

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nábytku, designu a bydlení

**Vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité
vlastnosti povrchových úprav dílců ze zadýchované DTD**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016/2017

Symerská Andrea

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti povrchových úprav dílců ze zadržované DTD vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

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

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

V Brně, dne

Podpis

Zde bych ráda poděkovala především vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Daniele Tesařové, Ph.D. za její odborné vedení a pomoc při vypracovávání mé práce. Dále paní Ing. Evě Jeřábkové a panu Ing. Petru Čechovi, Ph.D. za rady při laboratorních měřeních. A na závěr bych nejvíce chtěla poděkovat své rodině a blízkým za neomezenou podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Česky

Jméno: Andrea Symerská

Název bakalářské práce: Vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti povrchových úprav dílců ze zadýchované DTD

Abstrakt:

V předložené bakalářské práci je řešen vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti povrchových úprav a to konkrétně na zadýchovaných dílcích DTD a na inertním podkladu UP folie.

Na folii i DTD vzorky byly nanášený nitrocelulóзовý lak, vodou ředitelný lak, UV vytvrzovací lak a dva polyuretanové laky. Byly hodnoceny fyzikálně-mechanické vlastnosti laků dle stanovených norem a experimentálních zkoušek.

Výsledkem je vyhodnocení zásadnosti vlivu pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti povrchových úprav.

Klíčová slova: DTD, nátěrová hmota, nátěrový film, vliv, pevnost, pružnost, UV vytvrzovací lak, nitrocelulóзовý lak, polyuretanový lak, vodou ředitelný lak.

English

Name: Andrea Symerská

Title of bachelor's thesis: Effect elasticity and strength of a paint film on usable properties surface treatment work pieces veneered chipboard

Abstrakt:

The submitted thesis involves the effect elasticity and strength of a paint film on usable properties surface treatment specifically on work piece soft veneered chipboard and on inert substrate UP foil.

On foil and chipboard samples were painted nitrocellulose lacquer, water borne lacquer, UV curing lacquer and two polyurethane lacquer. Lacker were judged on physical and mechanical properties by standards and experimental testing.

There is the evaluation underlying effect elasticity and strength of a paint film on usable properties surface treatment.

Keywords: chipboard, paint, paint film, effect, strength, elasticity, UV curing lacquer, nitrocellulose lacquer, polyurethane lacquer, water borne lacquer.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
3.1	Nátěrové hmoty.....	12
3.1.1	Složení nátěrových hmot	12
3.1.1.1	<i>Netěkavé látky</i>	13
3.1.1.2	<i>Těkavé látky</i>	13
3.1.2	Tvorba a vznik nátěrového filmu.....	14
3.1.3	Pružnost nátěrového filmu	15
3.1.3.1	<i>Pružnost nátěrového filmu</i>	15
3.1.3.2	<i>Pružnost v tahu (Youngův modul)</i>	15
3.2	Popis nátěrových hmot pro dokončení dřevěného nábytku	16
3.2.1	Vodou ředitelná nátěrová hmota.....	16
3.2.2	Nitrocelulózová nátěrová hmota	16
3.2.3	Polyuretanové nátěrové hmoty	17
3.2.4	UV vytvrzovací nátěrové hmoty.....	17
3.3	Pružnost dřeva.....	18
3.3.1	Pružnost DTD	18
3.4	Vlhkost dřeva	19
4	MATERIÁLY, POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ A ZKUŠEBNÍ METODY.....	20
4.1	Materiály	20
4.1.1	Fólie	20
4.1.2	Křídový papír.....	20
4.1.3	Dřevotřísková deska (DTD).....	20
4.1.4	Dýha.....	20
4.1.5	Nátěrové hmoty.....	21

4.1.5.1	<i>Vodou ředitelná nátěrová hmota</i>	21
4.1.5.2	<i>Nitrocelulózová nátěrová hmota</i>	21
4.1.5.3	<i>Polyuretanové nátěrové hmoty</i>	21
4.1.5.4	<i>UV vytvrzovací nátěrové hmoty</i>	21
4.2	Použitá zařízení	22
4.2.1	Zařízení pro nános nátěrových hmot	22
4.2.2	Zařízení pro zkoušku tvrdosti pomocí Buchholze	23
4.2.3	Zařízení a pomůcky pro zkoušku přilnavosti mřížkou	23
4.2.4	Pomůcky pro zkoušku úderem kuličky.....	23
4.2.5	Zařízení a pomůcky pro zkoušku vrypem.....	24
4.2.6	Zařízení pro zkoušku trhání nátěrových filmů.....	24
4.2.7	Zařízení pro UV vytvrzování nátěrových filmů	25
4.3	Použité zkušební metody.....	25
4.3.1	Mřížková zkouška (ČSN EN ISO 2409).....	25
4.3.2	Zkouška pádem ocelové kuličky/odolnost proti úderu (ČSN 91 0277).....	26
4.3.3	Stanovení tvrdosti nátěru mikro tvrdoměrem (ČSN EN ISO 2815).....	27
4.3.4	Zkouška odolnosti vůči vrypu (BS 3962 část 6).....	27
4.3.5	Hodnocení vnitřního pnutí na křídovém papíru (ON 67 3077)	27
4.3.6	Hodnocení vláčnost /ohybu na křídovém papíru (ON 67 3077).....	28
4.3.7	Stanovení meze pevnosti nátěrového filmu (ČSN 42 0310).....	29
5	METODIKA	30
5.1	Příprava referenčních vzorku pro laboratorní výzkum	30
5.2	Postup řešení bakalářské práce.....	30
5.2.1	Nános nátěrových hmot a klimatizace vzorků	30
5.2.2	Příprava volných nátěrových filmů.....	31
5.2.3	Popis vzorků	32
6	VÝSLEDKY LABORATORNÍHO VÝZKUMU	33

6.1	Výsledky zkoušky odolnosti proti úderu.....	33
6.2	Výsledky zkoušky přilnavosti mřížkovou metodou.....	34
6.3	Výsledky zkoušky tvrdosti nátěru dle Buchholze.....	34
6.4	Výsledky zkoušky vrypem.....	37
6.5	Výsledky zkoušek na křídovém papíře	38
6.6	Výsledky měření meze pevnosti, meze protažení a Youngova modulu volných nátěrových filmů přístrojem INSTRON, 3365 Machine se softwarem Bluehill 2	39
6.7	Souhrnné vyhodnocení všech vlastností	46
7	DISKUSE.....	48
8	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU PRO PRAXI	50
9	ZÁVĚR	51
10	SUMMARY	52
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	53
12	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
13	SEZNAM TABULEK	56
14	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	57
15	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

1 ÚVOD

Nejen tvarem, způsobem výroby a opracováním, je dán pozitivní prvotní pocit z výrobku pro potenciálního uživatele výrobku, který je vyroben z masivního dřeva nebo z materiálu na bázi dřeva. Povrchová úprava má neodmyslitelnou hodnotu pro rozhodování při pořizování.

Povrchová úprava na výrobku jako celku, cenovou hodnotu výrazně nezmění, ale je velmi důležitá a to především v ochraně výrobku před mechanickým poškozením a tím životnost výrobku výrazně prodlužuje a zachovává pořizovací hodnotu déle.

Dále nátěrová hmota dodává výrobku konečný vzhled a to změnou barvy původního materiálu, vysokým leskem, nebo naopak matným vzhledem dle trendu doby či požadavku zákazníka.

Pro použití konkrétní nátěrové hmoty, pro zajištění uspokojivého výsledku musíme zvážit především, kde bude výrobek sloužit, či jako venkovní prvek či interiérový prvek. Dále se musí zohlednit, jak bude výrobek namáhán, zda bude plnit funkci dekorační či přímo užitnou. Toto jsou úplně nejzákladnější kritéria, dále se zohledňuje: druh materiálu, z kterého je výrobek vyroben, stáří výrobku, a technické dostupnosti pro vytvoření zvolené povrchové úpravy.

Nátěrové hmoty musí splňovat obecně požadavky dle stanovených norem lesk, světlostálost, přilnavost, tepelnou stabilitu, odolnost proti oděru a tvrdost.

V předložené bakalářské práci je hodnocen vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti, které jsou vyžadovány a to konkrétně pro výrobky z DTD. Nesmí se zapomenout, že dřevo mění své fyzikální a mechanické vlastnosti dle množství vody, která je ve dřevě nebo v materiálu na bázi dřeva obsažena.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce Vliv pružnosti a pevnosti nátěrového filmu na užité vlastnosti povrchových úprav dílců ze zadýchované DTD bylo:

- Připravit referenční vzorky (DTD-zadýchovaná, UP folie, křídový papír)
- Nanést nátěrové hmoty na vzorky
- Vybrat konkrétní zkoušky pro vyhodnocení mechanického a fyzikálního poškození nátěrového filmu
- Stanovit fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrových filmů na referenčních vzorcích z DTD
- Stanovení vnitřního pnutí a vláčnosti nátěrového filmu na křídovém papíru
- Stanovení mezního protažení volných nátěrových filmů tahovým zatížením
- Stanovit vztah mezi pevností nátěrového filmu a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi povrchové úpravy
- Stanovit vztah mezi délkou deformace při přetržení nátěrového filmu a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi povrchové úpravy
- Stanovit vztah mezi silou potřebnou pro přetržení nátěrového filmu a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi povrchové úpravy

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Nátěrové hmoty

Nátěrová hmota je souhrnným názvem pro materiály, kterých jsou součástí filmtvorné látky. Nátěrové hmoty lze nanášet v různých stavech: tekutém, těstovitém, nebo práškovém na podklad masivního dřeva, nebo na materiál na bázi dřeva.

Základní pojmy v souvislosti s aplikací nátěrových hmot:

- Nátěrová vrstva – každá vrstva nátěrové hmoty, která po zaschnutí vytvoří nátěrový film
- Nátěr – ucelený, zaschnutý povlak jedné, nebo více nátěrových vrstev
- Nátěrový systém – celková skladba vrstev nátěrové hmoty
- Nátěrový postup – podrobnosti zhotovení nátěru, tj. způsob nanášení NH podmínky zasychání a vytvrzování, veškeré mezioperace (Liptáková a Sedláčik, 1989)

Technologie nanášení nátěrových hmot se liší dle stavu a vlastností nátěrových hmot. Po nanesení a zaschnutí se nátěrová hmota změní na pevný povlak dokončovaného výrobku. Nátěrový film po zaschnutí tvoří celková skladba jednotlivých vrstev nátěrových hmot tzv. nátěrový systém. Pro splnění ochranného a estetického efektu musí být všechny vrstvy nátěrového systému vzájemně kompatibilní. (Tesařová, 2014)

3.1.1 Složení nátěrových hmot

Základní složky:

- Pojivo, pryskyřice z přírodních surovin, syntetických polymerů, upravených polymerů
- Barviva, pigmenty
- Rozpouštědla, ředidla, reaktivní rozpouštědla
- Tužidla, tvrdidla, urychlovače, iniciátory
- Povrchově aktivní látky
- UV absorbéry

- UV iniciátory, foto iniciátory
- Plniva
- Matovadla, (Tesařová, 2014)

3.1.1.1 Netěkavé látky

Pojíva

Jiným názvem také lze označit jako filmotvorné látky, které se po vytvrzení nevypaří, ale spojí části nátěrové hmoty a vytvoří nátěrový film. (Tesařová, 2014)

Při přípravě NH se používají tyto skupiny filmotvorných látek: vysychavé oleje, přírodní pryskyřice, zušlechtěné pryskyřice, deriváty celulózy, deriváty kaučuku, smoly a bílkoviny, dále taky další přírodní látky a syntetické pryskyřice.

(Liptáková a Sedliačik, 1989)

Pigmenty a barviva

Barvicí prostředky organického a anorganického původu, které nejsou rozpustné ani v rozpouštědlech ani filmotvorných látkách. Dodávají barevný odstín a kryvost nátěrové hmotě. (Tesařová, 2014)

Aditiva

Aditiva neboli povrchově aktivní látky zlepšují vlastnosti nátěrových hmot, usnadňují přípravu a nános. Do této skupiny patří například tužidla, tvrdidla, plniva, absorbéry UV záření, matovadla, povrchově aktivní látky. (Tesařová, 2014)

3.1.1.2 Těkavé látky

Složky sloužící k úpravě viskozity nátěrových hmot. Nepodílí se na tvoření nátěrového filmu. Z nátěru se během vytvrzování odpaří, nebo mohou difundovat do dokončovaného podkladu. (Liptáková a Sedliačik, 1989)

Rozpouštědla

Rozpouštědla jsou tekuté látky sloužící k rozpouštění filmotvorných látek v nátěrových hmotách. (Liptáková a Sedliačik, 1989)

Ředidla

Pomocí ředidel upravujeme viskozitu nátěrových hmot dle potřeby pro konkrétní technologii nanášení. Dále se také používají pro čištění nanášecích zařízení a pomůcek. (Liptáková a Sedliačík, 1989)

Ředidla i rozpouštědla se nanesením nátěrové hmoty začnou odpařovat a znečišťují ovzduší. Výjimkou je voda, ve vodou ředitelných nátěrových hmotách. (Tesařová, 2014)

Reaktivní rozpouštědla

Rozpouštědla, která se neodpařují a neznečišťují ovzduší. Upravují reologické vlastnosti nátěrových hmot. Po nanesení se spojí s pojivky a stanou se součástí nátěrového filmu. (Tesařová, 2014)

3.1.2 Tvorba a vznik nátěrového filmu

Po nánosu nátěrové hmoty dochází k vysoušení a vytvrzování, během toho probíhá děj, kdy se změní kapalný stav nátěrové hmoty na stav pevný. (Tesařová, 2014)

Způsoby, kdy k této přeměně dochází, mohou být různé a dělí se na fyzikální vytvrzující chemickou reakci a nátěrové hmoty vytvrzující pomocí záření.

