

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2024

Bc. Kristína Kolmanová

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Testování odolnosti transparentních exteriérových
nátěrů na vybraných druzích exotických dřevin**

Diplomová práce

Vedúci práce:
Ing. Ondřej Dvořák, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Kristína Kolmanová

Praha 2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kristína Kolmanová

Dřevařské inženýrství

Název práce

Testování odolnosti transparentních exteriérových nátěrů na vybraných druzích exotických dřevin

Název anglicky

Testing the resistance of transparent exterior coatings on selected types of exotic wood species

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit trvanlivost vybraných druhů nátěrových systémů na dřevě cedru a merbau, používaných na terasy. Porovnat trvanlivost nátěrů na exotických dřevěch a modřínu. Porovnat výsledky z interiérového testu v UV komoře podle normy ČSN EN 927-6 a exteriérového testu podle normy ČSN EN 927-3.

Metodika

Práce bude analyzovat možnost využití vybraných druhů transparentních exteriérových nátěrů na cedru, merbau a modřínu pro konstrukční využití. Dále bude práce zaměřena na testování povrchových vlastností a degradací nátěru, souvisejících s nalezením nejvhodnějšího řešení z testovaných variant.

Metodika:

- 1) Duben až září 2023: Analýza a návrh možného využití exotických dřevin na výrobu teras na základě rešerše.
- 2) Květen 2023: Příprava ošetřených a neošetřených vzorků, naměření počátečních hodnot, vystavení v exteriéru na základě ČSN EN 927-3 a UV komoře podle ČSN EN 927-6.
- 3) Srpen 2023 – Únor 2024: Průběžné měření vybraných povrchových charakteristik.
- 4) Únor až březen 2024: Analýza změn vybraných povrchových charakteristik exotického dřeva ošetřeného a neošetřeného v průběhu a po expozici.
- 5) Duben 2024: Odevzdání DP

Výsledky práce povedou k návrhu povrchových úprav na různých druzích exotických dřev.

Doporučený rozsah práce

50-70

Klíčová slova

trvanlivost, dřevěné terasy, nátěrový systém

Doporučené zdroje informací

HILL, Callum A. S. *Wood modification : chemical, thermal and other processes*. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0-470-02172-1.

PÁNEK, M. Stárnutí dřeva a a vybraných druhů nátěrů na dřevě vlivem povětrnosti v exteriéru a v xenotestu : habilitační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Praha. 2017

POLÁŠEK, J. Zkoušení nátěrových hmot a povrchových úprav. Část I., Stavebně truhlářské výrobky. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Lesnická a dřevařská fakulta. Brno. 2003. ISBN 80-7157-659-.

REINPRECHT, L., PÁNEK, M. Trvanlivost a ochrana dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.

REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. Termodrevo. Šmíra-Print; 2011.

ROWELL, Roger M. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4398-5380-1.

SANDBERG, D., KUTNAR, A., KARLSSON, O., JONES, D. Wood modification technologies: principles, sustainability, and the need for innovation. CRC Press; 2021 Jul 14.

1906

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Dvořák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. Kristýna Šimůnková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2024

Ing. Radek Rinn, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2024

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2024

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému „**Testování odolnosti transparentních exteriérových nátěrů na vybraných druhích exotických dřevin**“ vypracovala samostatne a citovala som všetky informačné zdroje, ktoré som v práci použil/a, a ktoré som taktiež uviedla na konci práce v zozname použitých informačných zdrojov.

Som si vedomá, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov, predovšetkým ustanovení § 35 ods. 3 tohto zákona, tj. o použití tohto diela.

Som si vedomá, že odovzdaním diplomovej práce súhlasím s jej zverejnením podľa zákona č. 111/1998 Zb. o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov v znení neskorších predpisov a to aj bez ohľadu na výsledok jej obhajoby .

Svojím podpisom tiež vyhlasujem, že elektronická verzia práce je totožná s verziou tlačenou a že s údajmi uvedenými v práci bolo nakladané v súvislosti s GDPR.

V Prahe dňa:

Podpis:

Pod'akovanie

Rada by som pod'akovala môjmu školiteľovi Ing. Ondřejovi Dvořákovi, Ph.D. za vedenie práce, trpezlivosť a ochotu, s ktorou odpovedal na všetky moje dotazy, za cenné rady a pomoc pri riešení práce, a za odovzdanie skúseností a znalostí spojených s touto problematikou. Ďakujem mojim priateľom za rady a pripomienky k mojej diplomovej práci a rodine za podporu a financovanie môjho štúdia.

Abstrakt

Meno: Bc. Kristína Kolmanová

Názov diplomovej práce: „Testování odolnosti transparentních exteriérových nátěrů na vybraných druhích exotických dřevin“

Abstrakt:

Predložená diplomová práca sa zaoberá vplyvom poveternostných podmienok v exteriéri a umelého starnutia v UV komore na vzorky z masívneho dreva smrekovca opadavého (MD), ktorý bol zvolený ako referenčná domáca drevina, španielskeho cédru (C) a merbau (MB). Vzorky boli vystavené poveternostným vplyvom po dobu šiestich mesiacov a v UV komore po dobu troch týždňov, ktoré zodpovedajú šiestim mesiacom v exteriéri. Merania prebehli celkom tri, a to na počiatku zahájenia výskumu, po 3 mesiacoch a po 6 mesiacoch pri vzorkách vystavených exteriérovým podmienkam. U vzoriek vystavených umelému starnutiu prebehli taktiež 3 merania, a to na počiatku, po 10 dňoch a po 20 dňoch. V priebehu expozície boli pravidelne merané zmeny lesku, farebnosti a zmáčavosti. Práca skúma vhodnosť rôznych transparentných náterových hmôt na vonkajšie použitie. Konkrétne boli na vzorky aplikované silnovrstvá a tenkovrstvá lazúra od spoločnosti Lignofix a fotokatalytický antibakteriálny náter FN 1 od spoločnosti FN NANO®. Výsledky zahŕňajú hodnotenie lesku, farebnosti a zmáčavosti, a zhodnotenie vhodnosti použitých povrchových úprav na vonkajšie použitie. Súčasťou práce bola aj fotografická a mikroskopická dokumentácia. Z vykonaných skúšobných metód bolo zistené, že silnovrstvá lazúra sa javila najlepšie pri všetkých vykonaných testoch v kombinácii s drevom merbau (MB). Naopak, najmenej priaznivé výsledky vyšli pri vzorkách, ktoré boli upravené fotokatalytickým náterom.

Kľúčové slová: svetlostálosť, povrchová úprava, vlastnosti povrchových úprav, prirodzené a umelé starnutie, transparentné náterové hmoty

Abstract

Name: Bc. Kristína Kolmanová

Name of the diploma thesis: „Testing the resistance of transparent exterior coatings on selected types of exotic wood species“

Abstract:

The presented diploma thesis deals with the influence of outdoor weather conditions and artificial aging in a UV chamber on samples from solid wood of deciduous larch (MD), which was chosen as a reference domestic wood, Spanish cedar (C) and merbau (MB). The samples were exposed to the weather for six months and in a UV chamber for three weeks, which corresponds to six months outdoors. A total of three measurements were taken, namely at the beginning of the research, after 3 months and after 6 months for samples exposed to outdoor conditions. For the samples exposed to artificial aging, 3 measurements were also carried out, namely at the beginning, after 10 days and after 20 days. Changes in gloss, color and wettability were regularly measured during the exposure. The work examines the suitability of various transparent coating materials for outdoor use. Specifically, a thick and thin layer stain from the Lignofix company and photocatalytic antibacterial coating FN 1 from the FN NANO® company were applied to the samples. The results include an evaluation of gloss, color and wettability, and an evaluation of the suitability of the used surface treatments for outdoor use. The work also included photographic and microscopic documentation. From the test methods performed, it was found that the thick-layer glaze in combination with merbau (MB) wood performed best results in all the tests performed. On the contrary, the least favorable results were obtained for samples that were treated with a photocatalytic coating.

Key words: light permanency, surface finish, surface properties, natural and artificial aging, transparent coatings

Obsah

1. Úvod.....	18
2. Cieľ práce.....	19
3. Teoretická časť.....	20
3.1. Využitie dreva v exteriéri.....	20
3.2. Makroskopické vlastnosti dreva.....	20
3.2.1. Farba dreva	21
3.2.2. Lesk dreva.....	22
3.2.3. Vôňa dreva.....	23
3.3. Chemické zloženie dreva	23
3.3.1. Celulóza	24
3.3.2. Hemicelulózy	25
3.3.3. Lignín.....	25
3.3.4. Sprievodné látky v dreve	27
3.4. Prirodzené starnutie dreva.....	27
3.5. Zmena chemického zloženia v dreve vplyvom starnutia	27
3.6. Dôsledky farebných zmien v dreve.....	28
3.6.1. Vplyv povrchovej úpravy na svetlostálosť dreva	29
3.7. Procesy degradácie v dreve.....	30
3.7.1. Fotodegradácia dreva.....	31
3.7.2. Fotodegradácia lignínu	32
3.7.3. Fotodegradácia polysacharidov	33
3.8. Vplyv svetelného žiarenia na degradáciu dreva.....	33
3.8.1. Slnéčné žiarenie	33
3.8.2. Ultrafialové žiarenie	34
3.9. Umelé starnutie dreva	35
3.9.1. Vplyv umelého starnutia dreva na jeho vlastnosti	36

3.10.	Konštrukčná ochrana drevených prvkov v exteriéri.....	38
3.10.1.	Požiadavky na povrchovú úpravu drevených prvkov	38
3.10.2.	Príprava dreveného povrchu	38
3.11.	Náterové hmoty	39
3.11.1.	Tvorba a vznik náterového filmu	40
3.11.2.	Lazúrovacie laky	41
3.11.3.	Tenkovrstvé lazúry.....	41
3.11.4.	Silnovrstvé lazúry.....	42
3.11.5.	Fotokatalytické nátery.....	43
4.	Metodika	45
4.1.	Zvolené dreviný	46
4.1.1.	Smrekovec opadavý.....	46
4.1.2.	Španielsky céder	47
4.1.3.	Merbau	48
4.2.	Zvolené náterové hmoty.....	49
4.2.1.	Lignofix – tenkovrstvá syntetická lazúra bezfarebná	49
4.2.2.	Lignofix – silnovrstvá lazúra bezfarebná.....	49
4.2.3.	Protectam FN1 – antibakteriálny fotokatalytický náter	50
4.3.	Použité prístroje	51
4.3.1.	Spektrofotometer KONICA MINOLTA CM-700d.....	51
4.3.2.	Leskomer ISQ-DG6 INSIZE	51
4.3.3.	KRUSS drop shape analyzer DSA30.....	52
4.3.4.	Laserový mikroskop Olympus LEXT OLS4100	53
4.3.5.	Skener Epson Expression 12000XL	53
4.3.6.	Komora Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER	54
4.4.	Vykonané skúšobné metódy	55
4.5.	Príprava skúšobných vzoriek	56

5.	Výsledky	62
5.1.	Zmena lesku hodnotených drevín	62
5.1.1.	Smrekovec opadavý (MD).....	62
5.1.2.	Španielsky céder (C).....	63
5.1.3.	Merbau (MB)	64
5.2.	Zmena farebnosti hodnotených drevín.....	66
5.2.1.	Smrekovec opadavý (MD).....	66
5.2.2.	Španielsky céder (C).....	69
5.2.3.	Merbau (MB)	72
5.3.	Zmena zmáčavosti hodnotených drevín.....	75
5.3.1.	Smrekovec opadavý (MD).....	75
5.3.2.	Španielsky céder (C).....	76
5.3.3.	Merbau (MB)	77
5.4.	Mikroskopické zmeny	78
5.4.1.	Referenčné vzorky	78
5.4.2.	Tenkovrstvá lazúra.....	79
5.4.3.	Silnovrstvá lazúra	79
5.4.4.	Fotokatalytický náter	80
6.	Diskusia	81
7.	Záver	84
8.	Summary.....	86
9.	Zoznam použitej literatúry	88
9.1.	Odborné články	88
9.2.	Monografie	94
9.3.	Internetové zdroje.....	94
9.4.	Normy	97
	Zoznam príloh.....	98

Prílohy..... 99

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Prvky kmeňu na priečnom reze (zdroj: upravené podľa http://www.elearning.aspara.cz/)	21
Obr. 2 Chemické zloženie dreva (zdroj: upravené podľa https://www.slideshare.net/pavinsunny/wood-chemical-components)	24
Obr. 3 Zmena farby dubových exemplárov zoradených od najmladších po najstaršie (vekové skupiny 100 – 600 rokov) (zdroj: Dremelj a Straže, 2022)	29
Obr. 4 Slnčné žiarenie (zdroj: https://www.zahradnejazierka.sk/)	34
Obr. 5 Princíp fungovania fotokatalýzy (zdroj: upravené podľa https://nano4house.cz/)	44
Obr. 6 Rez drevom smrekovca (zdroj: http://wood-database.com/).....	46
Obr. 7 Rez drevom španielskeho cédru (zdroj: http://wood-database.com/).....	47
Obr. 8 Rez drevom merbau (zdroj: http://wood-database.com/)	48
Obr. 9 Tenkovrstvá syntetická lazúra Lignofix (zdroj: https://www.lignofix.cz/)	49
Obr. 10 Silnovrstvá lazúra Lignofix (zdroj: https://www.lignofix.cz/)	49
Obr. 11 Protectam FN1 NANO antibakteriálny fotokatalytický náter (zdroj: https://www.nanospace.cz/).....	50
Obr. 12 Spektrofotometer Konica Minolta CM-700d (zdroj: https://sensing.konicaminolta.us/)	51
Obr. 13 Leskometer ISQ-DG6 INSIZE (zdroj: https://www.insz.eu/).....	52
Obr. 14 KRUSS drop shape analyzer DSA30 (zdroj: https://materials-lab.com.ua/).....	52
Obr. 15 Laserový mikroskop Olympus LEXT OLS4100 (zdroj: https://www.photonics.com/).....	53
Obr. 16 Skener Epson Expression 12000XL (zdroj: https://www.suntech.cz/)	53
Obr. 17 Komora Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER (zdroj: https://www.q-lab.com/)	54
Obr. 18 Označené vzorky dreva smrekovca, cédru a merbau (zdroj: vlastný).....	56
Obr. 19 Značenie miest merania farby a lesku na vzorke smrekovca (MD) (zdroj: vlastný)	56
Obr. 20 Referenčné vzorky a vzorky upravené povrchovou úpravou (zdroj: vlastný)...	57
Obr. 21 Vystavené vzorky na streche drevárskeho pavilónu (zdroj: vlastný)	58
Obr. 22 Meranie farebnosti pomocou spektrofotometru (zdroj: vlastný).....	58

Obr. 23 Zhotovenie mikroskopických fotografií vzoriek pomocou laserového mikroskopu Olympus (zdroj: vlastný)	59
Obr. 24 Meranie zmáčavosti vzoriek pomocou analyzátoru tvaru kvapky KRUSS (zdroj: vlastný).....	60
Obr. 25 Skenovanie vzoriek pomocou skeneru Epson (zdroj: vlastný).....	60
Obr. 26 Mikroskopické zmeny u referenčných vzoriek vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (MD-REF-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-REF-2).....	78
Obr. 27 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (MD-1-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-1-1).....	79
Obr. 28 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (C-2-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-2-1).....	79
Obr. 29 Obr. 27 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (C-3-2), (b) najmenšiu zmenu (MD-3-2)	80

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Kategórie lesku podľa odrazivosti (zdroj: upravené podľa Malanekova, 2020)	57
Tabuľka 2 Zoznam vzoriek smrekovca, cédro a merbau s priradenou náterovou hmotou	61
Tabuľka 3 Skeny vzoriek smrekovca opadavého (MD) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri	67
Tabuľka 4 Skeny vzoriek smrekovca opadavého (MD) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore	68
Tabuľka 5 Skeny vzoriek španielskeho cédro (C) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri	70
Tabuľka 6 Skeny vzoriek španielskeho cédro (C) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore	71
Tabuľka 7 Skeny vzoriek merbau (MB) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri.....	73
Tabuľka 8 Skeny vzoriek merbau (MB) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore	74

Zoznam grafov

Graf 1 Zmena lesku smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	62
Graf 2 Zmena lesku španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	63
Graf 3 Zmena lesku merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	64
Graf 4 Zmena farebnosti smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	66
Graf 5 Zmena farebnosti španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	69
Graf 6 Zmena farebnosti merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	72
Graf 7 Zmena zmáčavosti smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.	75
Graf 8 Zmena zmáčavosti španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.	76
Graf 9 Zmena zmáčavosti merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.....	77

Zoznam použitých skratiek, pojmov a symbolov

- C – céder
- $(C_6H_{10}O_5)_n$ – celulóza
- $(C_6H_{12}O_6)$ – cukor produkovaný fotosyntézou
- EBC – tok urýchlených elektrónov, radiačné vytvrdzovanie
- EMC – obsah vlhkosti
- GU – jednotka lesku
- $kg \cdot m^{-3}$ – kilogram na meter kubický – hustota
- MD – smrekovec
- MB – merbau
- mm – milimeter
- MPa – mega pascal
- nm – vlnová dĺžka
- NO_x – oxidy dusíku
- SO_x – oxidy síry
- SFE – voľná povrchová energia
- SW – koeficient napúčania
- TiO₂ – oxid titaničitý
- UVA – lúče slnečného žiarenia (ultra violet ageing)
- UV – ultrafialové žiarenie (ultra violet)
- VOC – prchavé organické látky (volatile organic compounds)
- $w_0\%$ – hustota pri nulovej vlhkosti
- ZnSO₄ – síran zinočnatý
- μm – mikrometer

1. Úvod

Drevo je ekologický obnoviteľný zdroj a stavebný materiál, ktorý sa používa už tisíce rokov. Skutočnosť, že napriek všetkým svojim výhodám zostáva organickým konštrukčným materiálom, ktorý je prirodzene náchylný na degradáciu atmosférickými činiteľmi a organizmami prispôbenými jeho rozkladu viedla ľudí k hľadaniu metód zameraných na pôsobenie proti týmto faktorom.

Ako prírodný materiál, má výrazný vplyv na odolnosť vonkajších transparentných náterových systémov. Jeho vlastnosti a správanie sa odlišujú podľa druhu, pôvodu, kvality a podmienok. Ziskava stále väčšiu obľubu pri používaní v exteriérových aplikáciách ako je napríklad konštrukcia terás alebo záhradných altánkov. Avšak, vplyv vonkajších podmienok, ako sú poveternostné vplyvy vyžaduje dodatočnú ochranu s cieľom predĺžiť životnosť dreva. Z praktického hľadiska sa často ukazuje, že najefektívnejšou metódou ochrany dreva v exteriérových podmienkach je chemický náter. V porovnaní s pigmentovanými nátermi však tieto chemické ochrany môžu predstavovať problémy s trvanlivosťou a vyžadujú častejšiu a komplexnejšiu údržbu. Životnosť vonkajších transparentných náterových systémov môže ovplyvniť niekoľko faktorov, ako sú druh dreva, vlhkosť dreva, typ použitého náteru, príľnavosť povrchu a náchylnosť povrchu na praskanie a deformáciu v dôsledku expozície vlhkosti a UV žiarenia. Tieto faktory môžu ohroziť účinnosť a výkon transparentných náterových systémov.

Kvalitu povrchovej úpravy môžeme zhodnotiť z rôznych hľadísk, pričom jedným z nich je hodnotenie stability farby povrchovej úpravy. Spôsob starnutia dreva zohráva dôležitú úlohu pri určovaní odolnosti povrchových úprav. Posudzované aspekty starnutia náterových hmôt predstavuje hlavné zameranie tejto diplomovej práce.

2. Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce je:

- analýza požiadaviek na vlastnosti povrchových úprav transparentnými náterovými hmotami na drevené prvky do exteriéru
- analýza faktorov ovplyvňujúcich svetlostálosť povrchových úprav na zvolených vzorkách
- stanovenie postupu a metodiky riešenia diplomovej práce
- príprava skúšobných vzoriek na exteriérový a laboratórny test
- stanovenie vlastností použitých náterových hmôt
- zhodnotenie výsledkov vrátane štatistického vyhodnotenia
- porovnanie laboratórneho testu s použitím fluorescenčných UV lúčov a vody podľa normy ČSN EN 927-6 so skúškou prirodzeným starnutím podľa normy ČSN EN 927-3
- zhodnotenie vhodnosti použitých náterových hmôt na vzorkách smrekovca, cédru a merbau pre použitie na konštrukčné účely
- porovnanie trvanlivosti exotických a domácich drevín
- zhodnotenie významu diplomovej práce pre prax.

Výstupom diplomovej práce bolo zhodnotenie vhodnosti použitých transparentných náterových hmôt na vzorkách dreva smrekovca opadavého (MD), španielskeho cédru (C) a merbau (MB). V práci bola porovnávaná vhodnosť použitia zvolených náterových hmôt a drevín na konštrukčné účely. Hodnotila sa zmena lesku a farebnosti podľa laboratórneho a exteriérového testu a taktiež zmena priepustnosti vody. Cieľom bolo zistiť, ktorý druh dreva, a ktorá náterová hmota je najvhodnejšou voľbou pri výbere konštrukcie drevených terás.

3. Teoretická časť

V tejto časti práce je riešená problematika využitia dreva v exteriéri, jeho prípadná ochrana a možnosti testovania.

3.1. Využitie dreva v exteriéri

Ak sa jedná o prírodné materiály drevo je materiál, ktorý je hojne využívaný v interiéri aj exteriéri. Jeho využitie je dané vhodným pomerom medzi pevnostnými vlastnosťami a hmotnosťou. Preto sa často používa na nosné konštrukčné prvky, ale aj na nenosné prvky obklady budov alebo terasy. Podľa toho, kde je drevo využité, je rozdielne jeho namáhanie a vystavenie pôsobeniu abiotickým aj biotickým činiteľom. Schopnosť dreva odolať týmto činiteľom je potom daná najmä jeho druhom/štruktúrou, čo má následne vplyv na fyzikálne i chemické vlastnosti dreva.

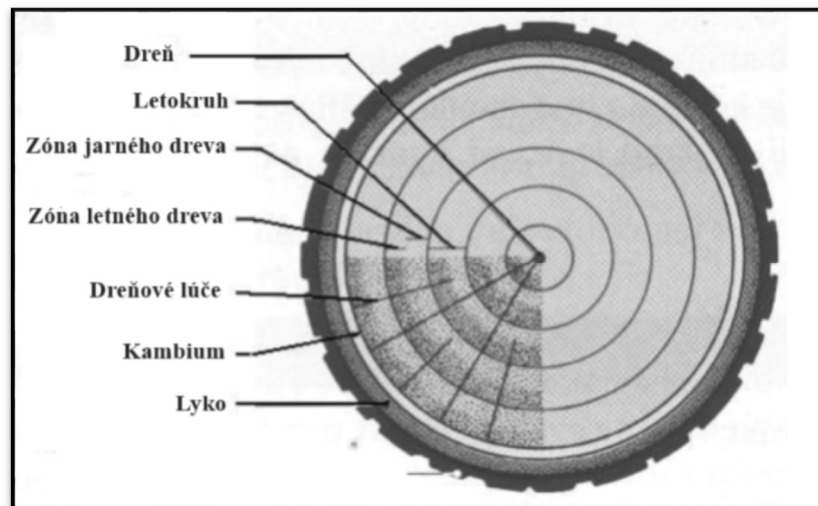
Drevo je mimoriadne dobrý stavebný materiál a možno ho použiť na širokú škálu stavebných činností. Používa sa na stavebné konštrukcie, steny, dvere, podlahy, stropy, okná, stĺpiky, krokvy, podpery alebo trámy. Využitie nachádza aj v nábytkárskom priemysle, kde je s obľubou používané na výrobu záhradného/exteriérového nábytku. Vďaka svojej silnej štruktúre s vysokou hustotou sa bežne používa aj na výrobu vysokokvalitných nosníkov, ktoré poskytujú podporu pre ťažké bremená, ako sú napríklad železničné podvaly a móla (<https://wknightconsulting.com/>).

3.2. Makroskopické vlastnosti dreva

Pochopenie makroskopickej štruktúry dreva a jeho formovania je nevyhnutné pre identifikáciu dreva a hodnotenie jeho vlastností a kvality (Reinprecht, 2008). V závislosti od genetického pozadia, podmienok prostredia a vývojového štádia stromu sa makroskopická štruktúra môže značne líšiť a vytvárať špecifické makroskopické rysy (Ruffinatto a kol., 2023).

Prierez stromu možno rozdeliť do rôznych zón, ako je znázornené na Obr. 1. Dreň sa nachádza uprostred kmeňa a v ideálnom prípade sa nachádza v jeho geometrickom strede. Má kruhový alebo oválny tvar, avšak vo výnimočných prípadoch môže byť jej tvar aj štvoruholníkový, päťuholníkový alebo hviezdicovitý. Jej priemer sa pohybuje od 2 do 5 mm (<http://www.elearning.aspara.cz/>). Jadrové drevo je vnútorná časť xylému pozostávajúca z mŕtvych, biologicky neaktívnych buniek, zatiaľ čo vonkajšia časť, v ktorej prebiehajú transportné procesy, sa nazýva beľové drevo. Pri tvorbe jadrového dreva dochádza k usadzovaniu rôznych extraktívnych zlúčenín a v prípade niektorých tvrdých

drevín sa v cievach vytvárajú aj tylózy. V závislosti od druhu sa farba jadrového a beľového dreva môže líšiť alebo byť podobná. Tenká vrstva cievneho kambia, ktorá je zodpovedná za sekundárny rast stromu, sa nachádza medzi beľovým drevom a kôrou. Najvzdialenejšia časť prierezu v miernom podnebí je periodická aktivita kambia, čoho výsledkom sú letokruhy, ktoré sú viditeľné aj voľným okom. Jarné drevo pribúda na začiatku vegetačného obdobia a jeho hlavnou úlohou je vedenie vody. Letné drevo zabezpečuje mechanickú funkciu (Kránitz, 2014).



Obr. 1 Prvky kmeňa na pričnom reze (zdroj: upravené podľa <http://www.elearning.aspara.cz/>)

Pri manipulácii s drevom pozorujeme najmä jeho estetické vlastnosti. To, čo vidíme a cítime je výsledkom vysoko organizovaného aglomerátu rôznych buniek a chemických zlúčenín (Ruffinatto a kol., 2023).

Medzi makroskopické vlastnosti dreva radíme lesk, farbu, textúru a vôňu dreva. Sú to vlastnosti, ktoré môžeme pozorovať voľným okom. Tieto vlastnosti sú ovplyvnené poveternostnými vplyvmi pri vystavení v exteriéri. Vhodne zvolená povrchová úprava má za úlohu výrazne obmedziť pôsobenie poveternostných vplyvov na drevo vystavené v exteriéri (Baar a Gryc, 2012).

3.2.1. Farba dreva

Farbu dreva a jej stálosť môžeme považovať za jeden z najdôležitejších estetických aspektov. Má významnú úlohu pri identifikácii dreva a častokrát môže určiť aj jeho hodnotu (Baar a Gryc, 2012).

Či už ide o drevo s povrchovou úpravou alebo bez nej, pri vystavení v exteriéri dochádza v priebehu času k farebným zmenám povrchu dreva pôsobením svetla a UV

žiarenia. Farebné zmeny na drevených povrchoch vystavených svetlu sú primárne výsledkom zložitého dynamického procesu fotodegradácie povrchu dreva, ktorého hlavnými aktérmi je UV žiarenie zo svetelného zdroja a lignín. Absorpcia UV žiarenia lignínom vedie k štiepeniu chemickej väzby a tvorbe reaktívnych voľných radikálov napríklad fenoxylu, ktoré sa následne transformujú na chromofóry a chinoidné štruktúry obsahujúce karbonylové a karboxylové skupiny, ktoré sú zodpovedné za farebné zmeny dreva. Okrem lignínu môžu zohrávať dôležitú úlohu aj určité triedy extraktov z dreva. Polyfenolické extraktívne látky, ako sú taníny, môžu absorbovať UV svetlo, zachytávať voľné radikály a podliehať fotooxidácii, čím spomaľujú fotodegradáciu lignínu a dreva (Torčátoru a Timar, 2024).

Za farebné zmeny sú taktiež zodpovedné triesloviny, farbivá a živice a produkty ich okysličovania. Zmena farby dreva môže poukazovať na počiatky hnilobných procesov (Gandelová a kol, 2002).

U tmavo sfarbených drevín sú extrakty z nich zodpovedné za ich citlivosť voči svetelnému žiareniu a to má za následok bieliaci efekt po dlhšom čase expozície. Farebné zmeny závisia najmä od typu svetla (umelé alebo prirodzené), ktoré pôsobí na dreviny, od vlnovej dĺžky, typu svetelného zdroja a od podmienok expozície ako sú vlhkosť alebo vzduch (Torčátoru a Timar, 2024).

Farba beľového dreva je u väčšiny druhov v rozmedzí bielej farby. Farba jadrového dreva závisí od prítomnosti, charakteristík a koncentrácií extraktívnych látok v dreve. Farba jadrového dreva určitého druhu sa môže značne líšiť v závislosti od histórie rastu a zdravia stromu, genetických rozdielov medzi stromami a iných faktorov (Ross, 2010).

3.2.2. Lesk dreva

Štruktúra drevených pletív, rezná plocha a kvalita opracovania dreva su faktory, ktoré ovplyvňujú lesk dreva. Pórovité dreviny a dreviny s nízkou hustotou majú nižší lesk ako dreviny s vyššou hustotou. Hrabové drevo je však výnimkou. Aj napriek tomu, že ma vysokú hustotu je považované za drevinu bez lesku. Najvyšší lesk dreviny môžeme vidieť na pozdĺžnom reze. Lesk dreva výrazne ovplyvňujú najmä stržňové lúče na radiálnom reze. Najnižší lesk a najvyššiu pórovitosť môžeme vidieť na priečnom reze (Čunderlík, 2009).

Lesk dreva je podmienený niekoľkými faktormi, vrátane druhu dreva, hladkosti, tvrdosti, druhu prierezu dreva a povrchovej úpravy. Surové drevo obvykle nemá výrazný

lesk. Ihličnaté a mäkké dreveny zvyčajne vykazujú menší lesk v porovnaní s listnatými a tvrdými drevenami, aj keď majú hladký povrch. Povrchová úprava dreva hrá tiež rozhodujúcu úlohu pri definovaní jeho lesku. Lesk dreva je možné upravovať do určitej miery prostredníctvom použitia rôznych postupov leštenia počas dokončovania jeho povrchu. Tieto postupy môžu zahŕňať hladenie, natieranie prehľadnými lakmi alebo voskovaním. Dôležité je však poznamenať, že lesk dreva nie je úplne odstrániteľný (<https://drewmax.sk/>).

Lesk je do istej miery subjektívnou vlastnosťou niektorých drevín a týka sa spôsobu, akým svetlo odrážajúce sa od dreva preniká do povrchu dosky a potom z neho svieti. Mahagón patrí medzi známejšie dreveny s výrazným leskom (Ross, 2010).

3.2.3. Vôňa dreva

Hoci je vôňa väčšinou subjektívnou vlastnosťou, napriek tomu je nápomocná pri identifikácii dreva. Hoci by sa na vôňu nemalo spoliehať ako na jediný prostriedok identifikácie dreva, v mnohých prípadoch môže slúžiť na potvrdenie alebo vyvrátenie možnej identifikácie konkrétneho druhu (<https://www.wood-database.com/>).

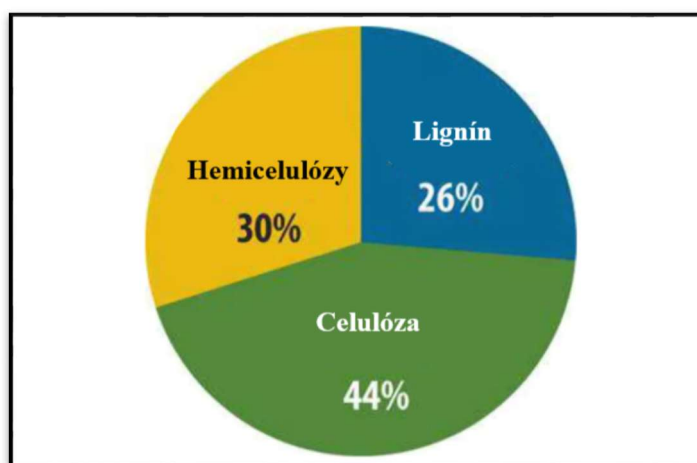
Senzorické posudzovanie dreva, predovšetkým v jeho čerstvom stave, často zahŕňa hodnotenie charakteristickej arómy. Vôňa dreva je ovplyvnená obsahom a kvalitou sprievodných látok a chemickým zložením. Komplexné chemické látky, ako sú triesloviny, olejovité zlúčeniny a terpenické živice, hrajú kľúčovú úlohu. Tieto látky je možné extrahovať z dreva pomocou vody alebo polárnych a nepolárnych organických rozpúšťadiel a majú špecifickú vôňu. V jadrovom dreve býva obsah týchto látok vyšší, naopak v beľovom dreve je nižší. Ihličnaté drevo obvykle vonia živicom. Napríklad jedľa, ktorá v čerstvom stave neobsahuje živicu, má nepríjemný kyslý zápach. Listnaté dreveny, ako sú letný dub, zimný dub, biely agát a kráľovský orech, majú charakteristickú vôňu trieslovín (horkosť). Drevo brezy zase môže voňať po plesni (Čunderlík, 2009).

3.3. Chemické zloženie dreva

Štruktúralne zlúčeniny dreva sú prírodné biopolyméry ako celulóza, hemicelulóza (sacharidy) a lignín, ktoré spolu tvoria 90 – 95 % hmoty absolútne suchého dreva. Zvyšných 5–10 % tvoria neštruktúralne zložky, ako sú minerálne látky, látky rozpustné v organickom rozpúšťadle (extrakty) a voda. Celulóza je lineárny uhlíhydrát s kryštálovou štruktúrou. Hemicelulózy sú necelulózové sacharidy, ktoré sa líšia od celulózy svojim zložením a štruktúrou. Hemicelulóza z mäkkého dreva pozostáva z pentosanov a hexosanov, ale hemicelulóza z tvrdého dreva pozostáva hlavne z

pentosanov. Lignín je amorfný polymér s komplexnou štruktúrou, ktorý pozostáva hlavne z troch fenylpropánových monomérov: p-hydroxyfenyl, guaiacyl a syringyl. Extrakčné látky pozostávajú z tukov, mastných kyselín, živíc, živičných kyselín, terpénov, voskov, alkoholov, fenolov, steroidov, drevnej gummy atď. Zloženie a množstvo extrakčných látok závisí od použitého rozpúšťadla (napr. zmes etanol-benzén, etanol, acetón dichlórmetán a etyléter). Zmes etanolu a benzénu poskytuje najvyššiu úroveň extraktív z dreva, ale kvôli vysokej toxicite benzénu sa bežne používajú iné rozpúšťadlá ako acetón a etanol. Medzi látky rozpustné v studenej a horúcej vode patria minerálne soli, cukry, triesloviny, farbivá, pektíny, voľné kyseliny a iné (Lachowicz a kol., 2019).

Podiel jednotlivých zložiek v tkanive dreva závisí od druhu, podnebia, časti stromu, z ktorej sa vzorky odoberajú (kmeň, konáre, korene, beľové alebo jadrové drevo, kôra, juvenilné alebo zrelé drevo), ročné obdobie a zdravotný stav stromu (Lachowicz a kol., 2019).



Obr. 2 Chemické zloženie dreva (zdroj: upravené podľa <https://www.slideshare.net/pavinsunny/wood-chemical-components>)

3.3.1. Celulóza

Celulóza je glukánový polymér pozostávajúci z lineárneho reťazce 1,4-b viazaných anhydroglukózových jednotiek. Zápis 1,4-b opisuje väzbovú väzbu a konfiguráciu atómu kyslíka medzi susednými glukózovými jednotkami. Počet cukrových jednotiek v jednom molekulovom reťazci sa označuje ako stupeň polymerizácie. Natívna celulóza je čiastočne kryštalická (Pettersen, 1984).

Celulóza tvorí polyméry s dlhým reťazcom, ktoré sú zložené z násobkov jednoduchších molekúl nazývaných monoméry. Tieto monoméry sú vzájomne spojené, a celulóza má všeobecný vzorec $(C_6H_{10}O_5)_n$, pričom dolný index n udáva počet spojených

monomérych jednotiek, ktoré tvoria polymér. V drevnej celulóze môže dosiahnuť hodnotu n až 10 000, čo vedie k vytvoreniu polymérov s dĺžkami až 1/100 mm. Orientácia molekúl celulózy s dlhým reťazcom podľa dlhej osi buniek má významný vplyv na základné vlastnosti dreva. Keď porovnáme chemické vzorce, zistíme, že cukor produkovaný fotosyntézou ($C_6H_{12}O_6$) sa premení na základný monomér celulózy elimináciou H_2O z monoméru (Hoadley, 2005).

3.3.2. Hemicelulózy

Hemicelulózy sú kratšie a menej vetvené molekuly, ktorých predpokladaná funkcia spočíva v spojovaní lignínu a celulózy, aby vytvorili jednotnú štruktúru v každej vrstve bunkovej steny (Ross, 2010).

Hemicelulózy sú zmesi polysacharidov syntetizovaných v dreve takmer výlučne zo zvyškov glukózy, manózy, galaktózy, xylózy, arabinózy, kyseliny 4-O metylglukurónovej a kyseliny galakturónovej. Niektoré tvrdé dreva obsahujú stopové množstvá ramnózy. Vo všeobecnosti majú hemicelulózy oveľa nižšiu molekulovú hmotnosť ako celulóza a niektoré sú rozvetvené (Pettersen, 1984). Zahŕňa širokú škálu zlúčenín zložených z rôznych cukrových jednotiek, ktorých spoločným znakom sú rozvetvené reťazce, ktoré sú oveľa kratšie ako reťazce celulózy. Typy prítomných hemicelulóz sa veľmi líšia pre mäkké a tvrdé drevo, ako aj medzi jednotlivými druhmi. Najbežnejšími zlúčeninami sú xylóza a manóza pre tvrdé a mäkké drevo. Hemicelulózy tvoria 20 - 30 % hmoty tkaniva a zabezpečujú spojenie medzi celulóзовými vláknami a lignínom vďaka H-väzbám (Kránitz, 2014).

Sú ľahko hydrolyzovateľné zriedenými kyselinami a extrahovateľné zriedenými alkálmi. Charakterizujú sa krátkymi bočnými reťazcami a lineárnymi polysacharidovými štruktúrami. Hemicelulózy sú sprievodné látky, ktoré možno izolovať pomocou vhodných rozpúšťadiel. Ich pyranózové štruktúry väčšinou slúžia ako stavebné bloky. Listnaté dreviny majú vyšší obsah hemicelulóz než ihličnaté. Celkovo obsahujú drevo približne 20 až 35% hemicelulóz. Rozdeľujú sa do kategórií xylány, manány a galaktány podľa hlavných komponentov a hrubej štruktúry (Požgaj, 1997).

