

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Stanovení vybraných vlastností povrchu dřeva při
jeho expozici ve fasádních obkladech v exteriéru

Bakalářská práce

Autor: Selim Menzatov

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Selim Menzatov

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Stanovení vybraných vlastností povrchu dřeva při jeho expozici ve fasádních obkladech v exteriéru

Název anglicky

Determination of selected properties of wood surface at its exposure in exterior facade cladding

Cíle práce

Prvním cílem práce je tvorba literární rešerše systémů fasádních obkladů ze dřeva do exteriéru. Součástí práce bude tvorba metodického postupu pro stanovení vybraných ukazatelů charakterizující vlastnosti při stárnutí povrchu dřeva v exteriéru. Součástí práce je vyhodnocení naměřených dat, vhodná prezentace výsledků a jejich porovnání s výsledky jiných autorů.

Metodika

- Literární rešerše systémů fasádních obkladů ze dřeva do exteriéru
- Návrh metodického postupu
- Zpracování naměřených dat a vyhodnocení výsledků
- Porovnání výsledků práce s výsledky jiných autorů
- Závěr

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Dřevo, fasádní obklady, exteriér

Doporučené zdroje informací

- Brock, T., Groteklaes, M., Mischke, P. European Coatings Handbook. Hannover: Vincentz Verlag, 2000. 1–410. ISBN 387870559X
- Bulian, F., Graystone, J. Wood Coatings 1 st Edition. Theory and Practice. Amsterdam: Elsevier Science 2009. 1–320. ISBN 9780080931609
- Deng, S.H., Lu, Li, D.Y. Effect of UV light illumination on the corrosion behavior of electrodeposited TiO₂-Ni composite foils. Web of Science 2018, 1–462. 291–302
- Dresdner, M. The New Wood Finishing Book. Newtown: Taunton Press. 1999. 1–192. ISBN 1561582999
- Gierlinger N., Jacques D., Grabner M., Wimmer R., Schwanninger M., Rozenberg P., Pâques L.E.. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. Trees, 18, 2004. 102–108
- Hon D.N.S. (1979). Photo oxidative degradation of cellulose. Reaction of the cellulosic free radicals with oxygen. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 17, 441–454. Kránitz, K. Effect of natural aging on wood, Doctoral Thesis. Zürich: EHT Zürich. 2014. 1–183
- Hunt R.W.G. Measuring colour. Pune: Fountain press, 1998. 1–344
- Lier, B.M., Poth, U. Coatings Formulation: An International Textbook, Hannover: Vincentz Verlag 2011. 1–287. ISBN 3866308728
- Rowell, R.M. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Boca Raton: CRC Press, 2012. 1–703. ISBN 1439853819
- Yoshimoto T. Effect of extractives on the utilization of wood. In: Rowe J.W. (Ed.) Natural products of woody plants II – Chemical extraneous to lignocellulosics cell wall. Springer, 1989. 920–931
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Stanovení vybraných vlastností povrchu dřeva při jeho expozici ve fasádních obkladech v exteriéru** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Přemysla Šedivky, Ph.D. a Ing. Ireny Štěrbové a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Přemyslovi Šedivkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, pomoc při vypracovávání této práce a za trpělivost, kterou se mnou měl při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu LZB ČZU, konkrétně Ing. Ireně Štěrbové, Ing. Tomášovi Kytkovi, Ing. Kristýně Šimůnkové, Ing. Ondřejovi Dvořákovi za důvěru, přátelskou atmosféru, odbornou praxi, za předání odborných znalostí bez čehož by tato práce nemohla vzniknout.

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce bylo stanovit vybrané vlastnosti povrchu dřeva na vzorcích z Evropského modřínu (*Larix decidua*) a Sibiřského modřínu (*Larix sibirica*) bez povrchových úprav. Byly vybrány vzorky fasádních obkladů exponované z jižní a severní strany v období let 2018 až 2019 v místě střechy Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze. V průběhu expozice byly opakovaně hodnoceny změny barevných parametrů, lesku a smáčivosti povrchu dřeva zapříčiněných abiotickými faktory působících v exteriéru. Pro stanovení vlastností degradace povrchu dřeva se používaly sofistikované metody a přístrojové vybavení.

V rámci řešení práce byla realizována měření parametrů charakterizující barvu, lesk a kontaktní úhel, díky kterým je možné charakterizovat míru degradace. Z výsledků realizovaných analýz hodnocení změny barvy povrchu a lesku byla statisticky prokázána intenzita degradace v průběhu času, respektive čím déle byl daný profil obkladu exponován v exteriéru, tím k větší degradaci povrchu došlo. Tento efekt byl prokázán u všech analyzovaných typů profilů ze dřeva Modřínu evropského i sibiřského orientovaných jak na sever, tak i na jih.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dřevo, fasádní obklady, exteriér, atmosférické degradace, modřín, přirozené stárnutí, barva, lesk, kontaktní úhel, smáčivost povrchu

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis was to determine the selected properties of the wood surface on samples, which were made from European larch (*Larix decidua*) and Siberian larch (*Larix sibirica*) without surface treatment. There were selected samples of facade cladding that were exposed in exterior from the south and north side in the period from 2018 to 2019 at the Faculty of Forestry and Wood Sciences of Czech University of Life Sciences in Prague. During exposure were repeatedly evaluated changes in colour parameters, gloss and wettability of the wood surface caused by abiotic factors acting in exterior. Sophisticated methods and instrumentation were used to determine the degradation properties of the wood surface.

Within the solution of the work were implemented measurements of parameters characterizing the colour, gloss and contact angle, which make it possible to characterize the degree of degradation. Upon the results of implemented analyses of the evaluation of the change in surface colour and gloss, the intensity of degradation over time was statistically proven, respectively the longer the given tiling profile was exposed in exterior, thus, the greater degradation of the surface occurred. This effect was demonstrated for all analysed types of profiles from European and Siberian larch wood, which were oriented both north and south.

KEYWORDS

Wood, facade cladding, exterior, atmospheric degradation, larch, natural weathering, colour, gloss, contact angle, surface wettability

OBSAH

SEZNAM OBRAZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM GRAFŮ	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	12
CÍLE PRÁCE	13
1. DŘEVO JAKO STAVEBNÍ MATERIÁL A JEHO VYUŽITÍ V EXTERIÉRU	14
1.1 DŘEVO JAKO MATERIÁL	14
1.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA	16
1.3 VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVA V EXTERIÉRU	19
1.3.1 VÝHODY	19
1.3.2 NEVÝHODY	20
2. TRADIČNÍ VÝZNAM DŘEVĚNÝCH FASÁD	21
2.1 PROČ DŘEVĚNÁ FASÁDA?	21
3. DŘEVĚNÉ FASÁDY	24
3.1 DŮVODY VEDOUcí K VOLBĚ DŘEVĚNÉ FASÁDY.....	24
3.2 VÝHODY A NEVÝHODY UŽITÍ	25
4. BIOTIČTÍ A ABIOTIČTÍ ČINITELÉ MAJÍCÍ VLIV NA DEGRADACI DŘEVA V EXTERIÉRU	26
4.1 VLHKOST	27
4.2 TEPLOTA	27
4.3 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	28
4.4 VÍTR	28
4.5 BIOTIČTÍ ČINITELÉ.....	28
4.6 PRACHOVÉ ČÁSTICE A POLUTANTY	29
5. METODIKA MĚŘENÍ	29

5.1	MĚŘENÍ BARVY	29
5.2	MĚŘENÍ LESKU.....	31
5.3	MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU	33
5.4	PŘÍPRAVA VZORKŮ A POSTUP MĚŘENÍ	34
6.	VÝSLEDKY	39
6.1	VYHODNOCENÍ BARVY POVRCHU.....	39
6.2	VYHODNOCENÍ LESKU POVRCHU.....	41
6.3	VYHODNOCENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU POVRCHU	45
7.	DISKUZE	48
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	51

SEZNAM OBRAZKŮ

Obr. 1 Základní řezy dřevem a makroskopická struktura dřeva.....	15
Obr. 2 Měření barvy povrchu dřeva ručním spektrofotometrem.....	31
Obr. 3 Měření lesku povrchu dřeva ručním leskoměrem	32
Obr. 4 Měření kontaktního úhlu goniometrem	33
Obr. 5 Referenční vzorek fasádního obkladu (Modřín evropský)	35
Obr. 6 Referenční vzorek fasádního obkladu (Modřín sibiřský)	35
Obr. 7 Klimatizování zkušebních vzorků	36
Obr. 8 Konstrukční model obkladu fasády č. 1	37
Obr. 9 Konstrukční model obkladu fasády č. 2	37

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozsah barevné difference ΔE^*	30
Tab. 2 Popisné statistiky lesku pro Modřín evropský.....	42
Tab. 3 Popisné statistiky lesku pro Modřín sibiřský.....	42
Tab. 4 Popisné statistiky kontaktního úhlu pro Modřín evropský	45
Tab. 5 Popisné statistiky kontaktního úhlu pro Modřín sibiřský	46

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Absolutní změna barvy při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna pro Modřín evropský a sibiřský	41
Graf 2 Změna lesku při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu evropského	44
Graf 3 Změna lesku při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu sibiřského	44
Graf 4 Změna kontaktního úhlu při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu evropského	47
Graf 5 Změna kontaktního úhlu při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu sibiřského	47

SEZNAM ZKRATEK

U	součinitel prostupu tepla
λ	součinitel tepelné vodivosti
UV	ultrafialové
HALS	sféricky stíněné aminy
ΔE^*	celkový barevný rozdíl
L^*	světlost (lightness)
a^*	barevný parametr (zelená-červená)
b^*	barevný parametr (modrý-žlutý)
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování
KÚ	kontaktní úhel

ÚVOD

Práce se zabývá stanovením vybraných vlastností povrchu dřeva při jeho expozici ve fasádních obkladech.

Toto téma práce bylo zvoleno úmyslně, jelikož v rámci rozhodnutí, zda užít materiál z dřevin v exteriérech, stále přetrvávají argumenty životnosti tohoto materiálu, která se pohybuje okolo 20 let, což představuje dobu, kdy ještě nejsou mnohé stavby zcela zaplacené. Na druhou stranu, jeho využití jakožto stavebního materiálu v expozici ve fasádních obkladech v exteriéru má nesporné výhody.

Právě jeho využití se kupříkladu zejména v severských zemích stává konkurenčním stavebním materiálem vůči tradičním kontaktním omítkám. Přestože, že dřeviny používané na fasády mají své výhody (od estetické stránky – barva, až po fakt, že je malá potřeba tepla na vytápění u správně izolovaných staveb a možnosti využití vlastností u tropických dřevin, kde jsou dokonce výborné mechanické vlastnosti i odolnost vůči dřevokaznému hmyzu i houbám a nelze opomenout bezodpadovou ekologii, jelikož je užít přírodní materiál, který lze opět zpracovat) i nevýhody – nemalá pořizovací cena a v případě tropických dřevin nemusí být vždy ihned dostupné ke koupi, tak se při volbě fasád vytvořených z dřevin nejedná pouze o prozatímní módní záležitost, ačkoliv i v této oblasti je možné pozorovat trendy, jako například u palubek z finské borovice úpravu procesem zvaným „ThermoWood“, díky níž si dřevo uchovává své dobré vlastnosti dlouhou dobu i bez ohledu na skutečnost, zda mu majitel věnuje péči či ne.

Vznik trendů v této oblasti je přirozený, jelikož se v současnosti zvyšuje počet nových objektů s fasádami, a tedy se jedná v současnosti o aktuální tematiku, ačkoliv je nutné přiznat, že rozsah dřevěného stavění i jeho konstrukční a také technologické formy v českých klimatických podmínkách dosud neodpovídají evropským či celosvětovým trendům, jak upozorňuje například Pavlas (2016), který dodává, že příčin takového stavu je jistě vícero, ale jednu z nich tvoří zřejmě také nedostatečné znalosti i zkušenosti architektů a také projektantů ohledně takovéto materiálové základny.

Novodobé možnosti týkající se uplatnění dřeva v současném stavebnictví jsou jako u ostatních oborů rozhodně spjaté i s rozvojem inovativních technologií, které se týkají zpracování dřevin, jež podporují vývoj dnešních dřevěných konstrukcí. Jak dále udává Pavlas (2016), výrazným aspektem, jež umožňuje kontinuální růst podílu užití dřevěných konstrukcí, je taktéž aspekt trvale udržitelného rozvoje i ochrany životního prostředí, který byl jako výhoda takto užitých dřevin pro tyto fasády nastíněn. Díky

kombinaci inovativních poznatků ve sféře výstavby budov, která je konána na bázi dřeva i podpory trvale udržitelného stavebnictví, je dřevo právem pojímáno jako tradiční materiál jak pro současné, tak následující tisíciletí.

CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je tvorba literární rešerše systémů fasádních obkladů ze dřeva do exteriéru. Součástí práce bude návrh vhodného metodického postupu pro stanovení vybraných vlastností povrchu obkladů vybraných druhů dřevin (Modřín evropský a Modřín sibiřský) vystavených atmosférické degradaci, které nejsou povrchově ošetřené ochranným nátěrem.

Zkušební tělesa budou exponována z jižní a severní strany ve fasádních obkladech v exteriéru. Ze zacílení práce vyplývají následující sofistikované metody stanovení přirozeného stárnutí dřeva:

- Stanovení barvy zkušebních těles
- Stanovení lesku zkušebních těles
- Stanovení kontaktního úhlu zkušebních těles

V průběhu exponované doby budou realizována měření, jejichž cílem je objasnění:

- Jaký vliv má orientace plochy obkladového materiálu dřeva na rychlost jeho degradace.
- Jaké jsou rozdíly ve změně struktury povrchu testovaných zkušebních těles u použitého Modřínu evropského a sibiřského.
- Jaký vliv má tvar profilu obkladového materiálu na rychlost jeho stárnutí a degradaci povrchu.

Součástí práce je realizace měření parametrů charakterizující barvu, lesk a kontaktní úhel, díky kterým je možné charakterizovat míru degradace.

Poslední část práce se věnuje vyhodnocení a porovnání naměřených hodnot a výsledků.

