technology of gluing cuttings is economically advantageous if the suitable technological equipment is available.

## 10 Použitá literatura

KRÁL, Pavel. *Dýhy, překližky a lepené materiály*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-552-2.

BLEŠA, Vít. *Vývojové trendy výroby kompozitních materiálů na bázi dřeva: bakalářská práce*. Brno: Mendelova lesnická a zemědělská univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav základního zpracování dřeva, 2009, s.10.

HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 80-7157-751-0

KRÁL, Pavel a Jaroslav HRÁZSKÝ. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. ISBN 80-7157-878-9.

BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. ISBN 978-80-216-2251-6, s.70.

ČSN EN 322 (490143) Desky ze dřeva. Zjišťování vlhkosti

ČSN EN 323 (490142) Desky ze dřeva. Zjišťování hustoty

ČSN EN 325 (490183) Desky na bázi dřeva - Stanovení rozměrů zkušebních těles

ČSN EN 312-4 Třískové desky – Nosné desky pro použití v suchém prostředí

ČSN EN 12369-1 Desky na bázi dřeva – Charakteristické hodnoty pro navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: OSB, třískové a vláknité desky

## 11 Použité internetové zdroje

FAO (online). 2017 (cit. 2017-04-20). Dostupné z:

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

uninaradi (online). 2017 (cit. 2017-04-24). Dostupné z:

[https://www.uni-naradi.cz/formatovaci-pila-holzmann--fks-350vp-3200?utm\\_source=google-nakupy](https://www.uni-naradi.cz/formatovaci-pila-holzmann--fks-350vp-3200?utm_source=google-nakupy)

Šimek (online). 2017 (cit. 2017-04-24). Dostupné z:

<http://www.simek.eu/bruska-egalizacni-spb-430r-pony/>

uninaradi (online). 2017 (cit. 2017-04-24)

[https://www.uni-naradi.cz/dyhovaci-lis-holzmann--hp-80hw--l-?utm\\_source=google-nakupy](https://www.uni-naradi.cz/dyhovaci-lis-holzmann--hp-80hw--l-?utm_source=google-nakupy)

ČZU PRAHA(online). 2017 (cit. 2017-04-20). Dostupné z:

(<http://fld.czu.cz/~bohmf/formaldehyd.htm>)

## 12 Seznam obrázků

Obr. 1 Porovnání produkce dřevotřískových desek ve světě

Obr. 2 Import dřevotřískových desek ve světě

Obr. 3 Export dřevotřískových desek ve světě

Obr. 4 Vzorek dřevotřískové desky se dvěma spoji před porušením

Obr. 5 Vzorek dřevotřískové desky se dvěma spoji po ohybové zkoušce

Obr. 6 Místa měření rozměrů zkušebního tělesa

Obr.6 Porovnání dřevotřískové desky s dřevotřískovou deskou lepenou polyuretanovým lepidlem

Obr.7 Porovnání dřevotřískové desky s dřevotřískovou deskou lepenou polyvinylacetátovým lepidlem

Obr. 8 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje s lepenou spárou

Obr. 9 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje se dvěma lepenými spárami

Obr. 10 Vliv použitého lepidla na pevnost spoje se třemi lepenými spárami

Obr. 11 Porovnání dýhované dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem s dýhovanou dřevotřískovou deskou bez spoje

### 13 Seznam tabulek

Tab. 1 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v České republice v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 2 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Evropě v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 3 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Asii v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 4 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Severní Americe v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 5 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Jižní Americe v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 6 Produkce a obchod s dřevotřískovými deskami v Africe v m<sup>3</sup> (FAO, 2017)

Tab. 7 Hodnoty třískových desek podle ČSN EN 312-4

Tab. 8 Hodnoty modulu pružnosti v tahu, tlaku, ohybu a smyku podle ČSN EN 12369-1

Tab. 9 Hodnoty měřených vzorků dřevotřískové desky bez spoje

Tab. 10 Hodnoty měřených vzorků s jedním spojem lepených PUR lepidlem

Tab. 11 Hodnoty měřených vzorků se dvěma spoji lepených PUR lepidlem

Tab. 12 Hodnoty měřených vzorků se třemi spoji lepených PUR lepidlem

Tab. 13 Hodnoty měřených vzorků s jedním spojem lepených PVAC lepidlem

Tab. 14 Hodnoty měřených vzorků se dvěma spoji lepených PVAC lepidlem

Tab. 15 Hodnoty měřených vzorků se třemi spoji lepených PVAC lepidlem

Tab. 16 Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD bez spoje

Tab. 17 Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD s jedním spojem lepených PVAC lepidlem

