

Vliv složení směsi UF lepidla a disperzního PVAc lepidla na pevnost lepeného spoje

Diplomová práce

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci „Vliv složení směsi UF lepidla a disperzního PVAc lepidla na pevnost lepeného spoje“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. 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 o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

Podpis: _____

Poděkování

Mé poděkování patří zejména doc. Ing. Daniele Tesařové, Ph.D. za vedení, ochotu a cenné rady, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Rád bych také poděkoval mé rodině a především přítelkyni za trpělivost a věcné připomínky.

Abstrakt

Haškovec, I. *Vliv složení směsi UF lepidla a disperzního PVAc lepidla na pevnost lepeného spoje*. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Diplomová práce se zabývá vlivem složení směsi UF a disperzního lepidla na pevnost lepeného spoje, který je namáhán na smyk v tahu. K testování byly vybrány dvě hospodářsky velmi významné dřeviny (smrk a buk), které se hojně využívají v oblasti konstruktérství, nábytkářství i stavebnictví. Jednotlivé vzorky byly rozděleny do skupin podle typu použitého lepidla a podle výše teploty, jejíž působení byly vystaveny po dobu 28 dní. Veškeré vzorky byly slepeny lepidlem o nánosu 120 g/m². Po slepení, zalisování a aklimatizaci na požadovanou teplotu byly vzorky podrobeny zkoušce, která zkoumala pevnost lepeného spoje ve smyku. Diplomová práce se zabývá porovnáním výsledků a zkoumá, zda má složení směsi lepidel vliv na pevnost lepeného spoje.

Klíčová slova

Močovinoformaldehydové lepidlo, PVAc lepidlo, směs lepidel, pevnost lepeného spoje, smrk, buk, teplota.

Abstract

Haškovec, I. *Influence of mixture of the UF adhesive and dispersion PVAc adhesive for bonding strength*.

Diploma thesis. Brno: Mendel university in Brno, 2015.

The thesis deals with the influence of mixture of the UF adhesive and dispersion PVAc adhesive for bonding strength in shear strength. For the testing were selected two economically very important wood species (the spruce and beech wood) which are used in construction, furniture and building industry. All samples were grouped by the type of adhesive and by the temperature used for 28 days conditioning. All samples were bonded with coating 120 g/m². After bonding, pressing and conditioning to required temperature were all samples subjected to a test, which examines the bonding strength in shear. The thesis deals with the comparison of the results and examines the effect of the adhesive mixture to bonding strength.

Keywords

Urea-formaldehyde adhesive, PVAc adhesive, mixture of adhesives, bonding strength, spruce and beech wood, temperature.

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce	11
2.1	Výzkumná otázka	11
3	Literární část	12
3.1	Základní pojmy	12
3.2	Dřevo jako základní materiál	13
3.3	Jehličnaté dřevo	13
3.3.1	Tracheidy.....	14
3.3.2	Parenchymatické buňky	15
3.3.3	Dřeňové paprsky.....	15
3.3.4	Pryskyřičné kanálky.....	15
3.3.5	Podélný dřevní parenchym	15
3.4	Listnaté dřevo.....	16
3.4.1	Cévy	16
3.4.2	Cévice	18
3.4.3	Libriformní vlákna	18
3.4.4	Parenchymatické buňky	19
3.5	Vlastnosti dřeva ovlivňující pevnost spoje.....	19
3.6	Teorie lepení.....	21
3.6.1	Lepidla	25
3.6.2	Tvorba lepidlového spoje	26
3.6.3	Rozdělení lepidel.....	29
3.6.4	Faktory ovlivňující kvalitu lepeného spoje.....	32
3.7	Vady vyskytující se v nábytkářství.....	36
3.7.1	Technologické vady	36
3.7.2	Vady zapříčiněné mikroskopickou stavbou dřeva	36
3.7.3	Vady vzniklé nevhodnou konstrukcí lepeného spoje	36
3.7.4	Vady vzniklé špatnou volbou lepidla	36
3.8	Vady lepených spojů	37
4	Použitá lepidla a dřeviny	39

4.1	PVAc lepidlo Cascol 3326.....	39
4.2	UF lepidlo Kronocol U300.....	39
4.3	Smrkové dřevo.....	39
4.4	Bukové dřevo.....	40
5	Použité přístroje	42
5.1	Zkušební zařízení Instron 3365.....	42
5.2	Lisovací zařízení Polymertest.....	42
5.3	Digitální vlhkoměr Merlin HM8 – WS13	42
5.4	Digitální dotykový teploměr Greisinger GTH 1170	43
5.5	Laboratorní sušárna Venticell 111 – Komfort.....	43
5.6	Klimatizační komora Memmert HPP108	43
5.7	Truhlicová mraznička	43
5.8	Dotykový měřič drsnosti povrchu Mitutoyo SJ – 201 P	43
5.9	Rotační viskozimetr Elcometer 2300 RV	44
5.10	Analytická váha Denver Instrument SI-234A	45
5.11	Ostatní pomůcky	45
6	Použité zkušební vzorky a metody	46
6.1	Použité zkušební vzorky pro zkoušku smykové pevnosti.....	46
6.2	Vlhkost zkušebních vzorků.....	47
6.3	Teplota zkušebních vzorků.....	47
6.4	Drsnost zkušebních vzorků	48
6.5	Sušina zkušebních lepidel.....	48
6.6	Reaktivita zkušebních lepidel.....	49
6.7	Viskozita zkušebních lepidel.....	50
7	Metodika	51
7.1	Příprava zkušebních vzorků.....	51
7.2	Lepení zkušebních vzorků	51
7.3	Lisování zkušebních vzorků.....	52
7.4	Aklimatizace zkušebních vzorků.....	53
7.5	Zkouška pevnosti lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání	53
7.6	Postup zkoušky pevnosti lepeného spoje ve smyku při tahovém napětí	54
7.6.1	Vzorky klimatizované na pokojovou teplotu 22 °C (± 1 °C)	54

7.6.2	Vzorky klimatizované při teplotě $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)	55
7.6.3	Vzorky klimatizované při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)	55
8	Výsledky laboratorního měření zkoušky pevnosti lepidel ve smyku při tahovém namáhání	56
8.1	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Kronocol U 300	58
8.2	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Cascol 3326.....	59
8.3	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %)	60
8.4	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %)	61
8.5	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %)	62
8.6	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Kronocol U 300	63
8.7	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326.....	64
8.8	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %)	65
8.9	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %)	66
8.10	Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %)	67
8.11	Grafické porovnání pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku při použití jednotlivých typů lepidel	68
8.12	Grafické porovnání pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku při použití jednotlivých typů lepidel	69
8.13	Statistické vyhodnocení závislosti lepidel na pevnost lepeného spoje u smrkového dřeva pomocí 2-faktorové ANOVY s opakováním.....	70
9	Diskuse	73
10	Závěr	77
11	Summary	79
12	Seznam použité literatury a ostatních zdrojů	81
12.1	Literární zdroje.....	81
12.2	Elektronické zdroje	83

13	Seznam použitých norem	86
14	Seznam tabulek	87
15	Seznam obrázků	88
16	Přílohy	90

1 Úvod

V dnešní době jsme více než kdy jindy svědky negativního vlivu působení člověka na celou naši planetu. Jedná se především o změnu klimatických podmínek, znečištění životního prostředí – od neúměrného dolování nerostů, přes stále rychleji se zvyšující těžbu ropy, narůstající chemizaci průmyslu, vypouštění exhalací do ovzduší až po problematiku odpadů. I přes snahu vlád nejvyspělejších zemí světa zavádět různé regulace a limity se nedaří efektivně snižovat znečištění životního prostředí. Je tedy více než důležité, aby veškeré činnosti, které mají být jen minimální dopad na životní prostředí, byly co nejvíce ekologické a ekonomické. S problematikou znečištění životního prostředí se setkáváme i v nábytkářském průmyslu. Z tohoto důvodu je potřeba neustále zkoumat a vyvíjet nové a lepší způsoby úpravy povrchu materiálů a použítá lepidla.

Problematika lepení materiálů v nábytkářském průmyslu je složitý proces, který závisí na mnoha faktorech. Setkáváme se zde s pojmy jako adheze, koheze, adherend, teplota, hustota, tlak a jiné. Všechny tyto faktory ovlivňují výslednou pevnost lepeného spoje. Jedním ze způsobů, jak zlepšit pevnost spoje, je využití správné směsi lepidla aplikované na vhodné materiály s ohledem na teplotu vzorků a okolí.

V nábytkářském průmyslu se používá velké množství různých typů lepidel. Každou chvíli přichází na trh nová a lepší lepidla, která slibují rychlejší vytvrzení, lákavější cenu nebo kladou důraz na ekologii. Tato nová lepidla jsou vyvíjena na bázi nových poznatků z oblasti chemie nebo jsou vytvořena za použití směsi dvou nebo více známých lepidel. V konečném důsledku by všechna lepidla měla směřovat k co nejmenšímu vlivu na životní prostředí, ať už pomocí co nejmenšího množství aplikovaného lepidla nebo využitím vody namísto těkavých látek.

Tato práce zkoumá vliv dvou významných lepidel v nábytkářském průmyslu na kvalitu spoje a hledá možnosti využití vlastností těchto lepidel ve směsi. Jedná se o močovinoformaldehydová lepidla a PVAc lepidla. Jako vzorky byly použity dřeva buku a smrku, které reprezentují jedny z nejpoužívanějších dřevin v České republice.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je:

- Stanovit vliv poměru míchání směsi termoreaktivního dvousložkového lepidla a disperzního PVAc lepidla na pevnost lepeného masivního dřeva buku a smrku v závislosti na teplotě prostředí a vzorků.
- Analyzovat vlastnosti termoreaktivních močovinoformaldehydových dvousložkových lepidel a vlastnosti PVAc disperzních lepidel v závislosti na teplotě prostředí a vzorků.
- Analyzovat vliv masivních druhů dřev (buk, smrk) na pevnost lepeného spoje v závislosti na teplotě prostředí a vzorků.
- Analyzovat vliv teplotních podmínek prostředí na pevnost lepeného spoje.
- Vyhodnotit dosažené výsledky vlivu poměru míchání lepidlové směsi močovinoformaldehydového lepidla a PVAc lepidla.

2.1 Výzkumná otázka

- Má poměr míchání směsi termoreaktivního dvousložkového lepidla a disperzního PVAc lepidla kladný vliv, tedy zlepšuje pevnost lepeného spoje?
- Má teplota a vlhkost vzorků vliv na pevnost lepeného spoje?

3 Literární část

3.1 Základní pojmy

Adhezivum: Nekovová látka schopná spojovat materiály slepením povrchů (adhezí) s tím, že lepený spoj disponuje potřebnou vnitřní pevností (kohezí). (ČSN EN 923+A1)

Adheze: Vlastnost povrchu nepřilnout k lepidlu nebo působit jako separační činidlo. (ČSN EN 923+A1)

Adherend: Těleso, které je přilepeno nebo má být přilepeno k jinému tělesu. (ČSN EN 923+A1)

Koheze: Stav, ve kterém jsou částice jedné látky drženy pohromadě mezimolekulárními silami. (ČSN EN 923+A1)

Smáčivost: Schopnost kapaliny (lepidla) rozprostřít se po určitém povrchu. (ČSN EN 923+A1)

Pevnost spoje: Síla potřebná k porušení lepeného spoje bez ohledu na typ porušení. (ČSN EN 923+A1)

Pevnost ve smyku: Síla na jednotku plochy potřebná k porušení lepeného spoje působením smykových sil. (ČSN EN 923+A1)

Otevřená doba: Časový interval mezi nanesením lepidla na adherendy a sestavením lepeného spoje. (ČSN EN 923+A1)

Viskozita: Podíl smykového napětí a smykové rychlosti při ustáleném jednoduchém smykovém toku. (ČSN EN 923+A1)

Tvrdidlo: Látka, která způsobuje vytvrzení lepidla následkem chemické reakce. (ČSN EN 923+A1)

UF lepidlo: Zkratka pro močovinoformaldehydová lepidla.

PVAc lepidlo: Zkratka pro polyvinylacetátová lepidla.

3.2 Dřevo jako základní materiál

Dřevo je jednou z nejvýznamnějších přírodních látek. Vedle svého velkého rozšíření na zemi a z toho pramenící levné ceny vděčí za své postavení ve světovém hospodářství celé řadě vlastností (jako tvrdost, pevnost, pružnost, nízká hmotnost), které jej činí vhodným materiálem k mnohostrannému technologickému použití.

K tomu se přidává ještě snadnost jeho opracování, tváření i trvanlivost, jež se dá zvýšit vhodnými způsoby. Zvláštní význam mají také sloučeniny získané ze dřeva chemickou cestou.

Pojmem „dřevo“ rozumíme kůry zbavený podíl kmenů, větví a kořenů stromovitých a keřovitých rostlin.

Dřevo není hmotou stejnoměrně hustou, nýbrž má buněčnou stavbu. Buněčná struktura dřeva je nerozlučně spojena s jeho chemismem. Stěny buněk dřevní hmoty jsou „zdřevnatělé“ a mají od celulosy odlišnou povahu.

Dřevo má vůči mnohým základním důležitým surovinám zvláštní přednost – možnost stálého a rychlého dorůstání v přírodě. Této zvláštnosti se ještě v poslední době snažíme napomáhat pěstováním rychle rostoucích dřevin. (Kürschner, 1952)

Dřevo je svou fyzikální a chemickou podstatou jednou z nejdůležitějších surovin na světě. Vyskytuje se hlavně ve dřevné tkáni stromů a umožňuje jim dosahovat výšek až 160 m, jak dokazují sekvojové lesy na západě USA a australské eukalypty. Zprostředkuje vedení vody a živin až do těchto značných výšek, je příčinou odolnosti i vůči mocným bouřím. Svým složením způsobuje také vysoké stáří stromů.

I přes dosažený vývoj v oboru konstrukčních materiálů zůstává dřevo populárním materiálem pro interiéry a exteriéry. Z ekologického hlediska je využívání dřeva velmi vhodné, neboť jde o obnovitelný surovinový zdroj. (Horáček, 2000)

Z výše zmíněných důvodů vidíme, jaké obrovské výhody dřevo nabízí. Je jen na nás – lidstvu, jak se k němu zachováme a využijeme ho.

Tato diplomová práce se zabývá vlivem složení směsi lepidel na pevnost lepeného spoje, která jsou aplikovaná na dřevěný podklad. Je tedy nutné znát základní anatomickou stavbu dřeva, která velkou měrou ovlivňuje následné mechanické vlastnosti lepených materiálů jako celku. Jako reprezentanti byly vybrány vzorky smrku a buku. Jedná se o zástupce z řad jehličnatých stromů i z řad listnáčů.

3.3 Jehličnaté dřevo

Jehličnaté dřeviny jsou vývojově starší než dřeviny listnaté. Jehličnaté dřevo má jednoduchou, téměř pravidelnou stavbu, složenou pouze ze dvou typů anatomických elementů – tracheid (cévic) a parenchymatických buněk. Parenchymatické buňky skládají dřevové paprsky, podélný dřevní parenchym a podílejí se na stavbě pryskyřičných kanálků.

Tab. 1 uvádí procentuální zastoupení tracheid a struktur tvořených parenchymatickými buňkami ve dřevě pro tuzemské hospodářsky nejdůležitější jehličnaté dřeviny.

Tab. 1 Procentuální zastoupení tracheid a struktur tvořených parenchymatickými buňkami ve dřevě vybraných jehličnanů (Gandelová,2002)

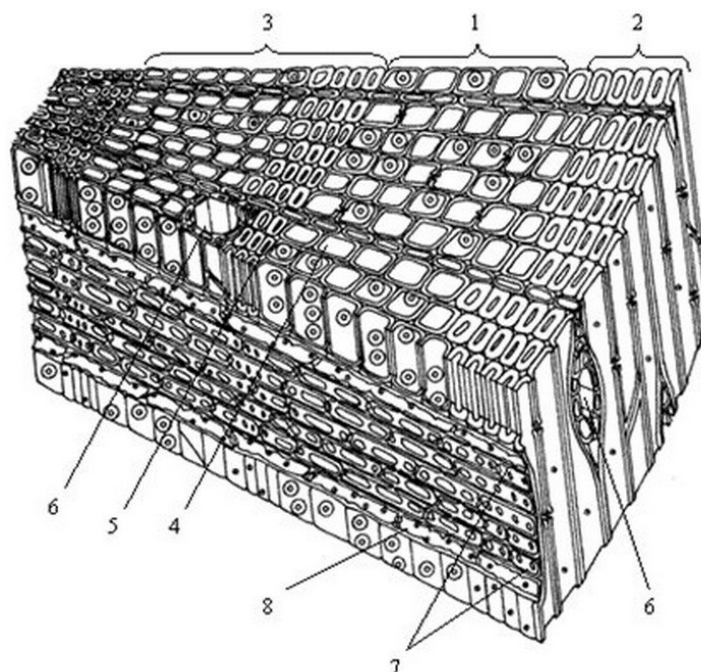
Dřevina	Tracheidy	Dřeňové paprsky	Pryskyřičné kanálky	Dřevní parenchym
	%			
Smrk	92,5–95	5,0–7,2	0,2–0,3	Nepatrně
Borovice	91	5,3–8,4	0,5–1,1	-
Modřín	89	10	0,1	0,9

3.3.1 Tracheidy

Tracheidy (cévice) jsou základním anatomickým elementem jehličnatých dřevin. Dle Tab. 1 tvoří až 95 % celkového objemu dřeva. V jehličnatém dřevě mají především vodivou a mechanickou funkci. Obvykle jsou dlouhé 2–6 mm (např. smrk 2,9 mm) a široké kolem 0,04 mm. Jejich orientace je v podélné ose kmene. Tracheidy se dělí na jarní a letní.

Jarní tracheidy se tvoří na začátku vegetačního období. Mají převážně vodivou funkci (vedou vodu a živiny). Letní tracheidy se tvoří převážně v druhé polovině vegetačního období. Ve dřevě pak plní především mechanickou funkci.

Tracheidy jsou ve dřevě orientovány vertikálně, ovšem ve dřevě některých jehličnanů se můžeme setkat s tzv. příčnými neboli ležatými tracheidy, které jsou uloženy horizontálně. (Gandelová, 2002; Dubovský, 2003)



Obr. 1 Prostorové znázornění anatomické stavby jehličnatého dřeva, kde: 1) jarní dřevo, 2) letní dřevo, 3) letokruh, 4) jarní tracheida s dvojtečkami, 5) letní tracheida, 6) pryskyřičný kanálek, 7) dřeňový paprsek, 8) příčná tracheida (<http://goo.gl/w4O4ae>)

3.3.2 Parenchymatické buňky

Parenchymatické buňky jehličnatého dřeva lze poznat díky jejich charakteristickému tvaru kratších hranolků, válců nebo vřeten. Ve dřevě mají především vodivou a zásobní funkci – slouží k vedení živin a k ukládání zásobních látek.

Parenchymatické buňky uložené kolmo na osu kmene tvoří dřevňové paprsky a horizontální pryskyřičné kanálky. Parenchymatické buňky uložené rovnoběžně s osou kmene tvoří axiální dřevní parenchym a vertikální pryskyřičné kanálky. (Šlezingerová, 1998)

3.3.3 Dřevňové paprsky

Dle Tab. 1 tvoří dřevňové paprsky 5-10% z celkového objemu dřeva. Jsou tvořeny pásy parenchymatických buněk orientovaných kolmo na letokruhy. Mají vodivou a zásobní funkci – vedou růstové látky a živiny a ukládají energeticky bohaté látky jako škroby a tuky.

Parenchymatické buňky dřevňových paprsků rozeznáváme dle jejich charakteristického tvaru krátkých válečků, které mají na buněčných stěnách jednoduché ztenčení – tečky. Na radiálním řezu vytvářejí typické lesklé plochy, tzv. zrcadla.

Rozeznáváme dva typy dřevňových paprsků – homocelulární a heterocelulární. U dřev jehličnanů bez pryskyřičných kanálků (jedle, tis, jalovec) jsou dřevňové paprsky jednovrstevné a tvořeny pouze parenchymatickými buňkami, tedy tzv. homocelulární (stejnobuněčné). U jehličnatých dřevin s výskytem pryskyřičných kanálků (smrk, borovice, modřín) se na stavbě pryskyřičných kanálků podílejí kromě parenchymatických buněk také příčné tracheidy. V tomto případě označujeme tyto dřevňové paprsky jako heterocelulární (různobuněčné). (Gandelová, 2002)

3.3.4 Pryskyřičné kanálky

Výskyt pryskyřičných kanálků u tuzemských dřevin není pravidlem. Nenajdeme je např. u jalovce, jedle nebo tisu. Tvoří ve dřevě síť horizontálních a vertikálních kanálků, které jsou vyplněné pryskyřicí. Při poranění stromu se tvoří nové pryskyřičné kanálky, díky nimž pryskyřice uzavírá poškozená místa. Tab. 1 uvádí procentuální zastoupení pryskyřičných kanálků vybraných dřevin mezi 0,1–1,1 % z celkového objemu dřeva. (Gandelová, 2002; Šlezingerová, 2005)

3.3.5 Podélný dřevní parenchym

Podélný či axiální dřevní parenchym je složen z pásů parenchymatických buněk nebo je tvořen jednotlivými buňkami orientovanými podélně s osou kmene. Ve dřevě má zásobní funkci, tedy ukládá zásobní látky. Vyskytuje se pouze v malém množství a není pravidlem u všech jehličnatých dřevin. Tab. 1 uvádí zastoupení dřevního parenchymu ve dřevě modřínu 0,9 % z celkového objemu dřeva. U smrku je to pouze nepatrné množství a pro borovici uvádí nulový výskyt.

Vzhledem k jeho malému množství a rozměrům v dřevě jehličnatých stromů významně neovlivňuje vlastnosti dřeva ani se ve větší míře nepoužívá při identifikaci dřeva. (Dubovksý, 2003)

3.4 Listnaté dřevo

V porovnání s jehličnatými dřevinami je dřevo listnáčů vývojově mladší. Ve srovnání s jehličnatým dřevem má složitější stavbu a na jeho stavbě se podílí více anatomických elementů. Tyto elementy mají specializované funkce – viz. Tab. 2. Dále jsou tyto anatomické elementy rozměrově různorodější a rozmanitější a tvoří typické pravidelné radiální řady. Podle orientace je dělíme na elementy orientované podélně s osou kmene a elementy uložené kolmo na osu kmene. (L. Gandelová, 2002; Dubovksý, 2003)

Složitá struktura ovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva, které mají většinou těsnou souvislost s jeho hustotou. Tvrdé dřevo listnatých stromů bývá zpravidla odolnější nežli měkké dřevo jehličnatých stromů. Vyznačuje se rovněž větší pestrostí barev, textury a žilkování. (Praktická kniha o dřevě, 2009)

Dřevo listnáčů dělíme do tří skupin. První skupinu tvoří tzv. kruhovitě pórovité dřeviny (dub, akát). Druhou skupinu zastupují tzv. roztroušeně pórovité dřeviny (buk, topol). Třetí skupinu reprezentují dřeva švestky nebo třešně, které spadají mezi polokruhovitě pórovité dřeviny. (Šlezingerová, 2005)

Tab. 2 Přehled anatomických elementů dřeva listnáčů s uvedením funkce a orientace ve dřevě (Gandelová, 2002)

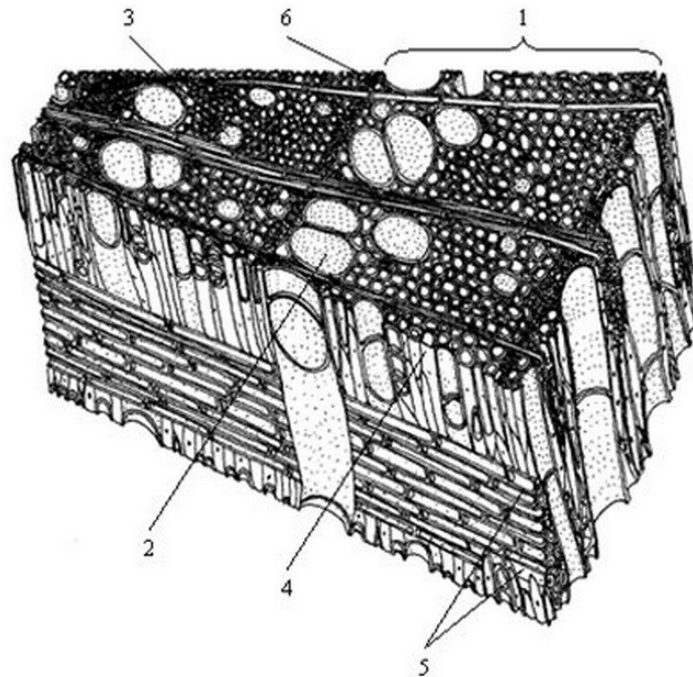
Druh buněk	Hlavní funkce	Uložení
Cévy - tracheje	Vodivá	Ve směru podélné osy kmene
Cévovité tracheidy	Vodivá	
Vláknité tracheidy	Mechanická	
Vazicentrické tracheidy	Vodivá	
Libriformní vlákna	Mechanická	
Parenchymatické buňky axiálního parenchymu	Zásobní	
Epitelové buňky kanálků	Vylučovací	Kolmo na osu kmene
Parenchymatické buňky dřevňových paprsků	Vodivá, zásobní	
Epitelové buňky kanálků	Vylučovací	

3.4.1 Cévy

Cévy (tracheje) jsou pro dřevo listnáčů typickým elementem, který má podle Tab. 2 především vodivou funkci. Ve dřevě je pozorujeme jako dlouhé kapiláry, které mohou dosahovat délek od několika milimetrů až po několik metrů. V bělové části dřeva tvoří síť vodivých drah, které transportují vodu a minerální látky (živiny) od kořene ke koruně. V jádrovém dřevě (centrální část kmene) slouží i jako zásobárna vody. U dřev jako buk

a dub tvoří letokruhovou síť. U jiných přesahují hranice letokruhů a síť cév prostupuje dřevem, což lze pod mikroskopem pozorovat tak, že cévy sousedních letokruhů jsou propojeny na hranicích dvojtečkami (např. jasan nebo javor).

Cévy jsou tvořeny soubory nad sebou uložených mrtvých buněk (živé pouze v posledním letokruhu do dokončení diferenciací), tzv. cévních článků, jejichž původní příčné buněčné stěny se v průběhu diferenciací rozrušily. Tam, kde nejsou příčné přehrádky uvolněny, cévy končí.



Obr. 2 Prostorové znázornění anatomické stavby listnatého dřeva, kde: 1) letokruh, 2) jarní céva, 3) letní céva, 4) librifórní vlákno, 5) dřeňový paprsek, 6) podélný parenchym
(<http://goo.gl/EXD4pd>)

U některých listnáčů (javor, habr, akát) se na stěnách cév vyskytují tzv. ztlustěnin, které zvyšují jejich mechanickou pevnost.

Rozměry a tvar cévních článků jsou velmi variabilní. Můžeme říci, že čím jsou cévní články širší, tím jsou kratší. Pokud má cévní článek průřez větší než 100 μm , tvoří tzv. makropóry. Cévní články užší než 100 μm označujeme jako mikropóry. Uspořádání i rozměry cév jsou nejlépe zřetelné na příčném řezu, kde tvoří okrouhlé nebo jinak tvarované otvory. Mohou se vyskytovat jednotlivě (javor, jabloň) nebo tvoří skupiny (dub, topol) nebo je můžeme pozorovat v různých kombinacích rozmístění (pajasan, lípa). Podle uspořádání cév jsme schopni již na makroskopické úrovni rozřazovat dřeviny do jednotlivých skupin, a to mezi kruhovitě pórovité, mezi dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva a do skupiny polokruhovitě pórovitých dřevin.

Cévy jsou ve dřevě listnáčů zastoupeny přibližně 10 % z celkového objemu dřeva. Celkový podíl cév se mění v závislosti na druhu dřeviny, stáří stromu nebo na poloze v kmeni nebo na poloze v letokruhu. (Gandelová, 2002)

3.4.2 Cévice

Cévice či tracheidy tvoří ve dřevě listnáčů přechodné typy anatomických elementů. Vykonávají především vodivou, mechanickou a někdy i zásobní funkci. Vzhledem k jejich tvarové a funkční odlišnosti je dělíme na tři skupiny:

- Cévovité tracheidy jsou přechodné anatomické elementy mezi typickými tracheidami jehličnanů a cévami listnáčů. Jsou to uzavřené protáhlé buňky s četnými dvojtečkami na stěnách. Jak uvádí Tab. 2, v živém stromě vykonávají vodivou funkci – transportují vodu a minerální látky. Vyskytují se jen u některých listnáčů, např. jilm nebo kaštanovník, typické jsou zejména pro buk.
- Vazicentrické tracheidy jsou naopak krátké uzavřené buňky se zaoblenými konci. Na buněčných stěnách mají drobné okrouhlé dvojtečky. Dle Tab. 2 lze pozorovat, že se podílí na vodivé funkci. Tyto tracheidy lze nalézt např. ve dřevě buku nebo dubu.
- Vlákňité tracheidy jsou přechodným elementem mezi tracheidami jehličnanů a libriformními vlákny listnáčů. Mají protáhlý tvar se zašpičatělým koncem a malými okrouhlými dvojtečkami na stěnách. Tvarem se podobají libriformním vláknům, proto je někdy složité je odlišit. Tab. 2 uvádí, že vlákňité tracheidy mají především mechanickou funkci, ale mohou plnit do jisté míry i zásobní či vodivou funkci. Jsou typické zejména pro platan, břizu, ořešák a jiné. (Gandelová, 2002)

3.4.3 Libriformní vlákna

Libriformní vlákna (dřevní vlákna) jsou základem pletiva dřeva většiny listnatých stromů. Ve dřevě jsou zastoupeny až 75 % z celkového objemu dřeva (v závislosti na druhu dřeva), např. v buku 37 % nebo v javoru 75 %. Tab. 2 uvádí, že to jsou typické mechanické elementy. Jejich buňky jsou protáhlé se zašpičatělým (vidličkovitým, zoubkovitým) koncem a malými tečkami na stěnách.

Rozměry i tvar libriformních vláken jsou velmi rozdílné v závislosti na druhu dřeviny, poloze v letokruhu nebo věku stromu. Délka libriformních vláken a tloušťka jejich buněčných stěn se ve směru od jarního k letnímu dřevu zvyšuje, zatímco od báze kmene ke koruně se snižuje. Tloušťka stěn libriformních vláken ovlivňuje fyzikální, mechanické i technologické vlastnosti dřeva. (Šlezingerová, 1998)

Jak lze vidět v Tab. 2, libriformní vlákna jsou uložena axiálně (ve směru osy kmene).

3.4.4 Parenchymatické buňky

Ve dřevě listnatých stromů nalezneme více parenchymatických buněk než u jehličnanů. Jsou také tvarově rozmanitější. Gandelová (2002) udává procentické zastoupení parenchymatických buněk ve dřevě listnáčů 8–35% celkového objemu dřeva.

Dle Tab. 2 obstarávají vodivou a zásobní funkci. Dále vidíme, že mohou být ve dřevě uloženy ve směru podélné osy kmene, kde tvoří tzv. axiální (podélný) dřevní parenchym nebo ve směru kolmém na podélnou osu kmene, kde tvoří radiální parenchym tvořící dřevňové paprsky. (Gandelová, 2002)

V Tab. 3 jsou uvedeny a mezi sebou porovnány vybrané dřeviny včetně jejich anatomických elementů v procentuálním zastoupení z celkového objemu dřeva.