1. DŘEVO JAKO STAVEBNÍ MATERIÁL A JEHO VYUŽITÍ V EXTERIÉRU

Dřevo patří mezi nejstarší stavební materiály. Své první obydlí si člověk stavěl pomocí dřeva anebo kamene, a ty byly taktéž téměř až do konce 18. stol. jedinými využívanými konstrukčními materiály. Jeho výhodou je hlavně lehká opracovatelnost, velká pevnost ve vztahu k hmotnosti i výborné izolační schopnosti. Dřevo reprezentuje přírodní materiál s univerzálním použitím a pro svoji estetickou podobu společně s přirozenou kresbou je v uplynulých letech vyžadovaným prvkem tvořící životní prostředí člověka. V této spojitosti není možné taktéž opomenout skutečnost, že jde o materiál rostlinného původu, jenž je zcela obnovitelný a jehož výroba i využití má oproti konstrukčním materiálům na bázi neobnovitelných surovin pozitivní vliv na životní prostředí. Jedná se o organickou hmotu, jejímž původem jsou kmeny, větve i kořeny dřevin a které vznikají přirozenými procesy za součinnosti ovzduší i půdy. Během jeho růstu se snižuje množství CO₂ v ovzduší, roste bez potřeby dodatečné umělé energie, a i zpracování a doprava stavebních elementů z něj vyprodukovaných si žádá méně energie, nežli je tomu u materiálů z neobnovitelných surovin. V případě využití dřeva pro konstrukční účely je dřevo efektivně využito v produktech s vysokou přidanou hodnotou (Vaverka a kol., 2008).

Od nepaměti je dřevo využíváno pro nejrůznorodější účely i potřeby jakožto stavební materiál ke stavění obydlí, ke konstrukci krovů i střech, ke zhotovení oken či dveří, nábytku, podlah, obložení vnitřních stěn a fasád. Dále se pak ze dřeva konstruuje zahradní přístřešky, venkovní terasy, garážová stání, zahradní nábytek i mnoho dalších výtvorů denní potřeby (Tesařová, 2014).

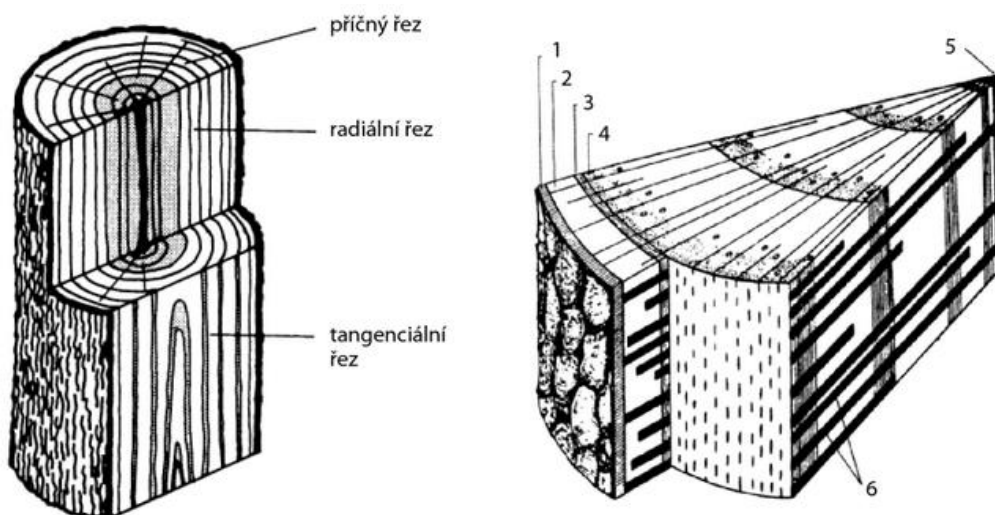
1.1 DŘEVO JAKO MATERIÁL

Dřevo představuje anizotropní organický materiál, tvořený buňkami (Heřmánková, 2013).

Z chemického hlediska se jedná o kompozitní materiál, tvořený celulosou, hemicelulosou, ligninem i doprovodnými látkami. Anizotropní atributy dřeva je možno objasnit jeho makroskopickou stavbou. Buňky, z nichž je vytvořeno, jsou povětšinou podlouhlého tvaru, natočené rovnoběžně s osou kmene anebo větve a jsou urovnány centricky okolo této osy. S touto skladbou se pojí primární řezy, jež je třeba během charakteristiky dřeva i jeho vlastností zachovávat:

- příčný řez je směr vedený vertikálně na osu kmene či větve,
- radiální řez představuje směr vedený souběžně s osou kmene či větve a pronikající touto osou,
- tangenciální řez je řez vedený souběžně s osou, avšak mimo tuto osu.

Makroskopickou skladbu dřeva je možno vnímat pouhým okem, popřípadě prostřednictvím lupy. V diagonálním řezu je směrem od okraje ke středu patrná kůra i lýko, kambium, léta, jarní i letní dřevo a též dřev. Na kulatině vytváří diagonální řez tzv. čelní řez, na němž léta formují různě široká koncentrická mezikružší se sporadickou i světlejší vrstvou jarního dřeva, jež se tvoří na začátku vegetační doby, a častější, tmavší vrstvu letního dřeva, utvořeného v druhé půli vegetační doby. Celistvá zóna přírůstku dřeva utvořená během jedné vegetační periody, tzv. roční přírůstková kružnice, se nazývá létem nebo letokruhem. Šířka letokruhu záleží na druhu dřeviny i na podmínkách podnebí, v nichž strom vyrůstal. Na radiálním řezu vytvářejí léta souběžné pásy, natočené souběžně se dřevní. Dřevní paprsky jsou náležitě rozeznatelné obzvláště u listnatých dřev, kde formují různorodě tvarovaná lesklá místa, tzv. zrcátka. Tangenciální řez je totožně jako řez radiální, směřovaný souběžně s osou podélnou, avšak neproniká dřevní. Je směřován v dané vzdálenosti od dřevní. Léta ve středu řezu utvářejí parabolické tvary, na lemu řezu je jejich průběh souběžný (Vaverka a kol., 2008).



Obr. 1 Základní řezy dřevem a makroskopická struktura dřeva

Zdroj: Vaverka a kol., 2008

Makroskopická skladba dřeva: 1 borka, 2 kůra, 3 lýko, 4 kambium, 5 dřev, 6 dřevové paprsky (Vaverka a kol., 2008).

Kůra stromu ochraňuje narůstající kmen. Přímo pod kůrou se nalézá lýko, jež přivádí do zdřevnatělých částí látky utvořené v listech stromu, kde se ukládají. Kambium je tvořeno dělivými buňkami a obstarává každoročně nárůst kmene o jeden letokruh. Kůru i lýko je příhodné okamžitě po skácení odstranit, protože obsahují látky, jež mohou zapříčinit napadení dřevokazným hmyzem. Pod kambiem se nachází bělová vrstva. Vytváří ji rozdílné množství letokruhů po obvodu dřevního válce. Její buňky přivádí vodu s živinami směrem vzhůru od kořenů. U některých skupin se charakterizuje markantně bledší barvou, u jiných není možné předěl mezi bělí a jádrem vyzorovat. Běl je predisponovanější k napadení dřevokazným hmyzem i houbami. Jádro je nejhověvnatější i nejkvalitnější část stromu. Dřev umístěnou uprostřed kmene formují velice měkké buňky, je predisponovaná k rozkladu, smršťuje se během sušení a povětšinou se nevyužívá (Tesařová, 2014).

Z aspektu chemické stavby je dřevo souborem látek, z nichž podstatu vytvářejí přirozené polymery, celuloza, hemiceluloza i lignin v poměru zhruba 50 %, 30 % a 20 %. V mikroskopickém pohledu je patrné, že je dřevo složeno z buněk odlišného tvaru i velikosti. Stěny buněk formují hlavně celulóza i lignin a jejich úlohou je v žijícím dřevě vést v kmeni vodu i živiny směrem vzhůru, tvořit dřevní hmotu i uchovávat stavební látky. Primární druhy buněk, z nichž je dřevo sestaveno, jsou cévní články, tracheidy, libriformní nitky i parenchymatické celuly (Vaverka a kol., 2008).

1.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

K fyzikálním vlastnostem dřeva náleží zejména vlhkostní vlastnosti, poté pak hutnost, tepelné i akustické atributy, vlastnosti povrchové i vizuální, jako je zbarvení, lesk i struktura povrchu, a atributy elektrofyzikální (Horáček, 1998).

Z výše udaných vlastností je nejzásadnější vlhkost, jež ovlivňuje řadu jiných vlastností dřeva, jako jsou hutnost, rozměrové přeměny, rezistence vůči houbovému napadení a útokům hmyzu, mechanické atributy a jiné. Dřevo představuje hygroskopický materiál, jenž je způsobilý absorbovat anebo předávat vlhkost z okolního prostředí, a to nejen v kapalném skupenství, ale i v plynném skupenství (Vaverka a kol., 2008).

Humidita dřeva se uvádí jakožto podíl hmotnosti vody vůči hmotnosti dřeva ve zcela suchém stavu, tedy absolutní vlhkost, či podílem hmotnosti vody vůči hmotnosti

dřeva mokrého, tudíž relativní vlhkost a zobrazují se nejčastěji v procentech (ArchiLine Wooden Houses, 2019).

Na podkladě vlhkosti se v praxi dřevo umisťuje do těchto skupin:

- skupina 1 - mokré dřevo, dlouhodobě uchované ve vodě (vlhkost > 100 %),
- skupina 2 - dřevo čerstvě skáceného stromu (vlhkost 50 % až 100 %),
- skupina 3 - dřevo vyschlé na vzduchu (vlhkost 15 % až 22 %),
- skupina 4 - dřevo vyschlé na teplotu v interiéru stavby (vlhkost 8 až 15 %),
- skupina 5 - dřevo naprosto suché (vlhkost 0 %).

Během zpracování dřeva i jeho užití na výrobu konstrukčních elementů je zásadní tzv. technická vlhkost, jež pojímá nejen výrobní, ale i provozní vlhkost. Současně by měl platit princip, že vlhkost výrobní se shoduje s provozní vlhkostí, respektive u některých druhů dřevěných elementů by měla být o 1 % až 2 % menší. Tím je možno zamezit nežádoucím pokrivením v konsekvenci fluktuace teploty i relativní vlhkosti prostředí, v němž je dřevěný element zabudován (Vaverka a kol., 2008).

Dřevo obsahuje tři formy vody: Chemicky vázanou, vázanou a volnou. Voda chemicky vázaná je vázaná v rámci chemických vazeb dřeva, voda vázaná je v buněčných stěnách a volná voda je obsažena v buněčných dutinách a mezibuněčných prostorech. Vázaná voda je zadržována hlavně fyzikálně-chemickými vazbami, změna jejího obsahu významně ovlivňuje většinu vlastností dřeva. Volná voda, udržovaná pouze mechanickými vazbami, se odvádí snadněji než vázaná voda a má menší vliv na vlastnosti dřeva (Jurenka, 2006).

Každá kombinace teploty a vlhkosti atmosféry koresponduje s určitou vlhkostí dřeva, jež v podstatě nezávisí na dřevině. Na základě diagramu rovnovážné vlhkosti je možné nalézt vlhkost dřeva pro konkrétní teplotu i vlhkost okolního vzduchu, tudíž prostředí, v němž je dřevo dlouhodobě umístěno. Tato skutečnost, v běžné praxi často opomíjená, je pokládána za velmi zásadní během evaluace spolehlivosti i životnosti budov, v nichž je jakožto ústřední konstrukční materiál využito dřevo (Vaverka a kol., 2008).

Během předávání vlhkosti do prostoru dřevo pozbývá svůj objem působením sesychání buněk, opačně pakliže dřevo ze svého okolí vlhkost přijímá, jeho buňky opětovně vlhkost absorbují a dřevo svůj objem zvětšuje. Tím nastávají objemové změny, jež se nazývají jakožto bobtnání a sesychání (Štěcha, 2016).

Kromě toho ještě dochází k přeměnám tvaru, představované zkroucením anebo zkřivením, borcením dřeva a vznikem výsušných trhlin. Veškeré tyto přeměny, objemové a tvarové, se označují jako pracování dřeva.

Bobtnání i sesychání dřeva je odlišné v jednotlivých řezech. V podélném řezu je minimální a je možné jej v praxi zanedbat. V tangenciálním i radiálním řezu jsou rozměrové přeměny dřeva natolik zřetelné, že je zapotřebí s nimi během zpracování i užívání dřeva počítat. Rozdíl je taktéž mezi bobtnáním a sesycháním bělového dřeva (světlejší léta na příčném směru) a dřeva jádrového (tmavší vnitřní léta).

Borcením dřeva se nazývají tvarové přeměny v příčném řezu, jež se mohou projevit přeměnou tvaru příčného řezu, kdy kupříkladu příčný průřez hranolku čtvercového tvaru se v průběhu vysoušení přetvoří na obdélníkový, eventuálně na kosočtvercový, rovná deska získá žlabovitý tvar apod. Příčné transformace tvaru z výřezu jsou tím větší, čím blíže k lemu kmene se výřez nachází. V podélném řezu mohou nastat změny tvaru v podobě prohnutí (zpočátku rovná deska se po vysoušení stane klenutou), anebo nastane stočení a zprvu plochá deska změni svůj tvar na „vrtulovitý“. Taktéž nerovnoměrné, či přespříliš rychlé sušení dřeva míří ke zrodu trhlin a vady růstu stromů (točivost) vyvolávají zkřivení řeziva, jelikož vlákna se během vysoušení snaží zaujmout souběžnou polohu (Vaverka a kol., 2008).

Přirozené pracování dřeva při změně vlhkosti představuje proces, jemuž není možné zamezit a který náleží k přirozeným atributům dřeva. U elementů dřeva je tudíž potřebné realizovat taková opatření, která eliminují nežádoucí vznik prasklin a dalších mechanických defektů, anebo je přinejmenším minimalizují (Mirzoev, 2005).