3.3.3. Lignín

Lignín je polyfenolický, rozvetvený polymér, ktorý tvorí asi 20 % a 30 % v tvrdom a mäkkom dreve (Hoadley, 2005). Má heterogénnu amorfnú štruktúru tvorenú kombináciou troch fenypropánových jednotiek: p-kumarylalkohol (alebo p-hydroxyfenyl), sinapylalkohol (syringyl) a koniferylalkohol (guaiacyl). Zloženie lignínu

sa líši v závislosti od druhu dreva a tiež ukazuje rozdiel medzi mäkkým a tvrdým drevom. Lignín z mäkkého dreva pozostáva hlavne z guaiacylu (až 94 %), zatiaľ čo v tvrdých drevách je guaiacyl sprevádzaný pozoruhodným množstvom syringilových jednotiek (20-60 %) (Kráňitz, 2014).

Hlavným faktorom, ktorý spôsobuje najväčšie zmeny povrchových vlastností dreva pri vonkajšej expozícii, je slnečné žiarenie. Pretože lignín je hlavnou chemickou zložkou dreva aromatický polymér silne absorbuje slnečné svetlo, čo spôsobuje depolymerizáciu lignínu. V dôsledku toho zníženie molekulovej hmotnosti lignínovej zložky vedie ku kratším polymérnym reťazcom a degradácii mechanických vlastností (Turkoglu a kol., 2015).

V ligníne sú tri chemické skupiny, ktoré absorbujú svetlo: aromatické a-karboxylové skupiny, kruhovo konjugované dvojité väzby uhlík-uhlík a bifenylové štruktúry. Pri ožiarení lignínu začína fotooxidácia, chemické zložky povrchu dreva sa degradujú a mechanické vlastnosti sa znižujú (Chang a kol., 2010).

Lignín je chemicky menej stabilný ako celulóza a má vysokú absorpciu svetla (Gandelová a kol., 2002). Ide o zásadnú vlastnosť, ktorá má vplyv na trvanlivosť náterových systémov. Rozkladá sa hlavne fotolýzou a fotooxidáciou. Vplyvom UV žiarenia sa zvyšuje podiel karboxylových a karboxylových skupín v ligníne na úkor hydroxylových a metoxylových skupín. Produkty rozkladu lignínu ako sú organické kyseliny, vanilín, syringaldehyd a rôzne vyššie molekulové látky sú s vodou polárne a z dreva sa vymývajú. K zaujímavým zisteniam patrí aj záver, že viditeľné svetlo s vlnovou dĺžkou nad 400 nm nespôsobuje stmavnutie lignínu, ako to robí UV žiarenie, ale naopak bledne (Dvořák a kol., 2023 a).

Fotolýza lignínu začína absorpciou UV žiarenia s vlnovými dĺžkami nižšími než 200 nm a pokračuje v oblasti 200 až 300 nm, s vrcholom pri 280 nm. Molekuly s konjugovanými väzbami môžu absorbovať aj viditeľné žiarenie nad 400 nm. π - elektróny v nenasýtenej uhlíkovej dvojväzbe $C=C$ absorbujú žiarenie pri vlnovej dĺžke $\lambda=190$ nm. V prípade lignínu s konjugovaným systémom $C\alpha=C\beta$ v propánových jednotkách s aromatickým jadrom (chromofor; $-C=C-C=C-$) môže dochádzať k absorpcii aj energie slabšieho žiarenia s väčšou vlnovou dĺžkou, napríklad $\lambda=520$ nm. Funkčné skupiny s voľným elektrónovým párom, majú podobný vplyv na zníženie energie absorbovaného žiarenia. Molekuly lignínu, po absorpcii žiarenia, prechádzajú do

excitovaných stavov s vyššou energiou a ľahšie sa zapájajú do rôznych chemických reakcií (Dvořák, 2023).

3.3.4. Sprievodné látky v dreve

Látky, ktoré sú prítomné v dreve ako sprievodné zložky, sú nízkomolekulárneho charakteru a v dreve sa vyskytujú v rôznych menších množstvách. Tieto látky nesúvisia so štruktúrou drevnej hmoty, avšak majú význam z fyziologického hľadiska. Ak ich je v dreve nadmerné množstvo, môže to negatívne ovplyvniť životnosť náterových systémov vďaka ich chemickej reaktivnosti. Taktiež môže dôjsť k zhoršeniu príľnavosti v prípade tukov alebo mechanického poškodenia v dôsledku výronu živíc. Látky v dreve môžeme klasifikovať do troch kategórií, ktorými sú anorganické látky, extraktívne látky a živica (Dvořák, 2023).

3.4. Prirodzené starnutie dreva

Starnutie môžeme chápať ako nezvratnú zmenu fyzikálnych, chemických a mechanických vlastností materiálu počas dlhodobého skladovania alebo používania. Zhoršenie môže nastať v dôsledku klimatických a environmentálnych faktorov, ale aj prostredníctvom drevokazných organizmov akými sú napríklad hmyz, huby alebo baktérie. Zmeny fyzikálnych a mechanických vlastností dreva v dôsledku starnutia pochádzajú zo zmien v mikroštruktúre a v dôsledku chemických zmien v komponentoch. Keďže podmienky skladovania určujú, aké chemické procesy môžu nastať, je zrejmé, že majú významný vplyv na proces starnutia. V prípade dreva je potrebné identifikovať aeróbne a anaeróbne podmienky (Kránitz a kol., 2016).

Expozičné testy vo vonkajšom prostredí sú nevyhnutné na predpovedanie životnosti dreva (Arpaci a kol., 2021).

3.5. Zmena chemického zloženia v dreve vplyvom starnutia

Zmeny chemických a mechanických vlastností sa neobmedzujú len na povrch dreva. Mechanické vlastnosti môžu byť ovplyvnené aj starnutím dreva v rôznych podmienkach teploty a relatívnej vlhkosti (Gurau a kol., 2023).

Prirodzené starnutie drevených prvkov spôsobené UV žiarením, teplotou, zrážkami a dokonca aj vetrom, mení najmä chemické zložky v dreve a následne spôsobuje zmeny mikroštruktúry, makroskopických fyzikálnych a mechanických vlastností. Medzi nimi sú parametre hygroskopického správania a to najmä rovnovážny obsah vlhkosti (EMC) a koeficient napúčania (SW). Zmeny v chemických zložkách drevených prvkov

sú príčinou zmien fyzikálnych a mechanických vlastností starnutia. Aby sme pochopili prirodzený proces starnutia drevených prvkov je dôležité analyzovať zmeny v chemických zložkách (Xin a kol., 2022).

Vzhľadom na odlišné štruktúry hlavných chemických zložiek dreva, ktorými sú celulóza, hemicelulóza a lignín, sa degradačné procesy a ich citlivosť na degradáciu výrazne líšia. Pri starnutí dreva zvyčajne prevláda degradácia spôsobená hemicelulózami, ktoré prejavujú pokles nielen v absolútnom množstve, ale aj v ich percentuálnom zastúpení. Celulóza sa väčšinou ukazuje ako odolnejšia a odolávajúca poškodeniu. Kryštalinita celulózy postupne klesá v priebehu času, ale v prvých 300 rokoch môže u mäkkých drevín dokonca stúpnuť. Lignín prechádza štruktúrnymi zmenami v dôsledku oxidácie, pričom však jeho absolútne množstvo zostáva približne konštantné. Niektoré štúdie naznačujú, že listnaté dreviny podliehajú rýchlejšej degradácii v porovnaní s ihličnatými (Kránitz a kol., 2016).

Lignín, celulóza a hemicelulóza sú základné chemické látky komponentov dreva a súvisia s ich fyzikálnymi a mechanickými vlastnosťami. Vzhľadom na ich odlišné chemické štruktúry majú rôzne citlivosti na prirodzené faktory starnutia. Stanovenie rôznych chemických zložiek prirodzene starnúceho dreva a analýza ich trendov pod vplyvom prirodzeného starnutia môže byť užitočná pri vysvetľovaní zmien fyzikálnych a mechanických vlastností prirodzene starnúceho dreva (Xin a kol., 2022).

Éterové väzby a väzby medzi atómami uhlíka spôsobujú, že lignín je odolný voči hydrolýze, ale je náchylný na oxidačné procesy. Oxidácia lignínu spolu s ďalšími reakciami môže viesť k degradácii makromolekúl lignínu na menšie jednotky. Zo stavebných blokov bunkovej steny patrí lignín medzi najcitlivejšie na ultrafialové svetlo. Niektoré štúdie zistili, že so starnutím dreva sa zvyšuje podiel lignínu, zatiaľ čo iné uvádzajú pokles a nepozorujú žiadne výrazné zmeny. Percentuálny nárast podielu lignínu v elementárnom zložení je pravdepodobne spôsobený rozkladom hemicelulóz a poklesom ich podielu (Dremelj a Straže, 2022).

3.6. Dôsledky farebných zmien v dreve

V procese starnutia dreva je najvýraznejšou zmenou farba povrchu (Dremelj a Straže, 2022). Farba je reakcia zraku na svetlo 400-700 nm, ktoré vstupuje do oka a premieta sa na sietnicu (viditeľné svetlo) (Jankowska a Szczęsna, 2011).

Farebné zmeny súvisiace s vekom a drsnosťou povrchu dreva obmedzujú marketingový potenciál a dôveru spotrebiteľov vo výrobky z dreva (Kılıç a kol., 2023).

Pri vystavení dreva voči poveternostným podmienkam dochádza k strate jeho pôvodných vlastností a rýchlej degradácii, čo spôsobuje jeho praskanie a zošednutie. Tento jav sa nazýva prirodzené zvetrávanie dreva a vo všeobecnosti je poškodenie povrchu dreva vplyvom poveternostných podmienok iniciované UV žiarením zo slnečného žiarenia a ďalšími faktormi prostredia (Yang a kol., 2023). Ako môžeme vidieť na obr. 3 vystavenie dreva slnečnému žiareniu v kombinácii s vodou vedie k farebným zmenám na povrchu dreva, kde môže voda zmývať aj produkty fotodegradácie lignínu, ktoré sú spôsobené napr. UV žiarením (Dremelj a Straže, 2022). Poveternostné vplyvy spočiatku menia farbu povrchu dreva a potom sa povrchové praskanie a drsnosť zvyšujú. Zvetrané drevo má výraznejšiu žltú farbu ako drevo, ktoré nebolo vystavené poveternostným vplyvom z dôvodu premeny lignínu a hemicelulózy. Tento jav je ovplyvnený najmä rozkladom a fotochemickou reakciou lignínu. Väčšina rozloženého lignínu sa vyplaví počas zrážok. Celulóza, ktorá je vysoko odolná voči UV degradácii, je však zachovaná bez deformácií a farba dreva sa zmení na šedú (Yang a kol., 2023).

Farebné zmeny dreva v dôsledku prirodzeného starnutia súvisia so špecifickými chemickými zmenami zahŕňajúcimi hlavné aj vedľajšie chemické zložky dreva, ktoré sú spojené s modifikáciou iných fyzikálnych vlastností, ako je drsnosť povrchu alebo zmáčanie a priľnavosť (Gurau a kol., 2023).



Obr. 3 Zmena farby dubových exemplárov zoradených od najmladších po najstaršie (vekové skupiny 100 – 600 rokov) (zdroj: Dremelj a Straže, 2022)

3.6.1. Vplyv povrchovej úpravy na svetlostálosť dreva

Pre zmenu farby dreva a predĺženie jeho životnosti sú výrobky z dreva používané v exteriéri ošetrené rôznymi druhmi chemikálií alebo sú povrchovo upravené náterovými hmotami. Na zlepšenie odolnosti voči poveternostným vplyvom sa používajú také druhy dreva, ktoré sú odolné voči poveternostným vplyvom, ako aj nátery, ktoré chránia povrch dreva pred vplyvom poveternostných podmienok. Avšak aj pri drevinách s vysokou odolnosťou voči poveternostným vplyvom sa pri vonkajšom vystavení bez povrchovej ochrany rýchlo mení farba a extrakčné zlúčeniny sa vylúhujú (Yang a kol., 2023).

Na dokončenie povrchu drevených výrobkov sa najčastejšie používajú náterové hmoty z dôvodu zabránenia vzniku fotodegradačných procesov. Pigmenty zohrávajú kľúčovú úlohu pri použití pigmentových náterových látok, pretože bránia prenikaniu slnečného žiarenia na povrch dreva. Nevýhodou pigmentových náterových hmôt je, že môžu zakryť textúru dreva. K bezfarebným lazúram a transparentným náterovým látkam sa musia pridávať prísady, ako sú UV absorbéry, UV iniciátory a fotoiniciátory, pretože samy o sebe neobsahujú žiadne UV filtre (Fricová, 2012).

Proces povrchovej úpravy dreva možno opísať ako technologický postup, ktorý zahrňuje zámernú modifikáciu vlastností povrchu materiálu, ktorý sa upravuje. Týmto spôsobom povrchová úprava slúži nielen na ochranu materiálu pred nepriaznivým vplyvom vonkajších faktorov, ale tiež by mala prispieť k estetickému kvalite výrobku (Slabejová, 2012).

3.7. Procesy degradácie v dreve

Poveternostné podmienky dreva sú jav, ktorý znehodnocuje drevo vystavením poveternostným vplyvom. Hlavnými abiotickými vplyvmi, ktoré významne prispievajú k degradácii dreva, sú slnečné žiarenie a dážď, ktoré menia rovnovážny obsah vlhkosti dreva, čo vedie k cyklickému vlhnutiu a vysychaniu. Tieto neustále zmeny v rovnovážnom obsahu vlhkosti menia rozmery dreva a vedú k tvorbe mikrotrhliniek v dreve, ktoré nakoniec prerastú do makro trhlín umožňujúcich prístup k podvrstvám pod povrchom. Okrem toho sa uvádza, že teplota má tiež významný vplyv na degradáciu dreva v dôsledku zvetrávania. Zároveň je známych niekoľko húb, ktoré menia povrch dreva. Šedá farba dreva vystaveného vo vonkajších podmienkach sa pripisuje kolonizácii húb s modrými škvrkami, ako sú *Aureobasidium pullulans* a *Sclerophoma pithyophila*. Miera povrchových zmien je veľmi závislá od toho, či je drevo v kontakte so zemou alebo je uložené nad zemou, od prirodzenej trvanlivosti dreva a tiež od druhu náteru. Degradácia kontaktom v zemi je vyššia v dôsledku neustálej dostupnosti vody a množstva organizmov napádajúcich drevo, zatiaľ čo v nadzemných oblastiach je organizmov menej a je ťažšie transportovať vlhkosť do sídiel húb (Sahin a kol., 2023).

Charakteristickou vlastnosťou dreva je jeho schopnosť degradácie pod vplyvom abiotických faktorov a biologických škodcov. Zmeny v štruktúre dreva môžu nastať na molekulárnej štruktúrálnej úrovni, kde sú zmeny výraznejšie, pretože ovplyvňujú stavebné polyméry, alebo môžu nastať na vyšších štruktúrálnej úrovniach, pričom

bunky dreva v okolí vzniknutého defektu si uchovávajú molekulárnu a anatomickú štruktúru a teda aj pôvodné vlastnosti (Reinprecht, 2008).

3.7.1. Fotodegradácia dreva

Je známe, že fotodegradácia dreva je ovplyvnená mnohými faktormi, z ktorých najdôležitejšie sú druh dreva, teplota a vlhkosť (Mattonai a kol., 2019).

Faktory ako intenzívna vlhkosť, UV žiarenie, mechanické opotrebenie a teplota vo vonkajšom prostredí spôsobujú určité zmeny vo farbe a chemickej a fyzikálnej štruktúre dreveného materiálu. Tieto zmeny skracujú životnosť stromu a zvyšujú náklady na opravu alebo výmenu rozložených materiálov čo spôsobuje značné ekonomické straty (Kılıç a kol., 2023).

Drevo vďaka svojej organickej povahe podlieha abiotickým a biotickým degradáciám, ktoré spôsobujú postupný rozklad štruktúry. Biotická degradácia spočíva v napadnutí mikroorganizmami. Abiotické degradácie sú zvyčajne povrchové javy a sú ovplyvnené slnečným žiarením, zrážkami, teplom, vlhkosťou okolitého vzduchu, prítomnosťou kyslíka a látkami znečisťujúcimi ovzdušie. Tieto procesy degradácie úzko závisia od podmienok, v ktorých sa drevo používa a skladuje. K starnutiu dreva v prirodzených podmienkach dochádza v dôsledku rôznych vonkajších faktorov v prítomnosti vzdušného kyslíka. Tieto environmentálne faktory, ako je slnečné žiarenie, Vlhkosť a teplota iniciujú zvetrávanie alebo oxidačnú degradáciu drevených produktov. Účinok ultrafialového svetla slnečného žiarenia je jedným z najúčinnějších parametrov spomedzi všetkých environmentálnych faktorov, ktoré prispievajú k procesu zvetrávania dreva. Kombinácia týchto efektov vedie k rozkladu povrchových vrstiev, k farebným zmenám a vedú k zošednutiu dreveného povrchu (Ouadou a kol., 2017).

Drevo je materiál, ktorý ľahko degraduje najmä vplyvom javov v prostredí ako môže byť oheň, biologické organizmy, voda alebo svetlo. Exteriérové podmienky môžu spôsobiť rýchlu degradáciu povrchu dreva predovšetkým vplyvom ultrafialovej zložky slnečného žiarenia a vody. Poveternostné vplyvy znižujú životnosť dreva a zvyšujú náklady na jeho údržbu (Turkoglu a kol., 2015).

Analýza zmeny farebnosti je rozhodujúca pri určovaní fotodegradácie v drevinách. Vzorky vykazujú farebné zmeny najmä počas doby ultrafialového ožarovania. U niektorých drevín je táto farebná zmena ľahko pozorovateľná voľným okom, u iných je ťažké ju spozorovať. Bez ohľadu na to je potrebné kvantifikovať výsledky na podporu kvalitatívnych pozorovaní. V praxi je najbežnejšie použitie spektrofotometrov, ktoré

využívajú merania CIEL*a*b*. Mnoho experimentov fotodegradácie dreva sa vykonáva pomocou prirodzeného slnečného žiarenia. Výsledky sú významné a podstatné, hoci výskum vyžaduje dlhšie časové obdobie, ktoré môže trvať stovky dní. Okrem toho prirodzené zvetrávanie do veľkej miery závisí od poveternostných podmienok, ktoré nie sú konštantné a je ťažké ich kontrolovať. Ako alternatíva sa často používa umelé zvetrávanie, pri ktorom sú vzorky dreva vystavené UV laseru alebo UV lampe. V porovnaní s prirodzeným zvetrávaním môže umelé zvetrávanie ilustrovať farebné zmeny okamžite počas niekoľkých hodín, zatiaľ čo pri prirodzenom zvetrávaní môžu byť zmeny pozorovateľné až po niekoľkých týždňoch (Plata a Santos, 2022).

Na spomalenie degradácie sa do drevených výrobkov často zavádzajú fotostabilizátory (Hsiao a kol., 2021).

3.7.2. Fotodegradácia lignínu

Najcitlivejšou molekulou je makromolekula lignínu, pretože dobre absorbuje ultrafialové svetlo. Chemické analýzy ukázali, že znehodnotenie svetlom ožiareného dreva súvisí predovšetkým s rozkladom lignínu. Drevený materiál pri skladovaní v exteriéri a vystavení slnečnému žiareniu podlieha chemickej degradácii spôsobenej UV žiarením v dôsledku obsahu lignínu. Priame skúmanie fotodegradácie spôsobenej slnečným žiarením je náročné. Vystavenie priamemu slnečnému žiareniu nie je možné opakovať za rovnakých podmienok. Zrážky, vlhkosť vzduchu a zmeny teploty sú nekontrolovateľné parametre a to znamená, že pri vonkajšom slnečnom žiarení nie je známa presná doba a intenzita ožiarenia. Preto sa vplyv svetelného žiarenia väčšinou skúma pomocou umelých svetelných zdrojov. Drevo vystavené slnečnému žiareniu podlieha povrchovej degradácii prvotnými farebnými zmenami a následne dochádza k mechanickému rozpadu (Ouadou a kol., 2017).