Fyzikálně zasychající

V této skupině jsou nátěrové hmoty, z kterých se při zasychání nátěrového filmu odpaří ředidla a rozpouštědla, netěkavé částice zůstávají na povrchu a vytváří nátěrový film. Tento proces lze urychlit a zkrátit, vyšší teplotou pomocí IRM zařízení a dostatečným intenzivním odsáváním (Nutsch a kol., 2006)

Vytvrzující chemickou reakcí

Tyto nátěrové hmoty vytvrzují chemickou reakcí dvou nebo více složek. Složkami, kterými se přítomná chemická reakce spustí, jsou tvrdidla/tužidla. Tvrdidla/tužidla spustí reakci vytvrzování, které probíhá v různých rychlostech u různých nátěrových hmot. (Tesařová, 2014)

Nátěrové hmoty vytvrzující pomocí záření

Myslíme především nátěrové hmoty vytvrzující zářením UV (ultrafialovým zářením) nebo EBC (tvrditelné proudem elektronů), kdy je záření eliminováno příslušnými lampami.

Aby nátěrové hmoty mohly být tímto zařízením vytvrzeny, musejí obsahovat fotoiniciátory, které pohltí vyzařovanou energii. Při předání energie a iniciaci vzniknou z monomerů radikály, jenž vytvoří příčné vazby mezi pojivy. Vzniká tak polymerní síť pojiv. (Tesařová, 2014)

3.1.3 Pružnost nátěrového filmu

3.1.3.1 Pružnost nátěrového filmu

Pružnost, vláčnost a tažnost nátěrového filmu jsou mezi hlavními vlastnostmi důležité pro vyhodnocení vlastnosti nátěrových hmot v této práci. U nátěrových filmů tuto fyzikální vlastnost a vlastnosti polymerů pojivové báze, zejména jejich molekulovou hmotnost a délku hlavního řetězce ovlivňují látky, které patří do skupiny přídatných látek, tzv. změkčovadla.

Změkčovadla, mohou být v kapalném, nebo tuhém stavu, jejich účinek spočívá v oslabení kohezních sil makromolekulových látek. Jednotlivé molekuly změkčovadla se vmísí mezi molekuly polymerů nátěrových hmot, sníží velikost sekundárních sil mezi makromolekulami a způsobí tak zvýšení pohyblivosti řetězce, čímž se zvyšuje vláčnost/pružnost suchého nátěrového filmu.

(Liptáková a Sedláčik, 1989)

3.1.3.2 Pružnost v tahu (Youngův modul)

Pružnosti vyjádříme souvislost mezi deformací a napětím pevného tělesa. Výpočet pružnosti vychází z Hookeova zákona elasticity, který se vztahuje k namáhání v tlaku a tahu. Jelikož jsou tyto výsledné hodnoty malé, používají se převrácené hodnoty E, které se označují jako modul pružnosti v tahu = Youngův modul.

(Horák a Krupka, 1981)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E- Youngův modul pružnosti (MPa)

σ - mechanické napětí v tahu (MPa)

ε - poměrné prodloužení při napětí : $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$

Δl - prodloužení (mm)

l_0 - původní délka (mm)

3.2 Popis nátěrových hmot pro dokončení dřevěného nábytku

3.2.1 Vodou ředitelná nátěrová hmota

Ředidlem je voda. Pojivy v těchto nátěrových hmotách jsou syntetické pryskyřice, např. polyuretanové, polyesterové a akrylové pryskyřice a kopolymery díky tomu, že jsou rozpustné ve vodě a organických rozpouštědlech. Molekuly těchto pryskyřic jsou hydrofobní. Tyto nátěrové hmoty se nesmí skladovat pod bodem mrazu. Dle použitého pojiva mohou vysychat jak fyzikálně, tak chemicky. Nátěrové hmoty mohou být jak transparentní tak pigmentové.

Hlavní vlastnosti:

- dobrá přilnavost a elasticita
- stálost na světle
- zdravotně nezávadný
- nelze dosáhnout vysokého lesku (Wolfgang Nutsch a kol., 1999)

3.2.2 Nitrocelulózová nátěrová hmota

Tato nátěrová hmota patří mezi velmi známé a dříve nejrozšířenější používané povrchové úpravy. Pojivem této nátěrové hmoty je z hlavní části nitrát celulózy. (Tesařová, 2014)

Nitrocelulózové nátěrové hmoty patří do druhů roztoků nitrocelulózy řady E tedy, že jsou rozpustné v esterech. Děli se jako:

- vysoko viskózní – velmi malá sušina, vysoká pružnost a pevnost v tahu největší odolnost povětrnostem.

- nízko viskózní – vyšší sušina, plnější, méně pružné, malá odolnost povětrnostem
- středně viskózní – nižší sušina, plnicí schopnost, odolnost povětrnostem

(Jarušek a kol. 1998)

Nitrocelulózní nátěrové hmoty se vyznačují rychlým zasycháním. Po nanesení dochází k rychlému odpaření rozpouštědla a vytvoří se povrchově zaschlý nátěr. (Hartman, Lukavský a Svoboda, 1988)

Hlavní vlastnosti:

- rychle zasychá a je velmi tvrdý
- snadno zápalný
- špatná odolnost vůči oděru (Nutsch a kol., 1999)

3.2.3 Polyuretanové nátěrové hmoty

Polyuretanové nátěrové hmoty se vyrábějí jako jednosložkové, dvousložkové a vodou ředitelné, nebo rozpouštědlové. Při použití těchto nátěrových hmot dosáhneme vysoce kvalitního povrchu, který je odolný a má dobré hygienické vlastnosti. Tyto hmoty zasychají fyzikálním systémem a chemickou reakcí. Jednosložkové nátěrové hmoty vytvrzují odpařením rozpouštědla a polyadici pojiva, polyadiční reakcí, které obsahuje polyizokyanátovou skupinu se vzdušnou vlhkostí. Dvousložkové nátěrové hmoty obsahují izokyanátovou složku. (Tesařová, 2014)

Hlavní vlastnosti:

- tvrdost a pružnost
- nehořlavé, odolné proti chemikáliím
- odolné mechanickému poškození (Wolfgang Nutsch a kol., 1999)

3.2.4 UV vytvrzovací nátěrové hmoty

Nátěrové hmoty takto vytvrzující patří do jednotné skupiny bezrozpouštědlových nátěrových hmot. Tímto názvem jsou označovány nátěrové hmoty, jejichž úbytek hmotnosti vytěkáním je menší než 10 %. (Jarušek, 1987)

Pojivky u těchto nátěrových hmot, jsou tzv., UV-akryláty neboli, nenasycené akryláty.

Hlavní vlastnosti:

- tvrdost
- vyšší odolnost vůči mechanickému poškození
- odolnost vůči chemikáliím

3.3 Pružnost dřeva

Pružnost dřeva především v ohybu popisuje modul pružnosti, který vyjadřuje odpor proti zdeformování. Modul pružnosti je rozdílný u mokrého a suchého dřeva, kdy u suchého se modul pružnosti pohybuje do 20 000 MPa a u mokrého pouze do 12 000 MPa. Pružnost lze matematicky vyjádřit pomocí Hookeova zákona, kterým je vztah mezi napětím a deformací a popisuje elasticitu (pružnost) malých deformací.

Při tahovém zatížení je dřevo křehké, po dosažení maximální meze pevnosti nastává okamžitá destrukce dřeviny. Znamená to, že nedochází k nějaké postupně sledovatelné deformaci. Stejně se chovají i jiné materiály, jako třeba sklo, keramika, atd., dřevo se takto chová pouze při zatížení v tahu. (Matovič, 1993)

Nároky na pružnost nátěrového filmu kladou také rozměrové změny dřeva za příčiny změny vlhkosti.

Těmito vlastnostmi jsou, bobtnání a sesychání dřeva. Bobtnáním rozumíme zvětšování dřeva v rozměrech a objemu. Bobtnání je schopnost přijímat vodu vázanou a to v rozmezí 0 % - MH (mez hygroskopicity) Sesycháním rozumíme opačný jev bobtnání, tedy zmenšování rozměrů a objemu dřeva, schopnost ztráty vody vázané. (Gandelová a kol., 2009)

3.3.1 Pružnost DTD

Tuto vlastnost určují faktory při výrobě zmíněné v kapitole Materiály. Pružnost je schopnost odolávat deformacím a nabýt původní tvar a rozměr. Pevnostní vlastnosti se hodně mění s druhem a dobou působení vnějších sil. Modul pružnosti u dřevotřískových desek se pohybuje v rozmezí 150 až 250 MPa.

3.4 Vlhkost dřeva

Vlhkosti dřeva se myslí přítomnost vody ve dřevě. Dřevo je k okolnímu prostředí hygroskopický materiál, který má schopnost vodu/vlhkost přijímat, ale i odevzdávat. Vlivem hygroskopicity dřevo v podstatě pořád nějakou vodu obsahuje a ta ovlivňuje vlastnosti dřeva jako výrobního materiálu, které se díky ní ve většině případu zhoršují.

Změna vody ve dřevě je doprovázená např., rozměrovými změnami, které ovlivňují technologické postupy opracování. Těmi to rozměrovými změnami je také namáhán nátěrový film povrchové úpravy a to především tahovým napětím.

(Gandelová a kol., 2009)

4 MATERIÁLY, POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ A ZKUŠEBNÍ METODY

4.1 Materiály

V rámci řešení bakalářské práce byly použity vzorky UP fólie, křídový papír, dýhovaná DTD dýhou borovice a nátěrové hmoty.

4.1.1 Fólie

Fólie byla použita pro nános nátěrových filmů, které byly následně z tohoto materiálu sloupnuty. Lze použít i jiné materiály, ale díky vlastnostem pro snadné sloupnutí volných nátěrových filmů byla zvolena UP folie. Fólie je odolná vůči UV záření, alkoholům, tukům, olejům, kyselinám, zásadám, atd. Folie byla rozdělena na části o rozměru 150 x 100 mm.

4.1.2 Křídový papír

Papír má charakter povrchu přirovnatelný k vybroušenému tmelu a jeho ohebnost je velmi dobře využitelná pro zkoušky vnitřního pnutí nátěrového filmu a odolnosti při ohybu. Křídový papír se běžně v praxi používá pro grafické účely. Jeho tloušťka 0,08 mm odpovídá gramáži 90-120 g / m².

4.1.3 Dřevotřísková deska (DTD)

Jedná se o aglomerovaný materiál vyrobený z drcené dřevní hmoty, lepený různými způsoby a lisovaný do velkoplošných dílců. Vlastnosti jsou charakterizovány v normě ČSN 49 2614.

(Hrázský a Král, 2007)

4.1.4 Dýha

Dýhy jsou tenké listy dřeva oddělované od kmene, několika technologickými postupy, krájením, loupáním, nebo řezáním. (Wolfgang Nutsch a kol., 2006)

Při řešení bakalářské práce byla použita dýha borovice.

4.1.5 Nátěrové hmoty

V této kapitole jsou konkrétní nátěrové hmoty, které byly použity při vypracovávání práce.