Před použitím dřeva pro konstrukční účely by mělo být technologicky vysušeno na takovou míru vlhkosti, kterou bude disponovat během používání stavby. Montované dřevěné elementy je třeba chránit proti vlhkosti konstrukčními opatřeními, stropní trámy i vaznice se musí klást jádrovou stranou vzhůru tak, aby v případě změny tvaru elementu v důsledku změny vlhkosti došlo k tvarovým změnám v protisměru předpokládaného prohnutí. Trhlinám je možné do jisté míry zamezit anebo je přinejmenším omezit řádným uskladněním, kulatinu i řezivo je třeba uskladnit ve stínu. Během vystavení dřeva bezprostřednímu slunečnímu záření dochází k rychlému vysoušení jeho povrchu a k vzniku povrchovému pnutí, které je následně kompenzováno vznikem trhlin. Taktéž rychlé nařezání kmene napomáhá redukci jeho pnutí (Vaverka a kol., 2008).

1.3 VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVA V EXTERIÉRU

1.3.1 VÝHODY

Dřevostavby jsou výhodné především z těchto argumentů:

- rozumně navržená, řádně zhotovená, rozvážně provozovaná i udržovaná a po ukončení jejího životního cyklu náležitě zlikvidovaná dřevostavba vyžaduje v celém tomto procesu výrazně méně energie než stavba zhotovená z materiálů z neobnovitelných surovin. Dovede tak značně omezit nároky na energii nutnou na vlastní výstavbu, chod i nakonec odstranění, což představuje zcela zásadní informace ve spojitosti s potřebou změny postoje lidstva k získávání i využívání energie obecně. Malá potřeba tepla na vytápění u správně izolovaných staveb poskytuje efektivní využití větracích systémů s rekuperací, jež současně obstarávají potřebu tepla. Není pak náležité řešit a ani financovat nezávislý systém vytápění. Řízené větrání dovoluje kontrolovat množství i kvalitu větracího vzduchu.
- dřevo je stoprocentně obnovitelný zdroj, užití dřevní hmoty je bezodpadové,
- dřevostavby skýtají vyšší kvalitu vnitřního prostředí, příhodnější distribuci teplot v prostoru, vyšší povrchové teploty, a tudíž potenciálnost vytápět na celkově menší teplotu, a tak šetřit energii. Díky systémům řízeného větrání poskytují potenciálně sledování kvality vzduchu v místnostech (prach, alergie, roztoči, bakterie atd.),
- dřevostavby nabízejí při shodném obestavěném prostoru více upotřebitelné plochy uvnitř nežli zděné budovy, a dokonce s ještě prospěšnějšími tepelně izolačními atributy, což je vyvoláno slabšími stěnami. Středně velký dům se zastavěnou plochou cca 100 m² získá na každém patře o zhruba 10 m² větší plochu k využívání při současném zachování stejného celkového objemu budovy. Dřevostavby se povětšinou zvenku „jeví“ menšími, nežli odpovídají následně zkušenosti po prohlédnutí interiérů,
- dřevostavby je možno postavit velmi rychleji než „klasické“ zděné stavby, postup vlastní stavby je tudíž kratší: klient tak za svoje peníze získá rychleji výsledný produkt a může ho tak začít dříve využívat, což může představovat řadu následujících úspor. V případě staveb komerční povahy rychleji vystavěná stavba dříve vydělává,

- kratší je i čas, po který je nutné se stavbě věnovat, kterou klient dává jakožto vlastní investici a vede i ke snížení části nákladů souvisejících s výstavbou,
- hypoteční ústavy by měly uvítat, že čas od chvíle, kdy uvolní peníze do chvíle, kdy je započne jejich klient splácet, je taktéž výrazně kratší.

Fyzická životnost dřevostaveb je porovnatelná se zděnými stavbami, dřevostavby lze podstatně lépe, nenáročně, rychleji i levněji přizpůsobovat a pozměňovat podle měnicích se provozních potřeb během jejich životního cyklu (Růžička, 2006).

1.3.2 NEVÝHODY

Nevýhodou dřeva je, že se lehce vznítí. Dřevo je složeno z organických sloučenin, jež jsou tvořeny především z uhlíku a vodíku.

Faktory způsobující poškození a ničení dřeva se dělí do dvou kategorií: biotická (biologická) a abiotická (nebiologická). Biotická činnidla zahrnují hniloby a plísňe, bakterie a hmyz. Mezi abiotická činnidla patří slunce, vítr, voda, určité chemikálie i oheň (Ministry of Culture and Tourism, 2019).

Dřevo je třeba chemicky chránit vůči dřevokazným houbám (fungicidními nátěry), vůči dřevokaznému hmyzu (insekticidní postřiky) a vůči účinkům ohně (antipyrotika zhoršující vznícení i hořlavost dřeva) (Koníčková, 2019).

Hlavním principem ochrany dřevěných fasád je vyprojektování dostačujícího přesahu střechy, jenž ji ochraňuje před deštěm a slunečním zářením. Dílčí elementy pak musí být formovány tak, aby nezachycovaly vodu a dovolovaly její odtok. Jejich distance musí poskytovat cirkulaci vzduchu i jejich vysychání.

Impregnace dřeva je dočasná, je nezbytné ji opakovat a taktéž může mít i negativní environmentální účinek. Naproti tomu neošetřené dřevo samozřejmě degraduje i nepravidelně šedne (MeziStromy.cz, 2019). Následná kapitola popíše tradiční význam dřevěných fasád.

2. TRADIČNÍ VÝZNAM DŘEVĚNÝCH FASÁD

Text této kapitoly přibližuje důvody využití dřevěné fasády u staveb, jejího využití i expozice v exteriérech, zmíní se důvody, proč a čím je dřevo zajímavé.

Dřevo představuje materiál, jenž přestál staletí i architektonické styly a vyskytuje se doposud jak na historických stavbách, tak i v supermoderní architektuře. Již dávno se nevyužívá pouze na štíty domů, avšak stále mnohokrát se jím pokrývají celé objekty nebo jejich podstatné části. Dřevo na fasádě reprezentuje symbol rostoucího technického řešení a mnohdy se objevuje u nízkoenergetických anebo pasivních staveb, kde současně zesiluje pozitivní ekologický dopad stavby jakožto komplexu (Můj dům, 2019).

2.1 PROČ DŘEVĚNÁ FASÁDA?

Stavět ze dřeva značí navrhovat, řešit i budovat s přírodním materiálem, jenž neustále dorůstá. Uchvácení, které pramení z lesa, a úctu, kterou jeho stromy vyvolávají, se předávají do dřeva jakožto materiálu.

Průzkumy dosvědčují, že u dětí je dřevo z veškerých stavebních materiálů nejvíce v oblibě. Děti mají radost ze dřeva. Kritéria opravdu směrodatná pro tyto sympatie, je těžké definitivně vymezit. Jedná se o vzhled, vůni anebo strukturu, povrchovou teplotu či atribut přizpůsobovat se vlhkosti? Pravděpodobně všechny tyto vlastnosti dohromady poskytují dřevu jeho neobyčejný charakter.

Stavitelé, architekti, řemeslníci i jejich zákazníci či investoři už po staletí konstruují se dřevem a tuto přírodní surovinu i stavební materiál bez přestání nově využívají, tvarují i pozměňují. Ze dřeva lze zrealizovat takřka všechno, od mobiliáře až po plavidlo, od domu až po mlýn. Dřevo skýtá nekonečnou volnost pro navrhování i konstruování a dovoluje realizovat i nezvyklé představy. Žádný podiv, že početné nové konstrukční variace vznikají ze dřeva. Dřevo vytyčuje trendy (Kolb, 2011).

V historii stavebnictví se vyskytuje pouze málo prvků, jež by byly použitelné ještě v dnešní době. Avšak tak jako soudobý automobilový průmysl nemůže pouze těžit ze staletých empirií výrobců poštovních kočárů, stejně i stavbaři využívají toho, co poskytuje technologický pokrok. Nelze nalézt mnoho tradičních konstrukcí, jež by byly i v přítomnosti aktuální. Avšak vyskytují se i výjimky: před téměř 700 lety byla objevena rámová pila, od tohoto času je možné snadno zhotovovat prkna a přibližně taktéž od tohoto času se zhotovují také závěsné dřevěné fasády. Na jádru dřevěných fasád se od té doby toho mnoho nezměnilo, přestože novodobé technologie frézování i hoblování

poskytly zhotovovat tvarově různorodé profily, zvětšit rozměrovou stabilitu a uplatnit rozdílné varianty jejich uchycení, k principiálním změnám profilů nedošlo. Stejně jako v minulosti se dřevěné fasády skládají ze základního vzoru, z prkna, a z uchycovacích elementů, hřebíků, jež v současnosti většinou nahradily šrouby anebo spony i skoby. Dřevěná fasáda nepředstavuje pouze prozatímní módní záležitost, osvědčuje se, jelikož se v minulosti i v současnosti charakterizovala vším, co fasádu činí dobrou fasádou. Nezahrnuje více materiálu, nežli je nezbytně potřebné, je po danou dobu rezistentní proti povětrnostním vlivům, dovoluje různorodé varianty návrhu, je možné ji relativně lehce sestavovat, modifikovat a pozměňovat – a jakožto odpad se může ideálně likvidovat kompostováním anebo spálit jakožto dřevěné palivo. Nedisponuje sice takovou trvanlivostí jako fasády cihlové, avšak je významně cenově dosažitelnější a jednoduše se umisťuje i obměňuje. A právě ohraničená trvanlivost se používá jakožto důvod vůči dřevěným fasádám. O jakou trvanlivost se ale vlastně jedná? Staví se v současnosti domy na dobu sta, padesáti anebo dvaceti let? Reálná životnost je 20 let. Tato délka životnosti může stavitele znepokojovat, především když se vezme v úvahu, že mnohé stavby se během takové doby ani nestačí splatit. To představuje faktický problém.

Počítá-li se s tím, že pořizovací investice dřevěné fasády představuje polovinu pořizovací ceny zděné fasády, počítaje i všechny vedlejší úkony, jako lícování dveří, oken, překlady i vyzdívání, a za podmínky, že uspořené výlohy budou úročeny 4 %, pak si lze novou fasádu za takto ušetřené náklady opatřit za 18 let, při 5 % úročení dokonce již za téměř 15 let. Jelikož se nové fasády pořizují jako součást objektu zpravidla na hypotéku, sníží se tato doba ještě o další 2 až 3 roky (Gabriel, 2011).

Zateplení, tepelná izolace stavby, ovlivňuje prostup tepla konstrukcí obvodového pláště budovy. Z fyzikálního vztahu je prostup tepla charakterizován součinitelem prostupu tepla U . Čím je nižší hodnota U obvodového pláště, tím je vhodněji izolované a tím méně tepla jím prostoupí (Stempel, 2014).

Pakliže se vezme v úvahu, že před 20 lety byl tepelný prostup obvodového pláště přibližně dvaapůlkrát vyšší, nežli je u porovnatelných obvodových konstrukcí v současnosti, pak je patrné, jakým trendem se realizace obvodové konstrukce v průběhu času ubírá.

Jakou variantu poté zvolit? Odstranit starou fasádu, anebo dále plýtvat energiemi? Ani jedna odpověď není neuspokojivá. Kdyby ovšem šlo o dřevěnou fasádu, ta by se odstranila, eventuálně by se vizuálně upravila, dodatečně by se realizovala izolace vnější

vrstvy budovy, opětovně by se instalovala, a to vše by bylo fakticky celkem snadné (Gabriel, 2011).

Současné stavební materiály i technologie mají vyjma velkých nároků na energii též fatální odezvy na životní prostředí a nejsme schopni tyto dopady přijatelně vyřešit. Ani nyní nejsou argumentem pro využití dřeva nějaké komplikované úvahy, nýbrž v zásadě strach i obava o budoucnost lidského rodu i jeho další bytí na této planetě. A tak se jakoby oklikou opět navracíme nazpět k využití dřeva pro konstrukce i stavby: Dřevo je naprosto obnovitelný materiál, jeho vytěžení nevytvoří „díru“ v zemi.

V průběhu poměrně krátké doby lze získat adekvátní náhradu za vytěženou surovinu a k obnově je zapotřebí pouze minimální investice. Po dobu svého růstu je strom důležitou krajinnotvornou složkou a disponuje nezastupitelnou úlohou v cyklu kyslíku i kyslíčnicku uhličitého. Na zpracování dřeva, počínaje pokácením stromu, přes jeho opracování na materiál, využití jakožto stavebního materiálu, transport i definitivní likvidaci je zapotřebí výrazně méně energie nežli u zbývajících stavebních materiálů (pálená cihla, železobeton, ocel apod.), v konečné likvidaci je dřevo, jakožto patrně jediný stavební materiál, způsobilé uvolnit další energii. Cyklus zpracování dřeva je tudíž naprosto bezodpadový. Současné technologie i možnosti ze dřeva využitkovávají zcela vše pro následující zpracování a dřevo je zcela recyklovatelný přírodní materiál. Dřevostavby obecně lze celkem snadno dobře tepelně zaizolovat a je možné tak podstatně snížit cenu provozních výdajů staveb (Růžička, 2006).

Kvalitní zhotovení dřevostavby je do jisté míry ovlivněno materiály, které jsou pro výstavu použité. Proto je nezbytné vycházet z informací o těchto materiálech a příhodně je vybrat a uplatnit (Zahradníček a Horák, 2011).

Pod pojmem moderní dřevostavba se rozumí stavba ze dřeva, kde je odborně i koordinovaně vyřešena oblast statiky, akustiky, požární ochrany i stavební fyziky (Smola, 2007).

Text následné kapitoly se zaměřuje na dřevěné fasády, jejich důvody vedoucí k volbě dřevěné fasády a na jejich výhody i nevýhody.

3. DŘEVĚNÉ FASÁDY

Text této kapitoly pohovoří o fasádách a jejich výhodách i nevýhodách, seznámí s fasádami a představí důvody pro jejich volbu v exteriéru.

3.1 DŮVODY VEDOUcí K VOLBĚ DŘEVĚNÉ FASÁDY

Tradiční koncepce řešení fasády v exteriéru byly často zpochybňovány, objevuje se četné množství nových stavebních konstrukcí se svými výhodami. Fasády ze surového modřínového dřeva hrály v této spojitosti ze začátku sice jenom malou roli, avšak brzy se staly symbolem budov šetrných k životnímu prostředí.