Tab. 18 Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD se dvěma spoji lepených PVAC lepidlem

Tab. 19: Hodnoty měřených vzorků dýhované DTD se třemi spoji lepených PVAC lepidlem

Tab. 20 Cenová kalkulace technologického zařízení pro výrobu dýhované DTD

Tab. 21 Cenová kalkulace materiálů a spotřeba energie na výrobu dýhované DTD

Tab. 22 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem se dvěma spoji

Tab. 23 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky bez spoje

Tab. 24 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem s lepenou spárkou



Tab. 25 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem se třemi spoji

Tab. 26 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem s jedním spojem.

Tab. 27 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem se dvěma spoji

Tab. 28 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem se třemi spoji

Tab. 29 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD bez spoje

Tab. 30 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD s lepenou spárou

Tab. 31 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD se dvěma lepenými spárami

Tab. 32 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD se třemi lepenými spárami

## 14 Příloha

**Tab. 22 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky bez spoje**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku mm	Šířka průřezu vzorku mm	Délka vzorku mm	Fmax N	e-F max mm	MOR MPa	MOE MPa	F-High N	F-Low N	Hustota kg/m <sup>3</sup>	Hmotnost g	Poznámka
1	17,85	50,69	410	350,67	7,42	3,58	64,08	140,27	35,07	637	236,342	bez spoje
2	17,95	50,71	410	304,48	6,29	3,07	64,57	121,79	30,45	642	239,605	bez spoje
3	18,03	50,74	410	359,24	7,62	3,59	62,29	143,69	35,92	630	236,467	bez spoje
4	17,91	50,88	410	321,36	6,80	3,25	63,61	128,55	32,14	638	238,372	bez spoje
5	17,90	50,79	410	299,41	6,33	3,04	62,93	119,76	29,94	630	234,842	bez spoje
6	17,90	50,81	410	348,04	7,26	3,53	64,25	139,22	34,80	634	236,358	bez spoje
7	17,95	50,82	410	314,02	6,77	3,16	62,04	125,61	31,40	626	234,272	bez spoje
8	17,91	50,83	410	309,47	6,52	3,13	63,62	123,79	30,95	632	235,867	bez spoje
9	17,90	50,87	410	348,22	7,71	3,53	61,53	139,29	34,82	626	233,706	bez spoje
10	18,00	50,56	410	341,31	5,67	3,44	74,00	136,52	34,13	621	231,566	bez spoje
min	17,85	50,56	410	299,41	5,67	3,04	61,53	119,76	29,94	621	231,566	bez spoje
max	18,03	50,88	410	359,24	7,71	3,59	74	143,69	35,92	642	239,605	bez spoje
průměr	17,93	50,77	410	329,622	6,839	3,332	64,292	131,849	32,962	631,6	235,7397	bez spoje

**Tab. 23 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem s lepenou spárou**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku mm	Šířka průřezu vzorku mm	Délka vzorku mm	Fmax N	e-F max mm	MOR MPa	MOE MPa	F-High N	F-Low N	Hustota kg/m <sup>3</sup>	Hmotnost g	Poznámka
11	17,90	51,00	410	183,16	3,31	1,85	68,56	73,26	18,32	641	239,826	1spoj
12	17,90	51,29	410	172,66	3,21	1,73	66,69	69,07	17,27	643	241,963	1spoj
13	17,93	51,19	410	119,31	2,25	1,20	67,90	47,72	11,93	646	243,008	1spoj
14	17,95	51,28	410	203,98	3,78	2,04	66,61	81,59	20,40	639	241,060	1spoj
15	17,90	51,23	410	97,97	2,00	0,98	63,86	39,19	9,80	644	242,085	1spoj
16	17,94	51,38	410	274,92	5,21	2,74	65,97	109,97	27,49	640	241,831	1spoj
17	17,88	51,35	410	180,19	3,31	1,81	67,41	72,07	18,02	645	242,636	1spoj
18	17,94	51,29	410	263,98	4,84	2,64	67,31	105,59	26,40	643	242,610	1spoj
19	17,98	51,32	410	146,07	2,79	1,45	65,47	58,43	14,61	640	242,257	1spoj
20	17,92	51,32	410	163,31	3,09	1,64	68,21	65,32	16,33	644	242,790	1spoj
min	17,88	51,00	410	97,97	2,00	0,98	63,86	39,19	9,80	639	239,826	1spoj
max	17,98	51,38	410	274,92	5,21	2,74	68,56	109,97	27,49	646	243,008	1spoj
průměr	17,92	51,27	410	180,56	3,38	1,81	66,80	72,22	18,06	643	242,007	1spoj