Tab. 3 Procentuální zastoupení jednotlivých anatomických elementů v listnatém dřevě vybraných dřevin (Balabán, 1995)

Dřevina	Cévy	Libriformní vlákna	Parenchymatické buňky
	%		
Buk	31	37,4	27
Topol	26,4	60,9	12,7
Javor	6,9	75,9	17,2

3.5 Vlastnosti dřeva ovlivňující pevnost spoje

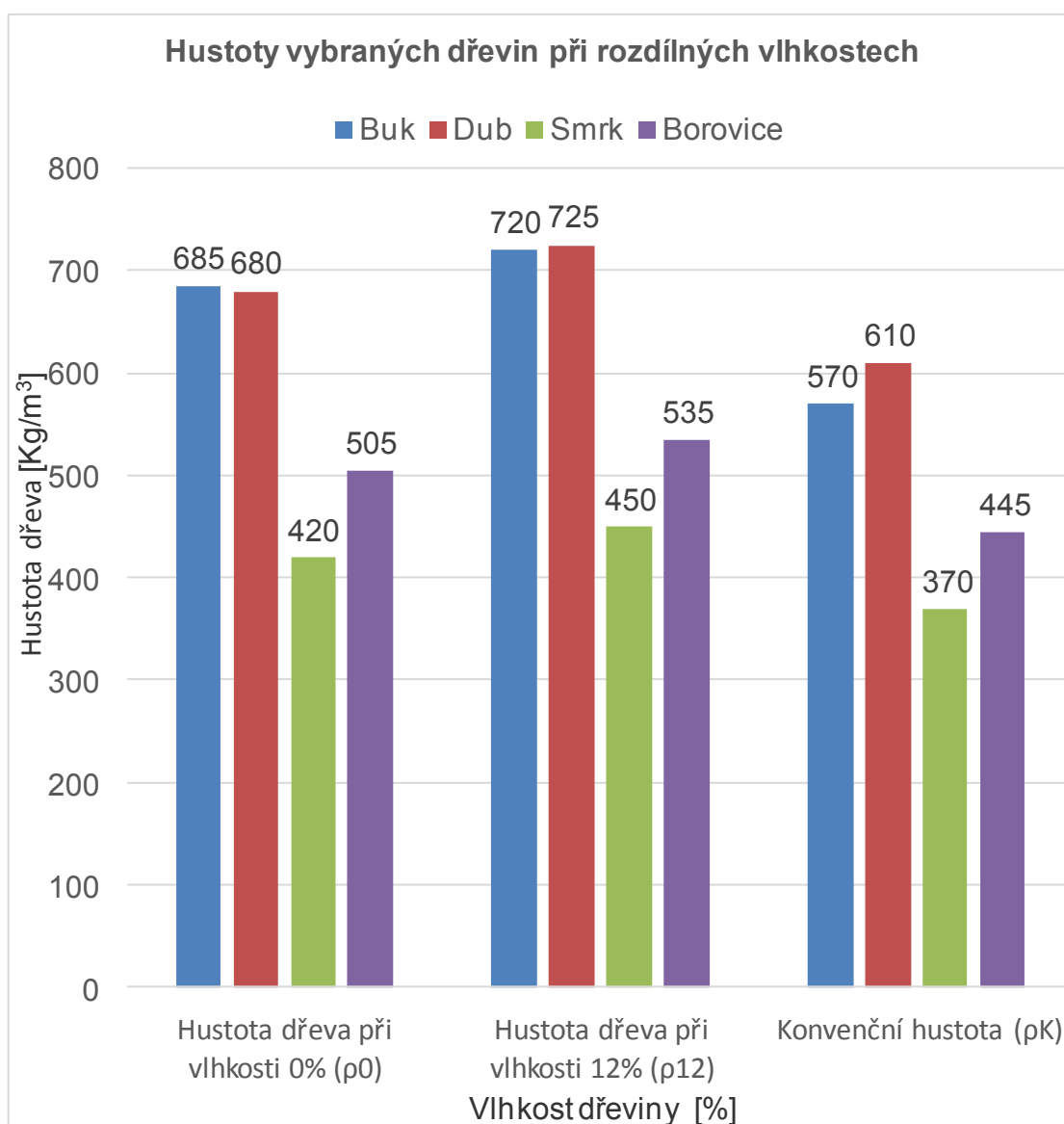
Pro pochopení vlivu vlastností je nutné znát anatomickou stavbu dřeva, která se významnou měrou podílí na konečné pevnosti lepeného spoje. Je to dáno především heterogenitou materiálu, který je složen zejména z hlavních složek (celulóza, hemicelulóza, lignin), ale i dalších průvodních látek, které ovlivňují pevnost spojení. Mezi tyto látky patří například bílkoviny, škrob, tuky, cukry nebo soli. U jehličnatých stromů se vyskytují také pryskyřice a éterické oleje, které můžou reagovat s lepidlem a tím snižovat jeho efekt. Listnaté dřeviny, které obsahují třísloviny, můžou taktéž ovlivňovat vlastnosti lepeného spoje.

Mezi základní faktory ovlivňující pevnost lepeného spoje patří vlhkost, teplota, hustota a druh dřeva.

- Vlhkost materiálu (dřeva) významnou měrou ovlivňuje chování vůči lepidlu. Dřevo je hydrofilní materiál, který obsahuje vodu vázanou a volnou. Voda volná vyplňuje kapiláry, lumeny a mezibuněčné prostory. Voda vázaná je uložena přímo v buňkách. Stav kdy, jsou buňky maximálně nasyceny vodou, se nazývá bod nasycení vláken (mez hydroskopie). Důsledkem příjmu a ztráty vody dochází k bobtnání a sesychání. To se potom může projevit na kvalitě lepeného spoje. (Zlezingerová, 2005)
- Teplota hraje důležitou roli během vytvrzování lepidla. Při vytvrzování je důležitá nejen teplota okolí, ale i teplota materiálu. U disperzí se používá zkratka MFT (minimální filmotvorná teplota), což je nejnižší teplota, při které ještě vzniká kvalitní

čirý film. Obvykle tato teplota neklesá pod 10°C, v opačném případě může dojít k nedokonalému vytvrzení lepidla. Naopak při velmi vysoké teplotě materiálu může dojít k předčasnému vytvrzení lepidla. (Eisner, 1958; Rowell 2005)

- Hustota materiálu je dalším aspektem, který ovlivňuje pevnost spoje. Hodnota hustoty dřeva je u každého dřeva rozdílná. Je to dáno jeho unikátní anatomickou stavbou, chemickým složením, vlhkostí nebo rozdílnou polohou ve kmeni. V Obr. 3 lze vidět srovnání hustot při různých vlhkostech dřeva. P_0 při absolutně suchém dřevě, P_{12} při 12% vlhkosti dřeva. Konvenční hustota P_k se používá pro teoretické výpočty. Je to podíl hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu a jeho objem při určité vlhkosti. Konvenční hustota tedy udává, kolik sušiny se nachází v nabobtnaném objemu dřeva. (Šlezingerová, 2005)



Obr. 3 Hustoty vybraných dřevin při rozdílných vlhkostech (Šlezingerová, 2005)

- Druh dřeva hraje také roli při lepení. Na druhu dřeva závisí např. anatomická stavba či obsah pryskyřic. Výsledkem jsou rozdílné vlastnosti při lepení. Dřevo buku vyžaduje kvalitnější povrchové opracování, jinak hrozí vytlačení lepidla z lepidlové spáry a degradace pevnosti. Bukové dřevo je náchylnější na vlhkost – tím se zvyšuje riziko pnutí a deformace. Naopak dřevo smrku lze lepit jednodušeji. Při lisování se nerovnosti vyrovnají, jelikož je dřevo měkčí. (Eisner, 1958)

Dalším faktorem ovlivňujícím výsledné vlastnosti spojení je hodnota pH. Tuto hodnotu je nutné sledovat jak u dřeviny, tak u lepidla. Extrémně kyselá nebo naopak zásaditá lepidla působí škodlivě na dřevo a tím snižují mechanické vlastnosti dřeva v oblasti lepeného spoje.

Tab. 4 Hodnoty pH v různých dřevinách (Sedliáčik, 1992)

Dřevina	Hodnota pH
Dub	4
Borovice, smrk	4–5
Bříza, jedle, lípa, buk	5–6

Při použití močovinoformaldehydových lepidel (UF) tvrdnoucích již při slabě kyselé reakci je třeba zohlednit i hodnoty pH samotné dřeviny. Rozdílné hodnoty pH zobrazuje Tab. 4. Zásaditá lepidla vyvolávají u některých dřevin vznik tmavých skvrn. Tento jev je zapříčiněn reakcí lepidla s tříslovinami (dub, ořech). Podobně zbarvují dřevo i soli těžkých kovů, které se dostávají do lepidla například z železných nádob. (Sedliáčik, 1992)

3.6 Teorie lepení

Nyní přichází na řadu druhý klíčový element, který se podílí významnou měrou na výsledné kvalitě lepeného spoje. Jedná se o samotná lepidla a proces tvorby lepeného spoje. Je tedy nutné seznámit se s pojmy jako adheze, soudržnost, přilnavost, lepená spára, lepidlo a osvojit si důkladně teorii lepení.

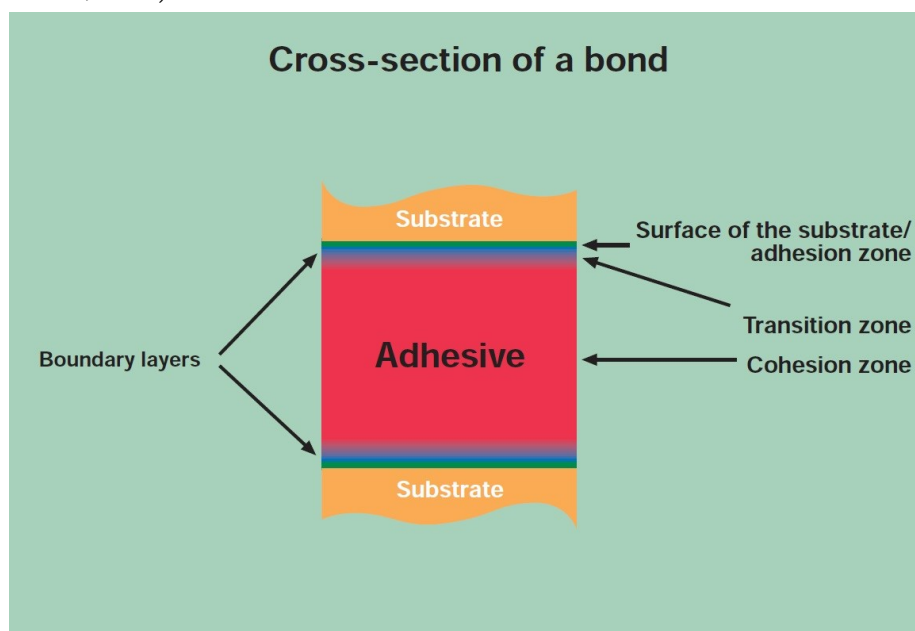
Lepení je jediným způsobem nerozebíratelného a nedestrukčního spojení dvou materiálů pomocí nekovových materiálů, který nenarušuje vlastnosti lepených materiálů. Nabízí nové kombinační schopnosti materiálů, které jsou jinými způsoby spojování nedosažitelné. Při lepení dřeva se ve většině případů vyžaduje, aby pevnost spoje dosahovala vyšších hodnot než pevnost lepeného materiálu, tedy dřeva. V nábytkářském průmyslu, např. při lepení dřeva by se jako první měl porušit adherend neboli lepený materiál. V praxi to znamená vytrhávání dřevních vláken, čímž dochází k porušení pevnosti lepeného spoje. (Drápela a kol., 1980)

Použití technologického procesu lepení je tradiční a nejrozšířenější metodou spojování. Byla vyvinuta speciální lepidla, která se vyznačují rychlým vytvrzováním, jednoduchou aplikací, přijatelnou cenou. Zásadním prvkem lepidel je, že musí zabezpečit vysokou pevnost spoje. (Trávník, 2007)

V samotném lepení materiálů působí mnoho různých faktorů a sil, díky kterým má výsledný spoj požadované vlastnosti – např. pevnost, pružnost. Tyto síly působí jak na adherendy, tak v samotném lepidle a významnou měrou tak ovlivňují kvalitu spoje.

Síla, která pojí dva materiály na rozhraní jejich povrchů, se označuje jako adheze. Kvalitní adheze je základem technologických procesů, jako jsou povrchové úpravy materiálů nebo lepení tuhých materiálů. Spojované materiály jsou obvykle dva materiály stejného nebo různého pevného skupenství. (Sedliačik, 1989)

Detail spojení dvou materiálů za pomoci lepidla objasňuje Obr. 4, kdy dva podklady (substrate) jsou spojeny lepidlem (adhesive). Detail dále popisuje hraniční vrstvy (boundary layers), které se nachází na hranici mezi adhezivem a substrátem. V této linii dochází k přímému styku povrchu substrátu (surface of the substrate) s nejsvrchnější vrstvou lepidla, tato část se nazývá adhezní zóna (adhesion zone). Jde o jednu z nejdůležitějších částí v lepeném spoji, na které závisí kvalita a pevnost spojení. Dále zde nalezneme přechodnou zónu (transition zone) a konečně kohezni zónu (cohesion zone), která má za následek dobrou vnitřní soudržnost molekul lepidla. Při použití správného lepidla tak obvykle dojde dříve k porušení podkladu (dřeva), nežli k porušení vrstvy lepidla. (FEICA, 2004; Sedliačik, 1989)



Obr. 4 Detail spojení dvou materiálů pomocí lepidla (<http://goo.gl/p0jPqb>)

Tento jev popisuje mechanická teorie soudržnosti lepeného spoje, která vysvětluje destrukci lepeného materiálu (dřeva) vniknutím kapalného lepidla do pórů a nerovností adherendu, následným vytvrdnutím a vytvořením velkého počtu mikrokolíkových spojů. Při nadměrném namáhání tohoto spoje dochází k poničení nikoliv lepidla, nýbrž adherendu. (Sedliačik, 1989)

Tímto způsobem však nelze objasnit teorii lepení nepórovitých materiálů. Je tedy jasné, že lepení závisí i na jiných faktorech, které byly nalezeny především v chemické

a molekulové interakci mezi adhezivem a adherendem. Postupem tak vznikly další teorie, které Sedliačik (1989) dělí na:

- **Teorie polarity:** Pravděpodobně nejrozšířenější teorie lepení. Teorie polarity vysvětluje adhezi vzájemnou přitažlivostí molekul chemickými (primárními) nebo fyzikálními (sekundárními) vazbami. Rozlišuje chemické vazby iontové, kovalentní a kovové.

Iontová vazba je charakteristická pro anorganické sloučeniny. Vyskytuje se u kovových i nekovových prvků. Tato vazba je velmi silná, odolná vůči vysoké teplotě. Vazby jsou natolik silné, že do jisté míry odolávají i polárním rozpouštědlům (např. vodě).

Dle Obr. 5 lze zjistit, že hodnota disociační energie (bond energy), kterou lze třeba vynaložit k roztrhnutí iontové vazby se pohybuje obvykle v intervalu 400–800 kJ/mol. Dále lze zjistit, že délka samotné vazby se pohybuje v intervalu 0,2–0,3 nm. (FEICA, 2004)

Kovalentní vazba vzniká, pokud mají dva atomy ve vnější elektronové vrstvě společný elektronový pár. Tento druh vazby je zastoupen především v organických sloučeninách. Tato vazba je velmi silná, těžko porušitelná mechanickými prostředky.

Dle Obr. 5 lze zjistit, že hodnota disociační energie (bond energy), kterou lze třeba vynaložit k roztrhnutí kovalentní vazby, se pohybuje obvykle v intervalu 150–950 kJ/mol. Dále lze zjistit, že délka samotné vazby je velmi malá, a to pouze 0,1–0,2 nm. (FEICA, 2004)

Kovová vazba je přítomna asi u 80 % všech známých kovů. (Růžičková, 2004)

Valenční elektrony atomů tvořící kov jsou volně sdílené mezi všemi atomy, takže kovové ionty jsou obklopeny a prostoupeny jakýmsi „elektronovým mrakem“. Přítomnost takových volných elektronů velmi dobře vysvětluje vysokou tepelnou a elektrickou vodivost, kovový lesk, pravidelnou krystalickou mřížku, nízkou elektronegativitu, tvorbu kationtů, neprůhlednost a další vlastnosti kovů. (Beiser, 1975)

Fyzikální (sekundární) síly jsou obvykle slabší než chemické a označují se jako Van der Waalsovy síly (Keesonovi, Debyeovi a Londonovi síly). Hodnota disociační energie (bond energy), kterou lze třeba vynaložit k roztrhnutí těchto vazeb se pohybuje obvykle v intervalu 2–15 kJ/mol. Délka vazeb se pohybuje v rozmezí 0,4–0,5 nm. (Sedliačik, 1989)

Posledním elementem interakce mezi dipóly jsou tzv. vodíkové můstky (hydrogen bonds). Je to slabá interakce mezi atomem vodíku („ochuzeným“ o elektrony) a jiným atomem, který má „přebytek“ elektronů. (ÚPOL,2010)

Dle Obr. 5 lze vidět, že vodíkové můstky tvoří silnější vazby než Van der Waalsovy síly. Hodnota energie, kterou lze třeba vynaložit k roztrhnutí těchto vazeb, se pohybuje obvykle v intervalu 20–30 kJ/mol. Jsou také kratší, zpravidla nepřekračují délku 0,2 nm.

- **Teorie difuze:** Tato teorie vysvětluje adhezi jako pohyb molekul z lepidla do podkladu a naopak. Přitom je nutné, aby migrující molekuly měly dostatečnou pohyblivost. Při experimentech bylo zjištěno, že pevnost adheze se zvyšuje s časem. Vyvinutý tlak zvětšuje kontaktní plochu a tím zvyšuje množství difundujících molekul. Zvýšená teplota urychluje difuzi a tím zvyšuje pevnost. Tato teorie je platná pouze tehdy, pokud alespoň na povrchu adhezivum tvoří adhezivum kaučukovo-elastický stav. (Sedláčik, 1989)
- **Teorie chemické vazby:** Tato problematika byla z větší části poposána v odstavci o teorii polarit. Navíc je ale dobré zmínit, že existují přímo reakce mezi lepidlem a substrátem. Během lepení dřeva může dojít k reakci močovinových a melaminových složek lepidel se skupinou OH, která se vyskytuje ve dřevě ve formě polysacharidů. (Sedláčik, 1989)

Jsou známé i další teorie lepení, které vysvětlují podstatu přilnavosti a soudržnosti mnoha jinými způsoby. V neposlední řadě je potřeba zmínit, že při samotném lepení mohou vystupovat tyto teorie dohromady. Může se tak dít u směsí lepidel, které kloubí vlastnosti více lepidel. Specifické teorie lepení jsou:

- elektrostatická teorie,
- teorie adsorpce,
- sterická adheze.

Adhesive forces		
Type	Bond length in nm	Bond energy in kJ/mol
Chemical bonds		
• Covalent	0.1–0.2	150–950
• Metallic	0.3–0.5	100–400
• Ionic	0.2–0.3	400–800
Intermolecular interactions		
• Van der Waal forces	0.4–0.5	2–15
• Hydrogen bonds	0.2	20–30

Obr. 5 Typy chemických a fyzikálních vazeb a jejich vlastnosti (<http://goo.gl/p0jPqb>)

3.6.1 Lepidla

Lepidla jsou látky schopné držet dohromady tuhé materiály v důsledku přilnavosti k jejich povrchům. Lepidlem se rozumí obecný termín, který zahrnuje výrazy jako klíh, cement, tmel, lepicí páska (fólie) nebo pasta, práškové a tavné lepidla. (Sedliačik, 1989)

Podle normy ČSN EN 923+A1 - Lepidla - Termíny a definice, jsou lepidla definovány jako nekovový materiál a pojivo, schopný spojovat materiály slepením povrchů (adhezí) s tím, že lepený spoj disponuje potřebnou vnitřní pevností (kohezí).

Lepidla představují v dřevařském a nábytkářském průmyslu důležitý pomocný materiál, který významně přispívá ke zdokonalení kvality výrobků. Lepidla jsou v dnešní době základem pro vznik nových progresivních materiálů nebo konečných produktů.

V souvislosti s využitím moderních lepidel můžeme zmínit lepené dřevěné konstrukce nebo velkoplošné materiály na bázi dřeva (DTD, MDF, OSB), které pomáhají odstranit nedostatky rostlého dřeva, jako je anizotropnost (různé vlastnosti v různých směrech), využití dřevního odpadu a tím i jeho ekonomické využití.

Využití lepidel sahá až do počátků naší civilizace. Už staří Egyptané používali lepidla při výzdobě dřevěných výrobků. Babyloňané využívali organické živice (dehet) jako lepidlo pro kamenné stavby. Římané používali taková lepidla, kdy směsí dehtu a včelího vosku lepili a vyspravovali části vlastních lodí. Ve středověku byly objeveny klihy, tedy lepidla vyrobená ze zvířecích kostí, která se hojně používala právě k lepení dřeva. Postupně přibývaly další a další formy lepidel jako jsou kaučuky či škrob. Na začátku 20. století přišel velký technický pokrok v oblasti chemie, který vytvořil předpoklady pro vznik nových, zejména syntetických lepidel. Tato lepidla splňují náročné požadavky na pevnost, pružnost a odolnost lepeného spoje vůči různým povětrnostním vlivům. Je tedy pravděpodobné, že představují budoucnost lepení. (Sedliačik, 1989)

Oproti klasickým metodám spojování za pomoci nýtu, šroubů nebo hřebíků nabízejí moderní lepidla některé výhody:

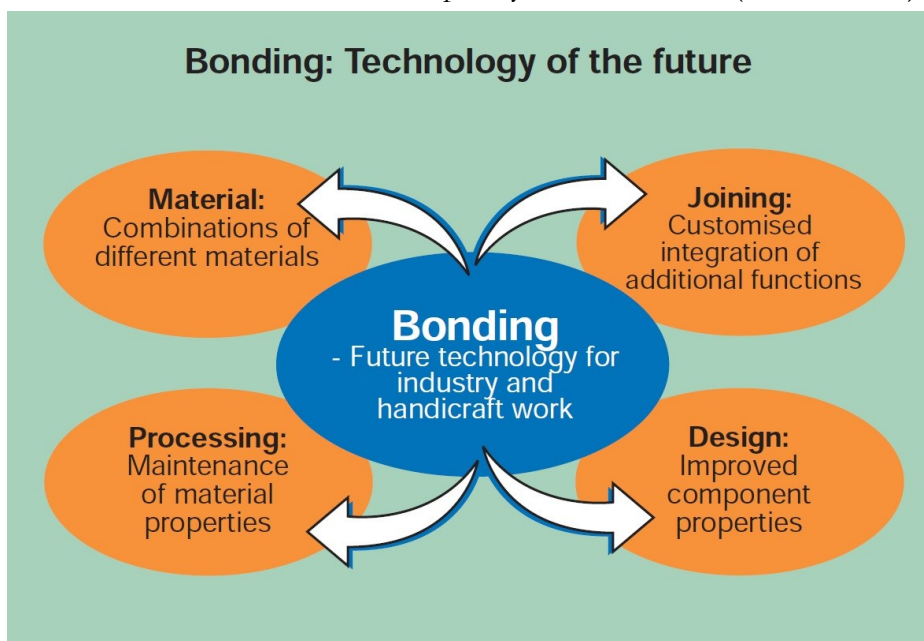
- Při působení vnějších sil na materiál rozkládají rovnoměrně sílu do celé plochy lepené spáry, kdežto u konvenčního spoje pomocí šroubů či hřebíků je narušující síla soustředěna zejména v bodech – přímo v místě spojení. V těchto bodech vzniká nadměrné pnutí a dochází zde obvykle k destrukci materiálu. (FEICA, 2004)
- Oproti klasickým mechanickým metodám spojování je výhodou celistvost materiálu. Za použití lepidel není nutné vrtat či jinak tvarovat materiál. Nesnižuje se tedy mechanická odolnost materiálu. (FEICA, 2004)

Jak uvádí Eisner (1966), vytvrzená lepidla by měla dále odolávat různým škodlivým faktorům, zejména biologickým škůdcům, vysokým teplotám, vlhkosti a jiným povětrnostním činitelům. Dále uvádí, že výsledný lepený spoj by měl být nejen pevný, ale

taky dostatečně pružný. Tím se snižuje riziko porušení spoje, který je vystaven pnutí, v důsledku objemových změn dřeva.

Tyto a další benefity předurčují lepidla pro spojovací materiál budoucnosti, který lze použít v různých odvětvích průmyslu, ale i jako domácího pomocníka při opravě poškozených věcí. Obr. 6 uvádí čtyři výhody použití lepidel a jejich perspektivní využití. Z tohoto obrázku lze vidět, že lepidla je možno používat ke spojování (lepení) různých druhů materiálů, např. dřevo–kůže, plast–dřevo nebo kov–dřevo. Lepidlem lze ovlivnit vlastnosti materiálu, ať už mechanické (např. pružnost) nebo fyzikální (např. lesk).

Je vidět, že lepidla mají obrovský potenciál do budoucna. Již dnes se masivně využívají v mnoha odvětvích. Jako příklad uveďme potravinářský průmysl, kde se používají zejména k výrobě obalů a jejich etiket (láhev–lepidlo–etiketa). Ve zdravotnickém průmyslu nacházejí uplatnění při aplikaci náplastí nebo ochraně léčiv skrytých v tobolce, kde chrání před nechtěnou vlhkostí. Ve velké míře je používáme i doma k lepení rozbitých předmětů nebo tam, kde je z estetických důvodů vyloučeno použití mechanických spojů jako šroub či hřebík. V dřevařském a nábytkářském průmyslu se lepidla již „zabydlela“ a jsou nedílnou součástí každodenního života, o stavebním průmyslu ani nemluvě. (FEICA, 2004)



Obr. 6 Schéma možnosti využití lepidel v průmyslu a řemeslné výrobě (<http://goo.gl/p0jPqb>)

3.6.2 Tvorba lepidlového spoje

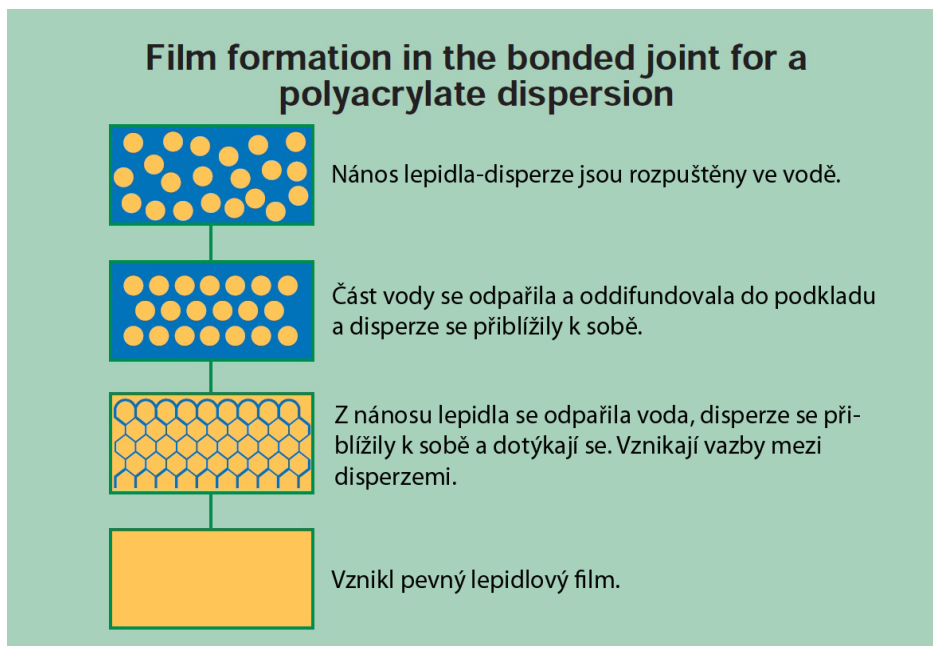
Proces tvorby lepidlového spoje začíná smáčením lepené plochy adherendu lepidlem v tekutém stavu a končí pevným lepeným spojením, vznikem lepidlové spáry. Urychluje se zpravidla teplem (odpařením vody nebo rozpouštědla a zahájením chemické reakce) a lisovacím tlakem, který zaručuje kvalitní vzájemné splnutí lepidla s lepenými plochami.

Pevnost lepeného spoje (spáry) závisí na kohezi (soudržnosti) lepidla, adhezi, složení lepidla, jeho přilnavosti na části spoje, tloušťce lepidlového filmu, způsobu nanášení

a u porézních materiálů jako je dřevo také na mechanickém zajištění lepidla v materiálu. (Tesařová a kol., 2014)

Tesařová a kol. (2014) rozlišuje tyto základní způsoby tvorby lepidlového filmu:

- **Tvorba lepidlového filmu rozpouštědlového lepidla s rozpuštěnými polymery v rozpouštědle odpařením rozpouštědla:** Kohezní síly ve vrstvě lepidla lepeného spoje vznikají odpařením rozpouštědla a vyvinutím relativně vysokého lisovacího tlaku. Po odpaření rozpouštědla se molekuly rozpuštěného lepidla, které jsou naneseny na obě lepené plochy, k sobě přibližují a tím se v nejbližších vrstvách vytváří makromolekuly lepidla spojené mezimolekulárními silami. Lisovací tlak způsobuje vedle zvýšení adhezních sil mezi vrstvou lepidla a povrchem spojovaného dílu i nárůst kohezních sil v lepidlovém filmu. Díky lisovacímu tlaku dojde také k vytlačení vzduchové vrstvy nad lepenými povrchy a nad vrstvami obou lepidel. Při použití těchto lepidel je nutné nanášet lepidlo na oba lepené povrchy, dodržet otevřenou dobu lepidla a nanášet co možná nejmenší vrstvu lepidla.
- **Tvorba lepidlového filmu vodou ředitelných disperzních lepidel odpařením vody:** Při tvorbě lepidlového filmu vodou ředitelných disperzních lepidel jsou disperze volně rozpuštěné ve vodě. Po nanesení oddifundovává voda z lepeného spoje do porézního podkladu – v nábytkářském průmyslu tedy primárně do dřeva, kde nabobtnává dřevní vlákna nebo se ze spoje odpaří. Po odpaření vody lepidlo gelovává, disperze lepidla se dotýkají a vytváří souvislý lepidlový film. Ve vrstvě lepeného spoje vznikají kohezní síly. Po odpaření i úniku vody dochází k tvorbě adhezních sil mezi lepidlem a povrchem, jež jsou tím větší, čím přesnější jsou jejich povrchy. Současně začnou růst mechanické síly, které se formují po zatečení lepidla do pórů a jeho následného vytvrdnutí. Při vytváření pevného lepidlového spoje dochází současně ke snížení obsahu volné vody ve dřevních vláknech, a tím k jejich smršťování. Při dokončování vodou ředitelným disperzním lepidlem musí být alespoň jeden lepený podklad porézní.

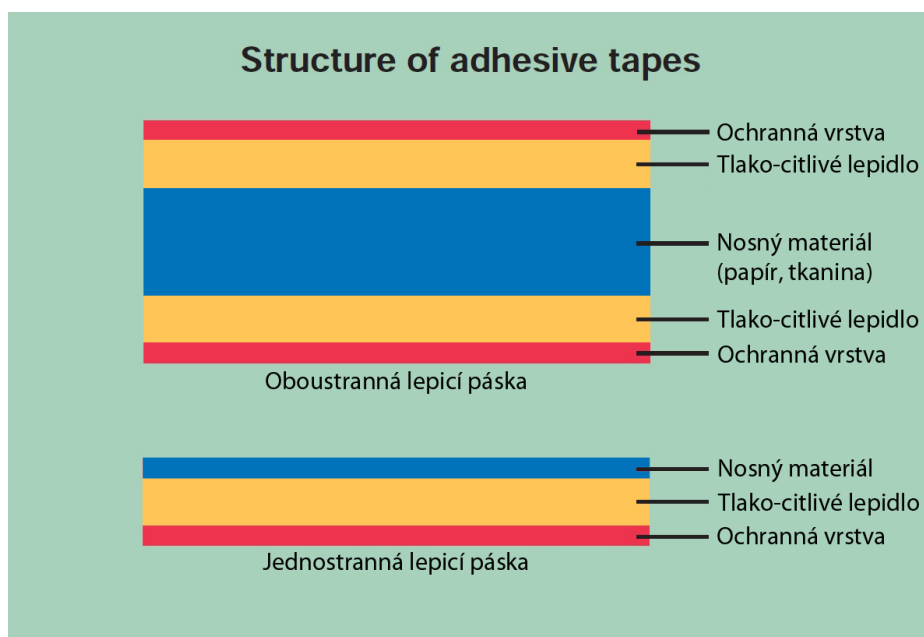


Obr. 7 Schéma tvorby lepidlového spoje vodou ředitelných disperzních lepidel (<http://goo.gl/p0jPqb>)

Výše uvedený Obr. 7 sleduje tvorbu lepeného spoje u vodou ředitelných disperzních lepidel. Po nanesení lepidla jsou volně rozpuštěny disperze a tzv. se vznášejí ve vodě, přes únik vody z lepené spáry a následné sblížení disperzí až po úplné oddifundování zbylé vody a vznik pevného lepeného spoje.

- **Tvorba lepidlového filmu chemickou reakcí zesíťováním polymeru a tvrdidla:** V tomto případě dochází k vytváření kohezních sil chemickou reakcí mezi oběma složkami, tedy mezi polymerem a tvrdidlem. Polymerem se rozumí kapalná látka, která dobře smáčí povrch adherendu. Po přidání tvrdidla dochází k chemické reakci a vznikají nové vazby, což vede ke změně skupenství lepidla z kapalného na pevné. Na konci chemické reakce je spoj pevný a chemicky „stabilní“.
- **Tvorba lepidlového filmu tavných lepidel:** Tavným lepidlem rozumíme směs termoplastických hmot a přísad, které jsou za normálních podmínek nelepivé. Ohřívají se nad teplotu tání a v roztaveném stavu se nanášejí na podklad. Za této teploty mají vyhovující tekutost a adhezi. Po nanesení na adherend se okamžitě přitlačí druhý substrát a pod tlakem se zalisuje. Díky poklesu teploty taveniny (lepidla) okamžitě tuhne. Neobsahují tedy žádnou vodu ani rozpouštědla – nedifundují. Obvykle jsou složeny z 100% sušiny a nepodléhají brzké expiraci, nespotřebovaná lepidla lze tedy znovu použít.
- **Tlako-citlivá lepidla:** Jedná se o lepidla, která jsou za pokojové teploty v suchém bezrozpouštědlovém stavu neustále lepivá a jsou aplikována na lepicí pásce. K vytvoření lepidlového spoje není potřeba rozpouštědla, vody ani teploty, ale stačí pouze tlak. Obvykle jde o tlak prstů či ruky na pásek. Během působení tlaku na pásku

se aktivují tzv. tackifiéry (pryžové materiály) rozptýlené v lepicí vrstvě, které se zorientují a dostanou se do lepivého stavu.



Obr. 8 Schéma tvorby lepidlového spoje tlako-citlivých lepidel (<http://goo.gl/p0jPqb>)

Na výše uvedeném Obr. 8 lze vidět rozdíl mezi oboustrannou lepicí páskou a jednostrannou lepicí páskou. Rozdíl je ve využití ploch nosného materiálu (papír, tkanina, PUR pěna), kde u oboustranné lepicí pásky jsou využity obě plochy – rub i líc, u jednostranné se využívá pouze jedné z nich.