Funkcionalita, malé náklady, vědomé užití stárnutí dřeva, budoucí bezodpadové kompostování i zřeknutí se konvenčních nároků na reprezentaci, představovaly argumenty, jež mluvily pro dřevěné fasády i proti zděným fasádám. S ohledem na to, že se však ne vždy postavily zrovna nejatraktivnější stavby, hovoří se občas o nich s mírným posměchem jako o tzv. „architektuře obilovin – Müsli Architektur“ (Gabriel, 2011).

Dřevěné fasády jsou však v severských státech obvykle srovnávány s kontaktní minerální omítkou a tyto dva systémy jsou pojímány jako konkurenční. Omítka je nezářidka veřejností a některými architekty pojímána jako bezúdržbová o delší životnosti, nežli je očekávána od dřevěné fasády. Toto přesvědčení ovšem podle některých odborníků není opodstatněné, jelikož omítka taktéž vyžaduje čištění i pravidelnou údržbu, shodně jako dřevěný obklad. Tradiční kontaktní omítka je v komparaci s dřevěnou fasádou navíc méně odolná proti mechanickému poškození. Mohou se u této omítky objevit také potíže s vlhkostí (a to vnitřní) ve stěnách. Dřevěná fasáda vůči tomu vlhkostí vlastní stěny tak přímo dotčená není, a to díky systému odvětrání pod jejími obklady. Při hledání odpovědi na otázku, jak příslušnou dřevěnou fasádu realizovat i udržovat tak, aby byla úspěšná v konkurenci kontaktní omítky, je potřeba začít nejprve dobrým architektonickým návrhem, správnou instalací obkladových prvků i správnou a pravidelnou údržbou (Novák, 2015).

Fasády se řadí do čtyř primárních skupin na: aplikované obložení z prken i palubek, jež bylo i je stále oblíbené a často volené, dále na tzv. otevřené lamelové fasády, které se dostávají do popředí především díky jejich estetické podobě a dobré možnosti ohledně stínění slunečního záření, nadále šindelové fasády, které se užívaly v minulých stoletích, avšak i v současnosti mají jisté zastoupení hlavně v horských lokalitách i na venkově, kde se ještě tato tradice udržuje a fasády z deskových materiálů, jež se uplatňují

v pokrokovém stavebnictví neustále častěji díky velmi dobrým vlastnostem nových materiálů stanovených speciálně pro exteriér (Čermák, 2014).

Systémy dřevěných fasád lze rozdělit dle způsobu kotvení: viditelné vrutem/nýtem, zadním závěsem, skryté záslepkou, lepením (G TRADE, 2019).

3.2 VÝHODY A NEVÝHODY UŽITÍ

Vhodně zvolit dřevinu je tím nejzásadnějším rozhodnutím, jelikož na správné volbě závisí posléze i životnost fasády. Každá dřevina má své výhody a nevýhody. Proto je nezbytné ohlížet se na podmínky, v nichž bude aplikována, kupříkladu:

- Sibiřský modřín – mezi výhody sibiřského modřínu na fasádě patří odolávání hnilobě a vysoká životnost při extrémních podmínkách, avšak mezi nevýhody patří fakt, že se může kroutit a má nemalou pořizovací cenu. Na českém trhu jsou například dostupné venkovní palubky vytvořené ze Sibiřského modřínu. Ten je daleko odolnější než modřín rostlý v ČR. V rámci měkkých dřevin ho lze řadit mezi nejtěžší. Jeho nevýhodou je časté kroucení (vůči českému modřínu ovšem o dost méně). Při kontaktu Sibiřského modřínu s kovovými spojovacími prvky dochází k nežádoucímu modročernému zamodrání. Pro fasádní palubky venkovního typu se však hodí zejména Sibiřský modřín, a to z toho důvodu, že má značný obsah pryskyřic, taninů a díky nim tak lépe odolává podmínkám, kde již jiné druhy dřevin podléhají hnilobě, anebo invazi hmyzu.
- Severský smrk – co se týče druhů smrků, na fasády je dosti oblíbený zejména tzv. severský smrk, který má vůči českému hustší letokruhy i méně suků. Z výhod dřevěného obkladu ze smrku lze příkladově zmínit jeho světlou barvu, z nevýhod u severského typu vyšší pořizovací cenu, u českého smrku zase vysokou nasákavost.
- Finská borovice – z palubek lze zmínit i palubky z finské borovice, které jsou upravené procesem zvaným „ThermoWood“. Díky této tepelné úpravě si dřevo uchovává své vlastnosti dlouhou dobu i bez ohledu na skutečnost, zda mu majitel věnuje péči či ne. Nevýhodou je však vyšší křehkost termicky upraveného dřeva a jeho vyšší pořizovací cena.
- Tropické dřeviny – z tropických dřevin lze příkladově na fasádní palubky zmínit červený cedr. Tropické dřeviny sice obecně odolávají dosti rychlým i razantním klimatickým změnám, avšak jsou výrazně dražší, ačkoliv mají výborné

mechanické vlastnosti i odolnost vůči dřevokaznému hmyzu i houbám. Nemusí být ale vždy ihned dostupné ke koupi.

Ošetření u venkovních palubek každopádně sehrává nemalou roli. Přestože někdo preferuje přírodní neošetřené dřevo, je faktem, že lazura chrání jak před houbami, tak hmyzem a povětrnostními vlivy i ty méně odolné typy fasádních profilů. U správné vrstvy lazury se povrch dřeva zcela neuzavře a palubka stále takzvaně dýchá.

Při úplném uzavření by se mohla voda dostat kapilárami dovnitř, ale už by se nemohla odpařit. Tak by kondenzovala pod povrchem nátěru a lak či barva by začala na palubkách praskat či se loupat.

Je důležité zdůraznit, že při správném i důkladném ošetření palubek již nesehrává volba dřeviny tak význačnou úlohu, jelikož zlepšení vlastností nastává právě vhodně učiněnou povrchovou úpravou. Je však nutné počítat s náklady souvisejícími s povrchovou údržbou natíráním či broušením (Vysoudil, 2015).

4. BIOTIČTÍ A ABIOTIČTÍ ČINITELÉ MAJÍCÍ VLIV NA DEGRADACI DŘEVA V EXTERIÉRU

Na dřevěné fasády jsou kladeny shodná kritéria, jako na veškeré jiné fasády. Dřevěné prvky exponované do exteriéru jsou vystaveny vlivům, kterými jsou především:

- vlhkost a voda
- teplota
- sluneční záření
- vítr
- biotičtí činitelé
- prachové částice a polutanty

Ke změnám u zatížení fasády ze stran těchto vlivů dochází celý rok i během dne. Při navrhování dřevěné fasády se tedy musí s těmito změnami, jež zapříčiňují zejména změnu ohledně vlhkosti materiálu, vždy počítat (Čermák, 2014).

Následující subkapitoly popisují vliv těchto činitelů detailněji.

4.1 VLHKOST

Dřevěné fasádní obklady jsou vystaveny vlivům vody ve všech jejich skupenstvích (např. vzdušná vlhkost, deště či sněh), a to o různém pH. Dřevo vlivy přijímání i odevzdávání vlhkosti mění svoje rozměry a nastávají tvarové změny. Změna rozměrů dřeva díky bobtnání i sesychání je relativně velké. Z těchto důvodů se má zabudovávat i montovat dřevo už „vysušené“ s požadovanou vlhkostí dřeva, která je přibližně pro dané prostředí odpovídající tak, aby nedošlo k jeho velkým tvarovým změnám. U fasád se doporučuje vlhkost obkladů v rozmezí od 12 do 18 %. Vůči zvýšené vlhkosti je podstatná konstrukční ochrana užitého dřeva. Přesah střechy, anebo vzdálenost od země, také profily obkladů i zajištění ohledně proudění vzduchu, jež odvádí vlhkost, jsou u aplikace těchto fasád velmi podstatným faktorem. Zvýšená vlhkost velmi zvyšuje riziko napadení tzv. biotickými škůdci (kupříkladu dřevokazné houby). Na hodně vlhkých místech mohou vznikat také plísňe či je urychlena degradace dřeva. Hodnota pH vody volné, se kterou přichází dřevo do přímého kontaktu, má vliv především na rychlost změny barvy povrchu dřeva, respektive na rychlost a intenzitu vyplavování složek taninů a dalších extraktivních látek.

4.2 TEPLOTA

Dřevo, jakožto materiál disponuje relativně nízkým součinitelem tepelné vodivosti λ . Přehledové hodnoty určené pro měkké dřeviny, jako kupříkladu v ČR nejpoužívanější smrk, jsou ve směru kolmo k vláknům $\lambda=0,18$ W/mK, podél vláken 0,4 W/mK. Co se týká tvrdých dřev jsou takovéto hodnoty o trochu horší – kolmo k vláknům 0,22 W/mK, podél vláken 0,5 W/mK. Dřevo, které je kvalitní, bez suků i vad, kupříkladu lepené hranoly, může dosáhnout hodnot také 0,12 W/mK kolmo k vláknům. Z toho plyne, že dřevo není dobrým tepelným vodičem. Tepelná roztažnost dřeva se může de facto zanedbávat pro důvody vysoké roztažnosti díky působení vlhkosti i následujícím bobtnáním i sesycháním dřeva. Za podmínek vyšší teploty se odvod v rámci vlhkosti ze dřeva docela zvyšuje a hrozí tak vznik mikrotrhlin i trhlin ve dřevě kvůli vnitřnímu napětí. U povrchu dřevěných fasád může být teplota ohledně světlých barev dokonce 60 °C. U tmavých barev dosahujících teplot dokonce 80 °C (Čermák, 2014).

4.3 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Vlivem slunečního záření dochází k fotodegradaci dřeva. Největší působení má UV záření a viditelné záření působící na lignin (je zde absorpce 80–95 % vůči sacharidickým látkám celulóze s tzv. hemicelulózou 5–20 %), který postupem času žloutne. Fotodegradace je však jen povrchový jev, při němž dřevo absorbuje záření, z něhož se uvolní energie i poté volné radikály. Vliv zapříčiněný poškozením slunečním zářením na pevnost u dřeva je tudíž minimální. Tomuto jevu je možné do určité míry zabránit užitím ochranné nátěrové hmoty, která obsahuje UV absorbéry i HALS částice, jež zachytávají i volné radikály, tvořící se v nátěrovém filmu (Čermák, 2014).

4.4 VÍTR

Vítr obstarává rychlejší odvádění vlhkosti ze dřeva, a tak dřevu napomáhá udržovat určitou vlhkost. Současně díky vlivu větru je i více intenzivní proudění vzduchu odvětrávanou mezerou nalézající se za obkladem fasády a má vliv na teplotu v takovéto mezeře. Intenzita větru se odvíjí zejména od okolní zástavby. Pro účinky větru je však zvýšená samočinná abraze dřeva, jelikož vítr unáší různorodé částičky prachu i písku. Vítr také napomáhá vodě třeba během přeháněk, aby se dostala i na hůře dostupná místa u dané konstrukce. Tak však již může navýšit vlhkost dřeva i ohrozit jeho konstrukci (Čermák, 2014).

4.5 BIOTIČTÍ ČINITELE

K biologickým vlivům, které ohrožují dřevěné materiály při užití u lidských staveb i obydlích, jsou řazeny zejména tak zvané biotické činitele – škůdci, jichž existuje opravdu celý seznam. Od těch drobných savců, zejména hlodavců, lze hovořit o početných zástupců z třídy hmyzu či o houbách a plísních (VýrobkyProStavbu.cz, 2017).

K biotickým činitelům, které nepříznivě působí na dřevěné konstrukce, patří například dřevokazné houby, rostliny, bakterie, plísně, anebo termiti (Slováčková, 2015).

Destruktivní škody způsobuje například dřevokazný hmyz, jelikož v jistém určitém stádiu vývoje užívá složených sacharidů z celulózy i ligninu jako potravy pro své početné kolonie u potomstva.

V zeměpisných podmínkách ČR patří k nejvíce rozšířeným škůdcům u dřeva zabudovaného ve stavbách brouk z čeledi tesaříkovitých i anobiidae, známý více pod názvem „červotoč“.

Plísně i tzv. dřevozbarvující houby obvykle dřevo neponičí, působí jen na povrchu a nerozloží jeho vnitřní hmotu. Určité druhy ovšem zapříčiní nežádoucí zbarvení, a tak znehodnotí dřevo pro další zpracování. Jsou ovšem výborným indikátorem nadměrné vlhkosti v daném prostředí (VýrobkyProStavbu.cz, 2017).

4.6 PRACHOVÉ ČÁSTICE A POLUTANTY

Hlavními znečišťujícími látkami v atmosféře jsou částice prachu a kouře, prchavé znečišťující látky včetně sloučenin síry, amoniaku, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a nasyčených / nenasyčených alifatických a aromatických uhlovodíků a jejich odvozenin. Dřevo pohlcuje atmosférický oxid siřičitý (SO_2), který po přeměně na kyselinu sírovou může degradovat dřevní vlákna (Spedding, 1970). Výsledky průzkumu v terénu a laboratorních ukazují, že zvětrávání dřeva probíhá rychleji ve znečištěném prostředí než v neznečištěném (Williams, 1987).

Opatřebení nebo mechanické působení způsobené takovými prvky, jako vítr, písek a nečistoty, může výrazně ovlivnit rychlost degradace povrchu dřeva. Mále částice, jako písek se mohou uváznout v povrchových trhlinách, bobtnání a sesychání dřeva může oslabit vlákna v kontaktu s těmito částicemi. Pevné částice v kombinaci s větrem mohou způsobovat změnu struktury povrchu (Feist, 1990).

5. METODIKA MĚŘENÍ

Pro stanovení vlastností degradace povrchu dřeva se použily sofistikované metody a přístrojové vybavení. Pro stanovení míry degradace se v rámci řešení této práce použily metody:

- stanovení barvy (EN 927-3)
- stanovení lesku
- stanovení kontaktního úhlu

5.1 MĚŘENÍ BARVY

Stanovení barvy se týká metody využívající trichromatickou metodu CIE – mezinárodní komise pro osvětlení. Aplikovaný systém CIELab je založen na kterékoli barvě pozorovatelného spektra na barevné složky L, a, b – kolorimetrická souřadnice v systému CIE. Pro numerické vyjádření používá se Eukleidovská vzdálenost označená jako barevná odchylka ΔE (Štěrbová, 2016).