Chemické analýzy ukázali, že degradácia farby súvisí predovšetkým s rozkladom lignínu. Chromoforické skupiny lignínu sú silné absorbéry ultrafialového svetla. Energia absorbovaných UV fotónov je dostatočne veľká na vytvorenie voľných fenoxylových radikálov. Tieto voľné radikály reagujú s kyslíkom za vzniku karbonylových chromoforických skupín a chromoforické skupiny sú potom zodpovedné za zmenu farby (Persze a Tolvaj, 2012).

Aj keď degradácia lignínu jednoznačne hrá kľúčovú úlohu v ohľade na narušenie súdržnosti medzi vláknami, deštrukciu ohraničených jamiek a vznik trhlín na povrchu dreva vystaveného v exteriéri musíme pripísať aj iným chemickým procesom. Zatiaľ čo

lignín je citlivý na UV žiarenie, polysacharidy, najmä hemicelulózy sú citlivé na kyslo katalyzované hydrolytické reakcie (Kropat a kol., 2020).

3.7.3. Fotodegradácia polysacharidov

V dreve môže dochádzať k degradácii polysacharidov rôznymi spôsobmi. Vzhľadom na trvanlivosť náterov v exteriéri je najvýraznejší vplyv hydrolýza polysacharidov (Dvořák, 2023). Hydrolýza polysacharidov je dôležitá aj z hľadiska odolnosti dreva v exteriéri. Hydrolýza by bola minimálna, ak by prebiehala v čistej vode. V exteriéri je však voda obsahujúca prachové častice, mikroorganizmy napr. plesne a rôzne druhy emisií, ktoré menia pH vody. Vo všeobecnosti platí, že drevo s vyšším podielom belového dreva je menej odolné. (Dvořák a kol., 2023 b)

Základným princípom hydrolýzy je vstavenie molekúl vody do oligomérnych alebo polymérnych molekúl dreva pri súčasnom rozklade na menšie molekuly. Príkladom môže byť hydrolytické rozštiepenie jednej glutinovej väzby v makromolekulách celulózy, pričom vznikajú dve menšie makromolekuly so dvoma novo vytvorenými koncovými skupinami. Totálna hydrolýza celulózy prostredníctvom molekúl vody môže viesť k vytvoreniu molekúl D-glukózy (Dvořák, 2023). Hydrolýza tiež ľahko odstraňuje acetylové skupiny z hemicelulózy, čím vzniká octová kyselina, ktorá následne pôsobí ako autokatalyzátor a katalyzátor ďalších chemických reakcií (Reinprecht, 2008).

3.8. Vplyv svetelného žiarenia na degradáciu dreva

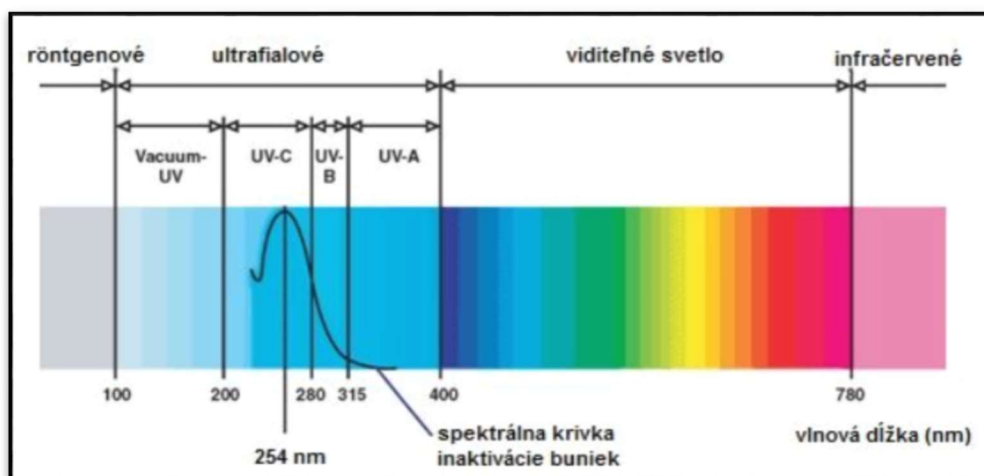
Škodlivý účinok opotrebovania dreva sa pripisuje komplexnému súboru reakcií vyvolaných viacerými faktormi. Atmosférické faktory zodpovedné za zmeny v tomto materiáli sú slnečné žiarenie (ultrafialové lúče, viditeľné svetlo a slnečné žiarenie), obsah vlhkosti, teplota a kyslík. Vzhľadom na tieto faktory je slnečné žiarenie najškodlivejšou zložkou vonkajšieho prostredia a iniciuje širokú škálu chemických modifikácií na povrchu dreva (Aquino a kol., 2021).

3.8.1. Slnečné žiarenie

Žiarenie zo slnka dosahujúce povrch zeme zahŕňa elektromagnetické a časticové zložky. Z meteorologického hľadiska je významná časť elektromagnetického žiarenia v rozsahu vlnových dĺžok 100 až 10000 nm (nanometrov). Toto žiarenie sa delí na:

- Ultrafialové žiarenie (UV) (100 - 400 nm)
- Viditeľné žiarenie (VIS) (400 - 700 nm)
- Infračervené žiarenie (IR) (700 - 10000 nm) (<https://www.shmu.sk/>)

Kratšie vlnové dĺžky slnečného spektra s vyššími energiami fotónov sú absorbované materiálmi, ako je napríklad drevo. Absorbovaná energia má priamy vplyv na chemickú premenu bunkových stien (Yang a kol., 2023).



Obr. 4 Slnečné žiarenie (zdroj: <https://www.zahradnejazierka.sk/>)

3.8.2. Ultrafialové žiarenie

Ultrafialové žiarenie predstavuje spektrálnu časť elektromagnetického žiarenia slnka. Delí sa na: (<https://www.shmu.sk/>)

- UV-A (315–400 nm) je najmenej škodlivé pre polyméry, pretože tvorí 6 % celkového slnečného žiarenia dopadajúceho na Zem.
- UV-B (280–315 nm) je pre polyméry škodlivejšie, pretože tvorí 0,1 % celkového slnečného žiarenia dopadajúceho na Zem.
- UV-C (< 280 nm) je najškodlivejšie pre polyméry, ale je odfiltrované zemskou atmosférou (Weitzenböck, 2012).

Poškodenie UV žiarením je primárnou príčinou poškodenia dreva, najmä drevených výrobkov a konštrukcií, ktoré sú umiestnené v exteriéri. Keď slnečné svetlo interaguje fotochemicky s lignínom v štruktúre dreva začína rozklad. Dlhodobé vonkajšie vystavenie UV žiareniu spôsobuje zmenu farby dreva, čo urýchľuje proces starnutia. UV degradácia je výsledkom interakcie medzi slnkom a štruktúrou dreva a koreluje s klimatickými údajmi. V dôsledku rôznych hladín lignínu a hemicelulózy sa hodnoty zmeny farby spôsobené UV degradáciou líšia v závislosti od druhu dreva (Kılıç a kol., 2023).

Absorpcia UV žiarenia dreva je spôsobená najmä aromatickou štruktúrou lignínu a vedie k tvorbe voľných radikálov. Zmenu farby možno pripísať najmä oxidácii alifatických hydroxylových skupín lignínu (Mattonai a kol., 2019).

K zmene farby dreva vystaveného UV žiareniu dochádza v dôsledku tvorby voľných radikálov, ktoré reagujú s kyslíkom za vzniku karbonylových a karboxylových chromoforických skupín. Fenolické zložky pôsobia počas zvetrávania dreva ako redukčné činidlá, donory vodíka a tlmiče singletového kyslíka (Tomak, Ermeydan, 2020).

Keď je drevo vystavené priamemu slnečnému žiareniu, UV žiarenie spôsobuje vážne poškodenie. V prípade predmetov uložených v interiéri, ako je nábytok alebo hudobné nástroje je slnečné spektrum filtrované prevažne oknami, čo má za následok zníženie intenzity UV žiarenia. Okrem toho sú vo vnútornom prostredí prítomné aj umelé zdroje svetla. V dôsledku rôznych svetelných spektier nie sú procesy fotodegradácie dreva v interiéri rovnaké ako v prípade dreva v exteriéri. Štúdie uskutočnené skúmaním vplyvu umelého starnutia na rôznych druhoch dreva ukázali, že zmeny farby sú rýchle počas prvých 12 hodín expozície v prípade tvrdého dreva a počas prvých 24 hodín v prípade mäkkého dreva (Gurau a kol., 2023).

Aby fotón UV svetla spôsobil chemickú zmenu, jeho energia musí byť dostatočná aspoň na to, aby zdvihla jeden z elektrónov v zlúčenine zo základnej úrovne energie na vyššiu úroveň, čím sa umožní prerušenie alebo vytvorenie chemických väzieb. Je známe, že lignín absorbuje UV svetlo silne pri vlnovej dĺžke približne 280 nm a je tu tiež maximum absorpcie blízko 400 nm, na modrom okraji rozsahu viditeľného svetla (Kropat a kol., 2020).

3.9. Umelé starnutie dreva

Technika zrýchleného umelého starnutia v komorách s ultrafialovým žiarením sa často využíva pri štúdiu degradácie materiálov a využíva sa najmä na laboratórnej úrovni. Tento postup je široko používaný pre polymérne materiály (Aquino a kol., 2021).

Zrýchlené zvetrávanie je v priemysle náterov veľmi dôležité, pretože sa dá použiť na simuláciu prirodzeného zvetrávania, a trvá oveľa menej času než prirodzené zvetrávanie dreva vo vonkajších podmienkach. Ďalším dôvodom je, že zrýchlené zvetrávanie umožňuje špecifikáciu podmienok, ako sú atribúty UV žiarenia, úroveň vlhkosti alebo teploty. Väčšina výskumníkov s nátermi dreva používa zariadenia, ktoré kombinujú niektoré parametre ako je teplota, UV žiarenie a vlhkosť (rozprašovanie alebo

kondenzácia), ktoré možno ľahko kontrolovať a ktoré urýchľujú prirodzený priebeh zvetrávania (Sahin a kol., 2023).

Keďže konečným cieľom zrýchleného starnutia je zlepšiť predikciu životnosti v prevádzkových podmienkach, najvhodnejšie sú podmienky, ktoré presne zodpovedajú vonkajšiemu prostrediu. Tie sa dajú najľahšie získať prirodzeným vystavením vzoriek na vonkajších miestach. Problém s týmto postupom je, že požadovaná doba expozície by musela byť aspoň taká dlhá, ako je predpokladaná životnosť výrobku, a teda potreba zrýchlených (umelých) postupov zvetrávania na simuláciu účinkov prirodzeného zvetrávania v reálnych časových intervaloch je efektívnejšia. Prevládajúcimi faktormi klimatickej expozície sú vlhkosť, teplota a UV žiarenie. Závažnosť týchto faktorov bude závisieť od geografickej polohy a je potrebné ich vziať do úvahy. Zrýchlené postupy zvetrávania vo všeobecnosti zahŕňajú cyklické vystavenie v kombinácii soľnej hmly, zvýšených alebo mínusových teplôt a ultrafialového žiarenia (Weitzenböck, 2012).

Umelé zvetrávanie zahŕňa vystavenie skúšobných vzoriek umelému zdroju UV svetla v komore, v ktorej sa kontroluje teplota, vlhkosť a rozstrekovaná voda. Problémom tohto postupu je určenie synergických efektov (interakcií) medzi rôznymi parametrami v procese zvetrávania. Kľúčovým parametrom vo všetkých zariadeniach na zrýchlené zvetrávanie je zdroj UV svetla, ktorý by mal ideálne simulovať slnečné žiarenie. Hlavné typy umelých svetelných zdrojov, ktoré sa používajú, sú ortuťové, xenónové a fluorescenčné žiarovky (Weitzenböck, 2012).

Ortuťové výbojky využívajú elektrický oblúk, ktorý prechádza cez odparenú ortuť. Xenónové oblúkové lampy generujú UV svetlo prechodom elektriny cez xenónový plyn. Fluorescenčné žiarovky vytvárajú UV svetlo kombináciou účinkov elektricky excitovaných pár ortuti a vonkajšieho fosforového povlaku (Kropat a kol., 2020).

3.9.1. Vplyv umelého starnutia dreva na jeho vlastnosti

Hlavným rozdielom medzi prirodzeným a umelým zvetrávaním je, že umelé zvetrávanie nepodlieha biotickým vplyvom. K hlavným zmenám, ktoré sa vyskytujú na dreve vystavenom vonku však stále dochádza, keď je drevo vystavené umelým poveternostným vplyvom (Sahin a kol., 2023).

Farebné zmeny sú prvé, ktoré si všimneme a vo všeobecnosti súvisia s prirodzenou farbou dreva. Je dobre známe, že spočiatku svetlejšie dreva stmavnú, kým tmavšie dreva zosvetlia. Po tejto prvej fáze majú oba druhy dreva sklon k sivému tónu, ktorý zostáva stabilný a podobný bez ohľadu na počiatočnú farbu dreva. Pri umelom

zvetrávaní sa tento šedý odtieň pripisuje vymývaniu degradovaného lignínu z povrchu dreva, ktorý odhaľuje celulózové vlákna. Chemicky je známe, že zvetrávanie znižuje množstvo lignínu a trochu hemicelulózu a zvyšuje obsah celulózy v blízkosti zvetraného povrchu. Farebné zmeny sú spojené s degradáciou extrakčných látok a lignínu na chinóny. Zmeny farby dreva sú obmedzené na približne 2,5 mm od povrchu, čo bolo preukázané vplyvom malého prieniku ultrafialového a viditeľného svetla do dreva. Experimenty na fotodegradácii dreva zistili hĺbky až 540 μm . Ukázalo sa, že hĺbka fotodegradácie závisí aj od hustoty dreva. V niektorých výskumoch je uvádzané, že maximálna hĺbka fotodegradácie sa zvýšila pre nižšiu hustotu dreva, čo by mohlo vysvetliť, prečo sa skoré drevo rozkladá rýchlejšie ako neskoré drevo. Akonáhle sa UV degradačné zlúčeniny vylúhujú z dreveného povrchu, spodné vrstvy sa odkryjú a podobne degradujú (Sahin a kol., 2023).

Pri umelom zvetrávaní dochádza aj k určitým zmenám povrchovej zrnitosti a tieto zmeny závisia od druhu dreveniny a druhu použitej povrchovej úpravy. Degradácia lignínu vedie k vrstve bohatej na celulózu, ktorá má vyššie množstvo hydroxylových skupín a teda miest, kde sa môže adsorbovať voda. Okrem toho, výskyt povrchových trhlin a stúpajúcich drevených vlákien tiež prispieva k zvýšenej zrnitosti (Jankowska a kol., 2014).

Lesk povrchu dreva závisí aj od počiatočného lesku dreva. V prípade neošetreného dreva je všeobecne známe, že lesk klesá vplyvom počasia, a to sa pripisuje fyzikálnej degradácii. Po počiatočnej zmene farby a strate lesku dochádza k zvýšeniu drsnosti povrchu (Sahin a kol., 2023).

Náterové hmoty sa nanášajú na drevo, aby ho chránili pred prirodzenými poveternostnými vplyvmi. Hlavná ochrana je spôsobená vodoodpudivosťou náterových hmôt, ktoré ak sú dobre nanesené, neumožňujú kontakt vody s drevom, čím sa zabráni bežnému zmršťovaniu a napučievaniu vyskytujúcemu sa pri cykloch dažďa. Aj pri použití transparentných hydrofóbných náterov je možné predĺžiť životnosť znížením ich vlhkosti. Ďalšou ochranou pripisovanou náterovým hmotám je ochrana pred slnečným žiarením, kde zohráva hlavnú úlohu UV svetlo. Preto je zahrnutie UV blokátorov do náterových hmôt bežné. Hlavnými účinkami poveternostných vplyvov na laky alebo náterové systémy sú praskanie, strata príľnavosti a strata lesku. Keďže tieto zmeny súvisia s fyzikálnymi a chemickými zmenami, je uvádzané, že testovanie chemických a

fyzikálnych zmien možno použiť ako doplnok na urýchlenie procesov starnutia (Sahin a kol., 2023).

3.10. Konštrukčná ochrana drevených prvkov v exteriéri

Ochrana konštrukcie sa opiera o zásady fyzikálnej ochrany, pričom kľúčovým prvkom je správny výber druhov dreva a drevených materiálov. Ak je to možné, treba sa vyhnúť kontaktu s pôdou a priamemu pôsobeniu abiotických škodcov, napríklad vytvorením previsu strechy. Okrem toho je dôležité využívať tvarovú optimalizáciu vrátane ochrany kritických bodov konštrukcie, aby sa zabránilo preniknutiu vody nielen v kvapalnom, ale aj plynnom stave. Ak nie je konštrukčná ochrana dodržaná, dochádza k zvýšeniu namáhania drevených prvkov na atmosférickú degradáciu (Dvořák, 2023).

3.10.1. Požiadavky na povrchovú úpravu drevených prvkov

Ak chceme doceliť požadovaný konečný efekt výrobku alebo dielca, ktorý je pripravený k povrchovej úprave musí byť kvalitne opracovaný. Povrch musí byť jemne a hladko vybrúsený. Z povrchu musí byť odstránený prach a nečistoty, ktoré znižujú adhéziu náterových hmôt k podkladu a taktiež negatívne pôsobia pri následnom vytvrdzovaní (Melichar, 2013).

Najdôležitejšou časťou úpravy povrchu dreva je zjednotenie jeho povrchovej štruktúry, ktorá sa najčastejšie vykonáva metódou brúsenia (Tesařová a kol., 2014). Ihličnaté dreviny sa brúsia najčastejšie brusným papierom o zrnitosti 120 až 150 a listnaté brusným papierom o zrnitosti 150 až 180 (<https://www.adler.sk/>).

Úpravy povrchu rozdeľujeme do viacerých kategórií a to na:

- Odstránenie vzhľadových väd
- odstránenie farebných škvŕn ak sú na povrchu dreva prítomné
- odstránenie prepadlín v povrchu dreva pomocou techniky tmelenia
- farebnú úpravu dreveného povrchu pomocou bielenia alebo morenia
- mechanickú úpravu nerovností povrchu (Tesařová a kol., 2014).

3.10.2. Príprava dreveného povrchu

Drevené výrobky sa často podrobujú úprave pomocou náterových látok. Aby sme dosiahli vysokú kvalitu povrchovej úpravy, je nevyhnutné dôkladne upraviť povrch dreva a zvoliť kvalitnú náterovú látku. Pred aplikáciou náteru sa povrch dreva často upravuje brúsením, ale existujú aj alternatívne metódy, ako napríklad termo-mechanické lisovanie,

rotačné hľadanie alebo inovatívne spôsoby úpravy. Jedným z perspektívnych prístupov k úprave povrchu dreva je technika hľadania (Slabejová, 2012).

Brúsenie patrí medzi najčastejšie používané techniky na prípravu povrchu v drevospracujúcom priemysle. Ak sa brúsenie vykonáva brúsnym papierom s veľmi jemnou zrnitosťou, môžu sa vyskytnúť problémy s priľnavosťou. Je dobre známe, že zvýšenie drsnosti povrchu zvyšuje zmáčavosť a priľnavosť. Ak je naopak brúsenie príliš hrubé, môžu sa vyskytnúť problémy s priľnavosťou. Mnohé štúdie ukázali, že penetrácia do dreva, ako aj adhézia sa líšia v závislosti od typu aplikovaného náteru (Landry a Blanchet, 2012).

Príprava povrchu, napr. použitím plničových pórov, môže zlepšiť kvalitu náterového systému a vyrovnať kyslosť povrchu a obmedziť negatívne účinky veľkosti pórov. Plnivá pórov sa používajú na vyplnenie veľkých pórov v prstencovito pórovitých drevách v blízkosti povrchu dreva vytvorením súvislého a rovnomerného povrchu pre následné nanášanie náterových systémov. Znížením migrácie extrakčných látok na povrch môžu plnivá pórov zvýšiť účinnosť náteru (Dvořák a kol., 2023 a).

