

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

**Vliv ředění PVAc lepidel na pevnost
lepeného spoje**

Diplomová práce

Autor: Bc. Ondřej Hůla
Vedoucí práce: Ing. Jan Bomba, Ph.D.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ondřej Hůla

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vliv ředění PVAC lepidel na pevnost lepeného spoje

Název anglicky

Influence of PVAC adhesives dilution on bonding strength

Cíle práce

Cílem práce je prokázat vliv ředění PVAC disperzních lepidel vodou na výslednou pevnost lepeného spoje. Dále vyhodnotit závislost obsahu vody a sušiny v lepidle na výslednou pevnost a vodovzdornost. Dalším cílem práce je objasnit možnost ředění PVAC disperzních lepidel s ohledem na vlastnosti výsledného lepeného spoje a jeho cenu.

Metodika

Zajištění PVAC lepidla v třídě odolnosti D3. Stanovení obsahu sušiny v lepidle. Provést měření pevnosti spojů lepených tímto lepidlem při různých hodnotách naředění. Vyhodnocení závislosti naředění na výslednou pevnost. Sledování zachování třídy odolnosti D3 při postupném snižování obsahu sušiny. Vyhodnocení výsledků a vyvození možností využití ředění v praxi.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran textu, 10 – 20 stran příloh

Klíčová slova

lepidla, polyvinylacetát, PVAC, voda, disperze, pevnost, vodovzdornost, ředění, koncentrace

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN 204. Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace. Praha: Český normalizační institut, 2001. 8 s.
- ČSN EN 205. Lepidla – Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace – Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.
- ČSN EN 923 + A1. Lepidla – termíny a definice. Praha: Český normalizační institut, 2008. 80 s.
- DUCHÁČEK, V. Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 3.vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2011. 276 stran. ISBN 978-80-7080-788-0
- EISNER, K., HAVLÍČEK, V., OSTEN, M. Dřevo a plasty. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1983. 384 s. ISBN 04-805-83.
- KOMÁREK, Z. Přehľad lepidiel. Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., Bratislava 1987, 063-056-87 PLE
- LIPTÁKOVÁ, E., SEDLIAČIK, M. Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle. Bratislava: ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1989. 520s. ISBN 80-05-00116-9.
- MLEZIVA, J. Polymery výroba, struktura, vlastnosti a použití. 1.vydání. Praha: Sobotáles, 1993. 525 stran. ISBN 80-901570-4-1
- OSTEN, M. Práce s lepidly a tmely. Praha: Grada Publishing, spol. s r.o., 1996. 136 s.
- SEDLIAČIK, J. Procesy lepenia dreva, plastov a kovov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. 221 s. ISBN 80-228-1500-4.
- ŠČUKIN E.D. , PERCOV A.V. , AMELINOVÁ E.A.A. Koloidní chemie. 1.vydání. Praha: Academia, 1990. 484 stran. ISBN 80-200-0259-6
-

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Jan Bomba, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2015

Ing. Jan Bomba, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 3. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv ředění PVAc lepidel na pevnost lepeného spoje vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

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

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat Ing. Janu Bombovi Ph.D., za vstřícný přístup, trpělivost a dobré nápady při zodpovídání mých dotazů a za odborné vedení při tvorbě diplomové práce.

Mé poděkování patří také Ing. Jiřímu Cvachovi za rady a pomoc při výrobě zkušebních těles a jejich zpracování.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá disperzními PVAc lepidly, určenými pro nábytkářský průmysl. Práce se zabývá vlivem obsahu sušiny na pevnost lepeného spoje a jeho voděodolnost. V několika krocích byl snižován obsah sušiny lepidla ředěním. Nanášené lepidlo tedy mělo snížený obsah sušiny. Použitým lepidlem byl Rhenocoll Propellerleim-3w 4b plus. Dle norem ČSN EN 204 a ČSN EN 205 byl vyhodnocen pokles pevnosti spoje lepeného tímto lepidlem při zvyšující se míře naředění. Současně byl vyhodnocován pokles třídy odolnosti lepidla vůči vodě a vlhkosti. Všechna tato měření byla formou grafů a tabulek vyjádřena ve výsledkové části. Zároveň byly sledovány další změny vlastností a použitelnosti lepidla při změně poměru vody a sušiny.

Klíčová slova: PVAc disperze, sušina, ředění, pevnost

Abstract

This thesis deals with the dispersion PVAc adhesives designed for the furniture industry. The thesis examines the influence of the dry matter content on bond strength and water resistance. The content of solids was reduced in several steps by dilution adhesives. Applied glue has therefore reduced solids content. The used adhesive was Rhenocoll Propellerleim-3W 4b plus. Decline of bond strength was evaluated according to CSN EN 204 and CSN EN 205 at an increasing level of dilution. The decrease of the resistance class to water and humidity was evaluated at the same time. All these measurements were expressed in the form of graphs and tables in the final section. At the same time, further changes and usability characteristics of the adhesive were tracked during the changing ratio of water and dry matter.

Keywords: PVAc dispersion, dry matter, dilution, strength

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíle práce.....	12
3. Literární rešerše.....	13
3.1 Zařazení PVAc lepidel.....	13
3.2 Teorie lepení.....	13
3.2.1 Terminologie.....	13
3.2.2 Složky lepidla	14
3.2.3 Adheze	15
3.2.4 Koheze.....	16
3.2.5 Disperze.....	16
3.2.6 Výhody disperzních PVAc lepidel.....	17
3.2.7 Nevýhody disperzních PVAc lepidel.....	18
3.3 Lepení dřeva.....	19
3.3.1 Obecná pravidla lepení dřeva.....	19
3.3.2 Rovinnost povrchu.....	20
3.3.3 Fixace lepeného spoje.....	20
3.3.4 Druh lepeného dřeva.....	21
3.3.5 Vlhkost dřeva.....	22
3.3.6 PH lepidla.....	22
3.4. Polyvinylacetát (PVAc).....	23
3.4.1 Výroba.....	23
3.4.2 Radikálová polymerace.....	23
3.4.3 Emulzní polymerace.....	23
3.4.4 Vyráběné formy a použití.....	24
3.4.5 Vlastnosti.....	26
3.5 Vytvrzení PVAc lepidla	27
3.5.1 Proces vytvrzení.....	27
3.5.2 Rychlost vytvrzení.....	29
3.5.3 Smáčení povrchu lepidlem.....	29
3.5.3.1 Smáčení a voda.....	30
3.5.3.2 Smáčení a drsnost povrchu.....	30
4. Metodika.....	31
4.1 Výběr lepidla	31
4.2 Zjištění obsahu sušiny lepidel	32
4.2.1 Postup zkoušky.....	32
4.2.2 Vyjádření výsledků.....	33
4.3 Odběr vzorku lepidla	34
4.4 Ředění lepidla	35
4.5 Klasifikace lepidel dle trvanlivosti.....	36
4.6 Výroba zkušebních těles	38
4.6.1 Zpracování materiálu.....	38
4.6.2 Lisování souborů.....	38
4.6.3 Výroba těles.....	39
4.6.4 Počet těles.....	39
4.7 Kondicionování těles.....	41
4.8 Zkušební zařízení.....	41
4.9 Posouzení vzniku chyb a nepřesností.....	42
4.9.1 Dle místa vzniku jde o chyby:.....	42

5. Výsledky a diskuze	43
5.1 Pevnost spoje.....	43
5.2 Statistické parametry	43
5.2.1 Aritmetický průměr.....	43
5.2.2 Medián.....	44
5.2.3 Směrodatná odchylka.....	44
5.2.4 Variační koeficient.....	44
5.3 Zpracování výsledků	44
5.3.1 Vliv obsahu sušiny na pevnost	45
5.3.2 Posouzení extrémů a odlehlých hodnot	50
5.3.3 Vliv na variační koeficient.....	50
5.3.4 Analýza rozptylu (Anova).....	53
5.3.5 Vliv na voděodolnost	54
5.4 Měření viskozity	55
5.4.1 Viskozita.....	55
5.4.2 Měřicí zařízení.....	56
5.4.3 Vyjádření výsledků.....	57
5.4.4 Vliv viskozity na použitelnost lepidla	59
5.5 Uplatnění výsledků	59
5.6 Ekonomické posouzení ředění.....	60
5.6.1 Ředění D3 na D3.....	60
5.6.2 Ředění D3 na D2.....	61
6. Závěr.....	62
7. Seznam literatury:	63
8. Přílohová část.....	69

Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsah sušiny a doba skladovatelnosti lepidla [20].....	17
Tabulka 2: Technologické parametry lepidel, používaných v čalounictví [11].....	25
Tabulka 3: Odolnost a degradace PVAc [3].....	26
Tabulka 4: Pevnost v tahu při odlišných množstvích nánosu lepidla [16].....	28
Tabulka 5: Zjištění obsahu sušiny - hmotnosti lepidla, obsah sušiny.....	33
Tabulka 6: Obsah sušiny zjištěný a deklarovaný.....	33
Tabulka 7: Ředění lepidla, hmotnosti a výsledný obsah sušiny ve vzorku.....	36
Tabulka 8: Třídy trvanlivosti [29].....	37
Tabulka 9: Minimální hodnoty pevností slepu, způsoby a podmínky kondicionování těles [29].....	37
Tabulka 10: Počet těles a skupin.....	40
Tabulka 11: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D3.....	47
Tabulka 12: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D2.....	48
Tabulka 13: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D1.....	50
Tabulka 14: Naměřené časy a zjištěná kinematická viskozita.....	57

Seznam obrázků

Obr.1: Tečení lepidla při tlustší lepené spáře.....	18
Obr.2: Penetrace lepidla PVAc do buku, bílý sloupec = 1mm [17].....	19
Obr.3: Monomer vinylacetátu [2].....	23
Obr.4: Zjednodušené schéma výroby lepidel [12].....	24
Obr.5: Vytvrzení PVAc [12].....	28
Obr.6: Lepená spára buku s označením míry penetrace v μm [18].....	29
Obr.7: Lepidla u kterých byl zjišťován obsah sušiny.....	31
Obr.8: Lisování lepených souborů.....	39
Obr.9: Výroba těles - řezání drážky.....	39
Obr.10: Přeplátovaný spoj a jeho parametry [30].....	39
Obr.11: Kondicionování těles.....	41
Obr.12: Zkušební zařízení.....	41
Obr.13: Detail upnutí tělesa.....	41
Obr.14: Vadné těleso - skrytá vada materiálu.....	42
Obr.15: Výtokový pohárek Wagner.....	56

Seznam grafů

Graf 1: Pevnost v ohybu LVL, lepeného PVAc pro různé dřeviny a lisovací časy [21].....	21
Graf 2: Pevnost v ohybu zubovitého spoje, nekonečného vlysu lepeného PVAc [19].....	26
Graf 3: Pokles smykové pevnosti v tahu se vzrůstající teplotou [22].....	27
Graf 4: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D3.....	45
Graf 5: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 3 pro D3.....	46
Graf 6: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 4 pro D3.....	46
Graf 7: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D2.....	47
Graf 8: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 2 pro D2.....	48
Graf 9: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D1.....	49
Graf 10: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D1.....	51
Graf 11: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 2 pro D2.....	51
Graf 12: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 3 pro D3.....	52
Graf 13: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 4 pro D3.....	52
Graf 14: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 1 pro D1.....	53
Graf 15: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 2 pro D2.....	53
Graf 16: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 3 pro D3.....	54
Graf 17: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 4 pro D3.....	54
Graf 18: Snižování třídy odolnosti s vzrůstající mírou naředění a poklesem obsahu sušiny.....	55
Graf 19: Pokles kinematické viskozity s vzrůstající mírou naředění.....	58
Graf 20: Pokles dynamické viskozity s vzrůstající mírou naředění [17].....	58

Seznam použitých zkratk a symbolů

PVAc	PolyVinylAcetát
ČSN	Česká Státní Norma
EN	Evropská Norma
ISO	International Organization for Standardization
pH	pondus Hydrogenia (vodíkový exponent)
LVL	Laminated Veneer Lumber
PUR	Polyuretan (polyuretanová pěna)
Mpa	Megapascal
Θ	úhel smáčení
D1 – D4	třída trvanlivosti 1 - 4
l2	délka přelevu (délka zkoušeného povrchu)
b	šířka zkušebního tělesa (šířka zkoušeného povrchu)
Fmax	maximální naměřená síla
τ	pevnost spoje
€	Euro
Kč	Koruna česká

1. Úvod

Disperzní PVAc lepidla jsou v současnosti jedním z nejvíce používaných lepidel v nábytkářském průmyslu. Mají spoustu výhod jako například jednoduchost použití, příznivou cenu, oproti ostatním lepidlům jsou založeny na vodní bázi a neuvolňují do ovzduší žádné škodlivé výpary. To je jen několik důvodů proč jsou stále více používané v různých odvětvích výroby.

Průběžně dochází k jejich vylepšování a stálému rozšiřování jejich uplatnění. Všestranné použití a zdokonalování PVAc lepidel by nebylo možné bez zkoumání vlastností, které mají vliv na jejich použitelnost. Vlastnosti lepidla jako viskozita nebo obsah sušiny mají vliv na vlastnosti lepeného spoje stejně jako ostatní faktory při lepení, tedy lisovací tlak, teplota, čas nebo vlhkost.

Tato práce se zabývá obsahem sušiny v lepidle a vlivem obsahu sušiny na výslednou pevnost spoje a jeho voděodolnost. Změny sušiny lze nejnázat docílit naředěním lepidla vodou, čímž se změní poměr jednotlivých složek v použitém lepidle, zejména se sníží obsah sušiny v nanášeném lepidle. S naředěním lepidla dochází k změně i jiných vlastností jako je viskozita, smáčivost nebo roztíratelnost. Všechny tyto vlastnosti souvisí právě se změnou obsahu sušiny v lepidle. Smyslem této práce je tedy určit do jaké míry má obsah sušiny v lepidle vliv na jeho vlastnosti a použitelnost.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je ověření vlivu snižování obsahu sušiny v nanášeném lepidle, potažmo ředění lepidla vodou na výslednou pevnost lepeného spoje a jeho voděodolnost. Cílem práce je vyhodnotit závislost obsahu vody a sušiny v lepidle na výslednou pevnost a voděodolnost.

Dalším cílem práce je objasnit možnost ředění PVAc disperzního lepidla vodou s ohledem na vlastnosti výsledného lepeného spoje. Sledovat změny vlastností lepidla při postupném zvyšování obsahu vody a definování jejich vlivu na použitelnost lepidla. Jedním z cílů práce je i vyčíslení případných finančních úspor při ředění lepidla.

Prvotním cílem práce je objasnění, do jaké hodnoty obsahu sušiny je zachována třída odolnosti lepidla D3. Dle výsledků se vyhodnotí možnost využití lepidla v třídě D2 při vyšším naředění. Při zvyšování naředění se předpokládá pokles odolnosti lepidla až na D1 (dle normy ČSN EN 204).

Výsledky budou zpracovány do grafů a tabulek s cílem zjistit, do jakého obsahu sušiny v lepidle či míry naředění jsou zachovány jednotlivé třídy odolnosti lepidla.

3. Literární rešerše

3.1 Zařazení PVAc lepidel

Základní dělení lepidel:

- 1) Přírodní - živočišná (kasein, albumin)
 - rostlinná (škroby)
- 2) Syntetická -rozpouštědlová (disperzní, roztoková)
 - reaktivní(reakce s vlhkostí, teplotou)
 - tavná (teplem rozpustná)
 - ostatní(stále lepivá, citlivá na tlak)[1]

Disperzní PVAc lepidlo se řadí do skupiny vodných lepidel syntetických, rozpouštědlových. Do této skupiny patří disperzní i rozpouštědlová lepidla, u rozpouštědlových lepidel je filmtvorná složka v rozpouštědle rozpuštěna. Naopak disperzní lepidlo je tvořeno ze dvou hlavních složek = disperze (dispergovaná složka) a rozpouštědla. Rozpouštědlo disperzní složku nerozpouští, ale pouze ji udržuje v dispergovaném stavu, viz kapitola 4.5. Pojivem je tedy polyvinylacetát, který je dispergován v nosiči adhezního základu, kterým je voda.[1],[3],[23]

3.2 Teorie lepení

3.2.1 Terminologie

S problematikou lepení souvisí některé odborné výrazy, které se objevují i v tomto textu, proto jsou zde některé z nich vysvětleny:

Pevnost spoje: zatížení, působící na plochu spoje, až do jeho porušení, podle působení se rozlišuje na pevnost v tahu, smyku, ohybu atd.

Životnost lepicí směsi: doba, po kterou je směs použitelná k lepení při současném dodržení zásad pro správné nanášení a docílení pevnosti spoje.

Skladovací čas: čas, po který lze lepidlo skladovat v předepsaných podmínkách, bez vlivu na jeho kvalitu.

Vrstva lepidla: prostor mezi lepenými materiály, vyplněný lepidlem.

Tloušťka lepidlové spáry: do 0,1 mm tenká, nad 0,1 mm silná.

Vydatnost lepidla: plocha, kterou lze slepit jedním kg lepidla, udává se v $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Otevřený čas: čas, po jehož uplynutí lze lepený materiál ještě spojit a zatížit tlakem.

Doba tuhnutí (doba působení tlaku): čas, po který je nutné lepený soubor lisovat.

Doba konečného vytvrzení (doba tvrdnutí): po ukončení lisování není dosažena žádoucí pevnost spoje, proto spoj potřebuje ještě čas na konečné vytvrzení.

Pevnost lepeného spoje : síla na jednotku plochy, která je potřebná k porušení spoje, porušení se musí projevit ve vrstvě lepidla nebo v těsné blízkosti.

Pevnost v tahu : nejvyšší tahové napětí, kterému těleso odolalo v průběhu tahové zkoušky. [10], [12], [23]

Většina z těchto parametrů je pro každé lepidlo přesně určena a vyčíslena v technickém listu, viz příloha 53 a 54.

3.2.2 Složky lepidla

Lepidlo obsahuje kromě vody a dispergovaných molekul PVAc (filmotvorné složky) další látky, které upravují jeho vlastnosti, jsou to především:

Plnidla: látky nerozpustné, přidávané za účelem změny tekutosti (viskozity), smáčení nebo tloušťky nánosu. Nemají vlastní lepivost. (např. mastek, kaolín)

Nastavovadla: snižují obsah adhezního základu lepidla, tedy dispergovaného PVAc. Dále zvyšují viskozitu, snižují smršťování lepidla. Jsou jemně mleté, bobtnavé, zabraňují prosakování lepidla při dýchování. Mají určitou vlastní lepivost. (např. technická mouka, škrobové látky)

Tvrdidla: látky usměrňující vytvrzovací proces, zvyšují kvalitu vytvrzení a zesíťování molekul PVAc.

Pojivo: složka, zodpovědná za kohezi i adhezi. [10], [9], [11], [12], [23]

Výše uvedené složky jsou součástí tzv. sušiny lepidla. Sušina je podíl neprchavých látek obsažených v lepidle. Jsou to tedy ty složky, které se z lepidla nevypařují a neunikají do ovzduší, ani při zvýšené teplotě. Udávají se v hmotnostních procentech, viz kapitola 8.2.[10]

Sušinu lepidla lze také definovat jako obsah pevných látek v lepidle, a to hmotnostním procentem netěkavých látek ve výrobku.[23]

Další složky:

Ředidlo: složka, jejíž funkcí je pouze snížení koncentrace pevných látek a změna viskozity (v případě PVAc lepidel je to tedy voda).[23]

Pro pevnost každého lepeného spoje je třeba definovat dvě základní vlastnosti lepicí směsi, to jsou adheze a koheze.

3.2.3 Adheze

Adheze je přitažlivost a soudržnost různorodých molekul, potažmo dvou různých materiálů.

Adhezí se rozumí přilnavost lepidla k povrchu lepených dílců a pevnost tohoto přilnutí. Může být mechanická, způsobená mechanickým přilnutím lepidla v nerovnostech povrchu. Adheze může být i elektrostatická nebo specifická, vytvořená molekulární přitažlivostí látek.[2]

Mechanická teorie adheze je založena na předpokladu existence velkého množství mikrokolíkových spojů, které vzniknou po vtečení lepidla do nerovností a mikropórů a následném vytvrdnutí lepidla. Dříve se povrchy zdrsňovaly, aby vzniklo větší množství tzv. mikrokolíkových spojů. Mechanická adheze má však vliv na pevnost spoje asi jen z 10 %, především zachycuje smykové síly, hlavní vliv má adheze specifická.[9], [12]

Specifická adheze je označení mezimolekulárních sil, mezi molekulami lepidla a materiálu. Pro vznik těchto sil je nejdůležitější těsné přiblížení obou látek,

z toho důvodu se povrch dílců musí co nejlépe vyhladit a vybrousit. Následně je nutné lepený soubor zatížit tlakem, aby došlo k co nejlepšímu adheznímu účinku.[9]

Adheze je do značné míry ovlivněna také smáčením povrchu lepené plochy lepidlem, viz kapitola 7.3.[9]

3.2.4 Koheze

Druhou vlastností lepidla je koheze, tedy soudržnost mezi molekulami vlastního lepidla. Koheze lepidla musí být vyšší než koheze lepeného materiálu. Při zatížení spoje by tedy mělo dojít k porušení v materiálu, nikoli v lepené spáře. Je vhodné nanášet menší množství lepidla, tak aby byla lepená spára tenká, protože čím je lepená spára tlustší, tím je vyšší riziko porušení kohezních sil ve spáře.[9]

3.2.5 Disperze

Disperzí se rozumí látka, která se skládá minimálně ze dvou hlavních složek, tvořících disperzní soustavu. Jedna složka bývá v nadbytku a tvoří disperzní prostředí, ve kterém je druhá látka dispergována, tedy rozptýlena. [7], [8]

V případě PVAc lepidel je tedy disperzním prostředím voda, ve které je dispergován polymer PVAc. Neplatí zde zcela pravidlo, že je disperzní prostředí v nadbytku, neboť obsah dispergovaného pevného podílu se často pohybuje nad 50 % objemu. PVAc obsahuje také další přísady, které upravují jednotlivé vlastnosti lepicí směsi, např. viskozitu.

Disperzní lepidla lze řadit mezi jemné disperzní soustavy, tedy koloidní soustavy. Dispergovaná složka soustavy se totiž neusazuje tak, jak je tomu u hrubých disperzních soustav a zůstává rozptýlena v disperzním prostředí. Velikost dispergovaných částic je cca 1 – 1000 nm. [7], [12], [13]

K částečnému usazování ovšem dojít může, dochází totiž k velmi pomalé sedimentaci. Sedimentace je vyvolána teplotním pohybem složek lepidla a působením gravitační síly. Při dlouhodobém skladování tedy může dojít ke klesajícímu podílu dispergované složky s výškou sloupce lepidla.[8]

S tímto jevem je nutné při použití PVAc lepidel počítat a před použitím je promíchat či protřepat. Skladovatelnost, respektive doba skladování lepidla není ovlivněna obsahem sušiny, tedy se nemění ředěním lepidla. Tabulka 1 zobrazuje dobu skladování lepidla ve dnech při různém obsahu sušiny bez vlivu na vlastnosti lepidla a použitelnost. Doba skladovatelnosti lze však ovlivnit přidáním některých látek jako jsou například tvrdidla. [20]

Tabulka 1: Obsah sušiny a doba skladovatelnosti lepidla [20]

	PVAc				
	A	B	C	D	E
<i>O (%)</i>	13.35	20.79	27.45	40.38	52.15
<i>S (day)</i>	≥180	≥180	≥180	≥180	≥180

3.2.6 Výhody disperzních PVAc lepidel

Disperzní lepidla mají jednoduché použití, lze je nanášet přímo ve stavu v jakém byla koupena, bez jakýchkoli úprav. Je možné snadno upravovat jejich viskozitu dolitím vody, viz kapitola 9.4. Soustava má totiž vždy vyšší viskozitu než disperzní prostředí. Při zvýšení podílu disperzního prostředí tedy dochází ke snížení viskozity.[5]

Nanášení lepidla je díky delší době vytvrzování snadné, lze je nanášet ručně štětcem, válečkem, stěrkou a podobně.

Díky delší době odpařování vody mají disperzní lepidla dlouhou otevřenou dobu. [1]

Důležitou předností PVAc disperzí je nízká cena v porovnání s ostatními lepidly.