Tab. 1 Rozsah barevné difference ΔE^*

$0,2 < \Delta E^*$	Neviditelný rozdíl
$0,2 < \Delta E^* < 2$	Malý rozdíl
$2 < \Delta E^* < 3$	Barevná změna viditelná s vysoce kvalitním filtrem
$3 < \Delta E^* < 6$	Barevná změna viditelná se středně kvalitním filtrem
$6 < \Delta E^* < 12$	Vysoké barevné změny
$\Delta E^* < 12$	Odlišná barva

Zdroj: Pánek, 2015

Pro měření reflexního spektra jsou užívány tzv. reflexní spektrofotometry, jež pro identifikování intenzity u odraženého světla a pro konkrétní vlnové délky užívají difrakční mřížky.

Na takovéto mřížce totiž rozložené světlo doléhá na množství fotodetektorů, jež promění takovéto dopadající světlo dále na elektrický signál.

Zmíněný spektrofotometr se nejprve samostatně zkalibruje na úplně bílou, jež žádné světlo nepohlí a poté stanoví do poměru intenzitu již odraženého světla od objektu, který je měřen k intenzitě doléhajícího světla, a to pro veškeré vlnové délky, a tak je získáno reflexní spektrum určitého objektu.

U spektrofotometrů ručního typu je uváděná difrakční mřížka neměnná a přístroje mají množství fotodetektorů k měření o odstupu 10 nm.

Vůči tomu laboratorní přístroje však mají jen jeden detektor, ale difrakční mřížka je u nich otočná, a to umožňuje i nastavení citlivosti intervalu pro měření na jednotky v rámci nm. Zdroj světla ohledně ručních spektrometrů tvoří halogenové výbojky, anebo LED zdroje. Jak stolní, tak i laboratorní spektrofotometry jsou opatřeny xenonovými výbojkami (PlasticPortal, 2017). Pro měření barvy byl použit ruční přenosný spektrofotometr Konica Minolta CM-600d (výrobce Konica Minolta, Japonsko).



Obr. 2 Měření barvy povrchu dřeva ručním spektrofotometrem

Zdroj: Autor práce

5.2 MĚŘENÍ LESKU

Lesk má způsobilost odrážet tok světelných paprsků určitým směrem. Tuto schopnost mají hlavně dřeňové paprsky, které na radiálním řezu vytvářejí různě tzv. zrcátka. Na radiálním řezu lesk bývá nejvýraznější (Požgaj, 1997).

Lesk dřeva, stejně jako barva dřeva, má význam především při výrobě nábytku a různých výrobků ze dřeva. Úpravou povrchu dřeva, například lakováním, je možné zvýšit odrazivost plochy (Horáček, 1998).

Leskoměr je přístroj, který slouží k měření lesku povrchu. Jeho princip spočívá na nijak složité zákonitosti reflexní geometrie. Jedná se o měření hodnoty již vyslaného světla, jež se odrazí od příslušného povrchu. Hodnota povrchu je přitom vyjádřena v tzv. jednotkách lesku („GU-gloss units“) v rozmezí od 0 až do 100 jednotek. Je však nutné podotknout, že pro vysoce lesklé povrchy (metalické) však existuje i stupnice až do rozsahu 2000 jednotek.

Příslušný povrch je osvětlen pod jistým úhlem a čočka v témže úhlu na druhé straně měří tzv. odraženou hodnotu. Je přitom je důležitá velikost úhlu, pod kterým se na daný povrch zrakem nahlíží. Současně přitom se dbá na velikost úhlu, pod kterým užití leskoměr zvolený povrch osvítlí. Norma ČSN ISO 2813 přitom uvádí, pod jakým úhlem se lesk měří.



Obr. 3 Měření lesku povrchu dřeva ručním leskoměrem

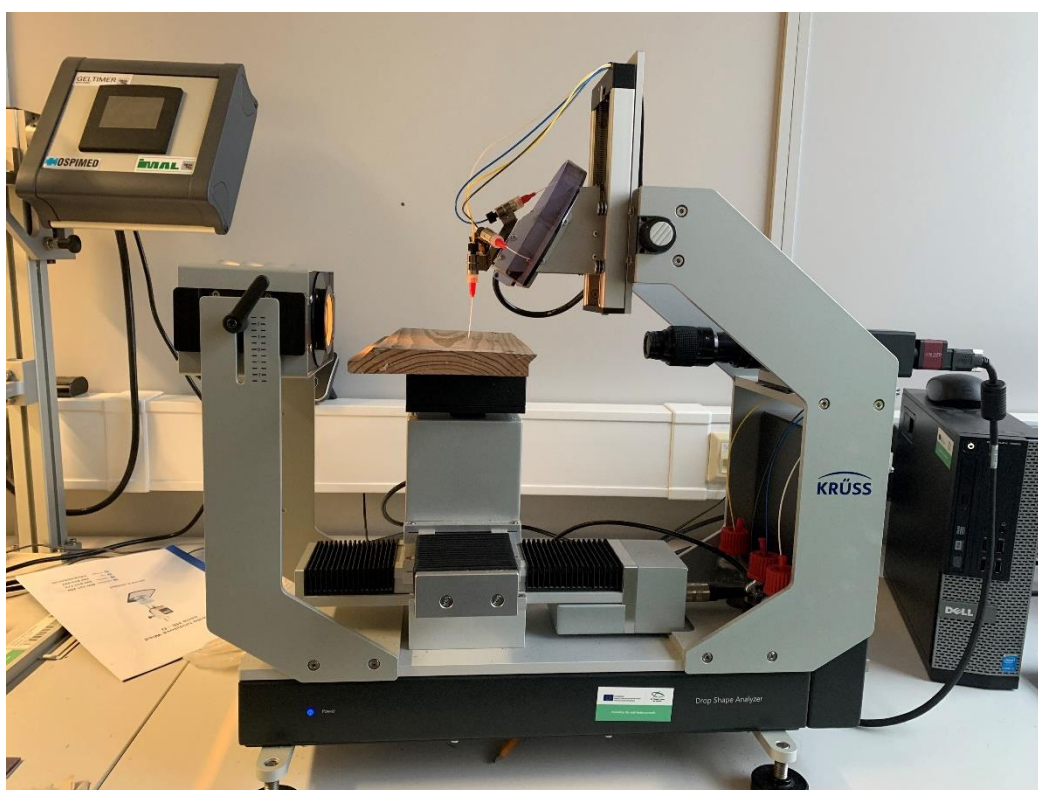
Zdroj: Autor práce

Primárním měřícím úhlem je úhel 60° , který je aplikovatelný pro veškeré nátěry. Pokud je však zvolený povrch vysoce lesklý, tudíž již pod úhlem 60° , je naměřená hodnota týkající se lesku vyšší, než 70 jednotek, tak se jeví výhodnější volba úhlu 20° . U matných povrchů je vhodné měřit lesk pod stanoveným úhlem 85° . Zdali se má měřit právě pod tímto úhlem je možné rozhodnout, pakliže je leskoměrem o měřícím úhlu 60° naměřena hodnota nižší než 10 jednotek (Proinex Instruments, 2017).

5.3 MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU

Za kontaktní úhel se považuje úhel, který svírá tečna k povrchu kapky, vedená v bodě styku kapky s rozhraním (Krásný, 2010). Naměřené úhly smáčivosti mohou být ovlivněny nečistotami a nerovnostmi na povrchu měřeného materiálu. Vzájemně působící činitele (chemické reakce, bobtnání, a rozpouštění) mohou ovlivnit úhel smáčení mezi tuhou látkou a kapalinou (Boháč, 2016).

Takzvaný kontaktní úhel je možné měřit pomocí více metod. Tím základním přístrojem, který je užíván, je tenziometr, respektive goniometr.



Obr. 4 Měření kontaktního úhlu goniometrem

Zdroj: Autor práce

Detailnější klasifikace i popis je členěn na tak zvanou:

- Metodu staticky přichycené kapky – díky ní se měří kontaktní úhel pomocí goniometru prostřednictvím optického subsystému, který zachycuje profil u čisté kapaliny na fixním podkladu. Úhel, který svírá kapalina a rozhraní tuhé látky je změřený kontaktní úhel. Dřívější systémy užívaly optický systém mající podsvícení. Dnešní přístroje užívají systémy již ve značném rozlišení kamery i softwaru ke snímání i analýzu kontaktního úhlu či jiných veličin.
- Metodu dynamicky přichycené kapky, která je podobná předešlé metodě, ale žádá si možnost flexibilní změny studované kapky. Pojícím znakem této metody je identifikování největšího realistického kontaktního úhlu, a to bez rozšíření styčné plochy s dynamickým navýšením objemu.
- Metodu určenou pro prachové materiály, jež umožňuje měřit průměrný kontaktní úhel i tzv. sorpční rychlosti u prachových materiálů či jiných porézních materiálů. Při tomto hodnocení se měří změna hmotnosti v pojetí funkce času.

Z dalších metod je možné jmenovat tzv. Wilhelmyho dynamickou metodu či tzv. Wilhelmyho metodu jednoduchého vlákna (Homola, 2012).

5.4 PŘÍPRAVA VZORKŮ A POSTUP MĚŘENÍ

Byly vybrány vzorky fasádních obkladů ze dřeva Modřínu evropského a sibiřského, které byly exponovány v exteriéru po dobu 730 dní v období let 2018 až 2019 v místě střechy Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze, v nadmořské výšce 286 m.n.m. a GPS souřadnice 50.1300697N, 14.3699636E s průměrnými ročními srážkami 423 mm za rok 2018, 519 mm za rok 2019 a průměrnou teplotou 10,4°C za rok 2018, 10,2°C za rok 2019 s převažujícími západními větry. Zimní období roku 2018 a 2019 se vyznačovalo relativně malými úhrny sněhové pokrývky a relativně vyššími průměrnými teplotami v zimním období. Vzorky (obr. 5 a 6) byly měřeny z exponované jižní a severní strany.



Obr. 5 Referenční vzorek fasádního obkladu (Modřín evropský)

Zdroj: Autor práce



Obr. 6 Referenční vzorek fasádního obkladu (Modřín sibiřský)

Zdroj: Autor práce

U každého vzorku byla měřena změna barvy, lesku a kontaktního úhlu při 12násobném opakovaném počtu měření tak, aby bylo vždy dosaženo minimálního počtu 10 platných hodnot. Před měřením byly vzorky dřeva klimatizovány při konstantních podmínkách, teplotě 20 ± 2 °C a 65 ± 5 % relativní vlhkosti vzduchu po dobu 10 dní v klimatizační komoře typu MEMMERT HPP 750 (Memmert GmbH, Německo) tak, aby relativní vlhkost dřeva při měření odpovídala vždy hodnotě 12 ± 2 %, aby proces měření odpovídal vždy stejným podmínkám.



Obr. 7 Klimatizování zkušebních vzorků

Zdroj: Autor práce



Obr. 8 Konstrukční model obkladu fasády č. 1

Zdroj: Autor práce



Obr. 9 Konstrukční model obkladu fasády č. 2

Zdroj: Autor práce



Obr. 10 Stojan se vzorky dřevěných fasád umístěný na střeše fakulty lesnické a dřevařské

Zdroj: Autor práce

Měření barvy, lesku a kontaktního úhlu bylo realizováno nejprve na vzorcích čerstvě vyrobených. Tyto vzorky byly následně umístěny do exteriéru, do stojanů situovaných na střeše fakulty lesnické a dřevařské (obr. 11), kde byly ponechány přirozenému stárnutí a degradaci.



Obr. 11 Časová osa měření stárnutí povrchu dřeva

Zdroj: Autor práce

Následně byly vzorky opět přeměřeny po cyklu expozice v exteriéru 195 dnů a dále pak opakovaně po dalším cyklu 191 dnů. Měření vzorků bylo dvakrát ročně a v průběhu dvou let.

6. VÝSLEDKY

Hlavním cílem práce je posouzení kvality povrchu obkladových profilů dřeva modřínu bez povrchové úpravy, a to stanovením hodnot charakterizujících parametry změny barvy, lesku a kontaktního úhlu.

6.1 VYHODNOCENÍ BARVY POVRCHU

Pro každou degradaci zvětráním bylo naměřeno celkem 20 hodnot pro jednu stranu vzorku. Vyhodnocení barevných změn bylo provedeno v barevném spektru CIE L* a* b* na základě barevných souřadnic L*, a* a b*, kde:

L* je světlost od 0 (černá) do 100 (bílá);

a* je chromatická souřadnice + (červená) nebo - (zelená);

b* je chromatická souřadnice + (žlutá) nebo - (modrá).