- **Tvorba lepidlového filmu UV zářením:** UV lepidlo je tekutá, jednokomponentní umělá hmota neobsahující rozpouštědlo, která po ozáření UV světlem (speciální UV lampou) fotochemicky polymeruje (vytvrzuje). UV lepidla jsou přizpůsobena různým způsobům použití a s ohledem na to se liší svou viskozitou, konzistencí, pevností a po vytvrzení i průhledností. (PIKOLO PKP S. R. O)
- **Tvorba lepidlového filmu působením mikrovlnného záření:** Tento typ vytvrzování se využívá u lepidel s feritovými nanočásticemi, které se v průběhu lepení ohřejí rozkmitáním mikrovlnným zářením nebo vysokofrekvenčním magnetickým polem. Tento typ lepení představuje značné urychlení při vytvrzování lepených spojů. Po nanesení lepidla a jeho vystavení mikrovlnnému záření dochází k magnetické orientaci feritových částic se schopností zachytit energii vlnění. Následně se rozkmitají a svým kmitavým pohybem působí jako topný element, čímž se doba vytvrzování zkracuje na sekundy a zpravidla nepřekračuje 10 minut. (Hlučka, 2014)

3.6.3 Rozdělení lepidel

Sortiment lepidel tvoří rozsáhlou a chemicky velmi různorodou oblast látek. Tyto látky lze dělit podle mnoha parametrů. Základní a nejpoužívanější dělení vychází ze surovin, z nichž

byla lepidla vyrobena. Toto rozdělení dělí lepidla na přírodní a syntetická. Přírodní se dále dělí na rostlinná a živočišná. Syntetická lepidla se dělí na termoreaktivní a termoplastická. Toto rozdělení popisuje Tab. 5 níže. (Rowell, 2005; Boublík, 1966)

Termoreaktivní lepidla se vytvrzují teplem. Během zvýšené teploty za použití katalyzátoru probíhá chemická reakce a vzniká makromolekulární látka, která má jednotlivé řetězce molekul prostorově spojeny. Tato lepidla jsou po vytvrzení vodě odolná.

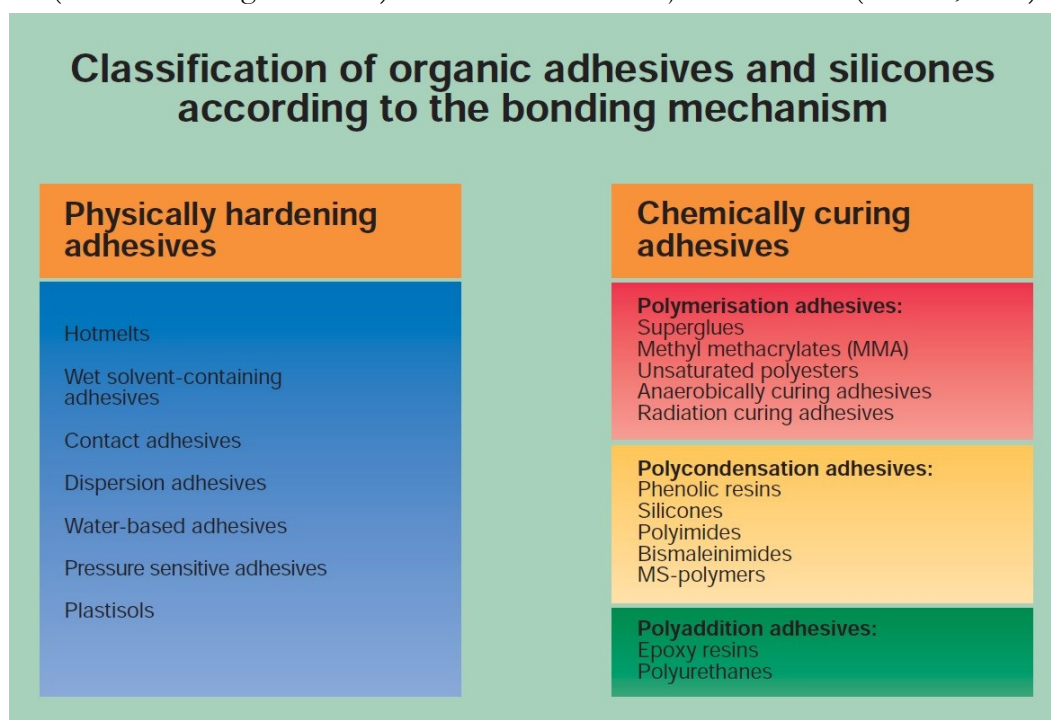
Termoplastická lepidla vytvrzují na fyzikální bázi. Se zvyšující se teplotou kapalní a umožňují tak dokonalé přilnutí k podkladu. (Boublík, 1966)

Tab. 5 Tabulka rozdělení lepidel dle původu výchozích surovin (Rowell, 2005; Boublík, 1966)

Lepidla	Přírodní	Rostlinná	Mouky
			Škroby
			Dextriny
			Pektiny
			Algináty
			Rostlinné gummy
			Pryskyřice
			Kaučuky
		Živočišná	Glutinové klijy (kostní, kožní)
			Albuminové klijy (z krve jatečných zvířat)
	Kaseinové klijy (z bílkovin)		
	Syntetická	Termoreaktivní	Fenolformaldehydová (PF)
			Močovinoformaldehydová (UF)
			Melaminformaldehydová (MEF)
			Rezorcinoformaldehydová (FR)
Epoxidová			
Polyuretanová			
Termoplastická		Akrylátová	
		Vinylická	
		Polyamidová	
		Smíšená	

Dalším příkladem rozdělení je dělení dle způsobu vytvrzení spoje. Toto dělení rozlišuje dvě základní skupiny. První skupinu tvoří lepidla, jež vytvrzují na fyzikální bázi (odpaření nebo oddifundování rozpouštědla, změna teploty, tlaku). Mezi tuto skupinu patří PVAc lepidla (dispersion adhesives) nebo tlako-citlivá lepidla (pressure sensitive adhesives)). Druhou skupinou jsou lepidla, která se vytvrzují účinkem chemické reakce. Tato chemická reakce může být aktivována teplem, katalyzátorem nebo kombinací těchto činitelů. Mezi tuto skupinu patří mimo jiné vteřinová lepidla (superglues), fenolické a jiné pryskyřice (phenolic

resins), PUR lepidla (polyurethanes) nebo lepidla vytvrzována pomocí určitého druhu záření (radiation curing adhesives). Toto rozdělení shrnuje Obr. 9 níže. (FEICA, 2004)



Obr. 9 Schéma rozdělení lepidel dle způsobu vytvrzení (<http://goo.gl/p0jPqb>)

Lepidla lze dělit dle mnoha dalších způsobů. Boublík (1966) uvádí tyto alternativní způsoby dělení lepidel:

- **Rozdělení dle teploty při zpracování:**

- normální teplota (20–30 °C),
- zvýšená teplota (30–100 °C),
- vysoká teplota (nad 100 °C).

Zvýšením teploty dochází k významným fyzikálním procesům, které snižují viskozitu lepidla, urychlují odpaření rozpouštědla, urychlují iniciaci a polymeraci u termoreaktivních pryskyřic. (Boublík, 1966)

- **Rozdělení dle chemické reakce lepidla:**

- kyselá,
- zásaditá,
- neutrální,
- polární,
- nepolární.

Sedliačik (1989) přidává další členění lepidel a to:

- **Rozdělení dle skupenství před lepením:**

- kapalně,
- práškové,
- fólie.

- **Rozdělení dle vodovzdornosti:**

- vysoce vodovzdorné (odolnost vůči vařící vodě),
- vodovzdorné (odolnost vůči studené vodě),
- nevodovzdorné.

Tesařová a kol. (2014) přímo srovnává vodovzdornost určitých lepidel takto:

Epoxidová lep. = Rezorcinová lep. > Fenolformaldehydová lep. = Polyuretnová lep. > Melaminformaldehydová lep. \geq PVAc lep. > Močovinoformaldehydová lep. = Klihová lep.

- **Rozdělení dle charakteru vytvrnutí:**

- reversebilní (působením vody je lze znovu rozpustit),
- ireversebilní (působením vody je nelze znovu rozpustit).

Z hlediska dělení lepidel do určitých skupin by se dalo použít i jiného rozdělení. Výše uvedené skupiny jsou však nejpoužívanější a nejdůležitější, proto není nutné uvádět další specifitější charakteristiky.

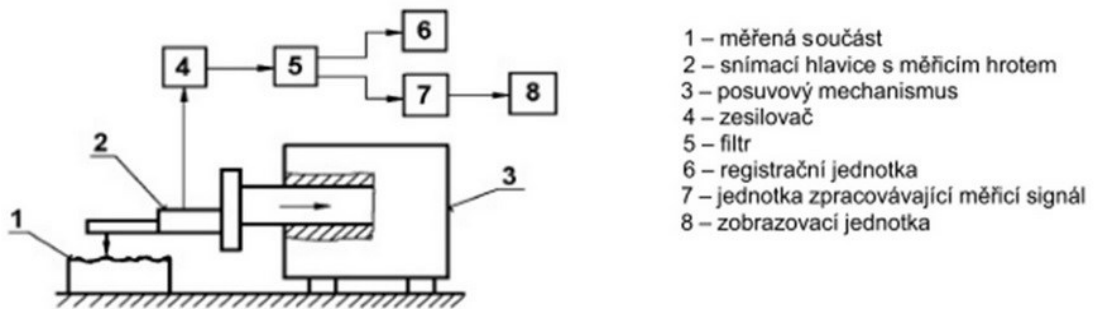
3.6.4 Faktory ovlivňující kvalitu lepeného spoje

Abychom dosáhli kvalitního lepeného spoje, je důležité dodržet určité požadavky. Jedině tak bude zaručeno, že výsledný spoj bude odolávat vnějším silám a činitelům. Tesařová a kol. (2014) uvádí tyto položky ovlivňující konečnou kvalitu lepeného spoje:

- **Správná volba lepidla:** Při samotné volbě lepidla je nutné brát ohled na vlastnosti lepeného adherendu a vlastnosti adheziva. Jedině správnou volbou lze docílit kvalitního a pevného spoje.
- **Polarita adherendu a polarita lepidla:** Polární lepidlo je určeno k lepení polárních povrchů (dřevo), kdežto nepolární lepidla se používají pro lepení nepolárních povrchů (sklo). Polaritu lze obvykle najít v technickém listu adheziva.
- **Fyzikálně-mechanické vlastnosti lepidla a adherendu:** Je potřeba připravit lepený povrch, tzn. odstranit veškeré nerovnosti podkladu (broušením podkladu), zdrsnit podklad (např. brusným papírem) a odstranit veškeré nečistoty. Také lepidlo nesmí obsahovat nečistoty, jako třeba prach či piliny, které mohou měnit jeho vlastnosti.

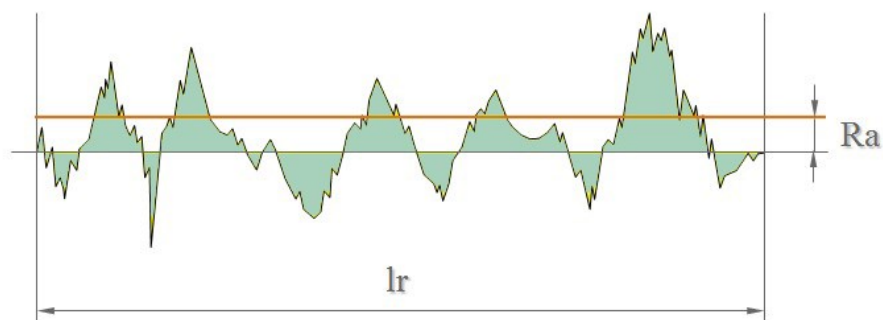
Při výrobě nábytku se broušení uplatňuje nejen za účelem vyrovnání povrchu a estetické jakosti dřeva, ale taky ke zvýšení drsnosti a tím lepší adheze nátěrových látek a lepidel. (DRÁPELA a kol., 1980)

Kromě dotykových přístrojů existují i bezdotykové přístroje, které obvykle hodnotí povrch pomocí odrazu světla. Dotykové přístroje k tomu používají speciální diamantový hrot, který mechanicky kopíruje povrch podkladu a naměřená data převádí do elektronické podoby a okamžitě je vyhodnocuje. Základní popis dotykového drsnoměru lze vidět na Obr. 10. (ČEP a kol. 2012)



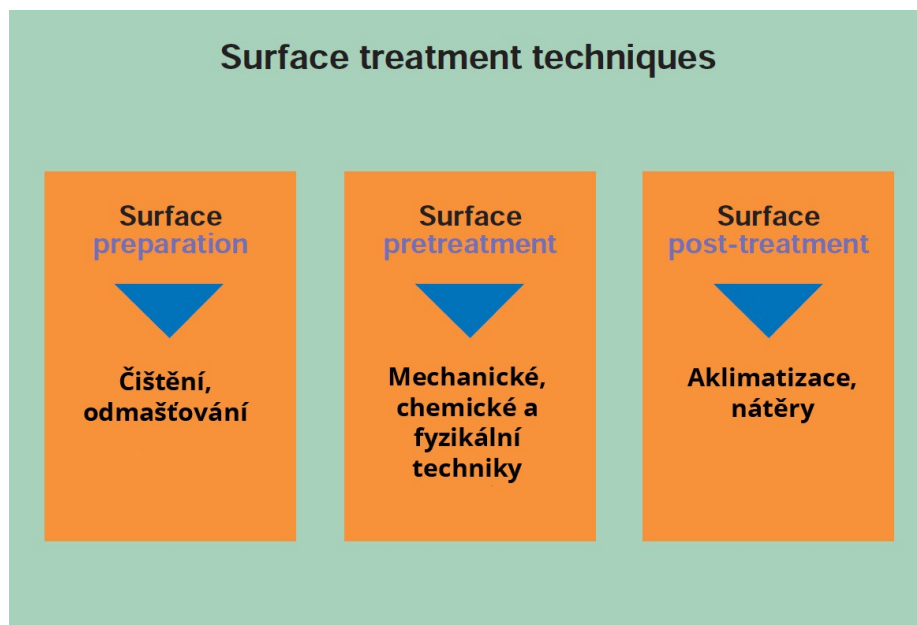
Obr. 10 Popis dotykového drsnoměru (ČEP a kol. 2012)

Jedním z nejdůležitějších měřených parametrů je hodnota R_a . Je to výškový parametr udávající průměrnou aritmetickou úchylku posuzovaného profilu. Jedná se tedy o aritmetický průměr absolutních hodnot v rozsahu základní délky (l_r) - viz. Obr. 11. Druhým významným parametrem je hodnota R_z , která udává největší výšku posuzovaného profilu, tedy součet nejvyšší výšky profilu s nejnižší hloubkou profilu v rozsahu základní délky (l_r). (ČEP a kol. 2012)



Obr. 11 Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu R_a (Tichá, 2004)

Obr. 12 shrnuje techniky zušlechťování povrchu během celého procesu aplikace lepidla. Jako první je potřeba připravit samotný povrch (surface preparation) – odmaštění, čištění. Dále je potřeba upravit povrch (surface pretreatment) – broušení, leptání. Jako poslední je potřeba zajistit správné vlastnosti povrchu při vytvrzování (surface post-treatment) – vlhkost, teplota. (FEICA, 2004)



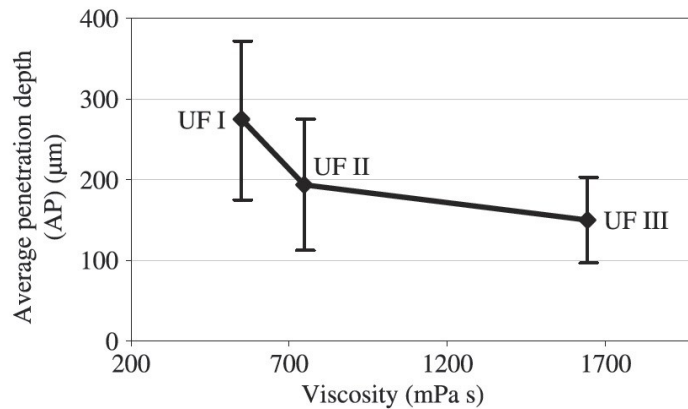
Obr. 12 Techniky zušlechťování povrchu (<http://goo.gl/p0jPqb>)

- **Správná viskozita lepidla:** Správná viskozita lepidla zajišťuje rovnoměrné nanesení a zabraňuje nechtěné penetraci adheziva do povrchu adherendu před vytvořením tenké vrstvičky lepidla. Orientační viskozity různých látek lze vidět na Obr. 13. Základní látkou je voda (water), která má viskozitu 1 mPa při teplotě 20°C. Med (honey) má oproti vodě viskozitu 10 000 mPa při teplotě 20°C. (FEICA, 2004)

V praxi se dělí lepidla podle viskozity. Lepidla s nízkou viskozitou (porovnatelná s mlékem či řídkým olejem), lepidla se střední viskozitou (porovnatelná s hustým olejem až sirupem) a vysoce viskózní lepidla (pasty). (Macháň, 1999)

Typical viscosity values			
<i>h in mPa s at 20°C</i>			
Petrol	0.65	Coffee cream	~ 10
Water	1.0	Honey	~ 10 ⁴
Mercury	1.5	Polymer melts	~ 10 ³ -10 ⁶
Grape juice	2-5	Bitumen	~ 10 ⁸
Blood (at 37°C)	4-25	Glass	~ 10 ²³

Obr. 13 Orientační viskozita látek při teplotě 20°C (<http://goo.gl/p0jPqb>)



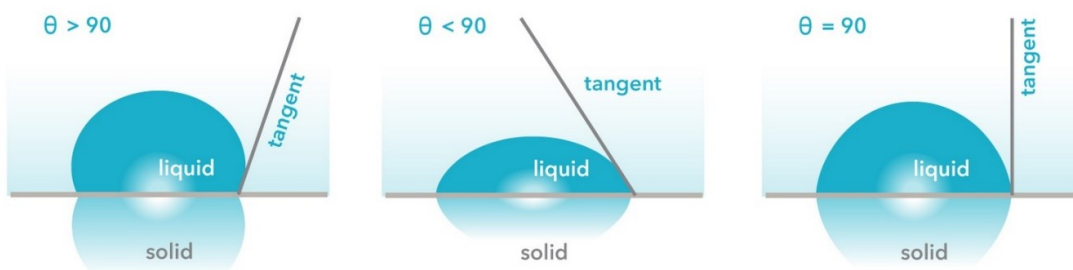
Obr. 14 Vliv viskozity na průnik UF lepidla do dřeva (Mittal, 2010)

- **Povrchové napětí adherendu a adheziva:** Velikost povrchového napětí určuje míru smáčivosti. Povrchové napětí lepidla musí být vždy menší než povrchové napětí lepeného povrchu. Tato podmínka je velmi důležitá, jelikož přímo souvisí s úhlem smáčení lepidla. (Tesařová a kol., 2014)

Boublík (1966) říká, že čím menší je úhel smáčení, tím lépe lepidlo přilne k podkladu – smáčí povrch. Při nesmáčivosti je úhel mezi adherendem a kapalinou větší než 90° a dochází k odpuzování lepidla z adherendu.

Ke kvalitnímu spoji je nutno použít adhezivum, které má vůči adherendu dobrou smáčivost. Jen tak může dojít ke kvalitnímu rozprostření lepidla po povrchu adherendu, což je jeden ze základních předpokladů pro pevný lepený spoj.

Obr. 15 znázorňuje stavy smáčivosti, které mohou nastat při aplikaci kapalného lepidla. Pokud je úhel menší než 90° , lepidlo dobře smáčí povrch. Pokud je úhel větší než 90° , lepidlo špatně smáčí povrch. Hraniční hodnotou je úhel 90° .



Obr. 15 Úhel smáčení lepidel (<http://goo.gl/Dh4Ukc>)

- **Způsob nanášení lepidla:** Způsob nanášení a rovnoměrnost nánosu lepidla hraje důležitou roli ve výsledné pevnosti spoje. Při volbě nanášení hraje v první řadě roli výchozí skupenství lepidla. Kapalná lepidla lze nanášet ručně (štetcem, tyčinkou, stěrkou, válečkem či špachtlí) nebo strojově (stříkací, polévací či válcová zařízení). V případě tavných lepidel, která jsou v pevném skupenství, je potřeba lepidlo zahřát

(tím přejde do lepidivého stavu) a následně je možno lepit. Prášková lepidla lze používat například v elektrostatickém nanašeči. (Trávník, 2007)

3.7 Vady vyskytující se v nábytkářství

V nábytkářství se lze setkat s různými vadami. Jedná se většinou o vady vzniklé nedodržením technologických podmínek, vady zapříčiněné mikroskopickou stavbou dřeva, vady vzniklé nevhodnou konstrukcí lepeného spoje nebo vady, za které může špatná volba lepidla. (Tesařová a kol., 2014)

3.7.1 Technologické vady

Tyto vady jsou obvykle zapříčiněné nedodržením technologických podmínek. Stává se tak, je-li nábytek vystaven nesprávnému prostředí, než ke kterému byl vyroben. Při výrobě nábytku pro interiér a exteriér je nutno zohlednit rozdílnou vlhkost prostředí. Při nedodržení těchto podmínek je dřevo vystaveno změně vlhkosti a dochází ke změně rozměrů (bobtnání nebo sesychání). Tento proces potom stojí za problémy lepených spojů. Strídání vlhkosti může zapříčinit suchý spoj, který je potom nedostatečně pevný. (Tesařová a kol., 2014)

3.7.2 Vady zapříčiněné mikroskopickou stavbou dřeva

Díky tomu, že dřevo je materiál porézni, je potřeba přizpůsobit složení lepidla tak, aby nedocházelo k přílišnému vsakování do materiálu, nýbrž pouze k zakotvení adhezními silami k povrchu. Vlivem špatné viskozity vzniká chudý spoj. Nízkoviskózní lepidla mohou vsakovat do obou lepených ploch, což u lepení tenkých dýh hrozí průnikem lepidla a následným znehodnocením dýhy. (Tesařová a kol., 2014)

3.7.3 Vady vzniklé nevhodnou konstrukcí lepeného spoje

Je nutné rozlišovat lepení při dýhování a při montáži. Pro oba způsoby je jednou z příčin vad nevhodné (kolmé) postavení dřevních vláken spojovaných ploch a rozdílnost sesychání (anizotropie v různých směrech). (Tesařová a kol., 2014)

3.7.4 Vady vzniklé špatnou volbou lepidla

Je nutné volit vhodná lepidla pro každý určitý povrch. Každé lepidlo je určeno pro specifickou oblast lepení, např. PVAc lepidla jsou vhodná k lepení dřeva a jiných buněčných materiálů. Ne vždy je však možné vady bezpečně předpovědět. (Tesařová a kol., 2014)

Trávník (2007) rozděluje vady jednoduše do tří základních skupin a to:

- vady vzniklé chemickými a fyzikálními vlastnosti použitého materiálu,
- vady způsobené fyzikálními vlastnosti lepených materiálů,
- vady vzniklé z různých příčin lepení.

3.8 Vady lepených spojů

Lepení znamená spojení dvou různých ploch pomocí lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám. Beran (2005) říká, že pevnost lepeného spoje závisí především na těchto čtyřech parametrech:

- na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze),
- na soudržnosti lepidla (koheze),
- na smáčivosti lepeného povrchu,
- na soudržnosti (pevnosti) lepeného materiálu.

Během lepení se může vyskytnout mnoho faktorů, které ovlivňují lepený materiál a samotný lepený spoj. Ideálním případem spoje je tzv. dokonalý spoj. Jedná se o spojení dvou materiálů, jejichž plochy na sebe těsně přiléhají. V lepené spáře se vytvořil souvislý tenký lepidlový film, který zajišťuje dokonalý spoj. K porušení spoje je třeba vyvinout velkou sílu. Při namáhání spoje touto silou se lepidlo neporuší, ale dojde k porušení lepeného materiálu (dřeva). (Trávník, 2007)

Trávník (2007) uvádí, že nedodržením předepsaného technologického postupu vznikají následující vady:

- **Rozlepený spoj:** Je místy anebo po celé ploše volný, anebo se vyskytují spáry v lepeném spoji. Příčinou může být nekvalitní opracování lepených povrchů (nedoléhají k sobě), nedostatečný lisovací tlak, nerovnoměrná vrstva lepidla nebo velké napětí v lepeném souboru, které může být vyvoláno nesprávnou vlhkostí dřeva.
- **Chudý spoj:** Tento spoj nemá zjevně viditelná rozlepená místa, ale k jeho porušení stačí významně menší síla než obvykle. Obvykle je to dáno vsáknutím lepidla do adherendu. To je zapříčiněno nesprávnou (vysokou) vlhkostí a pórovitostí materiálu (dřeva), nedostatečnou viskozitou lepidla, nedostatečným nánosem lepidla, velmi pomalým vytvrzováním lepidla nebo příliš velkým lisovacím tlakem (lepidlo bylo vtlačeno do adherendu nebo vytlačeno z lepené spáry).
- **Zrnitý spoj:** Tento typ spoje je málo pevný, při analýze vykazuje film krupicovou strukturu. K tomuto typu spoje dochází především kvůli vysokému obsahu plnidel

v lepicí směsi, špatnému rozmíchání lepicí směsi nebo vysoké vlhkosti adherendu, která způsobuje vysrážení lepidla v roztoku.

- **Zmrzlý spoj:** Je málo pevný spoj, při násilném porušení spoje se na jedné z lepených ploch objeví souvislý film lepidla, ovšem druhá lepená plocha je čistá (bez stopy po lepidle). Obvykle k tomuto jevu dochází kvůli špatné (nízké) vlhkosti dřeva, předčasnému vytvrzení lepidla (při používání rychle tvrdnoucích lepidel).
- **Nezakotvený spoj:** U tohoto typu vady je spojení málo pevné. Souvislý lepidlový film lze sice vidět, avšak lepidlo pevně nezakotvilo na lepenou plochu. To může být dáno nečistým povrchem, špatnou (nízkou) vlhkostí dřeva nebo příliš vysokou viskozitou lepidla.
- **Zdánlivě pevný spoj:** Málo pevný spoj, který se po násilném rozloupnutí poruší v přímé blízkosti vytvrzeného filmu lepidla ve dřevě a na filmu lepidla zůstává jemná vrstva vláken. Tento jev může být zapříčiněn nevhodně zvoleným způsobem opracování adherendu, nízkou pevností adherendu (z důvodu hniloby či napadením dřevokaznými houbami) nebo interakcí složek lepidla s adherendem (např. pH).
- **Ostatní vady:** Mezi ostatní vady lepených spojů se řadí zejména lepení nevhodných materiálů (již zborcené dílce), nestejněměrná vlhkost lepených materiálů, lepení různých druhů dřeva nebo nerovné (prohnuté) lepené materiály.

Za vady lepených spojů lze považovat i zbarvení adherendů (dřeva) v důsledku chemické interakce mezi dřevem a lepidlem. (Sedláčik, 1989)

4 Použitá lepidla a dřeviny

4.1 PVAc lepidlo Cascol 3326

Jedná se o polyvinylacetátovou disperzi, tedy lepidlo v tekutém stavu. Lepidlo má čistě bílou barvu. Lepidlo spadá mezi skupinu adheziv syntetického charakteru. Toto lepidlo je vhodné při výrobě spárovek, pro rohové a konstrukční lepení s krátkým lisovacím časem. Je vhodné zejména k lepení tvrdých, nesnadně lepených druhů dřeva. Kompletní parametry lepidla Cascol 3326 uvádí technický list, jež je součástí přílohy. (Casco products, 2014)

Dle technického listu lze zjistit veškeré potřebné informace o lepidle. Lze vidět, že viskozita (viscosity) lepidla Cascol 3326 nabývá hodnot 7 000–14 000 mPas, hodnota pH se pohybuje v rozmezí 5–7. Lisovací tlak (preassure) by se měl pohybovat v rozmezí 0,1–1,0 MPa. Nános lepidla (glue spread) by měl být v závislosti na způsobu lepení minimálně 90, maximálně však 300 g/m². Při teplotě 20°C je otevřená doba lepidla (assembly time) 8 minut, při teplotě 30°C se otevřená doba snižuje na 4 minuty.

Lepidlo se vyznačuje především vysokou pevností ve smyku, krátkou dobou lisování (5–20min), je vhodné pro lepení poréznicích materiálů. Nanáší se pouze na jednu lepenou plochu. (Casco products, 2014)

4.2 UF lepidlo Kronocol U300

Lepidlo Kronocol U 300 je vodný roztok močovinoformaldehydového polykondenzátu. Je to bezbarvá mléčně zakalená, viskózní kapalina charakteristického zápachu po formaldehydu. Při lepení se používá zvýšených teplot.

Lepidlo se používá ve dřevozpracujícím průmyslu, zejména k olepování aglomerovaných materiálů, nalepování fólií, dýhování a k výrobě překližek. Pro správnou funkci vyžaduje použití tužidla a zvýšenou teplotu. Lepidlo není vhodné do exteriéru, kde může být vystaveno působení zvýšené vlhkosti. Naopak toto lepidlo je vhodné pro interiérové prostředí. Více informací lze opět vyčíst z technického listu, který je uveden v příloze. (Kronochem, 2008)

4.3 Smrkové dřevo

Jako testovaný adherend byly zvoleny dvě dřeviny, které zauímají významné postavení v České republice. Jednou z nich je dřevo smrku.

Smrk (*Picea sp.*) je lehké, měkké, dobře štípatelné dřevo. Velmi dobře se moří, hůře se impregnuje. Má souměrné letokruhy jarního a letního dřeva. Smrk dorůstá výšky až 50 m. Dřevo smrku je žlutobílé až žlutohnědé, lesklé. Jedná se o bělové dřevo s výskytem pryskyřičných kanálků. Můžeme říci, že se jedná o pružné a relativně pevné dřevo. (<http://goo.gl/9jmR7M>)

V oblasti využití se jedná o jedno z našich nejdůležitějších dřev pro stavební a konstrukční účely. Hojně se využívá ve stavebnictví, nábytkářství a dřevozpracujícím průmyslu. (<http://goo.gl/xYHZoE>)

Gandelová (2002) uvádí hustotu smrku při absolutním vysušení 420 kg/m³. Srovnání hustot různých dřevin při různých vlhkostech lze pozorovat na Obr. 3.

V Tab. 6 lze pozorovat vybrané mechanické vlastnosti dřeva smrku při určité vlhkosti a při rozdílném směru vláken. Lze si povšimnout vyčnívajících hodnot v řádcích uvádějících pružnost v ohybu a v tahu. Tyto hodnoty jen potvrzují vynikající vlastnosti smrkového dřeva a jeho předurčení ke konstrukčním a stavebním účelům.

Tab. 6 Tabulka vybraných mechanických vlastností smrkového dřeva (<http://goo.gl/9jmR7M>)

Vlastnost	Rovnoběžně s vlákny		Kolmo na vlákna	
	w = 12%	w > 30%	w = 12%	w > 30%
	[MPa]		[MPa]	
Pevnost v tahu	90		2,7	
Pevnost v tlaku	50	19	4	
Pevnost ve smyku	6,7	4,3		2
Pevnost v ohybu	78	44		
Modul pružnosti v tahu	14 960		550	
Modul pružnosti v tlaku	13 650		290	
Modul pružnosti ve smyku	573			
Modul pružnosti v ohybu	11 000	8 600		
Tvrdość podle Brinella	32		12	
Tvrdość podle Janka	26		18	

4.4 Bukové dřevo

Druhým zvoleným materiálem je dřevo buku (*Fagus sylvatica* L.) Bukové dřevo se vyznačuje středně tvrdým až tvrdým charakterem, má narůžovělou, nahnědlou až načervenalou barvu.

Dřevo je tvrdé, ale málo pružné. Napařením velmi dobře tvarovatelné. Jedná se o bělové dřevo s možným výskytem nepravého jádra. (<http://goo.gl/kLxIyw>)

Bukové dřevo patří mezi nejvýznamnější hospodářské suroviny. Používá se zejména v nábytkářském, stavebním a dřevařském průmyslu. Buková dýha se využívá k olepování nábytku nebo na výrobu kvalitních překližovaných desek (PDP). V nábytkářství má významné postavení při výrobě ohýbaného nábytku (díky vysokému obsahu ligninu). (<http://goo.gl/xYHZoE>)

Gandelová (2002) uvádí hustotu buku při absolutním vysušení 685 kg/m^3 . Srovnání hustot různých dřevin při různých vlhkostech lze pozorovat na Obr. 3.

V Tab. 7 lze pozorovat vybrané mechanické vlastnosti dřeva buku při určité vlhkosti a při rozdílném směru vláken. Lze si povšimnout rozdílu tvrdosti, kdy dřevo buku vykazuje 2–3x větší tvrdost než smrkové dřevo. Tyto hodnoty jen potvrzují vynikající vlastnosti bukového dřeva a jeho předurčení ke konstrukčním a stavebním účelům.

Tab. 7 Tabulka vybraných mechanických vlastností bukového dřeva (<http://goo.gl/kLxIyw>)

Vlastnost	Rovnoběžně s vlákny		Kolmo na vlákna	
	w = 12%	w > 30%	w = 12%	w > 30%
	[MPa]		[MPa]	
Pevnost v tahu	135	97	10,7	7,0
Pevnost v tlaku	56,3	41	11,4	
Pevnost ve smyku	14,5	8,9		
Pevnost v ohybu	123	74		
Modul pružnosti v ohybu	12 600	10 000		
Tvrdost podle Brinella	72		34	
Tvrdost podle Janka	78		64,1	42,7

5 Použité přístroje

Během přípravy laboratorních zkoušek a samostatných měření byly využity různé přístroje. Z práce jsou vyňaty přístroje, které byly použity při výrobě samotných zkušebních vzorků smrku a buku. Při výrobě vzorků byla použita vodorovná frézka (srovnávačka), formátovací pila a tloušťkovací frézka (tloušťkovačka). Veškeré ostatní použité přístroje jsou detailně popsány níže.