Mají vynikající adhezi, hodí se zejména pro porézní a savé materiály. Spojení nepodléhá stárnutí a jsou částečně elastické. Prosáknuté lepidlo lze snadno odstranit vhodným rozpouštědlem.[9]

Navíc nezbarvují lepený materiál a nevyvolávají chemické reakce, neboť mají téměř neutrální pH, viz kapitola 5.6 a ani nereaguje s následnou povrchovou

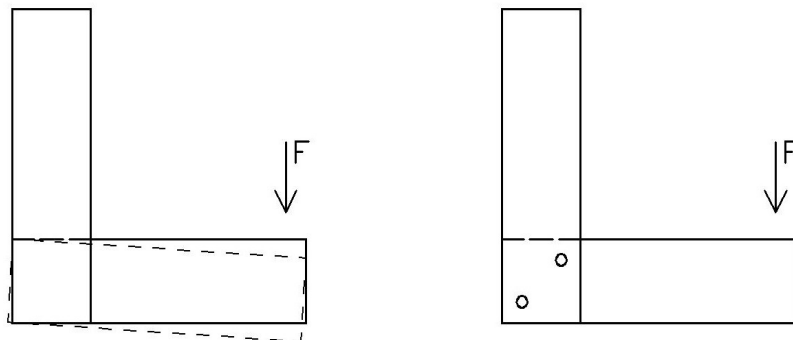
úpravou .[13]

3.2.7 Nevýhody disperzních PVAc lepidel

Nevýhodou je jejich menší odolnost vůči povětrnosti a vlhkosti (závisí na třídě odolnosti D1-4, viz tabulka 8.). Jejich použití je tedy nejvíce v interiérech. Nevýhodou je také závislost pevnosti na tloušťce spáry, což klade nároky na přesnost a kvalitu opracování. Nevýhodou může být i nutnost nánosu oboustranně, tedy na oba adherendy. Lepený soubor je potřeba fixovat a zatížit tlakem. Doba vytvrzování je dlouhá. Pro dosažení manipulační pevnosti je třeba spoj fixovat až několik hodin a konečné pevnosti je dosaženo až za několik dní. [1], [6], [23]

Při vytvoření příliš tlusté lepené spáry může dojít k tečení (creep). Při působení trvalého namáhání (stačí gravitační síla) v jednom směru tak může dojít k tečení, tedy k pomalé elastické deformaci v lepené spáře ve směru namáhání. To je důvod proč se lepení kombinuje s jinými konstrukčními spoji, např. kolíkové spoje. [1]

Tento jev se také označuje jako studený tok, jde o přeskupení vrstev lepidla. Nedochozí však k změně či snížení adhezních a kohezních sil. Dochází k deformaci lepeného spoje ve směru působení zatížení, viz obrázek 1.[13]



- ve spoji s tlustší spárou lepidla může dojít k tečení a k vychýlení prvku z původní polohy

- při kombinaci lepení s kolíky nedochází k tečení ani ve spoji s tlustší spárou lepidla

Obr.1: Tečení lepidla při tlustší lepené spáře

Vzhledem k vysokému obsahu vody v lepidle je třeba zamezit poklesu teploty pod 5 °C. Minimální filmotvorná teplota je 8 - 10 °C. Teplota bílého bodu je 2 - 8 °C, je to stav způsobený nízkou teplotou, při kterém nedochází k řádnému vytvrzení. Lepidlo v takovém případě bělá, křídovatí a ztrácí pojivost. Což je způsobeno tím, že se molekuly PVAc k sobě usazují jen volně a nedochází k jejich spojení.[9]

3.3 Lepení dřeva

3.3.1 Obecná pravidla lepení dřeva

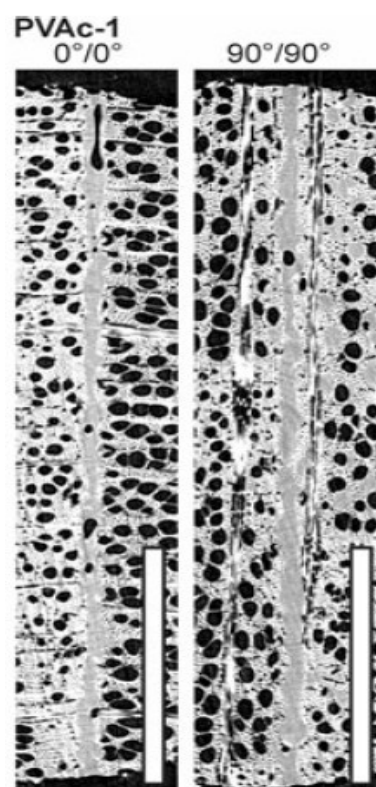
Disperzní PVAc lepidla jsou určena pro lepení savých materiálů, především dřeva (dýhy) nebo v čalounickém průmyslu i kůže a koženky, které jsou též porézní. Při lepení dřeva se tedy musí dodržet několik pravidel pro výrobu lepeného spoje. Tato pravidla byla při výrobě a lepení těles dodržena a bylo postupováno v souladu s normami, které je upřesňují, viz kapitola 8.6.

Základní pravidla lepení dřeva:

1. Zajištění rovinnosti povrchu (nesmí být zdršňován), tím se zajistí rovnoměrná tloušťka nánosu lepidla.

2. Pokud je to možné umisťovat díly s vlákny rovnoběžně přes sebe, tím se zajistí největší pevnost. Obrázek 2 zobrazuje penetraci lepidla do buku v lepené spáře při dvou různých orientacích vláken a letokruhů. Při použití naředěného PVAc lepidla. [17]

3. Vytvořit co největší stykovou plochu pro zvýšení pevnosti.



Obr.2: Penetrace lepidla PVAc do buku, bílý sloupec = 1mm [17]

4. Po broušení odstranit prach a pryskyřici. Je nevhodné lepit dřevo napadené houbami či plísní.

5. Dílce mají mít stejnou vlhkost. Ideální je nízká vlhkost, čímž lze urychlit proces odvodu vody z lepidla.

6. Lepidlo se nanáší na obě lepené plochy. Nejprve na tu méně savou (pokud jsou odlišné materiály). [1]

Nedodržení těchto pravidel má za následek snížení kvality lepeného spoje, nesprávnou tloušťku lepené spáry a vrstvy lepidla. Při nedodržení těchto pravidel dochází k snížení pevnosti spoje.

3.3.2 Rovinnost povrchu

Rovinnost povrchu je zásadní pro kvalitní a rovnoměrné nanesení lepidla. Přípustné nerovnosti povrchu jsou maximálně $\pm 0,2$ mm. Vyšší nerovnosti mohou mít za následek vyšší spotřebu lepicí směsi, nestejný nános, vznik nepřilepených míst.[10]

Uhlíř (1997) uvádí, že průměrná spotřeba montážního lepidla (PVAc) stoupá z 400 g.m^{-2} u hladce opracovaných povrchů na 500 g.m^{-2} u povrchů hrubě opracovaných. A potřebný lisovací tlak je pro hrubě opracované povrchy dvojnásobný (až $1,2 \text{ MPa}$).

Rovinnost a hladkost povrchu má značný vliv na adhezi lepidla a materiálu, viz kapitola 4.3.

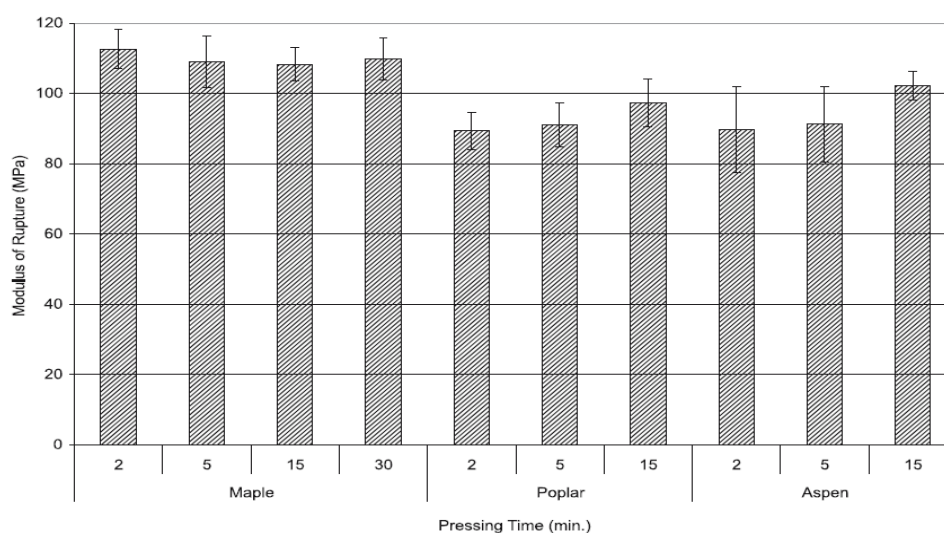
3.3.3 Fixace lepeného spoje

Spoj lepený disperzním PVAc lepidlem je potřeba několik hodin fixovat. Fixování tlakem je prováděno rovnoměrným rozložením jednotlivých slabších zatížení v ploše. Nevhodné je provádět zatížení jednotným silným zatížením.

Konečné pevnosti spoje je dosaženo asi za 24 hodin, po 4 - 6 hodinách je pevnost spoje cca 80 %. [13]

Účelem fixace je vytvoření slabé, rovnoměrné vrstvy lepidla ve spáře, se stejnou tloušťkou. Při nesprávném lisování a fixaci dochází k vytlačování lepidla z míst se silným zatížením do míst se slabším zatížením. Lisovací tlak má za následek také správné splynutí vrstvy lepidla s lepenými plochami. [1], [13]

Zejména u měkkých dřevin je zapotřebí spoj fixovat co nejdelší dobu, s dobou lisování se zvyšuje výsledná pevnost lepeného spoje. Graf 1 zobrazuje nárůst ohybové pevnosti s dobou lisování při výrobě LVL lepeného pomocí PVAc lepidla pro různé dřeviny. Druh dřeviny má také vliv na pevnost spoje, měkkčí dřeviny ve výsledku vytváří při lepení spoje s nižší ohybovou pevností, konkrétně na grafu 1 jsou zobrazeny ohybové pevnosti LVL z javoru, topolu a osiky.[21]



Graf 1: Pevnost v ohybu LVL, lepeného PVAc pro různé dřeviny a lisovací časy [21]

3.3.4 Druh lepeného dřeva

Kromě vlhkosti dřeva ovlivňuje rychlost vytvrzení lepidla i druh dřeviny, konkrétně její anatomická stavba. Rychleji vytvrzuje spoj u měkkého dřeva, tedy dřeva s větším podílem pórů (cév), u tvrdého dřeva je zpravidla menší podíl vodivých cest. Větší množství dutin v materiálu totiž umožňuje lepší přístup vzduchu a odvod plynné vody z lepicí směsi. Další urychlení vytvrzování u poréznějších materiálu je zapříčiněno snazším pronikáním lepidla do větších pórů, čímž se také zvětšuje kontaktní plocha, na které může docházet k přenosu vody z

lepidla do materiálu. [1]

Rozdílnosti anatomické stavby dřevin je třeba přizpůsobit množství nanášeného lepidla a tlak vyvinutý při lepení. Obecně platí, že velikost lisovacího tlaku tvrdých dřevin s menší pórovitostí je vyšší, tedy (0,3 - 0,8 MPa) než u měkčích dřevin s vyšší pórovitostí (0,1 - 0,5 MPa). [10]

Tuto rozdílnost ve vlastnostech materiálu sjednocuje pro účely měření pevnostních vlastností norma ČSN EN 205, která určuje buk jako materiál pro provádění smykové zkoušky v tahu, viz kapitola 8.6.

3.3.5 Vlhkost dřeva

Nejvhodnější vlhkost pro lepení dřeva je 6 - 10 %. Vytvrzení lepidla probíhá lépe u suchého dřeva, protože probíhá rychleji odvod vody z lepidla. Při lepení dýh může být vlhkost až 12 %. Nižší vlhkost dřeva může způsobit snížení viskozity lepidla, to lépe vniká do dřeva a výsledkem může být tzv. chudý spoj. Chudý spoj je lepený spoj s nedostatkem lepicí směsi, což negativně ovlivňuje výslednou pevnost. [10]

Rozmezí vlhkosti dřeva pro výrobu těles je upraveno normou, viz kapitola 8.6.

3.3.6 PH lepidla

Pevnost spoje může být ovlivněna tím, jaké má lepidlo pH, zásadní vliv ovšem může mít tato vlastnost lepidla na barevné změny materiálu. Tmavé zbarvení mohou způsobit alkalická lepidla, naopak kyselá lepidla v reakci s tříslovinami způsobí modročerné zbarvení. Některá přídatná tvrdidla mohou mít pH nižší než 3 a mohou způsobit i narušení dřeva, tedy snížení jeho mechanických vlastností.[10]

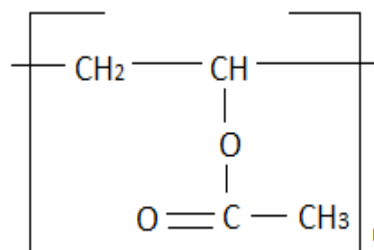
U PVAc lepidel tento problém nenastává, neboť mají pH 6, pouze přidávkem některých tvrdidel se může pH snížit. Naopak zvýšení pH nebo jeho přiblížení neutrálním hodnotám je možné docílit ředěním, tedy přilítím vody, která má pH 7. [10]

3.4. Polyvinylacetát (PVAc)

3.4.1 Výroba

PVAc se vyrábí nejvíce radikálovou polymerací, pomocí emulzního a suspenzního postupu. Dochází k polymerizaci monomerního vinylacetátu viz obrázek 3. Výsledkem polymerace je prášek nebo transparentní hmota, která se dále zpracovává podle účelu.[3], [2]

Disperzní PVAc lepidlo se vyrábí nejčastěji v diskontinuálních reaktorech s míchadly. Latexy mají obsah sušiny 50 až 65 %. Vzniklý polymer je čirý a bezbarvý. [2]



Obr.3: Monomer vinylacetátu [2]

3.4.2 Radikálová polymerace

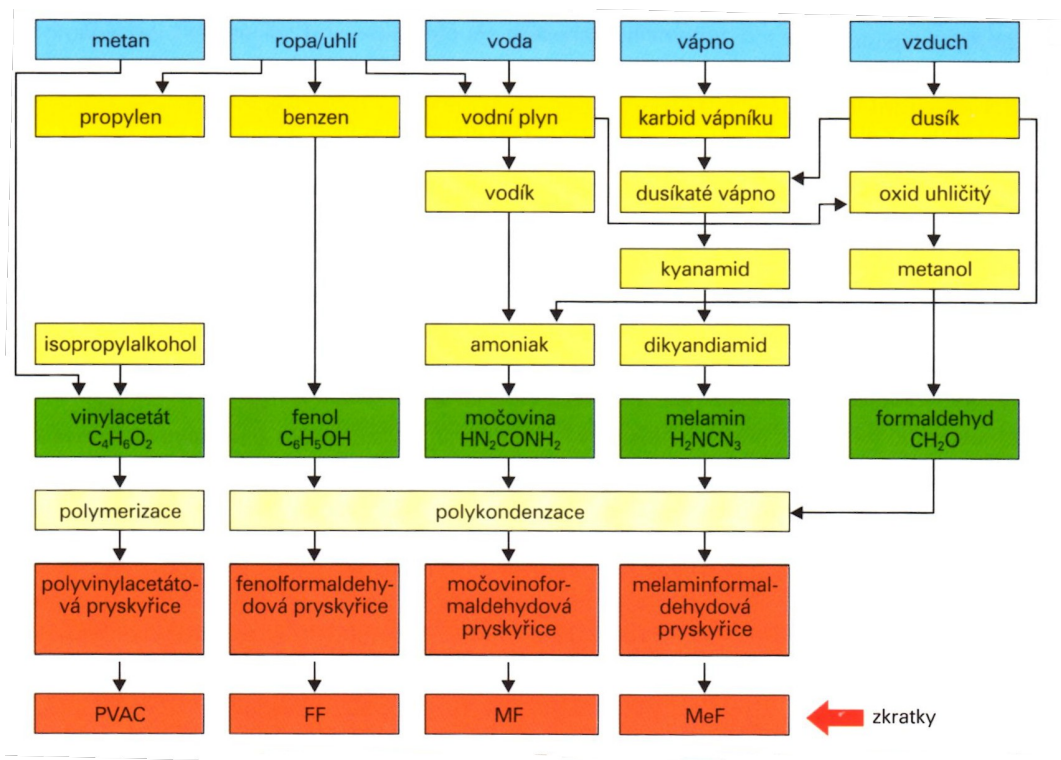
Polymerace, iniciovaná tepelnou nebo chemickou energií. Iniciační energie vyvolá rozklad iniciační látky (izobutyronitril) na radikály, které spustí polymeraci. Další energie není potřebná, naopak je reakce exotermní a tudíž je nutné systém ochlazovat.[3]

3.4.3 Emulzní polymerace

Probíhá ve vodním prostředí a používá se pro výrobu dispergovaných polymerů, zejména ve formě latexu viz obrázek 4. Odvod tepla při exotermní polymeraci tedy zajišťuje voda. Díky přítomnosti mýdla (emulgátor) ve vodě dochází k tvorbě oddělených makromolekul polymeru PVAc, dispergovaných ve vodě.[3], [2]

Pro výrobu je možné využít i suspenzní polymeraci, při té se do polymerizujícího prostředí přidávají minerální prášky, které zabraňují shlukování

tvořícího se polymeru a za stálého míchání je tak udržován ve vodě v rozptýleném stavu a umožňuje tak další zpracování.[3]



Obr.4: Zjednodušené schéma výroby lepidel [12]

3.4.4 Vyráběné formy a použití

Použití PVAc lepidel je široké a zahrnuje množství výrobních odvětví. Jejich největší spotřeba je v nábytkářství a výrobě velkoplošných materiálů. Zejména ve výrobě laťovkových středů, spárovek a biodesek nebo i při výrobě hraček ze dřeva. Využívají se také v čalounické výrobě, především díky zdravotní nezávadnosti, možnosti naředění a jednoduchosti aplikace stříkáním. Díky vhodnosti pro savé a pórovité materiály se využívají k lepení jednotlivých vrstev čalounění nebo PUR pěny. [9]

Základní parametry použitelnosti disperzních lepidel jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Technologické parametry lepidel, používaných v čalounictví [11]

Parametr	Měřicí jednotka	Druh lepidla			
		kontaktní (kaučuková)	disperzní	tavná	glutinová
teplota slepovaných materiálů	°C	20 ± 2	20 ± 2	20 ± 2	20 ± 2
teplota pracovního prostředí	°C	18 až 23	18 až 23	18 až 23	24
teplota lepidla	°C	18 až 23	18 až 23	150 až 180	50 až 70
spotřeba lepidla - při jednostranném nánosu	g . m ⁻²	220 až 240	160 až 200	120 až 150	150
- při oboustranném nánosu	g . m ⁻²	350 až 400	-	-	-
otevřená doba lisování souboru	s	150 až 600 krátkodobý přítlak 2 až 5 s	240 až 360 20 až 30 min	10 až 30 3 až 10 s podle pnutí ve spoji	30 až 60 60 až 90 min
doba potřebná pro dosažení manipulační pevnosti od okamžiku složení souboru	min	20 až 40	40 až 60	0,17 až 0,25	60 až 90

Při výrobě spárovek se nanáší 120-200 g.m⁻² PVAc, lisuje se tlakem až 1 Mpa, za studena až 60 minut, pokud se lepený soubor zahřívá, zkracuje se lisovací čas na 10 minut. [10]

Stále více se uplatňují ve výrobě polotovaru, kterým je nekonečný vlys. Nekonečný vlys lepený PVAc je používán pro výrobu nábytku a uplatňuje se v interiérech, také je možné jej dále využít např. k výrobě spárovek. Nanášené množství lepidla je 300 – 400 g.m⁻², lisovací tlak cca 1 MPa, PVAc vytvrzuje i mimo lisovací zařízení, díky samosvornosti spoje.[10]

PVAc lepidlo lze při výrobě zubovitého spoje nekonečného vlysu použít v jakékoli třídě odolnosti, ale s klesající třídou odolnosti lepidla klesá i pevnost spoje. Pevnost v ohybu závisí i na velikosti (délce) vyfrézovaného spoje (4 nebo 10 mm), což ukazuje graf 2, ukazuje také pevnost v ohybu pro pařený a nepařený buk. Odlišné výsledky pevnosti s klesající třídou odolnosti lepidla jsou částečně zapříčiněny obsahem sušiny v lepidle, který se snižuje s klesající třídou odolnosti. Konkrétně při měřeních, viz graf 2, byl obsah sušiny v lepidle D3 46,8 %, v lepidle D2 jen 41,8 % a v D1 41,7 %.[19]

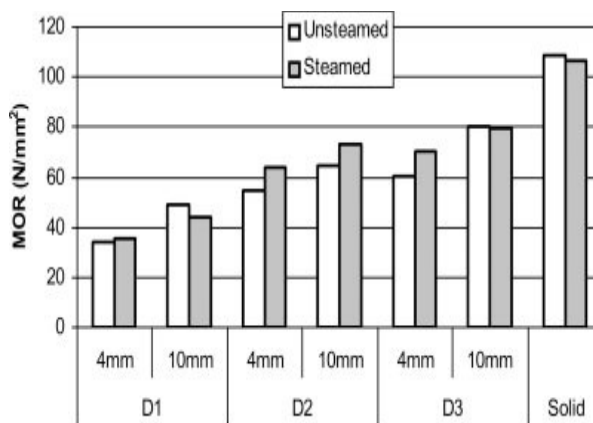
Vyráběné formy PVAc lepidel vždy odpovídají svým složením a vlastnostmi

konkrétnímu cílenému způsobu použití, jako:

- Montážní: běžně používané pro výrobu nábytku a velkoplošných materiálů, lepení spojů. Otevřená doba 5 - 30 minut, lisovací doba cca 30 minut a teplota materiálu a prostředí 18 - 22 °C.

- Dýchovací: obsahují plnidla a nastavovadla aby nedocházelo k prosakování přes dýhu. Otevřená doba je stejná jako u montážních, ale prodlužuje se minimální doba lisování až na 60 minut.

- Směsná: k PVAc se přimíchávají jiná lepidla, pro zvýšení vlhkostní odolnosti. Přimíchává se nejčastěji močovinoformaldehydové lepidlo, dojde však k snížení elasticity spoje. Otevřená doba je maximálně 15 minut. [9], [11], [12]



Graf 2: Pevnost v ohybu zubovitého spoje, nekonečného vlysu lepeného PVAc [19]

3.4.5 Vlastnosti

PVAc je stálý polymer, měkne v rozmezí teplot 80 – 200 C°. Odolává petroleji, etherům, olejům, vlivy na degradaci polymeru viz tabulka 3. Naopak je rozpustný v alkoholech, ketonech a některých uhlovodících. Může absorbovat až 20 % vody. Ve vodě se nerozpouští, neodolává však vroucí vodě. [3], [2]

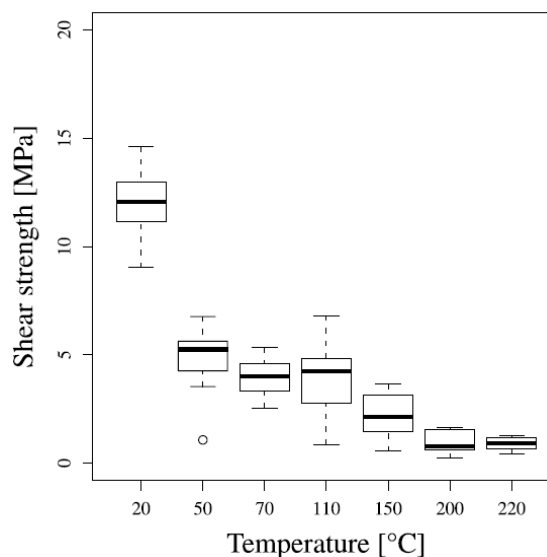
Tabulka 3: Odolnost a degradace PVAc [3]

		stupeň odolnosti	vysvětlivky	rozmezí stupnice
1	Povětrnostní odolnost	2	střední	1 – 3
2	mikrobiální odolnost	4	žádná	1 – 4
3	vlnová délka vyvolávající největší degradaci	< 280 nm	u polymerů nejhorší	cca 250 – 350 nm
4	mezní teplota dlouhodobé použitelnosti	35 C°	u polymerů cca 35	– 130 C°

Řadí se mezi zdravotně nezávadná, termoplastická lepidla. Velkou výhodou je také fakt, že neobsahuje formaldehyd. V nábytkářství jde o téměř nepoužívanější lepidla, nahradila klasický klíh. Mohou obsahovat přídavná tvrdidla, aby při styku s

vodou neobtnala, nabobtnáním by se snížila pevnost spoje. Tvrdidla také zlepšují teplotní odolnost spoje, ta může být až 150 °C. Lepidlo má pH cca 4 - 6, což může při dýchování vést k změně barvy slabých dých.[9]

Bez přidání tvrdidla je odolnost lepeného spoje vůči teplu velmi nízká, graf 3 zobrazuje pokles pevnosti při smykovém namáhání v tahu při různém zahřátí těles. Z grafu je patrné, že bez tvrdidla prudce klesá pevnost spoje lepeného PVAc za tepla již při teplotě 50 °C , kdy je dosahováno pevnosti pouze 5 Mpa. Z tohoto vyplývá i zvýšené riziko tečení ve spoji, tedy měknutí spoje zejména při tlustší lepené spáře a větším množství lepidla, viz kapitola 4.7. (Tělesa byla lisována 15 minut tlakem 0,8 – 1,2 Mpa, při teplotě 20 °C po oboustranném nánosu lepidla v celkovém množství 150 g/m².) [22]



Graf 3: Pokles smykové pevnosti v tahu se vzrůstající teplotou [22]

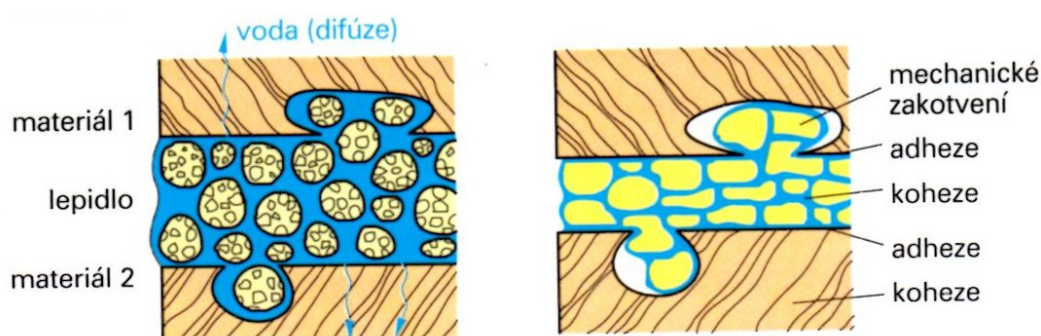
3.5 Vytvrzení PVAc lepidla

3.5.1 Proces vytvrzení

Vytvrzení PVAc lepidel je fyzikálním procesem. Jedná se o disperzní lepidlo, skládající se zejména z vody a rozptýleného PVAc. K vytvrzení dojde postupným vypařením nebo vsáknutím vody z lepidla a zesíťováním molekul PVAc, které se dostanou do kontaktu po vsáknutí vody do dřeva, viz obrázek 5.