Byly stanoveny změny barvy (ΔL^* , Δa^* a Δb^*) u vzorků, které ještě nebyly vystaveny stárnutí a poté u vzorků na konci cyklu stárnutí. Podle euklidovské vzdálenosti byla následně vypočtena celková barevná závislost ΔE^* podle metody CIE 1976 a ISO 7724-3 (1984) pomocí rovnice (1):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

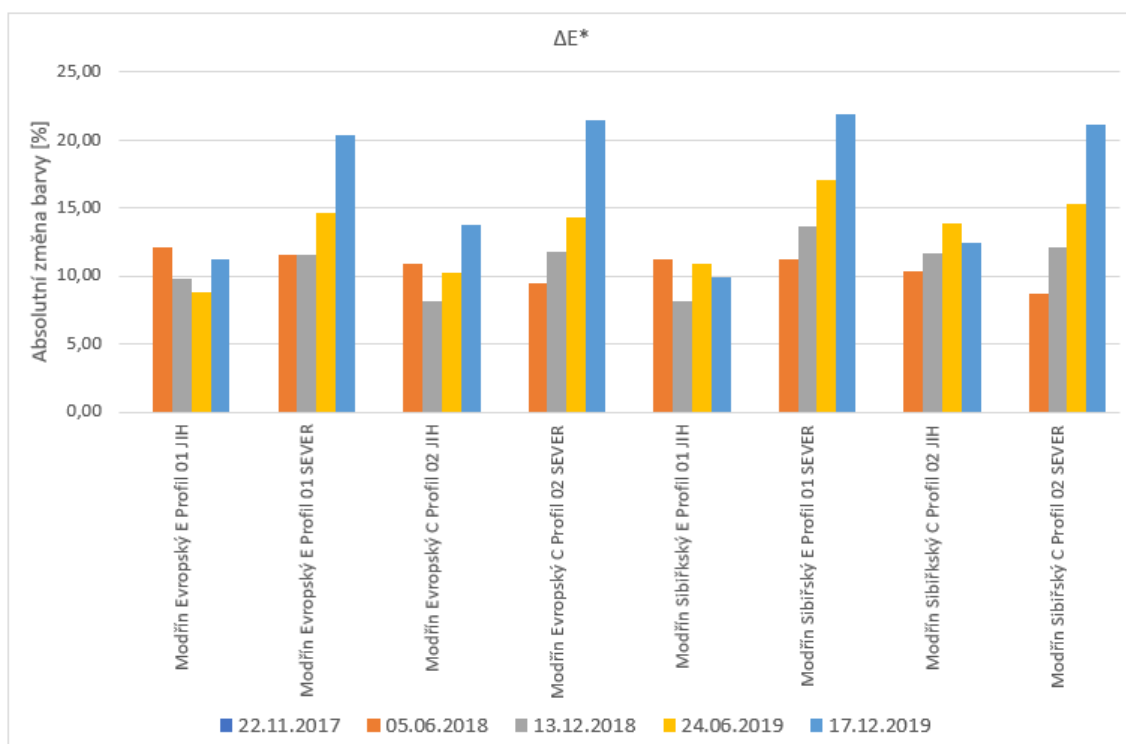
Hlavním indikátorem degradace povrchu obkladových prken zvětráním byla celková barevná odchylka ΔE^* , která se vypočítala z naměřených barevných parametrů. Specifické parametry barev (ΔL^* , Δa^* a Δb^*).

Výsledky změn barevného spektra povrchu jsou uvedeny v grafu 1. Sloupce v grafu charakterizují poměrovou velikost změny spektra mezi jednotlivými intervaly měření. Nejintenzivnější změnu barvy vykazovaly zpravidla povrchy obou druhů modřínů, a to při posledním měření dne 17.12.2019 (viz. Graf 1). Výsledky potvrzují hypotézu, že čím déle je povrch dřeva exponován působení povětrnostních vlivů v exteriéru, tím dochází k intenzivnější degradaci povrchu dřeva. Z výsledků měření je patrná intenzivnější změna barevného spektra při orientaci povrchu obkladového dřeva obou druhů modřínů na sever. K této intenzivnější změně barevného spektra povrchu mohlo dojít z důvodu možného dlouhodobého působení vyšší vlhkosti na povrch dřeva oproti orientaci povrchu směrem k jižní straně, což mohlo mít intenzivnější negativní vliv

na změnu barvy povrchu. Dalším možným vysvětlením intenzivnější změny barevného spektra je, že při vyšší vlhkosti povrchu dřeva odvráceného směrem k severu se mohl usazovat i vyšší podíl prachových částic, který měl negativní vliv na degradaci povrchu obkladových prken.

Změna spektra u povrchu dřeva Modřínu evropského o profilu typu 01 orientovaného na jih nebyla změna spektra se postupně zvyšující, jako tomu bylo u většiny měřených povrchů. Důvodem mohla být nepřesnost měření způsobená heterogenitou povrchu dřeva u testovaných vzorků fasádních profilů obkladových prken.

Z uvedeného hodnocení analýzy změny spekter barvy povrchu nelze přesně stanovit, zdali dochází k rychlejší degradaci a tím i ke změně barevného spektra povrchu u dřeva Modřínu evropského anebo sibiřského z hlediska statistické významnosti. Hodnocení změny barevného spektra bylo realizováno na základě poměrového hodnocení spektra v procentuálním vyjádření, data nebyla v tomto měření analyzována statisticky na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$).



Graf 1 Absolutní změna barvy při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna pro Modřín evropský a sibiřský (zdroj: Autor práce)

6.2 VYHODNOCENÍ LESKU POVRCHU

Lesk povrchu dřeva byl měřen dle EN ISO2813 leskoměrem typu MG268-F2 (KSJ, Quanzhou, Čína). V daných časových intervalech bylo provedeno celkem 5 cyklů měření, u každého vzorku bylo naměřeno celkem 20 hodnot měření v úhlu 60° na každou stranu vzorku pro vyhodnocení změn lesku.

Pro naměřené hodnoty lesku byly vypočítány základní popisné statistiky (viz tab. 1 a 2). Následně byla data pro možnost interpretace výsledků graficky zpracována do krabicových grafů (viz graf 2 a 3). Pro statistické výpočty byl použit software Statistica (StatSoft CR s.r.o.).

Tab. 2 Popisné statistiky lesku pro Modřín evropský

Proměnná	Popisné statistiky lesku Modřín evropský							
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var.koef.	Směrod. (Chyba)
22.11.2017 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	20	3,405000	3,000000	3,800000	0,072079	0,268475	7,88473	0,060033
5.6.2018 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	20	4,085000	3,200000	4,800000	0,157132	0,396398	9,70375	0,088637
13.12.2018 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	20	5,630000	3,500000	6,500000	0,615895	0,784790	13,93942	0,175484
24.6.2019 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	20	5,720000	4,700000	6,800000	0,478526	0,691756	12,09364	0,154681
17.12.2019 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	20	4,305000	2,900000	5,100000	0,505763	0,711170	16,51963	0,159023
22.11.2017 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	20	3,400000	2,800000	4,100000	0,123158	0,350939	10,32172	0,078472
5.6.2018 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	20	4,170000	3,400000	5,000000	0,218000	0,466905	11,19676	0,104403
13.12.2018 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	20	5,635000	4,700000	6,400000	0,215026	0,463709	8,22909	0,103689
24.6.2019 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	20	5,380000	4,600000	6,000000	0,162737	0,403407	7,49826	0,090204
17.12.2019 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	20	4,150000	3,600000	4,900000	0,159474	0,399342	9,62269	0,089295
22.11.2017 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	20	3,165000	2,500000	4,200000	0,170816	0,413299	13,05841	0,092416
5.6.2018 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	20	3,850000	3,000000	4,900000	0,324737	0,569857	14,80148	0,127424
13.12.2018 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	20	5,630000	3,600000	7,800000	1,073789	1,036238	18,40565	0,231710
24.6.2019 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	20	5,425000	4,000000	6,700000	0,553553	0,744011	13,71449	0,166366
17.12.2019 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	20	3,635000	2,200000	4,700000	0,479237	0,692269	19,04455	0,154796
22.11.2017 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	20	3,005000	2,500000	4,100000	0,142605	0,377631	12,56676	0,084441
5.6.2018 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	20	3,985000	2,700000	5,900000	0,537132	0,732893	18,39128	0,163880
13.12.2018 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	20	6,565000	4,400000	9,500000	1,719237	1,311197	19,97253	0,293193
24.6.2019 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	20	6,110000	4,200000	7,500000	1,055684	1,027465	16,81612	0,229748
17.12.2019 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	20	3,445000	2,500000	4,000000	0,168921	0,411000	11,93034	0,091902

Zdroj: Autor práce

Tab. 3 Popisné statistiky lesku pro Modřín sibiřský

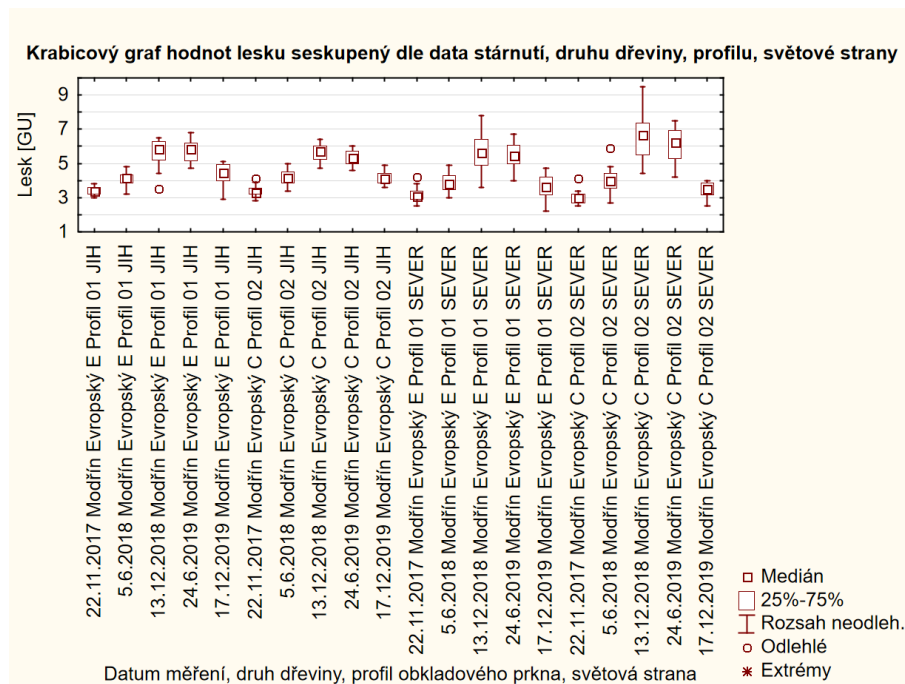
Proměnná	Popisné statistiky lesku Modřín sibiřský							
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var.koef.	Směrod. (Chyba)
22.11.2017 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	20	3,405000	3,000000	3,800000	0,072079	0,268475	7,88473	0,060033
5.6.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	20	4,085000	3,200000	4,800000	0,157132	0,396398	9,70375	0,088637
13.12.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	20	5,630000	3,500000	6,500000	0,615895	0,784790	13,93942	0,175484
24.6.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	20	5,720000	4,700000	6,800000	0,478526	0,691756	12,09364	0,154681
17.12.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	20	4,305000	2,900000	5,100000	0,505763	0,711170	16,51963	0,159023
22.11.2017 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	20	3,400000	2,800000	4,100000	0,123158	0,350939	10,32172	0,078472
5.6.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	20	4,170000	3,400000	5,000000	0,218000	0,466905	11,19676	0,104403
13.12.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	20	5,635000	4,700000	6,400000	0,215026	0,463709	8,22909	0,103689
24.6.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	20	5,380000	4,600000	6,000000	0,162737	0,403407	7,49826	0,090204
17.12.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	20	4,150000	3,600000	4,900000	0,159474	0,399342	9,62269	0,089295
22.11.2017 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	20	3,165000	2,500000	4,200000	0,170816	0,413299	13,05841	0,092416
5.6.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	20	3,850000	3,000000	4,900000	0,324737	0,569857	14,80148	0,127424
13.12.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	20	5,630000	3,600000	7,800000	1,073789	1,036238	18,40565	0,231710
24.6.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	20	5,425000	4,000000	6,700000	0,553553	0,744011	13,71449	0,166366
17.12.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	20	3,635000	2,200000	4,700000	0,479237	0,692269	19,04455	0,154796
22.11.2017 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	20	3,005000	2,500000	4,100000	0,142605	0,377631	12,56676	0,084441
5.6.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	20	3,985000	2,700000	5,900000	0,537132	0,732893	18,39128	0,163880
13.12.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	20	6,565000	4,400000	9,500000	1,719237	1,311197	19,97253	0,293193
24.6.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	20	6,110000	4,200000	7,500000	1,055684	1,027465	16,81612	0,229748
17.12.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	20	3,445000	2,500000	4,000000	0,168921	0,411000	11,93034	0,091902

Zdroj: Autor práce

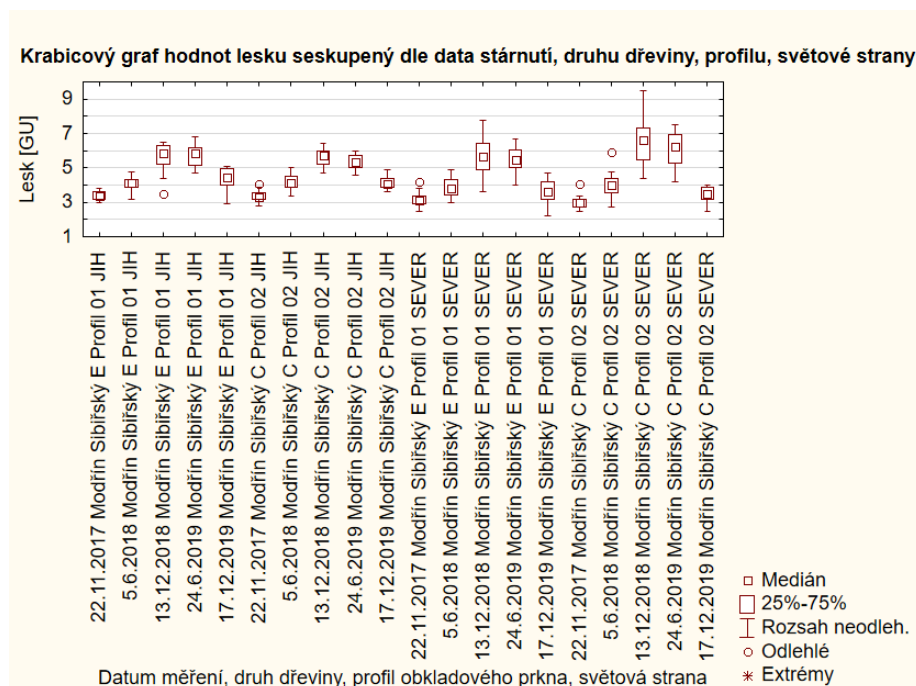
Z naměřených hodnot uvedených v grafech 2 a 3 vyplývá, že lesk povrchu dřeva se ve všech případech exteriérové expozice povrchu dřeva Modřínu evropského a sibiřského v průběhu prvního 1,5 roku stále zvyšuje. To je způsobeno degradací povrchu vlivem působení okrajových podmínek, prachových částic a dalších faktorů, mající negativní vliv na zachování kompaktnosti povrchu dřeva. V dalším období dochází ke snižování intenzity lesku povrchu, což může být dáno již výraznou změnou a narušení povrchové struktury dřeva. Z výsledků je patrný rozdíl maximálních hodnot u sérií, naměřených v období 24.6.2019 u typu profilu prkna typu 01 a 02, a to mezi severní a jižní stranou. U orientace obkladových profilů prken typu 01 a 02 na severní stranu je patrná o něco vyšší maximální hodnota lesku, což může potvrzovat i hypotézu vycházející z analýzy stanovení změny spektra barvy povrchu. Důvodem vyšší hodnoty lesku v období 24.6.2019 u orientace obkladů na sever může být dlouhodobé působení vlhkosti na povrch dřeva v porovnání k orientaci povrchu k jižní straně, kdy docházelo k rychlejší degradaci povrchu a tím i k intenzivnějšímu lesku povrchu.