5.1 Zkušební zařízení Instron 3365

Zkušební zařízení Instron 3365 bylo použito při měření pevnosti lepeného spoje ve smyku. Jedná se o elektronické zkušební zařízení, které splňuje veškeré standardy a normy.

Tab. 8 Základní parametry přístroje Instron 3365 (<http://goo.gl/ZhT14s>)

Instron 3365	
Parametr	Hodnota
Maximální síla	5 kN
Maximální rychlost posuvu	1 000 mm/min
Minimální rychlost posuvu	0,01 mm/min
Maximální výška testovaného předmětu	1320 mm
Maximální šířka testovaného předmětu	420 mm
Hmotnost zařízení	110 kg

5.2 Lisovací zařízení Polymertest

K lisování všech zkušebních vzorků bylo použito lisovací zařízení Polymertest. Jedná se o jednoetážový lis, který je určen pro laboratoře, kde není požadavek na velký počet výlisku za hodinu. Lisovací plocha má rozměr 500x500 mm. Maximální lisovací síla je 40 tun. Maximální zdvih je 30 mm. Vyhřívání jednotlivých lisovacích ploch lze nastavit na termostatu ručně až do 250 °C. Lis je opatřen časovačem. (<http://goo.gl/HWXrK8>)

5.3 Digitální vlhkoměr Merlin HM8 – WS13

Ke zjištění vlhkosti byly použity dvě metody. Hmotnostní metoda a metoda pomocí vlhkoměru Merlin HM8 – WS13. Jedná se o bezhrotový příložný digitální přístroj, který měří vlhkost hoblovaného dřeva. Dokáže pracovat v rozsahu teplot 0–50 °C. Přístroj je vybaven ručním přepínačem pro jednotlivé druhy dřevin. Přesnost vlhkoměru je +/- 1 % z naměřené hodnoty (při hoblovaném povrchu). Měřicí plocha vlhkoměru je 67x42 mm. Hmotnost vlhkoměru udává výrobce 150 g. Přístroj dokáže měřit v pásmu vlhkosti 4 až 99 %. (<http://goo.gl/LmN3kv>)

5.4 Digitální dotykový teploměr Greisinger GTH 1170

Při zjišťování teplot materiálů byl použit digitální dotykový teploměr Greisinger GTH 1170. Jedná se o velmi přesný teploměr s měřicím rozsahem -65 až 199 °C. Tímto teploměrem lze měřit teplotu povrchu, teplotu vzduchu, ale i teplotu kapalin (lepidel). (<http://goo.gl/zhW34V>)

5.5 Laboratorní sušárna Venticell 111 – Komfort

Ke zjištění vlhkosti hmotnostní metodou a měření obsahu sušiny lepidel byla využita vytápěná teplotní sušárna Venticell 111. Tato komora slouží k sušení (aklimatizování) materiálů. Uvnitř komory nuceně cirkuluje teplý vzduch o teplotě až 250 °C, který zaručuje homogenní rozložení teploty ve všech procesech sušení, ohřívání a sterilizace materiálů v laboratoři. Objem komory je 111 litrů. (<http://goo.gl/5z6bQQ>)

Tab. 9 Základní parametry laboratorní sušárny Venticell 111 – Komfort (<http://goo.gl/5z6bQQ>)

Venticell 111 - Komfort	
Parametr	Hodnota
Objem	111 l
Hmotnost	87 kg
Vnitřní prostor sušárny	540 x 530 x 390 mm (š x v x h)
Pracovní teplota	10 – 250 °C

5.6 Klimatizační komora Memmert HPP108

Vzorky, které vyžadovaly aklimatizování na teplotu $+40$ °C a vlhkost 70 % byly uloženy do aklimatizační komory Memmert HPP108. Komora se využívá k výzkumu v oblasti biologie, botaniky, elektroniky nebo výzkumu různých druhů materiálů. Tato komora udržuje konstantní teplotu a vlhkost po požadovanou dobu. Teplotu lze v závislosti na vlhkosti nastavit až do 160 °C. Vlhkost lze nastavit v rozmezí 20–95% s přesností 1 %. Vnitřní prostor komory je 560x480x400mm. Objem komory je 108l. (<http://goo.gl/eO2NGv>)

5.7 Truhlicová mraznička

Vzorky, které bylo potřeba mrazit na teplotu -30 °C, byly uloženy do truhlicové mrazničky.

5.8 Dotykový měřič drsnosti povrchu Mitutoyo SJ – 201 P

K určení drsnosti povrchu zkušebních vzorků byl použit dotykový drsnoměr Mitutoyo SJ – 201 P. Jedná se o lehký, přenosný digitální drsnoměr. Je schopen měřit drsnost povrchu v jakémkoliv prostředí. Určen je především do nábytkářských a dřevařských dílen, ale i do laboratorních podmínek.

Přístroj je napájen ze sítě, ale dokáže pracovat i na akumulátor. Zařízení je vybaveno sériovým portem RS – 232 C, kterým lze vyhodnocovat získaná data za pomoci počítače. S přiloženým softwarem lze velmi jednoduše získat podrobné grafy.

Zařízení funguje na indukčním principu, kdy snímač upevněný k výsuvné jednotce zapisuje nejmenší nerovnosti povrchu a následně je posílá do PC, které pomocí dodávaného softwaru analyzuje a vyhodnocuje drsnost povrchu. (<http://goo.gl/L15FMq>)

Dle ČSN EN ISO 4287 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu, zobrazuje tento přístroj profil drsnosti (R) jako parametr Ra, Rz a mnoho dalších. Rychlost posuvné jednotky výrobce uvádí 0,25–0,5 mm/s. Snímací hrot je vyroben z diamantu a jeho poloměr je 2 μm. (<http://goo.gl/L15FMq>)

5.9 Rotační viskozimetr Elcometer 2300 RV

Viskozitu lze měřit pomocí různých technik a různých typů viskozimetrů. Dle ČSN ISO 2555 - Plasty - Pryskyřice v kapalném, emulgovaném nebo dispergovaném stavu - Stanovení zdánlivé viskozity podle Brookfielda se používá rotační viskozimetr, který k měření využívá úhlovou rychlost rotoru (Brookfieldův viskozimetr). Dle mezinárodního systému jednotek SI je jednotkou dynamické viskozity pascalsekunda (Pas), ekvivalentně taky milipascalsekunda (mPas).

K určení viskozity lepidel a jejich směsí byl použit rotační viskozimetr Elcometer 2300 RV. Tento typ přístroje měří viskozitu kapalin dle normy ČSN ISO 2555.

Vřetenem je uchyceno pomocí disku nebo válce a rotuje v testované kapalině. Mezi vřetenem a hřídelí motoru, která rotuje konstantní rychlostí, je pružina. Odchylka úhlu mezi vřetenem a hřídelí motoru je měřena a za použití dodaného softwaru převáděna na hodnotu točivého momentu. Točivý moment viskozimetru je závislý na třech veličinách – rychlosti otáčení vřetene, tvar vřetene a viskozity testované kapaliny. Rychlost otáčení a tvar vřetene je známý a díky tomu dokáže přístroj vypočítat výslednou viskozitu kapaliny, kterou uvádí přímo v jednotkách mPas (milipascalsekunda). (<http://goo.gl/ckKeBo>)

Tab. 10 Základní parametry rotačního viskozimetru Elcometer 2300 RV (<http://goo.gl/ckKeBo>)

Elcometer 2300 RV	
Parametr	Hodnota
Okolní teplota	10 °C – 40 °C
Teplota vzorku	-15 °C - 180 °C
Okolní vlhkost	< 80 %
Otáčky vřetene	0,3 – 200 ot/min
Rozsah měření	3 – 13 000 000 mPas
Přesnost	+/- 1 %
Hmotnost	9 kg

5.10 Analytická váha Denver Instrument SI-234A

Při měření vlhkosti zkušebních vzorků hmotnostní metodou, kdy je potřeba vycházet z maximálně přesných údajů, byla použita analytická váha Denver Instrument SI-234A. Tato váha měří hmotnost na 4 desetinná místa. Je vybavena ochranným krytem, který chrání vzorky před prouděním vzduchu, který snižuje přesnost měření. (<http://goo.gl/IhGLDE>)

5.11 Ostatní pomůcky

- posuvné měřidlo,
- digitální váha (přesnost na 2 desetinná místa),
- petriho misky,
- varné baňky,
- skleněné kádinky,
- skleněné tyčinky,
- litinová závaží (5 kg),
- plynový vaříč,
- teploměr.

6 Použité zkušební vzorky a metody

6.1 Použité zkušební vzorky pro zkoušku smykové pevnosti

K testování pevnosti lepeného spoje smykovou zkouškou byly použity dřeviny smrku a buku. Celkem bylo použito 600 kusů dřevěných hranolků, z toho 300 ks smrkových a 300 ks bukových. Všechny hranolky měly jednotnou velikost 150x25x10 mm. Všechny vzorky byly vizuálně zkontrolovány. Hranolky, které neprošly vizuální kontrolou, byly vyřazeny – především hranolky, které obsahovaly suky, hnilobu a jiné typy vad. Veškeré hranolky byly zváženy a označeny číslem (klasifikace skupiny) a písmenem (druh dřeviny). Základní tabulky rozdělení vzorků lze najít v příloze.



Obr. 16 Použité hranolky buku (Vlastní práce)

Testování probíhalo dle normy ČSN EN 1465 - Lepidla – Stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátovaných lepených sestav. Po slepení příslušných hranolků vzniklo 150 ks smrkových slepených vzorků (slepenců) a 150 ks bukových slepených vzorků. Tyto slepence byly lepeny různými lepidly a jejich směsmi a následně uloženy k aklimatizaci při různých teplotních podmínkách.

První skupina vzorků byla uložena po dobu 28 dní při teplotě 22 °C (± 1 °C). Druhá skupina byla uložena po dobu 28 dní při teplotě 40 °C (± 1 °C) a relativní vlhkosti 70 % v aklimatizační komoře. Třetí skupinu tvořily vzorky, které byly uloženy po dobu 28 dní při teplotě -30 °C (± 1 °C) v truhlicové mrazničce.

Každá skupina slepenců byla slepena pomocí pěti různých druhů lepidel, tedy vzorky lepené samotnými lepidly Kronocol U 300 a Cascol 3326. Dále pak vzorky slepené pomocí směsí těchto lepidel. Jednalo se o 10, 20 a 30-ti procentní směsi. První směs obsahovala Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %), druhá Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) a třetí Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %).

Všechny tyto skupiny byly podrobeny zkoušce pevnosti ve smyku při tahovém namáhání.

6.2 Vlhkost zkušebních vzorků

Vlhkost dřeva, ze kterého byly vzorky vyrobeny, byla 8 ± 2 %. Vlhkost dřeva pro lepení lepidlem Cascol 3326 by měla být 5–15 % (optimálně 7–10 %). U lepidla Kronocol U 300 se předpokládá podobná vlhkost dřeva.

Dle ČSN EN 13183-1 - Vlhkost vzorku řeziva - Část 1: Stanovení váhovou metodou se stanovuje vlhkost vzorků řeziva váhovou metodou. Tato norma definuje vlhkost řeziva jako podíl hmotnosti vzorku před sušením a hmotnosti vzorku po sušení. Výsledek se vyjadřuje v procentech s přesností jednoho desetinného místa.

Měření vlhkosti hmotnostní metodou proběhlo jak u vzorků smrku, tak u vzorků buku. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty vlhkostí lze najít v příloze.

Dalším možným způsobem jak měřit vlhkost vzorků, je použití elektrických vlhkoměrů. Druhá metoda byla použita při měření vlhkosti pomocí digitálního vlhkoměru Merlin HM8–WS13. Je dobré využít obě metody a výsledky testů porovnat. Levnější vlhkoměry totiž mohou vykazovat nezanedbatelnou odchylku. Hodnoty měření pomocí vlhkoměru jsou zaznamenány v příloze.

6.3 Teplota zkušebních vzorků

Teplota vzorků může mít vliv na kvalitu lepeného spoje. Veškeré vzorky spadaly do jedné ze tří teplotních skupin. Jako základní teploty byly zvoleny hodnoty -30 °C (± 1 °C), 22 °C (± 1 °C) a 40 °C (± 1 °C). Všechny vzorky byly slepeny při pokojové teplotě $23,8$ °C (± 1 °C), roztrženy do jednotlivých teplotních skupin a následně uloženy do požadovaných podmínek.

Slepence, které patřily do teplotní skupiny -30 °C, byly uloženy 28 dní v truhlicové mrazničce při teplotě -30 °C. Při vyjmutí z mrazničky byla ihned změřena teplota dotykovým teploměrem na třech náhodných slepencích. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty lze najít v příloze.

Slepence, které patřily do teplotní skupiny 22 °C, byly uloženy 28 dní při pokojové teplotě 22 °C (± 1 °C). Před zkouškou smykové pevnosti byla změřena teplota dotykovým teploměrem na třech náhodných slepencích. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty lze najít v příloze.

Slepence, které patřily do teplotní skupiny 40 °C, byly uloženy 28 dní v klimatizační komoře Memmert HPP 108 při 40 °C (± 1 °C) a 70% (± 1 %) vlhkosti. Po vyjmutí slepenců z klimatizační komory byla změřena teplota dotykovým teploměrem na třech náhodných slepencích. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se

maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty lze najít v příloze.

6.4 Drsnost zkušebních vzorků

Stejně jako vlhkost a teplota může mít na kvalitu lepeného spoje vliv také drsnost povrchu zkušebních vzorků. Dle ČSN EN ISO 4287 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu, je drsnost definována jako soubor nerovností povrchu s relativně malou vzdáleností, které vznikají při výrobě.

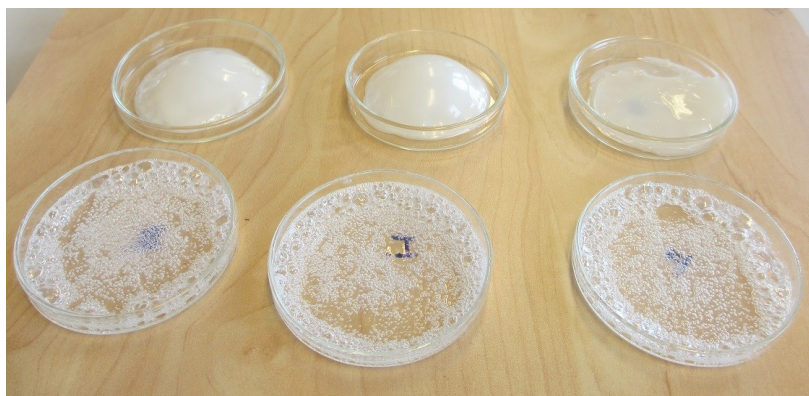
Náhodně bylo vybráno 10 vzorků smrkového dřeva a 10 vzorků bukového dřeva. U smrku bylo provedeno 5 měření podél vláken a 5 měření napříč vlákny. U buku bylo provedeno 5 měření podél vláken a 5 měření napříč vlákny. Dle ČSN EN ISO 4287 byla měřena průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu Ra. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty lze najít v příloze.

K měření byl použit dotykový přístroj Mitutoyo SJ – 201 P, který splňuje veškeré standardy a normy. Dle ČSN EN ISO 4287 zobrazuje tento přístroj profil drsnosti (R) jako parametr Ra a Rz.

Dotykový měřicí přístroj je dle normy ČSN EN ISO 3274 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Jmenovité charakteristiky dotykových (hrotových) přístrojů, definován jako přístroj, který zkoumá dané povrchy snímacím hrotem a získává tím úchyly ve formě profilu povrchu, vypočítává parametry a zároveň je schopen tento profil zaznamenat.

6.5 Sušina zkušebních lepidel

Obsah sušiny testovaných lepidel Cascol 3326 a Kronocol U 300 byl zjišťován dle ČSN EN 827 – Stanovení obsahu sušiny za smluvních podmínek a do konstantní hmotnosti. Jedná se o hmotnostní metodu, která vychází z hmotnosti vzorku před a po vysušení. Byly provedeny tři měření, kde bylo vloženo lepidlo do sušárny Venticell 111 – Komfort při 135°C a po třech hodinách byl změřen úbytek hmotnosti. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, zjistila se maximální a minimální hodnota a byla vypočtená směrodatná odchylka. Výpočty lze najít v příloze.



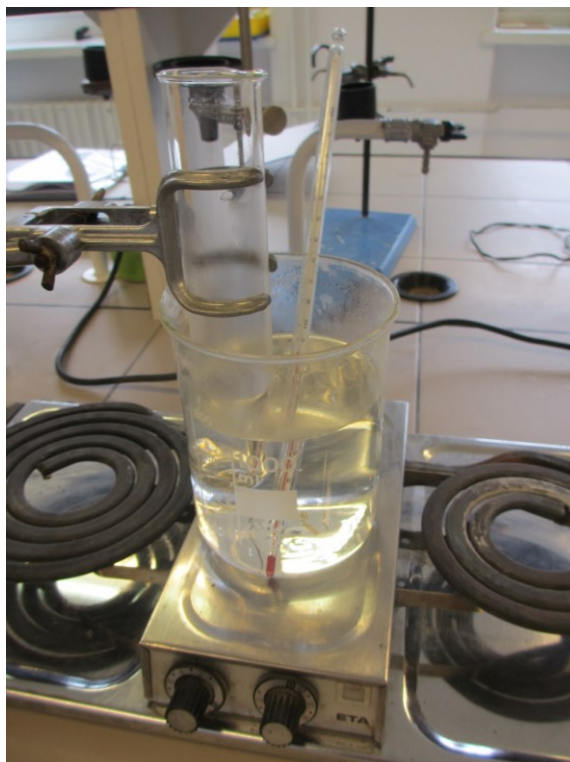
Obr. 17 Měření obsahu sušiny lepidel (Vlastní práce)

6.6 Reaktivita zkušebních lepidel

Reaktivita lepidel (kondenzační doba lepidel) je doba, za kterou vzorek s tvrdidlem přejde v gel. Z tohoto důvodu se tato zkouška týká pouze lepidla Kronocol U 300 a jeho směsí. Samotné lepidlo Cascol 3326 nelze testovat, protože ke svému vytvrzení nepoužívá tvrdidlo.

Laboratorní vzorek lepidla (10 g) vytemperovaný na 20 °C se smíchá ve zkumavce s 2 g tvrdidla (20 %). Důkladně se promíchá a vloží do horké lázně. Spustí se stopky a za stálého míchání se měří kondenzační doba lepidla, kdy přejde vzorek do stavu gel.

Pro srovnání proběhla zkouška reaktivity lepidel po přidání polovičního množství tvrdidla – 1 g. Z naměřených hodnot se poté vypočítal aritmetický průměr, viz příloha.



Obr. 18 Měření reaktivity lepidel (Vlastní práce)

6.7 Viskozita zkušebních lepidel

Viskozitu lze měřit pomocí různých technik a různých typů viskozimetrů. Dle ČSN ISO 2555 - Plasty - Pryskyřice v kapalném, emulgovaném nebo dispergovaném stavu - Stanovení zdánlivé viskozity podle Brookfielda, se používá rotační viskozimetr, který k měření využívá úhlovou rychlost rotoru (Brookfieldův viskozimetr). Dle mezinárodního systému jednotek SI je jednotkou dynamické viskozity pascalsekunda (Pas), ekvivalentně taky milipascalsekunda (mPas).

Viskozita použitých lepidel byla měřena přístrojem Elcometer 2300 RV. Jedná se o rotační viskozimetr. Při měření se postupovalo dle ČSN ISO 2555.

Změřena byla všechna lepidla při teplotě 21 °C (± 1 °C). Rychlost otáček a typ vřetene byl zvolen dle návodu a dle typu lepidla. Výsledné hodnoty vyhodnotil dodaný software a jsou zaznamenány ve shrnující tabulce v příloze.



Obr. 19 Měření viskozity lepidla Cascol 3326 přístrojem Elcometer 2300 RV (Vlastní práce)

7 Metodika

7.1 Příprava zkušebních vzorků

Pro testování pevnosti ve smyku tahovou zkouškou bylo připraveno celkem 300 vzorků. Každý vzorek byl označen a slepen ze dvou částí. Smrkové vzorky byly označeny unikátním číslem a písmeny A a B. Bukové vzorky byly označeny unikátním číslem a písmeny C a D. Dle typu použitého lepidla byly rozděleny do 5 skupin a to na:

- Vzorky slepené lepidlem Cascol 3326.
- Vzorky slepené lepidlem Kronocol U 300.
- Vzorky slepené směsí lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %).
- Vzorky slepené směsí lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %).
- Vzorky slepené směsí lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %).

Všechny skupiny byly dále rozděleny do tří podskupin a to na:

- Vzorky klimatizované při -30 °C ($\pm 1\text{ °C}$).
- Vzorky klimatizované při 22 °C ($\pm 1\text{ °C}$).
- Vzorky klimatizované při 40 °C ($\pm 1\text{ °C}$).

Pro lepší pochopení rozdělení vzorků je přiložen obrázek v příloze, který sleduje rozdělení smrkových vzorků a obrázek zaznamenávající bukové vzorky.

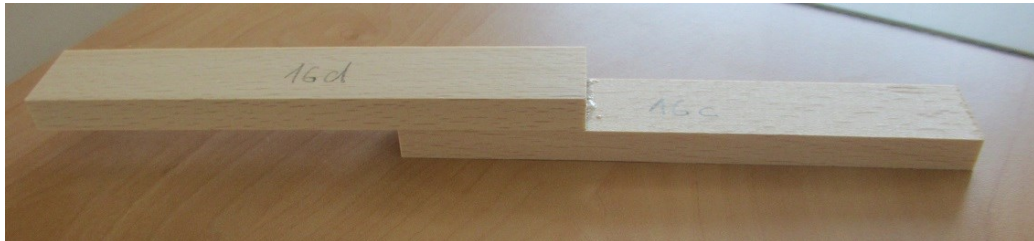
Povrch veškerých vzorků byl srovnán tloušťkovací frézku, aby při následném lepení došlo ke kvalitnímu spojení obou povrchů, což je jeden ze základních předpokladů dokonalého lepeného spoje. Všechny vzorky byly očištěny a zbaveny prachu. Drsnost vzorků byla ověřena přístrojem pro měření drsnosti. Teplota vzorků před lepením se rovnala přibližně pokojové teplotě. Vlhkost dřeva byla v ideálním stavu, což potvrdila i zkouška vlhkosti.

7.2 Lepení zkušebních vzorků

Lepení všech zkušebních vzorků probíhalo ve zkušební laboratoři, která byla řádně odvětrávána. Samotné lepení probíhalo za pokojové teploty $23,8\text{ °C}$ ($\pm 1\text{ °C}$) a relativní vlhkosti vzduchu 25 % ($\pm 3\text{ %}$). První skupina vzorků byla lepena lepidlem Cascol 3326, druhá skupina lepidlem Kronocol U 300, třetí až pátá skupina směsí lepidla Kronocol U 300 a Cascol 3326 (20, 10, 30 %). Dle technického listu lepidel by se měl nános lepidla pohybovat v rozmezí 60–200 g/m². Po konzultaci byl zvolen jednotný nános všech lepidel

120 g/m². Výpočtem bylo zjištěno, že je třeba nanést 0,15 g lepidla na lepenou plochu 12,5 cm² (jednostranně):

$$\begin{array}{l} 120 \text{ g} \dots\dots\dots 1 \text{ m}^2 \\ X \text{ g} \dots\dots\dots 0,00125 \text{ m}^2 \end{array}$$
$$X = \frac{120 \cdot 0,00125}{1} = 0,15 \text{ g/m}^2$$



Obr. 20 Splený vzorek bukového dřeva (Vlastní práce)

7.3 Lisování zkušebních vzorků

Ihned po slepení jednotlivých skupin byly vzorky zalisovány v lisovací zařízení Polymertest. Vzorky byly uloženy tak, aby vyplnily celou lisovací plochu, která je důležitá pro následný přepočítání lisovací síly na lisovací tlak.

Vzorky smrkové slepené PVAc lepidlem byly lisovány při teplotě 50°C po dobu 20 minut za konstantní lisovací síly 8 tun, což odpovídá tlaku 0,6 MPa. Veškeré ostatní smrkové vzorky byly lisovány při teplotě 90°C po dobu 10 minut za konstantní lisovací síly 8 tun (0,6 MPa).

Vzorky buku slepené PVAc lepidlem byly lisovány při teplotě 50°C po dobu 20 min za konstantní lisovací síly 10 tun, což odpovídá 0,8 MPa. Veškeré ostatní bukové vzorky byly lisovány při teplotě 90°C po dobu 10 minut za konstantní lisovací síly 10 tun (0,8 MPa).

Po zalisování byly všechny vzorky uloženy minimálně 24 hodin při pokojové teplotě, aby se postupně schladily na konstantní teplotu.



Obr. 21 Detail lisovacích ploch lisu Polymertest (Vlastní práce)

7.4 Aklimatizace zkušebních vzorků

Po 24 hodinách, kdy vzorky chladly, se jednotlivé skupiny slepenců uložily ke konečné aklimatizaci. Všechny vzorky byly uloženy minimálně 28 dní, aby došlo k úplnému ukončení chemických procesů v lepidlech.

První skupina vzorků byla uložena při pokojové teplotě 22 °C (± 1 °C) v kartonové krabici po dobu 28 dní.

Druhá skupina byla uložena v aklimatizační komoře Memmert HPP 108 při teplotě 40 °C (± 1 °C) a vlhkosti vzduchu 70 % po dobu 28 dní.

Třetí skupina byla uložena v truhlicové mrazničce při teplotě -30 °C (± 1 °C) po dobu 28 dní.

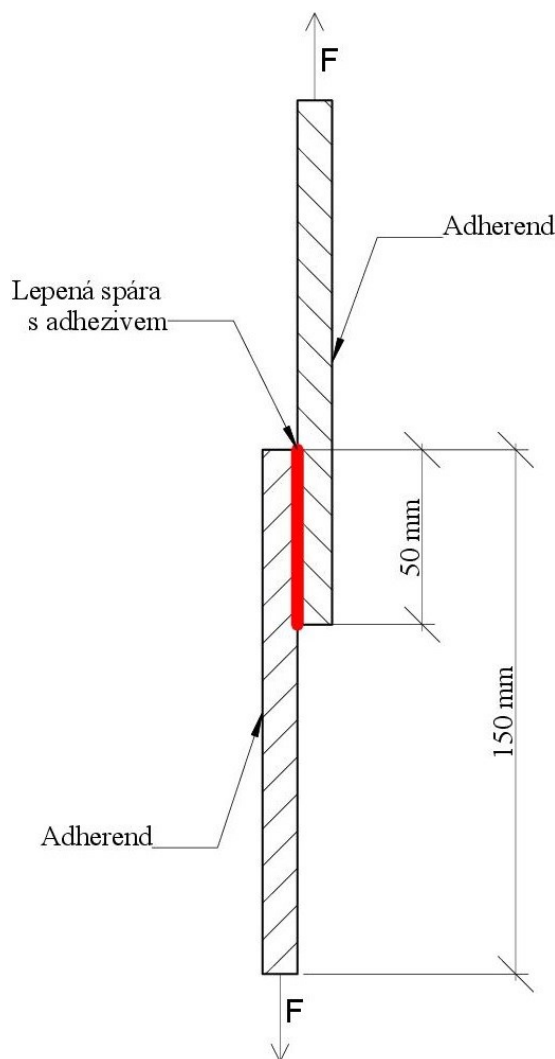
7.5 Zkouška pevnosti lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání

Veškeré vzorky byly podrobeny zkoušce pevnosti lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání. Tato zkouška probíhala dle ČSN EN 1465 – Lepidla – Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech. Zkouška probíhala na zkušebním stroji Instron 3365 a k posouzení pevnosti posloužily dva parametry: zatížení při maximálním tahovém napětí (N) a tahové napětí při maximálním tahovém protažení (MPa).

Tyto dva parametry v podstatě určují míru pevnosti lepidel ve smyku. Díky nim lze pozorovat míru adheze, tedy schopnost lepidla spojovat dva adherendy a kohezi (vnitřní soudržnost molekul). Výsledná pevnost ve smyku se obvykle vyjadřuje v MPa nebo v N.

Dalším parametrem pro vyhodnocení bylo výsledné porušení spoje, kdy se opticky hodnotilo, v jaké části se lepený spoj porušil. V podstatě může dojít ke dvěma typům porušení – porušení v lepidle nebo porušení v materiálu.

Pro lepší pochopení a porovnání byly výsledky zaznamenány jak v absolutních číslech, tak graficky.



Obr. 22 Schéma smykové zkoušky (Vlastní práce)

7.6 Postup zkoušky pevnosti lepeného spoje ve smyku při tahovém napětí

Předmětem zkoušky bylo zjistit hodnotu síly, která je potřebná k roztržení dvou slepených hranolků (slepence). Po přetržení všech slepenců byla tato síla vyhodnocena a zkoumal se vliv lepidel a jejich směsí na pevnost lepeného spoje.

7.6.1 Vzorky klimatizované na pokojovou teplotu 22 °C (± 1 °C)

Jako první se testovala skupina vzorků klimatizovaných při pokojové teplotě 22 °C (±1°C). Testovalo se tedy 5 podskupin, které byly rozděleny dle typu použitého adheziva. Testované vzorky se vložily do trhacího zařízení, které se automaticky zkalibrovalo na nulovou hodnotu síly. Po spuštění došlo k vertikálnímu pohybu horní uchyvací hlavy. Postupným zdviháním hlavy narůstala síla, až došlo k překonání pevnosti a porušení spoje nebo materiálu.

7.6.2 Vzorky klimatizované při teplotě $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Druhou testovanou skupinou byly vzorky klimatizované při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Opět se testovalo 5 podskupin dle typu použitého adheziva. Před trhací zkouškou došlo k změření skutečné teploty vzorků, naměřené výsledky lze najít v příloze. Z truhlicové mrazničky se vyjmulo 5 ks slepenců, v co nejkratším čase se postupně odzkoušely a zaznamenaly se data. Tímto způsobem se odzkoušel i zbytek vzorků. Testování po 5 vzorcích bylo zvoleno z důvodu co nejvyšší přesnosti zachování teploty slepenců.

7.6.3 Vzorky klimatizované při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

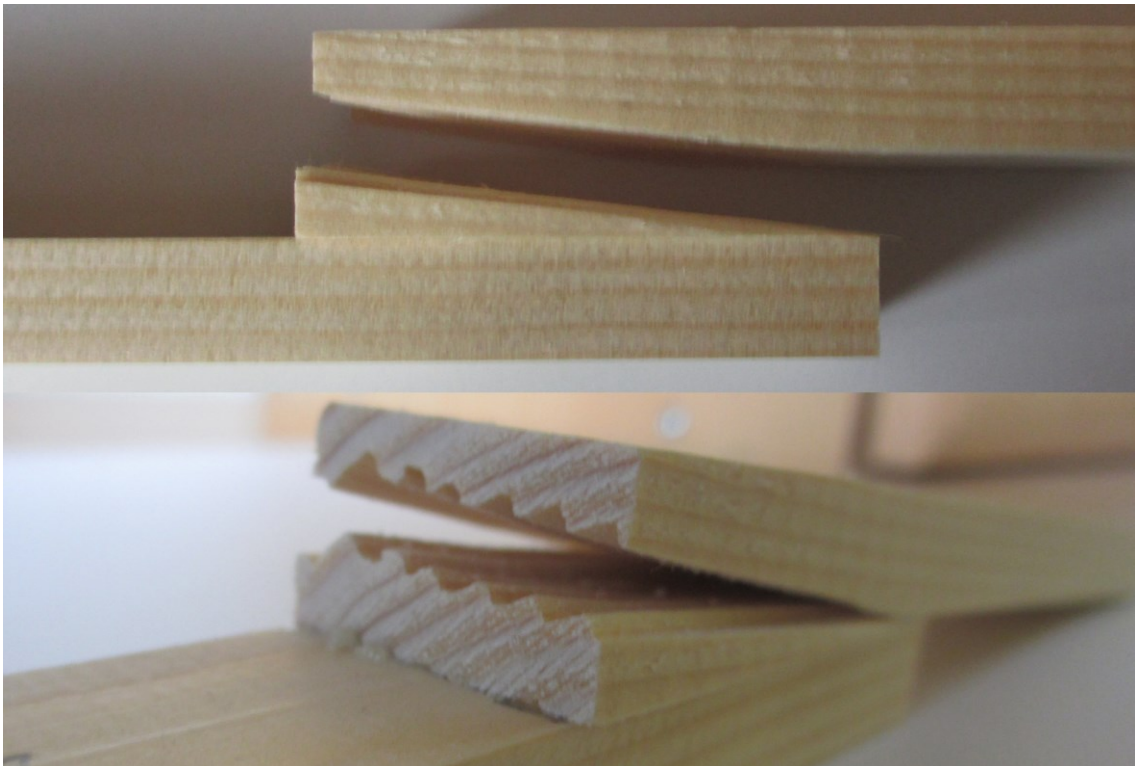
Třetí testovanou skupinou byly vzorky klimatizované při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a relativní vlhkosti vzduchu 70 %. I zde se testovalo 5 podskupin dle typu použitého lepidla. Před trhací zkouškou došlo k změření skutečné teploty vzorků a ke změření skutečné vlhkosti vzorků, naměřené výsledky lze najít v příloze. Z klimatizační komory se vyjmulo 5 ks slepenců, v co nejkratším čase se postupně odzkoušely a zaznamenaly se data. Tímto způsobem se odzkoušel i zbytek vzorků. Testování po 5 vzorcích bylo zvoleno z důvodu co nejvyšší přesnosti zachování teploty a vlhkosti slepenců.