Při vytvrzování lepidla a odvodu vody z lepicí směsi dochází k smršťování lepidla a vzniku vnitřního napětí. Toto napětí je tím větší, čím větší je tloušťka lepené spáry. V extrémních případech může dojít až k popraskání lepidlové vrstvy. Z toho vyplývá nutnost optimalizace tloušťky lepené spáry. Platí, že čím je tloušťka lepidla větší, tím je menší smyková pevnost spoje. Celkově má tedy tloušťka lepené

spáry zásadní vliv na kohezní síly, viz kapitola 4.4.[9]



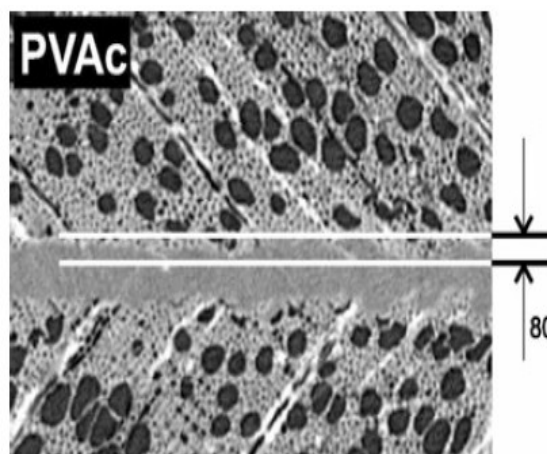
Obr.5: Vytvrzení PVAc [12]

Tabulka 4 zobrazuje část z výsledků zkoušek R.Hashima, který hledal optimální lepidlo pro lepení dřeva olejových palem. Jako nejvhodnější bylo zvoleno právě PVAc, oproti dalším polyisokyanátovým lepidlům. Tabulka 4 ukazuje rozdílnost výsledných pevností v tahu při nánosu lepidla 250 a 500 g/m². Při polovičním množství lepidla bylo dosaženo lepších výsledků při kondicionování těles. A také docházelo k porušování těles ve dřevě více než v lepené spáře, oproti dvojnásobnému nánosu lepidla. Z čehož vyplývá, že při vyšším množství lepidla byly vlastnosti lepené spáry horší. [16]

Tabulka 4: Pevnost v tahu při odlišných množstvích nánosu lepidla [16]

Adhesives	Spread level (g/m ²)	Pre-treatment	Max load (kN)	Tensile shear strength (MPa) oil palm trunk	Wood failure (%)
PVAc	250	Without pre-treatment	2.31	4.80 (0.88)	90
		Cold pre-treatment	0.92	1.92 (0.54)	75
		Hot pre-treatment	1.04	2.16 (0.46)	80
		Cyclic	0.78	1.63 (0.51)	70
	500	Without pre-treatment	2.40	4.99 (1.48)	96
		Cold pre-treatment	0.74	1.55 (0.35)	50
		Hot pre-treatment	0.53	1.10 (0.48)	60
		Cyclic	0.47	0.97 (0.24)	60

V porovnání s ostatními lepidly používanými v nábytkářství dochází u PVAc lepidla jen k malé penetraci lepidla do materiálu. Což může být způsobeno, tím že se aplikuje a lisuje za nízkých teplot kolem 20 °C. PVAc lepidlo penetruje v případě buku do hloubky asi 80 μm, u močovinoformaldehydového lepidla je to cca 140 μm a nejvíce u PUR lepidla, kde to může být běžně 500 μm. Na obrázku 6 je znázorněn průnik PVAc lepidla do buku. [18]



Obr.6: Lepená spára buku s označením míry penetrace v μm [18]

3.5.2 Rychlost vytvrzení

Čím více je v lepicí směsi dispergovaného podílu (tedy sušiny), tím rychlejší je vytvrzení směsi, tedy odpaření a vsáknutí vody. Pokud je do PVAc lepidla přidáno určité množství vody, tak se úměrně s množstvím prodlouží i doba vytvrzení. Řetězení polymerní složky tedy může započít až se sníží množství vody ve směsi. [5], [13]

3.5.3 Smáčení povrchu lepidlem

Při nanesení kapky kapaliny na povrch pevné látky dochází k rozdílnému přilnutí kapaliny k povrchu. Jako porovnávací hodnota pro smáčení se používá úhel smáčení (Θ). Úhel smáčení je úhel mezi rozhraním kapalina – plyn a kapalina – pevná látka. [4]

Dělení smáčení: 1. Smáčení – $\Theta < 90^\circ$

2. Nesmáčení - $\Theta > 90^\circ$

3. Rozestírání = úplné smáčení – kapka se stále roztéká až do tenkého filmu. [4]

3.5.3.1 Smáčení a voda

Disperzní PVAc lepidla obsahují velké množství vody, běžně asi 50 % objemu. Pokud budeme tato lepidla ředit lze zvýšit obsah vody až na 75 %, viz kapitola 10.

Lze se tedy domnívat, že se zvyšujícím se obsahem vody v lepidle se zlepšuje i jeho adheze k povrchu dřeva. Zejména se zvyšuje smáčivost povrchu, při zvýšeném obsahu vody v lepidle. To je způsobeno zvýšenou tvorbou vodíkových můstků mezi lepidlem a povrchem dřeva. [4]

Prokázání této domněnky však není předmětem této práce.

3.5.3.2 Smáčení a drsnost povrchu

Smáčení povrchu je ovlivněno také drsností povrchu. Platí, že vyšší drsnost povrchu umocňuje smáčení nebo nesmáčení. Tedy pokud je povrch smáčen tak se při zvýšení drsnosti smáčení ještě zlepšuje. Naopak při špatném smáčení kapaliny povrchu se při zvýšení drsnosti smáčení ještě více zhoršuje. [4]

Stejně tak má na smáčivost vliv přítomnost prachu, mastnoty nebo jiné nečistoty, které snižují celkové smáčení a zabraňují lepidlu v kontaktu s materiálem.

Z tohoto důvodu norma upravuje, jakou drsnost a povrch mají mít materiály pro výrobu těles před slepením.

Smáčení povrchu lepidlem lze tedy do jisté míry řídit a upravovat. Jednou z možností změny smáčení je i ředění PVAc lepidel vodou, viz kapitola 7.3.1.

4. Metodika

4.1 Výběr lepidla

Při počátečním rozhodování, s kterým lepidlem pracovat a které zvolit pro potřeby této diplomové práce byla vybrána tři disperzní PVAc lepidla od různých výrobců. Z těchto lepidel pak na základě zjištění obsahu sušiny bylo vybráno to s nejvyšším obsahem sušiny.

Lepidla:

1. Titebond II – Americký výrobek firmy Titebond
2. Rakoll Express – Německý výrobek firmy H.B.Fuller
3. Rhenocoll Propellerleim-3w 4b plus – Německý výrobek firmy Rhenocoll

Všechna tři lepidla, viz obrázek 7, mají udávanou odolnost D3.



Obr.7: Lepidla u kterých byl zjišťován obsah sušiny

4.2 Zjištění obsahu sušiny lepidel

Zjišťování obsahu sušiny v lepidlech bylo provedeno dle normy ČSN EN 827. Norma popisuje dva způsoby zjištění obsahu sušiny:

A) Smluvní obsah sušiny = obsah sušiny, získaný zahříváním vzorku, po určenou dobu, za určité teploty

B) Konstantní obsah sušiny = obsah sušiny získaný opakovaným zahříváním vzorku lepidla, po úplné odpaření těkavých látek a dosažení konstantní hmotnosti sušiny [26]

Zjištění sušiny bylo provedeno způsobem B, tedy do konstantní hodnoty hmotnosti sušiny.

4.2.1 Postup zkoušky

Bylo postupováno podle postupu uvedeného v normě. Byla použita kovová kruhová víčka, s hloubkou 6 mm (norma požaduje hloubku 3 - 10 mm) s průměrem 60 mm. Prázdňá víčka byla po dobu 30 minut v sušičce při teplotě 105 °C. Po vyjmutí a vychladnutí v exsikátoru byla zvážena a zaznamenána váha m1. Do každého víčka byl aplikován vzorek lepidla o váze cca 1 g, přesné hmotnosti viz tabulka 5. Váha nádoby se vzorkem nevysušeného lepidla je označena m2. Nádoby s lepidlem byly sušeny po dobu 120 minut při teplotě 105 °C. Po této době byly vyjmuty ze sušárny a vloženy do exsikátoru. Vychladlé a vysušené vzorky byly zváženy a zaznamenána váha m3. Vzorky byly opět vloženy do sušárny na dalších 30 minut. Po opětovném vyjmutí z sušárny a vychladnutí v exsikátoru byly vzorky zváženy. Jelikož se váha nelišila od předchozího vážení, byla tato hmotnost označena jako m4 a další sušení neproběhlo. [26]

Pro každé lepidlo byly použity dva vzorky, jak požaduje norma.

Pro samotné měření byly odebrány a zpracovány vzorky lepidla, způsobem popsaným v kapitole 8.3.

4.2.2 Vyjádření výsledků

Norma ČSN EN 827 uvádí vzorec (1.1) pro výpočet procent hmotnosti sušiny ve vzorku:

$$C2 = \frac{m4-m1}{m2-m1} \times 100 \quad [\%] \quad [1.1]$$

Pro každé lepidlo se z výsledných hodnot C2 vypočítá aritmetický průměr a zaokrouhlý se na jedno desetinné místo. Tato hodnota C je konečným procentickým vyjádřením obsahu sušiny v lepidle.

Tabulka 5: Zjištění obsahu sušiny - hmotnosti lepidla, obsah sušiny

vzorek číslo	Titebond		Rakoll		Rhenocoll	
	1	2	1	2	1	2
m1 [g]	7,85	7,94	8,04	7,94	8,06	7,82
m2 [g]	8,89	8,90	9,04	8,99	9,04	8,88
m3 [g]	8,35	8,41	8,54	8,47	8,58	8,38
m4 [g]	8,35	8,41	8,54	8,47	8,58	8,38
C2 [%]	48,08	48,96	50,00	50,48	53,06	52,83
C [%]	48,5		50,2		52,9	

Výsledky (C), uvedené v tabulce splňují požadavky normy, týkající se rozdílů mezi výsledky C2 a konečným průměrem C. Rozdíl mezi C2 a C musí být vždy menší než 2 % hodnoty C.

Z výsledků v tabulce je zřejmá rozdílnost obsahu sušiny v jednotlivých lepidlech. Pro úplnost je uvedeno v tabulce 6 porovnání naměřených hodnot sušiny s hodnotou, kterou udává výrobce v technickém listu a kde není tato hodnota v technickém listu, pak s hodnotou udávanou prodejcem.

Tabulka 6: Obsah sušiny zjištěný a deklarovaný

	naměřený obsah sušiny [%]	sušina dle technického listu [%]	sušina dle prodejce [%]
Titebond	48,5	48	X
Rakoll	50,2	X	50
Rhenocoll	52,9	X	50

Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn v lepidle Rhenocoll Propellerleim-3w 4b plus. Toto lepidlo bylo tedy zvoleno pro potřeby této diplomové práce. Nejvyšší obsah sušiny totiž dává předpoklad lepších a kompletnějších výsledků a umožní lepší představu o změnách pevnosti spoje se snižujícím se obsahem sušiny, než u ostatních lepidel, která mají tento obsah od začátku nižší.

Jako obsah sušiny v lepidle Rhenocoll bude použita naměřená hodnota 52,9 %. Tedy hodnota s nulovým naředěním viz kapitola 8.4.

Technický list tohoto lepidla je v příloze 53 a 54.

4.3 Odběr vzorku lepidla

Při odebírání vzorku je cílem odebrat reprezentativní vzorek látky, tedy svými vlastnostmi shodný s hlavní částí objemu látky. Aby bylo dosaženo odebrání reprezentativního vzorku lepidla, bylo postupováno dle pokynů a doporučení v normách ČSN EN 1067 a ČSN EN ISO 15605. A to nejen při odebírání vzorků lepidla pro zjišťování obsahu sušiny, ale i při samotné výrobě vzorků k ředění. Smyslem odběru vzorku je totiž vytvoření vzorku s průměrným zastoupením všech složek ve stejném poměru, jako jsou zastoupeny v soustavě, ze které je odebírán. [8], [24], [25]

Příprava vzorků proběhla následovně: Nádoba s lepidlem byla očištěna od vnějších nečistot a opatrně otevřena. Následně byl obsah promíchán za účelem promísení vrstev, zvláště bylo dbáno na promíchání spodních vrstev, kvůli předpokladu sedimentace v průběhu skladování, viz kapitola 4.5. U lepidel, jejichž obal neumožnil obsah promíchat, došlo k protřepání a obracení dnem vzhůru, k co nejlepší homogenizaci obsahu. [24], [25]

Při odběru vzorků byly odstraňovány ztvrdlé, nerozpustné části lepidla, které vpadaly do lepidla z víka a stěn nádoby, ovlivnily by kvalitu a reprezentativnost odebíraných vzorků.

Veškeré práce a manipulace s lepidlem byly provedeny pomůckami z plastických hmot. Nebyly používány dřevěné nebo papírové pomůcky, které by ovlivnily vlastnosti vzorků. Porézní a savé materiály by mohly lepidlo znečistit nebo

ovlivnit poměr vody a sušiny v něm nasátím vody. Veškeré pomůcky a nádoby byly použity nové a pouze jednou, nebyly používány opakovaně. Tím se eliminovalo riziko neúplného vyčištění pomůcek a nádob.

Podstatnou součástí správné manipulace se vzorky je i zabránění znečištění nebo úniku některé ze složek, před samotnou aplikací. Za tímto účelem byl každý ze vzorků zakryt folií, aby nedošlo k znečištění a odpařování vody, viz kapitola 8.4.

4.4 Ředění lepidla

Ředění lepidla spočívá ve zvýšení obsahu vody v lepidle, to se provádí přilítím a vmícháním předem stanoveného množství vody.

Pro potřeby této práce byla zvolena následující metodika ředění vzorků lepidla.

Do plastového kelímku o váze m_1 s hladkým dnem byl odebrán vzorek nenaředěného lepidla z původní nádoby s určeným obsahem sušiny, viz kapitola 8.2.2. Váha kelímku s lepidlem je označena m_2 . Od váhy kelímku s lepidlem m_2 byla odečtena váha prázdného kelímku m_1 , čímž byla získána váha samotného vzorku lepidla m_3 . Podle požadované hodnoty naředění vzorku byla dopočítána hmotnost vody k přilítí m_4 . Tato hmotnost m_4 byla připočítána k hmotnosti m_2 , čímž byla zjištěna požadovaná konečná hmotnost m_5 , tedy hmotnost kelímku, lepidla a přidané vody.

Konkrétně na příkladu 10 % naředění: Kelímek vážil 1,49 g (m_1), do něho byl odebrán vzorek lepidla a váha kelímku s lepidlem byla 42,44 g (m_2). Váha samotného lepidla tedy činí 40,95 g (m_3). V tomto případě tedy 10 % naředění znamená přilít 4,095 g vody (m_4). Aby bylo možné dodržet toto množství je třeba znát hmotnost m_5 , tedy hmotnost kelímku s lepidlem i vodou a přidávat vodu, dokud nebude dosaženo této hmotnosti 46,535 g (m_5).

Přilévání vody ke vzorku lepidla bylo prováděno pomocí injekční stříkačky, aby bylo možné korigovat hmotnost s přesností na setiny gramu. Po přilítí vody následovalo důkladné míchání plastovým míchátkem, které bylo opakováno několikrát i před aplikací lepidla. Po promíchání lepidla byl kelímek s naředěným vzorkem uzavřen plastovou folií, aby nedošlo k znečištění a vysychání vzorku.

Konkrétní hodnoty jednotlivých ředění jsou uvedeny v tabulce 7. Tato tabulka také udává procentické zastoupení obsahu sušiny v naředěném vzorku. Pro každou hodnotu naředění ukazuje, jak se snížil obsah sušiny ve vzorku, od nulového ředění (52,9 % sušiny) po naředění 120 % s podílem sušiny ve vzorku 24,05 %.

Tabulka 7: Ředění lepidla, hmotnosti a výsledný obsah sušiny ve vzorku

hodnota naředění [%]	m1 [g]	m2 [g]	m3 [g]	m4 [g]	m5 [g]	obsah sušiny ve vzorku [%]
0						52,90
2,5	1,41	40,51	39,1	0,978	41,49	51,61
5	1,51	41,67	40,16	2,008	43,68	50,38
7,5	1,46	41,53	40,07	3,005	44,54	49,21
10	1,49	42,44	40,95	4,095	46,54	48,09
12,5	1,52	41,96	40,44	5,055	47,02	47,02
15	1,48	40,08	38,6	5,790	45,87	46,00
17,5	1,51	40,99	39,48	6,909	47,9	45,02
10	1,46	20,21	18,75	1,875	22,09	48,09
15	1,76	15,77	14,01	2,102	17,87	46,00
20	1,46	32,27	30,81	6,162	38,43	44,08
25	1,44	28,14	26,7	6,675	34,82	42,32
30	1,58	25,81	24,23	7,269	33,08	40,69
35	1,47	28,76	27,29	9,552	38,31	39,18
40	1,41	24,65	23,24	9,296	33,95	37,79
45	1,55	24,53	22,98	10,341	34,87	36,48
50	1,52	23,45	21,93	10,965	34,42	35,27
55	1,49	23,17	21,68	11,924	35,09	34,13
60	1,57	24,03	22,46	13,476	37,51	33,06
70	1,49	23,32	21,83	15,281	38,6	31,12
80	1,42	24,28	22,86	18,288	42,57	29,39
90	1,52	16,09	14,57	13,113	29,2	27,84
100	1,48	14,74	13,26	13,260	28	26,45
110	1,53	17,95	16,42	18,062	36,01	25,19
120	1,49	14,82	13,33	15,996	30,82	24,05

4.5 Klasifikace lepidel dle trvanlivosti

K posouzení trvanlivosti lepeného spoje slouží norma ČSN EN 204. Tato norma je určena pro posouzení trvanlivosti lepeného spoje pro nekonstrukční účely. A pro klasifikaci termoplastických lepidel na dřevo.

Norma definuje čtyři třídy trvanlivosti od D1 po D4, viz tabulka 8.

Tabulka 8: Třídy trvanlivosti [29]

Třída trvanlivosti	Příklady klimatických podmínek a oblastí použití
D1	Interiér, kde vlhkost dřeva nepřekročí 15 %.
D2	Interiér s příležitostným krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody a/nebo občasnou vysokou vlhkostí vzduchu za předpokladu, že nárůst vlhkosti dřeva nepřesáhne 18 %.
D3	Interiér s častým krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody a/nebo působením vysoké vlhkosti vzduchu. Exteriér chráněný před působením povětrnosti.
D4	Interiér s častým dlouhodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody. Exteriér vystavený povětrnosti avšak opatřený přiměřenou povrchovou ochranou.

Pro klasifikaci a zařazení lepidla se provádí zkoušení slepu v smykové pevnosti v tahu, dle normy ČSN EN 205, viz kapitola 8.8. Před zkoušením pevnosti jsou tělesa kondicionována způsobem, který upravuje norma ČSN EN 204 a pro každý způsob kondicionování jsou v tabulce stanoveny minimální hodnoty dosažené pevnosti, viz tabulka 9.

Tabulka 9: Minimální hodnoty pevností slepu, způsoby a podmínky kondicionování těles [29]

Střídání podmínek		Pevnost slepu v N/mm ² Třídy trvanlivosti			
Pořadové číslo	Doba expozice a typ prostředí	D1 ³⁾	D2 ³⁾	D3 ³⁾	D4 ³⁾
1	7 dní ¹⁾ , normální ²⁾	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
2	7 dní, normální 3 hodiny, ve vodě (20 ±5) °C 7 dní, normální	-	≥ 8	-	-
3	7 dní, normální 4 dny, ve vodě (20 ±5) °C	-	-	≥ 2	≥ 4
4	7 dní, normální 4 dny, ve vodě (20 ±5) °C 7 dní, normální	-	-	≥ 8	-
5	7 dní, normální 6 hodin, ve vařící vodě 2 hodiny, ve vodě (20 ±5) °C	-	-	-	≥ 4
POZNÁMKY					
1 Mezi lepením a zkoušením může být čas prodloužen, pokud to doporučí výrobce lepidla.					
2 Číslo použité při označování třídy trvanlivosti neznamená pořadí. Dané lepidlo může být zařazeno do více tříd trvanlivosti.					
1) 1 den = 24 hodin					
2) (20 ±2) °C a (65 ±5) % relativní vlhkosti nebo (23 ±2) °C a (50 ±5) % relativní vlhkosti – = zkouška se nevyžaduje					
3) Při klasifikaci lepidla musí být v průměru dosaženo všech minimálních hodnot uvedených ve sloupcích tříd trvanlivosti D1 až D4 (např. pro D4 se vyžadují pořadová čísla expozice 1, 3 a 5).					

4.6 Výroba zkušebních těles

4.6.1 Zpracování materiálu

Výroba těles byla provedena dle normy ČSN EN 205. Tato norma uvádí postupy výroby, vlastnosti, velikost, tvar těles atd.

Norma udává jako dřevinu pro výrobu těles buk (*Fagus sylvatica* L.). Prvním krokem ve výrobě byl výběr vhodných fošen. Tyto byly příčným řezem nakráčeny na délku výřezů cca 500 mm. Následovalo podélné dělení těchto vykrácených výřezů na přířezy o rozměrech cca 500 x 50 x 7 mm. Kde šířku přířezu (50 mm) tvořil rozměr tloušťky fošny. [30]

Tyto slabé přířezy byly ponechány několik týdnů v prostoru truhlárny aby dostatečně vyschly (při cca 20 °C). Před nanášením lepidla byla elektronickým vlhkoměrem změřena vlhkost materiálu, hodnota vlhkosti byla 7 ± 1 %. Technický list lepidla uvádí doporučenou vlhkost dřeva pro lepení v rozmezí 10 - 12 %. Norma ČSN EN 205 uvádí vlhkost použitého materiálu 12 ± 1 %. Vzorky lepidla používané k lepení měly různě zvýšený obsah vody vlivem naředění. Nízká hodnota vlhkosti materiálu byla zachována, neboť bylo předpokládáno, že tím bude docíleno rychlejšího a lepšího odvodu vody z lepicí směsi.

Norma udává požadavek, aby byl povrch před nanesením lepidla hladce ohoblován nebo vybroušen a nanesení lepidla musí proběhnout do 24 hodin od ohoblování. Před nanesením lepidla byly obě plochy prkének ohoblovány v tloušťkovací frézce na tloušťku přesně 5 mm. Lepené plochy byly očištěny od prachu. Následně bylo štětcem naneseno lepidlo z připravených vzorků lepidla v tenké vrstvě na obě lepené plochy a soubor slisován. Při lisování bylo použito dvou lišt, které byly přiloženy z každé strany lisovaného souboru, aby nedošlo k otlacení lepeného materiálu a k docílení rovnoměrného rozložení tlaku.[30]

4.6.2 Lisování souborů

Lisování souborů proběhlo vždy pomocí šesti truhlářských svěrek, viz obrázek 8. Lisovací doba byla pro každý soubor šest dní. Tato lisovací doba vysoce převyšuje minimální požadavky technického listu lepidla, ale za účelem dosažení

nejvyšších pevností byla lisovací doba takto prodloužena. Cvach (2012), uvádí ve své diplomové práci, zjištění nárůstu pevnosti spoje lepeného PVAc disperzí v čase. A to až po dobu sedmi dní, kdy stále dochází k růstu pevnosti spoje. [31]

4.6.3 Výroba těles

Po lisování následovalo rozřezání slepených souborů na jednotlivá tělesa. Nejprve podélným řezem, čímž bylo dosaženo šířky těles 20 mm. Následně příčným řezem bylo dosaženo délky 150 mm. Poslední fází bylo vyříznutí dvou příčných drážek o šířce 2,5 mm v každém tělese v hloubce 5 mm, tak aby došlo k úplnému proříznutí a přerušení jedné strany, viz obrázek 9. Ve středu tělesa tak vznikla lepená plocha o rozměru 10 x 20 mm. Výsledkem je tedy jednoduše přeplátovaný spoj, viz obrázek 10. [30]

4.6.4 Počet těles

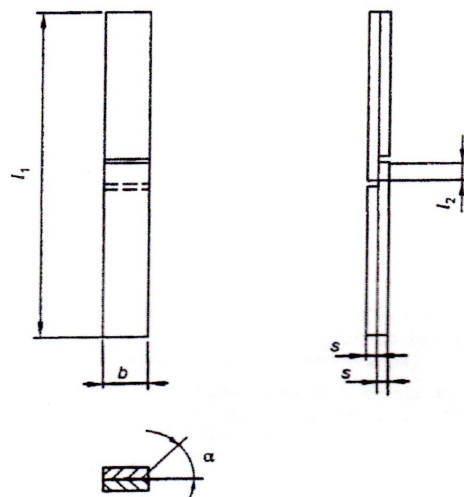
Z každého slepeného souboru dvou přířezů bylo tedy vyrobeno šest těles a pro každou skupinu s určitým naředěním a pro určité kondicionování bylo vyrobeno dvanáct těles. Skupiny těles a množství vyrobených těles jsou uvedeny v tabulce 10 v této tabulce jsou způsoby kondicionování označeny



Obr.8: Lisování lepených souborů



Obr.9: Výroba těles - řezání drážky



Legenda

$l_1 = 150 \pm 5$: celková délka zkušebního tělesa

$b = 20,0 \pm 0,2$: šířka zkušebního tělesa
(šířka zkoušeného povrchu)

$l_2 = 10,0 \pm 0,2$: délka přelepu
(délka zkoušeného povrchu)

$s = 5,0 \pm 0,1$: tloušťka panelů

$\alpha = 30^\circ$ až 90° : úhel mezi letokruhy a lepenými povrchy

Obr.10: Přeplátovaný spoj a jeho parametry [30]

pořadovými čísly dle tabulky 9.