Dalším možným vysvětlením intenzivnější změny lesku na povrchu obou druhů modřínů směřovaného na severní stranu je, že při vyšší vlhkosti povrchu dřeva odvráceného směrem k severu se na povrchu mohl usazovat i vyšší podíl prachových částic, který způsoboval intenzivnější degradaci povrchu obkladových prken.

Na základě realizované analýzy změny lesku povrchu nelze přesně stanovit, zdali dochází k rychlejší degradaci a tím i ke změně lesku povrchu u dřeva Modřínu evropského anebo sibiřského z hlediska statistické významnosti. Výsledky hodnot lesku byly statisticky zpracovány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$).



Graf 2 Změna lesku při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu evropského (zdroj: autor práce)



Graf 3 Změna lesku při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu sibiřského (zdroj: autor práce)

6.3 VYHODNOCENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU POVRCHU

Kontaktní úhel na povrchu dřeva byl měřen goniometrem typu Drop Shape Analyzer – DSA30E (výrobce Krüss, Německo). V daných časových intervalech bylo provedeno celkem 5 cyklů měření, u každého vzorku bylo naměřeno celkem 10 hodnot měření pro každou stranu vzorku pro vyhodnocení změn kontaktního úhlu povrchu dřeva. Měřeny byly hodnoty kontaktního úhlu, který svírá kapalina a rozhraní pevného povrchu dřeva.

Pro naměřené hodnoty kontaktního úhlu byly vypočítány základní popisné statistiky (viz tab. 2 a 3). Následně byla data graficky zpracována do krabicových grafů (viz graf 4 a 5). Pro statistické výpočty byl použit software Statistica (StatSoft CR s.r.o.).

Tab. 4 Popisné statistiky kontaktního úhlu pro Modřín evropský

Proměnná	Popisné statistiky kontaktního úhlu Modřín evropský							
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var.koef.	Směrod. (Chyba)
22.11.2017 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	10	53,81900	37,18000	64,4800	53,5543	7,31808	13,59757	2,314179
5.6.2018 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	10	67,51000	39,47000	95,3200	345,3666	18,58404	27,52784	5,876790
13.12.2018 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	10	77,69500	68,88000	84,3900	25,9814	5,09720	6,56052	1,611876
24.6.2019 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	10	76,82600	72,49000	78,8200	3,8511	1,96242	2,55437	0,620572
17.12.2019 Modřín Evropský E Profil 01 JIH	10	66,92300	60,09000	72,4600	16,3933	4,04886	6,05003	1,280363
22.11.2017 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	10	50,32300	35,60000	83,0200	252,3751	15,88632	31,56870	5,023695
5.6.2018 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	10	57,25600	54,65000	61,1400	4,8342	2,19869	3,84011	0,695288
13.12.2018 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	10	66,78000	61,58000	69,7800	7,4694	2,73302	4,09258	0,864258
24.6.2019 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	10	59,89500	56,75000	63,7600	3,4436	1,85571	3,09827	0,586826
17.12.2019 Modřín Evropský C Profil 02 JIH	10	53,27600	48,12000	59,0500	11,0785	3,32844	6,24754	1,052544
22.11.2017 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	10	89,25600	75,18000	108,1200	101,5291	10,07617	11,28906	3,186364
5.6.2018 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	10	84,88400	75,13000	99,1400	65,6498	8,10246	9,54533	2,562223
13.12.2018 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	10	82,75800	76,28000	89,5700	26,5669	5,15431	6,22817	1,629934
24.6.2019 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	10	75,58700	70,77000	80,3500	10,3092	3,21080	4,24782	1,015343
17.12.2019 Modřín Evropský E Profil 01 SEVER	10	64,41100	60,58000	68,8700	6,5696	2,56312	3,97931	0,810529
22.11.2017 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	10	89,25600	75,18000	108,1200	101,5291	10,07617	11,28906	3,186364
5.6.2018 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	10	63,79700	61,31000	69,2100	8,2573	2,87355	4,50421	0,908696
13.12.2018 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	10	65,37400	62,42000	67,6200	3,2789	1,81077	2,76986	0,572614
24.6.2019 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	10	64,38400	58,60000	69,1500	9,3361	3,05551	4,74576	0,966237
17.12.2019 Modřín Evropský C Profil 02 SEVER	10	46,54700	38,26000	53,1400	32,8557	5,73199	12,31441	1,812613

Zdroj: Autor práce

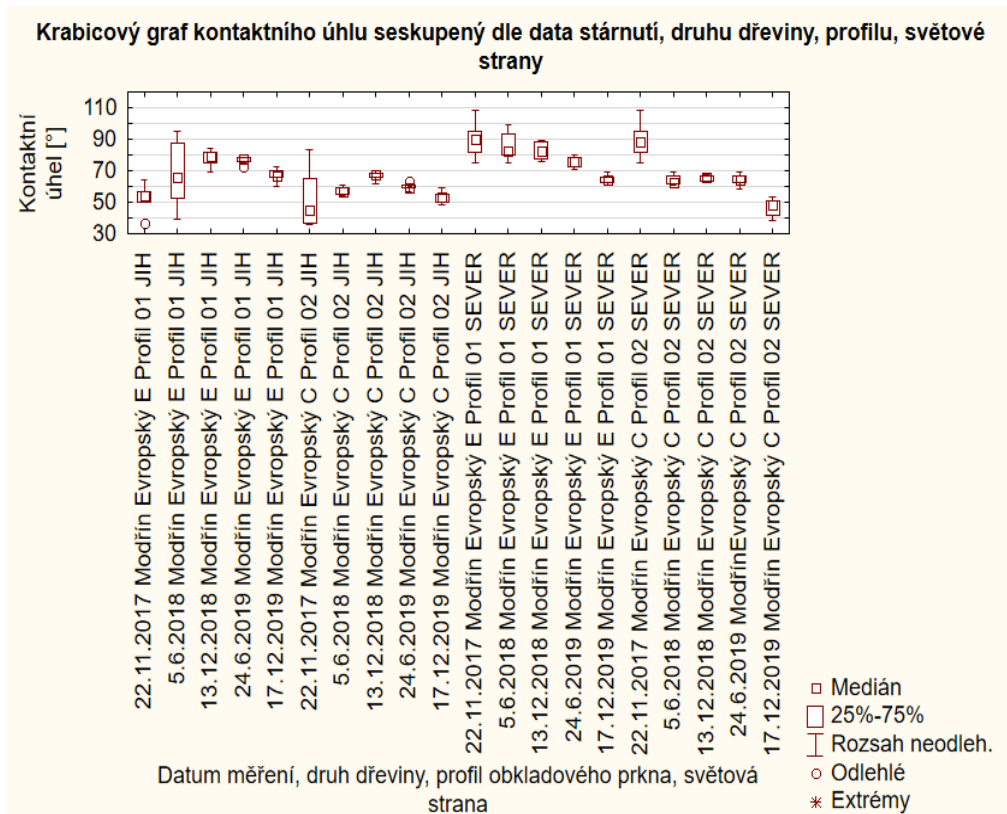
Tab. 5 Popisné statistiky kontaktního úhlu pro Modřín sibiřský

Proměnná	Popisné statistiky kontaktního úhlu Modřín sibiřský							
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var. koef.	Směrod. (Chyba)
22.11.2017 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	10	59,10100	43,95000	89,5700	210,8946	14,52221	24,57185	4,592327
5.6.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	10	58,65400	57,19000	60,9600	1,0708	1,03481	1,76426	0,327235
13.12.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	10	67,93100	65,22000	69,7000	2,7021	1,64381	2,41983	0,519819
24.6.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	10	57,22800	54,03000	60,1500	3,3162	1,82104	3,18207	0,575862
17.12.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 JIH	10	68,22600	63,15000	71,7800	5,6789	2,38305	3,49288	0,753587
22.11.2017 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	10	59,10100	43,95000	89,5700	210,8946	14,52221	24,57185	4,592327
5.6.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	10	66,84400	63,43000	71,8100	7,4233	2,72458	4,07602	0,861587
13.12.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	10	58,39800	49,75000	63,7300	18,4346	4,29356	7,35223	1,357742
24.6.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	10	39,34100	13,29000	75,7300	340,7996	18,46076	46,92498	5,837804
17.12.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 JIH	10	24,44700	13,41000	37,6500	37,3499	6,11146	24,99880	1,932613
22.11.2017 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	10	55,93900	39,11000	74,4000	77,4945	8,80309	15,73695	2,783783
5.6.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	10	61,75000	57,46000	68,1100	18,8112	4,33719	7,02379	1,371540
13.12.2018 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	10	62,96900	56,84000	65,5400	7,6595	2,76758	4,39515	0,875187
24.6.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	10	61,61600	58,23000	63,8200	3,4930	1,86896	3,03324	0,591016
17.12.2019 Modřín Sibiřský E Profil 01 SEVER	10	61,60900	49,35000	68,4800	31,6441	5,62530	9,13065	1,778878
22.11.2017 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	10	89,25600	75,18000	108,1200	101,5291	10,07617	11,28906	3,186364
5.6.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	10	64,97500	52,83000	69,9200	42,8859	6,54873	10,07884	2,070890
13.12.2018 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	10	61,68500	48,38000	69,9200	73,1390	8,55213	13,86420	2,704422
24.6.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	10	30,74800	17,82000	45,5600	68,6641	8,28638	26,94934	2,620384
17.12.2019 Modřín Sibiřský C Profil 02 SEVER	10	30,32800	17,23000	45,5400	94,4792	9,72004	32,04973	3,073747

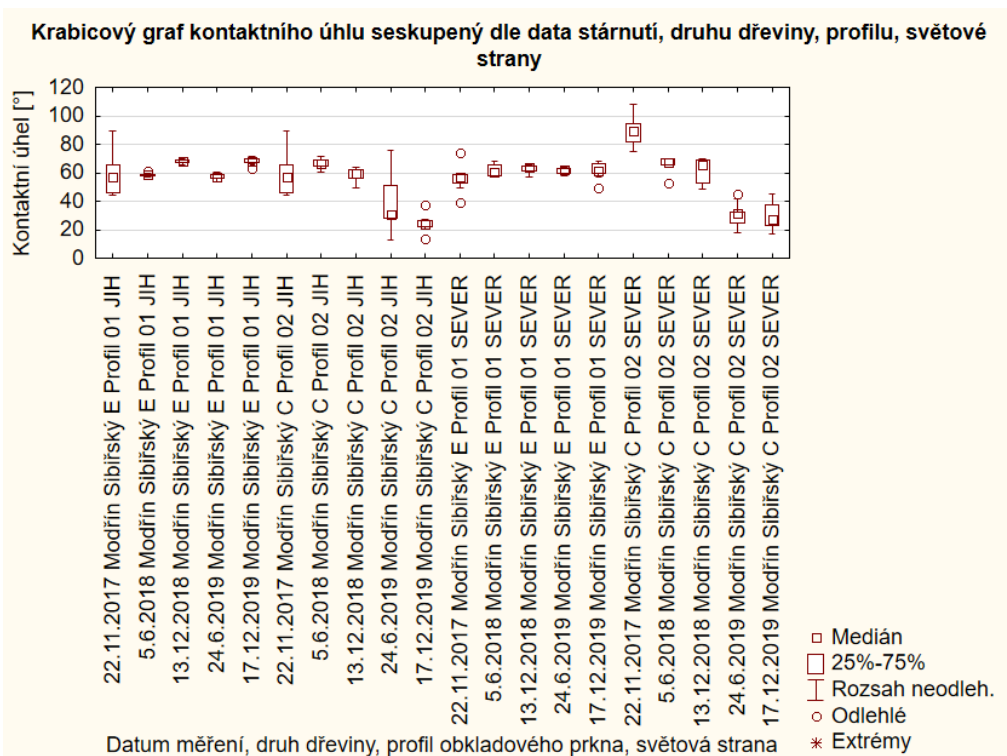
Zdroj: Autor práce

Z naměřených hodnot uvedených v grafech 5 a 6 vyplývá, že kontaktní úhel povrchu dřeva Modřínu evropského dosahoval vlivem stárnutí nižších hodnot kontaktního úhlu na povrchu orientovaném k severu, tj. povrch dřeva vykazoval nižší smáčivost, než tomu bylo u povrchu dřeva orientovaného směrem k jihu. To naznačuje vyšší míru degradace povrchové struktury u dřeva Modřínu evropského a sibiřského, které bylo orientováno na jih. Příčinou mohlo být působení okrajových podmínek, prachových částic a dalších faktorů v průběhu měření. Tyto hodnoty kontaktního úhlu se u povrchu dřeva Modřínu evropského i statisticky významně odlišují na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$).

Tak velký rozdíl v hodnotách kontaktního úhlu mezi orientací povrchu dřeva Modřínu sibiřského na sever a jih patrný. Výsledky hodnot lesku byly statisticky zpracovány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$).



Graf 4 Změna kontaktního úhlu při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu evropského (zdroj: autor práce)



Graf 5 Změna kontaktního úhlu při přirozeném stárnutí povrchu obkladového prkna Modřínu sibiřského (zdroj: autor práce)

7. DISKUZE

Z teoretické části práce vyplývá, že není pouhá náhoda, že dřevo lze řadit mezi nejstarší stavební materiály, které dnes začínají konkurovat jiným, zejména v severských zemích klasickým omítkám, jelikož má řadu výhod, jako kupříkladu jeho lehká opracovatelnost, velká pevnost ve vztahu k hmotnosti a výborné izolační schopnosti.