Nedošlo-li k porušení ve spoji ani materiálu, stroj se automaticky zastavil, což znamenalo, že testovaný vzorek odolal síle min. 5 kN. K zastavení stroje došlo z bezpečnostních důvodů, jelikož maximální možná síla stroje je 5 kN. Veškeré výsledky zaznamenává počítač a jsou vyhodnocovány speciálním softwarem, který je dodáván společně se strojem Instron 3365.

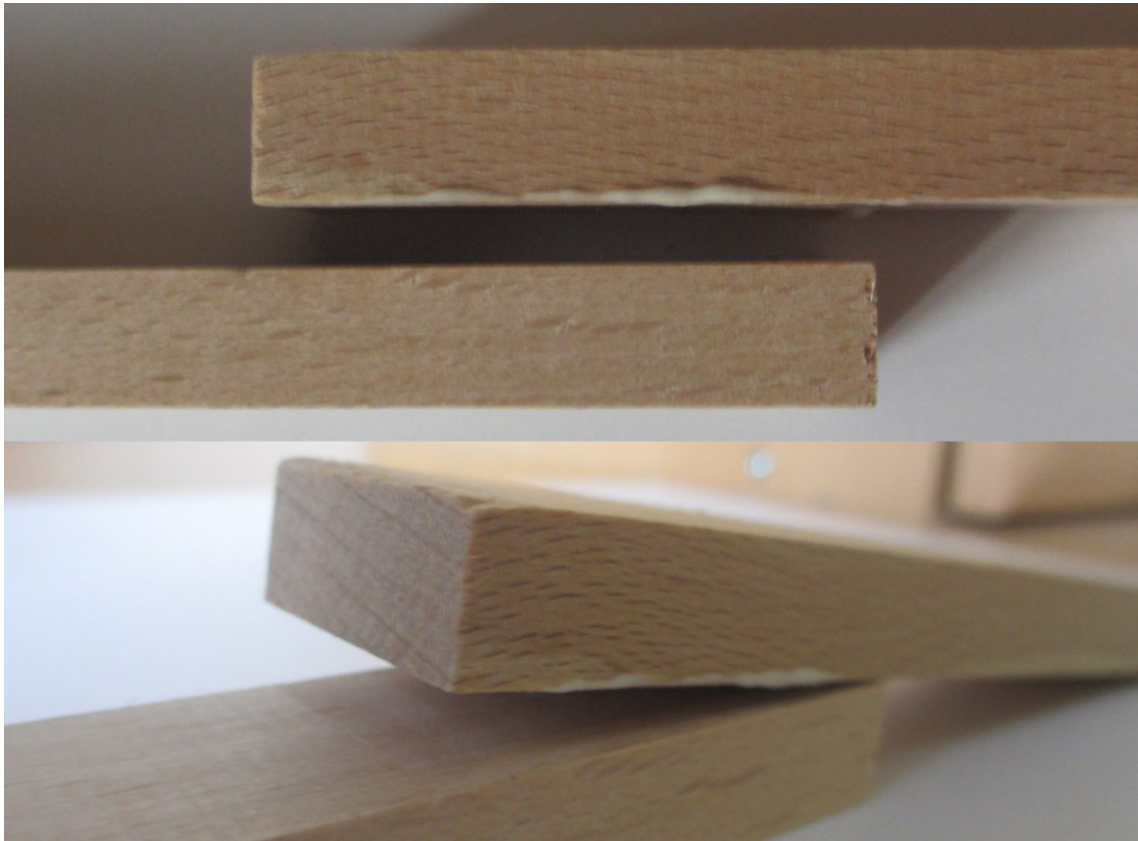
8 Výsledky laboratorního měření zkoušky pevnosti lepidel ve smyku při tahovém namáhání

Testované vzorky byly slepeny 5 různými lepidly, které byly následně vystaveny 3 různým teplotám. Po slepení, zalisování a aklimatizaci 28 dní byly všechny vzorky podrobeny zkoušce pevnosti ve smyku při tahovém namáhání. Naměřené výsledky tahového napětí při maximálním tahovém protažení (MPa) a zatížení při maximálním tahovém protažení (N) jsou uvedeny níže. Pro lepší pochopení a porovnání byly výsledky zaznamenány jak v absolutních číslech, tak graficky.

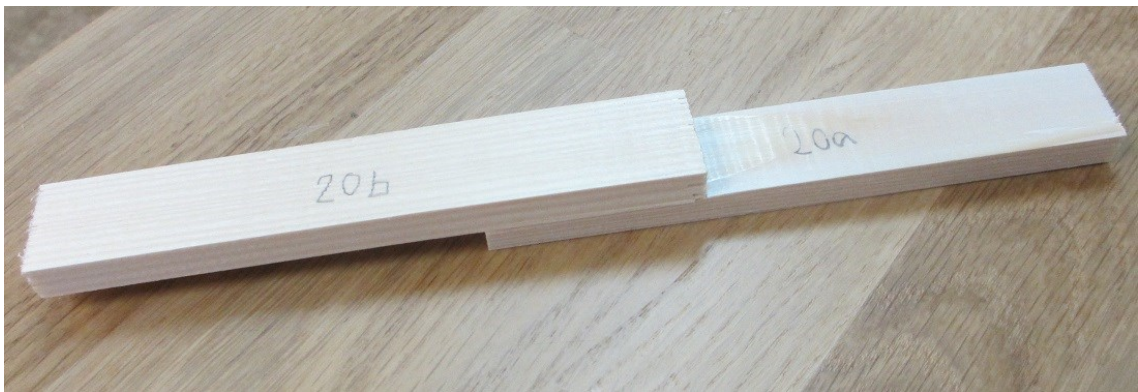
Během testování se vyskytly tři možné výsledky testu. Prvním výsledkem bylo porušení vzorků v materiálu (dřevě) – pevnost lepeného spoje je větší než pevnost materiálu. Druhým výsledkem bylo porušení vzorků v lepeném spoji (lepidle) – pevnost lepeného spoje je menší než pevnost materiálu. Třetím výsledkem byl stav, kdy nedošlo k porušení materiálu, ani adheziva. Tento stav nastal, když vzorky odolaly maximální možné síle zkušebního stroje 5 kN – pevnost spoje i pevnost materiálu odolává síle 5 kN.



Obr. 23 Porušení vzorku v materiálu (Vlastní práce)



Obr. 24 Porušení vzorku v lepidle (Vlastní práce)



Obr. 25 Neporušený vzorek (Vlastní práce)

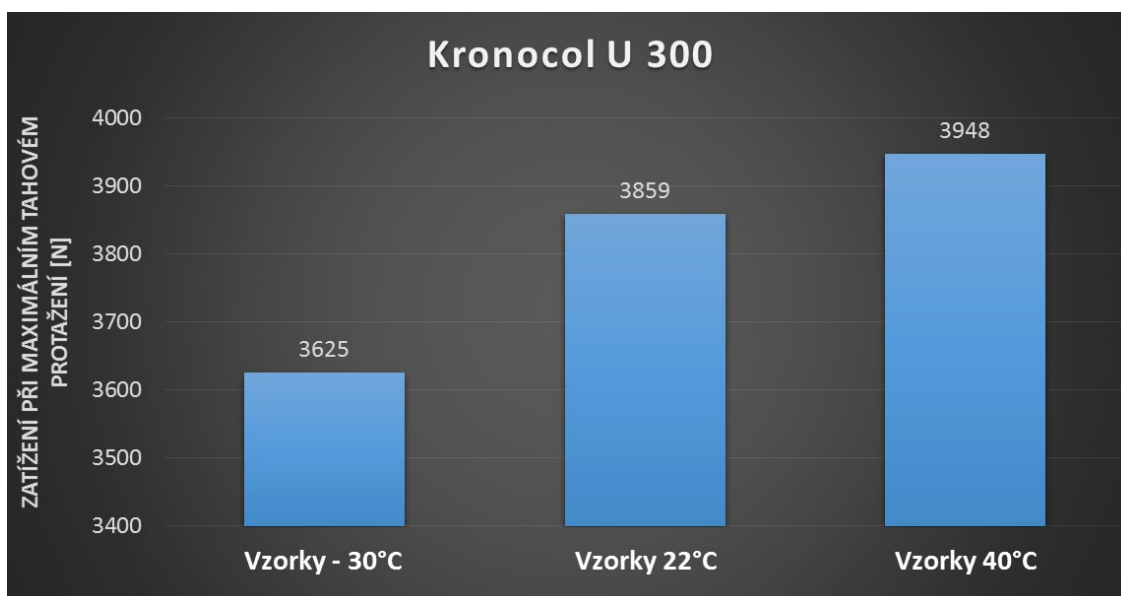
8.1 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Kronocol U 300

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Kronocol U 300 klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení materiálu dřívě, než k porušení lepidla. Pouze u 3 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Kronocol U 300 klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení materiálu dřívě, než k porušení lepidla. Pouze u 4 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Kronocol U 300 klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ při relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení materiálu i k porušení lepidla. U 5 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Dle Obr. 26 lze říct, že lepidlo Kronocol U 300 lépe odolává působení vnějších sil za pokojových a vyšších teplot, než při teplotách pod bodem mrazu. Obr. 26 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Kronocol U 300 u vzorků smrku při různých teplotách.



Obr. 26 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Kronocol U 300 u vzorků smrku při různých teplotách (Vlastní práce)

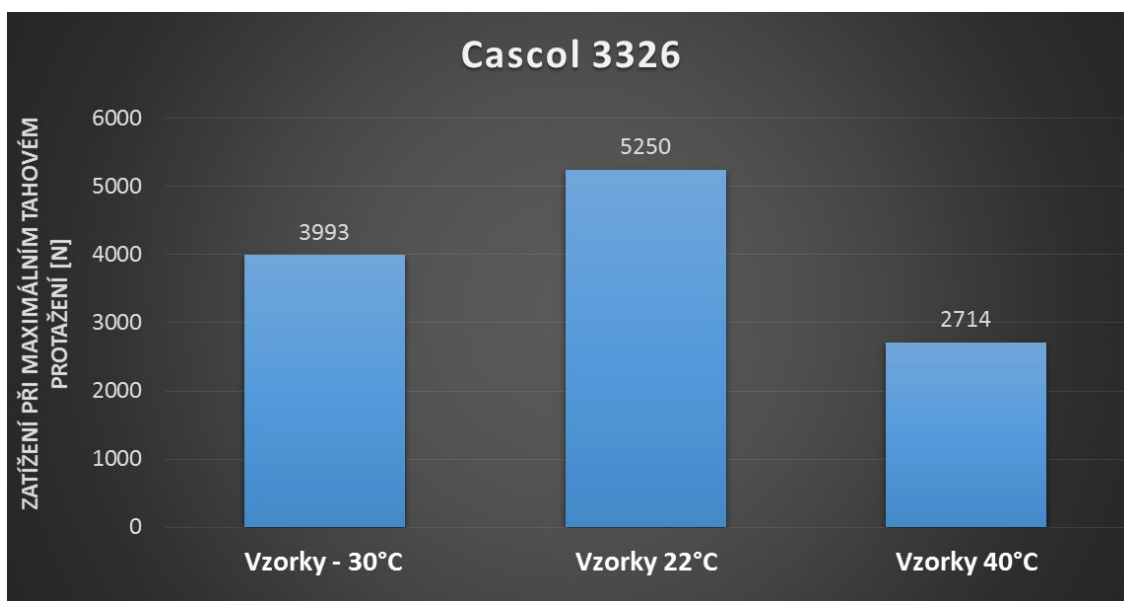
8.2 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Cascol 3326

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Cascol 3326 klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení materiálu i k porušení lepidla. U 2 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Cascol 3326 klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, nedošlo k porušení lepené spáry ani materiálu. Všechny vzorky odolaly síle 5 kN.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených lepidlem Cascol 3326 klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo pouze k porušení lepené spáry. Dřevní vlákna zůstala netknutá.

Dle Obr. 27 lze říct, že lepidlo Cascol 3326 lépe odolává působení vnějších sil za pokojových a nižších teplot, než při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obr. 27 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků smrku při různých teplotách.



Obr. 27 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků smrku při různých teplotách (Vlastní práce)

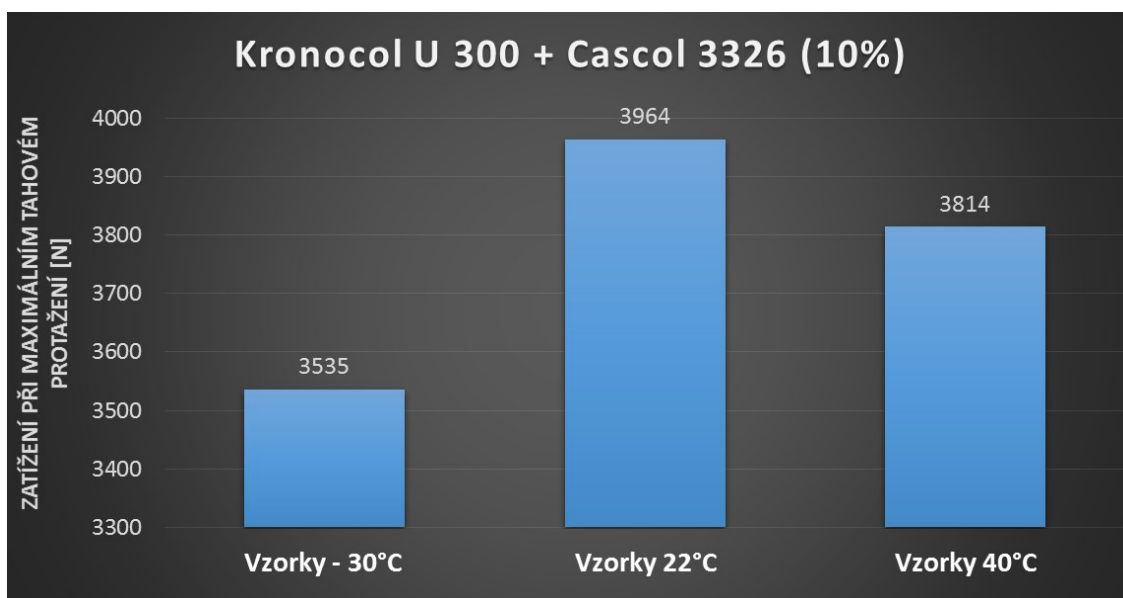
8.3 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %)

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech. Pouze 1 vzorek se porušil v lepené spáře.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení dřevních vláken i lepené spáry. Lepená spára byla porušena v 6 případech. V případech porušení dřevních vláken se jednalo o povrchové porušení, nikoliv hluboké trhliny.

Dle Obr. 28 lze říct, že pevnost směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) je nejlepší při pokojové teplotě a změnou teplot se snižuje. Obr. 28 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků smrku při různých teplotách.



Obr. 28 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků smrku při různých teplotách (Vlastní práce)

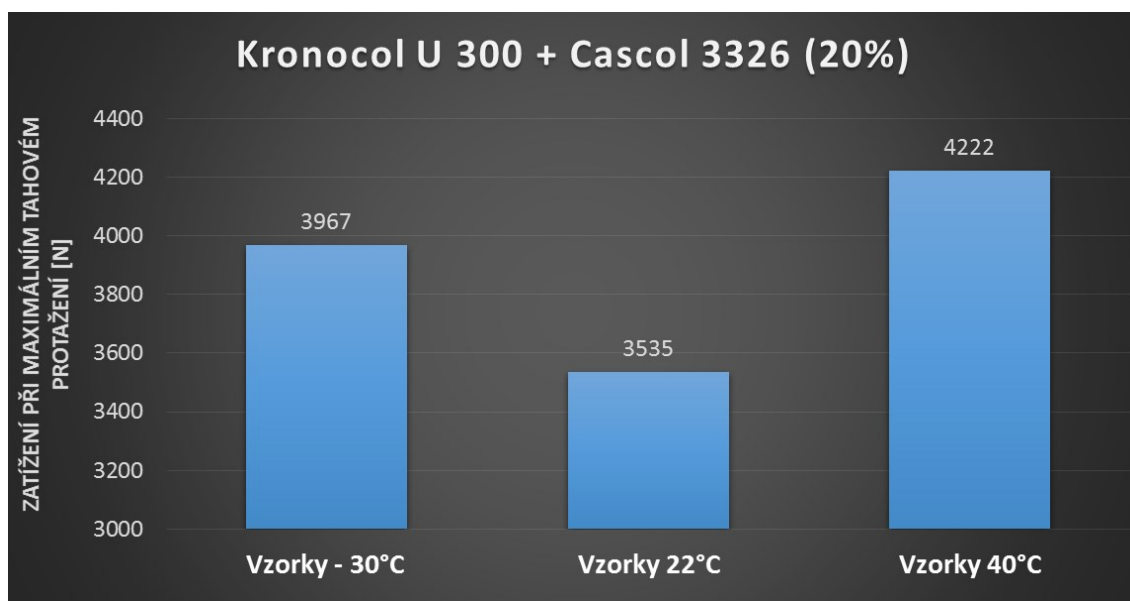
8.4 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %)

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech i v lepené spáře. U 1 vzorku došlo k porušení v lepidle.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech. Pouze 1 vzorek vykazoval extrémní hodnotu z důvodu špatného uchycení ve zkušební přístroji.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení dřevních vláken i lepené spáry. Lepená spára byla porušena ve 2 případech.

Dle Obr. 29 lze říct, že pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) se zvyšující se a snižující se teplotou narůstá. Nejhorší pevnost vykazují vzorky při pokojové teplotě. Obr. 29 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků smrku při různých teplotách.



Obr. 29 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků smrku při různých teplotách (Vlastní práce)

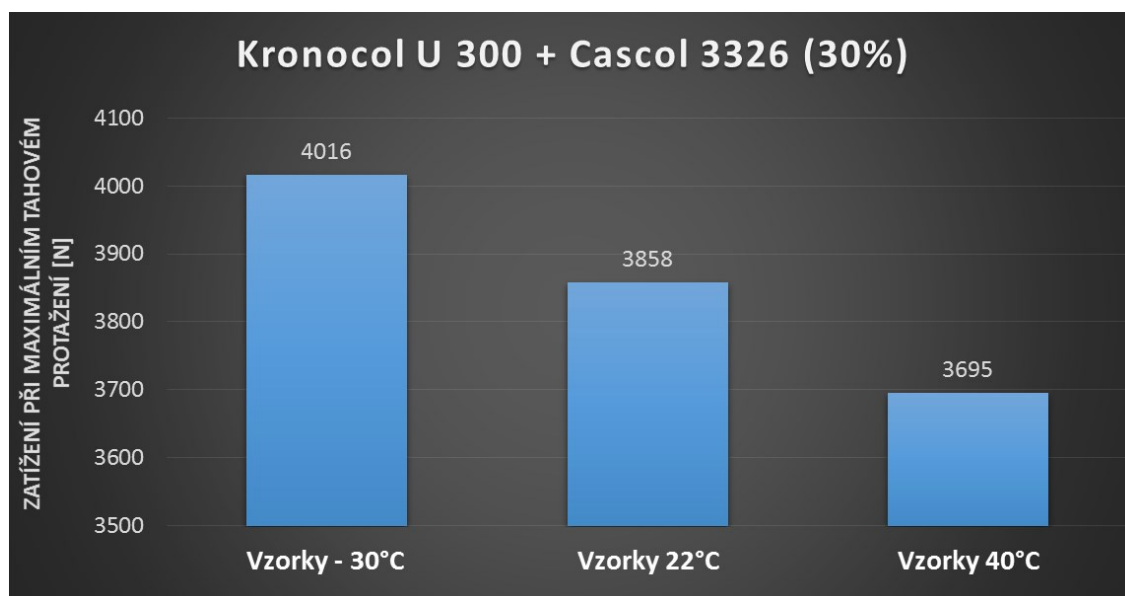
8.5 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %)

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech. Pouze u 1 vzorku došlo k porušení v lepidle.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech. U 2 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Při smykové zkoušce smrkových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení dřevních vláken i lepené spáry. Lepená spára byla porušena ve 4 případech.

Dle Obr. 30 lze říct, že pevnost směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) se zvyšující se teplotou klesá. Nejhorší pevnost vykazují vzorky při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obr. 30 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků smrku při různých teplotách.



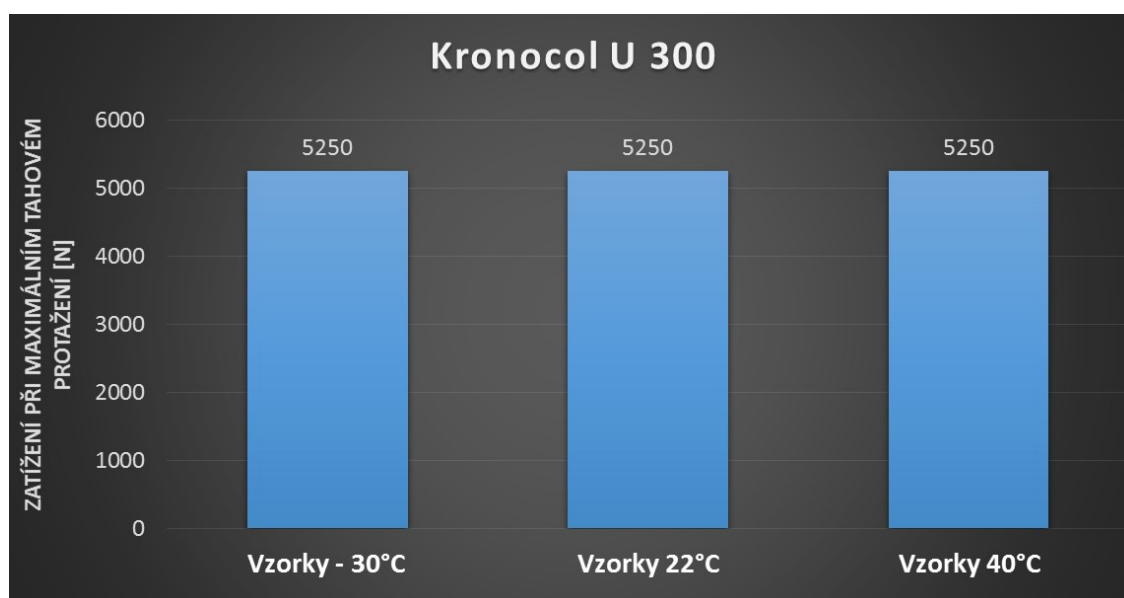
Obr. 30 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků smrku při různých teplotách (Vlastní práce)

8.6 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Kronocol U 300

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených lepidlem Kronocol U 300 klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, nedošlo k porušení dřevních vláken ani k porušení lepené spáry.

Veškeré testované vzorky obstály při testu pevnosti ve smyku a odolaly maximální síle stroje 5kN.

Dle Obr. 31 lze říct, že lepidlo Kronocol U 300 aplikované na bukových vzorcích odolává smykovému působení o síle 5kN za všech testovaných teplot.



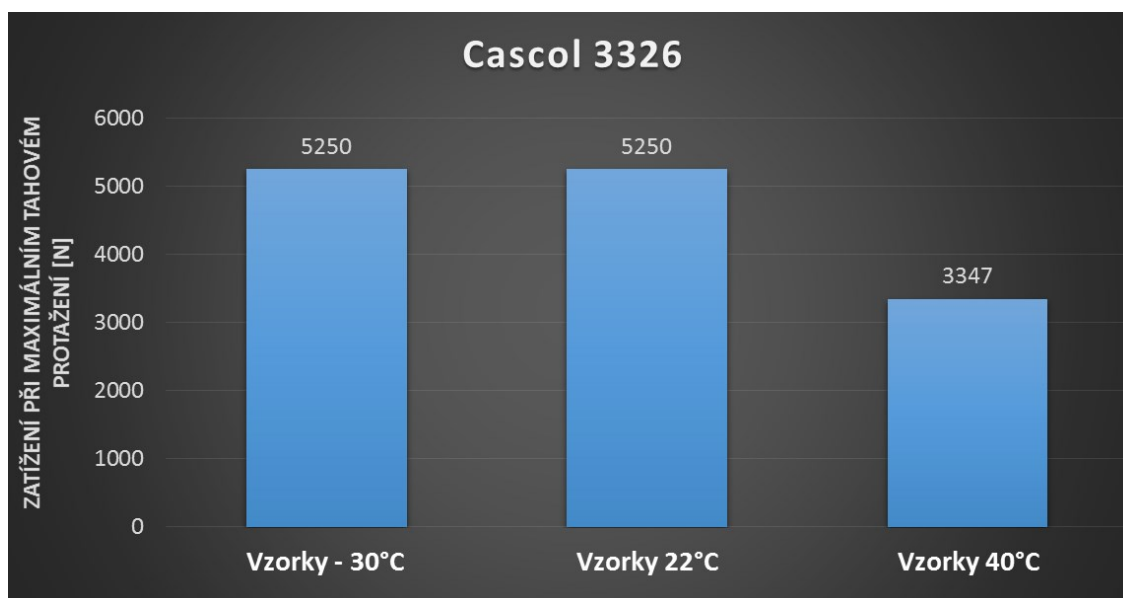
Obr. 31 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Kronocol U 300 u vzorků buku při různých teplotách (Vlastní práce)

8.7 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených lepidlem Cascol 3326 klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, nedošlo k porušení lepené spáry ani materiálu. Všechny tyto vzorky odolaly síle 5kN.

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených lepidlem Cascol 3326 klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 % docházelo pouze k porušení lepené spáry. Dřevní vlákna zůstala netknutá.

Dle Obr. 32 lze říct, že lepidlo Cascol 3326 lépe odolává působení vnějších sil za pokojových a nižších teplot, než při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %. Obr. 32 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků buku při různých teplotách.



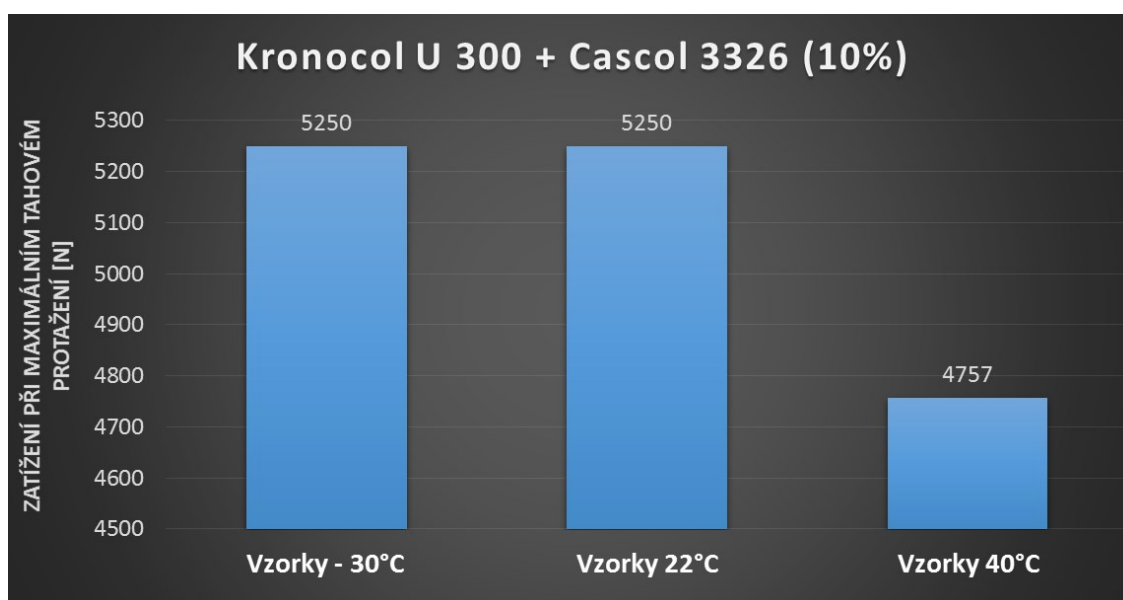
Obr. 32 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků buku při různých teplotách (Vlastní práce)

8.8 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %)

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, nedošlo k porušení lepené spáry ani materiálu. Všechny tyto vzorky odolaly síle 5kN.

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení lepené spáry. Pouze 2 vzorky byly porušeny v dřevě.

Dle Obr. 33 lze říct, že směs lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) lépe odolává působení vnějších sil za pokojových a nižších teplot, než při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obr. 33 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků buku při různých teplotách.



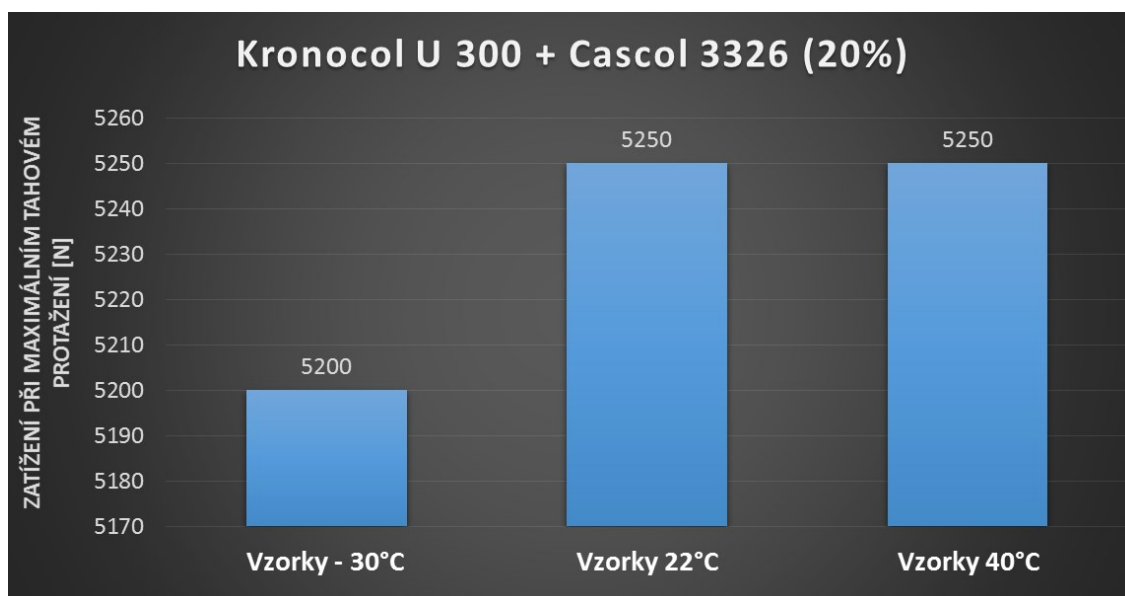
Obr. 33 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků buku při různých teplotách (Vlastní práce)

8.9 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %)

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení spoje jak v materiálu, tak v lepené spáře. U 5 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) klimatizovaných na $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, nedošlo k porušení dřeva ani lepidla. Všechny tyto vzorky odolaly síle 5kN.

Dle Obr. 34 lze říct, že směs lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) lépe odolává působení vnějších sil za pokojových a vyšších teplot, než teplotě $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obr. 34 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků buku při různých teplotách.



Obr. 34 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků buku při různých teplotách (Vlastní práce)

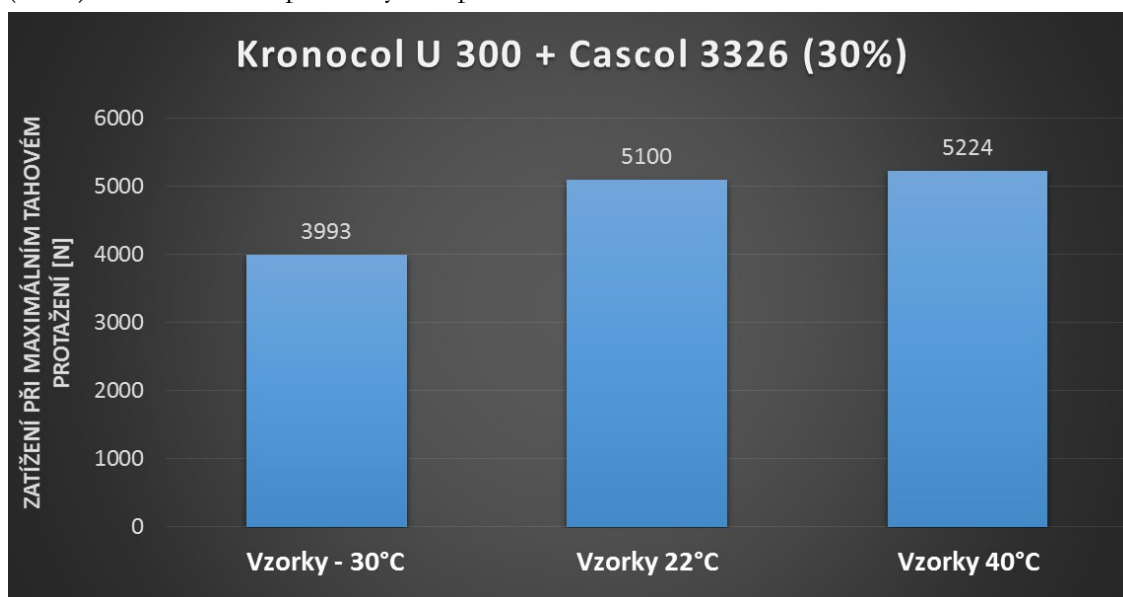
8.10 Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %)

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení v lepené spáře. Pouze u 2 vzorků došlo k porušení v dřevních vláknech.

Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, docházelo k porušení ve dřevních vláknech i v lepené spáře. U 3 vzorků došlo k porušení v lepené spáře.