3.11. Náterové hmoty

Pojem náter sa vzťahuje na všeobecný názov pre všetky typy farieb, lakov, glazúr atď. Nátery zvyčajne existujú vo forme disperzie spojív, rozpúšťadiel, pigmentov a prísad. Môžu byť definované ich vzhľadom napríklad transparentné, lesklé, pigmentové alebo funkciou ako je antikoročná, oteru vzdorná, protišmyková alebo dekoratívna funkcia (Anwar a kol., 2018).

Povrchové úpravy dreva náterovými hmotami zlepšujú estetiku napríklad pridaním lesku, poskytujú čistiteľný povrch a chránia drevo pred poveternostnými podmienkami ako je svetlo, teplo, vlhkosť a vietor. Lesk je jednou z estetických vlastností náteru, ktorá je založená na schopnosti povrchu odrážať svetlo (Gupta a kol., 2016).

Farbu dreva je možné meniť vhodnými prostriedkami ako je nanosenie laku alebo olejových farieb, ktoré dokážu úplne prekryť prirodzenú farbu dreva, no zároveň poskytnú ochranný náter určený na ochranu dreva proti vonkajším vplyvom. Transparentné laky zvyšujú prirodzenú farebnú intenzitu, zároveň však zvýrazňujú všetky chyby textúry a farby (Jankowska a Szczęsna, 2011).

Transparentné náterové hmoty sú navrhnuté tak, aby zlepšili svetelnú stabilitu povrchu dreva a zároveň neprekrývali textúru dreva. Môžu viditeľne zmeniť prirodzenú farbu dreva. Zmena farby povrchu dreva po nanosení transparentnej náterovej hmoty je interakciou farby náterového filmu s farbou povrchu dreva. Vplyvom slnečného žiarenia dochádza k zmene farby povrchovej úpravy dreva. Najčastejšie dochádza k zožltnutiu povrchu (Slabejová a Šmidriaková, 2021).

3.11.1. Tvorba a vznik náterového filmu

Vytváranie náterového filmu predstavuje komplexný proces, ktorý zahŕňa spojenie náterovej látky s upravovaným materiálom a transformáciu tejto zlúčeniny z kvapalného do tuhého skupenstva. K dosiahnutiu tohto spojenia musí dôjsť k tesnému kontaktu medzi náterovou látkou a upraveným materiálom, čo je nevyhnutnou podmienkou pre pôsobenie adhézných síl. Za týmto účelom sa náterová látka buď nanáša na povrch v kvapalnom stave, alebo prechádza plastickým stavom. Výnimkou je proces tvorby filmu z práškových náterových látok, ktoré sa aplikujú na povrch v tuhom skupenstve (Melichar, 2013).

Náterové hmoty delíme podľa spôsobu vzniku na:

- Fyzikálne zasychajúce
- vytvrdzujúce chemickou reakciou
- vytvrdzované UV a EBC zariadením (Tesařová a kol., 2014).

Fyzikálne zasychajúce náterové hmoty fungujú takým spôsobom, že náterový film sa vytvára odparovaním rozpúšťadla z náterovej hmoty. Patria sem napríklad liehové, alebo olejovo voskové náterové hmoty (Tesařová a kol., 2014).

Náterové hmoty vytvrdzujúce chemickou reakciou vytvárajú náterový film pomocou chemickej reakcie dvoch alebo viacerých zložiek. Chemický proces vzniká po pridaní tvrdidla do náterovej hmoty a prebieha rôznou rýchlosťou. Rôzne zmesi náterových hmôt s tužidlami majú rôzne dlhú a časovo obmedzenú dobu spracovateľnosti. Doba spracovateľnosti predstavuje dobu po ktorú náterová hmota nestuhne. Doba životnosti predstavuje dobu, za ktorú namiešaná zmes stuhne a môžeme ju nazývať aj pot life (Tesařová a kol., 2014).

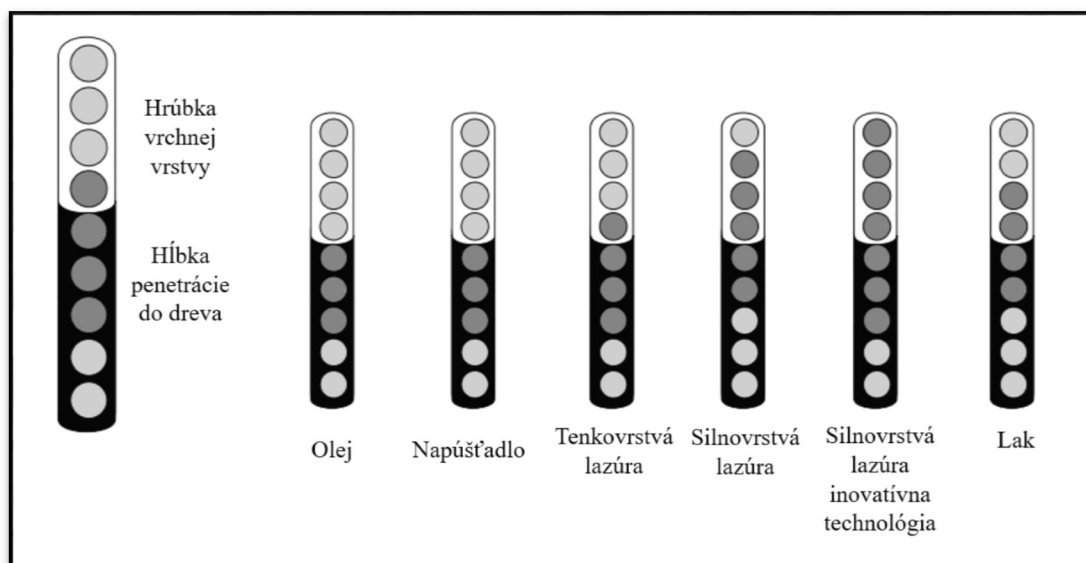
Náterové hmoty vytvrdzujúce UV a EBC žiarením sú náterové hmoty, ktoré vyžadujú žiarenie UV alebo EBC lampami. V zmesi musia mať okrem monomérov a oligomérov taktiež fotoiniciátory, ktoré vyžarovanú energiu pohltia. Po odovzdaní energie a iniciácii

vzniknú radikály z monomérov. Radikály následne vytvárajú priečne väzby medzi spojivami a podieľajú sa na stavbe polymérnej siete spojiva (Tesařová a kol., 2014).

3.11.2. Lazúrovacie laky

Lazúrovacie laky považujeme za náterové hmoty, ktoré obsahujú mikromletý pigment alebo farbivo. Farebný odtieň povrchovej úpravy určuje farebný odtieň farbiva a mikromletého pigmentu v lazúrovacom laku. Pri ošetrení dreva lazúrovacím lakom dochádza k miernemu potlačeniu kresby ošetreného dreva. Vo všeobecnosti poznáme dva druhy lazúrovacích lakov a to tenkovrstvé a silnovrstvé lazúry (Tesařová a kol., 2014).

Ochranný náter zabezpečuje drevo pred negatívnymi vplyvmi z prostredia, vrátane UV žiarenia, plesní, dažďa, snehu a drevokazného hmyzu. Hoci bežná lazúrovacia farba nedokáže poskytnúť úplnú ochranu dreva, je výhodné kombinovať ju s primeranou impregnáciou. Jednou z významných vlastností lazúry je zachovanie viditeľnej textúry dreva aj po niekoľkých náteroch, pričom umožňuje prispôsobenie odtieňa dreva podľa preferencií (<https://www.lacne-farby-laky.sk/>).



Obr. Základné vlastnosti náterových hmôt a ich schopnosť prenikať do povrchu dreva (zdroj: Upravené podľa Tesařová a kol., 2014)

3.11.3. Tenkovrstvé lazúry

Vo všeobecnosti označujeme za tenkovrstvé lazúry lazúrovacie náterové hmoty, ktorých obsah spojiva je do 20%. Používajú sa predovšetkým k ošetrovaniu menej stálych konštrukčných prvkov. Za menej stále prvky považujeme prvky pri ktorých sa počíta s rozmerovými zmenami objemu dreva. Po nanosení tenkovrstvej lazúry je povlak na dokončovanom povrchu tenký a prepúšťa vodnú paru. Veľká časť náterovej hmoty sa po

nanesení vpíje do povrchu ošetreného materiálu a štruktúra dreva je dobre viditeľná a výrazná. Tenkovrstvé lazúry sa neodlupujú a pracujú s objemovou zmenou dreva (Tesařová a kol., 2014).

Ich použitie je najčastejšie pri povrchovej úprave drevených plotov, altánkov, prístreškov, terás a podobne. Ich náter umožňuje zachovanie textúry dreva a jeho vyniknutie. Tenkovrstvé lazúry môžeme použiť aj na vlhkejšie drevo s vlhkosťou nad 20%. Pri dreve s vyššou počiatočnou vlhkosťou sa odporúča náter kombinovať s impregnáciou, ktorá chráni drevené konštrukcie v exteriéri pred napadnutím drevokaznými hubami alebo plesňami. Kvalitná impregnácia dokáže regulovať vlhkosť dreva. Tenkovrstvé lazúry môžeme zaradiť do najjednoduchších spôsobov renovácií dreva. Avšak po ich vyschnutí sa nevyučuje na povrch aplikovať strednovrstvú alebo silnovrstvú lazúru. Prirodzený proces vysychania dreva len tak neurýchlime. Všeobecne sa uvádza, že mäkké drevo o hrúbke zhruba 2 cm vyschne za 1 rok, pri tvrdom dreve to sú až 2 roky. Prirodzený proces vysychania dreva len tak neurýchlime. Všeobecne sa uvádza, že mäkké drevo o sile zhruba 2 cm vyschne za 1 rok, pri tvrdom dreve to sú až 2 roky (<https://www.barvy-na-drevo.cz/>).

3.11.4. Silnovrstvé lazúry

Silnovrstvé lazúry môžeme charakterizovať ako lazúry, ktorých obsah spojiva presahuje 20%. Po nanesení na povrch vytvárajú súvislú vrstvu náteru, ktorá chráni drevo pred prenikaním vlhkosti. Eliminácia napúčania a zosychania sú priaznivým elementom a ich použitie je vhodné pre dokončovanie rozmerovo stáleho dreva. Ak sa upravuje povrch dreva, ktorý je určený do exteriéru v tom prípade by mali lazúry obsahovať pigmenty. Silnovrstvé lazúry sú častokrát vyrábané v krémovej konzistencii, ktorá vzniká zmiešaním vody a oleja pričom vznikne emulzia. Jedná sa o novšiu výrobnú technológiu a v porovnaní s kvapalnou konzistenciou rýchlejšie zasychajú, jednoduchšie sa aplikujú a lepšie sa rozotierajú na povrch dreva. Výhodou silnovrstvých lazúr je, že pri aplikácií náterová hmota nesteká z povrchu dreva, ale rovnomerne sa vpíja (Tesařová a kol., 2014).

Silnovrstvú lazúru alebo kryciu lazúru na drevo je možné aplikovať len na dokonale suché drevo, pričom optimálna vlhkosť dreva by mala byť približne 17%. Napríklad drevo, ktoré prechádza procesom sušenia, začína s počiatočnou vlhkosťou približne 80%. Po sušení v sušičke má drevo vlhkosť 8-12%, avšak táto hodnota nie je udržateľná, pretože drevo absorbuje vlhkosť z okolia, a následná vlhkosť sa ustáli na úrovni 17-18%. Silnovrstvú lazúru možno vhodne použiť na prvky, ako sú dvere, okenice

alebo okná, ktoré majú stále rozmery a nemenia ich v závislosti od vlhkosti a teploty. Ďalšie uplatnenie krycieho náteru je pri renovácii staršieho dreva, kedy nie je potrebné drevo vymeniť, ale je nutné vykonať renováciu. Krycí náter dokáže prekryť existujúce nátery, čiastočne maskovať vady na dreve spôsobené plynutím času a tým predĺžiť životnosť dreva (<https://www.barvy-na-drevo.cz/>).

3.11.5. Fotokatalytické nátery

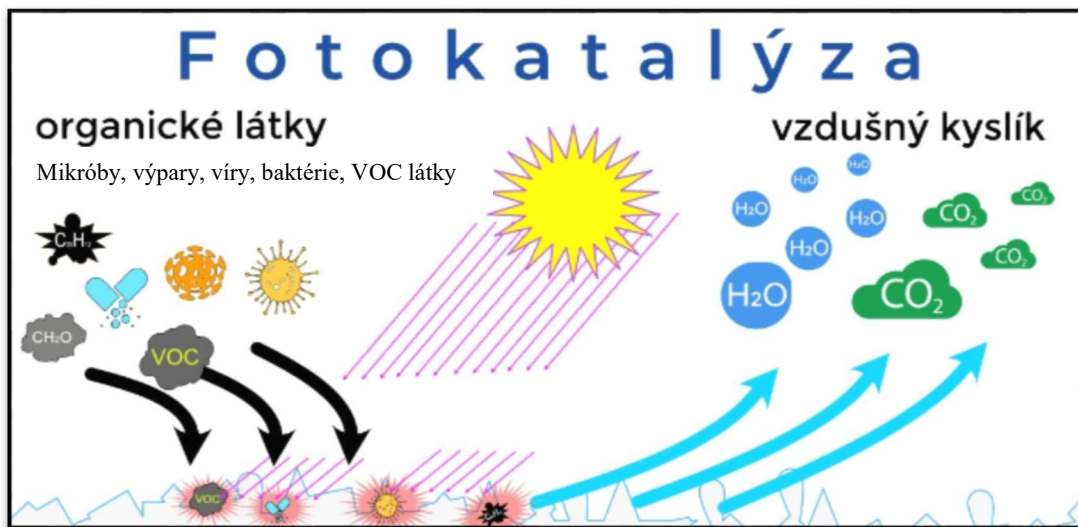
Priemysel náterov sa už niekoľko rokov pokúša vyvinúť samočistiace/ľahko čistiteľné nátery s dlhodobým účinkom. Takéto nátery vyžadujú menšiu údržbu a zostávajú esteticky vyhovujúce po dlhšiu dobu ako bežný náter. Existujú dve stratégie na vytváranie takýchto povrchov, ktorými je buď navrhnutý vysoko hydrofóbny alebo vysoko hydrofilný povrch. Hydrofóbny povrch dosahuje požadovaný efekt tým, že odpudzuje kvapky vody z povrchu, takže namiesto zmáčania povrchu sa odvalujú a odstraňujú častice nečistôt v procese. Zmenšená kontaktná plocha znamená, že adhézna sila medzi časticami nečistôt a povrchom je malá a špina sa preto ľahko odstráni kvapkou vody stekajúcej z povrchu (Gunnarsson, 2012).

Účinnosť fotokatalytických materiálov na dosiahnutie samočistiacich vlastností je známa už mnoho rokov. Fotokatalytické nátery boli väčšinou formulované s anatázovými nanočasticami kvôli vysokej fotoaktivite takýchto častíc, ale tieto pokusy neboli dostatočne úspešné kvôli rýchlej degradácii spojiva (Gunnarsson, 2012). Zaujímavou možnosťou zvýšenia bioodolnosti súbežne s fotostabilizáciou dreva je použitie nanočastíc TiO₂ v anatasovej forme (Pánek a kol., 2020). Okrem samočistenia povrchu môžu OH radikály potenciálne udržať povrch bez mikroorganizmov (Gunnarsson, 2012).

Fotokatalytické nátery fungujú na princípe fyzikálneho javu, ktorý sa nazýva fotokatalýza a aktivujú sa slnečným svetlom, alebo UVA žiarením. Jeho nevyčerpatel'né vlastnosti sú na rozdiel od chemických výrobkov nevyčerpatel'né (<https://www.nanospace.cz/>).

Princíp fotokatalýzy, ktorý môžeme vidieť na Obr. 5 môžeme opísať nasledovne. Dve bežné látky, ako je vzduch, v ktorom sa nachádzajú rozptýlené molekuly dymu, vírusy a baktérie, existujú harmóniou v uzavretej miestnosti. V momente, keď sa častica dymu dotkne osvetleného povrchu, ktorý je obalený fotokatalytickým náterom, reaguje s kyslíkom a dochádza k oxidácii alebo horeniu pričom povrch zostáva chladný, pretože ide o chemickú reakciu. Nečistoty vo vzduchu sa následne rozkladajú na molekuly vody a oxidu uhličitého. Fotokatalýza môže byť využitá na rozklad organických alergénov,

karcinogénov, vírusov, baktérií, spór, ako aj na redukcii výfukových plynov. Nakoniec aj tie najkomplexnejšie organické molekuly prechádzajú transformáciou na neškodné jednoduché anorganické zlúčeniny, konkrétne oxid uhličitý, voda a príslušné minerálne kyseliny. V opozícii k rôznym chemickým prostriedkom, fotokatalytický náter efektívne eliminuje mikróby, pretože spáli všetky organické látky bez výnimky (<https://www.nanospace.cz/>).



Obr. 5 Princíp fungovania fotokatalýzy (zdroj: upravené podľa <https://nano4house.cz/>)

4. Metodika

Na vyhotovenie vzoriek bolo použité drevo smrekovca opadavého, španielskeho cédru a merbau. Smrekovec patrí do skupiny ihličnatých drevín a merbau a céder sú exotické dreviny. Na povrchovú úpravu boli zvolené transparentné tenkovrstvé a silnovrstvé lazúry od značky Lignofix a transparentný fotokatalytický náter od značky FN NANO®.

4.1. Zvolené dreviny

4.1.1. Smrekovec opadavý

Názov dreviny: Smrekovec opadavý (Modřín opadavý)

Latinský názov: Larix decidua Mill.

Anglický názov: Larch

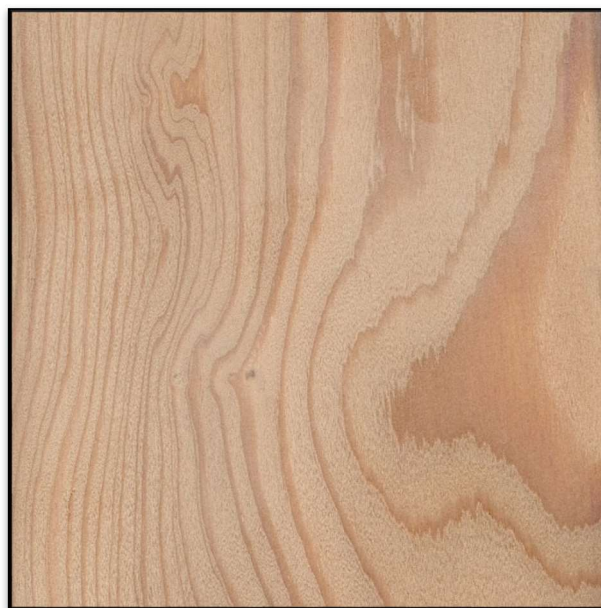
Skratka: MD

Druh dreviny: Ihličnatá drevina

Hustota pri w₀%: 575 [kg.m⁻³]

Tvrdosť: 53 [MPa]

Využitie dreviny: Smrekovec je jedným z najkvalitnejších domácich drevín. Využíva sa na konštrukciu vodných stavieb, lodí, na výrobu nábytku, drevených okien a vonkajších a vnútorných dverí (<http://wood-database.com/>). Smrekovcové drevo je fasádnym materiálom, pretože je estetické, dá sa postaviť bez povrchovej úpravy a svojimi vlastnosťami je porovnateľné s exotickými drevinami. Je veľmi odolný voči poškodeniu hnilobou a hmyzom vďaka špecifickému zloženiu živice obsiahnutej v dreve. Vyznačuje sa vysokou kyslosťou a vyšším obsahom extraktívnych látok, najmä vo forme živíc. (Dvořák a kol., 2023 b)



Obr. 6 Rez drevom smrekovca (zdroj: <http://wood-database.com/>)

4.1.2. Španielsky céder

Názov dreviny: Španielsky céder

Latinský názov: Cedrela odorata

Anglický názov: Spanish cedar

Druh dreviny: Exotická drevina

Hustota pri w0%: 470 [kg.m⁻³]

Tvrdosť: 40,4 [MPa]

Využitie dreviny: Drevo španielskeho cédru sa najčastejšie využíva pri výrobe dýh a preglejok. Je vhodné na výrobu hudobných nástrojov (najčastejšie gitár), nábytku alebo na stavbu lodí (<http://wood-database.com/>). Okrem toho sa používa ako archeomateriál pre historické pamiatky, ako sú drevené umelecké múzeá, staroveké mešity, mauzóleá, ozdoby dverí v múzeách a drevené stropy. Céder disponuje prirodzenou odolnosťou voči napadnutiu drevokaznými hubami (Bouramdane a kol., 2022).