**Tab. 24 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem se dvěma spoji**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku mm	Šířka průřezu vzorku mm	Délka vzorku mm	Fmax N	e-F max mm	MOR MPa	MOE MPa	F-High N	F-Low N	Hustota kg/m <sup>3</sup>	Hmotnost g	Poznámka
21	17,94	51,37	410	281,30	5,25	2,81	68,08	112,52	28,13	632	238,612	2spoje
22	17,90	51,03	410	349,00	6,89	3,52	67,68	139,60	34,90	634	237,403	2spoje
23	17,98	51,24	410	359,06	6,99	3,58	67,91	143,62	35,91	632	238,877	2spoje
24	17,96	51,26	410	305,62	5,72	3,05	69,09	122,25	30,56	633	238,975	2spoje
25	17,94	51,22	410	349,97	6,54	3,50	69,01	139,99	35,00	638	240,489	2spoje
26	17,91	51,32	410	341,13	6,68	3,42	68,68	136,45	34,11	637	240,083	2spoje
27	17,91	51,31	410	275,79	4,99	2,76	70,47	110,32	27,58	636	239,641	2spoje
28	17,94	51,24	410	320,93	6,15	3,21	68,05	128,37	32,09	638	240,361	2spoje
29	17,93	51,28	410	276,75	5,20	2,77	68,45	110,70	27,68	634	238,931	2spoje
30	17,90	51,24	410	337,37	6,31	3,39	69,47	134,95	33,74	638	239,850	2spoje
min	17,90	51,03	410	275,79	4,99	2,76	67,68	110,32	27,58	632	237,403	2spoje
max	17,98	51,37	410	359,06	6,99	3,58	70,47	143,62	35,91	638	240,489	2spoje
průměr	17,93	51,25	410	319,69	6,07	3,20	68,69	127,88	31,97	635	239,322	2spoje

**Tab. 25 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PUR lepidlem se třemi spoji**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku mm	Šířka průřezu vzorku mm	Délka vzorku mm	Fmax N	e-F max mm	MOR MPa	MOE MPa	F-High N	F-Low N	Hustota kg/m <sup>3</sup>	Hmotnost g	Poznámka
31	17,92	51,37	410	239,49	4,26	2,40	69,13	95,80	23,95	643	242,796	3spoje
32	17,97	50,93	410	226,98	4,09	2,28	69,11	90,79	22,70	648	243,301	3spoje
33	17,92	51,26	410	210,54	3,78	2,11	69,92	84,22	21,05	645	242,891	3spoje
34	17,97	51,23	410	175,29	3,11	1,75	69,75	70,12	17,53	647	244,285	3spoje
35	17,94	51,30	410	196,81	3,50	1,97	69,13	78,72	19,68	641	241,741	3spoje
36	17,93	51,22	410	175,20	3,13	1,76	71,33	70,08	17,52	647	243,615	3spoje
37	17,94	51,18	410	225,41	4,01	2,26	68,52	90,16	22,54	643	241,918	3spoje
38	17,95	51,26	410	171,27	3,01	1,71	70,70	68,51	17,13	644	243,008	3spoje
39	17,93	51,05	410	223,92	4,09	2,25	68,58	89,57	22,39	641	240,513	3spoje
40	17,96	51,25	410	215,26	3,77	2,15	69,72	86,10	21,53	645	243,585	3spoje
min	17,92	50,93	410	171,27	3,01	1,71	68,52	68,51	17,13	641	240,513	3spoje
max	17,97	51,37	410	239,49	4,26	2,40	71,33	95,80	23,95	648	244,285	3spoje
průměr	17,94	51,21	410	206,02	3,68	2,06	69,59	82,41	20,60	644	242,765	3spoje