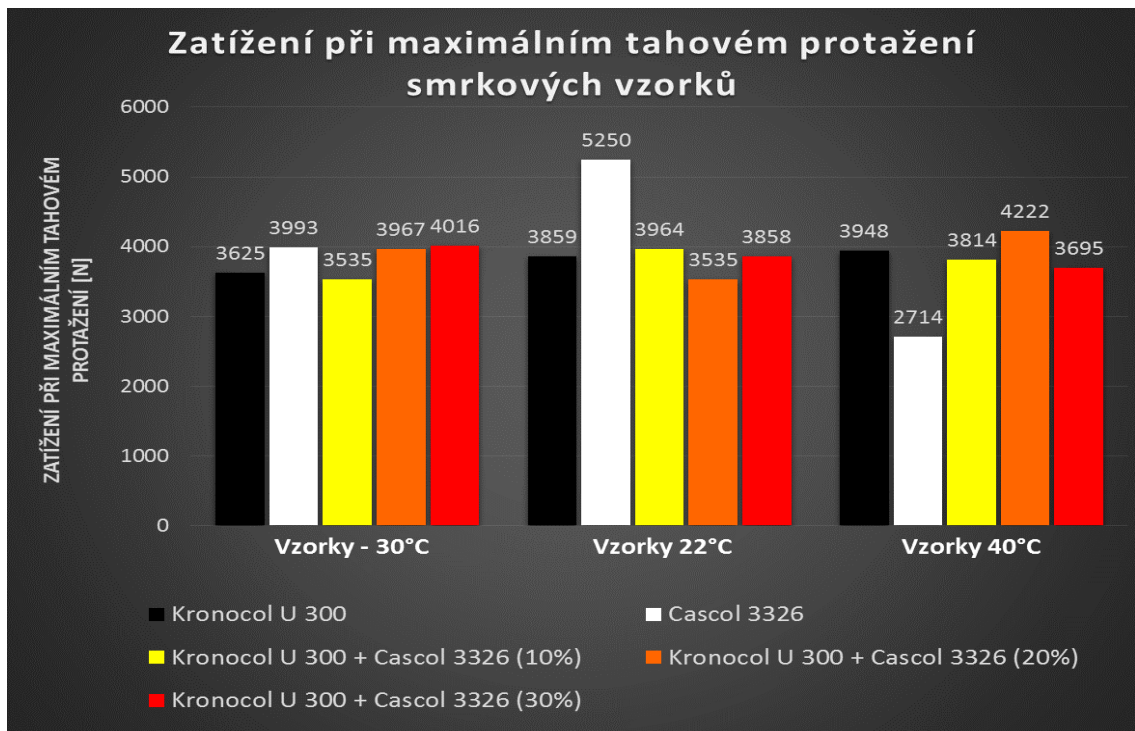
Při smykové zkoušce bukových vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizovaných při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, docházelo k porušení v lepené spáře. U 3 vzorků došlo k porušení ve dřevě a to pouze na povrchu materiálu.

Dle Obr. 35 lze říct, že pevnost směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) je nejlepší u vzorků s pokojovou teplotou a vyšší. Obr. 35 porovnává medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků buku při různých teplotách.

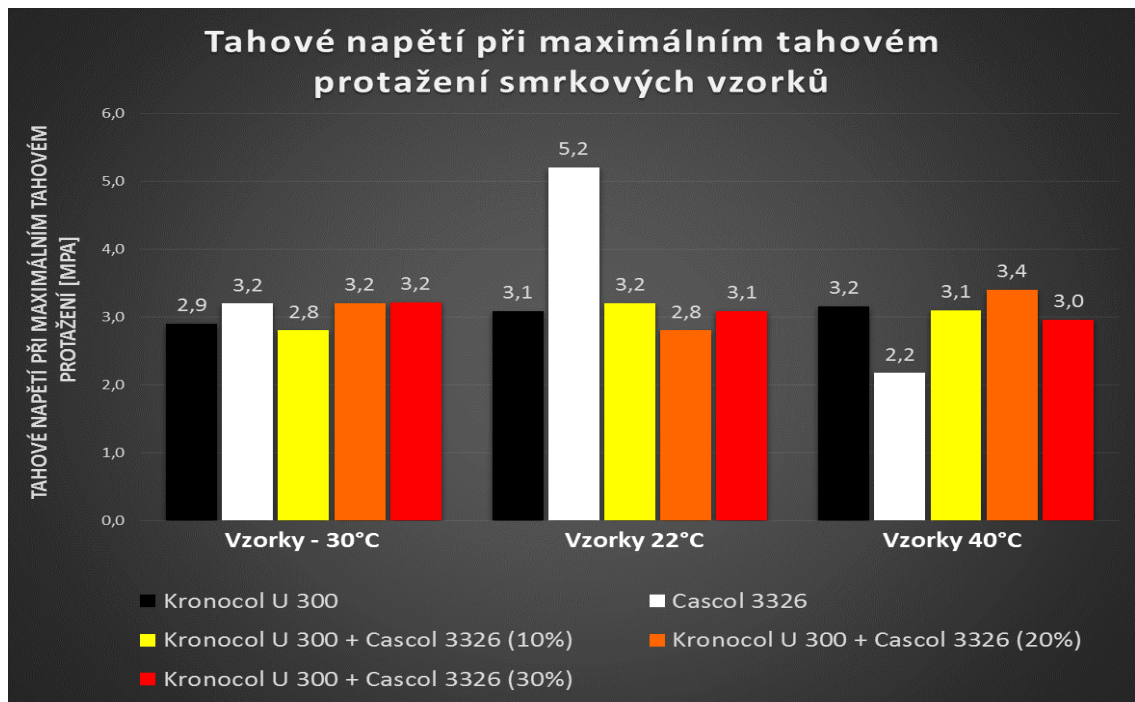


Obr. 35 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků buku při různých teplotách (Vlastní práce)

8.11 Grafické porovnání pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku při použití jednotlivých typů lepidel

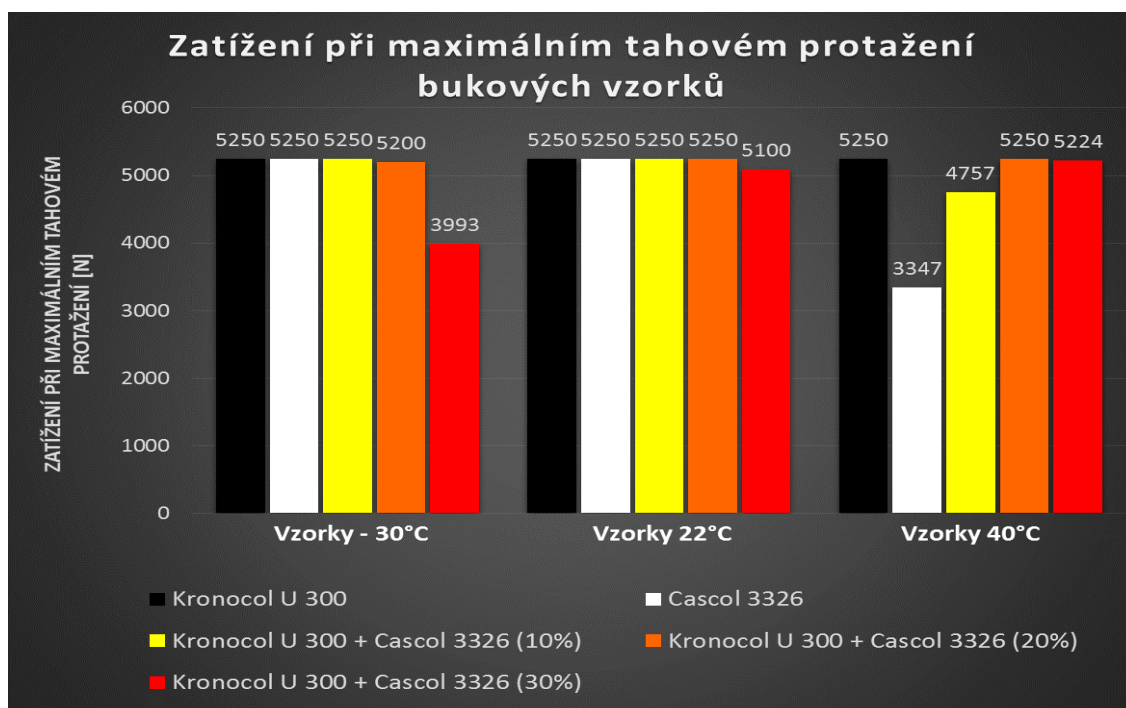


Obr. 36 Porovnání zatížení při maximálním tahovém protažení vzorků smrku (Vlastní práce)

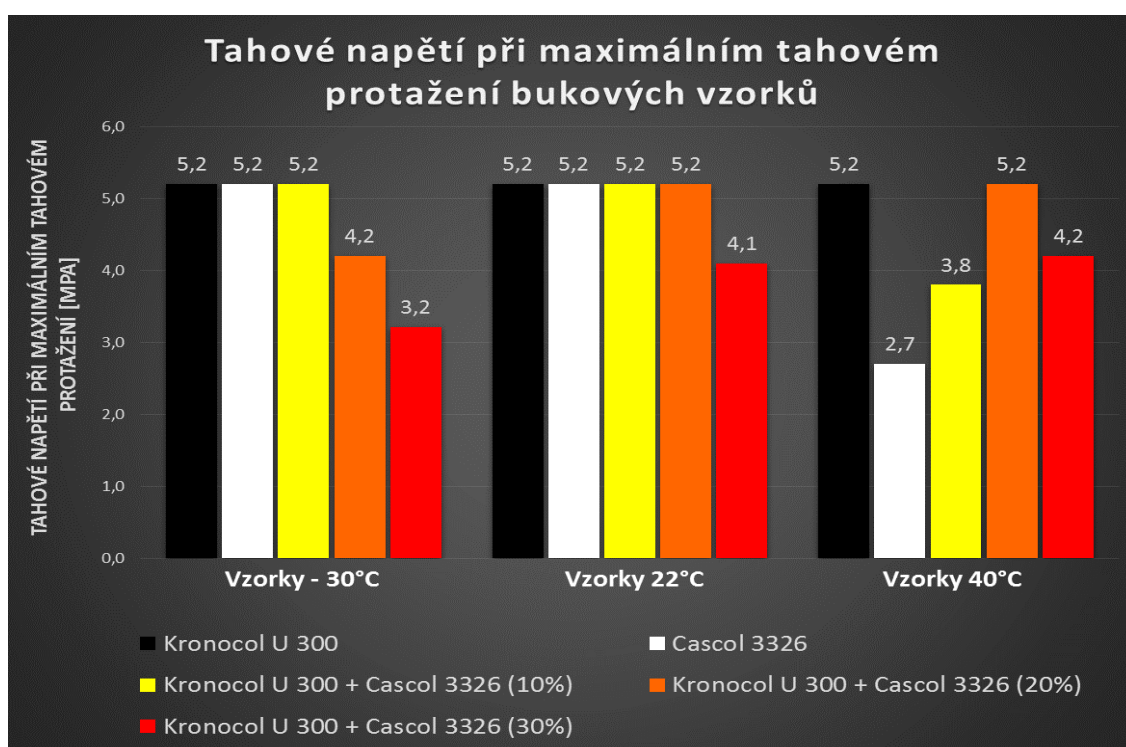


Obr. 37 Porovnání tahového napětí při maximálním tahovém protažení u vzorků smrku (Vlastní práce)

8.12 Grafické porovnání pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku při použití jednotlivých typů lepidel



Obr. 38 Porovnání zatížení při maximálním tahovém protažení vzorků buku (Vlastní práce)



Obr. 39 Porovnání tahového napětí při maximálním tahovém protažení u vzorků buku (Vlastní práce)

8.13 Statistické vyhodnocení závislosti lepidel na pevnost lepeného spoje u smrkového dřeva pomocí 2-faktorové ANOVY s opakováním

Základní test, který byl zvolen při vyhodnocování a zjišťování přesnosti naměřených výsledků, byla 2–Faktorová ANOVA s opakováním, která analyzuje rozptyl naměřených dat. Při statistickém vyhodnocování byla zvolena hladina významnosti alfa 0,05. Tato hladina zaručuje, že vypočtené výsledky jsou ze statistického hlediska minimálně na 95 % přesné.

Před výpočtem byla položena nulová a alternativní hypotéza pro jednotlivé faktory a pro společnou interakci faktorů.

Nulová hypotéza pro jednotlivé faktory H_0 říká, že jednotlivé faktory (efekty) „Lepidlo“ a „Teplota“ nemají vliv na pevnost lepeného spoje. Naopak alternativní hypotéza pro jednotlivé faktory (efekty) H_1 říká, že jednotlivé faktory (efekty) mají vliv na pevnost lepeného spoje.

Nulová hypotéza pro interakci faktorů (efektů) H_0 říká, že interakce faktorů (efektů) působí nezávisle na pevnost lepeného spoje.

Naopak alternativní hypotéza pro interakci faktorů (efektů) H_1 říká, že interakce faktorů (efektů) „Lepidlo“ a „Teplota“ nepůsobí nezávisle na pevnost lepeného spoje.

Výpočet 2–Faktorové analýzy rozptylu zachycuje Tab. 11 níže.

Tab. 11 2-Faktorová ANOVA s opakováním pro smrkové vzorky (Vlastní práce)

Efekt	Sč	Stupně volnosti	Pč	Tk	p
Lepidlo	1390307	4	3,475767E+05	0,776	0,542843
Teplota	1010609	2	5,053044E+05	1,128	0,326813
Lepidlo*Teplota	14127967	8	1,765996E+06	3,941	0,000323
Chyba	60492206	135	4,480904E+05		

Pro jednotlivé faktory „Lepidlo“ a „Teplota“ vychází $p > \alpha$, tedy nulová hypotéza pro jednotlivé faktory není zamítnuta a předpokládá se, že tyto jednotlivé faktory nemají statisticky významný vliv na měřenou veličinu (pevnost).

Při hodnocení interakce obou faktorů „Lepidlo“ a „Teplota“ je hodnota $p < \alpha$, tedy nulová hypotéza pro interakci faktorů je zamítnuta a posuzovaná kombinace faktorů má statisticky významný vliv na měřenou veličinu (pevnost) a střední hodnoty základních souborů, ze kterých pochází analyzované výběry, se liší. Je tedy nutné odhalit, které kombinace faktorů to jsou. Ke zjištění byl použit Tukeyho test mnohonásobného porovnání, viz Tab. 12.

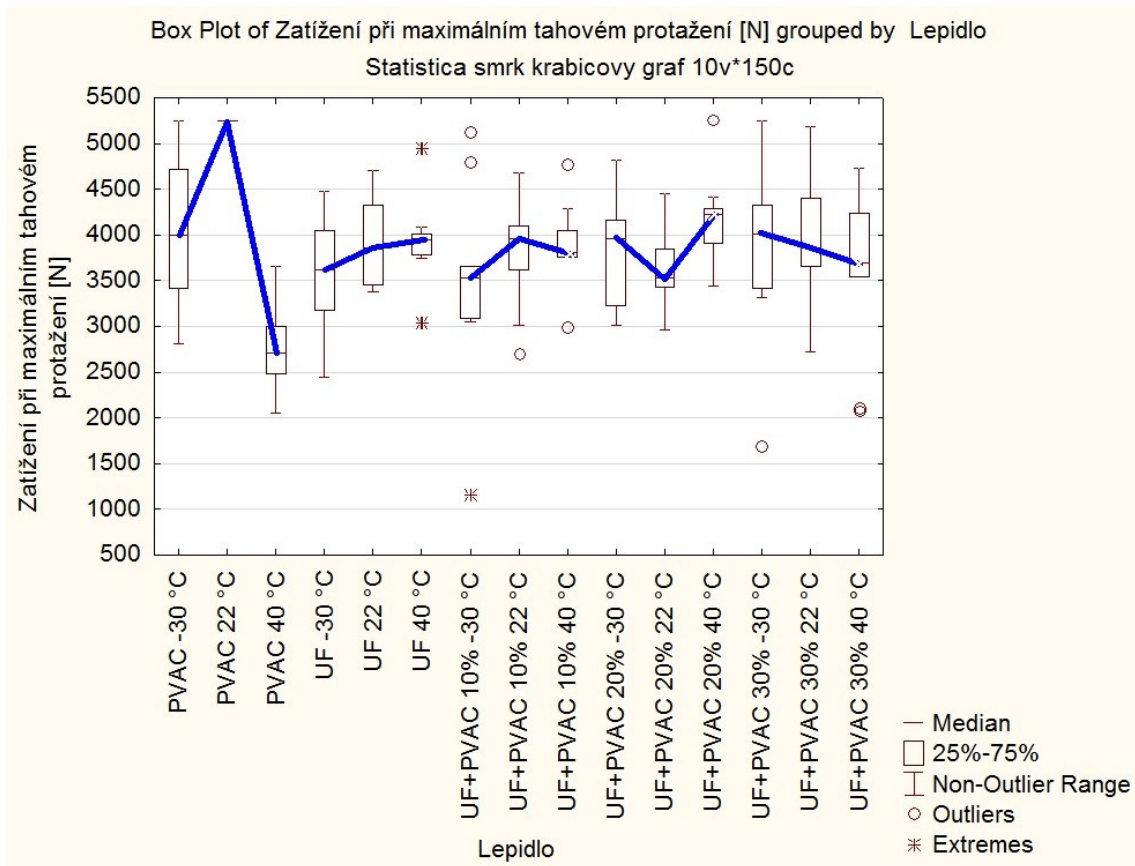
Tab. 12 Tukeyho test mnohonásobného porovnání (Vlastní práce)

Pořadí	Lepidlo	Teplota [°C]	{1} 4120,6	{2} 3938,6	{3} 2751,3	{4} 3569,5	{5} 3938,6	{6} 3936,9	{7} 3485,8	
1	PVAC	-30		0,999999	0,000481	0,881525	0,999999	0,999999	0,721339	
2	PVAC	22	0,999999		0,006455	0,996454	1,000000	1,000000	0,974695	
3	PVAC	40	0,000481	0,006455		0,284515	0,006455	0,006601	0,474487	
4	UF	-30	0,881525	0,996454	0,284515		0,996454	0,996620	1,000000	
5	UF	22	0,999999	1,000000	0,006455	0,996454		1,000000	0,974695	
6	UF	40	0,999999	1,000000	0,006601	0,996620	1,000000		0,975520	
7	UF+PVAC 10%	-30	0,721339	0,974695	0,474487	1,000000	0,974695	0,975520		
8	UF+PVAC 10%	22	0,999431	1,000000	0,031565	0,999976	1,000000	1,000000	0,999160	
9	UF+PVAC 10%	40	0,999516	1,000000	0,030038	0,999970	1,000000	1,000000	0,999023	
10	UF+PVAC 20%	-30	0,999822	1,000000	0,022404	0,999898	1,000000	1,000000	0,997793	
11	UF+PVAC 20%	22	0,914912	0,998317	0,237378	1,000000	0,998317	0,998405	1,000000	
12	UF+PVAC 20%	40	1,000000	0,999982	0,000223	0,791075	0,999982	0,999980	0,596160	
13	UF+PVAC 30%	-30	0,999917	1,000000	0,018223	0,999786	1,000000	1,000000	0,996343	
14	UF+PVAC 30%	22	1,000000	1,000000	0,002768	0,983670	1,000000	1,000000	0,927321	
15	UF+PVAC 30%	40	0,929749	0,998905	0,214573	1,000000	0,998905	0,998966	1,000000	
Pořadí	Lepidlo	Teplota [°C]	{8} 3808,7	{9} 3813,1	{10} 3838,6	{11} 3594,6	{12} 4172,1	{13} 3856	{14} 4000,8	{15} 3607,9
1	PVAC	-30	0,999431	0,999516	0,999822	0,914912	1,000000	0,999917	1,000000	0,929749
2	PVAC	22	1,000000	1,000000	1,000000	0,998317	0,999982	1,000000	1,000000	0,998905
3	PVAC	40	0,031565	0,030038	0,022404	0,237378	0,000223	0,018223	0,002768	0,214573
4	UF	-30	0,999976	0,999970	0,999898	1,000000	0,791075	0,999786	0,983670	1,000000
5	UF	22	1,000000	1,000000	1,000000	0,998317	0,999982	1,000000	1,000000	0,998905
6	UF	40	1,000000	1,000000	1,000000	0,998405	0,999980	1,000000	1,000000	0,998966
7	UF+PVAC 10%	-30	0,999160	0,999023	0,997793	1,000000	0,596160	0,996343	0,927321	1,000000
8	UF+PVAC 10%	22		1,000000	1,000000	0,999994	0,996984	1,000000	0,999998	0,999997
9	UF+PVAC 10%	40	1,000000		1,000000	0,999992	0,997346	1,000000	0,999999	0,999996
10	UF+PVAC 20%	-30	1,000000	1,000000		0,999969	0,998799	1,000000	1,000000	0,999985
11	UF+PVAC 20%	22	0,999994	0,999992	0,999969		0,838727	0,999928	0,990733	1,000000
12	UF+PVAC 20%	40	0,996984	0,997346	0,998799	0,838727		0,999338	1,000000	0,861262
13	UF+PVAC 30%	-30	1,000000	1,000000	1,000000	0,999928	0,999338		1,000000	0,999962
14	UF+PVAC 30%	22	0,999998	0,999999	1,000000	0,990733	1,000000	1,000000		0,993314
15	UF+PVAC 30%	40	0,999997	0,999996	0,999985	1,000000	0,861262	0,999962	0,993314	

Dle výsledků Tukeyho testu mnohonásobného porovnání lze vidět, že interakce třetího faktoru, se ze statistického hlediska významně liší od ostatních faktorů. Třetí faktor, tedy PVAc lepidlo Cascol 3326 aplikované na smrkové vzorky klimatizované při 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 % se spolehlivostí 95 % nepůsobí nezávisle na pevnost lepeného spoje. S největší pravděpodobností se lze domnívat, že kombinace lepidla Cascol 3326 a teploty 40 °C negativně ovlivňuje pevnost lepeného spoje.

Dle přiloženého Obr. 40, který zobrazuje krabicové grafy, shrnující zatížení při maximálním tahovém protažení vzorků všech použitých lepidel a jejich směsí aplikovaných na smrkových vzorcích a klimatizovaných na jednotlivé teploty, lze pozorovat výsledné trendy. Skupiny lepidel jsou seřazeny dle teplot od nejnižší po nejvyšší (zleva doprava). Modré křivky spojující mediány jednotlivých lepidel naznačují trend chování lepidla v průběhu změny teplot. Křížky zaznamenané na Obr. 40 značí extrémní hodnoty. Tyto extrémy mohou být zapříčiněny nesprávným uchycením vzorku ve stroji. Kroužky zaznamenané na Obr. 40 značí odlehle hodnoty, tedy hodnoty, jež se významně liší od průměru. Nejvýznamnější propad byl zaznamenan právě u lepidla Cascol 3326 při 40 °C,

který jen potvrzuje statistické vyhodnocení. Dále si lze všimnout stoupajících i klesajících trendů. V neposlední řadě je potřeba zmínit i kombinaci těchto dvou trendů.



Obr. 40 Krabicový graf porovnávající použitá lepidla u smrkových vzorků (Vlastní práce)

Veškeré naměřené a počítané data, ze kterých se vycházelo při statistických výpočtech lze nalézt v příloze.

9 Diskuse

Cílem této diplomové práce bylo studium a výzkum vlivu složení lepidlových směsí na pevnost lepeného spoje u dřeva smrku a buku při rozdílných technologických podmínkách, klimatizování a zkoušení. K tomu bylo nutné analyzovat faktory, které ovlivňují kvalitu lepeného spoje. V případě dřeva se jedná zejména o vlhkost, teplotu nebo drsnost povrchu. V případě použitého adheziva se jedná o vlastnosti jako reaktivita, viskozita, sušina lepidel, povrchové napětí nebo schopnost penetrace do povrchu. Na základě výsledků zkoušení vyhodnotit vliv složení směsi močovinoformaldehydového (UF) a vodou ředitelného disperzního (PVAc) lepidla na pevnost lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání vzorků vystavených působení různých teplot a různé vlhkosti. Výstupem této práce je porovnání pevnosti samostatných lepidel a jejich směsí, které byly namíchány v poměru UF (100 % hmot.) + PVAc (10 % hmot.), UF (100 % hmot.) + PVAc (20 % hmot.) a UF (100 % hmot.) + PVAc (30 % hmot.), aplikovány na vzorky smrkového a bukového dřeva a po dobu 28 dní vystaveny působení $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tato diplomová práce zkoumá vliv poměru složení směsi močovinoformaldehydového (UF) a vodou ředitelného disperzního (PVAc) lepidla, vystaveného různým teplotním a vlhkoštním podmínkám, na pevnost lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání jehličnatého a listnatého dřeva. Lze se domnívat, že mícháním obou lepidel lze ovlivňovat pružnost a elasticitu lepidlové směsi a tedy zvyšovat celkovou pevnost lepeného spoje. Z řad jehličnanů byl zvolen jako reprezentativní zástupce smrk. Z řad listnáčů byl reprezentantem zvolen buk. Obě tyto dřeviny mají významné hospodářské postavení v ČR a hojně se využívají i v nábytkářství. Cílem bylo srovnat a vyhodnotit pevnost jednotlivých typů lepidel aplikovaných na dané jehličnaté či listnaté dřevo (smrk, buk), které bylo navíc vystaveno působení různých teplot ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$) a různé relativní vlhkosti vzduchu (25 %, 70 %). Výchozím materiálem pro zkoušení pevnosti ve smyku se stala norma ČSN EN 1465 Lepidla – Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přelátovaných tělesech.

Významnými faktory, které ovlivňují výslednou kvalitu lepeného spoje, jsou vlhkost a teplota materiálu (dřeva). Nevhodná vlhkost lepeného materiálu může snížit pevnost lepeného spoje. To samé platí pro nevhodnou teplotu adherendu při přípravě, ale i nevhodnou teplotu adheziva, která může snižovat výslednou pevnost.

Během laboratorních zkoušek bylo použito nové, čerstvé močovinoformaldehydové lepidlo Kronocol U 300 a disperzní vodou ředitelné lepidlo Cascol 3326 a jejich směsi, dále pak smrkové a bukové vzorky o vlhkosti 7,1–7,3 % klimatizované na pokojovou teplotu $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Veškerá manipulace se vzorky probíhala za pokojové teploty $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a relativní vlhkosti vzduchu 25 % ($\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Při lisování byly dle naneseného adheziva a dřeva použity teploty $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (PVAc, smrk) a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (UF, buk). Lisovací čas závisel na typu lepidla,

u PVAc lepidel se lisovalo 20 min, kdežto u UF lepidel pouze 10 min. Tlak byl zvolen dle lisované dřeviny a to 0,6 MPa u smrku a 0,8 MPa u buku. Lze tedy říct, že veškeré vstupní podmínky pro vytvoření kvalitního a pevného lepeného spoje byly splněny.

Veškeré faktory, které mohou ovlivnit kvalitu lepeného spoje a všeobecné vlastnosti dřeva a lepidel jsou uvedeny a popsány v literární části této diplomové práce.

Hlavním cílem bylo stanovit vzájemný vztah pevnosti lepených spojů na teplotě a vlhkosti a porovnat výsledky pevnosti lepených spojů ve smyku dvou základních lepidel (UF a PVAc) a jejich směsí, které byly po 28 dní vystaveny působení různých teplotních a vlhkostních podmínek ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zjistit vliv složení směsi na pevnost lepeného spoje ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku a buku. Z výsledků a provedeného statistického vyhodnocení v kapitole 8.13 u dřeva smrku, lze konstatovat, že:

- Působení zvýšené vlhkosti a teploty významně snižuje pevnost PVAc lepidla Cascol 3326. Vzorky klimatizované při pokojové teplotě vykazují vůbec největší pevnost, naopak vzorky vystavené teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vlhkosti vzduchu 70 % vykazují přibližně poloviční pevnost. (Obr. 27, str. 59)
- Působení zvýšené vlhkosti a teploty zvyšuje pevnost UF lepidla Kronocol U 300. Vzorky vystavené působení mrazivých teplot vykazují nejmenší pevnost. S narůstající teplotou se zvyšuje i pevnost lepeného spoje. Vzorky klimatizované při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vlhkosti vzduchu 70 % vykazují největší pevnost. (Obr. 26, str. 58)
- Působení zvýšené vlhkosti a teploty snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Vzorky vystavené teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 70 % vykazují vůbec nejmenší pevnost z testované skupiny. Největší pevnost vykazují vzorky vystavené mrazu. (Obr. 30, str. 62)
- Působení snížené teploty snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). Také zvýšená teplota a vlhkost snižuje pevnost lepeného spoje. Nejlepších výsledků dosahuje směs při pokojové teplotě. (Obr. 28, str. 60)
- Působení snížené a zvýšené teploty zvyšuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %). Nejnižší pevnost vykazují vzorky klimatizované při pokojové teplotě. (Obr. 29, str. 61)

Při testování bukových vzorků docházelo k případu, kdy vzorky odolaly maximální síle zkušebního stroje 5 kN. To bylo s největší pravděpodobností dáno lepšími mechanickými vlastnostmi buku. Z tohoto důvodu, nebylo naměřeno dostatečné množství přesných dat pro statistickou analýzu, tudíž nebyla provedena. Avšak z naměřených výsledků, které byly u dřeva buku zaznamenány a graficky porovnány v kapitole 8.12, lze usuzovat, že:

- Působení zvýšené vlhkosti a teploty snižuje pevnost PVAc lepidla Cascol 3326. Vzorky klimatizované při teplotách $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ odolaly maximální síle stroje.

K porušení došlo pouze u vzorků klimatizovaných při teplotě 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 %. (Obr. 32, str. 64)

- UF lepidlo Kronocol U 300 odolává za všech testovaných podmínek minimálně síle 5 kN. Veškeré testované skupiny odolaly maximální síle stroje 5 kN. Nedošlo k porušení dřevních vláken, ani lepené spáry. (Obr. 31, str. 63)
- Působení zvýšené vlhkosti a teploty jen minimálně zvyšuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Nejnižší pevnost vykazují vzorky vystavené mrazivým teplotám (-30 °C). (Obr. 35, str. 67)
- Působení zvýšené vlhkosti a teploty snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). Naopak vzorky vystavené teplotám -30 °C a 22 °C odolaly maximální síle stroje a nedošlo k žádnému porušení. (Obr. 33, str. 65)
- Působení snížené teploty (-30 °C) zanedbatelně snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %). Vzorky vystavené teplotě 22 °C a vzorky klimatizované při 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 % odolaly maximální síle stroje a nedošlo k porušení dřevních vláken ani lepené spáry. (Obr. 34, str. 66)

Nejmarkantnější vliv na pevnost lepeného spoje ve smyku byl u samostatného lepidla PVAc u smrkových i bukových vzorků. Lze to vysvětlit právě zvýšenou teplotou (40 °C) a zvýšenou vlhkostí prostředí (70 %), které byly vzorky vystaveny po dobu 28 dní. V důsledku zvýšené teploty pravděpodobně došlo k příliš rychlému oddifundování rozpouštědla (vody), tím se snížila viskozita a lepidlo špatně smáčelo lepený povrch. Nedošlo k zatečení lepidla do póru dřeva, což potvrzovaly i typy porušení, které byly hodnoceny po každé smykové zkoušce pevnosti.

Pevnostní zkoušky tím potvrdily doporučení uvedená v technickém listu lepidla Cascol 3326, který nedoporučuje vystavení lepidla teplotám na 30 °C. Vysoké teploty mohou ovlivnit viskozitu lepidla a rychlost oddifundování vody a tím v konečném důsledku snížit jeho pevnost.

Naopak dle naměřených dat u smrkových vzorků se lze domnívat, že vystavením UF lepidla Kronocol U 300 teplotám do 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, se kladně ovlivňuje výsledná pevnost spoje. Dle technického listu lepidla, není vhodné používat toto lepidlo v exteriéru, kde může být vystaveno působení mrazivých teplot. Toto doporučení bylo potvrzeno, když smrkové vzorky lepené Kronocolem U 300, vystavené teplotě -30 °C, vykazovaly vůbec nejmenší pevnost ze všech tří testovaných teplotních variant.

Z výsledků naměřených u směsí lepidel aplikovaných na smrkové vzorky lze vyčíst mnoho rozporuplných závěrů. Nejočekávanější výsledek nastal u směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Kde díky nejvyššímu podílu PVAc lepidla došlo k poměrně výraznému snížení pevnosti spoje. Lze se tedy domnívat, že je to díky adici lepidla Cascol 3326, které špatně odolává zvýšeným teplotám.

Dalším očekávaným výsledkem byl test směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %), kde nejlepších výsledků bylo naměřeno při pokojové teplotě. Zvýšenou i sníženou teplotou se pevnost snižovala.

Naopak u směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) vydržely vzorky klimatizované při 40 °C největšímu zatížení ze všech testovaných vzorků. Vzorky klimatizované na 22 °C vykazovaly dokonce menší pevnost, než vzorky, které byly klimatizované při -30 °C.

Z provedeného statistického porovnání u smrkových vzorků lze však konstatovat, že pouze lepidlo Cascol 3326 při 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 %, má s pravděpodobností 95 %, statisticky významný vliv na pevnost lepeného spoje.

O výsledcích směsí použitých na bukových vzorcích lze polemizovat. Vzorky lepené směsí Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) klimatizované na 40 °C při relativní vlhkosti vzduchu 70 %, vykazovaly nižší pevnost, než vzorky lepené směsí Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) klimatizované na stejnou teplotu (40 °C) při stejné vlhkosti vzduchu (70 %). To může být dáno různým druhem dřeva, rozdílným chemickým složením, různorodou hustotou dřevin nebo pórovitostí dřeva. Tyto faktory společně s různou teplotou a vlhkostí mohou ovlivnit oddifundování vody a v konečném důsledku mohou snižovat pevnost lepeného spoje.