Obr. 7 Rez drevom španielskeho cédru (zdroj: <http://wood-database.com/>)

4.1.3. Merbau

Názov dreviny: Merbau

Latinský názov: Intsia spp. (I. bijuga, I. palembanica)

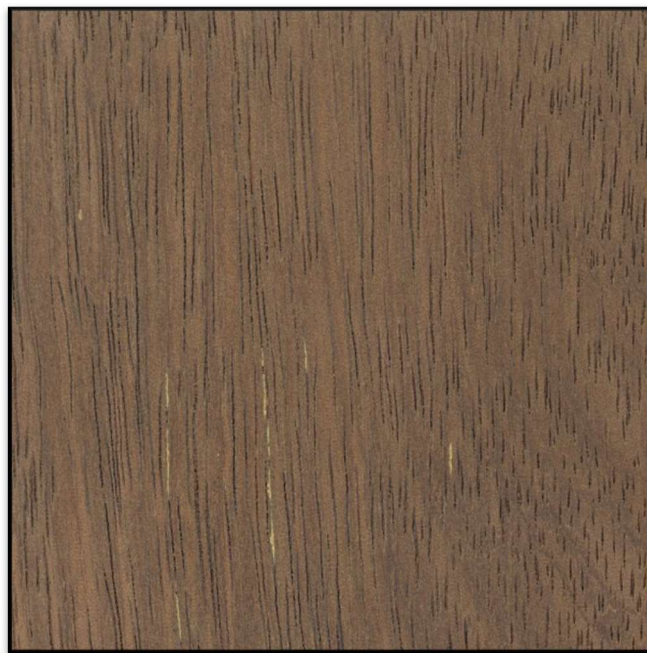
Anglický názov: Merbau

Druh dreviny: Exotická drevina

Hustota pri w0%: 815 [kg.m⁻³]

Tvrdosť: 145,2 [MPa]

Využitie dreviny: Drevo merbau je vhodné na konštrukciu drevených terás a fasádnych obkladov. Využitie nachádza aj v železničnej doprave a to hlavne na výrobu podvalov a vagónov. V chemickom priemysle sa využíva na výrobu obalov na chemikálie (<http://wood-database.com/>). Keďže jadrové drevo merbau obsahuje veľké množstvo vo vode rozpustných kondenzovaných trieslovín, má pri použití ako stavebný materiál v exteriéri problémy s extrakčným krvácaním (Hisao a kol., 2021).



Obr. 8 Rez drevom merbau (zdroj: <http://wood-database.com/>)

4.2. Zvolené náterové hmoty

4.2.1. Lignofix – tenkovrstvá syntetická lazúra bezfarebná

Tenkovrstvá syntetická lazúra Lignofix je lazúra, ktorá disponuje vysokým penetračným účinkom a je určená pre dekoratívne nátery drevených povrchov v exteriéri aj interiéri. Vyznačuje sa veľmi ľahkou obnoviteľnosťou starého náteru a výbornou príľnavosťou ďalšieho náteru a zvýšenou vodoodpudivosťou. Výsledný náter sa nelúpe, nepraská a je dlhodobo odolný voči poveternostným vplyvom a UV žiareniu (<https://www.lignofix.cz/>).



Obr. 9 Tenkovrstvá syntetická lazúra Lignofix (zdroj: <https://www.lignofix.cz/>)

4.2.2. Lignofix – silnovrstvá lazúra bezfarebná

Lignofix silnovrstvá lazúra je vodou riediteľná lazúra určená pre všetky drevené povrchy v interiéri aj v exteriéri. Môže sa aplikovať na nábytok (záhradný aj interiérový), okná, dvere, drevené terasy alebo obloženia balkónov. Lazúra je ľahko pretierateľná s dobrou príľnavosťou k povrchu materiálu, je odolná, pružná a bez zápachu. Chráni drevo pred striekajúcou vodou, zašpinením a pred starnutím poveternostnými vplyvmi (<https://www.lignofix.cz/>).



Obr. 10 Silnovrstvá lazúra Lignofix (zdroj: <https://www.lignofix.cz/>)

4.2.3. Protectam FN1 – antibakteriálny fotokatalytický náter

Protectam FN1 je funkčný a veľmi účinný minerálny náter, ktorý sa používa na ochranu rôznych povrchov ako sú napríklad budovy, sochy, alebo neošetrené drevo, či drevo, ktoré bolo v minulosti ošetrené inými moridlami. Náter funguje na základe fyzikálneho javu nazývaného fotokatalýza (<https://www.nanospace.cz/>). Je to disperzia obsahujúca cca 7,5 % TiO₂ nanočastíc v anatasovej forme s prídavkom 2,4 % ZnSO₄ plniaca funkciu spojiva (Pánek a kol., 2020). Náter má veľmi účinné samočistiace vlastnosti a aktivuje sa slnečným svetlom, alebo UVA žiarením. Povrchy chráni účinne a dlhodobo pred mikroorganizmami ako sú plesne alebo riasy, degradáciou vplyvom UV žiarenia a pred usadzovaním nečistôt ako je sadza alebo prach. Na rozdiel od chemických výrobkov sú jeho ochranné a samočistiace vlastnosti nevyčerpatelne. Náter disponuje mnohými výhodami ako napríklad paropriepustnosťou, dlhodobo čistým vzhľadom, vysokou UV ochranou alebo ľahkou nanášateľnosťou. Ďalšími pozitívnymi vlastnosťami sú brzdenie rastu rias, plesní či mikroorganizmov, aktívne odstraňovanie NO_x, SO_x, VOC a iných znečisťujúcich látok alebo eliminácia kvasiniek, húb a zápachov (<https://www.nanospace.cz/>).



Obr. 11 Protectam FN1 NANO antibakteriálny fotokatalytický náter (zdroj: <https://www.nanospace.cz/>)

4.3. Použité prístroje

4.3.1. Spektrofotometer KONICA MINOLTA CM-700d

Spektrofotometer CM-700d je ručný, prenosný merací prístroj určený na vyhodnotenie farby a vzhľadu vzoriek veľmi malých až veľkých rozmerov, vrátane predmetov s plochým, tvarovaným alebo zakriveným povrchom. Spektrofotometer umožňuje vyhodnocovať, reprodukovat' a kontrolovať farbu pigmentov a farbív a využíva sa na analýzy farebnosti, kontrolu kvality a kontroly postupov vo výskumných a výrobných prostrediach (<https://sensing.konicaminolta.us/>).

Disponuje veľkým LCD displejom na ktorom sú namerané dáta dobre viditeľné a členené. Zobrazuje výsledky v grafickej aj numerickej podobe vrátane diagramu L^*a^*b , spektrálnej krivky a farebného napodobnenia referenčných odtieňov. K jeho vlastnostiam patria najmä presnosť merania, krátkodobá aj dlhodobá reprodukovateľnosť získaných výsledkov a medzi prístrojová zhoda. Merané vzorky sú v priebehu merania nasvietené vysoko energetickou xenónovou výbojkou, ktorá zaisťuje vysokú stabilitu a opakovateľnosť výsledkov dosiahnutých aj na silno absorbujúcich odtieňoch (<https://infocube.cz/>).



Obr. 12 Spektrofotometer Konica Minolta CM-700d (zdroj: <https://sensing.konicaminolta.us/>)

4.3.2. Leskomer ISQ-DG6 INSIZE

Leskomer ISQ-DG6 od značky INSIZE je špecializovaný prístroj určený na meranie lesku povrchov najmä v odvetviach, kde je vzhľad a estetika rozhodujúcim parametrom. Medzi komponenty leskomeru patrí svetelný LED zdroj a detektor, uhlová geometria, displej a kalibrácia. Svetelný zdroj smeruje lúč svetla na meraný povrch a detektor meria intenzitu odrazeného svetla. Uhlová geometria kvantifikuje odrazivosť svetla od povrchu pod 60° uhlom, čím poskytuje objektívne a štandardizované merania

lesku. Zariadenie má digitálny alebo analógový displej, ktorý zobrazuje hodnotu lesku v jednotkách lesku GU, alebo v percentách. Kalibrácia je nevyhnutná na udržanie presnosti merania a leskomer sa kalibruje pomocou referenčných štandardov so známymi úrovňami lesku (<https://www.industrybuying.com/>).



Obr. 13 Leskomer ISQ-DG6 INSIZE (zdroj: <https://www.insz.eu/>)

4.3.3. KRUSS drop shape analyzer DSA30

Analyzátor tvaru kvapky DSA30 je prístroj, ktorý je možné flexibilne použiť na presné meranie kontaktného uhlu a povrchovej voľnej energie SFE. Prístroj analyzuje zmáčanie a priľnavosť na pevných povrchoch. Skladá sa z LED osvetlenia, optických komponentov a kamery s vysokým rozlíšením. Výsledkom je presný obraz dávkovanej kvapky, ktorý zaisťuje, že tvar kvapky možno spoľahlivo vyhodnotiť z hľadiska kontaktného uhla. Dávkovacia jednotka má kapacitu pre 4 kvapaliny a umožňuje meranie voľnej povrchovej energie na vzorkách. Prístroj taktiež dokáže merať povrchové napätie kvapalín (<https://www.industry-plaza.com/>).



Obr. 14 KRUSS drop shape analyzer DSA30 (zdroj: <https://materials-lab.com.ua/>)

4.3.4. Laserový mikroskop Olympus LEXT OLS4100

Mikroskop využíva laserové skenovanie na bezkontaktné 3D meranie zložitých povrchových prvkov na elektronických zariadeniach a iných druhoch vzoriek. Zaručuje vysokú presnosť, opakovateľnosť a pozorovanie vzoriek vo vysokom rozlíšení. Jednoducho sa ovláda a disponuje funkciou získavania 3D snímok (<https://www.olympus-global.com/>).

Je vybavený štandardnými optickými šošovkami 5x, 10x, 20x, 50x, 100x a 405 nm laserom. Obsahuje digitálny zoom pre vylepšenie obrazu a softvér umožňuje vykonávať niekoľko analytických techník ako sú napríklad drsnosť povrchu, analýza častíc, plocha a objem povrchu alebo vzdialenosť (<https://www3.nd.edu/>).



Obr. 15 Laserový mikroskop Olympus LEXT OLS4100 (zdroj: <https://www.photonics.com/>)

4.3.5. Skener Epson Expression 12000XL

Epson Expression 12000XL je skener formátu A3 s podporou vysokého rozlíšenia. Disponuje vysokou kvalitou obrazu, vysokou presnosťou a výkonným softvérom (<https://www.conrad.cz/>).



Obr. 16 Skener Epson Expression 12000XL (zdroj: <https://www.suntech.cz/>)

4.3.6. Komora Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER

Xenónová komora Q-SUN XE-3 reprodukuje poškodenie spôsobené celospektrálnym slnečným žiarením a dažďom. Za niekoľko dní alebo týždňov dokáže tester reprodukovat' poškodenie, ktoré sa vyskytne v priebehu mesiacov alebo rokov v exteriéri. Komora využíva tri samostatné xenónové výbojky pre veľkú kapacitu. Tester Xe-3 ponúka štandardnú reguláciu vlhkosti a voliteľné funkcie spreja, spätného spreja a chladiča. Je určená na testy farebnej stálosti, svetlo stálosti a fotostability. Q-SUN Xe-3 je jediný xenónový oblúkový tester, ktorý má taktiež voliteľnú možnosť dvojitého postreku, čo umožňuje to, aby sa na testované vzorky nastriekala druhá kvapalina, ako je napríklad kyslý dážď alebo mydlové roztoky (<https://www.q-lab.com/>).

Komora sa skladá z dvoch 7 palcových dotykových displejov, xenónovej lampy, optických filtrov, vodnej sprchy, regulátoru teploty, USB portu k aktualizácií softwaru a prenosu dát z testeru a z výsuvnej dosky na vzorky. Dotykové displeje zobrazujú aktuálne aj nastavené hodnoty v priebehu testu (<https://files.labimexcz.cz/>).



Obr. 17 Komora Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER (zdroj: <https://www.q-lab.com/>)

4.4. Vykonané skúšobné metódy

- ČSN EN 927-1 (672010) Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 1: Klasifikace a volba
- ČSN EN 927-2 (672010) Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Specifikace funkčních vlastností.
- ČSN EN 927-3 (672010) Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím
- ČSN EN 927-6 (672010) Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody

4.5. Príprava skúšobných vzoriek

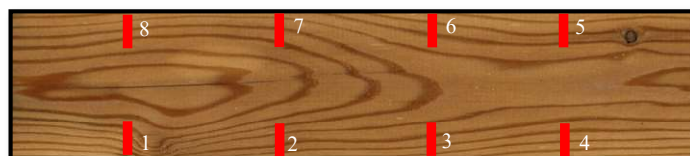
Pre porovnanie laboratórnej skúšky s použitím fluorescenčných UV lúčov a vody podľa normy ČSN EN 927-6 so skúškou prirodzeným starnutím podľa normy ČSN EN 927-3 sa postupovalo nasledovne:

1. Bolo pripravených 48 vzoriek, z toho 16 vzoriek z dreva smrekovca, 16 vzoriek z dreva španielskeho cédro a 16 vzoriek z dreva merbau.
2. Vzorky boli prebrúsené brusným papierom zrnitosti 120 po čom nasledovalo odstránenie brusného prachu. Na bočných stranách vzoriek boli vyznačené miesta, na ktorých sa vykonávalo meranie.



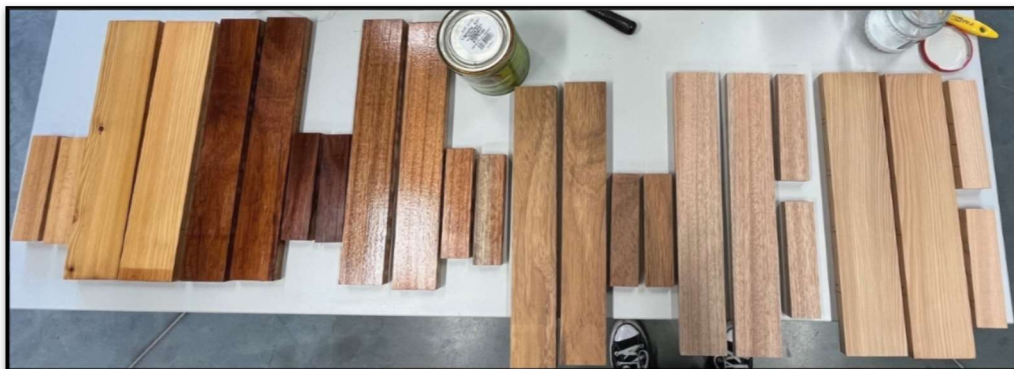
Obr. 18 Označené vzorky dreva smrekovca, cédro a merbau (zdroj: vlastný)

3. Vzorky boli dokončené náterovými hmotami od značky Lignofix a FN NANO®. Jednalo sa o tenkovrstvú a silnovrstvú lazúru a fotokatalytický antibakteriálny náter. Pre každú z drevín bolo vyhotovených 16 vzoriek, z čoho 4 boli referenčné, 4 opatrené tenkovrstvou lazúrou, 4 silnovrstvou lazúrou a 4 fotokatalytickým náterom. Pre každú z povrchových úprav, vrátane referenčných vzoriek boli vždy 2 vzorky väčších rozmerov umiestnené na streche drevárskeho pavilónu a 2 vzorky menších rozmerov umiestnené v xenónovej komore. Podrobnejšie rozdelenie je uvedené v tabuľke 1.



Obr. 19 Značenie miest merania farby a lesku na vzorke smrekovca (MD) (zdroj: vlastný)

4. 12.05.2023 prebehol prvý nános náterovej hmoty pomocou štetca. Následne ostali vzorky klimatizované v laboratóriu do 15.05.2023.



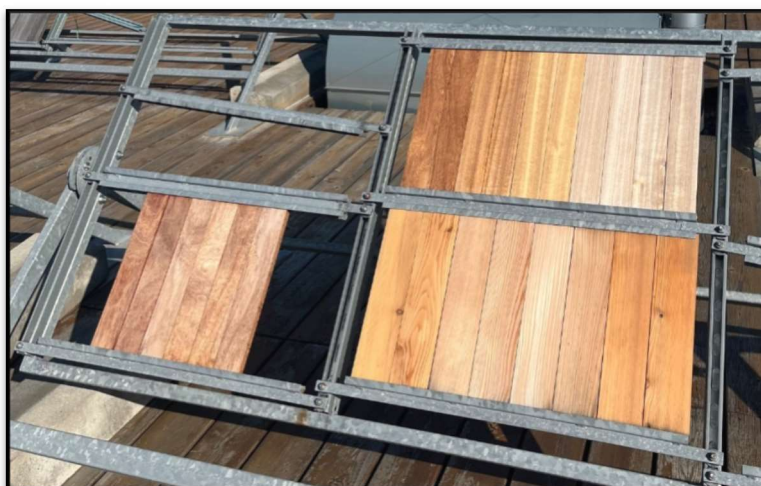
Obr. 20 Referenčné vzorky a vzorky upravené povrchovou úpravou (zdroj: vlastný)

5. 15.05.2023 bol vykonaný druhý nános náterovej hmoty štetcom a následne ostali vzorky klimatizované v laboratóriu do 30.05.2023.

6. 30.05.2023 prebehlo prvé meranie farebnosti pomocou spektrofotometru KONICA MINOLTA CM-700d, meranie zmeny lesku pomocou leskomeru INSIZE ISQ-DG6 a zmáčavosť pomocou analyzátoru tvaru kvapky DSA30. Farebnosť aj lesk sa meral na vopred vyznačených miestach. Na väčších vzorkách prebehlo meranie farebnosti 8 krát a meranie lesku 4 krát. Na menších vzorkách prebehlo meranie farebnosti 3 krát a meranie lesku taktiež 3 krát. Zmäčavosť, teda schopnosť dreva vsiaknuť vodu sa na väčších vzorkách merala 10 krát a na menších 5 krát. Meralo sa metódou „sessile drop“ na meranie kontaktného uhlu zmáčavosti vody. U lesku sa merala intenzita odrážaného žiarenia pri rôznej geometrii uhlu. Vzorky boli merané pod 60° , ktorý sa hodí pre väčšinu náterov. Na konci meraní boli vyhotovené skeny pomocou skeneru Epson a následne boli vzorky väčších rozmerov umiestnené na strechu drevárskeho pavilónu.