Požadavek normy je deset platných výsledků pro každou skupinu kondicionování, tento požadavek je splněn. Počet platných výsledků je vždy 10 až 12 pro každou skupinu.[30]

Tělesa byla vyráběna postupně se zjišťováním výsledků pevnosti od nulového ředění vždy po čtyřech stupních naředění. Po zjištění pevnosti těles a jejich třídy trvanlivosti bylo přistoupeno k výrobě a kondicionování těles s vyšším naředěním, dokud byla zachována třída trvanlivosti D3. Následně byla vyrobena tělesa s lepidlem naředěným v dalších čtyřech stupních a opět byla zjištěna jejich pevnost a třída trvanlivosti. Tento postup byl opakován dokud tělesa dosahovala třídy D2. Poté bylo pokračováno ve výrobě těles s vyššími stupni ředění pro zjištění, do jakého stupně naředění budou tělesa dosahovat třídy D1, viz tabulka 10.

Tabulka 10: Počet těles a skupin

hodnota naředění [%]	zkoušená trvanlivost	způsob kondicionování	počet skupin zk. těles	počet vyrobených těles
0	D3	1,3,4	3	36
2,5	D3	1,3,4	3	36
5	D3	1,3,4	3	36
7,5	D3	1,3,4	3	36
10	D3	1,3,4	3	36
12,5	D3	1,3,4	3	36
15	D3	1,3,4	3	36
17,5	D3	1,3,4	3	36
10	D2	2	1	12
15	D2	2	1	12
20	D2	1,2	2	24
25	D2	1,2	2	24
30	D2	1,2	2	24
35	D2	1,2	2	24
40	D2	1,2	2	24
45	D2	1,2	2	24
50	D2	1,2	2	24
55	D2	1,2	2	24
60	D2	1,2	2	24
70	D2	1,2	2	24
80	D2	1,2	2	24
90	D1	1	1	12
100	D1	1	1	12
110	D1	1	1	12
120	D1	1	1	12
			těles celkem:	624

4.7 Kondicionování těles

Pro zjištění trvanlivosti spoje je třeba provést zkoušky pevnosti pro všechny způsoby kondicionování, které jsou uvedeny v tabulce 9. To znamená, že pro zjištění zda lepený spoj odpovídá třídě trvanlivosti D3, je třeba vyrobit tři skupiny těles. Každou ze skupin kondicionovat jiným způsobem. Na obrázku 11 jsou tělesa celým povrchem ponořena pod vodu, při jednom z kondicionování pro posouzení trvanlivosti D3. V tabulce 9 jsou uvedeny minimální hodnoty pevností, kterých musí být dosaženo skupinou těles, příslušného kondicionování. [29]

Před začátkem kondicionování bylo u každého tělesa provedeno měření rozměrů lepené plochy (l2,b), jak vyžaduje norma ČSN EN 205, viz přílohou část.

Zkušební tělesa byla po celou dobu i při kondicionování ve vodorovné poloze. Tělesa nebyla před zkoušením namáhána žádným způsobem, jak vyžaduje norma.

4.8 Zkušební zařízení

Měření smykové pevnosti v tahu bylo prováděno na trhacím stroji Rauenstein, viz obrázek 12. Samotnému trhání těles předchází nastavení stroje, zvolení správného závaží a stupnice pro odečet výsledků ($A = 0 - 10\ 000\ \text{N}$). Dále nastavení rychlosti posuvu na maximum, aby došlo k porušení tělesa během 5 – 15 sekund,



Obr.11: Kondicionování těles



Obr.12: Zkušební zařízení

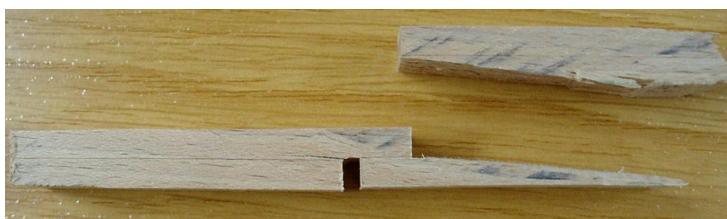


Obr.13: Detail upnutí tělesa

jak požaduje norma ČSN EN 205.

Těleso bylo vždy upnuto do obou čelistí stroje, viz obrázek 13 a po spuštění došlo k roztržení do 10 sekund. Výsledná hodnota vynaložené síly N se poté zobrazila na stupnici a byla zaznamenána (F_{max}), viz přílohy 1 až 52. Tělesa byla do čelistí upevňována tak, aby síla působila centrálně a v rovině slepu. Po vyjmutí obou kusů tělesa došlo k

vizuálnímu posouzení způsobu porušení, případně zjištění vady při výrobě nebo vady dřeva, viz obrázek 14.



Obr.14: Vadné těleso - skrytá vada materiálu

Vadná tělesa byla vyřazena.

4.9 Posouzení vzniku chyb a nepřesností

V průběhu provádění každého z úkonů při měření a v celém procesu zjišťování dat existuje riziko vzniku chyb a nepřesností. V této diplomové práci se jedná o drobné chyby, které nejsou sami o sobě významné, ale jejich kombinace může být významnější. Těmto drobným nepřesnostem se nelze zcela vyhnout, neboť je nelze zcela ovlivnit.

4.9.1 Dle místa vzniku jde o chyby:

Instrumentální : Chyba vzniklá nepřesnou funkcí měřicího zařízení. V případě zařízení použitého v této práci, viz kapitola 8.8 může jít o chybu v řádu jednotek newtonů. Větší chyby jsou i přes stáří zařízení nepravděpodobné.

Metodické: Jde o chyby vzniklé při odečítání dat z přístroje. Přesnost ukazatele na stupnici naměřené síly neumožňuje vyšší přesnost než na 5 N (tedy např. 2020 N, 2025 N, 2030 N). Jedná se tedy o další chybu v jednotkách newtonů.

Teoretické: Taková chyba je zapříčiněná chybným postupem či principem měření. Taková chyba je v případě této práce vyloučena neboť je postupováno dle

norem.

Chyby zpracování dat: Jde o drobné chyby vzniklé při výpočtech, zejména zaokrouhlováním výsledků a vstupních dat (rozměr lepené plochy, pevnost slepu). V této práci bylo nejčastěji zaokrouhlováno na dvě desetinná místa. [15]

V zásadě se tedy jedná o chyby drobné a zanedbatelné, nejedná se o hrubé chyby, které by mohly ovlivnit výsledky práce.

5. Výsledky a diskuze

5.1 Pevnost spoje

Pro každé těleso jsou známy rozměry lepené plochy (l_2, b) a hodnota vynaložené síly (F_{max}). Z těchto hodnot se vypočítá pevnost spoje τ podle vzorce [2.1] uvedeného v normě ČSN EN 205.

$$\tau = \frac{F_{max}}{l_2 \times b} \quad [N/mm^2] \quad [2.1]$$

Výsledné pevnosti jednotlivých těles jsou spolu s ostatními parametry uvedeny v přílohové části 1 – 52. Výsledky jsou zpracovány v 9.3.

5.2 Statistické parametry

U každé skupiny těles jsou vyčísleny statistické údaje výsledných hodnot pevnosti.

5.2.1 Aritmetický průměr

Vyjadřuje průměrnou hodnotu naměřené pevnosti souboru těles. Vypočítá se dle vzorce [2.2]. [14]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad [2.2]$$

5.2.2 Medián

Hodnota není citlivá na jednotlivé extrémní vstupní hodnoty (na rozdíl od průměru). V podstatě odděluje polovinu hodnot menších od poloviny hodnot větších. Závisí na prostředních hodnotách souboru. [14]

5.2.3 Směrodatná odchylka

Vyjadřuje míru rozptýlení naměřených hodnot kolem střední hodnoty, tedy čím je menší, tím jsou hodnoty průměru blíže. Vyjadřuje hustotu seskupení hodnot kolem průměru. Vypočítá se dle vzorce [2.3].[14]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad [2.3]$$

5.2.4 Variační koeficient

Procentické vyjádření velikosti variability. Počítá se směrodatnou odchylkou a průměrem. Výsledek udává v procentech, o kolik se v průměru odchyľují jednotlivé hodnoty od aritmetického průměru. Vypočítá se dle vzorce [2.4].[14]

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \times 100 \quad [\%] \quad [2.4]$$

5.3 Zpracování výsledků

V přílohové části 1 - 52 jsou uvedeny všechny výsledky naměřených pevností spojů jednotlivých těles, spolu s dalšími údaji, viz. předchozí kapitola. Všechny výsledné hodnoty každé ze skupin těles byly použity pro zpracování

následujících kapitol, zobrazujících výsledky měření. Pro vyjádření výsledků a vytvoření většiny grafů v následujících kapitolách byl použit program Statistica.

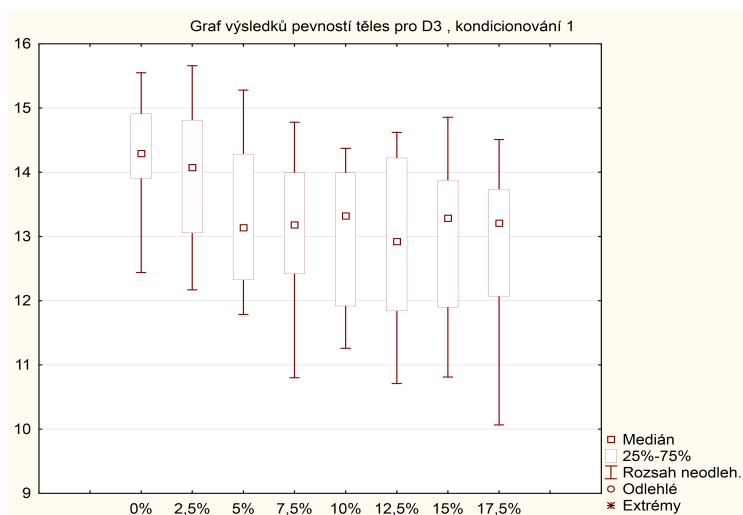
5.3.1 Vliv obsahu sušiny na pevnost

Lepidlo Rhenocoll použité v této práci je zařazeno do třídy odolnosti D3, proto bylo nejprve testováno, do jaké míry naředění si lepidlo zachová tuto třídu odolnosti.

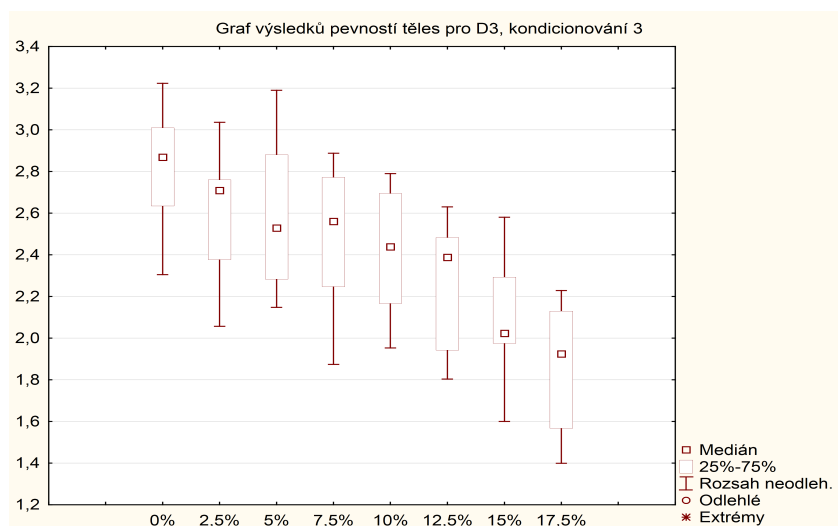
Výsledky jsou zpracovány do krabicových grafů 4 - 9, kde jsou znázorněny mediány, hodnoty v rozmezí 25 – 75 %, rozsah neodlehých hodnot a odlehle nebo extrémní. Průměrné hodnoty každé ze skupin těles jsou znázorněny a spojnicí zvýrazněny v grafech 14 – 17, v kapitole Anova. V těchto grafech je nejlépe patrné kdy dochází k poklesu pevnosti pod normou stanovenou minimální pevnost pro konkrétní způsob kondicionování.

Pro zjištění třídy odolnosti D3, je třeba vyhodnotit výsledky z tří různých způsobů kondicionování, viz. kapitola 8.7.

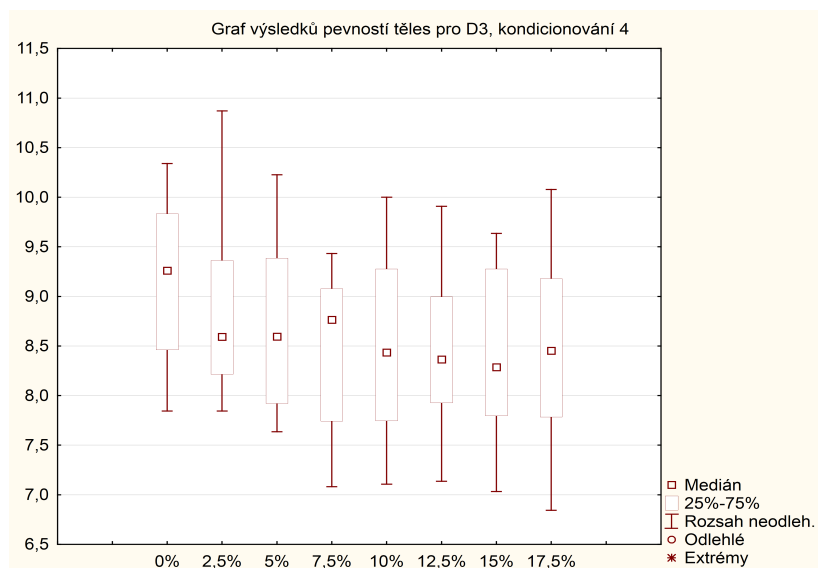
Graf 4 zobrazuje průběh pevnosti při kondicionování způsobem 1, viz. tabulka 9, graf 5 a 16 zobrazuje pevnost při kondicionování způsobem 3 a graf 6 a 17 při kondicionování způsobem 4.



Graf 4: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D3



Graf 5: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 3 pro D3



Graf 6: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 4 pro D3

Grafy ukazují, že třída odolnosti D3 je pro lepidlo zachována při naředění do 15 %. Další ředění na 17,5 % způsobilo pokles pevnosti při kondicionování způsobem 3 pod hodnotu 2 Mpa, tedy pod normou stanovenou minimální hodnotu. Z toho důvodu je odolnost D3 zachována jen do obsahu sušiny 46 %. Výsledky skupin těles kondicionovaných pro posouzení zachování třídy odolnosti D3 jsou shrnuty v tabulce 11.

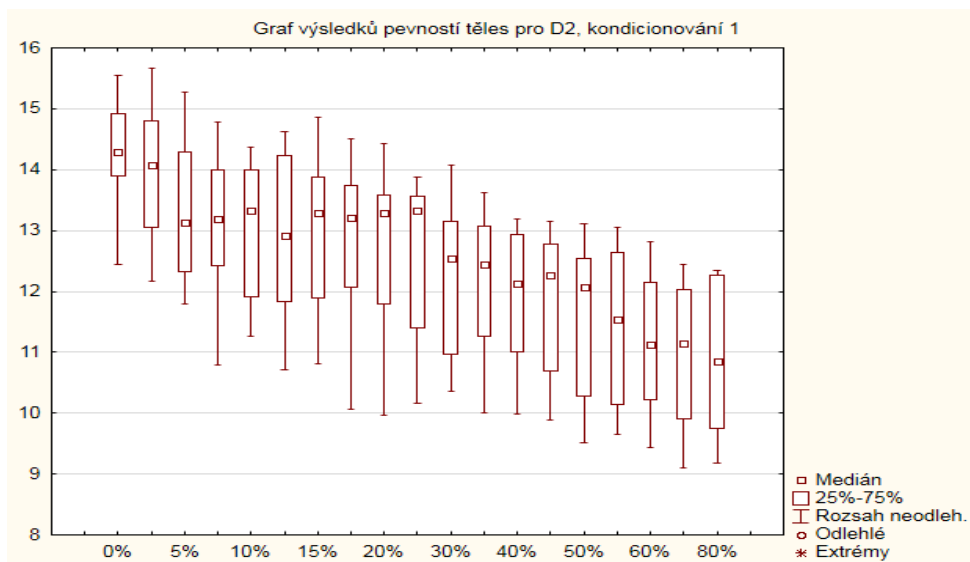
Tabulka 11: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D3

Hodnota naředění (%)	0			2,5			5			7,5		
	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
Způsob kondicionování												
Průměrná pevnost (Mpa)	14,28	2,83	9,17	14,01	2,61	8,89	13,29	2,6	8,66	13,1	2,49	8,49
Maximální pevnost (Mpa)	15,55	3,22	10,34	15,66	3,04	10,87	15,28	3,19	10,23	14,78	2,89	9,43
Minimální pevnost (Mpa)	12,44	2,3	7,84	12,17	2,06	7,84	11,78	2,15	7,63	10,8	1,87	7,08
Směrodatná odchylka	0,92	0,29	0,83	1,09	0,29	0,9	1,13	0,35	0,83	1,18	0,32	0,85
Variační koeficient (%)	6,42	10,08	9,05	7,75	11,16	10,15	8,52	13,31	9,56	9,04	12,84	9,97

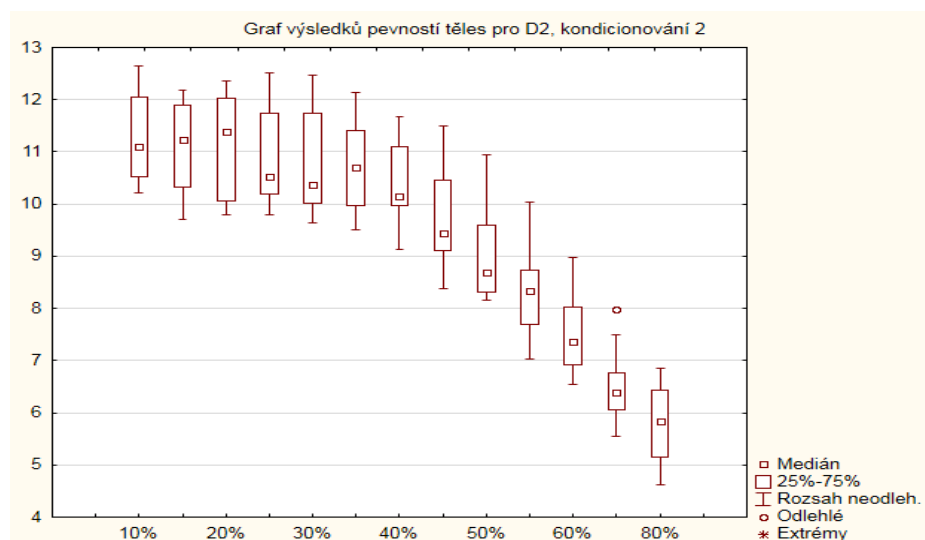
10			12,5			15			17,5		
1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
13,12	2,42	8,49	12,92	2,25	8,45	12,93	2,08	8,46	12,8	1,86	8,46
14,37	2,79	10	14,62	2,63	9,91	14,86	2,58	9,64	14,51	2,23	10,08
11,26	1,95	7,11	10,71	1,8	7,14	10,81	1,6	7,03	10,07	1,4	6,84
1,08	0,3	0,92	1,35	0,3	0,84	1,3	0,29	0,88	1,41	0,29	0,98
8,22	12,24	10,8	10,45	13,37	9,93	10,08	13,96	10,39	10,99	15,51	11,57

Na základě těchto výsledků bylo provedeno měření, do jaké hodnoty naředění by bylo možné použít lepidlo pro třídu odolnosti D2. Byl stanoven odstup jednotlivých hodnot naředění po 5 %.

Následující grafy 7, 8 a 14, 15 zobrazují výsledky získané při kondicionování těles pro zjištění zachování třídy odolnosti D2. Grafy 7 a 14 zobrazují pevnost při kondicionování způsobem 1 a grafy 8 a 15 při kondicionování způsobem 2.



Graf 7: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D2



Graf 8: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 2 pro D2

Grafy ukazují, že třída odolnosti D2 je pro lepidlo zachována při naředění do 55 %. Další ředění na 60 % způsobilo pokles pevnosti při kondicionování způsobem 2 pod hodnotu 8 Mpa, tedy pod normou stanovenou minimální hodnotu. Z toho důvodu je odolnost D2 zachována jen do obsahu sušiny 34,13 %. Výsledky skupin těles kondicionovaných pro posouzení zachování třídy odolnosti D2 jsou shrnuty v tabulce 12.

Tabulka 12: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D2

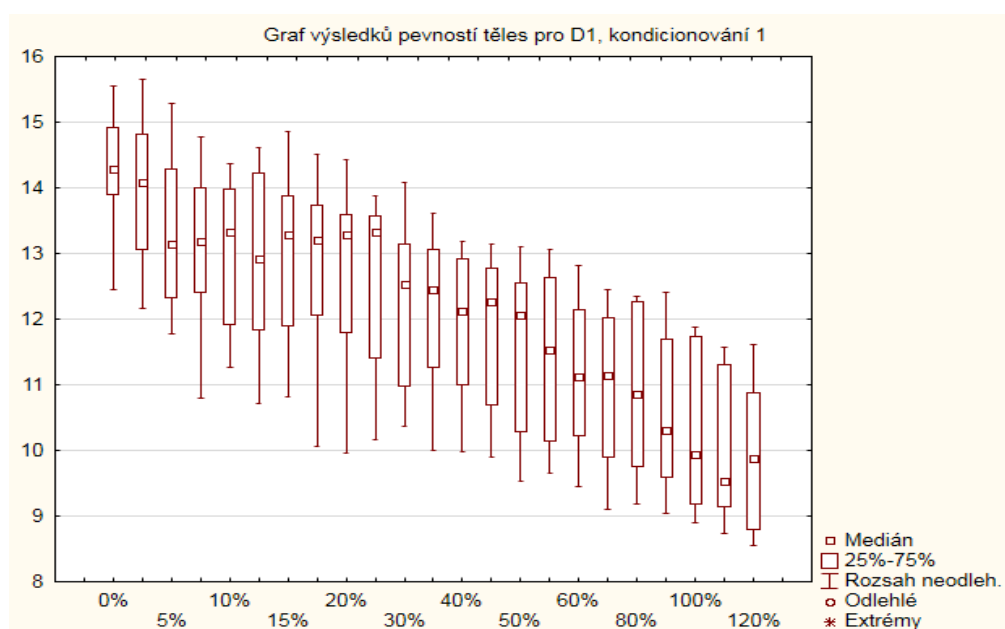
Hodnota naředění (%)	10		15		20		25		30		35		40	
Způsob kondicionování	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Průměrná pevnost (Mpa)	13,12	11,27	12,93	11,11	12,71	11,09	12,62	10,88	12,22	10,8	12,11	10,74	11,9	10,42
Maximální pevnost (Mpa)	14,37	12,64	14,86	12,18	14,43	12,35	13,87	12,51	14,08	12,48	13,62	12,15	13,18	11,67
Minimální pevnost (Mpa)	11,26	10,22	10,81	9,71	9,97	9,78	10,16	9,79	10,36	9,64	10,01	9,51	9,98	9,14
Směrodatná odchylka	1,08	0,88	1,3	0,87	1,43	0,98	1,33	0,94	1,29	0,99	1,21	0,85	1,15	0,82
Variační koeficient (%)	8,22	7,83	10,08	7,84	11,27	8,87	10,58	8,65	10,57	9,2	10	7,91	9,69	7,9

45		50		55		60		70		80	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11,85	9,71	11,54	9,05	11,41	8,33	11,15	7,56	11,04	6,48	10,9	5,78
13,14	11,49	13,1	10,95	13,06	10,03	12,82	8,97	12,44	7,98	12,35	6,84
9,89	8,38	9,52	8,15	9,66	7,04	9,44	6,55	9,1	5,54	9,18	4,63
1,2	0,95	1,26	0,97	1,26	0,83	1,08	0,8	1,15	0,7	1,27	0,76
10,15	9,79	10,92	10,67	11,04	9,95	9,66	10,63	10,4	10,82	11,68	13,16

Na základě těchto výsledků bylo provedeno měření, do jaké hodnoty naředění by bylo možné použít lepidlo pro třídu odolnosti D1. Byl stanoven odstup jednotlivých hodnot naředění po 10 %.

Celkový obsah sušiny se odvíjí od hodnoty naředění lepidla, v grafu 9 je zobrazen pokles pevnosti lepeného spoje se zvyšující se hodnotou naředění. Hodnota obsahu sušiny pro každé naředění je uvedena v tabulce 7.

Graf 14 zobrazuje výsledné pevnosti při kondicionování těles dle pořadového čísla 1, viz tabulka 9, tento způsob kondicionování odpovídá stupni odolnosti lepidla D1. Z grafů 9 a 14 je tedy patrné, že zkoušené lepidlo odpovídá pevností třídě odolnosti D1 až do naředění 110 %. Tato hodnota naředění odpovídá obsahu sušiny 25,19 %.