4.1.5.1 Vodou ředitelná nátěrová hmota

- AF 7220 – Základo – vrchní nátěrová hmota, chemická a mechanická odolnost

4.1.5.2 Nitrocelulózo­vá nátěrová hmota

- CELOMAT C 1038 – rychle schnoucí, UV filtr zabraňující žloutnutí dřeva
- NITROŘEDIDLO C 6000 – pro nitrocelulózové nátěrové hmoty

4.1.5.3 Polyuretanové nátěrové hmoty

- AXAPUR LESK U 1010 – odolný, pružný a tvrdý
- TUŽIDLO U 7002 – poměr tužení: 12 : 1, odolné vůči žloutnutí a povětrnostním podmínkám
- ŘEDIDLO U 6002

Druhý použitý lak:

- ZÁKLADOVÝ LAK TU 141 – odolný, používán na namáhané plochy
- KONEČNÝ LAK TZ 6220 – vynikající mechanická odolnost
- TUŽIDLO TH 720 – poměr tužení: 10 : 5 : 3, odolné žloutnutí, univerzální pro základový i konečný lak
- ŘEDIDLO DT 1150 – univerzální pro základový i konečný lak

4.1.5.4 UV vytvrzovací nátěrové hmoty

- Akrylátový lak vzorek číslo 2

4.2 Použitá zařízení

4.2.1 Zařízení pro nános nátěrových hmot

- Laboratorní váhy KERN EW 3000 – 2M
 - Rozsah možnosti vážení 0,5 g – 3000 g
 - Přesnost vážení těchto vah 0,5 g
 - 1 dílek = 1 g



Obr. 1: Laboratorní váhy – vlastní fotografie

- Nanášecí kovové pravítko



Obr. 2: Nanášecí pravítko – vlastní fotografie

4.2.2 Zařízení pro zkoušku tvrdosti pomocí Buchholze

- Přístroj FL – 2000 H
 - 1 dílek = 1 μm



Obr. 3: Buchholz FL – 2000 H – vlastní fotografie

4.2.3 Zařízení a pomůcky pro zkoušku přilnavosti mřížkou

- Zařízení pro vyřezání přesné mřížky BYK – byko-cut



Obr. 4: BYK – byko – cut – vlastní fotografie

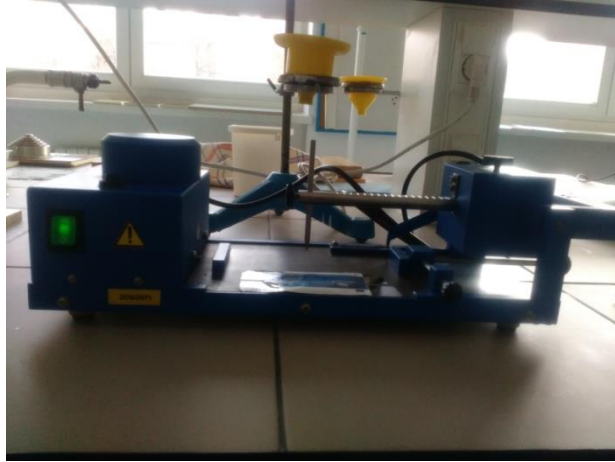
- Lepicí páska (Izolepa)

4.2.4 Pomůcky pro zkoušku úderem kuličky

- Ocelová kulička o průměru 15 mm a hmotnosti 28,17 g
- Plastová trubka o délce 2000 mm a průměru 50 mm

4.2.5 Zařízení a pomůcky pro zkoušku vrypem

- Přístroj Scratch Hardness Tester, Model 239 II
- Tuk 100%
- Lupa



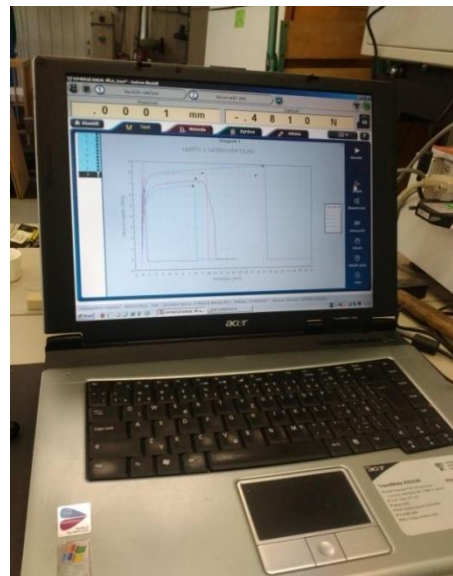
Obr. 5: Scratch Hardness Tester – vlastní fotografie

4.2.6 Zařízení pro zkoušku trhání nátěrových filmů

- Přístroj INSTRON, 3365 Machine Serial Number Locator
 - Kapacita 5kN
 - Max. rychlost posuvu čelistí 1000 mm / min
 - Testovací vertikální prostor 1193 mm



Obr. 6: Čelisti trhacího zařízení - vlastní fotografie



Obr. 7: PC s vyhodnocovacím softwarem - vlastní fotografie

4.2.7 Zařízení pro UV vytvrzování nátěrových filmů



Obr. 8: UV vytvrzovací zářič s LED lampami – vlastní fotografie

4.3 Použité zkušební metody

Během řešení bakalářské práce byly použité tyto zkušební metody pro hodnocení fyzikálních a mednických vlastností.

4.3.1 Mřížková zkouška (ČSN EN ISO 2409)

Touto zkouškou se vyhodnocuje přilnavost nátěrového filmu. Hodnotí se oddělení nátěrového filmu od podkladového materiálu. Zkouška se provádí pomocí břitů, kterými se prořeže nátěrový film v mřížce. Rozteče mezi břity se zvolí dle tloušťky nátěrového filmu, námi zvolená rozteč byla 2 mm. Na takto připravenou mřížku se nalepila lepicí páska (Izolepa), která byla následně pod úhlem 60° stržena a vzorek byl následně hodnocen dle příslušné tabulky z hodnocením.

Tab. 1: Klasifikace zkušebních výsledků mřížkovou zkouškou

Stupeň hodnocení	Popis
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezu a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 % celé plochy.
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezu, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 %, ale menší než 35 %.
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezu a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 %, ale méně než 65 %.
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4.

Zdroj: ČSN EN ISO 2409

4.3.2 Zkouška pádem ocelové kuličky/odolnost proti úderu (ČSN 91 0277)

Zkouška spočívá v odolnosti nátěrového filmu vůči pádu ocelové kuličky. Pro zkoušku byla použita ocelová kulička o průměru 15 mm a hmotnosti 28,17 g. Kulička byla pouštěna z výšky dvou metrů na dokončené dřevěné vzorky a to na každý vzorek třikrát. Výška dvou metrů byla zajištěna pomocí plastové trubky o průměru 50 mm. Po dopadu bylo poškození hodnoceno pod lupou a dle stanovené tabulky určováno poškození. Za výsledek se považuje aritmetický průměr zkoušených vzorků.

Tab. 2: Hodnocení poškození úderem

Stupeň hodnocení	Popis
1	Žádné viditelné změny
2	Žádné trhliny v povrchu a stopa po úderu je za ideálních podmínek pozorování nepatrně viditelná.
3	Lehké trhliny na povrchu, obvykle jedna nebo dvě kruhové praskliny kolem, stopy úderu, trhliny nemusí vytvářet úplnou kružnici, jen obvodové úseky.
4	Těžké praskliny omezené na stopu po úderu
5	Trhliny sahají mimo stopu po úderu, odprýsknutí nátěru.

Zdroj: ČSN 91 0277

4.3.3 Stanovení tvrdosti nátěru mikro tvrdoměrem (ČSN EN ISO 2815)

Podstatou zkoušky je zjištění tvrdosti nátěrového filmu prostřednictvím stanovení hloubky vniknutí pomocí mikro tvrdoměru FL – 2000 H.

Zkušební vzorek se položí na vodorovný podklad a umístí se na něj měřicí přístroj. Přístroj se vynuluje a hrot přístroje se spustí na povrch vzorku. Výsledky měření jsou k dispozici po 30 sekundách. Přístroj zobrazí hodnoty hloubky vniknutí v mm, které se následně převedou na μm .

4.3.4 Zkouška odolnosti vůči vrypu (BS 3962 část 6)

Tato zkouška spočívá v rytí rydla v ploše zkoušeného vzorku. Rytí se provádí až na podklad, na kterém je nanesen lakový film. Součástí zařízení, je posuvné závaží, které lze přidávat a to v rozsahu od 1,5 N do 14 N.

Rycí zařízení je pohyblivé přes upevněný vzorek. Rydlo je umístěno kolmo na směr posuvu přístroje. Rychlost tohoto posuvu je konstantní $20 \pm 5 \text{ mm / s}$.

Hodnocení se provádí v závislosti hmotnosti zatížení a postupného až celkového prorytí nátěrového filmu na podkladový materiál.

4.3.5 Hodnocení vnitřního pnutí na křídovém papíru (ON 67 3077)

Tato zkouška probíhá pomocí hodnocení deformace křídového papíru, respektive jeho zprohýbání po vytvrzení nátěrových hmot.

Hodnocení probíhá po vytvrzení nátěrového filmu při teplotě okolo 20°C . Vnitřní pnutí nátěrového filmu se projeví po vytěkání posledních stop rozpouštědel a to zvedáním, nebo také úplným stočením křídového papíru.

Tab. 3: Stupnice hodnocení vnitřního pnutí

Stupnice	Popis hodnocení
1	Papír je úplně rovný po vytvrzení
2	Papír je slabě zvlněný, okraje zvednuty do výšky 40 mm
3	Papír je zvlněn do tvaru písmene U
4	Papír se zkrucuje, okraje se dotýkají
5	Papír se stočí do svitku

Zdroj: ON 67 3077

4.3.6 Hodnocení vláčnost /ohybu na křídovém papíru (ON 67 3077)

K této zkoušce slouží také vzorky nátěrových hmot nanesených na křídovém papíru. Dále potřebujeme k této zkoušce kovové válečky o průměrech 15 mm, 13 mm a 5 mm. Zkouška spočívá v ohýbání papíru postupně přes jednotlivé válečky.

Po jednotlivých přehybech přes válečky se papír prohlíží a zkoumá se, zda lak na něm nanesený se nějak porušil, neboli popraskal. Takto postupujeme od největšího průměru válečku po nejmenší, pokud se neobjeví nějaké poškození.

Pokud se poškození neprojeví ani po přehnutí papíru přes nejmenší průměr válečku, následuje vlastnoruční zkouška a to úplné přeložení papíru a hodnocení se provádí stejné. Na vyhodnocení je také užívána stupnice hodnocení.

Tab. 4: Stupnice hodnocení vláčnosti/ohybu

Stupnice	Popis hodnocení
5	NF popraskal při \varnothing 15mm
4	NF popraskal při \varnothing 13 mm
3	NF popraskal při \varnothing 5 mm
2	NF popraskal při přeložení papíru
1	NF nepopraskal při, žádném namáhání

Zdroj: ON 67 3077

4.3.7 Stanovení meze pevnosti nátěrového filmu (ČSN 42 0310)

Zkouška stanovení meze pevnosti volných nátěrových filmů. Nátěrové filmy byly rozděleny řezacím nástrojem na rozměrově specifické vzorky o rozměrech 10 x 60 mm. Jednotlivé vzorky jsou umístěny do čelistí jednoosého zařízení určeného k trhání tzv. trhačky.

Podstatou této zkoušky je zatížení volného nátěrového filmu. Zatížení probíhá plynule a stejnosměrně do přetržení filmu. Na výstupu registrujeme protažení nátěrového filmu při přetržení, síly potřebné pro přetržení a potřebné zatížení k přetržení. Výsledkem je souhrn hodnot a průběh mechanických vlastností nátěrových filmů a stanovení meze pevnosti lakového filmu.

5 METODIKA

5.1 Příprava referenčních vzorku pro laboratorní výzkum

Byly vybrány vzorky s dýhou borovice o rozměrech 150 x 90 mm. Vzorky byly zbavené nečistot a přebroušeny brusným papírem zrnitosti 120 a 180. Pro každou ověřovanou povrchovou úpravu byly připraveny 4 tyto vzorky dle požadavků normy.

Dále byly připraveny listy křídového papíru a to ve formátu o šířce 90 mm a délce 210 mm.

Dalšími vzorky, které byly zhotovené, byly vzorky volných nátěrových filmů. Jednotlivé nátěrové hmoty byly nanесeny na UP fólii, na které se nechaly zaschnout a vytvrdit, v případě UV laku byly nátěry vytvrzeny v UV zařízení. Po té byly jednotlivé nátěrové filmy z folie sloupnuty a nastříhány na malé vzorky o rozměrech 60 x 10 mm. Následně byly vybrány vzorky bez poškození, jako jsou prasklinky, bublinky, nečistoty.

Všechny nánosy byly provedeny pomocí nanášecího pravítka.

5.2 Postup řešení bakalářské práce

5.2.1 Nános nátěrových hmot a klimatizace vzorků

Následně byly zvoleny jednotlivé ověřované nátěrové hmoty pro laboratorní výzkum: nitrocelulósová, vodou ředitelná, polyuretanové a UV vytvrzující nátěrová hmota. Následovalo vypočítání navážky nátěrové hmoty pro jednotlivé vzorky na základě plochy každého z nich. Před nánosem na zadýhovanou DTD proběhly přípravné operace pro nános nátěrových hmot. Vzorky byly přebroušeny a očištěny od nečistot. Následoval 1. nános nanášecím pravítkem, zasychání, pak byly nátěrové filmy přebroušeny a vzorky znovu očištěny. Následoval 2. nános, zasychání a vytvrzování. Následně byly vzorky klimatizovány při pracovní teplotě 22 °C a vlhkosti 45 – 55 % po dobu 28 dnů.