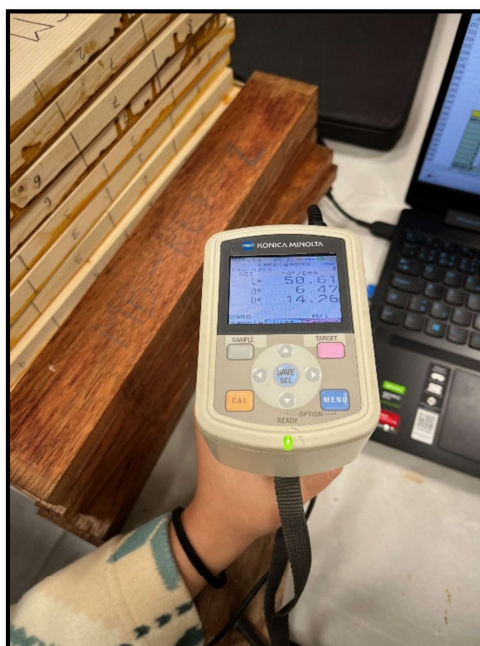
Tabuľka 1 Kategórie lesku podľa odrazivosti (zdroj: upravené podľa Malanekova, 2020)

Kategória	Názov	Odrazivosť [GU]
1	Mat	Odrazivosť < 10
2	Polomat	$10 < \text{Odrazivosť} < 35$
3	Pololesk	$35 < \text{Odrazivosť} < 60$
4	Lesk	$60 < \text{Odrazivosť} < 80$
5	Vysoký lesk	Odrazivosť > 80

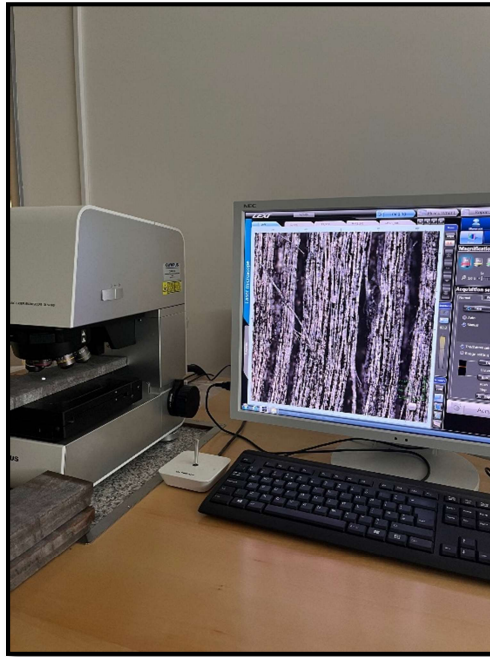


Obr. 21 Vystavené vzorky na streche drevárskeho pavilónu (zdroj: vlastný)

7. 05.09.2023 prebehlo druhé meranie farebnosti, lesku a zmáčavosti na vzorkách, ktoré boli vystavené v exteriéri. Taktiež boli vyhotovené mikroskopické snímky pomocou laserového mikroskopu Olympus a skeny pomocou skeneru Epson.



Obr. 22 Meranie farebnosti pomocou spektrofotometru (zdroj: vlastný)

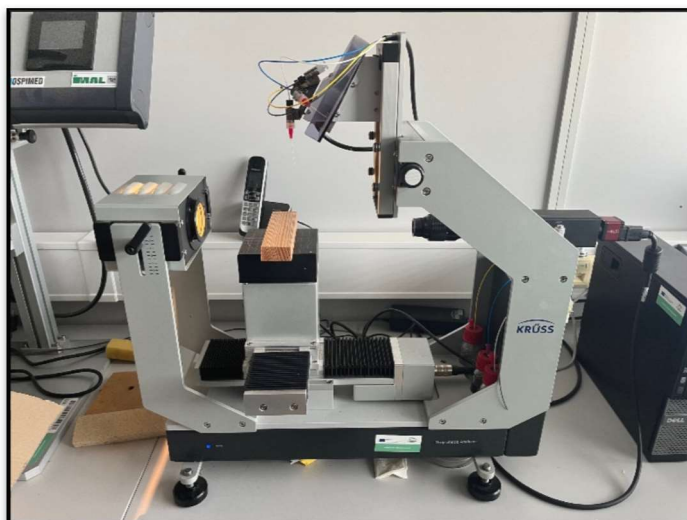


Obr. 23 Zhotovenie mikroskopických fotografií vzoriek pomocou laserového mikroskopu Olympus (zdroj: vlastný)

8. 23.11.2023 prebehlo tretie meranie lesku, farebnosti, zmáčavosti a vyhotovenie skenov vzoriek, ktoré boli vystavené v exteriéri. Pred každým meraním boli vzorky klimatizované minimálne 24 hodín aby preschli a aby neboli výsledky skreslené.

9. 15.12.2023 boli vzorky menších rozmerov vložené do xenónovej komory Q-SUN XE-3. Komora bola nastavená podľa príslušnej normy ČSN EN 927-6 a prebiehala v nej simulácia slnečného žiarenia a dažďa. Vzorky boli v komore po dobu 1,5 týždňa, čo simuluje približne 3 mesiace vystavenia vo vonkajšej expozícii.

10. 05.01.2024 prebehlo druhé meranie vzoriek menších rozmerov, ktoré boli po dobu 1,5 týždňa uložené v komore. Meral sa lesk, farebnosť a zmáčavosť.



Obr. 24 Meranie zmáčavosti vzoriek pomocou analyzátoru tvaru kvapky KRUSS (zdroj: vlastný)

11. Po druhom meraní boli vzorky uložené do komory, kde boli uložené po dobu 1,5 týždňa. 29.01.2024 prebehlo tretie meranie vzoriek menších rozmerov. Meral sa lesk, farebnosť, zmáčavosť a taktiež boli vyhotovené skeny vzoriek.



Obr. 25 Skenovanie vzoriek pomocou skeneru Epson (zdroj: vlastný)

12. Dokopy prebehlo 6 meraní a to 3 merania vzoriek ktoré boli uložené v exteriéri a 3 merania vzoriek, ktoré boli uložené v xenónovej komore. Pri každom meraní boli dáta z jednotlivých prístrojov ukladané do programu Microsoft Excel. Pri meraní zmeny farebnosti bola na základe nameraných hodnôt L^* a b^* vypočítaná farebná odchýlka

(ΔE^*) podľa vzorca $\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$. Následne boli dáta spracované v podobe grafov v programe Statistica a v podobe tabuliek v programe Microsoft Excel. Merania prebiehali od 30.05.2023 do 29.01.2024.

Tabuľka 2 Zoznam vzoriek smrekovca, cédru a merbau s priradenou náterovou hmotou

Druh dreviny	Označenie vzorky	Náterová hmota	Status vzorky
MD	MD - REF - 1,2	Referenčná vzorka	Exteriér
MD	MD - REF - 3,4	Referenčná vzorka	UV komora
MD	MD - 1 - 1,2	Tenkovrstvá lazúra	Exteriér
MD	MD - 1 - 3,4	Tenkovrstvá lazúra	UV komora
MD	MD - 2 - 1,2	Silnovrstvá lazúra	Exteriér
MD	MD - 2 - 3,4	Silnovrstvá lazúra	UV komora
MD	MD - 3 - 1,2	FN1Nano fotokatalytický náter	Exteriér
MD	MD - 3 - 3,4	FN1Nano fotokatalytický náter	UV komora
C	C - REF - 1,2	Referenčná vzorka	Exteriér
C	C - REF - 3,4	Referenčná vzorka	UV komora
C	C - 1 - 1,2	Tenkovrstvá lazúra	Exteriér
C	C - 1 - 3,4	Tenkovrstvá lazúra	UV komora
C	C - 2 - 1,2	Silnovrstvá lazúra	Exteriér
C	C - 2 - 3,4	Silnovrstvá lazúra	UV komora
C	C - 3 - 1,2	FN1Nano fotokatalytický náter	Exteriér
C	C - 3 - 3,4	FN1Nano fotokatalytický náter	UV komora
MB	MB - REF - 1,2	Referenčná vzorka	Exteriér
MB	MB - REF - 3,4	Referenčná vzorka	UV komora
MB	MB - 1 - 1,2	Tenkovrstvá lazúra	Exteriér
MB	MB - 1 - 3,4	Tenkovrstvá lazúra	UV komora
MB	MB - 2 - 1,2	Silnovrstvá lazúra	Exteriér
MB	MB - 2 - 3,4	Silnovrstvá lazúra	UV komora
MB	MB - 3 - 1,2	FN1Nano fotokatalytický náter	Exteriér
MB	MB - 3 - 3,4	FN1Nano fotokatalytický náter	UV komora

5. Výsledky

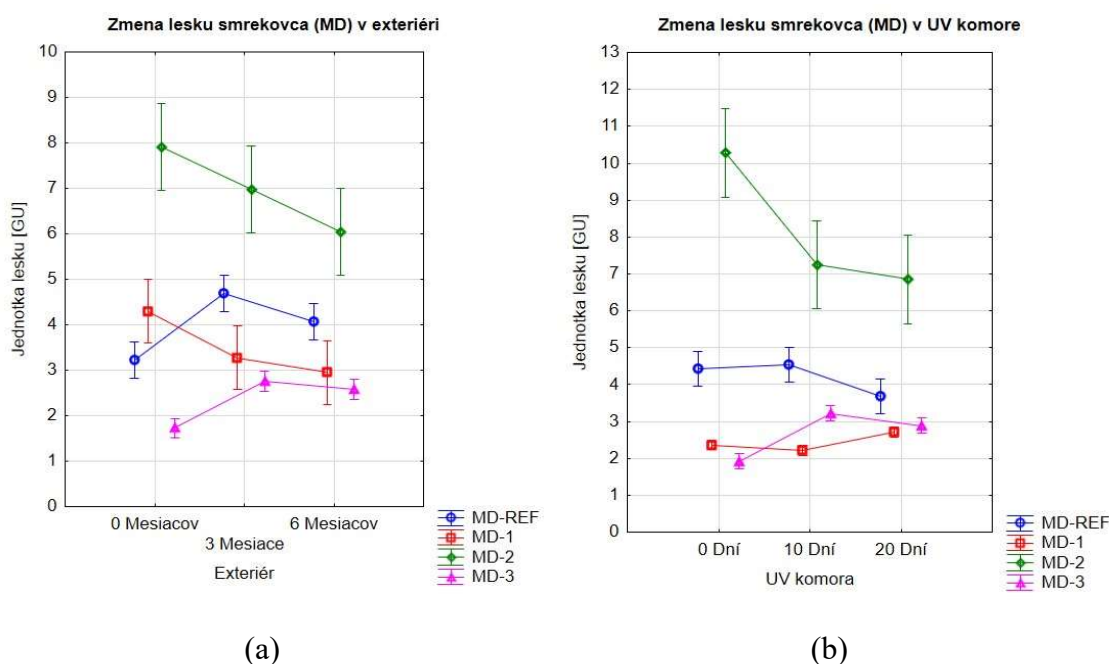
Nasledujúca časť diplomovej práce sa zaoberá prezentovaním výsledkov 6 mesačnej expozície vzoriek smrekovca opadavého (MD), španielskeho cédru (C) a merbau (MB) v exteriéri a 20 dňovej expozície vzoriek v UV komore. Popisuje rozdiely meraných vlastností medzi vzorkami upravenými tromi druhmi transparentných náterových hmôt. Text je rozdelený do 4 podkapitol v ktorých sú podrobne popísané tabuľky a grafy, ktoré znázorňujú zmeny jednotlivých meraných vlastností a obrázky laserovej mikroskopie.

5.1. Zmena lesku hodnotených drevín

Podkapitola sa zaoberá zmenou lesku jednotlivých drevín upravených transparentnými náterovými hmotami a referenčných vzoriek. Vyhodnocuje sa grafické zobrazenie rozdielu medzi prirodzeným a umelým starnutím jednotlivých drevín.

5.1.1. Smrekovec opadavý (MD)

Výsledky zmeny lesku referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine smrekovca opadavého sú znázornené v grafe 1 (a), (b).



Graf 1 Zmena lesku smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

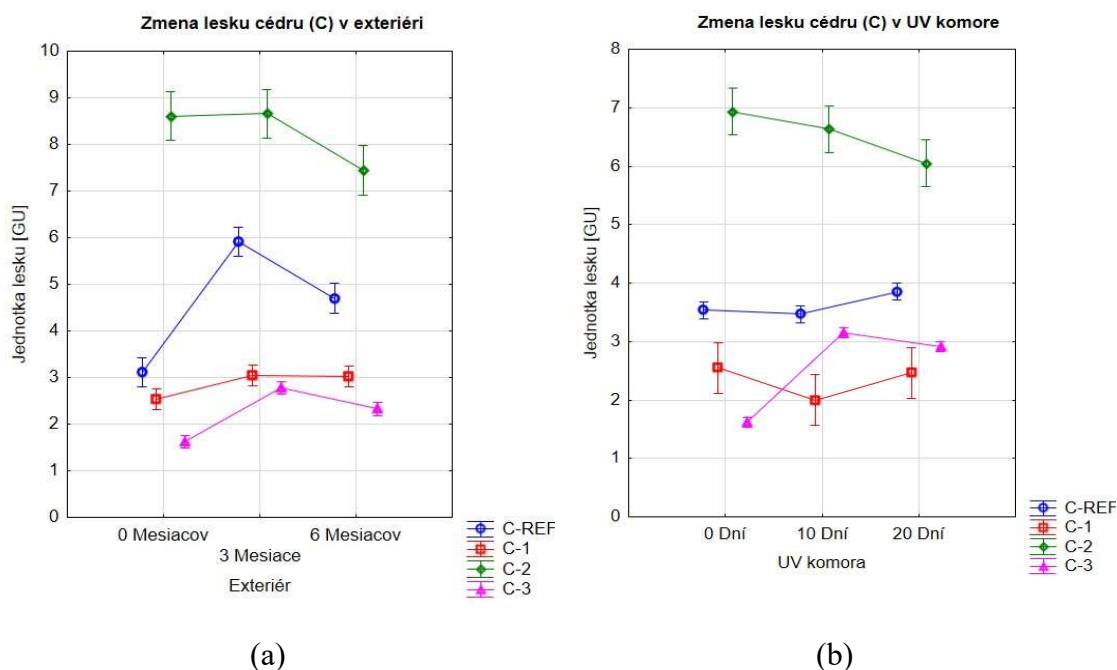
V grafe 1 (a) bola nameraná najvyššia počiatková hodnota lesku pri vzorke smrekovca (MD-2), ktorý bol upravený silnovrstvou lazúrov a to v priemere 8 GU. U vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov došlo taktiež k najvyššiemu poklesu zmeny

lesku a to v priemere o 2 GU. U referenčných vzoriek (MD-REF) a u vzoriek upravených fotokatalytickým náterom (MD-3) hodnota lesku pri druhom meraní narástla a pri poslednom meraní opäť klesla, avšak konečná hodnota u oboch náterov bola vyššia ako počiatočná v priemere o 1 GU. U vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov došlo k plynulému poklesu lesku, ktorý však neklesol radikálne, ale v priemere len o 1 GU.

Pri grafe 1 (b) došlo taktiež k najväčšiemu poklesu hodnoty lesku pri vzorkách smrekovca, ktoré boli upravené silnovrstvou lazúrov (MD-2). U referenčných vzoriek (MD-REF) sa hodnota lesku pri druhom meraní takmer nezmenila na rozdiel u referenčných vzoriek vystavených v exteriéri. Pri poslednom meraní hodnota mierne klesla a to v priemere o 1 GU. Vzorky upravené tenkovrstvou lazúrov (MD-1) sa správali v UV komore rozdielne ako pri vystavení v exteriéri. Pri druhom meraní hodnota lesku nevýrazne klesla a pri poslednom meraní hodnota mierne narástla oproti počiatočnému meraniu. Vzorky upravené fotokatalytickým náterom (MD-3) sa v UV komore správali rovnako, ako pri vystavení v exteriéri.

5.1.2. Španielsky céder (C)

Výsledky zmeny lesku referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine španielskeho cédru (C) sú znázornené v grafe 2 (a), (b).



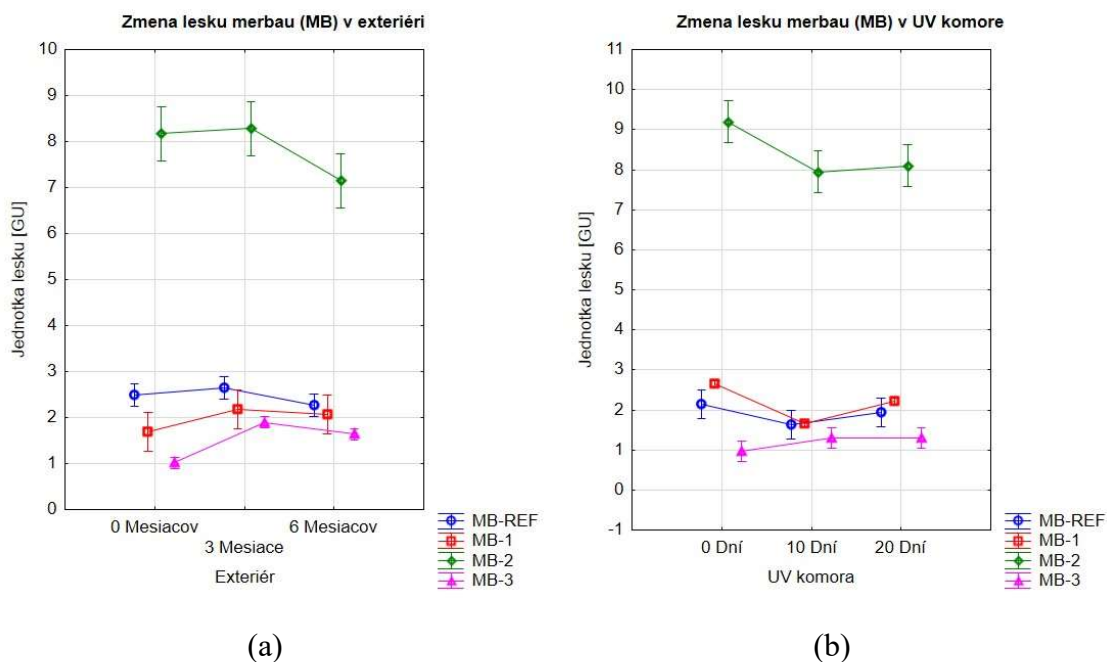
Graf 2 Zmena lesku španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

Pri grafe 2 (a) dosahovali najvyššiu počiatočnú hodnotu lesku vzorky cédru upravené silnovrstvou lazúrov (C-2), kde hodnoty následne mierne klesali a pri poslednom meraní bol nameraný pokles o 1 (GU). Najnižšia počiatočná hodnota bola nameraná u vzoriek s fotokatalytickým náterom (C-3). Lesk následne stúpol a pri poslednom meraní mierne klesol. Najväčší rozdiel lesku bol zaznamenaný u referenčných vzoriek (C-REF), kde z počiatočnej hodnoty lesk stúpol o 3 GU a následne klesol o 1,5 GU. U vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (C-1) nedošlo k výrazným zmenám lesku.

Vzorky upravené silnovrstvou lazúrov (C-2) a fotokatalytickým náterom (C-3) mali priebeh zmeny lesku v UV komore (graf 2 (b)) rovnaký, ako vzorky vystavené v exteriéri. Rozdielne zmeny boli pozorované u zmeny lesku referenčných vzoriek kde sa na rozdiel od vzoriek vystavených v exteriéri hodnoty skoro vôbec nezmenili. U vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (C-1) bol nameraný pokles hodnoty lesku pri druhom meraní, následne však hodnota lesku narástla a oproti počiatočnej hodnote nedošlo k výrazným zmenám.

5.1.3. Merbau (MB)

Výsledky zmeny lesku referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine merbau (MB) sú znázornené v grafe 3 (a), (b).



Graf 3 Zmena lesku merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu lesku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

V grafe 3 (a) dosahovali najvyššie hodnoty lesku rovnako ako u predošlých grafov vzorky merbau upravené silnovrstvou lazúrov (MB-2). U referenčných vzoriek (MB-REF), vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (MB-1) a fotokatalytickým náterom (MB-3) nedošlo k výrazným zmenám lesku a počiatočne hodnoty boli skoro totožné s poslednými nameranými hodnotami. U vzoriek upravených povrchovou úpravou došlo k najmenej výrazným zmenám pri vzorkách upravených tenkovrstvou lazúrov (MB-1).