Graf 9: Výsledky skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D1

Jedná se tedy o pokles z původního obsahu sušiny 52,9 % o 27,71 %. Při poklesu obsahu sušiny na hodnotu 25,19 % v lepidle bylo ještě dosaženo třídy odolnosti D1. Výsledky skupin těles kondicionovaných pro posouzení zachování třídy odolnosti D1 jsou shrnuty v tabulce 13.

Tabulka 13: Výsledky skupin těles kondicionovaných pro D1

Hodnota naředění (%)	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	25	30	35
Způsob kondicionování	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Průměrná pevnost (Mpa)	14,28	14,01	13,29	13,1	13,12	12,92	12,93	12,8	12,71	12,62	12,22	12,11
Maximální pevnost (Mpa)	15,55	15,66	15,28	14,78	14,37	14,62	14,86	14,51	14,43	13,87	14,08	13,62
Minimální pevnost (Mpa)	12,44	12,17	11,78	10,8	11,26	10,71	10,81	10,07	9,97	10,16	10,36	10,01
Směrodatná odchylka	0,92	1,09	1,13	1,18	1,08	1,35	1,3	1,41	1,43	1,33	1,29	1,21
Variační koeficient (%)	6,42	7,75	8,52	9,04	8,22	10,45	10,08	10,99	11,27	10,58	10,57	10

40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11,9	11,85	11,54	11,41	11,15	11,04	10,9	10,58	10,32	10,11	9,81
13,18	13,14	13,1	13,06	12,82	12,44	12,35	12,4	11,88	11,57	11,61
9,98	9,89	9,52	9,66	9,44	9,1	9,18	9,04	8,9	8,73	8,55
1,15	1,2	1,26	1,26	1,08	1,15	1,27	1,21	1,24	1,11	1,08
9,69	10,15	10,92	11,04	9,66	10,4	11,68	11,4	12	10,99	10,98

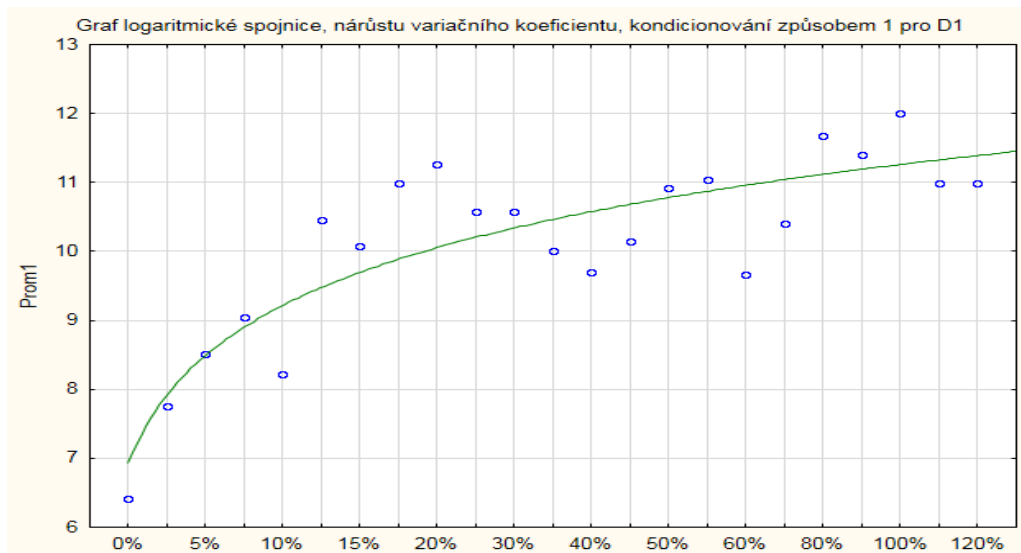
5.3.2 Posouzení extrémů a odlehlých hodnot

V grafech 4 - 9 jsou zpracovány výsledky i pro zjištění a znázornění odlehlých a extrémních hodnot. Žádné extrémní hodnoty nebyly zjištěny. Jediná odlehlá hodnota je znázorněna v grafu 8 při ředění na 70 %. I přes existenci této odlehlé, nebyl celkový výsledek zkreslen, neboť pevnost poklesla již při menším ředění a toto ředění je již hluboko pod normovanou hranicí, tato hodnota tedy není pro celkový výsledek podstatná.

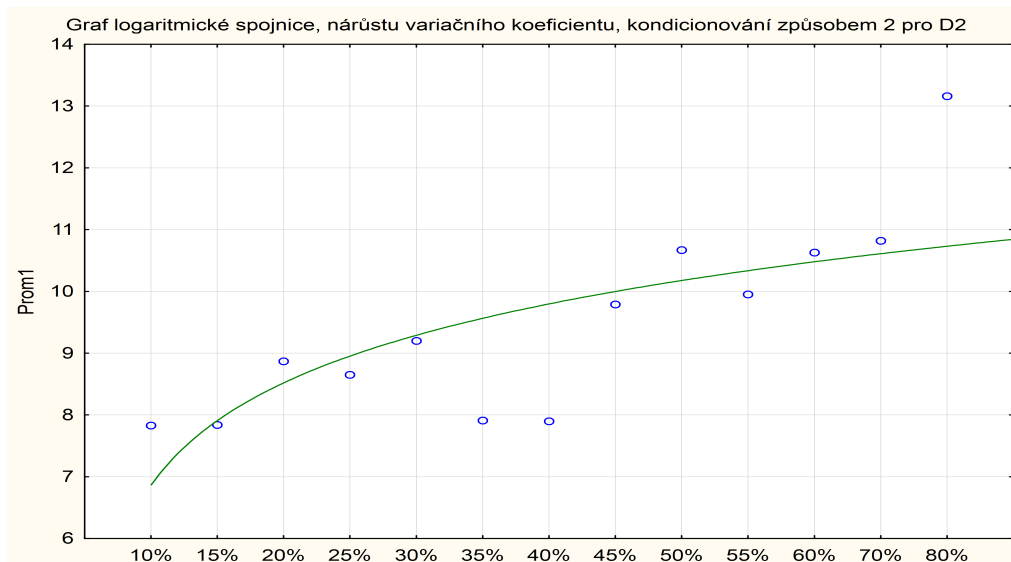
5.3.3 Vliv na variační koeficient

Jak je patrné z jednotlivých výsledků v přílohové části, dochází při ředění lepidla k zvyšování hodnoty variačního koeficientu. To ukazuje na zvyšování rozptylu jednotlivých hodnot, tedy vyšší variabilitu výsledků. Příčinou je právě snižování obsahu sušiny v lepidle což může být spojeno se zhoršením homogenity směsi i přes dostatečné promíchání.

V grafech 10 - 13 jsou znázorněny variační koeficienty jednotlivých skupin těles při odlišném kondicionování. V grafech je patrný nárůst variačního koeficientu u každého způsobu kondicionování při stoupajícím naředění lepidla.

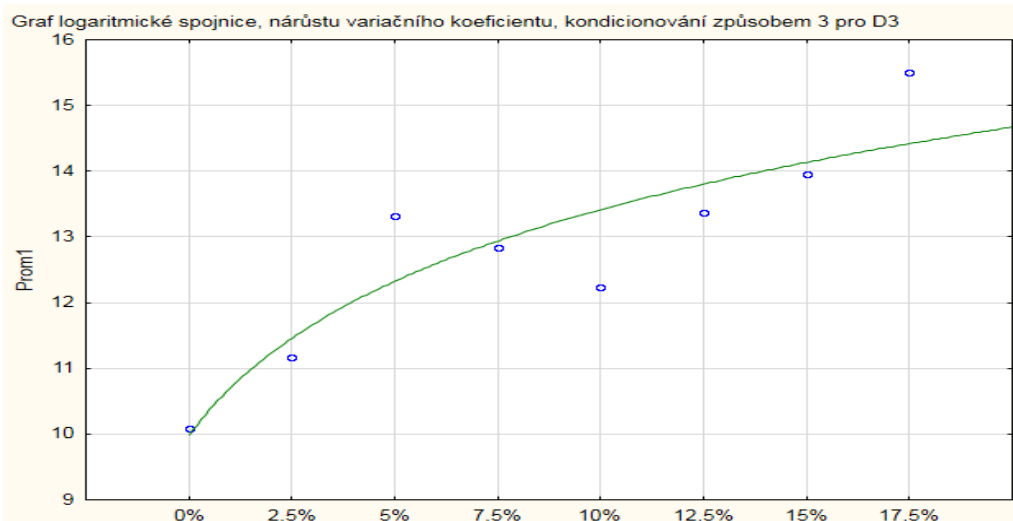


Graf 10: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 1 pro D1

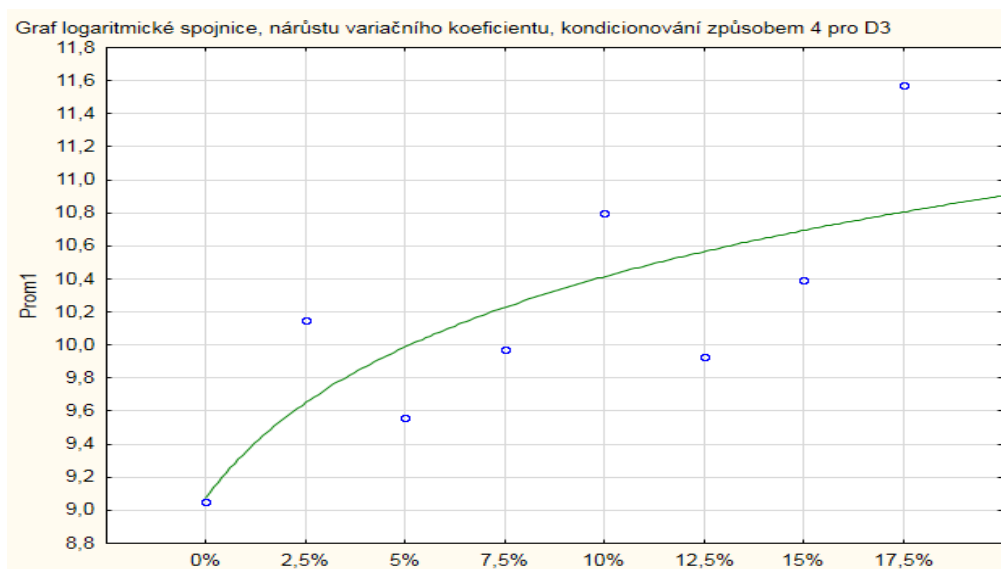


Graf 11: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 2 pro D2

K nejvyššímu nárůstu a zároveň nejvyšších hodnot variačního koeficientu bylo dosaženo při kondicionování těles způsobem 3. Tedy při trhání mokřých těles, ponořených 4 dny ve vodě, viz graf 12. Variační koeficient zde dosahoval téměř 16 %, což je způsobeno kombinací několika faktorů. Nejvyšší vliv na proměnlivost výsledků má samotné ředění, zásadní vliv má i prostředí, kterému jsou tělesa vystavena. Kombinace těchto faktorů vede při ředění lepidla k velké variabilitě výsledků při tomto způsobu kondicionování.



Graf 12: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 3 pro D3

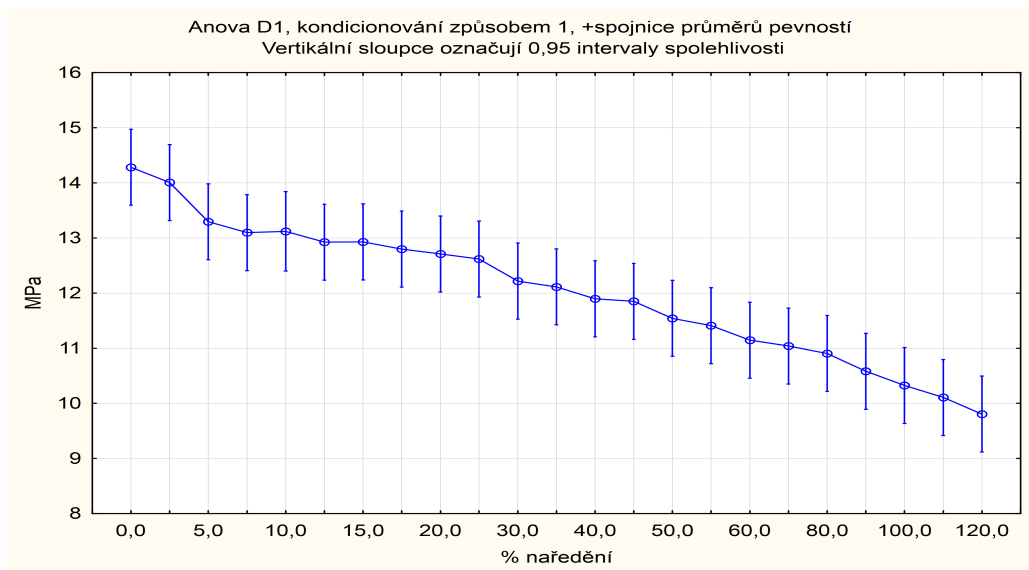


Graf 13: Nárůst variačního koeficientu skupin těles kondicionovaných způsobem 4 pro D3

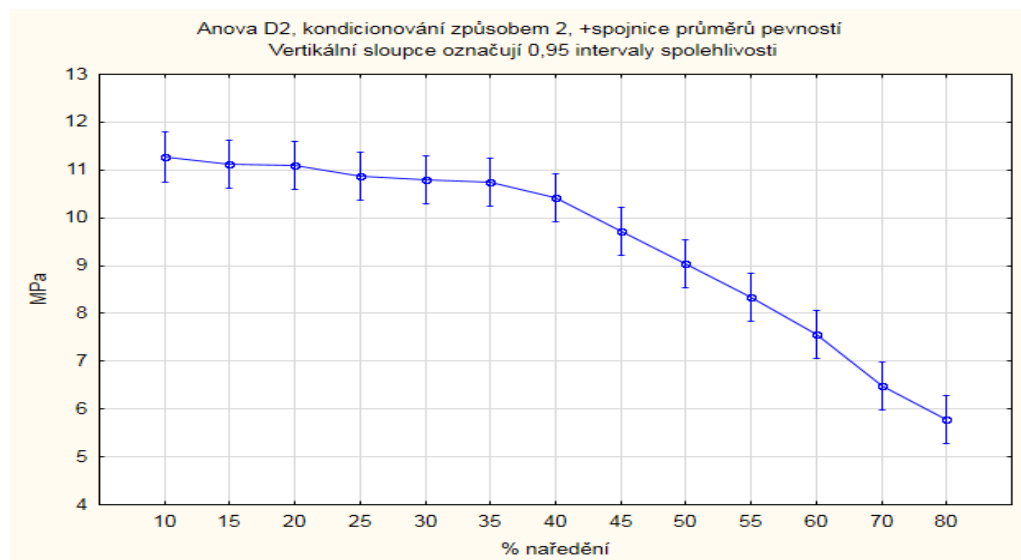
Při kondicionování těles způsobem 1, viz graf 10 nedochází k tak velkému nárůstu variačního koeficientu. Tělesa kondicionována způsobem 1 jsou pouze 7 dní na suchu a nejsou vystavena vodě nebo vlhkosti, výsledný nárůst variačních koeficientů je tedy zapříčiněn pouze ředěním lepidla. Při naředění 120 % nepřesáhl 12 %, což potvrzuje, že vyšší variační koeficient při kondicionování způsobem 3 je zapříčiněn kombinací více faktorů.

5.3.4 Analýza rozptylu (Anova)

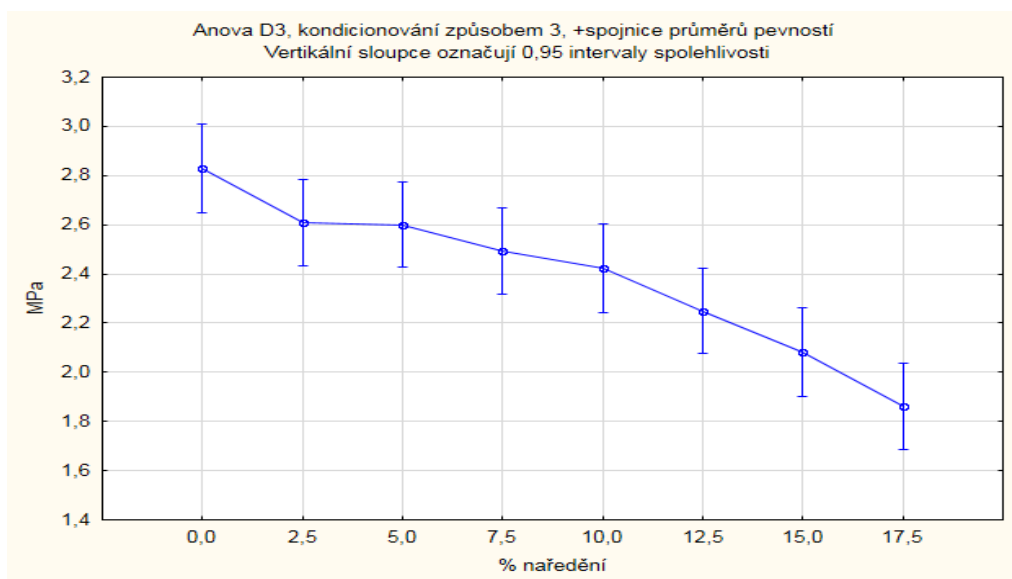
Anova je metodou analýzy rozptylu, v této práci byla provedena jednofaktorová analýza za pomoci programu statistica. V zásadě jde o detailnější pohled na celkový rozptyl dat. Výsledkem je separace jednotlivých zdrojů rozptylu, jejich porovnání a posouzení významnosti jejich rozdílů. Grafy 14 - 17 znázorňují výsledky. Tyto grafy také zobrazují spojnice průměrných hodnot každé ze skupin těles, viz kapitola 9.3.1. [15]



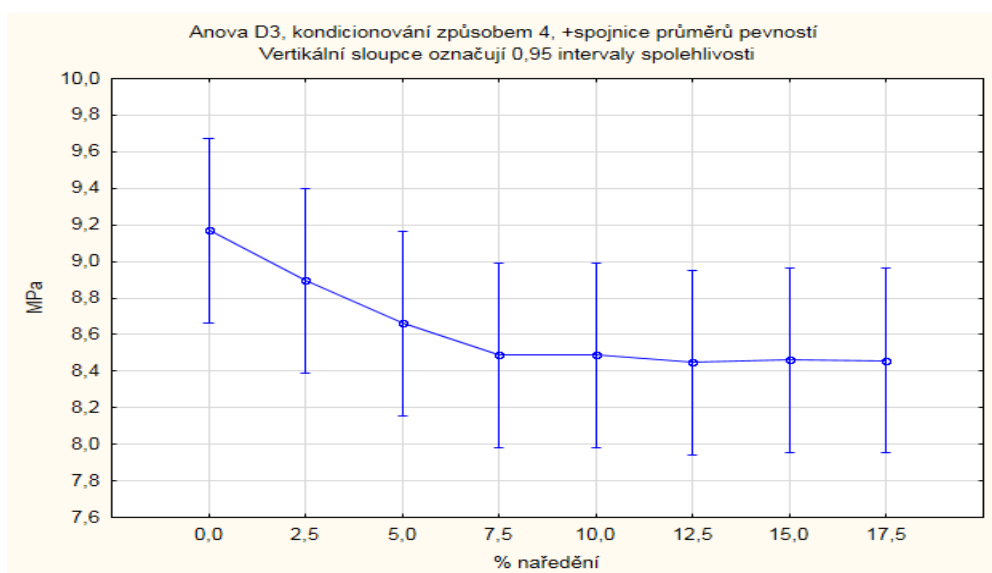
Graf 14: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 1 pro D1



Graf 15: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 2 pro D2



Graf 16: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 3 pro D3



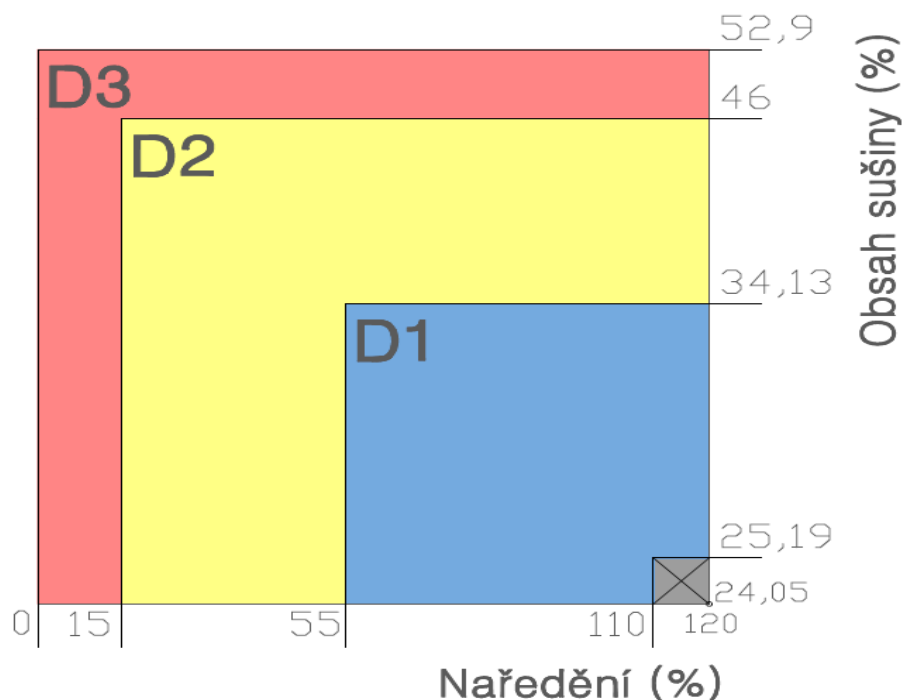
Graf 17: Anova - tělesa kondicionovaná způsobem 4 pro D3

5.3.5 Vliv na voděodolnost

Stanovit voděodolnost lepeného spoje je možné na základě pevnostních zkoušek kondicionovaných těles, viz. předchozí text. Výsledky ukazují, že třída odolnosti D3 pro zkoušené lepidlo odpovídá rozmezí obsahu sušiny 52,9 - 46 %. Třídy odolnosti D2 je dosaženo ještě při obsahu sušiny 34,13 %. A třídy odolnosti D1 je dosaženo při obsahu sušiny do 25,19 %. Při vyšším naředění, tedy nižším

obsahu sušiny (pod 25 %) neodpovídá již lepidlo normě pro žádný stupeň voděodolnosti.

Tyto hodnoty a třídy odolnosti jsou znázorněny na grafu 18.



Graf 18: Snižování třídy odolnosti s vzrůstající mírou naředění a poklesem obsahu sušiny

Pokles voděodolnosti spoje může být spojen i se změnou viskozitou lepicí směsi, ta se se zvyšujícím obsahem vody blíží viskozitě vody. Ztrácí tak svou vyplňovací schopnost, naopak se však některé vlastnosti jako roztíratelnost, smáčivost, otevřená doba a vsakování do povrchu materiálu zlepšují, viz. následující kapitoly. Zhoršení voděodolnosti tak zapříčiňuje zejména menší množství kohezních sil v lepidle, zapříčiněné sníženým obsahem sušiny. Snížené množství sušiny ve výsledku umožňuje lepší prostupnost vody do lepené spáry a její narušení.

5.4 Měření viskozity

5.4.1 Viskozita

Viskozitu lze definovat podílem smykového napětí a smykové rychlosti při jednoduchém smykovém toku. Nejčastěji se uvádí jako dynamická viskozita, neboli viskozitní koeficient. Viskozitu lze uvádět i jako kinematickou, což je dynamická

viskozita dělená hustotou materiálu. [23]

Se zvyšováním obsahu vody v lepidle se viskozita lepidla blíží viskozitě vody. S ředěním dochází k postupnému snižování hodnoty viskozity, lepidlo se tak stává tekutější, více se vsakuje a tvoří slabší vrstvu. K změření hodnoty viskozity lepidla slouží mnoho způsobů, norma ČSN EN 12092 popisuje tyto základní metody : stanovení rotačním viskozimetrem, tlakovou extruzí, výtokovým pohárkem, viskozimetrem s padající kuličkou a další. [27]

5.4.2 Měřicí zařízení

Pro orientační pokusné zjištění viskozity při ředění lepidla v této práci byla zvolena metoda stanovení viskozity výtokovým pohárkem. Byl použit pohárek Wagner 100 ml, s průměrem výtokové trysky 4 mm, viz obrázek 15. Toto zařízení splňuje požadavky normy jen v úzkém spektru ředění lepidla, ale pro orientační vyčíslení změny viskozity postačuje, neboť přesné vyčíslení průběhu viskozity při ředění není cílem této práce.

Nebylo provedeno zjišťování optimální metody k vyčíslení viskozity, jednak proto, že jiné zařízení nebylo k dispozici a pak z důvodu velkého rozpětí viskozity od neředěného lepidla po naředěné (120 %). V tomto rozpětí by bylo třeba několik různých metod aby byly výsledky přesné.[28]

Měření viskozity bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 2431, která uvádí, že využití výtokových pohárků je spíše pro kontrolní účely. Vzorek lepidla odebraný a zpracovaný viz.kapitola

8.3 se nalije do pohárku, který má uzavřený výtokový otvor. Pohárek se naplní lepidlem až po okraj a hladina se vyrovná, následuje otevření výtokového otvoru a měří se doba po jakou je tok lepidla souvislý a rovnoměrný. [28]

Měření proběhlo za laboratorních podmínek, ponorným teploměrem byla změřena teplota lepidla 17,2 °C.