Nitrocelulózoá NH 1. nános: 1. 2. 2017, 2 nános: 2. 2. 2017
Vodou ředitelná NH 1: nános: 2. 2. 2017, 2 nános: 6. 2. 2017
Polyuretanová 1 NH 1 nános: 6. 2. 2017, 2 nános: 7. 2. 2017
Polyuretanová 2 NH 1 nános: 6. 2. 2017, 2 nános: 8. 2. 2017
UV vytvrzovací NH 1 nános: 17. 2. 2017, 2 nános: 17. 2. 2017

Dále byly jednotlivé nátěrové hmoty naneseny na křídový papír a na UP fólii. Po době potřebné k vytvrzení jednotlivých filmů, byl proveden druhý nános i na těchto podkladech.

Následně byly vzorky klimatizovány při pracovní teplotě 22 °C a vlhkosti 45 – 55 % po dobu 28 dnů, než proběhly jednotlivé zkoušky. Klimatizace se netýkala nátěrových filmů na UP folii z důvodu potřeby sloupnutí filmů, které jak bylo při zkušebním nánosu zjištěno, po vytvrzení a nechání klimatizovat, nešly sloupnout v potřebné kvalitě. Klimatizace těchto vzorků, při pracovní teplotě 22 °C a vlhkosti 45 – 55 %, proběhla tedy až po sloupnutí.

5.2.2 Příprava volných nátěrových filmů

Volné nátěrové filmy byly připraveny na UP folii a po vytvrzení byly postupně sloupnuty. Při tomto kroku bylo zapotřebí použít teplou vodu pro snížení křehkosti a lámání nátěrových filmů. Nátěrové hmoty byly všechny naneseny ve dvou vrstvách. A to ve dvou silnějších vrstvách, jelikož při zkušebním nanášení bylo zjištěno, že jedna nebo dvě tenké vrstvy nebylo možné z folie odloupnout v dostatečném tvaru pro zhotovení zkušebních dílků/vzorků.

Posledním krokem před zkouškou bylo vytvoření jednotlivých zkušebních dílků/vzorků volných nátěrových filmů. Pomocí pravítka a zalamovacího nože byly z filmu, nařezány dílky/vzorky o rozměrech 60 x 10 mm. Z takto připravených dílků/vzorků nátěrových filmu byly pomocí lupy vybrány pouze ty, které nebyly nijak poškozené tedy bez prasklinek po řezu, bublinek a nečistot.

Dále byly jednotlivé dílky/vzorky pomocí posuvného měřítka, roztřízeny podle tloušťky, což bylo pro zkoušku stanovení meze pevnosti udané jako podmínka pro trhací zařízení.

Posledním krokem bylo umístění vzorků do čelistí trhacího stroje a bylo provedeno trhání vzorků nátěrových filmu.

Výsledkem jsou protokoly, které zhotovil počítač se softwarem Bluehill 2 připojeným na trhací zařízení.

5.2.3 Popis vzorků

Tab. 5 : Popis, označení vzorků a průměrné nánosy NH

Popis, označení vzorků a průměrné nánosy NH							
Označení vzorků	Podklad	Nátěrová hmota (základ)	1. nános	Po vytvrzení	Nátěrová hmota (konečná)	2. nános	Suma nánosu
			g/m ²	g/m ²		g/m ²	g/m ²
NC	DTD	CELOMAT C 1038	1,25	0,95		1,25	3,45
NC	Kříd. Papír	CELOMAT C 1038	3,15	2,96		3,15	9,26
NC	Fólie	CELOMAT C 1038	1,68	0,22		1,68	3,58
VŘ	DTD	AF 7220	1,47	1,13		1,47	4,07
VŘ	Kříd. Papír	AF 7220	3,57	3,23		3,57	10,37
VŘ	Fólie	AF 7220	1,68	0,2		1,68	3,56
PUR 1	DTD	AXAPUR LESK U 1010	1,47	1,11		1,47	4,05
PUR 1	Kříd. Papír	AXAPUR LESK U 1010	2,67	2,33		2,67	7,67
PUR 1	Fólie	AXAPUR LESK U 1010	1,68	0,24		1,68	3,6
PUR 2	DTD	ZÁKLADOVÝ LAK TU 141	1,47	1,09	KONEČNÝ LAK TZ 6220	1,47	4,03
PUR 2	Kříd. Papír	ZÁKLADOVÝ LAK TU 141	3,51	3,21	KONEČNÝ LAK TZ 6220	3,51	10,23
PUR 2	Fólie	ZÁKLADOVÝ LAK TU 141	1,68	0,2	KONEČNÝ LAK TZ 6220	1,68	3,56
UV	DTD	VZOREK 2	1,47	1,17		1,47	4,11
UV	Kříd. Papír	VZOREK 2	4,3	4,24		4,3	12,84
UV	Fólie	VZOREK 2	1,68	0,23		1,68	3,59

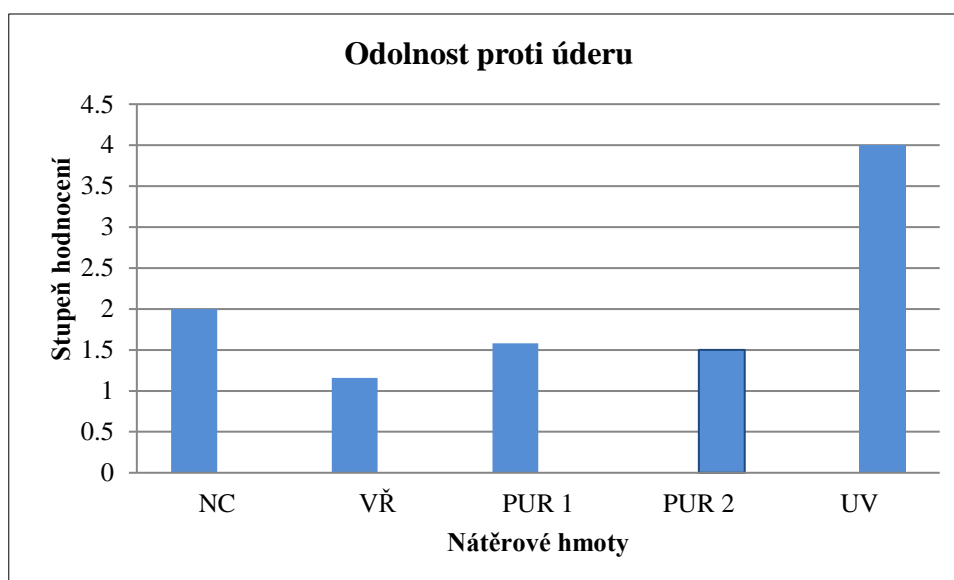
6 VÝSLEDKY LABORATORNÍHO VÝZKUMU

V této kapitole nalezneme veškeré výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností ověřovaných povrchových úprav i výsledky měření mezní pevnosti a mezního prodloužení volných nátěrových filmů.

6.1 Výsledky zkoušky odolnosti proti úderu

Tab. 6: Hodnocení poškození po úderu

Druh NH	Stupeň hodnocení
NC	2
VŘ	1,16
PUR 1	1,58
PUR 2	1,5
UV	4



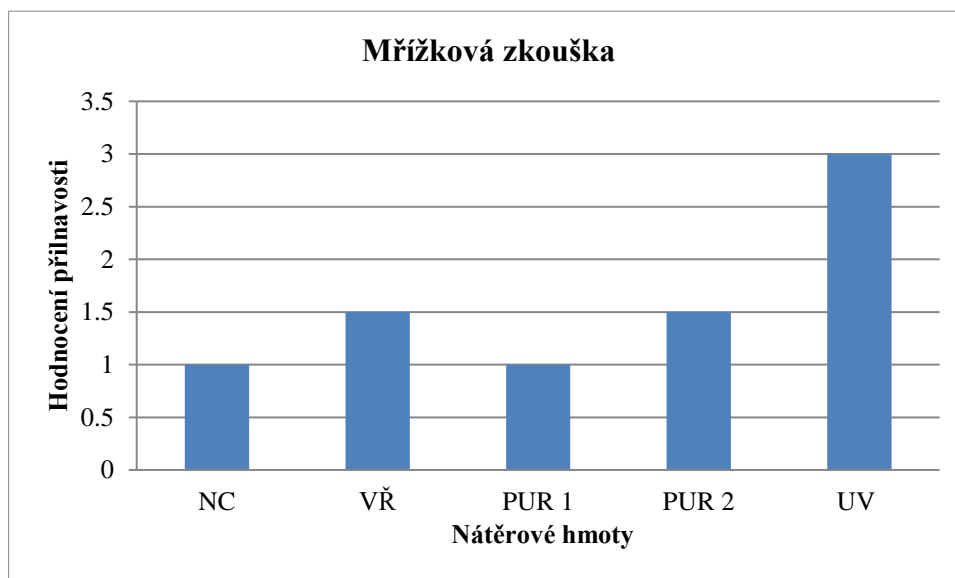
Obr. 9: Odolnost proti úderu

Z tabulky (tab. 7) a grafu (obr. 9) vidíme, že největší poškození nátěrového filmu se projevilo u nátěrové hmoty UV vytvrzující, kdy poškození dosáhlo stupně 4. Naopak nejmenší poškození se projevilo na nátěrovém filmu vodou ředitelné nátěrové hmoty.

6.2 Výsledky zkoušky přilnavosti mřížkovou metodou

Tab. 7: Hodnocení poškození nátěrového filmu po zkoušce mřížkou

Druh NH	Stupeň hodnocení přilnavosti
NC	1
VŘ	1-2
PUR 1	1
PUR 2	1-2
UV	3



Obr. 10: Mřížková zkouška

6.3 Výsledky zkoušky tvrdosti nátěru dle Buchholze

Tab. 8: Hodnocení tvrdosti Nitrocelulóзовé nátěrové hmoty dle Buchholze

Nátěrová hmota	Podel	Napříč
	μm	μm
NC		
Průměr	30	17
Maximum	45	24
Minimální	12	12
Směrodatná odchylka	1,78	0,59
Medián	31	16,75

Tab. 9: Hodnocení tvrdosti Vodou ředitelné nátěrové hmoty dle Buchholze

Nátěrová hmota	Podel	Napříč
	μm	μm
VŘ		
Průměr	29	17
Maximum	44	27
Minimální	12	12
Směrodatná odchylka	0,73	0,82
Medián	30,75	16,25

Tab. 10: Hodnocení tvrdosti Polyuretanové 1 nátěrové hmoty dle Buchholze

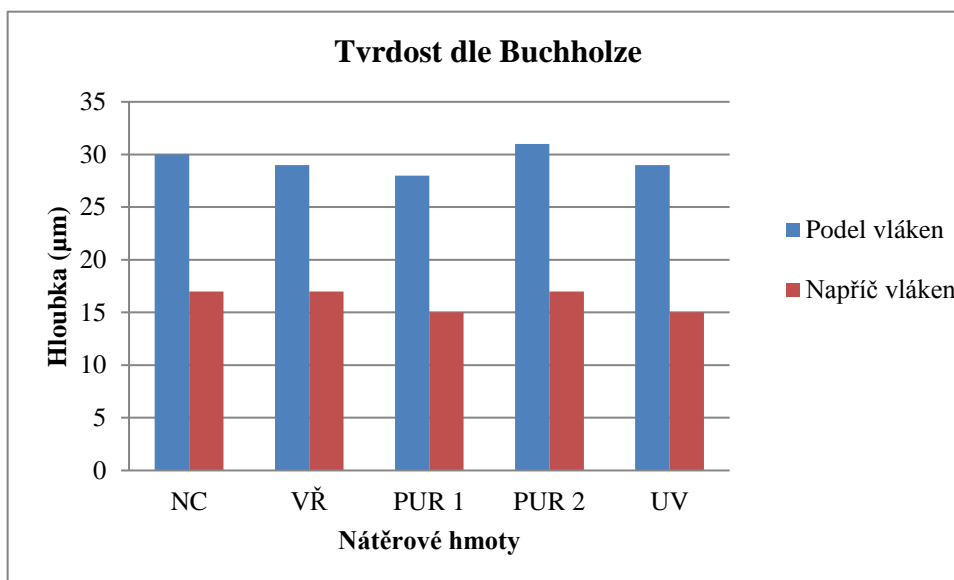
Nátěrová hmota	Podel	Napříč
	μm	μm
PUR 1		
Průměr	28	15
Maximum	43	24
Minimální	10	10
Směrodatná odchylka	1,27	0,65
Medián	28	16