Dřevěná fasáda tudíž nepředstavuje pouze prozatímní módní záležitost, osvědčila se v historii i v současnosti jako dobrá fasáda, která nezahrnuje více materiálu, nežli je opravdu nezbytně potřebné a dovoluje různorodé varianty návrhu, jelikož ji lze relativně lehce sestavovat, modifikovat i pozměňovat – a z ekologického pohledu nelze opomenout, že jakožto odpad se může ideálně likvidovat kompostováním anebo spálit jakožto dřevěné palivo.

Jak poukázal text práce, de facto v rámci fasád má každá dřevina své výhody i nevýhody a je vhodné ohlížet se na podmínky, v nichž bude aplikována. Na druhou stranu je důležité dodat, že při správném i důkladném ošetření palubek již nesehrává volba druhu dřeviny tak podstatnou roli, jelikož zlepšení vlastností nastává právě vhodně učiněnou povrchovou úpravou. Je však při takovéto volbě nutné počítat i s dostatečnými náklady.

V současné době však existují technologické možnosti k měření barvy, lesku i kontaktního úhlu. Díky nim jsou získány cenné poznatky i pro správnou volbu fasádních exteriérů ze dřeva.

Výsledky měření barvy a lesku byly porovnány s výsledky měření Pánek a kol. (2017). Z výsledků je patrný rozdíl, kde u Modřínu evropského parametr ΔE^* po 6 měsících je 17,9 a po 12 měsících expozice v exteriéru parametr ΔE^* se rovná 30,5. Důvodem rozdílu tohoto parametru může být delší doba expozice v exteriéru. Dosažené výsledky prokazují, že barva dřeva není jen estetická záležitost, ale že reflektuje základní chemickou strukturu dřeva (Oberhofnerová, 2018). Čím větší množství extraktiv dřevo obsahuje, tím rychleji dochází k chemickým procesům změny barvy povrchu. Pokud jde o dřeviny s nižším obsahem extraktiv, při jeho expozici brzy začne proces pomalejší fotodegradace ligninu, která se projeví kontinuální rychlostí změny barvy (Pánek a kol., 2017).

Jako další byl testován lesk vzorků, kde ve studii Pánka a kol. (2017) byl pozorován obecně mírný trend růstu průměrných hodnot lesku po 6 měsících a poté velký pokles po 12 měsících přirozeného stárnutí, avšak ne u Modřínu evropského, u kterého se na konci procesu stárnutí pokles lesku výrazně neprojevil. U Modřínu evropského byla

na počátku po měsíční expozici hodnota lesku 5,7, dále po 6 měsících měl hodnotu 8,9 a nakonec po 12 měsících dosáhnul hodnoty 7,0.

Následně byly porovnány hodnoty smáčivosti povrchu neošetřených dřevin: Modřínu opadavého, Borovice lesní, Douglasky tisolisté, stanovené během jednoleté exteriérové expozice v práci Oberhofnerové (2018), kde výsledky ukazují na významné snižování KÚ působením abiotických činitelů. Jehličnaté dřeviny s vyšším obsahem extraktivních látek prokázaly rozdílné výsledky. U borovice byl pozorován poměrně pomalý pokles hodnot KÚ během expozice v exteriéru, a to pravděpodobně bylo způsobeno z důvodu přítomnosti vysokého obsahu pryskyřic s hydrofobním účinkem a jejich pomalejší degradaci a vyplavováním z povrchu dřeva. U modřínu a douglasky bylo pozorováno počáteční zvýšení KÚ. Ale i u těchto dřevin došlo po šesti měsících expozice k rychlému snížení hodnot KÚ. Nakonec po 12 měsících expozice bylo u všech pozorovaných jehličnanů dosaženo hodnoty KÚ 0°, což ukazuje naprosto plnou smáčivost povrchu. Tyto parametry ukazují na způsobenou degradaci povrchu, a to uvolněním vláken celulózy, zvýšenou drsností povrchu, vznikem mikrotrhlin a trhlin, vyplavováním extraktiv a degradací ligninu. Avšak zajímavým výsledkem byla relativně nižší hodnota kontaktního úhlu u modřínu. Předpokládaný výsledek byl pravděpodobně způsoben rozdílným obsahem extraktiv (především arabinogalaktany), které dělají vlastnosti povrchu modřínu odlišnými od zbytku jehličnanů (Oberhofnerová, 2018).

ZÁVĚR

V rámci literární rešerše byl zpracován přehled možností řešení fasádních obkladů konstrukcí dřevostaveb.

Byla vypracována metodika pro hodnocení přirozené degradace povrchu obkladového materiálu dřeva Modřínu evropského a sibiřského, a to pomocí metod stanovení změny barvy, lesku a kontaktního úhlu.

V rámci řešení práce byla realizována měření parametrů charakterizující barvu, lesk a kontaktní úhel, díky kterým je možné charakterizovat míru degradace.

Data z měření změny barvy byla vyhodnocena poměrovou analýzou tak, aby výsledkem byly hodnoty absolutní změny barvy v daných časových intervalech.

Data lesku a kontaktního úhlu byla nejprve otestována základními popisnými statistikami a následně vyhodnocena a porovnána metodou krabicových grafů.

Z výsledků realizovaných analýz hodnocení změny barvy povrchu a lesku byla statisticky prokázána intenzita degradace v průběhu času, respektive čím déle byl daný profil obkladu exponován v exteriéru, tím k větší degradaci povrchu došlo. Tento efekt byl prokázán u všech analyzovaných typů profilů ze dřeva Modřínu evropského i sibiřského orientovaných jak na sever, tak i na jih.

Z výsledků realizovaných analýz hodnocení změny barvy povrchu a lesku je patrná rychlejší degradace povrchu u obkladů obou druhů dřevin orientovaných na severní stranu, než u obkladů orientovaných na jih. Důvodem může být dlouhodobě vyšší obsah vlhkosti v povrchových vrstvách dřeva obou druhů modřínu a vyšší podíl prachových částic, které způsobují intenzivnější degradaci povrchu.

V žádné z realizovaných analýz se statisticky neprokázal významný rozdíl ve změně rychlosti degradace povrchu mezi dřevem Modřínu evropského a sibiřského.

V žádné z realizovaných analýz se také neprokázal vliv tvaru profilu obkladového materiálu na rychlost jeho stárnutí a degradaci jeho povrchu.

Poslední část práce se věnuje vyhodnocení a porovnání naměřených hodnot a výsledků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

TIŠTĚNÉ MONOGRAFIE

1. GABRIEL, Ingo. *Dřevěné fasády: materiály, návrhy, realizace*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3819-2.
2. HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998, ii, 124 s. ISBN 80-7157-347-7.
3. KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil KOŽELOUH. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
4. PÁNEK, M. *Nátěry na dřevo a jejich testování*. Vyd.1. Praha: FLD-ČZU v Praze, 2015. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7.
5. PAVLAS, Marek. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0055-2.
6. POŽGAJ, Alexander a kol. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Vyd. 2. Príroda, 1997. ISBN 9788007009608.
7. RŮŽIČKA, Martin. *Stavíme dům ze dřeva*. Praha: Grada, 2006. Profi & hobby. ISBN 80-247-1461-2.
8. SMOLA, Josef. *Stavba rodinného domu krok za krokem*. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-2148-4.
9. STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.
10. TESAŘOVÁ, Daniela. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4715-6.
11. VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
12. ZAHRADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK. *Moderní dřevostavby*. Vyd. 2., aktualiz. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3568-6.

ODBORNÉ ČLÁNKY

1. FEIST, W. C. Outdoor wood weathering and protection. In: *Archaeological wood: properties, chemistry, and preservation. Advances in Chemistry Series 225. Proceedings of 196th meeting of the American Chemical Society*. 1990. p. 25-28.
2. OBERHOFNEROVÁ, E.; PÁNEK, M.; GARCÍA-CIMARRAS, A. *The effect of natural weathering on untreated wood surface*. Maderas. Ciencia y tecnología. 2017, vol. 19, no. 2, s. 173-184.
3. SPEDDING, D. *Sorption of sulphur dioxide by indoor surfaces. 2. Wood*. *Journal of Applied Chemistry of the USSR*, 20(7). 1970. p. 226–228.
4. WILLIAMS, R. S., Winandy, J.E., and Feist, W. C. 1987. *Paint adhesion to weathered wood*. *J. Coat. Tech.* Vol. 59(749), pp. 43-49.

ELEKTRONICKÉ MONOGRAFIE

1. BOHÁČ, R. *Praktické aspekty měření kontaktních úhlů na povrchu filtračních přepážek*: Diplomová práce [online]. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, Hornickogeologická fakulta, 2016 [cit. 2019-03-29].
2. ČERMÁK, Stanislav. *Návrh fasádního obkladu ze dřeva a z materiálů na jeho bázi*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Helena Křenková.
3. JURENKA, Michal. *Analýza rovnovážné vlhkosti dřeva při pokojové vlhkosti*: Bakalářská práce, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická fakulta, Ústav nauky o dřevě, 2006, 58 s., vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Petr Horáček.
4. KRÁSNÝ, I. *Měření kontaktních úhlů smáčení a určování povrchové energie plastů*: Diplomová práce [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2010.
5. OBERHOFNEROVÁ, E. *Barevné změny a povrchové degradace vybraných druhů dřeva po expozici v exteriéru*. Disertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. 51. s.

6. SLOVÁČKOVÁ, Bc. Hana. *Povrchová úprava dřevěných fasád*. Brno, 2015. Diplomová práce. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. Daniele Tesařové, Ph.D.
7. STĚCHA, Vojtěch. *Studie srubového domu*. Bakalářská práce. Brno: Mendlová Univerzita v Brně, 2016.
8. ŠTĚRBOVÁ, I. *Testovací metody a normy na nátěrové systémy – přehled a výsledky testování*. Bakalářská práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. 19-20. s.

INTERNETOVÉ ZDROJE

1. ARCHILINE WOODEN HOUSES. *Physical properties of wood*. <https://ownwoodenhouse.com> [online]. 2019 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://ownwoodenhouse.com/index.pl?act=NEWSSHOW&id=2017102001>
2. HEŘMÁNKOVÁ, Ing. Věra, Ph.D. *Dřevo, dřevěné výrobky a konstrukce*. <http://www.szkc.fce.vutbr.cz> [online]. 2013 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <http://www.szkc.fce.vutbr.cz/vyuka/BI001/BI01%20D%C5%99evo%202013.pdf>
3. HOMOLA, Doc. Dr. Vladimír, Ph.D. *Kontaktní úhel jako kvantifikátor smáčitelnosti materiálu*. <http://homel.vsb.cz> [online]. 2012 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~hom50/SLBGEOST/KUH/GS13.HTM>
4. G TRADE. *Dřevěný fasádní obklad Parklex – nadčasová krása pravého dřeva*. <https://www.gtrade.cz> [online]. 2019 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.gtrade.cz/fasadni-obklady-parklex>
5. KONÍČKOVÁ, Olga. *VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVA JAKO STAVEBNÍHO MATERIÁLU*. <http://www.dumazahrada.cz> [online]. 2019 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/stavba-rekonstrukce/stavba/>
6. MEZISTROMY.CZ. *Dřevo vhodné pro použití v exteriéru*. Zdroj: <https://www.mezistromy.cz/drevarstvi-a-zpracovani-dreva/drevo-v-exterioru/odborny>. <https://www.mezistromy.cz> [online]. 2019 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/drevarstvi-a-zpracovani-dreva/drevo-v-exterioru/odborny>

7. MINISTRY OF CULTURE AND TOURISM. *Wood as a Building Material; It's Benefits and Disadvantages*. <https://www.ktb.gov.tr> [online]. 2019 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.ktb.gov.tr/EN-98769/wood-as-a-building-material-it39s-benefits-and-disadvan-.html>
8. MIRZOEV, G., et al. *Dřevěné stavební konstrukce. Nové konstrukční technologie ve stavebním středisku* [online]. 2005 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z <https://isv.ivgpu.com/wp-content/uploads/2017/03/2005-razdel-3.pdf#page=60>
9. MŮJ DŮM. *Materiál na fasádu má prvořadý význam*. <https://www.mujdum.cz> [online]. 2019 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: https://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/material-na-fasadu-ma-prvorady-vyznam_1632.html
10. NOVÁK, František. *Výhody a úskali dřevěných fasád dle zkušeností ze severských zemí*. <https://www.designcabinet.cz> [online]. 05.07. 2015 [cit. 2019-12-14]. Dostupné z: <http://www.designcabinet.cz/vyhody-a-uskali-drevenych-fasad-dle-zkusenosti-ze-severskych-zemi>
11. PLASTICPORTAL.CZ. *Měření barvy a lesku výstříků z termoplastů, 1. část*. <https://www.plasticportal.cz> [online]. 2017 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/mereni-barvy-a-lesku-vystriku-z-termoplastu-1-cast/c/4447/>
12. PROINEX INSTRUMENTS. *Lesk – Měření lesku pomocí leskoměru*. <https://www.proinex.cz> [online]. 2017 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: https://www.proinex.cz/cs/blog/12_mereni-lesku-pomoci-leskomeru
13. VÝROBKYPROSTAVBU.CZ. *Destruktivní vlivy vnějšího prostředí na dřevěné konstrukce staveb*. <https://www.vyrobkyprostavbu.cz> [online]. 2017 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/destruktivni-vlivy-vnejsiho-prostredi-drevene-konstrukce-staveb/>
14. VYSOUDIL, Michal. *Fasádní palubky: Modřín, smrk nebo tropické dřevo?* <https://www.drevostavitel.cz> [online]. 13. 03. 2015, [cit. 4. 11. 2019]. Dostupný z URL: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/fasadni-palubky-modrin-smrk-nebo-tropicke-drevo>>.

NORMY

1. CIE. *Colorimetry*. Commission Internationale de l'Eclairage. Vienna, Austria. 1976. s. 74.
2. ČSN ISO 2813 *Nátěrové hmoty – Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20°, 60° a 85°*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 24 s.
3. EN 927-3. *Paints and varnishes. Coating materials and coating system for exterior wood, Part 3: Natural weathering test* European Committee for Standardization, Brussels. 2006.
4. ISO 7724-3. *Paints and varnishes – Colorimetry – Part 3: Calculation of colour differences*. ISO Standard. 1984.