Obr.15: Výtokový pohárek Wagner

5.4.3 Vyjádření výsledků

K vypočítání kinematické viskozity uvádí norma vzorec dle druhu použitého pohárku. Pro pohárek s výtokovým otvorem 4 mm se pro výpočet užije vzorec [3.1]. [28]

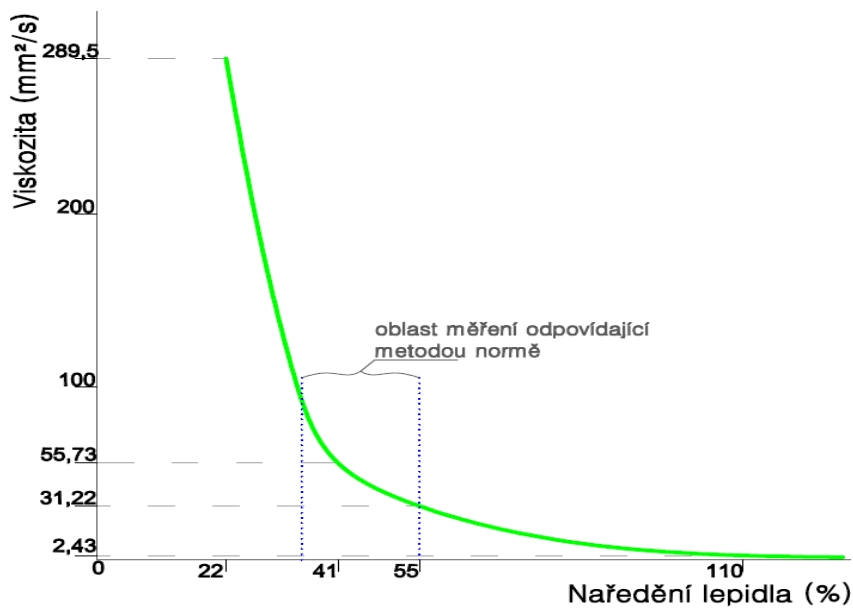
$$v = 1,37 \times t - \frac{200}{t} \quad [3.1] \quad [28]$$

Tabulka 14 zobrazuje průměrné naměřené časy pro různé hodnoty naředění lepidla a vypočítanou hodnotu kinematické viskozity.

Tabulka 14: Naměřené časy a zjištěná kinematická viskozita

naředění [%]	obsah sušiny [%]	čas t [s]	viskozita [mm ² /s]
22	43,15	212	289,5
41	37,53	44	55,73
55	34,13	28	31,22
110	25,19	13	2,43

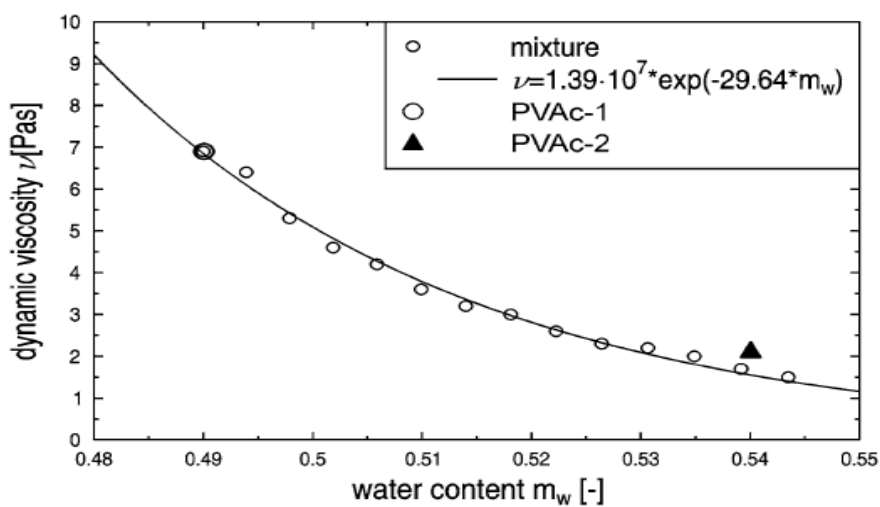
Norma uvádí, že použitelné výsledky pro konkrétní pohárek jsou v rozmezí $t = 30 - 100$ sekund. Při jiném výsledku se musí provést měření odlišným pohárkem, s jiným průměrem otvoru. Proto naměřené výsledky pohárkem Wagner odpovídají normě jen v úzkém spektru, které je zobrazeno v grafu 19. Pro dokázání poklesu viskozity s klesajícím obsahem sušiny v lepidle jsou však naměřené výsledky dostačující, viz graf 19. [28]



Graf 19: Pokles kinematické viskozity s vzrůstající mírou naředění

V grafu 19 je zobrazen pokles kinematické viskozity od hodnoty naředění 22 %, neboť viskozita lepidla s menším naředěním nebyla prakticky měřitelná. Až po hodnotu naředění 110 %, při takto velkém naředění se kinematická viskozita blíží viskozitě vody, která má hodnotu cca 1mm²/s. [32]

V práci P. Hasse bylo PVAc lepidlo ředěno vodou právě za účelem snížení viskozity. Snižování dynamické viskozity s vzrůstajícím obsahem vody zobrazuje graf 20. (Cílem bylo sledovat průnik lepidla do materiálu při lepení buku. A následně penetraci vyhodnocovat tomografickým elektronovým mikroskopem, viz obrázek 2). [17]



Graf 20: Pokles dynamické viskozity s vzrůstající mírou naředění [17]

5.4.4 Vliv viskozity na použitelnost lepidla

Jednou z výhod ředění disperzních lepidel vodou je snížení jejich viskozity, čímž lze v praxi dosáhnout tvorby lepených spár s nižší tloušťkou. Ve výsledku tak lze zlepšit vlastnosti lepeného spoje. Zejména je sníženo riziko tečení v konstrukčním spoji, viz kapitola 4.7.

Snížené viskozity lze využít i při dýhování, kde je potřeba docílit tenké vrstvy lepidla, aby nedocházelo k prolínání lepidla do dýhy a skrz dýhu při lisování. [1]

Viskozita nepřímo ovlivňuje vznik a velikost adhezních sil mezi lepidlem a materiálem, viz kapitola 4.3. Viskozita závislá na obsahu vody v lepidle ovlivňuje smáčení povrchu materiálu. Smáčení povrchu je významným faktorem vzniku adhezních sil, viz kapitola 7.3.

Při vysokých hodnotách naředění může však docházet k nadměrnému vsakování lepidla. V takovém případě vzniká riziko tvorby chudého spoje, tedy spoje s nedostatkem lepicí směsi a nízkým plošným hmotnostním nánosem. [23]

5.5 Uplatnění výsledků

Ředění lepidla může být motivováno několika aspekty, které jsou popsány v předchozích kapitolách. Cílem ředění může být změna viskozity, zlepšení smáčivosti, tvorba tenčí spáry, zlepšení zpracovatelnosti nebo jen snaha ušetřit náklady za lepidlo.

V praxi dochází k ředění PVAc lepidel zpravidla v míře, kterou dovoluje technický list lepidla za účelem snížení viskozity a zlepšení zpracovatelnosti. Nad míru dovolenou technickým listem pak při dýhování, tedy potřebě snížit množství nanášeného lepidla a výrazně zlepšit jeho roztíratelnost. Při dýhování se nepředpokládá takové namáhání lepeného spoje jako u montážního lepení.

Nutsch (2002) uvádí možnost ředění PVAc lepidel za účelem snížení viskozity v rozmezí 1 - 3 % vody. Z výsledků měření však vyplývá, že takto nízká hodnota naředění ovlivní viskozitu jen minimálně. Nízká hodnota naředění je pravděpodobně uváděna z důvodu nejistoty, jaký vliv může mít vyšší naředění na

pevnost a odolnost spoje. Výsledky této práce ukazují, že ředění může být mnohem vyšší.

Konkrétně u lepidla Rhenocoll bylo zjištěno že je třída odolnosti D3 zachována i při naředění 15 %. Možnost naředění v takovémto množství při zachování odolnosti lepidla by mohla být ekonomicky zajímavá. Ještě větší ekonomickou uplatnitelnost může mít ředění lepidla až na 55 % při snížení odolnosti na D2. Pokud to povaha lepeného spoje dovoluje. Snížení nákladů za lepidlo řeší následující kapitola.

Pro přesné posouzení možnosti ředění konkrétního používaného lepidla je však nutné znát počáteční obsah sušiny, ale především provedení pevnostních zkoušek při naředění.

5.6 Ekonomické posouzení ředění

Ředění lepidla vodou má za výsledek zvýšení objemu lepicí směsi, úměrně tomu, jaké množství vody bylo přidáno. Z výsledků této práce vyplývá že z 1 kilogramu lepidla Rhenocoll D3 lze přilitím vody získat 1,15 kg lepidla ve stejné třídě odolnosti, 1,55 kg ve třídě D2 a 2,1 kg ve třídě D1.

Vyčíslení konkrétních částek je problematické, protože cena za lepidlo je nestabilní a závislá na nakupovaném množství. Na příkladu malovýroby, kde se lepidlo nakupuje spíše v menším množství, lze spočítat jednoduchým způsobem úsporu při ředění lepidla.

Požizovací cena za balení lepidla Rhenocoll, použitého v této práci je cca 37 € , tedy asi 1 017,- Kč. Cena za 1 kg lepidla je tedy 170 ,- Kč.

5.6.1 Ředění D3 na D3

Při použití lepidla pro montážní lepení je odhadovaná spotřeba 0,35 kg denně, tedy 86,5 kg ročně, což činí náklady v hodnotě 14 705,-. Pokud by se použilo lepidlo s hodnotou naředění 10 %, byla by spotřeba lepidla jen 78,6 kg, tedy náklady by byly 13 362,- . Rozdíl za rok by pro malovýrobu znamenal snížení nákladů za lepidlo o 1 343,- Kč. Při naředění lepidla až na hranici odolnosti D3

(tedy naředění 15 %) by spotřeba nenaředěného lepidla klesla na 75,2 kg, náklady by činily 12 784,- a úspora by vzrostla na 1 921,- za rok.

5.6.2 Ředění D3 na D2

V případě malovýroby lze počítat i s možností naředění lepidla D3 pro dýchování až do hodnoty 55 %, kdy si zachovává odolnost D2. Při spotřebě 150 g/m² by odhadovaná roční spotřeba činila 125 kg lepidla. Při dýchování nenaředěným lepidlem v odolnosti D3 by náklady činily 21 250,-. Při naředění lepidla na odolnost D2 by spotřeba lepidla činila 80,7 kg nenaředěného lepidla jehož cena by byla 13 719,-. V tomto případě je úspora nejvyšší, a sice 7 531,-.

Průměrná cena lepidla pro dýchování v odolnosti D2 je 125,- Kč/kg (cena zjištěná průměrem několika cen na internetu). Cena lepidla D2 nenaředěného by byla tedy 15 625,-. Snížení nákladů by bylo i při tomto způsobu využití znatelné, činilo by 1 906,- Kč při použití naředěného lepidla D3. Hlavní výhodou ředění z D3 na D2 pro potřeby dýchování je především změna vlastností lepidla, viz předchozí kapitoly.

Snížení nákladů za lepidlo lze přibližně stanovit přímou úměrou, tedy čím větší naředění lepidla, tím menší spotřeba nenaředěného lepidla. Zároveň při vyšší spotřebě lepidla ve výrobě budou i úspory při ředění vyšší.

Při ředění lepidla ve větších objemech nebo častěji by již bylo nutné zakalkulovat i čas pracovníků pro tuto práci, případně spotřebovanou vodu.

6. Závěr

V této diplomové práci byl zkoumán vliv naředění lepidla na jeho vlastnosti. Hlavní částí práce je zjištění poklesu pevnosti lepeného spoje se snižováním podílu sušiny v lepicí směsi. Další částí je zjištění poklesu voděodolnosti lepeného spoje se snižováním podílu sušiny v lepidle. Nedílnou součástí je i posouzení vlivu ředění a zvýšení obsahu vody v lepidle na jednotlivé vlastnosti lepidla, jako je viskozita, zpracovatelnost atd..

Bylo zjištěno zachování odolnosti lepidla v třídě D3 do naředění 15 %, při naředění 55 % je ještě dosaženo odolnosti D2 a odolnosti D1 bylo dosaženo ještě při naředění 110 %. Při vyjádření obsahu sušiny to tedy znamená pokles z původních 52,9 % na 46 % pro zachování D3, další pokles na 34 % obsahu sušiny způsobí pokles třídy odolnosti na D2 a třídy D1 je dosaženo při obsahu sušiny alespoň 25 %.

Základní cíl této práce byl tedy splněn, neboť byla u zvoleného lepidla potvrzena a vyčíslena závislost obsahu sušiny na pevnost a odolnost lepeného spoje. Při postupném ředění lepidla a snižování podílu sušiny v lepidle byl sledován pokles výsledné pevnosti spoje při všech způsobech kondicionování těles, čímž byl prokázán pokles voděodolnosti lepeného spoje se snižujícím se podílem sušiny v lepidle.

S postupným ředěním lepidla byly sledovány i změny v kvalitě smáčení povrchu lepidlem a také změna viskozity lepidla, která se zvyšováním obsahu vody v lepidle klesala. Tyto změny mají vliv na celkovou použitelnost lepidla, která se s ředěním zlepšuje a na jeho uplatnění. Ředění má v neposlední řadě ekonomický aspekt, tedy snížení nákladů za lepidlo při jeho ředění vodou.

7. Seznam literatury:

- [1] POKORNÝ, J. *Lepení a tmelení v dílně i domácnosti*. 1.vydání.Praha: Grada Publishing, 2000. 104 stran. ISBN 80-7169-857-1
- [2] MLEZIVA, J. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 1.vydání.Praha: Sobotáles, 1993. 525 stran. ISBN 80-901570-4-1
- [3] DUCHÁČEK, V. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 3.vydání.Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2011. 276 stran. ISBN 978-80-7080-788-0
- [4] ŠČUKIN E.D.; PERCOV A.V.; AMELINOVÁ E.A.A. *Koloidní chemie*. 1.vydání.Praha: Academia, 1990. 484 stran. ISBN 80-200-0259-6
- [5] VOJUCKIJ S.S. *Kurs koloidní chemie*. 1.vydání.Praha: SNTL, 1984. 396 stran.
- [6] PATŘIČNÝ, M. *Pracujeme se dřevem*. 3.vydání.Praha: Grada Publishing, 2004. 106 stran. ISBN 80-247-1090-0
- [7] BLAŽEK J.; FABINI J. *Chemie*. 5.vydání.Praha: SPN, 1999. 334 stran. ISBN 80-7235-104-4
- [8] DOLEJŠKOVÁ, J.; et al. *Chemie I.* 3.vydání.Praha: CZU-Powerprint, 2010. 212 stran. ISBN 978-80-213-1684-3
- [9] ŠŤASTNÝ, M. *Nauka o materiálech pro 2.ročník STŠ*. 1.vydání.Praha: STŠ-Praha, 2006. 141 stran.
- [10] UHLÍŘ, A. *Technologie výroby nábytku II*. 2.vydání.Praha: Informatorium, 1997. 255 stran. ISBN 80-86073-09-2

[11] UHLÍŘ, A.; VLASÁK J. *Technologie výroby nábytku III*. 2.vydání.Praha: Informatorium, 1997. 239 stran. ISBN 80-86073-04-1

[12] NUTSCH, W.; et al. *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles, 2002. 540 stran. ISBN 80-85920-60-3

[13] TESAŘOVÁ, D.; et al. *Povrchové úpravy dřeva*. 1.vydání.Praha: Grada Publishing, 2014. 134 stran. ISBN 978-80-247-4715-6

[14] SOUČEK, E. *Základy statistiky*. 1.vydání.Praha: VSMIEP, 2006. 195 stran. ISBN 80-86847-12-8

[15] MELOUN, M.; MILITKÝ, J. *Kompendium statistického zpracování dat*. 2.vydání.Praha: Academia, 2006. 974 stran. ISBN 80-200-1396-2

Odborné články :

[16] HASHIM, R.; et al. Effects of cold setting adhesives on properties of laminated veneer lumber from oil palm trunks in comparison with rubberwood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2011, č.69, str. 53-61. DOI 10.1007/s00107-009-0405-2

[17] HASS, P.; et al. Adhesive penetration in beech wood: experiments. *Wood science and technology*, 2012, č.46 str. 243–256. DOI 10.1007/s00226-011-0410-6

[18] MENDOZA, M.; et al. Adhesive penetration of hardwood: a generic penetration model. *Wood science and technology*, 2012, č.46 str. 529–549. DOI 10.1007/s00226-011-0422-2

[19] VASSILIOU, V.; et al. Effect of PVAc Bonding on Finger-Joint Strength of Steamed and Unsteamed Beech Wood (*Fagus sylvatica*). *Journal of Applied Polymer Science*, 2006, č.3, str. 1664-1669. DOI 10.1002/app.25079

[20] CUI, H.W.; DU, G.B. Influence of different synthesis processes on the rheology of PVAc–MMT–DOAB exfoliated nano-composite. *Iran Polymer Journal*, 2013, č.22, str. 165-173. DOI 10.1007/s13726-012-0115-1

[21] SHUKLA, S.R.; KAMDEM, P.D. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: effect of the pressure duration. *Holz Roh Werkst Journal*, 2008, č.66, str. 119-127. DOI 10.1007/s00107-007-0209-1

[22] CLAUB, S.; et al. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2011, č.69, str. 101–111. DOI 10.1007/s00107-010-0411-4

Použité a citované normy:

[23] ČSN EN 923 + A1. *Lepidla - termíny a definice*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 80 s.

[24] ČSN EN 1067. *Lepidla – Posouzení a příprava vzorků před zkoušením*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 12 s.

[25] ČSN EN ISO 15605. *Lepidla - Vzorkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 16 s.

[26] ČSN EN 827. *Lepidla – Stanovení obsahu sušiny za smluvních podmínek a do konstantní hmotnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 8 s.

[27] ČSN EN 12092. *Lepidla – Stanovení viskozity*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 16 s.

[28] ČSN EN ISO 2431. *Nátěrové hmoty – Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,

2012. 20 s.

[29] ČSN EN 204. *Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 8 s.

[30] ČSN EN 205. *Lepidla – Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace – Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 13 s.

Další zdroje:

[31] CVACH, J. *Ověření časové závislosti nárůstu pevnosti spoje lepeného PVAc disperzí*. Diplomová práce. Praha: CZU, 2012. 107 stran.

[32] BUREŠ, J. *Converter.cz* [online]. 2002 [cit. 2015-1-21]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/viskozita-vody.htm>

Příloha 50: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 12,5%.....	92
Příloha 51: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 15%.....	93
Příloha 52: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 17,5%.....	93
Příloha 53: Technický list lepidla Rhenocoll, str.1.....	94
Příloha 54: Technický list lepidla Rhenocoll, str.2.....	95

8. Přílohová část

Příloha 1: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 0%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		0,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	3080	10,26	19,75	202,64	15,20
2	2985	10,19	20,04	204,21	14,62
3	3145	10,14	19,95	202,29	15,55
4	2830	10,12	20,00	202,40	13,98
5	2785	10,13	19,88	201,38	13,83
6	2860	10,13	20,01	202,70	14,11
7	3155	10,09	20,12	203,01	15,54
8	2865	10,09	19,82	199,98	14,33
9	2480	10,11	19,72	199,37	12,44
10	2960	10,22	20,09	205,32	14,42
11	2905	10,25	19,88	203,77	14,26
12	2630	10,11	19,84	200,58	13,11
průměrná hodnota	2890	10,15	19,93	202,3	14,28
maximální hodnota	3155	10,26	20,12	205,32	15,55
minimální hodnota	2480	10,09	19,72	199,37	12,44
směrodatná odchylka	199,4	0,06	0,13	1,74	0,92
variační koeficient	6,9	0,6	0,65	0,86	6,42

Příloha 2: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 2,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		2,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2695	10,18	20,1	204,618	13,171
2	3025	10,03	20,08	201,402	15,020
3	2485	10,11	20,2	204,222	12,168
4	2905	10,23	19,81	202,656	14,335
5	2780	10,07	20,3	204,421	13,599
6	2895	10,09	19,91	200,892	14,411
7	2985	10,16	20,12	204,419	14,602
8	3090	9,97	20,1	200,397	15,419
9	2780	10,01	20,1	201,201	13,817
10	2560	9,88	20,02	197,798	12,943
11	3135	10,05	19,92	200,20	15,66
12	2630	10,13	20,09	203,51	12,92
průměrná hodnota	2830	10,08	20,06	202,14	14,01
maximální hodnota	3135	10,23	20,30	204,62	15,66
minimální hodnota	2485	9,88	19,81	197,80	12,17
směrodatná odchylka	210,56	0,1	0,13	2,17	1,09
variační koeficient	7,44	0,96	0,66	1,07	7,75

Příloha 3: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		5,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2700	10,27	20,15	206,941	13,047
2	2825	10,15	19,93	202,290	13,965
3	2730	10,25	20,23	207,358	13,166
4	2565	10,23	20,14	206,032	12,450
5	2615	10,03	19,89	199,497	13,108
6	2460	10,21	19,75	201,648	12,200
7	2700	10,14	20,22	205,031	13,169
8	2415	10,11	20,27	204,930	11,785
9	3065	10,08	19,9	200,592	15,280
10	2460	10,13	20,2	204,626	12,022
11	2905	10,05	19,8	198,99	14,60
12	2930	10,1	19,69	198,87	14,73
průměrná hodnota	2698	10,15	20,01	203,07	13,29
maximální hodnota	3065	10,27	20,27	207,36	15,28
minimální hodnota	2415	10,03	19,69	198,87	11,78
směrodatná odchylka	205,93	0,08	0,21	3,13	1,13
variační koeficient	7,63	0,78	1,04	1,54	8,52

Příloha 4: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 7,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		7,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2920	10,22	19,94	203,787	14,329
2	2620	10,27	20,12	206,632	12,680
3	2860	10,17	20,08	204,214	14,005
4	2450	9,98	20,2	201,596	12,153
5	2665	10,02	20,02	200,600	13,285
6	2580	10,18	19,89	202,480	12,742
7	2925	9,96	19,87	197,905	14,780
8	2235	10,25	20,19	206,948	10,800
9	2640	10,14	19,91	201,887	13,077
10	2765	9,88	20,02	197,798	13,979
11	2305	10,05	19,9	200,00	11,53
12	2730	10,01	19,76	197,80	13,80
průměrná hodnota	2641	10,09	19,99	201,8	13,10
maximální hodnota	2925	10,27	20,20	206,95	14,78
minimální hodnota	2235	9,88	19,76	197,80	10,80
směrodatná odchylka	223,34	0,13	0,14	3,19	1,18
variační koeficient	8,46	1,26	0,68	1,58	9,04

Příloha 5: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 10%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		10,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2860	9,91	20,08	198,993	14,372
2	2740	10,18	19,73	200,851	13,642
3	2840	10,11	20,08	203,009	13,990
4	2740	10,04	19,78	198,591	13,797
5	2240	9,82	19,92	195,614	11,451
6	2285	10,21	19,88	202,975	11,258
7	2700	10,2	19,94	203,388	13,275
8	2660	10,01	20,01	200,300	13,280
9	2850	10,18	19,98	203,396	14,012
10	2350	10,03	19,66	197,190	11,917
11	2665	10,06	19,89	200,09	13,32
12 – nedořizlá drážka	X	X	X	X	X
průměrná hodnota	2630	10,07	19,9	200,4	13,12
maximální hodnota	2860	10,21	20,08	203,40	14,37
minimální hodnota	2240	9,82	19,66	195,61	11,26
směrodatná odchylka	229,38	0,13	0,14	2,65	1,08
variační koeficient	8,72	1,24	0,69	1,32	8,22

Příloha 6: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 12,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		12,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2905	10,01	19,86	198,799	14,613
2	2525	10,13	20,05	203,107	12,432
3	2870	10,18	19,83	201,869	14,217
4	2245	9,98	19,99	199,500	11,253
5	2940	10,14	19,83	201,076	14,621
6	2680	10,2	19,86	202,572	13,230
7	2145	10,13	19,77	200,270	10,711
8	2850	10,09	19,85	200,287	14,230
9	2530	10,09	19,88	200,589	12,613
10	2370	10,29	19,97	205,491	11,533
11	2705	10,2	19,68	200,74	13,48
12	2420	10,02	19,88	199,20	12,15
průměrná hodnota	2599	10,12	19,87	201,12	12,92
maximální hodnota	2940	10,29	20,05	205,49	14,62
minimální hodnota	2145	9,98	19,68	198,80	10,71
směrodatná odchylka	268,04	0,09	0,1	1,89	1,35
variační koeficient	10,31	0,89	0,5	0,94	10,45

Příloha 7: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 15%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		15,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2800	10,08	19,82	199,786	14,015
2	2865	10,2	20,01	204,102	14,037
3	2555	10,13	19,88	201,384	12,687
4	2785	10,22	19,84	202,765	13,735
5	2225	10,18	19,97	203,295	10,945
6	2745	10,1	19,84	200,384	13,699
7	2620	10,03	19,84	198,995	13,166
8	2505	10,17	19,9	202,383	12,378
9	2940	10,05	19,69	197,885	14,857
10	2760	10,3	19,99	205,897	13,405
11	2165	9,98	20,06	200,20	10,81
12	2235	9,79	19,99	195,70	11,42
průměrná hodnota	2600	10,1	19,9	201,06	12,93
maximální hodnota	2940	10,30	20,06	205,90	14,86
minimální hodnota	2165	9,79	19,69	195,70	10,81
směrodatná odchylka	266,49	0,13	0,1	2,83	1,30
variační koeficient	10,25	1,32	0,53	1,41	10,08