Tab. 11: Hodnocení tvrdosti Polyuretanové 2 nátěrové hmoty dle Buchholze

Nátěrová hmota	Podel	Napříč
	μm	μm
PUR 2		
Průměr	31	17
Maximum	52	27
Minimální	13	11
Směrodatná odchylka	2,39	0,68
Medián	29,75	16,25

Tab. 12: Hodnocení tvrdosti UV vytvrzovací nátěrové hmoty dle Buchholze

Nátěrová hmota	Podel	Napříč
	μm	μm
UV		
Průměr	29	15
Maximum	54	27
Minimální	15	12
Směrodatná odchylka	0,77	1,55
Medián	25,75	14,75

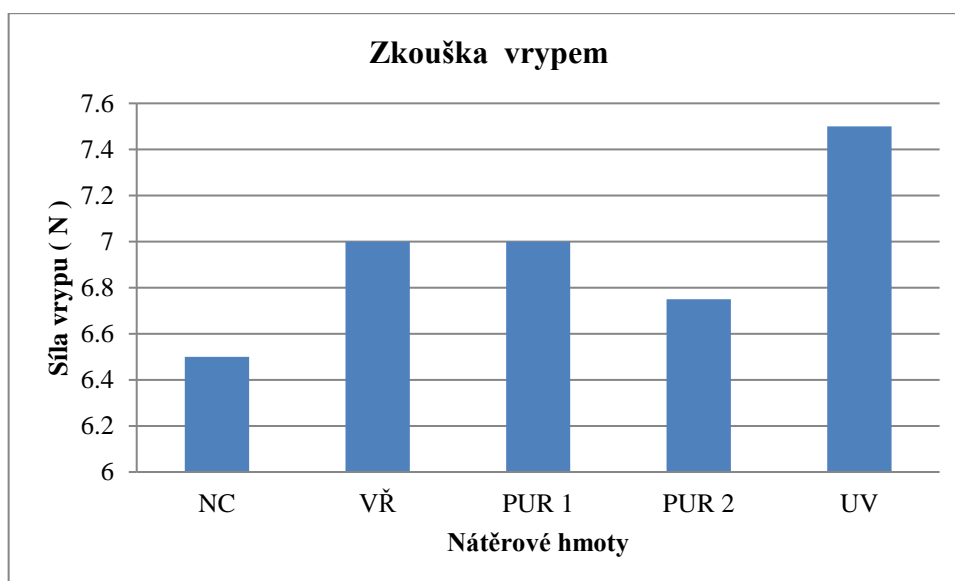


Obr. 11 : Tvrdość dle Buchholze

6.4 Výsledky zkoušky vrypem

Tab. 13: Hodnocení poškození nátěrového filmu po zkoušce vrypem

Nátěrová hmota		Vryp
		N
NC	Průměr	6,5
	Směrodatná odchylka	1
VŘ	Průměr	7
	Směrodatná odchylka	0
PUR 1	Průměr	7
	Směrodatná odchylka	0
PUR 2	Průměr	6,75
	Směrodatná odchylka	0,5
UV	Průměr	7,5
	Směrodatná odchylka	0,70



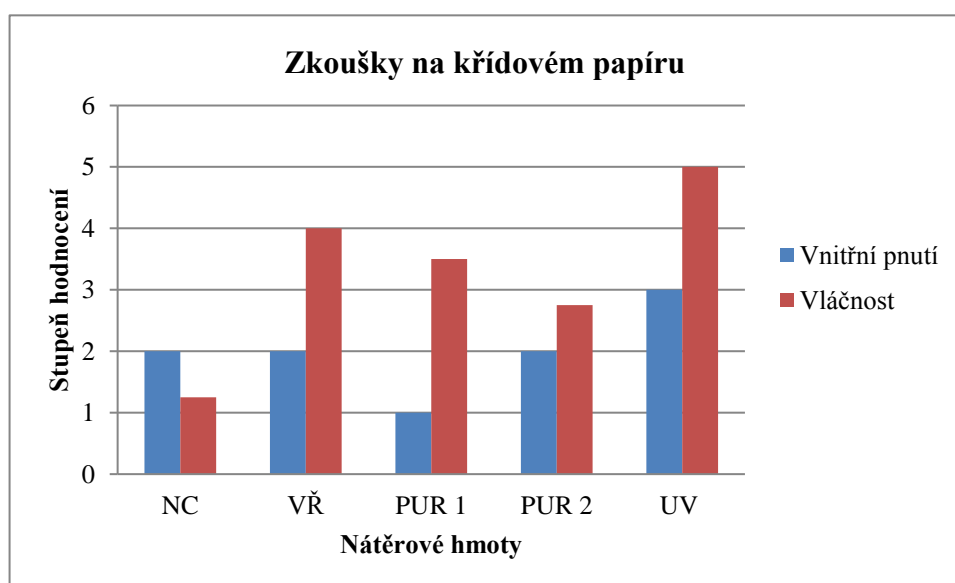
Obr. 12 : Zkouška vrypem

V tom obrázku (obr. 12) vidíme, že nejvyšší hodnoty dosáhla UV vytvrzovací nátěrová hmota, zde se ale nejedná o vyhodnocení míry poškození, nýbrž síla potřebná pro poškození nátěrového filmu až k podkladovému materiálu. Z toho vyplývá, že UV vytvrzovací nátěrová hmota je z vyhodnocovaných nátěrových hmot nejpevnější vůči vrypu.

6.5 Výsledky zkoušek na křídovém papíře

Tab. 14: Hodnocení vnitřního pnutí a vláčnosti nátěrových hmot na křídovém papíru

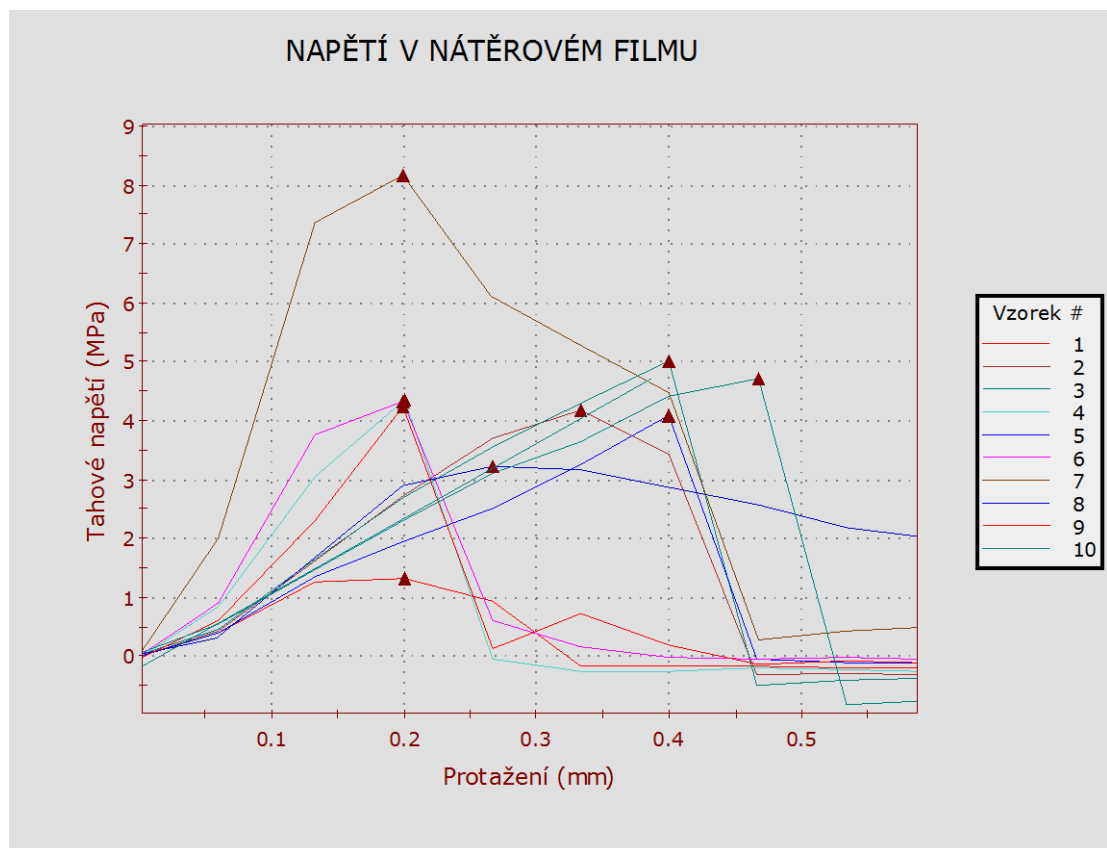
Druh NH	Hodnocení vnitřního pnutí	Hodnocení vláčnosti
	Stupeň hodnocení	Stupeň hodnocení
Nitrocelulózková	2	1,25
Vodou ředitelná	2	4
Polyuretanová 1	1	3,5
Polyuretanová 2	2	2,75
UV vytvrzovací	3	5



Obr. 13: Zkoušky na křídovém papíru

6.6 Výsledky měření meze pevnosti, meze protažení a Youngova modulu volných nátěrových filmů přístrojem INSTRON, 3365 Machine se softwarem Bluehill 2

Zkouška nátěrového filmu nitrocelulózové nátěrové hmoty

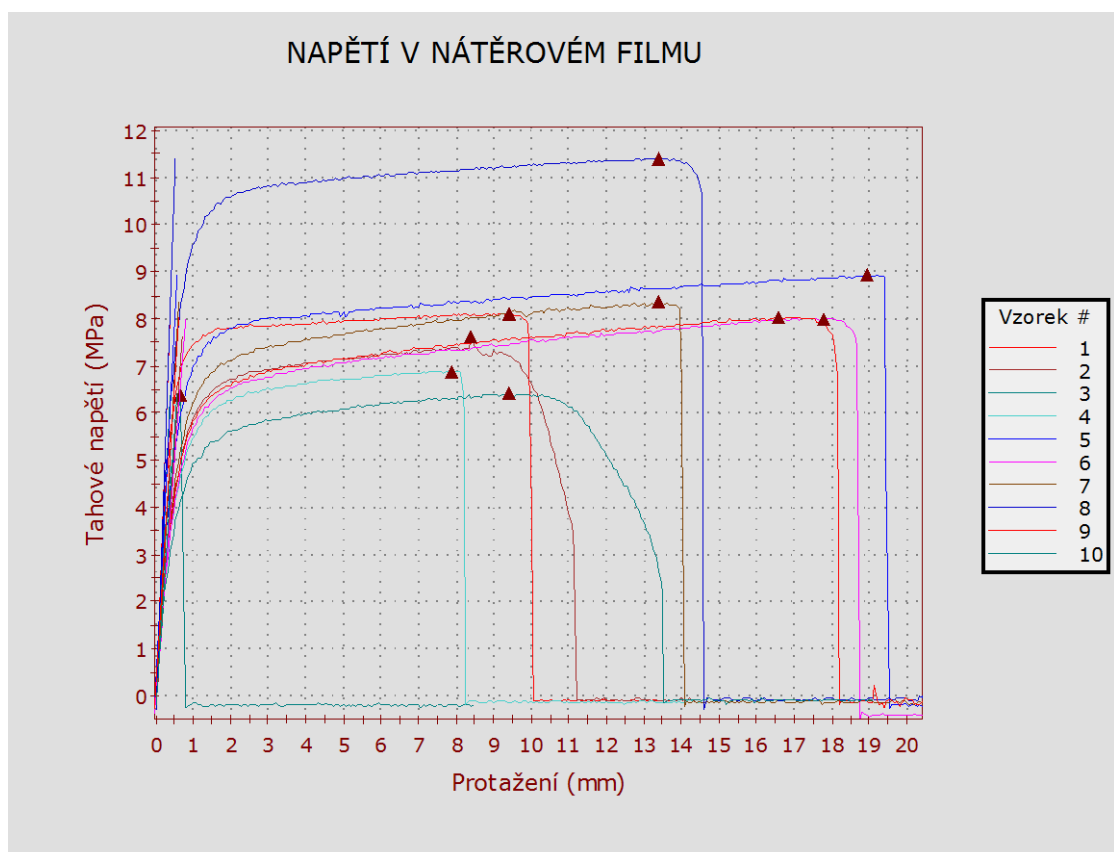


Obr. 14: Závislost napětí na protažení NC NF

Tab. 15: Statistické hodnoty nátěrových filmů NC nátěrové hmoty

	Tahové napětí (MPa)	Zatížení (N)	Protážení (mm)	Modul (Youngův) (MPa)
Průměr	4,363	5,236	0,28657	1274,61
Maximum	8,157	9,788	0,46679	1274,61
Minimální	1,330	1,596	0,19975	1274,61
Směrodatná odchylka	1,685	2,022	0,105	----
Koeficient nerovnoměrnosti	38,620	38,620	36,489	----
Medián	4,281	5,137	0,23322	1274,61