**Tab. 26 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem s jedním spojem.**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
41	18,40	50,26	410	249,34	5,05	7,91	2070,41	99,74	24,93	644	244,215	1spoj
42	18,08	50,22	410	248,29	5,69	8,17	2068,37	99,32	24,83	658	244,833	1spoj
43	18,12	50,19	410	217,25	4,72	7,12	2181,24	86,90	21,73	651	242,833	1spoj
44	18,05	50,31	410	260,27	5,71	8,57	2167,11	104,11	26,03	659	245,397	1spoj
45	18,03	50,27	410	243,22	5,44	8,04	2136,62	97,29	24,32	661	245,819	1spoj
46	18,11	50,22	410	239,81	5,35	7,86	2074,05	95,92	23,98	657	245,063	1spoj
47	18,09	50,19	410	230,54	5,15	7,58	2113,98	92,22	23,05	659	245,379	1spoj
48	18,11	49,97	410	234,04	5,21	7,71	2083,37	93,62	23,40	666	247,198	1spoj
49	18,15	50,20	410	232,90	5,14	7,61	2087,99	93,16	23,29	660	246,398	1spoj
50	18,11	49,94	410	232,12	5,16	7,65	2060,53	92,85	23,21	659	244,360	1spoj
min	18,03	49,94	410	217,25	4,72	7,12	2060,53	86,90	21,73	644	242,833	1spoj
max	18,40	50,31	410	260,27	5,71	8,57	2181,24	104,11	26,03	666	247,198	1spoj
průměr	18,13	50,18	410	238,78	5,26	7,82	2104,37	95,51	23,88	657	245,150	1spoj

**Tab. 27 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem se dvěma spoji**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
51	18,07	50,13	410	333,09	7,47	10,99	2162,26	133,24	33,31	664	246,594	2spoje
52	18,16	50,26	410	319,89	6,95	10,42	2142,21	127,96	31,99	663	248,158	2spoje
53	18,05	50,23	410	319,45	7,35	10,54	2118,18	127,78	31,95	660	245,496	2spoje
54	18,07	50,30	410	213,49	4,97	7,02	2122,98	85,40	21,35	659	245,407	2spoje
55	18,11	50,25	410	319,02	7,36	10,45	2142,26	127,61	31,90	657	245,144	2spoje
56	18,06	50,25	410	292,44	7,01	9,64	2120,93	116,98	29,24	660	245,445	2spoje
57	18,10	50,24	410	255,20	5,86	8,37	2140,64	102,08	25,52	656	244,534	2spoje
58	18,21	50,31	410	265,42	6,10	8,59	2144,26	106,17	26,54	655	245,867	2spoje
59	18,10	50,09	410	220,75	4,83	7,26	2291,90	88,30	22,07	660	245,310	2spoje
60	18,20	50,07	410	364,74	8,31	11,88	2089,16	145,90	36,47	655	244,639	2spoje
min	18,05	50,07	410	213,49	4,83	7,02	2089,16	85,40	21,35	655	244,534	2spoje
max	18,21	50,31	410	364,74	8,31	11,88	2291,90	145,90	36,47	664	248,158	2spoje
průměr	18,11	50,21	410	290,35	6,62	9,52	2147,48	116,14	29,03	659	245,659	2spoje

**Tab. 28 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dřevotřískové desky lepené PVAC lepidlem se třemi spoji**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
61	18,10	50,24	410	245,23	4,42	8,05	2531,58	98,09	24,52	632	235,609	3spoje
62	18,07	50,13	410	223,37	3,83	7,37	2758,62	89,35	22,34	636	236,378	3spoje
63	18,01	50,24	410	241,91	4,38	8,02	2582,69	96,76	24,19	639	237,019	3spoje
64	18,06	50,10	410	210,78	3,75	6,97	2756,12	84,31	21,08	640	237,346	3spoje
65	18,09	50,28	410	219,26	3,90	7,20	2656,17	87,71	21,93	642	239,565	3spoje
66	18,07	50,08	410	225,38	3,83	7,44	2768,49	90,15	22,54	639	237,203	3spoje
67	18,01	50,23	410	244,88	4,56	8,12	2689,28	97,95	24,49	646	239,449	3spoje
68	18,07	50,20	410	239,37	3,94	7,89	2822,66	95,75	23,94	637	236,998	3spoje
69	18,09	50,13	410	248,03	4,01	8,16	2847,62	99,21	24,80	636	236,392	3spoje
70	18,00	50,12	410	248,73	4,52	8,27	2745,20	99,49	24,87	640	236,852	3spoje
min	18,00	50,08	410	210,78	3,75	6,97	2531,58	84,31	21,08	632	235,609	3spoje
max	18,10	50,28	410	248,73	4,56	8,27	2847,62	99,49	24,87	646	239,565	3spoje
průměr	18,06	50,18	410	234,69	4,11	7,75	2715,84	93,88	23,47	639	237,281	3spoje