Příloha 8: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 17,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		17,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2400	10,02	20,24	202,805	11,834
2	2675	10,17	19,91	202,485	13,211
3	2520	10,04	20,4	204,816	12,304
4	2680	10,13	20,13	203,917	13,143
5	2740	10,1	19,45	196,445	13,948
6	2015	10,06	19,9	200,194	10,065
7	2780	10,2	20,14	205,428	13,533
8	2645	10,09	19,85	200,287	13,206
9	2740	10,19	19,87	202,475	13,533
10	2140	10,25	20,18	206,845	10,346
11	2885	10,05	19,78	198,79	14,51
12	2785	10,02	19,94	199,80	13,94
průměrná hodnota	2584	10,11	19,98	202,02	12,80
maximální hodnota	2885	10,25	20,40	206,85	14,51
minimální hodnota	2015	10,02	19,45	196,45	10,07
směrodatná odchylka	269,37	0,08	0,25	3,02	1,41
variační koeficient	10,43	0,77	1,26	1,49	10,99

Příloha 9: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 20%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		20,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2660	9,96	19,93	198,503	13,400
2	2705	10,1	19,77	199,677	13,547
3	2600	10,09	20,08	202,607	12,833
4	2570	10,14	20,07	203,510	12,628
5	2130	10,05	20,12	202,206	10,534
6	2755	9,82	20,17	198,069	13,909
7	2640	9,94	20,14	200,192	13,187
8	2885	9,94	20,12	199,993	14,426
9	2660	9,84	20,04	197,194	13,489
10	2210	10,02	20,13	201,703	10,957
11	2005	10,17	19,77	201,06	9,97
12	2730	10,02	19,99	200,30	13,63
průměrná hodnota	2546	10,01	20,03	200,42	12,71
maximální hodnota	2885	10,17	20,17	203,51	14,43
minimální hodnota	2005	9,82	19,77	197,19	9,97
směrodatná odchylka	275,47	0,11	0,14	1,91	1,43
variační koeficient	10,82	1,11	0,69	0,95	11,27

Příloha 10: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 25%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		25,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2740	10,16	20,04	203,606	13,457
2	2760	10,15	19,84	201,376	13,706
3	2025	10,05	19,84	199,392	10,156
4	2340	9,86	20,18	198,975	11,760
5	2110	9,83	20,15	198,075	10,653
6	2230	10,04	20,12	202,005	11,039
7	2675	9,98	19,88	198,402	13,483
8	2765	10,01	19,91	199,299	13,874
9	2740	9,94	20,2	200,788	13,646
10	2645	9,96	20,06	199,798	13,238
11	2705	9,98	20,18	201,40	13,43
12	2620	10,11	19,96	201,80	12,98
průměrná hodnota	2530	10,01	20,03	200,41	12,62
maximální hodnota	2765	10,16	20,20	203,61	13,87
minimální hodnota	2025	9,83	19,84	198,07	10,16
směrodatná odchylka	274,16	0,1	0,14	1,68	1,33
variační koeficient	10,84	1,04	0,69	0,84	10,58

Příloha 11: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 30%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		30,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2280	10,2	20,2	206,040	11,066
2	2560	10,06	20,08	202,005	12,673
3	2340	10,14	19,7	199,758	11,714
4	2060	9,76	20,06	195,786	10,522
5	2760	9,74	20,13	196,066	14,077
6	2080	9,95	20,18	200,791	10,359
7	2520	9,91	20,03	198,497	12,695
8	2790	9,87	20,29	200,262	13,932
9	2620	10,1	20,03	202,303	12,951
10	2520	10,11	20,11	203,312	12,395
11	2185	10,05	19,98	200,80	10,88
12	2635	10,01	19,74	197,60	13,34
průměrná hodnota	2446	9,99	20,04	200,27	12,22
maximální hodnota	2790	10,20	20,29	206,04	14,08
minimální hodnota	2060	9,74	19,70	195,79	10,36
směrodatná odchylka	251,67	0,15	0,17	2,99	1,29
variační koeficient	10,29	1,48	0,87	1,49	10,57

Příloha 12: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 35%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		35,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2640	10,05	20,02	201,201	13,121
2	1990	9,87	19,82	195,623	10,173
3	2310	10,08	20,05	202,104	11,430
4	2210	9,98	19,98	199,400	11,083
5	2460	9,91	19,86	196,813	12,499
6	2760	10,08	20,11	202,709	13,616
7	2600	9,84	19,95	196,308	13,244
8	2520	10,07	20,18	203,213	12,401
9	2645	10,11	20,18	204,020	12,964
10	2395	10,04	20,22	203,009	11,798
11	2005	10,07	19,89	200,29	10,01
12	2685	10,21	20,21	206,34	13,01
průměrná hodnota	2435	10,03	20,04	200,92	12,11
maximální hodnota	2760	10,21	20,22	206,34	13,62
minimální hodnota	1990	9,84	19,82	195,62	10,01
směrodatná odchylka	259,39	0,11	0,14	3,33	1,21
variační koeficient	10,65	1,07	0,71	1,66	10,00

Příloha 13: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 40%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		40,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2660	10,33	19,91	205,670	12,933
2	1985	10,23	19,44	198,871	9,981
3	2570	10,18	19,48	198,306	12,960
4	2420	10,37	19,89	206,259	11,733
5	2445	10,27	19,82	203,551	12,012
6	2610	10,23	19,74	201,940	12,925
7	2445	10,11	19,74	199,571	12,251
8	2595	10,62	19,7	209,214	12,404
9	2050	10,11	19,75	199,673	10,267
10	2660	9,93	20,32	201,778	13,183
11	2055	10,21	19,77	201,85	10,18
12	2385	10,04	19,89	199,70	11,94
průměrná hodnota	2407	10,22	19,79	202,2	11,90
maximální hodnota	2660	10,62	20,32	209,21	13,18
minimální hodnota	1985	9,93	19,44	198,31	9,98
směrodatná odchylka	245,71	0,18	0,22	3,38	1,15
variační koeficient	10,21	1,72	1,13	1,67	9,69

Příloha 14: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 45%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		45,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2635	10,09	19,87	200,488	13,143
2	2045	10,06	20,16	202,810	10,083
3	1980	10,13	19,76	200,169	9,892
4	2470	10,27	20,1	206,427	11,965
5	2540	10,13	20,01	202,701	12,531
6	2440	10,28	19,78	203,338	12,000
7	2635	10,08	20,07	202,306	13,025
8	2035	10,02	19,89	199,298	10,211
9	2265	10,14	19,96	202,394	11,191
10	2550	10,15	19,94	202,391	12,599
11	2505	9,86	19,98	197,00	12,72
12	2620	10,16	20,09	204,11	12,84
průměrná hodnota	2393	10,11	19,97	201,95	11,85
maximální hodnota	2635	10,28	20,16	206,43	13,14
minimální hodnota	1980	9,86	19,76	197,00	9,89
směrodatná odchylka	247,13	0,11	0,13	2,44	1,20
variační koeficient	10,33	1,09	0,63	1,21	10,15

Příloha 15: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 50%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		50,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1970	10,01	19,95	199,700	9,865
2	2535	10,02	19,83	198,697	12,758
3	2535	10,27	20,1	206,427	12,280
4	2440	10,14	19,86	201,380	12,116
5	2610	10,06	19,8	199,188	13,103
6	1935	10,12	20,08	203,210	9,522
7	2515	10,28	19,83	203,852	12,337
8	2455	10,21	20	204,200	12,023
9	2625	10,23	20,09	205,521	12,772
10	2320	10,4	19,97	207,688	11,171
11	2005	9,99	20,03	200,10	10,02
12	2130	10,02	20,14	201,80	10,55
průměrná hodnota	2340	10,15	19,97	202,65	11,54
maximální hodnota	2625	10,40	20,14	207,69	13,10
minimální hodnota	1935	9,99	19,80	198,70	9,52
směrodatná odchylka	259,66	0,13	0,12	2,97	1,26
variační koeficient	11,1	1,3	0,6	1,47	10,92

Příloha 16: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 55%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		55,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2620	10,05	19,96	200,598	13,061
2	2215	10,24	19,97	204,493	10,832
3	2410	10,15	19,96	202,594	11,896
4	2060	10,25	19,98	204,795	10,059
5	2485	10,15	19,82	201,173	12,353
6	2325	10,05	19,85	199,493	11,655
7	2625	10,23	19,82	202,759	12,946
8	2595	10,11	19,87	200,886	12,918
9	1960	10,21	19,87	202,873	9,661
10	1980	10,04	19,95	200,298	9,885
11	2025	9,95	19,88	197,81	10,24
12	2280	10,11	19,76	199,77	11,41
průměrná hodnota	2298	10,13	19,89	201,46	11,41
maximální hodnota	2625	10,25	19,98	204,80	13,06
minimální hodnota	1960	9,95	19,76	197,81	9,66
směrodatná odchylka	252,41	0,09	0,07	2,09	1,26
variační koeficient	10,98	0,93	0,36	1,04	11,04

Příloha 17: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 60%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		60,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2625	10,2	20,08	204,816	12,816
2	2445	10,08	20	201,600	12,128
3	2460	10,15	19,91	202,087	12,173
4	2160	10,14	19,95	202,293	10,678
5	2260	10,08	20,08	202,406	11,166
6	1865	10,02	19,71	197,494	9,443
7	2360	10,23	19,81	202,656	11,645
8	2465	10,18	19,76	201,157	12,254
9	2240	10,08	20,02	201,802	11,100
10	2070	10,18	19,5	198,510	10,428
11	2005	10,15	19,98	202,80	9,89
12	2030	10,01	20,21	202,30	10,03
průměrná hodnota	2249	10,13	19,92	201,66	11,15
maximální hodnota	2625	10,23	20,21	204,82	12,82
minimální hodnota	1865	10,01	19,50	197,49	9,44
směrodatná odchylka	229,31	0,07	0,19	1,94	1,08
variační koeficient	10,2	0,7	0,97	0,96	9,66

Příloha 18: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 70%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		70,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2455	10,28	20,06	206,217	11,905
2	2460	10,11	19,96	201,796	12,191
3	2550	10,18	20,13	204,923	12,444
4	1995	10,26	20,02	205,405	9,713
5	2230	10,12	19,87	201,084	11,090
6	2040	10,06	20,07	201,904	10,104
7	1940	10,12	19,98	202,198	9,595
8	2430	10,14	19,89	201,685	12,049
9	2260	10,12	20	202,400	11,166
10	1840	10,19	19,84	202,170	9,101
11	2200	10	19,78	197,80	11,12
12	2435	10,18	19,92	202,79	12,01
průměrná hodnota	2236	10,15	19,96	202,53	11,04
maximální hodnota	2550	10,28	20,13	206,22	12,44
minimální hodnota	1840	10,00	19,78	197,80	9,10
směrodatná odchylka	236,8	0,08	0,1	2,22	1,15
variační koeficient	10,59	0,77	0,52	1,09	10,40

Příloha 19: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 80%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		80,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1825	10,07	19,74	198,782	9,181
2	1905	10,24	19,76	202,342	9,415
3	2300	10,17	19,86	201,976	11,387
4	2370	10,22	19,78	202,152	11,724
5	2495	10,24	19,85	203,264	12,275
6	2460	10,05	19,87	199,694	12,319
7	2005	10,02	19,83	198,697	10,091
8	2050	10,05	19,91	200,096	10,245
9	2490	10,29	19,76	203,330	12,246
10	1890	10,18	19,94	202,989	9,311
11	2055	9,88	20,18	199,38	10,31
12	2445	9,98	19,84	198,00	12,35
průměrná hodnota	2191	10,12	19,86	200,89	10,90
maximální hodnota	2495	10,29	20,18	203,33	12,35
minimální hodnota	1825	9,88	19,74	198,00	9,18
směrodatná odchylka	259,71	0,13	0,12	1,97	1,27
variační koeficient	11,85	1,24	0,6	0,98	11,68

Příloha 20: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 90%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		90,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1945	10,29	19,88	204,565	9,508
2	2305	10,13	19,92	201,790	11,423
3	2395	10,14	19,74	200,164	11,965
4	2345	10,22	19,89	203,276	11,536
5	2180	10,15	20,01	203,102	10,734
6	1940	10,14	19,79	200,671	9,668
7	1860	10,23	19,84	202,963	9,164
8	1790	10,01	19,78	197,998	9,041
9	2485	10,06	19,92	200,395	12,400
10	2365	10,19	19,56	199,316	11,866
11	2005	10,15	19,98	202,80	9,89
12	1965	10,11	19,86	200,78	9,79
průměrná hodnota	2132	10,15	19,85	201,49	10,58
maximální hodnota	2485	10,29	20,01	204,57	12,40
minimální hodnota	1790	10,01	19,56	198,00	9,04
směrodatná odchylka	239,79	0,08	0,12	1,91	1,21
variační koeficient	11,25	0,74	0,61	0,95	11,40

Příloha 21: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 100%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		100,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2405	10,22	19,93	203,685	11,807
2	2240	10,18	19,83	201,869	11,096
3	2095	10,25	19,96	204,590	10,240
4	1820	10,24	19,95	204,288	8,909
5	2395	10,13	19,9	201,587	11,881
6	1825	10,21	19,88	202,975	8,991
7	2375	10,15	20,04	203,406	11,676
8	1995	10,29	20,21	207,961	9,593
9	1795	10,19	19,79	201,660	8,901
10	1965	10,17	20,04	203,807	9,641
11	1905	10,12	20,07	203,11	9,38
12	2385	10,05	20,14	202,41	11,78
průměrná hodnota	2100	10,18	19,98	203,45	10,32
maximální hodnota	2405	10,29	20,21	207,96	11,88
minimální hodnota	1795	10,05	19,79	201,59	8,90
směrodatná odchylka	246,95	0,07	0,13	1,74	1,24
variační koeficient	11,76	0,64	0,63	0,85	12,00

Příloha 22: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 110%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		110,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2205	10,02	19,88	199,198	11,069
2	1980	10,23	20,21	206,748	9,577
3	1880	10,25	20,23	207,358	9,066
4	1885	10,02	19,87	199,097	9,468
5	2340	10,28	19,95	205,086	11,410
6	2280	10,17	20,03	203,705	11,193
7	2355	10,26	19,84	203,558	11,569
8	2355	10,29	20,05	206,315	11,415
9	1890	10,27	20,2	207,454	9,110
10	1790	10,13	20,25	205,133	8,726
11	1915	10,05	20,05	201,50	9,50
12	1830	9,88	20,21	199,67	9,16
průměrná hodnota	2059	10,15	20,06	203,74	10,11
maximální hodnota	2355	10,29	20,25	207,45	11,57
minimální hodnota	1790	9,88	19,84	199,10	8,73
směrodatná odchylka	227,04	0,13	0,15	3,16	1,11
variační koeficient	11,03	1,32	0,77	1,55	10,99

Příloha 23: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 1, naředění 120%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		1			
hodnota naředění:		120,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2365	10,26	19,86	203,764	11,607
2	2205	10,16	20,04	203,606	10,830
3	1760	10,22	19,97	204,093	8,624
4	1820	10,26	19,93	204,482	8,901
5	1715	10,06	19,95	200,697	8,545
6	1935	10,15	19,28	195,692	9,888
7	2230	10,23	19,98	204,395	10,910
8	1760	10,18	19,87	202,277	8,701
9	2220	10,15	19,95	202,493	10,963
10	2020	10,2	19,93	203,286	9,937
11	2005	10,1	20,12	203,21	9,87
12	1810	10,11	20,14	203,62	8,89
průměrná hodnota	1987	10,17	19,92	202,63	9,81
maximální hodnota	2365	10,26	20,14	204,48	11,61
minimální hodnota	1715	10,06	19,28	195,69	8,55
směrodatná odchylka	222,41	0,06	0,22	2,42	1,08
variační koeficient	11,19	0,63	1,1	1,2	10,98

Příloha 24: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 10%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		10,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2245	10,08	20,06	202,205	11,103
2	2545	9,99	20,16	201,398	12,637
3	2100	9,93	20,11	199,692	10,516
4	2430	10,15	20,05	203,508	11,941
5	2070	9,96	20,21	201,292	10,284
6	2165	10,2	20,17	205,734	10,523
7	2445	10,1	20,16	203,616	12,008
8	2055	9,96	20,19	201,092	10,219
9	2420	10,01	20,01	200,300	12,082
10	2165	10,06	20,3	204,218	10,601
11	2410	10,11	19,8	200,18	12,04
12 – vada dřeva	X	X	X	X	X
průměrná hodnota	2277	10,05	20,11	202,11	11,27
maximální hodnota	2545	10,20	20,30	205,73	12,64
minimální hodnota	2055	9,93	19,80	199,69	10,22
směrodatná odchylka	176,4	0,09	0,13	1,92	0,88
variační koeficient	7,75	0,86	0,65	0,95	7,83

Příloha 25: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 15%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		15,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1960	10,05	20,08	201,804	9,712
2	2365	10,15	20,08	203,812	11,604
3	2180	9,91	20,19	200,083	10,895
4	2400	10,1	19,96	201,596	11,905
5	2460	10,23	20,24	207,055	11,881
6	2125	9,98	20,15	201,097	10,567
7	2465	10,05	20,13	202,307	12,184
8	2435	10,03	20,12	201,804	12,066
9	2360	10,1	20,2	204,020	11,567
10	2045	10,09	20,13	203,112	10,068
11	2025	10,07	20,05	201,90	10,03
12	2190	9,99	20,13	201,10	10,89
průměrná hodnota	2251	10,06	20,12	202,47	11,11
maximální hodnota	2465	10,23	20,24	207,06	12,18
minimální hodnota	1960	9,91	19,96	200,08	9,71
směrodatná odchylka	184,2	0,08	0,07	1,84	0,87
variační koeficient	8,18	0,83	0,37	0,91	7,84

Příloha 26: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 20%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		20,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2300	10,01	20,19	202,102	11,380
2	2450	10,11	20,18	204,020	12,009
3	2020	10,01	20,09	201,101	10,045
4	2015	10,16	20,27	205,943	9,784
5	2315	10,04	20,21	202,908	11,409
6	2020	10,26	19,91	204,277	9,889
7	2445	9,94	19,91	197,905	12,354
8	2410	9,95	20,07	199,697	12,068
9	2100	10,07	20,02	201,601	10,417
10	2350	10,24	20,07	205,517	11,435
11	2405	9,89	19,97	197,50	12,18
12	2030	10,18	19,82	201,77	10,06
průměrná hodnota	2238	10,07	20,06	202,03	11,09
maximální hodnota	2450	10,26	20,27	205,94	12,35
minimální hodnota	2015	9,89	19,82	197,50	9,78
směrodatná odchylka	184,56	0,12	0,14	2,72	0,98
variační koeficient	8,25	1,19	0,69	1,35	8,87

Příloha 27: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 25%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		25,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2475	10,03	20,06	201,202	12,301
2	2050	10,12	20,04	202,805	10,108
3	2520	10,08	19,98	201,398	12,513
4	2180	10,05	20,22	203,211	10,728
5	2060	10,03	19,96	200,199	10,290
6	2380	10,23	20,19	206,544	11,523
7	2000	9,85	20,25	199,463	10,027
8	2080	9,91	19,93	197,506	10,531
9	2445	10,11	20,22	204,424	11,960
10	2020	10,24	20,16	206,438	9,785
11	2110	9,96	20,17	200,89	10,50
12	2085	10,02	20,18	202,20	10,31
průměrná hodnota	2200	10,05	20,11	202,19	10,88
maximální hodnota	2520	10,24	20,25	206,54	12,51
minimální hodnota	2000	9,85	19,93	197,51	9,79
směrodatná odchylka	195,65	0,12	0,11	2,7	0,94
variační koeficient	8,89	1,15	0,56	1,33	8,65

Příloha 28: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 30%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		30,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2060	10,09	20,16	203,414	10,127
2	2280	10,07	20,28	204,220	11,164
3	2020	10,18	20,28	206,450	9,784
4	2105	10,06	20,15	202,709	10,384
5	2445	10,09	20,2	203,818	11,996
6	2325	10,08	20,05	202,104	11,504
7	2080	10,06	20	201,200	10,338
8	2480	10,01	19,85	198,699	12,481
9	2510	10,24	20,27	207,565	12,093
10	2105	10,15	20,29	205,944	10,221
11	2005	10,12	19,97	202,10	9,92
12	1980	10,21	20,11	205,32	9,64
průměrná hodnota	2200	10,11	20,13	203,63	10,80
maximální hodnota	2510	10,24	20,29	207,56	12,48
minimální hodnota	1980	10,01	19,85	198,70	9,64
směrodatná odchylka	197,12	0,07	0,14	2,48	0,99
variační koeficient	8,96	0,68	0,71	1,22	9,20

Příloha 29: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 35%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		35,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1960	10,03	20,08	201,402	9,732
2	2520	10,26	20,22	207,457	12,147
3	2045	10,05	19,94	200,397	10,205
4	1950	10,17	20,17	205,129	9,506
5	2380	10,21	19,89	203,077	11,720
6	2095	9,99	19,97	199,500	10,501
7	2265	10,06	19,97	200,898	11,274
8	2335	10,11	20,04	202,604	11,525
9	2100	10,07	19,85	199,890	10,506
10	2220	10,2	19,98	203,796	10,893
11	2245	10,08	20,07	202,31	11,10
12	1930	10,02	19,79	198,30	9,73
průměrná hodnota	2170	10,1	20	202,06	10,74
maximální hodnota	2520	10,26	20,22	207,46	12,15
minimální hodnota	1930	9,99	19,79	198,30	9,51
směrodatná odchylka	187,62	0,09	0,13	2,57	0,85
variační koeficient	8,64	0,85	0,63	1,27	7,91

Příloha 30: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 40%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		40,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2140	10,11	19,88	200,987	10,647
2	2065	10,21	20,03	204,506	10,097
3	2335	10,07	19,97	201,098	11,611
4	1865	10,18	20,04	204,007	9,142
5	2360	10,07	20,08	202,206	11,671
6	2230	10,17	20,22	205,637	10,844
7	2070	10,2	20,14	205,428	10,077
8	2360	10,28	20,18	207,450	11,376
9	1995	9,92	19,95	197,904	10,081
10	2020	9,98	19,86	198,203	10,192
11	1895	9,97	20,18	201,19	9,42
12	1955	9,91	19,99	198,10	9,87
průměrná hodnota	2108	10,09	20,04	202,23	10,42
maximální hodnota	2360	10,28	20,22	207,45	11,67
minimální hodnota	1865	9,91	19,86	197,90	9,14
směrodatná odchylka	177,37	0,12	0,12	3,21	0,82
variační koeficient	8,42	1,22	0,6	1,59	7,90

Příloha 31: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 45%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		45,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2065	10,25	19,81	203,053	10,170
2	2210	10,19	19,99	203,698	10,849
3	1875	10,15	20,21	205,132	9,140
4	2185	10,25	19,87	203,668	10,728
5	1885	10,11	19,76	199,774	9,436
6	2050	10,22	20,02	204,604	10,019
7	1840	10,17	19,95	202,892	9,069
8	1725	10,09	19,88	200,589	8,600
9	1695	10,15	19,92	202,188	8,383
10	1850	10,17	19,76	200,959	9,206
11	2305	10,01	20,04	200,60	11,49
12	1930	10,2	20,07	204,71	9,43
průměrná hodnota	1968	10,16	19,94	202,66	9,71
maximální hodnota	2305	10,25	20,21	205,13	11,49
minimální hodnota	1695	10,01	19,76	199,77	8,38
směrodatná odchylka	194,52	0,07	0,13	1,82	0,95
variační koeficient	9,88	0,68	0,68	0,9	9,79

Příloha 32: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 50%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		50,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1710	10,11	19,88	200,987	8,508
2	2170	10,15	20,01	203,102	10,684
3	1745	10,25	20,22	207,255	8,420
4	1695	10,24	20,12	206,029	8,227
5	1810	10,11	19,81	200,279	9,037
6	1720	10,22	19,96	203,991	8,432
7	1630	10,01	19,91	199,299	8,179
8	1885	10,04	19,9	199,796	9,435
9	2205	10,05	20,04	201,402	10,948
10	1620	10,02	19,83	198,697	8,153
11	1920	9,78	20,14	196,97	9,75
12	1785	10,12	19,92	201,59	8,85
průměrná hodnota	1825	10,09	19,98	201,62	9,05
maximální hodnota	2205	10,25	20,22	207,26	10,95
minimální hodnota	1620	9,78	19,81	196,97	8,15
směrodatná odchylka	191,99	0,13	0,13	3,02	0,97
variační koeficient	10,52	1,27	0,65	1,5	10,67

Příloha 33: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 55%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		55,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1780	10,26	19,92	204,379	8,709
2	1695	10,07	19,95	200,897	8,437
3	1595	10,07	20,04	201,803	7,904
4	2055	10,27	19,94	204,784	10,035
5	1650	10,06	19,96	200,798	8,217
6	1730	10,01	19,93	199,499	8,672
7	1855	10,04	19,91	199,896	9,280
8	1550	10,05	20,2	203,010	7,635
9	1765	10,08	19,96	201,197	8,773
10	1555	10,03	20,04	201,001	7,736
11	1420	10,2	19,77	201,65	7,04
12	1525	10,12	19,94	201,79	7,56
průměrná hodnota	1681	10,11	19,96	201,73	8,33
maximální hodnota	2055	10,27	20,20	204,78	10,03
minimální hodnota	1420	10,01	19,77	199,50	7,04
směrodatná odchylka	171,48	0,09	0,1	1,62	0,83
variační koeficient	10,2	0,88	0,51	0,8	9,95