Zkouška nátěrového filmu vodou ředitelné nátěrové hmoty

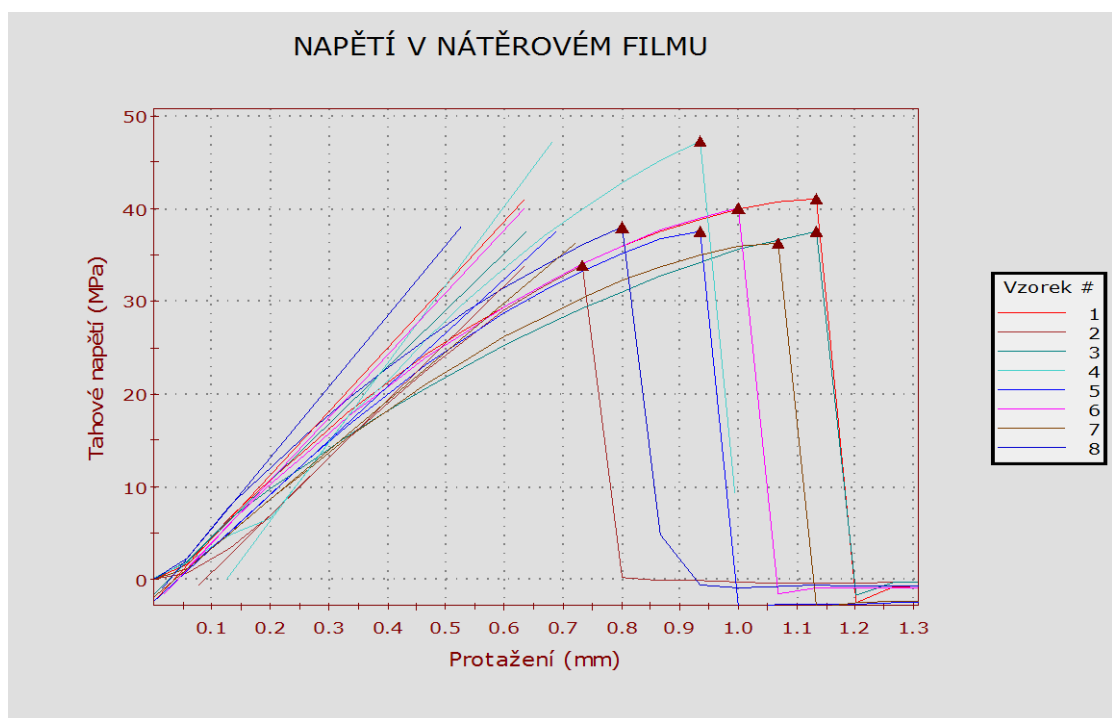


Obr. 15: Závislost napětí na protažení VŘ NF

Tab. 16: Statistické hodnoty nátěrových filmů VŘ nátěrové hmoty

	Tahové napětí (MPa)	Zatížení (N)	Protažení (mm)	Modul (Youngův) (MPa)
Průměr	8,018	9,622	11,58660	1499,70
Maximum	11,408	13,690	18,93323	2330,05
Minimální	6,390	7,668	0,66666	984,64
Směrodatná odchylka	1,457	1,748	5,549	459,85
Koeficient nerovnoměrnosti	18,165	18,165	47,889	30,66
Medián	8,029	9,634	11,39996	1363,37

Zkouška nátěrového filmu polyuretanové (čsl. 1) nátěrové hmoty

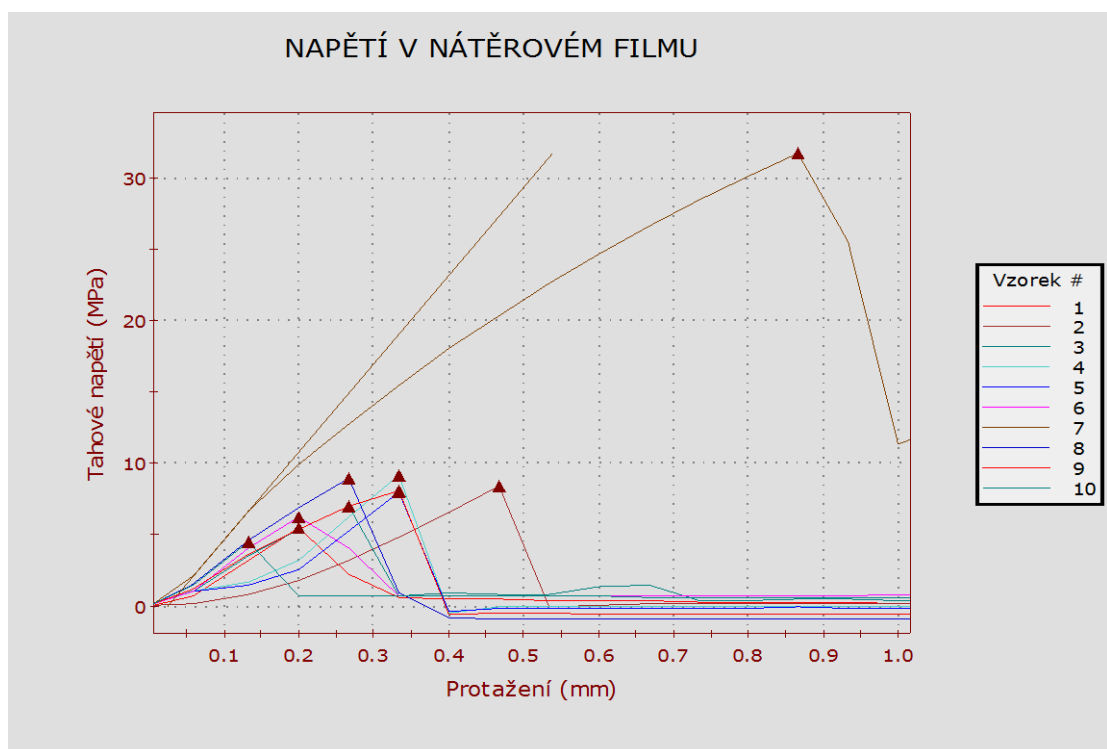


Obr. 16: Závislost napětí na protažení PUR 1 NF

Tab. 17: Statistické hodnoty nátěrových filmů PUR 1 nátěrové hmoty

	Tahové napětí (MPa)	Zatížení (N)	Protažení (mm)	Modul (Youngův) (MPa)
Průměr	38,967	46,760	0,96672	6637,42
Maximum	47,327	56,793	1,13334	8470,80
Minimální	33,860	40,633	0,73360	5306,29
Směrodatná odchylka	4,040	4,849	0,147	1021,89
Koeficient nerovnoměrnosti	10,369	10,369	15,193	15,40
Medián	37,802	45,362	0,96658	6457,68

Zkouška nátěrového filmu polyuretanové (čsl. 2) nátěrové hmoty

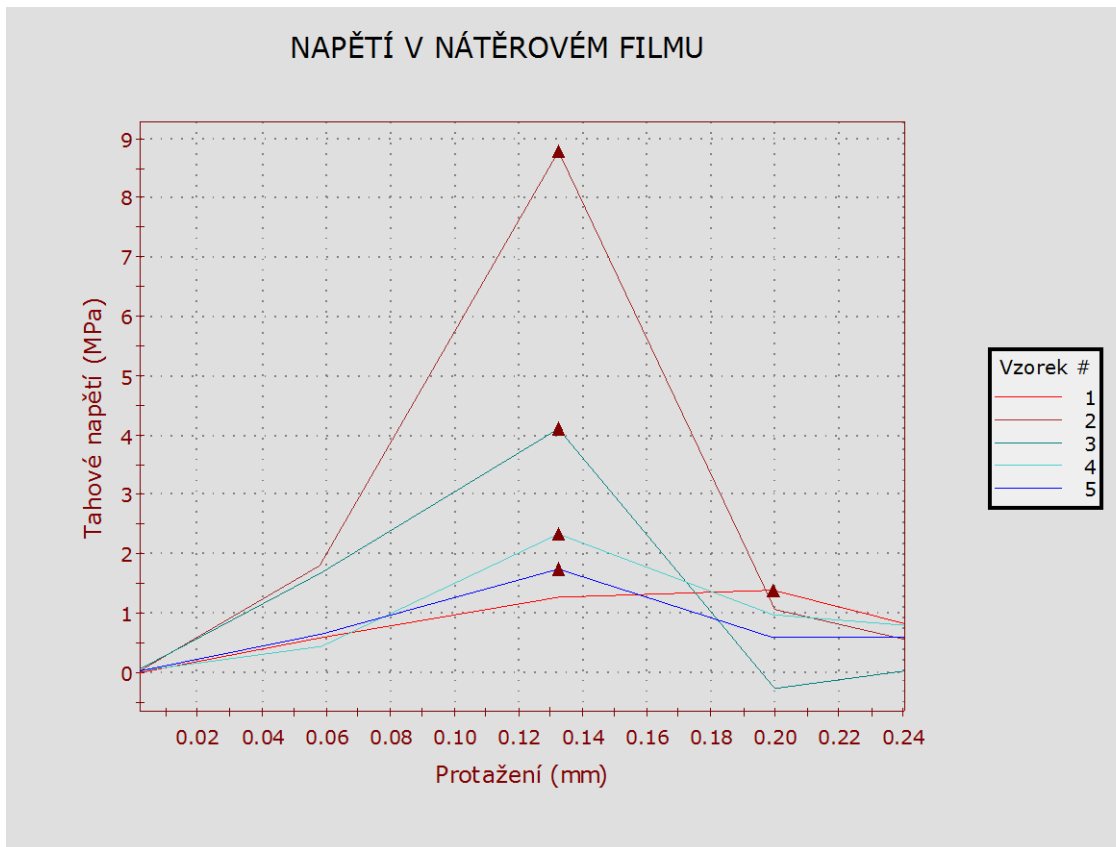


Obr. 17: Závislost napětí na protažení PUR 2 NF

Tab. 18: Statistické hodnoty nátěrových filmů PUR 2 nátěrové hmoty

	Tahové napětí (MPa)	Zatížení (N)	Protažení (mm)	Modul (Youngův) (MPa)
Průměr	9,742	29,225	0,33981	6151,05
Maximum	31,661	94,983	0,86653	6151,05
Minimální	4,464	13,392	0,13258	6151,05
Směrodatná odchylka	7,852	23,557	0,207	-----
Koeficient nerovnoměrnosti	80,605	80,605	60,995	-----
Medián	8,033	24,098	0,29992	6151,05

Zkouška nátěrového filmu UV vytvrzující nátěrové hmoty



Obr. 18: Závislost napětí na protažení UV NF

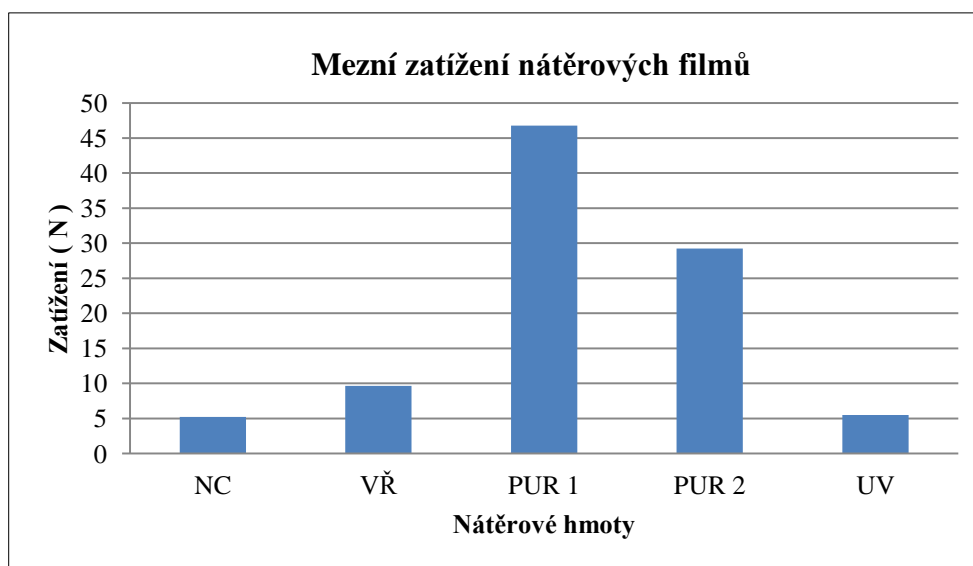
Tab. 19: Statistické hodnoty nátěrových filmů UV vytvrzovací nátěrové hmoty

	Tahové napětí (MPa)	Zatížení (N)	Protažení (mm)	Modul (Youngův) (MPa)
Průměr	3,665	5,497	0,14601	-----
Maximum	8,789	13,183	0,19963	-----
Minimální	1,382	2,073	0,13258	-----
Směrodatná odchylka	3,049	4,574	0,030	-----
Koeficient nerovnoměrnosti	83,206	83,206	20,529	-----
Medián	2,323	3,484	0,13258	-----