**Tab. 29 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD bez spoje**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
71	18,86	50,28	410	817,44	9,30	24,68	3774,73	326,98	81,74	652	253,673	bez spoje
72	18,88	49,93	410	902,02	10,42	27,43	3795,29	360,81	90,20	664	256,194	bez spoje
73	18,80	50,13	410	807,47	8,77	24,61	3935,72	322,99	80,75	669	258,411	bez spoje
74	18,90	50,02	410	846,39	8,34	25,58	4115,28	338,56	84,64	674	261,381	bez spoje
75	18,82	50,43	410	897,82	9,99	27,14	3944,84	359,13	89,78	669	260,366	bez spoje
76	18,87	50,23	410	921,88	10,33	27,83	3973,51	368,75	92,19	668	259,469	bez spoje
77	18,87	50,25	410	892,49	10,35	26,93	3802,67	357,00	89,25	666	258,771	bez spoje
78	18,79	50,16	410	737,50	7,27	22,49	4028,99	295,00	73,75	676	261,162	bez spoje
79	18,82	50,16	410	855,14	9,64	25,99	3748,58	342,06	85,51	648	250,880	bez spoje
80	18,85	50,15	410	775,90	7,83	23,59	4038,45	310,36	77,59	658	254,635	bez spoje
min	18,79	49,93	410	737,50	7,27	22,49	3748,58	295,00	73,75	648	250,880	bez spoje
max	18,90	50,43	410	921,88	10,42	27,83	4115,28	368,75	92,19	676	261,381	bez spoje
průměr	18,85	50,17	410	845,41	9,22	25,63	3915,81	338,16	84,54	664	257,494	bez spoje

**Tab. 30 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD s lepenou spárou**

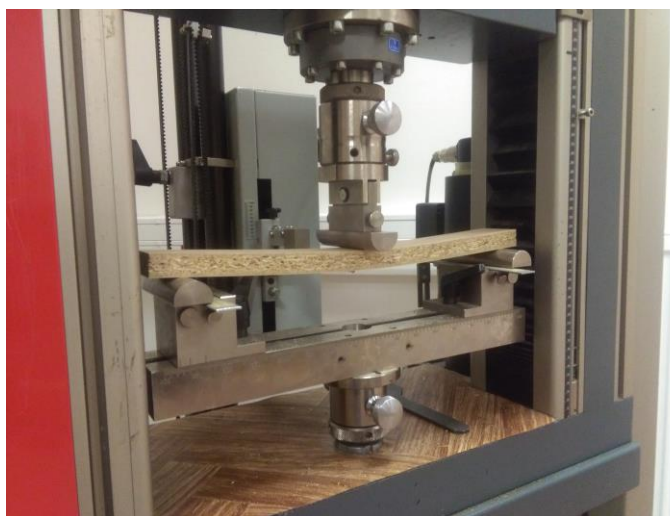
Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
81	19,14	50,35	410	1149,63	11,15	33,66	4517,13	459,85	114,96	641	253,352	1spoj
82	19,23	50,52	410	1223,89	10,74	35,38	4940,97	489,56	122,39	655	261,040	1spoj
83	19,16	50,58	410	1116,31	9,96	32,46	4637,72	446,52	111,63	650	258,126	1spoj
84	19,12	50,51	410	1166,86	11,86	34,12	4390,55	466,75	116,69	635	251,471	1spoj
85	19,31	50,20	410	1077,74	10,08	31,09	4537,95	431,10	107,77	634	252,006	1spoj
86	19,22	50,59	410	1092,87	9,89	31,58	4540,06	437,15	109,29	632	252,116	1spoj
87	19,28	50,62	410	995,08	8,48	28,56	4568,24	398,03	99,51	651	260,580	1spoj
88	19,28	50,65	410	1108,35	10,26	31,79	4494,00	443,34	110,84	646	258,754	1spoj
89	19,22	50,69	410	1092,34	9,91	31,50	4631,77	436,94	109,23	644	257,336	1spoj
90	19,25	50,68	410	1059,11	9,38	30,45	4628,58	423,64	105,91	648	259,010	1spoj
min	19,12	50,20	410	995,08	8,48	28,56	4390,55	398,03	99,51	632	251,471	1spoj
max	19,31	50,69	410	1223,89	11,86	35,38	4940,97	489,56	122,39	655	261,040	1spoj
průměr	19,22	50,54	410	1108,22	10,17	32,06	4588,70	443,29	110,82	644	256,379	1spoj