10 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na výzkum vlivu složení směsi močovinoformaldehydového (UF) a vodou ředitelného disperzního (PVAc) lepidla na pevnost lepeného spoje ve smyku, které byly aplikovány na smrkových a bukových vzorcích a po 28 dní byly vystaveny třem různým teplotním podmínkám. Hlavním cílem bylo porovnat výsledné pevnosti použitých lepidel při jednotlivých teplotách a vyhodnotit, zdali má složení směsi, teplota a vlhkost vzorků, vliv na pevnost lepeného spoje.

Při testech bylo použito močovinoformaldehydové lepidlo Kronocol U 300, vodou ředitelné disperzní lepidlo Cascol 3326 a jejich směsi Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %), Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) a Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Jako testované vzorky posloužily dvě hospodářsky velmi rozšířené dřeviny - smrk a buk, které zauímají přední postavení v nábytkářském průmyslu. Vyhodnocení závislosti probíhalo za třech různých podmínek. První skupiny tvořily vzorky klimatizované při -30 °C, druhou vzorky uložené za pokojové teploty (22 °C) a třetí skupinou byly vzorky klimatizované při teplotě 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 %.

Z naměřených laboratorních výsledků smykové pevnosti při tahovém namáhání lepeného spoje smrkových vzorků a následného statistického vyhodnocení vyplývá, že působení zvýšené vlhkosti a teploty významně snižuje pevnost PVAc lepidla Cascol 3326. Působení zvýšené vlhkosti a teploty zvyšuje pevnost UF lepidla Kronocol U 300. Působení zvýšené vlhkosti a teploty snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Působení snížené a zvýšené teploty negativně ovlivňuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). Působení snížené a zvýšené teploty kladně ovlivňuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %).

Z naměřených laboratorních výsledků smykové pevnosti při tahovém namáhání lepeného spoje bukových vzorků a jejich grafického porovnání lze usuzovat, že působení zvýšené vlhkosti a teploty snižuje pevnost PVAc lepidla Cascol 3326. UF lepidlo Kronocol U 300 odolává za všech testovaných podmínek minimálně síle 5 kN. Působení zvýšené vlhkosti a teploty jen minimálně zvyšuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Působení zvýšené vlhkosti a teploty negativně ovlivňuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). Působení snížené teploty zanedbatelně snižuje pevnost směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %).

Z výše uvedených výsledků si lze odpovědět na první výzkumnou otázkou, která byla položena ještě před začátkem výzkumu. Poměr míchaní směsi močovinoformaldehydového a vodou ředitelného disperzního lepidla může mít kladný vliv na pevnost lepeného spoje vzorků, avšak tuto pevnost může také negativně ovlivňovat – snižovat.

Na druhou výzkumnou otázku lze odpovědět obdobně. Teplota a vlhkost vzorků má vliv na pevnost lepeného spoje. Lze najít případy, kdy je tento vliv kladný a zvyšuje pevnost

lepeného spoje, ale také případy, kde teplota a vlhkost materiálu má negativní vliv na pevnost lepeného spoje.

Naměřené výsledky napovídají o využitelnosti těchto lepidel a jejich směsí v praxi. Samotné vodou ředitelné lepidlo Cascol 3326 je vhodné používat zejména v interiérech, kde nehrozí velké výkyvy teploty a vlhkosti (obytné interiéry, kanceláře). Močovinoformaldehydové lepidlo Kronocol U 300 najde uplatnění i ve větších interiérech (výrobní haly, řemeslné dílny), kde se můžou měnit klimatické podmínky nebo v exteriéru s vyšší teplotou a vlhkostí (zahradní nábytek, vybavení koupališť). Ze směsí lze vyzdvihnout směs Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %), která vykazuje lepší výsledky za mrazivých a tropických teplot, než při 22 °C. Tato směs lepidel by mohla najít uplatnění zejména ve velmi náročných exteriérech a interiérech na změnu teploty a vlhkosti prostředí (velkosklady, námořní doprava, letecká doprava).

11 Summary

This thesis was focused to study influence of the mixture of urea-formaldehyde and dispersion PVAc adhesive for bonding strength, applied onto spruce and beech wood samples, that were exposed to three different temperatures for 28 days. The main goal was to compare strength of adhesive joints for these adhesives grouped by different temperatures and evaluate, if the mixture of adhesives has an effect to the bonding strength.

For the testing were used urea-formaldehyde adhesive Kronocol U 300, polyvinyle acetate adhesive Cascol 3326 a their mixtures Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %), Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) and Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). Like wood samples were used economically very popular woods – spruce and beech, that are very popular in furniture industry aswell. It was used three different temperatures. The first group was exposed to $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, second group was exposed to $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the last, third group was exposed to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 70 % relative humidity.

The measured laboratory results of shear bond strength on spruce samples and subsequently performed statistical evaluation shows, that effect of increased humidity and temperature significantly reduces the strength of PVAc Cascol 3326. The effect of increased humidity and temperature increases the strength of urea-formaldehyde Kronocol U 300. The effect of increased humidity and temperature reduces the strength of the mixture of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). The effect of reduced and increased temperature reduces the strength of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). The effect of reduced and increased temperature increases the strength of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %).

The measured laboratory results of shear bond strength on beech samples and their graphical comparsion we can infer, that effect of increased humidity and temperature reduces the strength of PVAc Cascol 3326. UF Kronocol U 300 resists at least 5 kN in all tested temperatures. The effect of increased humidity and temperature lightly increases the strength of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %). The effect of increased humidity and temperature reduces the strength of the mixture of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %). The effect of reduced temperature lightly reduces the strength of Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %).

In the end by the measured results, it can be answered to the initial question, which was asked in the beginning. The mixture of urea-formaldehyde adhesive and polyvinyle acetate adhesive might has a positive effect on bonding strength, but it can also reduces that bonding strength.

The second initial question has a similar answer. The temperaure and humidity of samples have an effect to the bonding strength. We can find some positive cases – these

factors increase bonding strength, but also negative cases – these factors reduces bonding strength.

Measured results suggest the usefulness of these adhesives and their mixtures in practice. The water soluble glue Cascol 3326 is particularly suitable for use indoors where there is no large fluctuations in temperature and humidity (residential interiors, offices). Urea-formaldehyde glue Kronocol U 300 finds application in larger interiors (production halls, craft workshops), where can be changed climatic conditions or outdoors with a higher temperature and humidity (garden furniture, swimming pools equipments). From the mixtures can be highlighted mixture Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20%), which exhibits better results at freezing and tropical temperatures, than at 22 ° C. This mixture adhesives could find application mainly in highly demanding exteriors and interiors for changing the temperature and humidity of the environment (warehouses, maritime transport, air transport).

12 Seznam použité literatury a ostatních zdrojů

12.1 Literární zdroje

BALABÁN, Karel. *Nauka o dřevě*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955, 216 s., 28 obr. příl. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).

BEISER, Arthur. *Úvod do moderní fyziky*: vysokošk. učebnice. 1. vyd. Překlad Josef Čada. Praha: Academia, 1975, 628 s.

BOUBLÍK, Vlastimil. *Lepidla a jejich příprava*. II. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury Praha, 1966. 192 s. ISBN 04-952-66.

DRÁPELA, Jindřich a kol. *Výroba nábytku: Technologie*. 1. vyd. Spálená 51, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980

DUBOVSKÝ, Ján - BABIAK, Marian - ČUNDERLÍK, Igor: *Textúra, štruktúra a úžitkové vlastnosti dreva : Návody na cvičenia*. Zvolen : Edičné stredisko TU, 2003. 106 s. ISBN 80-228-1290-0.

EISNER, Karel a Vladimír BERGER. *Lepidla v dřevařském průmyslu*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958, 193 s.

EISNER, Karel, Vladimír BERGER, Vladimír HAVLÍČEK, Miloš OSTEN. *Příručka lepení dřeva*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Praha, 1966, 287s.

GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J. *Nauka o dřevě*. 2. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2002. ISBN 80-7157-577-1.

HLUČKA, Marek. *Lepení materiálů na bázi dřeva pomocí mikrovlnného záření*. Brno, 2014. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce: doc. Ing. Daniela Tesařová, Ph.D.

HORÁČEK, Jaroslav. *Nauka o materiálu*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2000, 71 s. ISBN 80-213-0397-2.

KRONOCHEM. *Technický list: Kronocol U 300*. 1. vyd. Ostrava, 2004.

KÜRSCHNER, Karel. *Chemie dřeva*. Bratislava: Práca, 1952, 536 s.

LABORATORY, FOREST PRODUCTS. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. 1. vyd. Madison, WI: U.S: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013, 508 s. ISBN 978-1-4848-5970-4.

LIPTÁKOVÁ Eva a Milan SEDLIAČIK. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. 1. vyd. Hurbanovo nám. 3, 815 89 Bratislava: ALFA, 1989, 520 s. ISBN 80-05-00116-9.

MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 55 s. ISBN 80-010-2610-8

MACHÁŇ, Josef. *Výroba obalů*. 3., opr. vyd., na SOŠ a VOŠ obalové techniky ve Štětí 2., opr. vyd. Štětí: Střední odborná škola a Vyšší odborná škola obalové techniky, 1999, 365 s. ISBN 80-863-4301-4.

McMURRY, John. *Organická chemie*. Vyd. 1. V Brně: VUTIUM, 2007, xxv, 1176, 61, 31 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.

MITTAL, Edited by Antonio Pizzi and Kash L. *Wood adhesives*. Leiden: Brill, 2010. ISBN 978-900-4190-931.

Praktická kniha o dřevě. 2. vyd. Překlad Lumír Mikulka. Čestlice: Rebo, 2009, 427 s. ISBN 978-80-255-0205-1.

ROWELL, Roger M. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2005, 485 p. ISBN 08-493-1588-3.

RŮŽIČKOVÁ, Květoslava a Bohumír KOTLÍK. *Chemie v kostce*. 3. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 2004, 135 s. V kostce (Fragment). ISBN 80-7200-761-0.

SEDLIAČIK, Milan. *Nové kompozície polykondenzačných lepidel a ich aplikácie v drevárskom priemysle*. 1. vyd. Strátske: ZSVTS Chemko, 1992, 202 s. ISBN 80-228-0207-7.

SEDLIAČIK, Milan. X. symposium Pokroky vo výrobe a použití lepidel v drevopriemysle. 1. Vyd. Zvolen: VŠLD, 1991. 499 s. ISBN 80-228-0133-X.

ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ, L., *Stavba dřeva*. 1. vyd.. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 1998. ISBN 80-715-7137-7.

ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ, L., *Stavba dřeva*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2005. 187 s. 2005

TARVAINEN, Veikko, FORSÉN, Holger. *Accuracy and functionality of hand held wood moisture content meters*. Vyd. 1. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 2000, 61 s. ISBN 95-138-5581-3.

TESAŘOVÁ, Daniela a kol. *Povrchové úpravy dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 134 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4715-6.

TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2004, 104 s. ISBN 80-248-0671-1

TRÁVNÍK, Arnošt a Jaroslav SVOBODA. *Technologické procesy výroby nábytku*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 222 s. ISBN 978-80-7375-056-5.

12.2 Elektronické zdroje

AMT MĚŘÍCÍ TECHNIKA. *Měřiče neelektrických veličin: Digitální teploměr GTH 1170* [online]. 2014 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://goo.gl/zhW34V>

Anatomická stavba dřeva: Lexikon dřev. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Ústav nauky o dřevě: vlastnosti, procesy, identifikace, dendrochronologie [online]. Mendelova univerzita v Brně, 2002 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://goo.gl/xYHZoE>

BERAN, Ing. Rudolf. Základy teorie lepení. In: *ABC Lepidla* [online]. 1. vyd. 2005 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://goo.gl/SHzMkP>

BIOLINSIENTIFIC. *Measurement: Contact Angle Measurement* [online]. 2014 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://goo.gl/Dh4Ukc>

BMT. *Laboratorní sušárny: VENTICELL 111 - Komfort* [online]. 2014 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://goo.gl/5z6bQQ>

CASCO PRODUCTS. *Technické listy: Synteko 3326*. Brno. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://goo.gl/cn5Om9>

ČEP, Robert, Josef BRYCHTA, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II-1.díl* [online]. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://goo.gl/Lwuiia>

DENVER INSTRUMENT. *Electronic Analytical and Precision Balances*. Goettingen, Germany, 2006. Dostupné z: <http://goo.gl/IhGLDE>

FEICA, *Bonding/adhesive*. [online]. 2004 [cit. 2015-02-28] Dostupné z: <http://goo.gl/p0jPqb>

GAMIN S.R.O. *Návod k obsluze: Elcometer 2300 RV*. Ostrava, 2006. Dostupné z: <http://goo.gl/ckKeBo>

MEMMERT. *Humidity chamber: Memmert HPP 108* [online]. 2014 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://goo.gl/eO2NGv>

MERLIN AUSTRIA. *Non-destructive pin free moisture meter: HM8-WS13* [online]. 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://goo.gl/LmN3kv>

MICROTES. *Drsnoměry Surfatest SJ-210* [online]. 2012 [cit. 2015-03-013]. Dostupné z: <http://goo.gl/2Kz0O1>

MM Průmyslové spektrum: Přenosné drsnoměry [online]. Praha: Vogel Publishing, 1997- [cit. 2015-03-05]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://goo.gl/L15FMq>

NIS. *Nábytkářský informační systém: Mikroskopická stavba jehličnatých dřevin* [online]. 2013 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://goo.gl/w4O4ae>

NIS. *Nábytkářský informační systém: Mikroskopická stavba listnatých dřevin* [online]. 2013 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://goo.gl/EXD4pd>

PIKOLO PKP S. R. O. *Lepení skla ultrafialovým zářením* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://goo.gl/WxqhWE>

POLYMERTEST. *Lisovací zařízení: Polymertest RM* [online]. 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://goo.gl/HWXrK8>

Technická univerzita vo Zvolene: Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. *Lesnícká fakulta: Buk lesný (Fagus sylvatica L.)* [online]. Zvolen, 2013 [cit. 2015-02-09]. Dostupné z: <http://goo.gl/kLxIyw>

Technická univerzita vo Zvolene: Smrek obyčajný (*Picea abies* (L) Karst.). TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. *Lesnícká fakulta: Smrek obyčajný (Picea abies (L) Karst.)* [online]. Zvolen, 2013 [cit. 2015-02-09]. Dostupné z: <http://goo.gl/9jmR7M>

TEST RESOURCES. *Instron 3365* [online]. 2014 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://goo.gl/ZhT14s>

Univerzita Palackého v Olomouci: Ústav biologie. In: *Slovník: Vodíkový můstek* [online]. 1. vyd. 2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/ZG57OI>

13 Seznam použitých norem

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

ČSN EN 1465 Lepidla - Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech

ČSN EN 204 - Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace

ČSN EN 827 - Lepidla - Stanovení obsahu sušiny za smluvních podmínek a do konstantní hmotnosti

ČSN EN 923+A1 - Lepidla - Termíny a definice

ČSN EN ISO 4287 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu

ČSN EN ISO 3274 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Jmenovité charakteristiky dotykových (hrotových) přístrojů

ČSN ISO 2555 - Plasty - Pyskyřice v kapalném, emulgovaném nebo dispergovaném stavu - Stanovení zdánlivé viskozity podle Brookfielda

14 Seznam tabulek

Tab. 1 Procentuální zastoupení tracheid a struktur tvořených parenchymatickými buňkami ve dřevě vybraných jehličnanů	14
Tab. 2 Přehled anatomických elementů dřeva listnáčů s uvedením funkce a orientace ve dřevě	16
Tab. 3 Procentuální zastoupení jednotlivých anatomických elementů v listnatém dřevě vybraných dřevin	19
Tab. 4 Hodnoty pH v různých dřevinách.....	21
Tab. 5 Tabulka rozdělení lepidel dle původu výchozích surovin	30
Tab. 6 Tabulka vybraných mechanických vlastností smrkového dřeva	40
Tab. 7 Tabulka vybraných mechanických vlastností bukového dřeva	41
Tab. 8 Základní parametry přístroje Instron 3365	42
Tab. 9 Základní parametry laboratorní sušárny Venticell 111 – Komfort.....	43
Tab. 10 Základní parametry rotačního viskozimetru Elcometer 2300 RV	44
Tab. 11 2-Faktorová ANOVA s opakováním pro smrkové vzorky.....	70
Tab. 12 Tukeyho test mnohonásobného porovnání	71

15 Seznam obrázků

Obr. 1	Prostorové znázornění anatomické stavby jehličnatého dřeva	14
Obr. 2	Prostorové znázornění anatomické stavby listnatého dřeva	17
Obr. 3	Hustoty vybraných dřevin při rozdílných vlhkostech.....	20
Obr. 4	Detail spojení dvou materiálů pomocí lepidla.....	22
Obr. 5	Typy chemických a fyzikálních vazeb a jejich vlastnosti	24
Obr. 6	Schéma možnosti využití lepidel v průmyslu a řemeslné výrobě	26
Obr. 7	Schéma tvorby lepidlového spoje vodou ředitelných disperzních lepidel	28
Obr. 8	Schéma tvorby lepidlového spoje tlako-citlivých lepidel.....	29
Obr. 9	Schéma rozdělení lepidel dle způsobu vytvrzení	31
Obr. 10	Popis dotykového drsnoměru	33
Obr. 11	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu Ra.....	33
Obr. 12	Techniky zušlechťování povrchu	34
Obr. 13	Orientační viskozita látek při teplotě 20°C.....	34
Obr. 14	Vliv viskozity na průnik UF lepidla do dřeva	35
Obr. 15	Úhel smáčení lepidel	35
Obr. 16	Použité hranolky buku	46
Obr. 17	Měření obsahu sušiny lepidel	49
Obr. 18	Měření reaktivity lepidel	49
Obr. 19	Měření viskozity lepidla Cascol 3326 přístrojem Elcometer 2300 RV.....	50
Obr. 20	Slepený vzorek bukového dřeva.....	52
Obr. 21	Detail lisovacích ploch lisu Polymertest	52
Obr. 22	Schéma smykové zkoušky	54
Obr. 23	Porušení vzorku v materiálu	56
Obr. 24	Porušení vzorku v lepidle	57
Obr. 25	Neporušený vzorek	57
Obr. 26	Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Kronocol U 300 u vzorků smrku při různých teplotách	58
Obr. 27	Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků smrku při různých teplotách	59
Obr. 28	Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků smrku při různých teplotách	60
Obr. 29	Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků smrku při různých teplotách	61
Obr. 30	Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků smrku při různých teplotách	62

Obr. 31 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Kronocol U 300 u vzorků buku při různých teplotách	63
Obr. 32 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení lepidla Cascol 3326 u vzorků buku při různých teplotách	64
Obr. 33 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %) u vzorků buku při různých teplotách	65
Obr. 34 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %) u vzorků buku při různých teplotách	66
Obr. 35 Medián zatížení při maximálním tahovém protažení směsi lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %) u vzorků buku při různých teplotách	67
Obr. 36 Porovnání zatížení při maximálním tahovém protažení vzorků smrku	68
Obr. 37 Porovnání tahového napětí při maximálním tahovém protažení u vzorků smrku	68
Obr. 38 Porovnání zatížení při maximálním tahovém protažení vzorků buku	69
Obr. 39 Porovnání tahového napětí při maximálním tahovém protažení u vzorků buku	69
Obr. 40 Krabicový graf porovnávající použitá lepidla u smrkových vzorků	72

16 Přílohy

16.1 Příloha 1

Základní rozdělení vzorků lepených lepidlem Cascol 3326

Číslo vzorku	SMRK			BUK			Teplota vzorků	Druh lepidla
	Hmotnost vzorku A	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku B	Hmotnost vzorku C	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku D		
	[g]			[g]			[°C]	
1	15,05	0,17	18,85	22,16	0,16	24,63	-30	PVAc Cascol 3326
2	18,46	0,18	17,32	23,84	0,15	26,55		
3	16,36	0,17	19,41	26,97	0,17	22,42		
4	14,90	0,18	18,50	25,75	0,18	24,70		
5	18,28	0,16	13,41	26,00	0,15	27,10		
6	18,25	0,17	19,28	25,50	0,14	25,42		
7	17,44	0,18	15,10	26,18	0,15	26,05		
8	19,02	0,14	18,31	25,52	0,15	25,62		
9	17,21	0,16	18,53	24,52	0,18	26,03		
10	16,71	0,17	19,05	23,10	0,14	23,19		
11	16,90	0,18	13,38	23,48	0,15	22,67	23	
12	17,95	0,15	18,89	24,64	0,15	27,51		
13	15,16	0,18	18,42	22,35	0,18	26,95		
14	17,72	0,16	18,84	24,57	0,18	23,08		
15	18,70	0,16	19,14	23,05	0,18	26,33		
16	17,47	0,16	14,33	24,58	0,18	22,97		
17	16,60	0,17	14,50	24,56	0,17	24,42		
18	18,73	0,16	19,13	24,57	0,18	24,10		
19	16,64	0,16	16,17	23,48	0,15	24,71		
20	16,59	0,14	18,11	27,35	0,17	23,50		
21	14,91	0,15	17,92	24,79	0,17	22,79	40	
22	13,97	0,16	17,67	22,61	0,18	25,05		
23	17,97	0,16	18,92	22,67	0,16	22,54		
24	14,79	0,14	19,23	24,52	0,17	26,00		
25	18,83	0,16	18,63	23,05	0,17	24,75		
26	14,53	0,14	19,01	22,95	0,16	24,90		
27	18,22	0,16	17,57	22,67	0,17	21,93		
28	18,89	0,17	18,75	22,99	0,15	22,20		
29	17,76	0,15	17,52	24,60	0,16	21,97		
30	18,86	0,15	17,47	24,45	0,16	25,26		

16.2 Příloha 2

Základní rozdělení vzorků lepených lepidlem Kronocol U 300

Číslo vzorku	SMRK			BUK			Teplota vzorků	Druh lepidla
	Hmotnost vzorku A	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku B	Hmotnost vzorku C	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku D		
	[g]			[g]				
31	15,12	0,14	17,47	26,27	0,16	25,99	-30	UF Kronocol U 300
32	18,67	0,13	14,76	25,25	0,17	26,14		
33	19,00	0,13	17,04	25,27	0,16	23,68		
34	18,23	0,17	15,63	25,21	0,18	26,37		
35	17,70	0,17	17,37	25,03	0,18	25,87		
36	17,45	0,18	16,83	25,50	0,16	25,84		
37	18,06	0,17	15,25	26,79	0,18	25,88		
38	16,64	0,16	16,98	25,84	0,17	26,07		
39	15,25	0,18	16,78	25,31	0,16	25,57		
40	18,47	0,16	13,64	25,09	0,14	25,62		
41	17,69	0,14	17,18	25,55	0,13	28,00	23	
42	17,98	0,16	17,95	26,55	0,14	26,86		
43	19,37	0,17	17,21	26,42	0,17	26,68		
44	17,02	0,17	18,72	26,71	0,13	24,98		
45	18,39	0,13	17,95	26,32	0,13	23,71		
46	19,11	0,16	17,89	28,12	0,14	25,35		
47	17,82	0,17	17,81	27,98	0,13	23,82		
48	17,42	0,18	17,68	26,73	0,17	25,12		
49	16,91	0,15	19,67	25,92	0,18	26,73		
50	18,82	0,15	18,29	25,45	0,18	27,77		
51	16,94	0,13	17,24	24,78	0,18	25,61	40	
52	16,82	0,16	18,37	25,46	0,18	24,77		
53	17,36	0,14	15,86	26,08	0,18	25,52		
54	15,97	0,18	13,64	25,66	0,16	26,22		
55	17,46	0,16	14,19	26,45	0,16	25,12		
56	19,32	0,17	19,14	23,56	0,17	24,82		
57	14,09	0,17	14,32	25,88	0,16	25,45		
58	18,35	0,17	17,53	26,37	0,14	23,81		
59	14,73	0,13	14,14	27,60	0,16	25,11		
60	17,68	0,17	16,10	26,83	0,14	25,33		

16. 3 Příloha 3

Základní rozdělení vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20 %)

Číslo vzorku	SMRK			BUK			Teplota vzorků	Druh lepidla
	Hmotnost vzorku A	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku B	Hmotnost vzorku C	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku D		
	[g]			[g]			[°C]	
61	17,32	0,16	19,50	26,39	0,13	25,78	-30	Směs UF Kronocol U 300 + PVAc Cascol 3326 (20%)
62	14,59	0,18	17,70	28,05	0,18	23,76		
63	15,86	0,18	16,93	25,72	0,18	22,22		
64	15,57	0,16	15,03	27,85	0,17	23,51		
65	18,89	0,17	15,58	26,19	0,18	23,43		
66	16,31	0,17	18,16	25,89	0,16	24,48		
67	19,13	0,17	18,34	24,72	0,16	22,43		
68	16,93	0,17	18,32	26,28	0,18	24,05		
69	15,29	0,15	18,21	26,22	0,17	23,86		
70	19,09	0,17	18,96	23,36	0,16	24,27		
71	19,37	0,17	18,16	26,12	0,17	23,17	23	
72	15,15	0,16	15,28	26,71	0,14	26,20		
73	14,35	0,16	18,35	23,81	0,16	24,21		
74	16,91	0,14	18,85	26,67	0,16	23,45		
75	17,90	0,16	14,90	26,31	0,15	24,88		
76	15,03	0,18	16,91	25,63	0,18	26,28		
77	17,14	0,17	18,57	26,42	0,18	27,61		
78	16,11	0,16	15,31	25,64	0,17	25,86		
79	18,87	0,14	15,78	25,24	0,18	25,57		
80	17,10	0,18	16,57	25,98	0,17	26,30		
81	20,49	0,18	18,92	25,87	0,18	26,32	40	
82	18,20	0,15	17,41	25,42	0,15	26,24		
83	19,31	0,16	15,00	25,42	0,17	26,61		
84	16,24	0,15	17,31	24,48	0,18	25,95		
85	14,19	0,15	17,19	27,18	0,18	24,72		
86	14,31	0,13	17,34	26,70	0,15	25,28		
87	17,37	0,18	17,63	25,79	0,15	25,81		
88	18,45	0,13	14,66	27,55	0,13	28,31		
89	14,07	0,14	16,18	26,39	0,18	26,55		
90	14,85	0,14	18,13	25,19	0,14	26,69		

16.4 Příloha 4

Základní rozdělení vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10 %)

Číslo vzorku	SMRK			BUK			Teplota vzorků	Druh lepidla
	Hmotnost vzorku A	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku B	Hmotnost vzorku C	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku D		
	[g]			[g]			[°C]	
91	17,71	0,14	15,72	28,35	0,15	25,25	-30	Směs UF Kronocol U 300 + PVAc Cascol 3326 (10%)
92	17,79	0,13	17,55	27,04	0,15	25,67		
93	27,67	0,13	15,78	27,43	0,18	26,70		
94	15,55	0,14	19,38	26,83	0,15	26,24		
95	15,41	0,16	17,61	27,12	0,15	25,98		
96	17,65	0,16	19,38	24,84	0,15	26,24		
97	15,44	0,17	15,07	24,95	0,16	26,69		
98	17,49	0,13	17,58	27,24	0,16	22,28		
99	18,10	0,14	14,86	25,85	0,17	22,52		
100	18,15	0,18	14,43	26,11	0,17	26,51		
101	17,75	0,18	15,60	26,12	0,14	25,52	23	
102	13,94	0,13	14,96	24,38	0,14	24,45		
103	18,50	0,15	18,42	25,10	0,15	23,43		
104	17,72	0,18	16,58	26,40	0,16	24,03		
105	17,66	0,15	18,34	25,68	0,17	23,77		
106	18,43	0,13	16,77	26,70	0,15	23,21		
107	18,62	0,13	17,12	26,11	0,14	24,54		
108	18,00	0,18	19,08	27,10	0,17	24,22		
109	18,39	0,16	16,90	25,06	0,16	24,53		
110	19,41	0,18	16,92	26,32	0,18	25,33		
111	18,73	0,13	16,13	25,05	0,15	24,20	40	
112	18,11	0,18	14,41	25,37	0,14	25,58		
113	15,60	0,14	18,53	24,04	0,18	27,61		
114	18,82	0,18	17,34	23,77	0,13	28,18		
115	15,77	0,13	18,60	25,65	0,14	23,03		
116	14,74	0,14	17,79	27,53	0,16	24,24		
117	13,54	0,15	16,40	25,60	0,16	21,56		
118	18,88	0,13	18,54	25,43	0,16	23,71		
119	17,27	0,14	17,69	24,13	0,17	24,72		
120	15,36	0,15	17,08	24,79	0,14	24,07		

16.5 Příloha 5

Základní rozdělení vzorků lepených směsí lepidel Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30 %)

Číslo vzorku	SMRK			BUK			Teplota vzorků	Druh lepidla
	Hmotnost vzorku A	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku B	Hmotnost vzorku C	Hmotnost nánosu lepidla	Hmotnost vzorku D		
	[g]			[g]			[°C]	
121	19,10	0,14	15,13	23,83	0,15	24,03	-30	Směs UF Kronocol U 300 + PVAc Cascol 3326 (30%)
122	18,55	0,16	18,07	23,01	0,16	25,33		
123	18,71	0,14	18,91	22,30	0,17	23,21		
124	15,75	0,13	19,21	22,75	0,13	24,01		
125	18,53	0,17	16,01	23,95	0,16	25,70		
126	17,09	0,14	18,44	22,52	0,18	23,27		
127	17,25	0,16	20,30	22,53	0,16	23,83		
128	19,54	0,15	18,27	23,56	0,18	22,23		
129	19,06	0,13	18,21	25,37	0,15	25,81		
130	15,77	0,17	15,69	25,55	0,15	26,41		
131	16,40	0,16	14,97	25,40	0,18	24,88	23	
132	17,11	0,15	18,24	25,50	0,13	26,99		
133	17,88	0,18	14,72	24,90	0,15	25,81		
134	16,47	0,14	17,45	26,17	0,17	26,19		
135	15,63	0,17	19,11	26,93	0,18	25,79		
136	19,35	0,15	17,41	26,27	0,15	24,24		
137	17,48	0,17	16,68	27,05	0,14	26,39		
138	15,81	0,14	17,30	26,75	0,17	24,23		
139	14,14	0,13	18,66	27,12	0,16	26,26		
140	13,82	0,14	18,85	25,23	0,16	25,41		
141	18,10	0,17	19,28	24,69	0,18	24,55	40	
142	15,92	0,13	18,59	27,46	0,16	26,33		
143	16,80	0,18	19,34	24,90	0,15	22,69		
144	15,04	0,13	18,32	27,46	0,15	22,30		
145	16,61	0,16	19,13	25,45	0,15	25,74		
146	16,97	0,16	17,74	25,56	0,15	25,83		
147	16,51	0,14	19,33	24,72	0,16	24,10		
148	14,29	0,18	16,08	25,57	0,13	24,59		
149	18,69	0,15	18,74	26,05	0,17	25,20		
150	14,71	0,16	17,76	24,56	0,16	26,80		

16.6 Příloha 6

Měření vlhkosti vzorků hmotnostní metodou

Druh dřeva	Hmotnost vzorku	Měření vlhkosti hmotnostní metodou			∅	σ	w	∅ w
		I.	II.	III.				
		[g]			[%]			
SMRK	Před suseším	19,6007	18,5033	14,7868	17,6302	2,5229	7,1	7,1
	Po sušení I.	18,2967	17,2899	13,8020	16,4623	2,3597	7,1	
	Po sušení II.	18,2888	17,2753	13,8002	16,4548	2,3541	7,1	
BUK	Před suseším	23,3712	22,2226	22,1390	22,5776	0,6885	7,2	7,3
	Po sušení I.	21,8092	20,6838	20,6067	21,0332	0,6731	7,4	
	Po sušení II.	21,8056	20,6802	20,5946	21,0268	0,6758	7,4	

$$w_{I. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{19,6007 - 18,2967}{18,2967} * 100 = 7,126 \doteq 7,1\%$$

$$w_{II. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{18,5033 - 17,2809}{17,2809} * 100 = 7,073 \doteq 7,1\%$$

$$w_{III. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{14,7868 - 13,8020}{13,8020} * 100 = 7,135 \doteq 7,1\%$$

$$w_{I. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{23,3712 - 21,8092}{21,8092} * 100 = 7,162 \doteq 7,2\%$$

$$w_{II. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{22,2226 - 20,6838}{20,6838} * 100 = 7,439 \doteq 7,4\%$$

$$w_{III. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{22,1390 - 20,6067}{20,6067} * 100 = 7,435 \doteq 7,4\%$$

m_1 Hmotnost vzorku před sušením [g]

m_0 Hmotnost vzorku po sušení [g]

w Vlhkost vzorku [%]

SMRK I.-III.		SMRK I.-III. Po susení I.		SMRK I.-III. Po susení II.	
<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>	
Stř. hodnota	17,63027	Stř. hodnota	16,46227	Stř. hodnota	16,45477
Chyba stř. hodnoty	1,4566	Chyba stř. hodnoty	1,362395	Chyba stř. hodnoty	1,359147
Medián	18,5033	Medián	17,2899	Medián	17,2753
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	2,522905	Směr. odchylka	2,359737	Směr. odchylka	2,354111
Rozptyl výběru	6,365049	Rozptyl výběru	5,568361	Rozptyl výběru	5,541839
Špičatost	#####	Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	-1,37073	Šikmost	-1,38414	Šikmost	-1,37794
#ODKAZ!	4,8139	#ODKAZ!	4,4965	#ODKAZ!	4,4886
Minimum	14,7868	Minimum	13,8002	Minimum	13,8002
Maximum	19,6007	Maximum	18,2967	Maximum	18,2888
Součet	52,8908	Součet	49,3868	Součet	49,3643
Počet	3	Počet	3	Počet	3