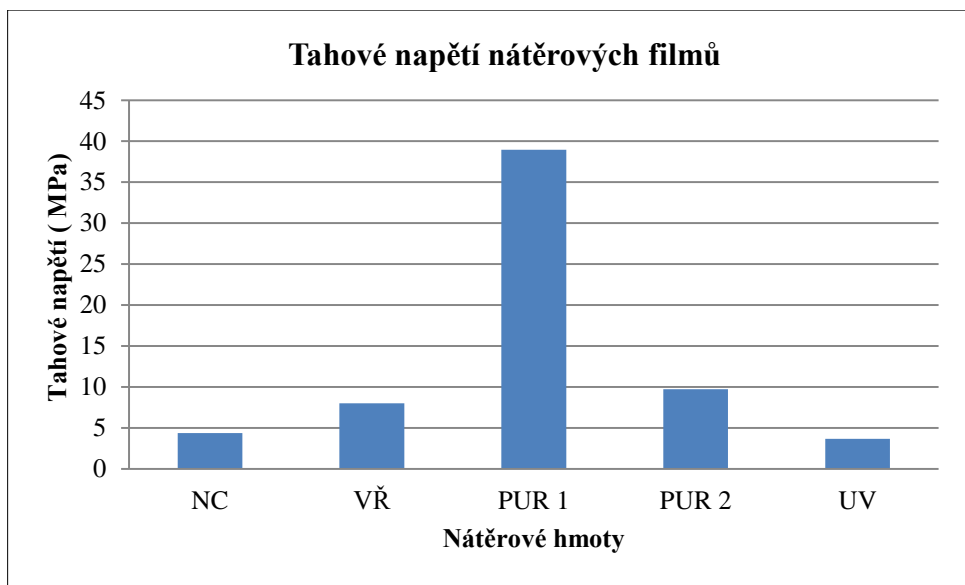
Tab. 20: Průměrné hodnoty NH ze zkoušky meze pevnosti NF

Nátěrová hmota	Tahové napětí	Zatížení	Protažení	Modul (Youngův)
	MPa	N	mm	MPa
NC	4,363	5,236	0,28657	1274,61
VŘ	8,018	9,622	11,58660	1499,70
PUR 1	38,967	46,760	0,96672	6637,42
PUR 2	9,742	29,225	0,33981	6151,05
UV	3,665	5,497	0,14601	---

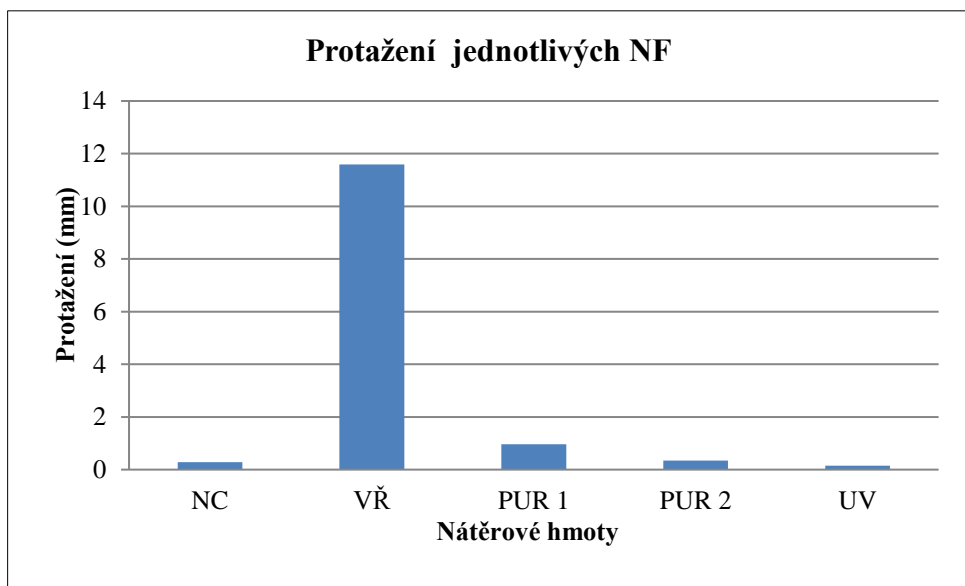
Na následujících obrázcích (obr. 19 – obr. 22), vidíme grafické znázornění závislosti druhu nátěrové hmoty na hodnotách mezního zatížení, mezního napětí, mezního protažení a Youngův modul pružnosti. Jedná se o hodnoty získané během laboratorního výzkumu na přístroji INSTRON, 3365 Machine se softwarem Bluehill 2.



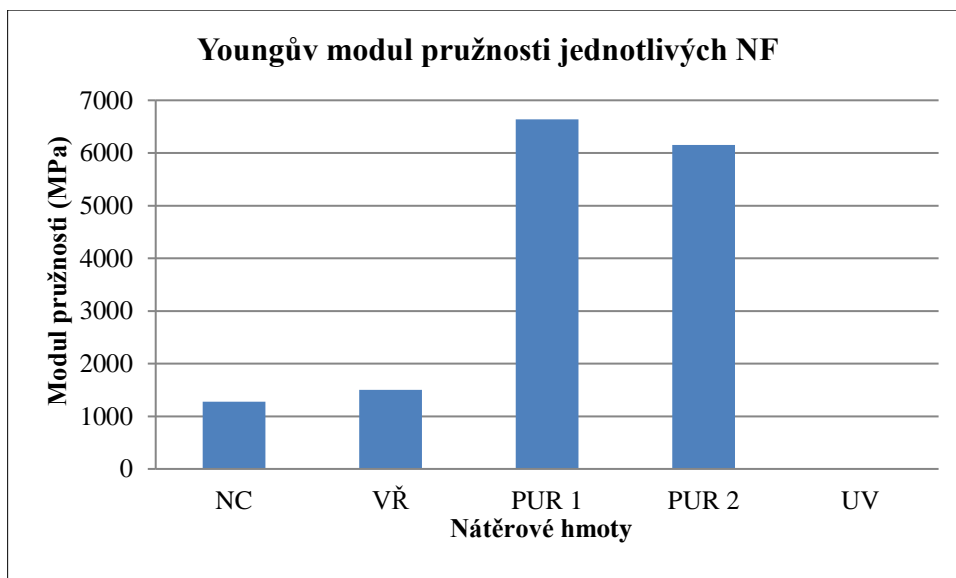
Obr. 19: Mezní zatížení nátěrových filmů



Obr. 20: Tahové napětí nátěrových filmů



Obr. 21: Protažení jednotlivých NF



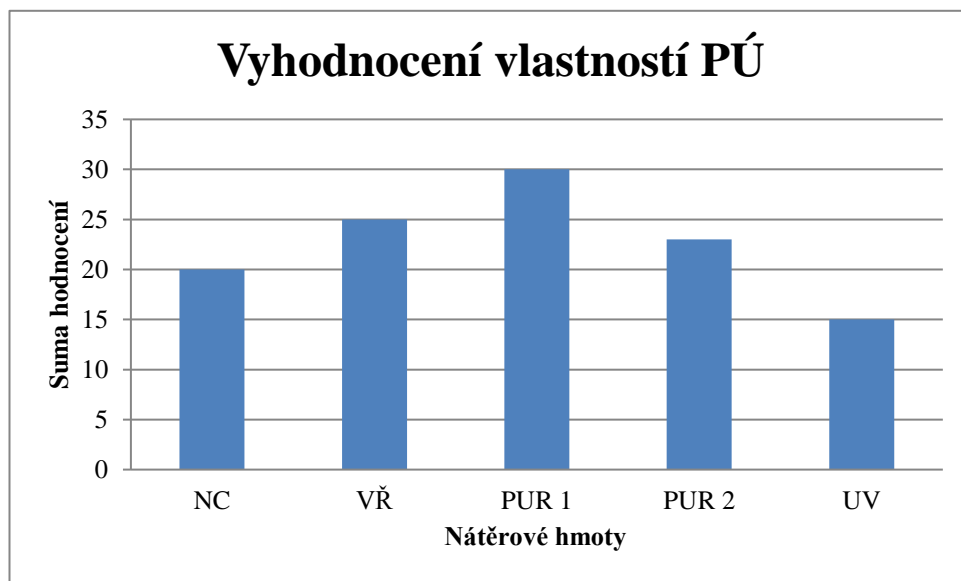
Obr. 22: Youngův modul pružnosti jednotlivých NF

6.7 Souhrnné vyhodnocení všech vlastností

Tab. 21: Vyhodnocení vlastností povrchových úprav

Vyhodnocení vlastností								
Nátěrová hmota	Úder	Přilnavost	Tvrдость	Vryp	Vnitř. pnutí	Vláčnost	Mez pevnosti	Suma hodnocení
NC	2	5	2	1	4	5	1	20
VŘ	5	4	3	4	4	2	3	55
PUR 1	3	5	5	4	5	3	5	30
PUR 2	4	4	1	2	4	4	4	23
UV	1	1	4	5	1	1	2	15

Hodnocení bylo stanoveno sestupně od 5 do 1 a to tak, že 5 je nejlepší hodnocení a 1 naopak nejhorší.



Obr. 23: Vyhodnocení vlastností povrchových úprav

Z obrázku (obr. 23) a z tabulky souhrnu všech vlastností (tab. 22), lze uvést nátěrovou hmotu PUR 1 jako nátěrovou hmotu, která dosáhla nejlepší hodnocení.

7 DISKUSE

Výsledky práce se dle jednotlivých druhů nátěrových hmot lišily. Bylo to dáno jednoznačně rozličností vlastností a složením jednotlivých nátěrových hmot.

Zhodnocení výsledků volných nátěrových filmů:

Nátěrové filmy, nitrocelulózové nátěrové hmoty vykazovaly při trhání křehkost, kdy potřebné zatížení pro přetržení bylo nejmenší (tab. 21) ze všech nátěrových hmot. Protahání bylo velmi malé, prakticky zanedbatelné. Nátěrový film po přetržení a otevření kleštiny zařízení, zůstal přilepený na čelistech kleštiny, tento jev je způsobený termoplasticitou nitrocelulózové nátěrové hmoty.

Nátěrové filmy, vodou ředitelné nátěrové hmoty byly v tomto testování vyhodnoceny jako nejlepší z hlediska protažení (tab. 22, obr.15). Nátěrové filmy vodou ředitelné nátěrové hmoty při přetržení, stejně jako filmy nitrocelulózové nátěrové hmoty, vykazovaly poddajnost a měkkost vzhledem k tomu, že se také přilepily/zalisovaly do čelistí kleštin.

Nátěrové filmy, polyuretanové nátěrové hmoty (čsl.1) při testování vykazovaly tvrdost, ale zároveň i křehkost, kdy se při přetržení nepřilepily na čelisti kleštin, ale trhaly se ve dvou místech délky. Kousky nátěrových filmu odskakovaly ze zařízení jako rozbité sklo. Protahání nátěrových filmů při, zatížení (tab. 18, obr. 16) bylo stejně nepatrné jako u nátěrových filmů nitrocelulózové nátěrové hmoty, ovšem jak vidíme, zatížení bylo potřeba několika násobně větší. Ze všech testovaných nátěrových hmot bylo toto potřebné zatížení pro přetržení největší.

Nátěrové filmy, polyuretanové nátěrové hmoty (čsl. 2) vykazovaly v podstatě stejné vlastnosti jako polyuretanová nátěrová hmota (čsl. 1). Nepřilepovaly se na čelisti kleštin, ale vykazovaly velkou tvrdost a křehkost. Potřebné zatížení pro přetržení bylo druhé největší ze všech testovaných nátěrových filmů (tab. 19) ovšem protažení bylo taktéž nepatrné.

Nátěrové filmy, UV vytvrzovací nátěrové hmoty vykazovaly naprosto odlišné chování než ostatní testované nátěrové filmy. Už při přípravě vzorků byla jasná velká tvrdost a zároveň velká křehkost, lámaly se a třepily. Potřebné zatížení pro přetržení (tab. 20), bylo druhým nejmenším při porovnání s ostatními nátěrovými hmotami, ovšem protažení bylo absolutně nejmenší, rozdílnost chování je patrná už z vizuálního hlediska při pohledu na obrázek (obr. 18) z testování nátěrových filmů. Stejně tak za zmínku stojí, že v případě nátěrových filmů této nátěrové hmoty software při tomto testování nezaznamenal žádný modul pružnosti. To znamená, že vlastnost pružnost UV vytvrzovací nátěrová hmota postrádá.