Příloha 34: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 60%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		60,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1340	10,02	19,83	198,697	6,744
2	1570	10,08	20,01	201,701	7,784
3	1425	10,06	19,79	199,087	7,158
4	1630	10,01	20,21	202,302	8,057
5	1800	10,13	19,81	200,675	8,970
6	1505	10,11	19,95	201,695	7,462
7	1490	10,28	19,95	205,086	7,265
8	1775	10,08	19,79	199,483	8,898
9	1440	10,22	19,91	203,480	7,077
10	1595	10,13	19,72	199,764	7,984
11	1325	10,04	20,14	202,21	6,55
12	1330	9,78	20,18	197,36	6,74
průměrná hodnota	1519	10,08	19,94	200,96	7,56
maximální hodnota	1800	10,28	20,21	205,09	8,97
minimální hodnota	1325	9,78	19,72	197,36	6,55
směrodatná odchylka	161,44	0,12	0,16	2,2	0,80
variační koeficient	10,63	1,22	0,83	1,09	10,63

Příloha 35: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 70%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		70,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1135	10,26	19,97	204,892	5,539
2	1300	10,16	19,73	200,457	6,485
3	1220	10,17	19,97	203,095	6,007
4	1240	10,08	20,05	202,104	6,135
5	1345	10,11	20,09	203,110	6,622
6	1525	10,26	19,84	203,558	7,492
7	1235	10,18	19,86	202,175	6,109
8	1405	10,21	19,9	203,179	6,915
9	1165	10,26	19,74	202,532	5,752
10	1635	10,22	20,04	204,809	7,983
11	1355	10,7	19,97	213,68	6,34
12	1290	10,12	19,87	201,08	6,42
průměrná hodnota	1321	10,23	19,92	203,72	6,48
maximální hodnota	1635	10,70	20,09	213,68	7,98
minimální hodnota	1135	10,08	19,73	200,46	5,54
směrodatná odchylka	145,69	0,16	0,12	3,4	0,70
variační koeficient	11,03	1,57	0,58	1,67	10,82

Příloha 36: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 2, naředění 80%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		2			
hodnota naředění:		80,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1100	10,29	20,21	207,961	5,289
2	1085	10,18	20,15	205,127	5,289
3	1000	10,29	20	205,800	4,859
4	1210	10,14	19,91	201,887	5,993
5	1145	10,11	19,92	201,391	5,685
6	1305	10,14	19,88	201,583	6,474
7	1280	10,16	19,76	200,762	6,376
8	920	10,03	19,81	198,694	4,630
9	1405	10,29	19,95	205,286	6,844
10	1015	10,17	19,83	201,671	5,033
11	1355	9,85	20,21	199,07	6,81
12	1195	9,88	19,96	197,20	6,06
průměrná hodnota	1168	10,13	19,97	202,2	5,78
maximální hodnota	1405	10,29	20,21	207,96	6,84
minimální hodnota	920	9,85	19,76	197,20	4,63
směrodatná odchylka	150,79	0,15	0,15	3,23	0,76
variační koeficient	12,91	1,44	0,76	1,6	13,16

Příloha 37: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 0%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		0,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	530	10,19	19,75	201,253	2,634
2	560	10,12	19,77	200,072	2,799
3	460	9,95	20,06	199,597	2,305
4	600	10,25	19,98	204,795	2,930
5	505	10,25	20,1	206,025	2,451
6	560	10,3	19,84	204,352	2,740
7	580	10,16	19,9	202,184	2,869
8	650	10,17	19,83	201,671	3,223
9	640	10,13	19,82	200,777	3,188
10	610	10,27	19,95	204,887	2,977
11	605	10,15	19,82	201,17	3,01
12 – nedořízlá drážka	X	X	X	X	X
průměrná hodnota	573	10,18	19,89	202,44	2,83
maximální hodnota	650	10,30	20,10	206,03	3,22
minimální hodnota	460	9,95	19,75	199,60	2,30
směrodatná odchylka	57,59	0,1	0,12	2,19	0,29
variační koeficient	10,06	0,95	0,58	1,08	10,08

Příloha 38: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 2,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		2,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	605	10,09	20,11	202,910	2,982
2	480	10,12	20,17	204,120	2,352
3	610	9,98	20,13	200,897	3,036
4	550	10,12	20,19	204,323	2,692
5	430	10,32	20,26	209,083	2,057
6	540	10,03	19,74	197,992	2,727
7	560	10,11	20,16	203,818	2,748
8	470	10,2	20,04	204,408	2,299
9	515	10,22	20,24	206,853	2,490
10	485	10,13	19,93	201,891	2,402
11	545	9,88	19,88	196,41	2,77
12	555	10,13	19,93	201,89	2,75
průměrná hodnota	529	10,11	20,07	202,88	2,61
maximální hodnota	610	10,32	20,26	209,08	3,04
minimální hodnota	430	9,88	19,74	196,41	2,06
směrodatná odchylka	54,44	0,11	0,16	3,47	0,29
variační koeficient	10,3	1,12	0,81	1,71	11,16

Příloha 39: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		5,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	440	10,04	20,15	202,306	2,175
2	510	10,13	19,78	200,371	2,545
3	520	10,23	20,23	206,953	2,513
4	500	10,01	19,91	199,299	2,509
5	440	10,07	20,34	204,824	2,148
6	580	10,22	20,21	206,546	2,808
7	450	10,18	20,05	204,109	2,205
8	590	10,04	20,22	203,009	2,906
9	575	10,04	20,07	201,503	2,854
10	480	10,21	19,9	203,179	2,362
11	605	10,22	19,79	202,25	2,99
12	630	9,96	19,83	197,51	3,19
průměrná hodnota	527	10,11	20,04	202,65	2,60
maximální hodnota	630	10,23	20,34	206,95	3,19
minimální hodnota	440	9,96	19,78	197,51	2,15
směrodatná odchylka	67,5	0,1	0,19	2,79	0,35
variační koeficient	12,82	0,96	0,96	1,38	13,31

Příloha 40: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 7,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		7,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	465	10,04	20,18	202,607	2,295
2	390	10,29	20,22	208,064	1,874
3	580	10,03	20,17	202,305	2,867
4	560	10,18	20,17	205,331	2,727
5	480	10,24	20,24	207,258	2,316
6	450	10,16	20,14	204,622	2,199
7	590	10,33	20,28	209,492	2,816
8	535	10,27	20,18	207,249	2,581
9	595	10,26	20,08	206,021	2,888
10	440	10,15	19,95	202,493	2,173
11	505	10	19,89	198,90	2,54
12	530	9,98	20,16	201,20	2,63
průměrná hodnota	510	10,16	20,14	204,63	2,49
maximální hodnota	595	10,33	20,28	209,49	2,89
minimální hodnota	390	9,98	19,89	198,90	1,87
směrodatná odchylka	65,99	0,12	0,11	3,17	0,32
variační koeficient	12,94	1,2	0,57	1,55	12,84

Příloha 41: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 10%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		10,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	505	10,33	20,04	207,013	2,439
2	570	10,25	20,11	206,128	2,765
3	405	10,15	20,03	203,305	1,992
4	480	10,28	19,89	204,469	2,348
5	395	10,06	20,1	202,206	1,953
6	440	10,28	19,75	203,030	2,167
7	540	9,97	20,1	200,397	2,695
8	505	10,2	19,85	202,470	2,494
9	550	10,27	20,02	205,605	2,675
10	475	10,1	20,04	202,404	2,347
11	565	10	20,22	202,20	2,79
12 – nedořízlá drážka	X	X	X	X	X
průměrná hodnota	494	10,17	20,01	203,57	2,42
maximální hodnota	570	10,33	20,22	207,01	2,79
minimální hodnota	395	9,97	19,75	200,40	1,95
směrodatná odchylka	61,24	0,12	0,13	2	0,30
variační koeficient	12,41	1,22	0,67	0,98	12,24

Příloha 42: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 12,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		12,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	485	10,2	19,87	202,674	2,393
2	405	10,22	19,88	203,174	1,993
3	510	10,43	19,96	208,183	2,450
4	495	10,35	20,02	207,207	2,389
5	430	10,3	19,85	204,455	2,103
6	380	10,26	19,96	204,790	1,856
7	365	10,24	19,76	202,342	1,804
8	505	10,4	20,33	211,432	2,388
9	510	10,17	19,94	202,790	2,515
10	385	10,13	20,09	203,512	1,892
11	505	9,88	19,78	195,43	2,58
12	530	10,1	19,96	201,60	2,63
průměrná hodnota	459	10,22	19,95	203,97	2,25
maximální hodnota	530	10,43	20,33	211,43	2,63
minimální hodnota	365	9,88	19,76	195,43	1,80
směrodatná odchylka	60,87	0,15	0,15	3,93	0,30
variační koeficient	13,27	1,45	0,76	1,93	13,37

Příloha 43: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 15%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		15,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	395	10,01	19,98	200,000	1,975
2	430	10,08	20,1	202,608	2,122
3	465	10,15	19,98	202,797	2,293
4	350	10,18	19,84	201,971	1,733
5	325	10,19	19,93	203,087	1,600
6	410	10,19	19,89	202,679	2,023
7	400	10,17	19,9	202,383	1,976
8	405	10,05	20,03	201,302	2,012
9	495	10,09	19,76	199,378	2,483
10	425	10,17	19,89	202,281	2,101
11	520	10,15	19,82	201,17	2,58
12 – rozpad před zk.	X	X	X	X	X
průměrná hodnota	420	10,13	19,92	201,79	2,08
maximální hodnota	520	10,19	20,10	203,09	2,58
minimální hodnota	325	10,01	19,76	199,38	1,60
směrodatná odchylka	57,49	0,06	0,1	1,2	0,29
variační koeficient	13,69	0,61	0,49	0,6	13,96

Příloha 44: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 3, naředění 17,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		3			
hodnota naředění:		17,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	450	10,27	19,67	202,011	2,228
2	380	10,18	20,02	203,804	1,865
3	410	10,06	18,82	189,329	2,166
4	425	9,9	20,22	200,178	2,123
5	315	10,15	20,01	203,102	1,551
6	395	10,21	19,5	199,095	1,984
7	355	10,05	19,95	200,498	1,771
8	280	10,03	19,95	200,099	1,399
9	320	10,2	19,81	202,062	1,584
10	430	10,07	19,98	201,199	2,137
11	410	10,09	20,17	203,52	2,01
12	310	10,19	19,94	203,19	1,53
průměrná hodnota	373	10,12	19,84	200,67	1,86
maximální hodnota	450	10,27	20,22	203,80	2,23
minimální hodnota	280	9,90	18,82	189,33	1,40
směrodatná odchylka	55,81	0,1	0,38	3,88	0,29
variační koeficient	14,95	1,01	1,89	1,94	15,51

Příloha 45: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 0%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		0,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1930	10,35	19,92	206,172	9,361
2	1615	10,34	19,91	205,869	7,845
3	2065	10,23	19,95	204,089	10,118
4	1770	10,31	20,07	206,922	8,554
5	1960	10,16	19,78	200,965	9,753
6	1815	10,34	19,92	205,973	8,812
7	1660	10,01	19,82	198,398	8,367
8	1835	10,03	19,97	200,299	9,161
9	1980	10,23	19,88	203,372	9,736
10	1620	10,13	19,77	200,270	8,089
11	2020	10,25	19,89	203,87	9,91
12	2050	10,03	19,77	198,29	10,34
průměrná hodnota	1860	10,2	19,89	202,87	9,17
maximální hodnota	2065	10,35	20,07	206,92	10,34
minimální hodnota	1615	10,01	19,77	198,29	7,84
směrodatná odchylka	165,53	0,13	0,09	3,11	0,83
variační koeficient	8,9	1,25	0,46	1,53	9,05

Příloha 46: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 2,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		2,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2070	10,22	20,04	204,809	10,107
2	1620	10,3	20,05	206,515	7,844
3	1705	10,27	20,12	206,632	8,251
4	1710	10,07	20,12	202,608	8,440
5	1890	10,19	20,15	205,329	9,205
6	1680	10,26	20,02	205,405	8,179
7	1715	10,17	20,21	205,536	8,344
8	1915	10,17	19,78	201,163	9,520
9	1645	9,98	20,18	201,396	8,168
10	1800	10,23	20,12	205,828	8,745
11	1805	10,03	19,87	199,30	9,06
12	2130	9,88	19,84	196,02	10,87
průměrná hodnota	1807	10,15	20,04	203,38	8,89
maximální hodnota	2130	10,30	20,21	206,63	10,87
minimální hodnota	1620	9,88	19,78	196,02	7,84
směrodatná odchylka	164,52	0,13	0,14	3,32	0,90
variační koeficient	9,1	1,28	0,7	1,63	10,15

Příloha 47: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		5,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1815	10,21	20,24	206,650	8,783
2	1550	10,06	19,86	199,792	7,758
3	1780	10,09	20,21	203,919	8,729
4	2080	10,13	20,08	203,410	10,226
5	1740	10,22	20,12	205,626	8,462
6	1665	10,2	19,88	202,776	8,211
7	1610	10,03	19,86	199,196	8,082
8	1950	10,23	20,09	205,521	9,488
9	1890	10,11	20,14	203,615	9,282
10	1580	10,22	20,25	206,955	7,635
11	1905	9,88	20,24	199,97	9,53
12	1530	9,96	19,8	197,21	7,76
průměrná hodnota	1758	10,11	20,06	202,89	8,66
maximální hodnota	2080	10,23	20,25	206,96	10,23
minimální hodnota	1530	9,88	19,80	197,21	7,63
směrodatná odchylka	176,1	0,11	0,17	3,18	0,83
variační koeficient	10,02	1,12	0,84	1,57	9,56

Příloha 48: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 7,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		7,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1820	10,25	20,22	207,255	8,781
2	1940	10,5	20,34	213,570	9,084
3	1705	10,4	19,95	207,480	8,218
4	1860	10,37	20,28	210,304	8,844
5	1950	10,37	19,97	207,089	9,416
6	1520	10,42	20,17	210,171	7,232
7	1995	10,46	20,22	211,501	9,433
8	1480	10,34	20,21	208,971	7,082
9	1510	10,39	20	207,800	7,267
10	1840	10,52	20,17	212,188	8,672
11	1825	10,14	19,84	201,18	9,07
12	1720	9,88	19,9	196,61	8,75
průměrná hodnota	1764	10,34	20,11	207,84	8,49
maximální hodnota	1995	10,52	20,34	213,57	9,43
minimální hodnota	1480	9,88	19,84	196,61	7,08
směrodatná odchylka	178,61	0,18	0,16	4,76	0,85
variační koeficient	10,13	1,72	0,82	2,29	9,97

Příloha 49: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 10%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		10,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1840	10,02	20,04	200,801	9,163
2	1445	9,86	20,04	197,594	7,313
3	1785	10,35	20,01	207,104	8,619
4	1855	9,99	19,78	197,602	9,388
5	1430	10,06	20	201,200	7,107
6	2040	10,22	19,96	203,991	10,000
7	1580	10,28	19,96	205,189	7,700
8	1670	10,13	19,98	202,397	8,251
9	1825	10,19	20	203,800	8,955
10	1580	10,07	20,14	202,810	7,791
11	1905	10,22	19,78	202,15	9,42
12	1630	10,02	19,99	200,30	8,14
průměrná hodnota	1715	10,12	19,97	202,08	8,49
maximální hodnota	2040	10,35	20,14	207,10	10,00
minimální hodnota	1430	9,86	19,78	197,59	7,11
směrodatná odchylka	189,2	0,14	0,1	2,83	0,92
variační koeficient	11,03	1,38	0,51	1,4	10,80

Příloha 50: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 12,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		12,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1910	10,08	19,78	199,382	9,580
2	2005	10,23	19,78	202,349	9,909
3	1750	10,19	19,98	203,596	8,595
4	1645	10,13	19,96	202,195	8,136
5	1605	10,1	19,98	201,798	7,953
6	1870	10,3	19,82	204,146	9,160
7	1435	10,02	19,17	192,083	7,471
8	1730	10,14	19,5	197,730	8,749
9	1685	10,4	20,5	213,200	7,903
10	1435	10,05	20,01	201,101	7,136
11	1760	10,02	19,89	199,30	8,83
12	1630	10,13	20,23	204,93	7,95
průměrná hodnota	1705	10,15	19,88	201,82	8,45
maximální hodnota	2005	10,40	20,50	213,20	9,91
minimální hodnota	1435	10,02	19,17	192,08	7,14
směrodatná odchylka	173,3	0,11	0,33	4,98	0,84
variační koeficient	10,16	1,13	1,68	2,47	9,93

Příloha 51: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 15%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		15,0%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	1905	10,19	20,09	204,717	9,306
2	1525	10,19	19,81	201,864	7,555
3	1925	10,06	19,86	199,792	9,635
4	1840	10,24	19,87	203,469	9,043
5	1435	10,17	20,06	204,010	7,034
6	1620	10,22	19,95	203,889	7,945
7	1860	10,13	19,86	201,182	9,245
8	1945	10,16	19,92	202,387	9,610
9	1640	10,1	19,9	200,990	8,160
10	1705	10,19	19,89	202,679	8,412
11	1615	10,25	19,98	204,80	7,89
12	1535	10,15	19,64	199,35	7,70
průměrná hodnota	1713	10,17	19,9	202,43	8,46
maximální hodnota	1945	10,25	20,09	204,80	9,64
minimální hodnota	1435	10,06	19,64	199,35	7,03
směrodatná odchylka	176,15	0,06	0,12	1,83	0,88
variační koeficient	10,29	0,55	0,59	0,91	10,39

Příloha 52: Tabulka výsledků těles kondicionovaných způsobem 4, naředění 17,5%

způsob kondicionování (pořadové číslo):		4			
hodnota naředění:		17,5%			
Číslo vzorku	naměřená síla (N)	l2 (mm)	b (mm)	Plocha A (mm ²)	Pevnost (Mpa)
1	2055	10,22	19,95	203,889	10,079
2	1750	10,19	19,94	203,189	8,613
3	1960	10,3	19,98	205,794	9,524
4	1565	10,03	19,83	198,895	7,868
5	1780	10,22	19,85	202,867	8,774
6	1475	10,17	19,72	200,552	7,355
7	1700	10,26	19,98	204,995	8,293
8	1805	10,21	20,01	204,302	8,835
9	1420	10,36	20,03	207,511	6,843
10	1615	10,25	19,82	203,155	7,950
11	1975	10,24	19,95	204,29	9,67
12	1555	10,19	19,82	201,97	7,70
průměrná hodnota	1721	10,22	19,91	203,45	8,46
maximální hodnota	2055	10,36	20,03	207,51	10,08
minimální hodnota	1420	10,03	19,72	198,89	6,84
směrodatná odchylka	204,33	0,08	0,1	2,29	0,98
variační koeficient	11,87	0,78	0,48	1,13	11,57

Technický list Propellerleim 3W, 4B Plus

Lepidlo na dřevo 3W, 4B Plus „vrtulový klíč“



- jednosložkové polyvinylacetátové lepidlo k použití připravené, vlhkosti, vodě, teple a chladu odolné
- Propellerleim 3W, 4B plus – nastavení standard
- Propellerleim 3W, 4B plus/M10 – nastavení pro strojní nanášení
- Propellerleim 3W, 4B plus – PROTECT

Oblasti použití:

Lepidlo 3W, 4B plus je k použití připravené lepidlo na dřevo s vestavěným tvrdidlem použitelné za studena i za tepla. Lepidlo je díky své výborné spojovací síle předurčeno zvláště pro výrobu oken a domovních dveří, různých stavebních prvků a pro vnější práce. Používá se pro lepení tvrdých a měkkých dřevin, exotických dřevin, překližek, dýh a pro lepení rohových ploch a různých namáhaných ploch (mimo PVC). Pro zpracování na nanášecích strojích může být dodáno nastavení s viskózně upravenou konzistencí s označením M10.

Propellerleim PROTECT- nastavení pro výrobce oken

Lepidlo Propellerleim 3W, 4B plus – PROTECT je speciální lepidlo zejména pro výrobce oken a dveří, které obsahuje ochranné komponenty proti pronikání vody do příčného dřeva a proti tvorbě plisní.

Vlastnosti a výhody lepidla 3W, 4B plus:

Atestováno IFT Rosenheim (institut okenní techniky) dle WATT '91, s výbornou pojivou silou při vyšších teplotách. Splňuje směrnici IFT „Lepení rohových spojů rámu dřevěných oken“.

Lepidlo k použití hotové, splňuje jako jednosložkové normu DIN EN 204/D3 a skupinu D4 ve vodotěsnosti. Dodatečně byl tento produkt testován na teplotní odolnost podle rosenheimského modelu s výsledkem výborné odolnosti. Zvláště při vysokých teplotách je dosažováno velmi dobrých výsledků cca 7,5 N/mm² při 80 °C. Lepidlo 3W, 4B plus bylo IFT podrobeno speciálnímu srovnávacímu testu s dvousložkovým lepidlem D4, kde docílilo výborných výsledků v těsnosti spáry a pojivé síle. I na povětrnosti bylo dosaženo výborných výsledků dle speciální směrnice IFT „Lepené profily dřevěných oken“.

Lepidlo 3W, 4B plus je mrazuvzdorné do -30 °C, ale nutno chránit před trvalým působením mrazu.

Doporučené podmínky pro zpracování:

Nanášené množství:	cca 120 - 150 g/m ² , podle druhu dřeva a nanášecího zařízení
Zpracování:	za studena i za tepla, pro ruční i strojový nános
Teplota zpracování:	15 - 20 °C doporučená teplota
Vlhkost dřeva:	10 - 12 %
Lisovací tlak:	2 - 5 kPa/cm ²
Pracovní čas:	5 - 8 minut (dle teploty místnosti). U nastavení pro strojní nanášení se prodlužuje pracovní čas na 15 minut
Bod tuhnutí:	3 - 5 °C (nejnižší teplota, při které lze pracovat)

Doby lisování:

Časový údaj v minutách	Teplota lepení			
	cca 20 °C	40 °C	70 °C	80 °C
Lepení spár	6 - 8	5	4	3
Dýhování	8 - 10	5	3	2
Plošné lepení DKS desky	10 - 12	5 - 6	3 - 4	2

Další zpracování:

Lepení za studena: po 25 - 20 minutách.

Lepení za tepla: po vychladnutí.

Směrnice pro zpracování:

Lepidlo před upotřebením ohřát na teplotu místnosti. Jestliže je lepidlo podchlazené nebo zmrzlé, mělo by se nechat roztát při normální teplotě (teplota místnosti) a před upotřebením dobře promíchat. Za těchto podmínek bude lepidlo homogenní. Po dobu schnutí musí být lepené spoje skladovány v temperovaných prostorech, aby mohlo lepidlo dobře prolouit a spára pevně zaschnout.

Výrobce: Rhenocoll-Werk e. K., Erlenhöhe 20, D-66871 Konken bei Kusel
Výhradní distributor pro ČR: Anna Bendová - RHENOCOLL, Havlovice 29, 34401 Domažlice
tel.: 379 724 676 · fax: 379 724 676 · e-mail: rhenocoll@rhenocoll.cz · www.rhenocoll.cz

ISO 9001

Technický list Propellerleim 3W, 4B Plus

Lepidlo na dřevo 3W, 4B Plus „vrtulový klíž“



Skladování:

V originálním balení možno skladovat 1 rok, chránit před mrazem, zabránit styku s kovovými předměty bez nerezové úpravy.

Bod vzplanutí a třída nebezpečnosti:

Není, ustanovení pro hořlaviny se nevztahují, není povinnost značit z důvodu obsahu nebezpečných látek. I při zpracování lepidel s nízkým obsahem škodlivin je nutno dodržet obvyklá ochranná opatření.

Klasifikace a označení přípravku:

Přípravek není ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb. v platném znění není klasifikován jako nebezpečný.

S 29 Nevylévejte do kanalizace
S 36/37 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice

První pomoc:

Zamezit přístupu dětí. Chránit se před vniknutím lepidla do očí.

Při nadýchání – žádná zvláštní opatření nejsou nutná, dýchat čerstvý vzduch.

Při potřísnění kůže – znečištěný a lepidlem promočený oděv ihned svléknout. Znečištěnou kůži důkladně omýt vodou a mýdlem nebo použít vhodný čistící prostředek. Nepoužívat žádná rozpouštědla nebo ředidla.

Při zasažení očí – roztáhnout víčka a minimálně 10 minut důkladně vymývat proudem čisté vody, poradit se s lékařem.

Při požití – vypláchnout ústa vodou a ihned konzultovat s lékařem. Nevymolávat zvracení.

Ekologie:

Nevylévat do vodstva a odpadních vod, nekontaminovat zeminu.

Informace o odpadech:

Nevylévat do kanalizace. Zbytky lepidla nechat zaschnout. Zneškodnit v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb. Kontaminovaný obal odevzdejte ve sběrných místech. Podle zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění, je zaschlý odpad možno přiřadit k druhu odpadu 08 04 10, kategorie O. Obal zbavený zbytků přípravku je zařazen podle druhu materiálu: 15 01 02, kategorie O plastové obaly.

Dodávaná balení:

500 g plastická lahev (jen nastavení standard)
750 g dóza (jen nastavení standard)
6 kg kbelík (jen nastavení standard)
12 kg kbelík
32 kg soudek
150 kg sud (jen nastavení standard a M10)
1000 kg kontejner (jen nastavení standard)

Upozornění:

Tyto údaje jsou údaji orientačními, jejich přesnost je ovlivněna teplotou místnosti, teplotou dřeva, relativní vlhkostí vzduchu, vlhkostí lepeného materiálu a dodržováním doporučených lisovacích a pracovních časů. Doporučujeme provést vždy zkoušku na konkrétní pracovní podmínky a druh výrobku. Výše uvedené údaje jsou údaji, jež ovlivňují konkrétní podmínky, proto nezakládají právní nárok.

S uveřejněním tohoto technického listu pozbývají veškeré dříve vydané technické listy platnosti.