BUK I.-III.		BUK I.-III. Po susení I.		BUK I.-III. Po susení II.	
<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>	
Stř. hodnota	22,5776	Stř. hodnota	21,03323	Stř. hodnota	21,0268
Chyba stř. hodnoty	0,397533	Chyba stř. hodnoty	0,388621	Chyba stř. hodnoty	0,390183
Medián	22,2226	Medián	20,6838	Medián	20,6802
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	0,688548	Směr. odchylka	0,673112	Směr. odchylka	0,675817
Rozptyl výběru	0,474098	Rozptyl výběru	0,453079	Rozptyl výběru	0,456729
Špičatost	#####	Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	1,70337	Šikmost	1,706521	Šikmost	1,700842
#ODKAZ!	1,2322	#ODKAZ!	1,2025	#ODKAZ!	1,211
Minimum	22,139	Minimum	20,6067	Minimum	20,5946
Maximum	23,3712	Maximum	21,8092	Maximum	21,8056
Součet	67,7328	Součet	63,0997	Součet	63,0804
Počet	3	Počet	3	Počet	3

Měření vlhkosti vzorků vyňatých z klimatizační komory Memmert HPP 108

Druh dřeva	Hmotnost vzorku	Měření vlhkosti vzorků z komory Memmert (w=70%) hmotnostní metodou			Ø	σ	w	Ø w
		I.	II.	III.				
		[g]			[%]			
SMRK	Před suseším	39,9885	40,0563	39,8995	39,9814	0,07	10,8	11
	Po sušení I.	36,1005	35,9920	36,0097	36,0340	0,05	11,3	
	Po sušení II.	36,0880	35,9895	36,0009	36,0258	0,05	10,8	
BUK	Před suseším	54,3574	52,4928	54,1760	53,6754	1,02	11,6	11,5
	Po sušení I.	48,7820	47,1526	48,6714	48,2020	0,91	11,5	
	Po sušení II.	48,7200	47,0983	48,6048	48,1410	0,90	11,5	

$$w_{I. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{54,3574 - 48,7200}{48,7200} * 100 = 11,571 \doteq 11,6\%$$

$$w_{II. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{52,4928 - 47,0983}{47,0983} * 100 = 11,453 \doteq 11,5\%$$

$$w_{III. BK} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{54,1760 - 48,6048}{48,6048} * 100 = 11,462 \doteq 11,5\%$$

$$w_{I. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{39,9885 - 36,0880}{36,0880} * 100 = 10,808 \doteq 10,8\%$$

$$w_{II. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{40,0563 - 35,9895}{35,9895} * 100 = 11,299 \doteq 11,3\%$$

$$w_{III. SM} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 = \frac{39,8995 - 36,0009}{36,0009} * 100 = 10,829 \doteq 10,8\%$$

m_1 Hmotnost vzorku před sušením [g]

m_0 Hmotnost vzorku po sušení [g]

w Vlhkost vzorku [%]

SMRK I.-III.		SMRK I.-III. Po suseni I.		SMRK I.-III. Po suseni II.	
<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>	
Stř. hodnota	39,98143	Stř. hodnota	36,03407	Stř. hodnota	36,0258
Chyba stř. hodnoty	0,045402	Chyba stř. hodnoty	0,033607	Chyba stř. hodnoty	0,031305
Medián	39,9885	Medián	36,0097	Medián	36,0009
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	0,078638	Směr. odchylka	0,05821	Směr. odchylka	0,054222
Rozptyl výběru	0,006184	Rozptyl výběru	0,003388	Rozptyl výběru	0,00294
Špičatost	#####	Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	-0,40112	Šikmost	1,553631	Šikmost	1,630702
#ODKAZ!	0,1568	#ODKAZ!	0,1085	#ODKAZ!	0,0995
Minimum	39,8995	Minimum	35,992	Minimum	35,9885
Maximum	40,0563	Maximum	36,1005	Maximum	36,088
Součet	119,9443	Součet	108,1022	Součet	108,0774
Počet	3	Počet	3	Počet	3

BUK I.-III.		BUK I.-III. Po suseni I.		BUK I.-III. Po suseni II.	
<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>	
Stř. hodnota	53,6754	Stř. hodnota	48,202	Stř. hodnota	48,14103
Chyba stř. hodnoty	0,593614	Chyba stř. hodnoty	0,52567	Chyba stř. hodnoty	0,522426
Medián	54,176	Medián	48,6714	Medián	48,6048
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	1,02817	Směr. odchylka	0,910488	Směr. odchylka	0,904869
Rozptyl výběru	1,057134	Rozptyl výběru	0,828988	Rozptyl výběru	0,818787
Špičatost	#####	Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	-1,67159	Šikmost	-1,70334	Šikmost	-1,70052
#ODKAZ!	1,8646	#ODKAZ!	1,6294	#ODKAZ!	1,6217
Minimum	52,4928	Minimum	47,1526	Minimum	47,0983
Maximum	54,3574	Maximum	48,782	Maximum	48,72
Součet	161,0262	Součet	144,606	Součet	144,4231
Počet	3	Počet	3	Počet	3

16.7 Příloha 7

Měření vlhkosti vzorků digitálním vlhkoměrem Merlin HM8 – WS13

Druh dřeva	Měření vlhkoměrem HM8-WS13			Ø	σ
	I.	II.	III.		
	[%]				
SMRK	8,90	8,40	8,60	8,63	0,25
BUK	6,10	6,30	6,60	6,33	0,25

Při měření smrku přístroj nastaven na stupeň č. 2 (SMRK), změřeno na třech vzorcích a vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Při měření buku přístroj nastaven na stupeň č. 6 (BUK), změřeno na třech vzorcích a vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

SMRK W - I.-III.		BUK W - I.-III.	
<i>Sloupec1</i>		<i>Sloupec1</i>	
Stř. hodnota	8,633333	Stř. hodnota	6,333333
Chyba stř. hodnoty	0,145297	Chyba stř. hodnoty	0,145297
Medián	8,6	Medián	6,3
Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	0,251661	Směr. odchylka	0,251661
Rozptyl výběru	0,063333	Rozptyl výběru	0,063333
Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	0,585583	Šikmost	0,585583
#ODKAZ!	0,5	#ODKAZ!	0,5
Minimum	8,4	Minimum	6,1
Maximum	8,9	Maximum	6,6
Součet	25,9	Součet	19
Počet	3	Počet	3

16.8 Příloha 8

Měření drsnosti povrchu dotykovým přístrojem Mitutoyo SJ – 201 P

Druh dřeva	Typ hodnoty	Měření podél vláken					Ø	σ
		I.	II.	III.	IV.	V.		
		[µm]						
SMRK	Ra	2,71	5,07	3,98	3,88	1,60	3,44	1,33
	Rz	14,26	31,57	24,99	25,89	10,96	21,53	8,61
BUK	Ra	7,71	8,33	7,61	4,74	6,29	6,94	1,43
	Rz	48,24	61,57	48,13	33,02	46,48	47,49	10,12

Ra SM I.-V.		Ra SM VI.-X.		Rz SM I.-V.		Rz SM VI.-X.	
Stř. hodnc	3,448	Stř. hodnc	3,906	Stř. hodnc	21,534	Stř. hodnc	28,746
Chyba stř.	0,59415	Chyba stř.	0,377592373	Chyba stř.	3,849419	Chyba stř.	2,133569
Medián	3,88	Medián	4,03	Medián	24,99	Medián	29,38
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odc	1,328559	Směr. odc	0,844322213	Směr. odc	8,607562	Směr. odc	4,770805
Rozptyl vý	1,76507	Rozptyl vý	0,71288	Rozptyl vý	74,09013	Rozptyl vý	22,76058
Špičatost	-0,37834	Špičatost	0,12888088	Špičatost	-2,09119	Špičatost	-0,87238
Šikmost	-0,39349	Šikmost	0,743801442	Šikmost	-0,2825	Šikmost	0,097152
#ODKAZ!	3,47	#ODKAZ!	2,1	#ODKAZ!	20,61	#ODKAZ!	12,22
Minimum	1,6	Minimum	3,07	Minimum	10,96	Minimum	22,86
Maximum	5,07	Maximum	5,17	Maximum	31,57	Maximum	35,08
Součet	17,24	Součet	19,53	Součet	107,67	Součet	143,73
Počet	5	Počet	5	Počet	5	Počet	5

Druh dřeva	Typ hodnoty	Měření kolmo na vlákna					Ø	σ
		VI.	VII.	VIII.	IX.	X.		
		[µm]						
SMRK	Ra	3,19	4,03	3,07	5,17	4,07	3,90	0,84
	Rz	22,86	29,38	25,44	35,08	30,97	28,75	4,77
BUK	Ra	5,69	7,57	7,26	8,86	5,20	6,91	1,48
	Rz	44,66	55,14	50,82	65,22	39,07	50,98	10,02

Ra BK I.-V.		Ra BK VI.-X.		Rz BK I.-V.		Rz BK VI.-X.	
Stř. hodnc	6,936	Stř. hodnc	6,916	Stř. hodnc	47,488	Stř. hodnc	50,982
Chyba stř.	0,641729	Chyba stř.	0,662303556	Chyba stř.	4,525591	Chyba stř.	4,482741
Medián	7,61	Medián	7,26	Medián	48,13	Medián	50,82
Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####	Modus	#####
Směr. odc	1,434949	Směr. odc	1,480955772	Směr. odc	10,11953	Směr. odc	10,02371
Rozptyl vý	2,05908	Rozptyl vý	2,19323	Rozptyl vý	102,4049	Rozptyl vý	100,4748
Špičatost	0,187652	Špičatost	-1,397170538	Špičatost	1,910311	Špičatost	-0,18361
Šikmost	-1,04085	Šikmost	0,098939753	Šikmost	-0,09502	Šikmost	0,420039
#ODKAZ!	3,59	#ODKAZ!	3,66	#ODKAZ!	28,55	#ODKAZ!	26,15
Minimum	4,74	Minimum	5,2	Minimum	33,02	Minimum	39,07
Maximum	8,33	Maximum	8,86	Maximum	61,57	Maximum	65,22
Součet	34,68	Součet	34,58	Součet	237,44	Součet	254,91
Počet	5	Počet	5	Počet	5	Počet	5

16.9 Příloha 9

Měření obsahu sušiny lepidel Cascol 3326 a Kronocol U 300

Vážený vzorek	Měření sušiny lepidla Cascol 3326		
	IV.	V.	VI.
	[g]		
Petriho miska	13,40	11,99	14,09
Cascol 3326	2,03	2,02	2,02
Celkem	15,43	14,01	16,11
Rozdíl (hmotnost po vysušení)	14,35	12,94	15,04
Obsah sušiny [%]	46,80	47,00	47,00
∅	46,93		
σ	0,12		
Vážený vzorek	Měření sušiny lepidla Kronocol U 300		
	I.	II.	III.
	[g]		
Petriho miska	12,49	12,29	13,65
Kronokol U 300	2,01	2,00	1,99
Celkem	14,50	14,29	15,64
Rozdíl (hmotnost po vysušení)	13,84	13,63	14,97
Obsah sušiny [%]	67,20	67,00	66,30
∅	66,83		
σ	0,47		

Kronocol U 300		Cascol 3326	
Stř. hodnota	66,83333	Stř. hodnota	46,93333
Chyba stř. hodnoty	0,272845	Chyba stř. hodnoty	0,066667
Medián	67	Medián	47
Modus	#####	Modus	47
Směr. odchylka	0,472582	Směr. odchylka	0,11547
Rozptyl výběru	0,223333	Rozptyl výběru	0,013333
Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	-1,38964	Šikmost	-1,73205
#ODKAZ!	0,9	#ODKAZ!	0,2
Minimum	66,3	Minimum	46,8
Maximum	67,2	Maximum	47
Součet	200,5	Součet	140,8
Počet	3	Počet	3

$$X_{I.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(13,84 - 12,49) * 100}{2,01} = 67,164 \doteq 67,2 \%$$

$$X_{II.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(13,63 - 12,29) * 100}{2,0} = 67,000 \doteq 67,0 \%$$

$$X_{III.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(14,97 - 13,65) * 100}{1,99} = 66,331 \doteq 66,3 \%$$

$$X_{IV.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(14,35 - 13,40) * 100}{2,03} = 46,798 \doteq 46,8 \%$$

$$X_{V.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(12,94 - 11,99) * 100}{2,02} = 47,029 \doteq 47,0 \%$$

$$X_{VI.} = \frac{b * 100}{a} = \frac{(15,04 - 14,09) * 100}{2,02} = 47,029 \doteq 47,0 \%$$

a.....hmotnost vzorku před vysušením

b.....hmotnost vzorku po vysušení

16.10 Příloha 10

Měření reaktivity lepidel Kronocol U 300 a jeho směsí

Lepidlo	Měření reaktivity lepidla Kronocol U 300			
	I.	II.	III.	IV.
	[g]			
Kronocol U 300	10,00	10,04	9,95	1,01
Tužidlo (10; 20%)	1,01	1,06	2,02	2,04
Čas vytužení [s]	156	148	145	143
∅	152		144	

Lepidlo	Měření reaktivity směsi lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10%)			
	I.	II.	III.	IV.
	[g]			
Kronocol U 300	10,01	9,99	10,03	10,05
Tužidlo (10; 20%)	1,03	1,00	2,20	2,15
Cascol 3326 (10%)	1,10	1,06	1,10	1,08
Čas vytužení [s]	170	174	160	164
∅	172		162	

Lepidlo	Měření reaktivity směsi lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20%)			
	I.	II.	III.	IV.
	[g]			
Kronocol U 300	10,02	10,00	9,99	10,01
Tužidlo (10; 20%)	0,98	1,05	2,10	2,12
Cascol 3326 (20%)	2,06	2,07	2,11	2,09
Čas vytužení [s]	220	230	200	206
∅	225		203	

Lepidlo	Měření reaktivity směsi lepidla Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30%)			
	I.	II.	III.	IV.
	[g]			
Kronocol U 300	10,06	10,00	9,97	10,02
Tužidlo (10; 20%)	1,00	1,01	2,02	2,08
Cascol 3326 (30%)	3,01	3,15	3,00	3,05
Čas vytužení [s]	316	340	225	231
∅	328		228	

16.11 Příloha 11

Měření viskozity lepidel pomocí přístroje Elcometer 2300 RV

Lepidlo	T	Typ vřetene	RPM	Viskozita
	[°C]		[otáček/min]	[mPa]
Kronocol U 300	22	L2	50	430
Cascol 2236	21,9	L3	6	14 100
Kronocol U 300 + Cascol 3326 (10%)	21,8	L2	50	380
Kronocol U 300 + Cascol 3326 (20%)	21,8	L2	50	400
Kronocol U 300 + Cascol 3326 (30%)	21,7	L2	50	420

16.12 Příloha 12

Měření teplot vzorků pomocí dotykového teploměru Greisinger GTH 1170

Druh dřeva	Měření teploty vzorků z komory Memmert (40°C) teploměrem GTH 1170			Ø	σ
	I.	II.	III.		
	[°C]				
SMRK	35,20	34,80	35,10	35,00	0,20
BUK	36,50	36,20	36,70	36,50	0,25

Teplota SMRK (40°C)		Teplota BUK (40°C)	
Stř. hodnota	35,03333	Stř. hodnota	36,46667
Chyba stř. hodnoty	0,120185	Chyba stř. hodnoty	0,145297
Medián	35,1	Medián	36,5
Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	0,208167	Směr. odchylka	0,251661
Rozptyl výběru	0,043333	Rozptyl výběru	0,063333
Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	-1,29334	Šikmost	-0,58558
#ODKAZ!	0,4	#ODKAZ!	0,5
Minimum	34,8	Minimum	36,2
Maximum	35,2	Maximum	36,7
Součet	105,1	Součet	109,4
Počet	3	Počet	3

Druh dřeva	Měření teploty vzorků z mrazničky (-30°C) teploměrem GTH 1170			Ø	σ
	I.	II.	III.		
	[°C]				
SMRK	-24,80	-25,60	-25,30	-25,30	0,40
BUK	-22,80	-23,30	-23,20	-23,10	0,26

Teplota SMRK (-30°C)		Teplota BUK (-30°C)	
Stř. hodnota	-25,2333	Stř. hodnota	-23,1
Chyba stř. hodnoty	0,233333	Chyba stř. hodnoty	0,152753
Medián	-25,3	Medián	-23,2
Modus	#####	Modus	#####
Směr. odchylka	0,404145	Směr. odchylka	0,264575
Rozptyl výběru	0,163333	Rozptyl výběru	0,07
Špičatost	#####	Špičatost	#####
Šikmost	0,722109	Šikmost	1,457863
#ODKAZ!	0,8	#ODKAZ!	0,5
Minimum	-25,6	Minimum	-23,3
Maximum	-24,8	Maximum	-22,8
Součet	-75,7	Součet	-69,3
Počet	3	Počet	3

16.13 Příloha 13

Měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku

Kronocoll U 300 SMRK									
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Kronocoll U 300 klimatizovaného při teplotě 22°C					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Kronocoll U 300 klimatizovaného při teplotě -30°C				
Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku
41	3458,128	2,767	46	4103,007	3,282	31	3768,827	4215,323	3,372
42	3453,888	2,763	47	4103,159	3,283	32	4483,248	3,587	37
43	3376,06	2,701	48	3581,231	2,865	33	3482,046	2,786	38
44	4710,845	3,769	49	4322,029	3,458	34	2443,782	1,955	39
45	3615,217	2,892	50	4665,286	3,732	35	3889,046	3,111	40
	Průměr			3936,885	3,151		Průměr	3569,932	2,856
	Maximum			4710,845	3,769		Maximum	4483,248	3,587
	Minimální			3376,06	2,701		Minimální	2443,782	1,955
	Směrodatná odchylka			509,913	0,408		Směrodatná odchylka	647,158	0,518
	Medián			3859,112	3,087		Medián	3625,436	2,9
Cascol 3326 SMRK									
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě 22°C					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě -30°C				
Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku
11	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	16	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	1	4568,823	6	4723,574
12	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	17	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	2	3999,177	7	3420,18
13	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	18	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	3	3918,375	8	3987,471
14	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	19	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	4	5250,095	4,2	5177,491
15	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	20	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	5	3358,127	2,687	2806,913
	Průměr			Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN		Průměr	4121,023	3,297
	Maximum			Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN		Maximum	5250,095	4,2
	Minimální			Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN		Minimální	2806,913	2,246
	Směrodatná odchylka			Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN		Směrodatná odchylka	804,732	0,644
	Medián			Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN		Medián	3993,324	3,195

Kronocool U 300 + Cascol 3326 (10%) SMRK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (10%) klimatizovaného při teplotě 22°C					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (10%) klimatizovaného při teplotě -30°C						
Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku		
										Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
101	3623,792	2,899	106	3994,499	3,196	91	3512,174	2,81	96	3558,063	2,846
102	2709,708	2,168	107	4094,181	3,275	92	1159,283	0,927	97	3088,225	2,471
103	4309,002	3,447	108	4678,246	3,743	93	3265,971	2,613	98	3053,942	2,443
104	3010,084	2,408	109	3933,343	3,147	94	4793,298	3,835	99	3657,166	2,926
105	4092,526	3,274	110	3645,308	2,916	95	3647,507	2,918	100	5126,01	4,101
	Průměr			3809,069	3,047		Průměr			3486,164	2,789
	Maximum			4678,246	3,743		Maximum			5126,01	4,101
	Minimální			2709,708	2,168		Minimální			1159,283	0,927
	Směrodatná odchylka			589,254	0,471		Směrodatná odchylka			1068,064	0,854
	Medián			3963,921	3,171		Medián			3535,118	2,828
Kronocool U 300 + Cascol 3326 (20%) SMRK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (20%) klimatizovaného při teplotě 22°C					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (20%) klimatizovaného při teplotě -30°C						
Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku		
										Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
71	3555,575	2,844	76	2968,26	2,375	61	4109,143	3,287	66	4162,152	3,33
72	3180,921	2,545	77	3638,956	2,911	62	3848,761	3,079	67	3042,291	2,434
73	3857,697	3,086	78	3841,413	3,073	63	4331,328	3,465	68	4085,568	3,268
74	3430,985	2,745	79	4454,902	3,485	64	4814,965	3,852	69	3010,025	2,408
75	3515,334	2,812	80	3508,449	2,807	65	3224,683	2,58	70	3761,078	3,009
	Průměr			3595,249	2,876		Průměr			3838,979	3,071
	Maximum			4454,902	3,564		Maximum			4814,965	3,852
	Minimální			2968,26	2,375		Minimální			3010,025	2,408
	Směrodatná odchylka			405,195	0,324		Směrodatná odchylka			590,327	0,472
	Medián			3535,454	2,828		Medián			3957,064	3,174
Kronocool U 300 + Cascol 3326 (30%) SMRK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (30%) klimatizovaného při teplotě 22°C					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (30%) klimatizovaného při teplotě -30°C						
Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku		
										Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
131	4399,748	3,52	136	2718,215	2,175	121	3537,849	2,83	126	4173,102	3,338
132	3890,29	3,112	137	4760,26	3,808	122	3412,415	2,73	127	3907,632	3,126
133	3826,556	3,061	138	3533,503	2,827	123	1694,231	1,355	128	4123,634	3,299
134	4245,152	3,396	139	3794,901	3,036	124	4323,279	3,459	129	3313,983	2,863
135	5189,669	4,152	140	3654,336	2,923	125	5250,14	4,2	130	4828,499	3,863
	Průměr			4001,263	3,201		Průměr			3856,476	3,085
	Maximum			5189,669	4,152		Maximum			5250,14	4,2
	Minimální			2718,215	2,175		Minimální			1694,231	1,355
	Směrodatná odchylka			689,4	0,552		Směrodatná odchylka			974,542	0,78
	Medián			3858,423	3,087		Medián			4015,633	3,213
Kronocool U 300 + Cascol 3326 (40%) SMRK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (40%) klimatizovaného při teplotě 40°C a vlhkosti 70%					Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva smrků lepeného směsí lepidel Kronocool U 300 + Cascol 3326 (40%) klimatizovaného při teplotě 40°C a vlhkosti 70%						
Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku		
										Zatížení při tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
111	3879,515	3,104	116	2996,792	2,397	121	3701,808	2,961	126	3936,13	3,149
112	3783,691	3,027	117	3775,887	3,021	122	4727,128	3,782	127	3684,374	2,947
113	4783,994	3,811	118	4054,551	3,244	123	2069,079	1,655	128	3540,161	2,832
114	4286,946	3,43	119	3843,956	3,075	124	4376,322	3,501	129	3688,47	2,951
115	2992,775	2,394	120	3760,088	3,008	125	2114,832	1,692	130	4244,969	3,396
	Průměr			3813,819	3,051		Průměr			3608,338	2,887
	Maximum			4783,994	3,811		Maximum			4727,128	3,782
	Minimální			2992,775	2,394		Minimální			2069,079	1,655
	Směrodatná odchylka			530,905	0,425		Směrodatná odchylka			880,637	0,705
	Medián			3813,824	3,051		Medián			3695,139	2,956

16.14 Příloha 14

Měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku

Kronocoll U 300 BUK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Kronocoll U 300 klimatizovaného při teplotě 22°C			Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Kronocoll U 300 klimatizovaného při teplotě -30°C			Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě 40°C a vlhkosti 70%					
Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
41	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	31	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	51	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	56	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN
42	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	32	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	52	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	57	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN
43	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	33	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	53	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	58	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN
44	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	34	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	54	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	59	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN
45	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	35	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	55	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	60	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN
	Průměr			Průměr			Průměr			Průměr	
	Maximum			Maximum			Maximum			Maximum	
	Minimální			Minimální			Minimální			Minimální	
	Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka	
	Medián			Medián			Medián			Medián	
Cascol 3326 BUK											
Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě 22°C			Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě -30°C			Výsledky měření pevnosti lepené spáry ve smyku při tahovém namáhání dřeva buku lepeného lepidlem Cascol 3326 klimatizovaného při teplotě 40°C a vlhkosti 70%					
Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]	Číslo vzorku	Zatížení při maximálním tahovém protažení [N]	Tahové napětí při maximálním tahovém protažení [MPa]
11	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	1	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	21	2856,376	2,285	26	4823,884	3,859
12	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	2	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	22	3477,257	2,782	27	2982,615	2,386
13	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	3	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	23	3951,917	3,162	28	4187,301	3,35
14	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	4	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	24	1063,839	0,851	29	3889,279	3,111
15	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	5	Odolalo síle 5KN	Odolalo síle 5KN	25	3216,903	2,574	30	2190,256	1,752
	Průměr			Průměr			Průměr			Průměr	
	Maximum			Maximum			Maximum			Maximum	
	Minimální			Minimální			Minimální			Minimální	
	Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka			Směrodatná odchylka	
	Medián			Medián			Medián			Medián	

16.15 Příloha 15

Technický list lepidla Cascol 3326

Product Specification

3326			
Product	PVAc adhesive		
Delivery Form	Liquid		
Colour	White		
Viscosity (at time of production)	7000 - 14000 mPas (Brookfield RVT, sp.6, 20 rpm, 25°C / 77°F)		
pH (at time of production)	5,0 – 7,0 (at 25°C / 77°F)		
Storage Life (months)	20°C / 68°F	30°C / 86°F	
	36	18	
Storage Condition	<p>Recommended storage temperature 15-20°C / 59-68°F. Only short term exposure to temperatures below 5°C / 41°F or above 30°C / 86°F is acceptable.</p> <p>Frozen and thawed product cannot be used due to irreversible changes in the product.</p> <p>During storage the glue will mature and the viscosity can increase.</p> <p>The product can form a skin on the surface if the container is not properly closed. The products shall always be stored in closed packaging.</p>		
Density	App. 1080 Kg/m ³ , 9,0 lbs/gal		
Glue Line Temperature	10-80°C / 50-176°F		
Press Time (pine-pine, 65% RH, 150g/m ² /14g/ft ²)	20°C / 68°F	30°C / 86°F	
	8'	---	
Pressure	0,1 - 1,0 MPa		
Assembly Time (pine-pine, 20°C / 68°F, 65% RH, 150g/m ² /14g/ft ²)	Temperature	Open	Close
	20°C / 68°F	8'	10'
	30°C / 86°F	4'	5'
Glue Spread	<p>Edge glued panels: 120 - 180 g/m², 11 - 17 g/ft²</p> <p>General assembly: 90 - 300 g/m², 8 - 28 g/ft²</p> <p>Others: 90 - 300 g/m², 8 - 28 g/ft²</p> <p>Solid wood lamination: 150 - 250 g/m², 14 - 23 g/ft²</p>		
Moisture content of wood	5 - 15%, preferably 7 - 10%		
Preparation of wood	For best result the wood must be smoothly planed. For optimum bond strength the bonding operation shall take place within 24 hours after preparation.		
Temperature of wood	In order to meet the given press times the temperature of the wood must not be below 20°C / 68°F.		
Gluing of impregnated wood	Can in most cases be used but must be evaluated in each case.		

16.16 Příloha 16

Technický list lepidla Kronocol U 300

Kronocol U 300	
Typ lepidla	Vodný roztok močovinoformaldehydového polykondenzátu
Poměr lepidlo/tužidlo	10 : 2
Skupenství	Kapalina
Barva	Bílá až nažloutlá
Viskozita	400 – 800 mPas při 20°C
pH	7,5 – 9,0
Hustota	1 290 kg/m ³
Koncentrace vodného roztoku	Sušina min. 64%
Lisovací teplota	105°C
Lisovací čas	Min. 5 minut
Lisovací tlak	Až 1,8 MPa
Doba zpracovatelnosti	12 h
Doporučený nános	Jednostranný 150 g/m ³
Oblast použití	Suchý interiér

16.17 Příloha 17

Statisticky vyhodnocená naměřená data

Pořadí	Typ lepidla	Teplota [°C]	Síla [N]	Pořadí	Typ lepidla	Teplota [°C]	Síla [N]	Pořadí	Typ lepidla	Teplota [°C]	Síla [N]
1	PVAC	-30	4568	51	UF	40	3041	101	UF+PVAC 20%	22	3555
2	PVAC	-30	3999	52	UF	40	3909	102	UF+PVAC 20%	22	3180
3	PVAC	-30	3918	53	UF	40	4006	103	UF+PVAC 20%	22	3857
4	PVAC	-30	5250	54	UF	40	3985	104	UF+PVAC 20%	22	3430
5	PVAC	-30	3358	55	UF	40	4012	105	UF+PVAC 20%	22	3515
6	PVAC	-30	4723	56	UF	40	3853	106	UF+PVAC 20%	22	2968
7	PVAC	-30	3420	57	UF	40	3782	107	UF+PVAC 20%	22	3638
8	PVAC	-30	3987	58	UF	40	4089	108	UF+PVAC 20%	22	3841
9	PVAC	-30	5177	59	UF	40	3741	109	UF+PVAC 20%	22	4454
10	PVAC	-30	2806	60	UF	40	4951	110	UF+PVAC 20%	22	3508
11	PVAC	22	5250	61	UF+PVAC 10%	-30	3512	111	UF+PVAC 20%	40	3930
12	PVAC	22	5250	62	UF+PVAC 10%	-30	1159	112	UF+PVAC 20%	40	4201
13	PVAC	22	5250	63	UF+PVAC 10%	-30	3265	113	UF+PVAC 20%	40	4289
14	PVAC	22	5250	64	UF+PVAC 10%	-30	4793	114	UF+PVAC 20%	40	4288
15	PVAC	22	5250	65	UF+PVAC 10%	-30	3647	115	UF+PVAC 20%	40	4241
16	PVAC	22	5250	66	UF+PVAC 10%	-30	3558	116	UF+PVAC 20%	40	4420
17	PVAC	22	5250	67	UF+PVAC 10%	-30	3088	117	UF+PVAC 20%	40	3748
18	PVAC	22	5250	68	UF+PVAC 10%	-30	3053	118	UF+PVAC 20%	40	5250
19	PVAC	22	5250	69	UF+PVAC 10%	-30	3657	119	UF+PVAC 20%	40	3443
20	PVAC	22	5250	70	UF+PVAC 10%	-30	5126	120	UF+PVAC 20%	40	3911
21	PVAC	40	2633	71	UF+PVAC 10%	22	3623	121	UF+PVAC 30%	-30	3537
22	PVAC	40	2793	72	UF+PVAC 10%	22	2709	122	UF+PVAC 30%	-30	3412
23	PVAC	40	2053	73	UF+PVAC 10%	22	4309	123	UF+PVAC 30%	-30	1694
24	PVAC	40	3021	74	UF+PVAC 10%	22	3010	124	UF+PVAC 30%	-30	4323
25	PVAC	40	2995	75	UF+PVAC 10%	22	4092	125	UF+PVAC 30%	-30	5250
26	PVAC	40	3656	76	UF+PVAC 10%	22	3994	126	UF+PVAC 30%	-30	4173
27	PVAC	40	2597	77	UF+PVAC 10%	22	4094	127	UF+PVAC 30%	-30	3907
28	PVAC	40	2481	78	UF+PVAC 10%	22	4678	128	UF+PVAC 30%	-30	4123
29	PVAC	40	2284	79	UF+PVAC 10%	22	3933	129	UF+PVAC 30%	-30	3313
30	PVAC	40	3000	80	UF+PVAC 10%	22	3645	130	UF+PVAC 30%	-30	4828
31	UF	-30	3768	81	UF+PVAC 10%	40	3879	131	UF+PVAC 30%	22	4399
32	UF	-30	4483	82	UF+PVAC 10%	40	3783	132	UF+PVAC 30%	22	3890
33	UF	-30	3482	83	UF+PVAC 10%	40	4763	133	UF+PVAC 30%	22	3826
34	UF	-30	2443	84	UF+PVAC 10%	40	4286	134	UF+PVAC 30%	22	4245
35	UF	-30	3889	85	UF+PVAC 10%	40	2992	135	UF+PVAC 30%	22	5189
36	UF	-30	4215	86	UF+PVAC 10%	40	2996	136	UF+PVAC 30%	22	2718
37	UF	-30	2730	87	UF+PVAC 10%	40	3775	137	UF+PVAC 30%	22	4760
38	UF	-30	3461	88	UF+PVAC 10%	40	4054	138	UF+PVAC 30%	22	3533
39	UF	-30	4049	89	UF+PVAC 10%	40	3843	139	UF+PVAC 30%	22	3794
40	UF	-30	3175	90	UF+PVAC 10%	40	3760	140	UF+PVAC 30%	22	3654
41	UF	22	3458	91	UF+PVAC 20%	-30	4109	141	UF+PVAC 30%	40	3701
42	UF	22	3453	92	UF+PVAC 20%	-30	3848	142	UF+PVAC 30%	40	4727
43	UF	22	3376	93	UF+PVAC 20%	-30	4331	143	UF+PVAC 30%	40	2069
44	UF	22	4710	94	UF+PVAC 20%	-30	4814	144	UF+PVAC 30%	40	4376
45	UF	22	3615	95	UF+PVAC 20%	-30	3224	145	UF+PVAC 30%	40	2114
46	UF	22	4103	96	UF+PVAC 20%	-30	4162	146	UF+PVAC 30%	40	3936
47	UF	22	4103	97	UF+PVAC 20%	-30	3042	147	UF+PVAC 30%	40	3684
48	UF	22	3581	98	UF+PVAC 20%	-30	4085	148	UF+PVAC 30%	40	3540
49	UF	22	4322	99	UF+PVAC 20%	-30	3010	149	UF+PVAC 30%	40	3688
50	UF	22	4665	100	UF+PVAC 20%	-30	3761	150	UF+PVAC 30%	40	4244