**Tab. 31 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD se dvěma lepenými spárami**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
91	19,21	50,76	410	1245,32	14,05	35,90	4522,92	498,13	124,53	635	253,919	2spoje
92	19,17	50,17	410	1220,04	13,99	35,73	4385,16	488,02	122,00	641	252,668	2spoje
93	19,21	50,66	410	1311,71	15,54	37,89	4589,27	524,68	131,17	642	256,137	2spoje
94	19,18	50,62	410	1345,47	15,09	39,02	4711,47	538,19	134,55	646	257,275	2spoje
95	19,25	50,76	410	1422,00	15,17	40,82	4782,29	568,80	142,20	647	259,179	2spoje
96	19,00	50,18	410	1284,85	16,01	38,30	4746,30	513,94	128,49	648	253,375	2spoje
97	18,92	50,68	410	1264,30	15,64	37,63	4423,91	505,72	126,43	639	251,407	2spoje
98	19,20	50,59	410	1208,76	15,55	35,00	4199,03	483,50	120,88	634	252,406	2spoje
99	19,12	50,70	410	1251,27	14,64	36,46	4408,41	500,51	125,13	634	251,869	2spoje
min	18,92	50,17	410	1208,76	13,99	35,00	4199,03	483,50	120,88	634	251,407	2spoje
max	19,25	50,76	410	1422,00	16,01	40,82	4782,29	568,80	142,20	648	259,179	2spoje
průměr	19,14	50,57	410	1283,75	15,08	37,42	4529,86	513,50	128,38	641	254,248	2spoje

**Tab. 32 Naměřené a vypočítané hodnoty vzorků dýhované DTD se třemi lepenými spárami**

Číslo vzorku	Výška průřezu vzorku	Šířka průřezu vzorku	Délka vzorku	Fmax	e-F max	MOR	MOE	F-High	F-Low	Hustota	Hmotnost	Poznámka
	mm	mm	mm	N	mm	MPa	MPa	N	N	kg/m <sup>3</sup>	g	
100	19,20	50,40	410	1065,75	9,71	30,98	4612,14	426,30	106,58	650	257,817	3spoje
101	19,22	50,30	410	1259,05	14,80	36,59	4410,30	503,62	125,91	650	257,613	3spoje
102	19,33	50,44	410	1147,27	11,06	32,87	4512,94	458,91	114,73	644	257,374	3spoje
103	19,23	50,49	410	1187,94	10,76	34,36	4842,10	475,18	118,79	657	261,389	3spoje
104	19,24	50,83	410	1159,69	10,57	33,28	4709,17	463,88	115,97	654	262,414	3spoje
105	19,17	50,70	410	1264,12	12,03	36,64	4793,61	505,65	126,41	662	263,847	3spoje
106	19,23	50,64	410	1215,67	11,97	35,06	4533,68	486,27	121,57	660	263,475	3spoje
107	19,33	50,59	410	1307,24	11,88	37,34	4885,75	522,90	130,72	668	267,725	3spoje
108	19,38	50,77	410	1049,22	11,39	29,71	4208,45	419,69	104,92	652	263,098	3spoje
min	19,17	50,30	410	1049,22	9,71	29,71	4208,45	419,69	104,92	644	257,374	3spoje
max	19,38	50,83	410	1307,24	14,80	37,34	4885,75	522,90	130,72	668	267,725	3spoje
průměr	19,26	50,57	410	1183,99	11,57	34,09	4612,02	473,60	118,40	655	261,639	3spoje



Obr. 12 Měření na zkušební stroji Zwick Z050 (viz. volná příloha – CD)