Z výsledku testování meze pevnosti volných nátěrových filmů lze vyhodnotit, že Youngův modul pružnosti má vliv na vlastnosti nátěrových hmot. Pokud nátěrový film nátěrových hmot má malý, nebo žádný modul pružnosti jsou užitné vlastnosti horší a to vůči dynamickému, ale i statickému (tah) zatížení. Příkladem je UV vytvrzovací nátěrovou hmotu, která vykazovala horší vlastnosti při zkouškách vlastností a stejně tak při testování meze pevnosti, kdy software u této nátěrové hmoty nezaznamenal vůbec žádný Youngův modul pružnosti.

Zhodnocení výsledků fyzikálně a mechanických vlastností:

K porovnání těchto vlastností poslouží tabulka (tab. 22), kde jsou všechny vyhodnocované nátěrové hmoty porovnány a ohodnoceny dle jednotlivých vlastností. Výstupem tohoto kroku bylo zjistit, zda nátěrová hmota, která při zkoušce volných nátěrových filmů dosáhla nejvyšší meze pevnosti (zatížení), potvrdí vztah této vlastnosti i s jinými fyzikálně-mechanickými vlastnosti při jiných zatíženích.

8 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU PRO PRAXI

Přínosem pro praxi jsou dosažené a vyhodnocené výsledky především ve smyslu vyhodnotit nejvíce vhodnou nátěrovou hmotu k dokončování povrchových úprav dřevěného nábytku, u kterých se vyžaduje tvrdost, odolnost vůči úderu, odolnost vůči vrypu a přilnavost k podkladu.

Tedy nátěrové hmoty pro dokončování dřeva a podkladových materiálů na bázi dřeva, které se vyznačují rozměrovými změnami bobtnáním a sesycháním. K tomu to účelu slouží výsledky stanovení meze pevnosti a meze protažení nátěrových filmů vyhodnocovaných nátěrových hmot. Práce se zabývala pilotním výzkumem této problematiky, k obecnějším výsledkům je potřeba podrobnějšího výzkumu.

9 ZÁVĚR

Cílem bylo prokázat vztah mezi pevností nátěrového filmu a vlastnostmi povrchových úprav dokončených těmito nátěrovými hmotami.

Veškeré výsledky byly porovnány a byla takto vyhodnocena nejlépe vyhovující nátěrová hmota, tedy nátěrová hmota, které adekvátně splnila, všechny požadované vlastnosti a to včetně meze pevnosti a pružnosti nátěrového filmu. Při porovnání výsledků všech zkoušených nátěrových hmot byla jako nejvšestrannější zjištěna nátěrová hmota PUR 1. Nátěrová hmota vykazovala dobré užitné vlastnosti a pro přetržení bylo potřeba nejvíce zatížení.

V práci se prokázal vztah mezi vlastnostmi nátěrových hmot potažmo povrchových úprav dokončených těmito nátěrovými hmotami a fyzikálně mechanickými vlastnostmi povrchových úprav. Hodnoceny byly vlastnosti: odolnost proti úderu, tvrdost, přilnavost, vryp, vnitřní pnutí a vláčnost.

Dále bylo stanoveno mezi sebou porovnat vodou ředitelnou nátěrovou hmotu a UV zářením vytvrzující nátěrovou hmotu. Při tomto porovnání výsledků byla vyhodnocena vodou ředitelná nátěrová hmota jako přijatelnější z hlediska užitných vlastností nátěrových hmot.

Vliv Youngova modulu pružnosti byl prokázán při všech zkouškách nátěrových hmot. Kdy příkladem je UV vytvrzovací nátěrová hmota a její vlastnosti. Kdy lze tuto nátěrovou hmotu označit jako nevhodnou pro venkovní použití.

Testování meze pevnosti a protažení NF na jednoosém zařízení, bylo pilotním testem pro další podrobnější výzkum tohoto typu.

10 SUMMARY

The aim was to demonstrate the relationship between the strength of the coating film and the properties of the finishes completed by these coatings.

All results were compared and were thus evaluated the most appropriate coating, i.e. the coating, which adequately fulfilled, all the required properties including breaking strength and elasticity of the coating film. When comparing the results of all the tested coatings was as the most versatile of detected coating PUR 1. The coating showed good utility properties, and for break was needed the most load.

In the work demonstrated a relationship between the characteristics of the coatings thus finishes completed these coatings and the physico-mechanical properties of the finishes. Evaluated were the properties: resistance to impact, hardness, adhesion, scratch, internal stress and suppleness.

Furthermore, it was determined among themselves to compare the water-based coating and UV curing coating. In this comparison of the results was evaluated with water-soluble coating as the more acceptable from the point of view of useful properties of the coatings.

The influence of young's modulus was shown for all tests of paints. When an example is UV curing coating and its properties. When this coating substance to mark it as unsuitable for outdoor use.

Testing the breaking strength and elongation of the NF for uniaxial devices, has been a pilot test for further more detailed research of this type.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

atd. – a tak dále

apod. – a podobně

např. – například

tzv. – takzvaně

NH – nátěrová hmota

NF – nátěrový film

NC – nitrocelulózová

VŘ – vodou ředitelná

PUR – polyuretanová

UV – ultrafialové

DTD – dřevotřísková deska

12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BALABÁN, K. 1995, *Nauka o dřevě. 1. Část, Anatomie dřeva*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství), 216, [4] s.
2. GANDELOVÁ, L. a J. ŠLEZINGEROVÁ. 2014, *Stavba dřeva*. 2., nezměn. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 187s. ISBN 978-80-7375-966-7.
3. GANDELOVÁ, L., P. HORÁČEK a J. ŠLEZINGEROVÁ. 2009, *Nauka o dřevě*. 3.vyd., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 176s. ISBN 978-80-7375-312-2.
4. HARTMAN, E., L. LUKAVSKÝ a L. SVOBODA. 1988, *Povrchové úpravy nátěrovými hmotami v nábytkářském průmyslu*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 254s.
5. HORÁK, Z. a F. KRUPKA. 1981, *Fyzika: příručka pro vysoké školy technického směru*. 3. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1129s.
6. HRÁZSKÝ, J. a P. KRÁL. 2007, *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 253. ISBN 978-80-7375-034-3.
7. JARUŠEK, J. 1987, *Technologie nátěrových hmot*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 189s.
8. JARUŠEK, J., P. KALENDA a J. ŠŇUPÁREK. 1998, *Chemie filmotvorných látek. Díl I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 160s. ISBN 80-7194-169-7.
9. KALEDOVÁ, A. a P. KALENDA. 2004, *Technologie nátěrových hmot I.: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 323s. ISBN 80-7194-691-5.
10. KOLLMAN, F. F. P. 1982, *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Berlin: Springer – Verlag, 1050 s. ISBN 3-540-11778-4.
11. LIPTÁKOVÁ, E. a M. SEDLIČIK. 1989, *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. 1. vyd. Bratislava: Alfa. Edícia drevárskej, celulózskej a papiernickej literatury, 519s. ISBN 80-05-00116-9.
12. MÁLEK, M. a J. TRNKA. 1959, *Zkoušení nátěrových hmot a nátěrů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 246 s.

13. MATOVIČ, A. 1993, *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva: Určeno pro posl. les. fak. obor dřevař a les*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 212s. ISBN 80-7157-086-9.
14. NUTSCH, W. 2006, *Příručka pro truhláře. 2., přeprac. vyd.* Praha: Europa-Sobotáles, 615s. ISBN 80-86706-14-1.
15. POLÁŠEK, J. 2003, *Zkoušení nátěrových hmot a povrchových úprav. Část I. Stavebně truhlářské výrobky*. 1. vyd. Brno: MZLU, 149 s. ISBN 80-7157-659-X.
16. POLÁŠEK, J. 2003, *Zkoušení nátěrových hmot a povrchových úprav. Část II. Nábytek*. 1. vyd. Brno: MZLU, 61 s. ISBN 80-7157-660-3.
17. POŽGAJ, A., D. CHOVANEC, S. KURJATKO a M. BABIAK. 1997, *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. Vyd. Bratislava: Príroda, a. s., 485 s. ISBN 80-07-00600-1
18. ŠLEZINGEROVÁ, J. a L. GANDELOVÁ. 2002, *Stavba dřeva*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 187s. ISBN 80-7157-636-0.
19. TESAŘOVÁ, D. 2014. *Povrchové úpravy dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada. Profi & hobby, 134s. ISBN 978-80-247-4715-6.
20. TRACTON, A. A. c2007, *Coatings materials and surface coatings*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1s. ISBN 978-1-4200-4404-1.
21. TRÁVNÍK, A, SVOBODA, J. 2007, *Technologické procesy výroby nábytku*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 223 s. ISBN 978-80-7375-056-5.
22. BS 3962-6 : *Methods of test for finishes for wooden furniture. Assessment of resistance to mechanical damage*, 1980.
23. ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška*, 2013.
24. ČSN 91 0277. *Nábytek - Zkoušení povrchové úpravy nábytku. Metody zjišťování odolnosti povrchu proti úderu*, 1989.
25. ČSN EN ISO 2815. *Nátěrové hmoty - Stanovení tvrdosti nátěru mikrotvrdoměrem*, 2003.
26. ČSN 42 0310. *Zkoušení kovů. Zkouška tahem*, 1980.
27. ON 67 3077. *Hodnocení vláčnosti a vnitřního pnutí nátěrového filmu*, 1984.

13 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Klasifikace zkušebních výsledků mřížkovou zkouškou.....	26
Tab. 2: Hodnocení poškození úderem	26
Tab. 3: Stupnice hodnocení vnitřního pnutí	28
Tab. 4: Stupnice hodnocení vláčnosti/ohybu.....	28
Tab. 5 : Popis, označení vzorků a průměrné nánosy NH	32
Tab. 6: Hodnocení poškození po úderu	33
Tab. 7: Hodnocení poškození nátěrového filmu po zkoušce mřížkou	34
Tab. 8: Hodnocení tvrdosti Nitrocelulóзовé nátěrové hmoty dle Buchholze	34
Tab. 9: Hodnocení tvrdosti Vodou ředitelné nátěrové hmoty dle Buchholze	35
Tab. 10: Hodnocení tvrdosti Polyuretanové 1 nátěrové hmoty dle Buchholze	35
Tab. 11: Hodnocení tvrdosti Polyuretanové 2 nátěrové hmoty dle Buchholze	35
Tab. 12: Hodnocení tvrdosti UV vytvrzovací nátěrové hmoty dle Buchholze	36
Tab. 13: Hodnocení poškození nátěrového filmu po zkoušce vrypem.....	37
Tab. 14: Hodnocení vnitřního pnutí a vláčnosti nátěrových hmot na křídovém papíru	38
Tab. 15: Statistické hodnoty nátěrových filmů NC nátěrové hmoty	39
Tab. 16: Statistické hodnoty nátěrových filmů VŘ nátěrové hmoty	40
Tab. 17: Statistické hodnoty nátěrových filmů PUR 1 nátěrové hmoty	41
Tab. 18: Statistické hodnoty nátěrových filmů PUR 2 nátěrové hmoty	42
Tab. 19: Statistické hodnoty nátěrových filmů UV vytvrzovací nátěrové hmoty	43
Tab. 20: Průměrné hodnoty NH ze zkoušky meze pevnosti NF	44
Tab. 21: Vyhodnocení vlastností povrchových úprav	46

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Laboratorní váhy – vlastní fotografie	22
Obr. 2: Nanášecí pravítko – vlastní fotografie	22
Obr. 3: Buchholz FL – 2000 H – vlastní fotografie.....	23
Obr. 4: BYK – byko – cut – vlastní fotografie	23
Obr. 5: Scratch Hardness Tester – vlastní fotografie.....	24
Obr. 6: Čelisti trhacího zařízení - vlastní fotografie	24
Obr. 7: PC s vyhodnocovacím softwarem- vlastní fotografie	24
Obr. 8: UV vytvrzovací zářič s LED lampami – vlastní fotografie.....	25
Obr. 9: Odolnost proti úderu.....	33
Obr. 10: Mřížková zkouška	34
Obr. 11 : Tvrdost dle Buchholzze.....	36
Obr. 12 : Zkouška vrypem.....	37
Obr. 13: Zkoušky na křídovém papíru.....	38
Obr. 14: Závislost napětí na protažení NC NF	39
Obr. 15: Závislost napětí na protažení VŘ NF	40
Obr. 16: Závislost napětí na protažení PUR 1 NF	41
Obr. 17: Závislost napětí na protažení PUR 2 NF	42
Obr. 18: Závislost napětí na protažení UV NF	43
Obr. 19: Mezní zatížení nátěrových filmů.....	44
Obr. 20: Tahové napětí nátěrových filmů.....	45
Obr. 21: Protažení jednotlivých NF.....	45
Obr. 22: Youngův modul pružnosti jednotlivých NF	46
Obr. 23: Vyhodnocení vlastností povrchových úprav	47

15 SEZNAM PŘÍLOH

1. Vzorky přetržených NF po zkoušce meze pevnosti