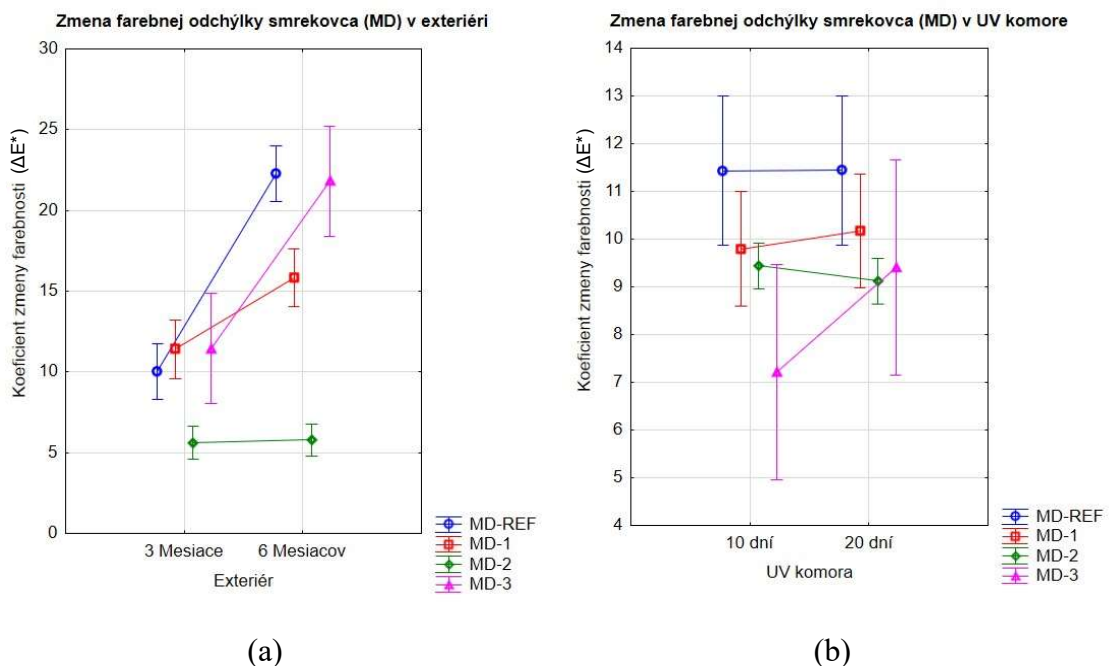
V grafe 3 (b) boli zaznamenané rozdielne zmeny pri meraní lesku po 10 dňoch u vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov (MB-2), tenkovrstvou lazúrov (MB-1) a u referenčných vzoriek (MB-REF), kde hodnoty lesku na rozdiel od vzoriek vystavených v exteriéri klesli, ale výsledné hodnoty boli totožné. Vzorky upravené fotokatalytickým náterom (MB-3) sa správali rovnako, ako vzorky vystavené v exteriéri, a teda zmeny boli minimálne.

5.2. Zmena farebnosti hodnotených drevín

Podkapitola sa zaoberá zmenou farebnosti jednotlivých drevín upravených transparentnými náterovými hodnotami a referenčných vzoriek. Vyhodnocuje sa grafické zobrazenie rozdielu medzi prirodzeným a umelým starnutím jednotlivých drevín a vizuálne zmeny.

5.2.1. Smrekovec opadavý (MD)

Výsledky zmeny farebnosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine smrekovca opadavého (MD) sú znázornené v grafe 4 (a), (b).























Graf 4 Zmena farebnosti smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

Pri zmene farebnosti smrekovca došlo v grafe 4 (a) k výraznejšej farebnej zmene (ΔE^*) u vzoriek s fotokatalytickým náterom (MD-3) a u referenčných vzoriek (MD-REF). Hodnoty u oboch vzoriek tendenčne narástli a fotokatalytický náter sa správal rovnako ako referenčné vzorky. U vzoriek s tenkovrstvou lazúrov (MD-1) došlo k miernemu nárastu a vzorky upravené silnovrstvou lazúrov (MD-2) sa farebne vôbec nezmenili.

















U vzoriek uložených v UV komore (b) došlo k najvýraznejším zmenám rovnako ako v exteriéri u vzoriek s fotokatalytickým náterom (MD-3). U referenčných vzoriek (MD-REF) na rozdiel od vzoriek v exteriéri nedošlo k žiadnej zmene a hodnoty (ΔE^*) ostali rovnaké. U silnovrstvej lazúry (MD-2) boli hodnoty (ΔE^*) vyššie ako pri vzorkách v exteriéri, avšak zmeny medzi meraniami boli opäť najmenšie.

Tabuľka 3 Skeny vzoriek smrekovca opadavého (MD) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri

Exteriér	0 mesiacov	3 mesiace	6 mesiacov
MD-REF-1			
MD-REF-2			
MD-1-1			
MD-1-2			
MD-2-1			
MD-2-2			
MD-3-1			
MD-3-2			

Tabuľka 2 zobrazuje vizuálne zmeny jednotlivých vzoriek smrekovca (MD) v exteriéri upravených rôznymi transparentnými náterovými systémami. Z vizuálneho hľadiska sa najlepšie správal transparentný náter silnovrstvou lazúrov a u vzoriek MD-2-1 a MD-2-2 nedošlo takmer k žiadnym vizuálnym zmenám. Najvýraznejšie zmeny boli pozorované u referenčných vzoriek (MD-REF-1, MD-REF-2) a vzoriek upravených fotokatalytickým náterom (MD-3-1, MD-3-2) kde farba dreva zošedla vplyvom usadzovania nečistôt do povrchu dreva a rastom plesní. U vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (MD-1-1, MD-1-2) farba mierne stmavla.

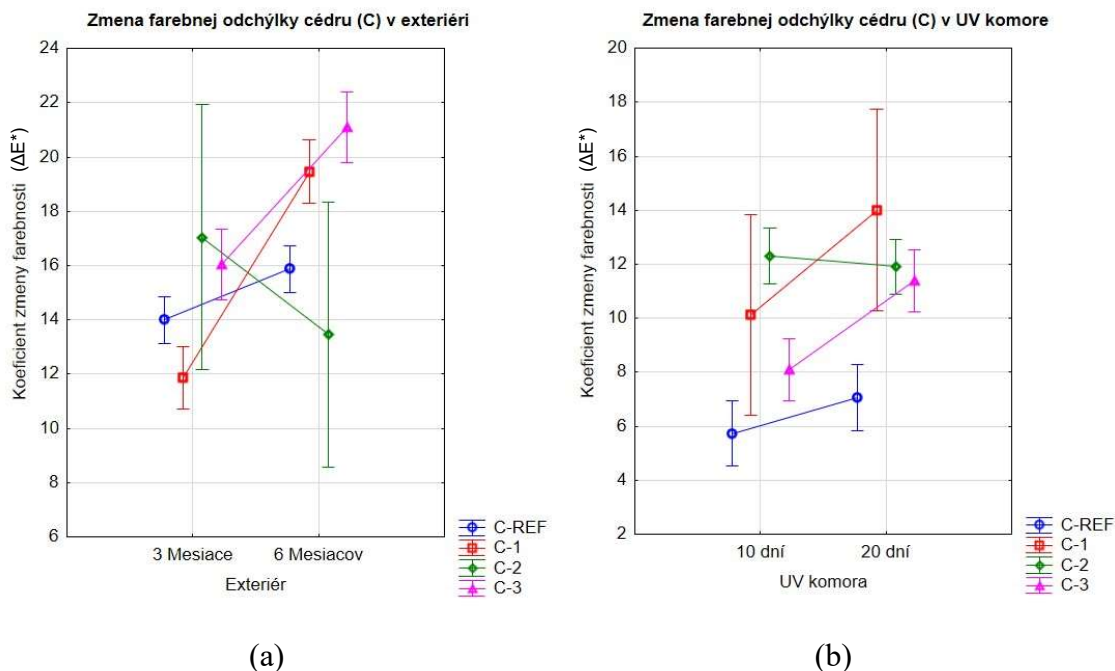
Tabuľka 4 Skeny vzoriek smrekovca opadavého (MD) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore

UV komora	0 dní	20 dní
MD-REF-3		
MD-REF-4		
MD-1-3		
MD-1-4		
MD-2-3		
MD-2-4		
MD-3-3		
MD-3-4		

Tabuľka 3 zobrazuje vizuálne zmeny jednotlivých vzoriek smrekovca (MD) v UV komore upravených rôznymi transparentnými náterovými systémami. Najmenšie vizuálne zmeny boli pozorované u referenčných vzoriek (MD-REF-1, MD-REF-2) a u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (MD-1-1, MD-1-2) a fotokatalytickým náterom (MD-3-1, MD-3-2), kde na rozdiel od vzoriek vystavených v exteriéri farba dreva nezosedla, ale ostala skoro rovnaká, čo môže byť spôsobené tým, že v UV komore pri imitácii dažďu pôsobí na vzorky destilovaná voda. Pri silnovrstvej lazúre (MD-2-1 a MD-2-2) došlo k miernemu stmavnutiu farby vzoriek .

5.2.2. Španielsky céder (C)

Výsledky zmeny farebnosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine španielskeho cédru (C) sú znázornené na grafe 5 (a), (b).



























Graf 5 Zmena farebnosti španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

Graf 5 (a) poukazuje na farebné zmeny cédru (C) v exteriéri. U vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov (C-2-1, C-2-2) bol spozorovaný pokles hodnoty koeficientu (ΔE^*) ako u jediných. U referenčných vzoriek (C-REF-1, C-REF-2), vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (C-1-1, C-1-2) a fotokatalytickým náterom (C-3-1, C-3-2) hodnoty (ΔE^*) stúpali.

















V grafe (b) bolo viditeľné, že všetky náterové systémy sa správali v UV komore rovnako, ako vzorky vystavené v exteriéri, a teda hodnoty (ΔE^*) postupom času stúpali a u vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov (C-2-1, C-2-2) klesli, ale nie tak rapídne ako u vzoriek vystavených v exteriéri.

Tabuľka 5 Skeny vzoriek španielskeho cédro (C) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri

Exteriér	0 mesiacov	3 mesiace	6 mesiacov
C-REF-1			
C-REF-2			
C-1-1			
C-1-2			
C-2-1			
C-2-2			
C-3-1			
C-3-2			

Tabuľka 4 zobrazuje vizuálne zmeny jednotlivých vzoriek cédro (C) v exteriéri upravených rôznymi transparentnými náterovými systémami. U referenčných vzoriek (C-REF-1, C-REF-2) a u vzoriek s fotokatalytickým náterom (C-3-1, C-3-2) farba dreva postupom času mierne zošedla opäť vplyvom usadzovania nečistôt na povrchu dreva. Naopak u vzoriek upravených silnovrstvou (C-2-1, C-2-2) a tenkovrstvou (C-1-1, C-1-2) lazúrov počiatočná tmavšia farba vzoriek mierne vybledla. Zosvetlenie vzoriek môžeme pripísať deštrukcii lignínu a jeho následnému vyplaveniu z dreva pôsobením zrážkovej vody.

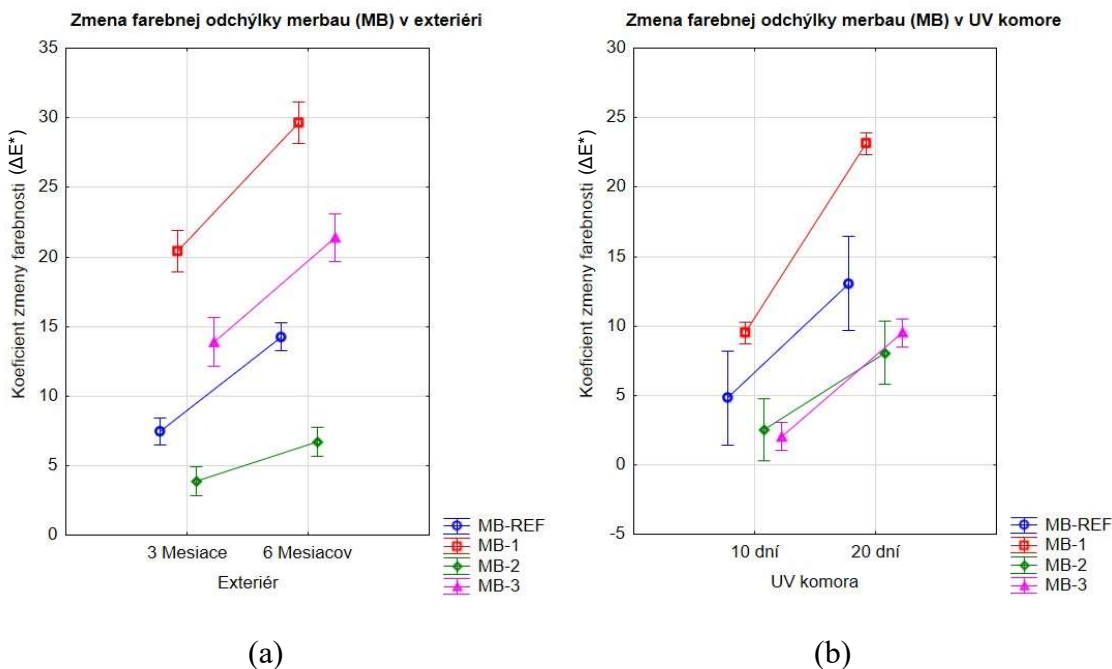
Tabuľka 6 Skeny vzoriek španielskeho cédro (C) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore

UV komora	0 dní	20 dní
C-REF-3		
C-REF-4		
C-1-3		
C-1-4		
C-2-3		
C-2-4		
C-3-3		
C-3-4		

V tabuľke 5 boli vizuálne zmeny u dreva cédro minimálne. Po vizuálnej stránke došlo k najvýraznejšej zmene u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov (C-1-1, C-1-2), kde bola počiatočná farba dreva tmavšia a po 20 dňoch vybledla rovnako ako u tendenčných vzoriek v exteriéri. Pri ostatných náterových systémoch boli vizuálne zmeny minimálne. Pri vzorkách v UV komore opäť nedošlo k výraznejšiemu zošednutiu ako pri predošlých vzorkách v exteriéri, čo bolo spôsobené sterilným prostredím v UV komore, tým pádom sa povrch vzoriek nezanášal prachom a inými nečistotami.

5.2.3. Merbau (MB)

























Výsledky zmeny farebnosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine merbau (MB) sú znázornené na grafe 6 (a), (b).



Graf 6 Zmena farebnosti merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú farebnú odchýlku: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

















V grafe 6 (a) aj (b) bolo viditeľné, že hodnoty koeficientu (ΔE^*) u všetkých náterových systémov a referenčných vzoriek mali tendenciu stúpania. Rozdiely boli viditeľné v počiatočných hodnotách, ktoré boli u vzoriek uložených v exteriéri vyššie ako u vzoriek v UV komore. V exteriéri aj v UV komore došlo k najmenším zmenám pri vzorkách upravených silnovrstvou lazúrov (MB-2-1, MB-2-2) kde došlo k miernemu nárastu koeficientu zmeny farebnosti. K najvýraznejším zmenám došlo v oboch prípadoch pri vzorkách upravených tenkovrstvou lazúrov (MB-1-1, MB-1-2), kde hodnoty značne stúpili.

Tabuľka 7 Skeny vzoriek merbau (MB) zobrazujúce zmenu farebnosti v exteriéri

Exteriér	0 mesiacov	3 mesiace	6 mesiacov
MB-REF-1			
MB-REF-2			
MB-1-1			
MB-1-2			
MB-2-1			
MB-2-2			
MB-3-1			
MB-3-2			

Pri vzorkách dreva merbau vystavených v exteriéri (tabuľka 6) dochádzalo najviac k postupnému zošednutiu vzoriek a to konkrétne pri referenčných vzorkách (MB-REF-1, MB-REF-2), vzorkách upravených tenkovrstvou lazúrov (MB-1-1, MB-1-2) a fotokatalytickým náterom (MB-3-1, MB-3-2). U vzoriek s tenkovrstvou lazúrov je vidieť najvýraznejší rozdiel medzi počiatočným a finálnym odtieňom vzoriek, čo môže byť nežiadúcou zmenou pri transparentných náterových hmotách. Vzorky upravené silnovrstvou lazúrov (MB-2-1, MB-2-2) vykazovali najlepšie vizuálne výsledky a farba vzoriek sa takmer nezmenila.

Tabuľka 8 Skeny vzoriek merbau (MB) zobrazujúce zmenu farebnosti v UV komore

UV komora	0 dní	20 dní
MB-REF-3		
MB-REF-4		
MB-1-3		
MB-1-4		
MB-2-3		
MB-2-4		
MB-3-3		
MB-3-4		

V tabuľke 7 sme zaznamenali minimálne vizuálne zmeny v prípade dreva merbau. Avšak, najvýraznejšie vizuálne zmeny sme pozorovali u vzoriek, ktoré boli ošetrované tenkovrstvou lazúrov (MB-1-1, MB-1-2). Počiatočná farba dreva bola tmavšia a po 20 dňoch sa zosvetlila, podobne ako u vzoriek, ktoré boli vystavené vonkajším podmienkam je tento jav nežiadúci. U ostatných vzoriek neboli pozorované žiadne výrazné vizuálne zmeny.

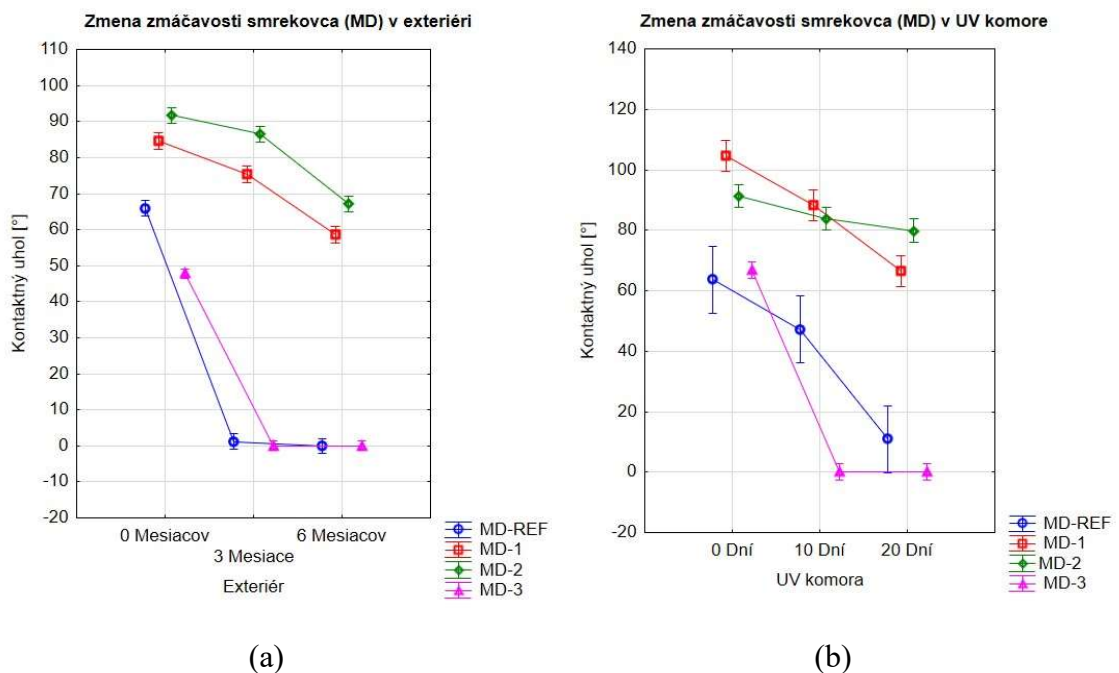
Na koniec podkapitoly môžeme skonštatovať, že silnovrstvá lazúra vykazovala najmenšie zmeny koeficientu zmeny farebnosti ΔE^* či už v grafickej, alebo vizuálnej podobe výsledkov pri všetkých typoch drevín. K najvyšším zmenám dochádzalo pri vzorkách upravených fotokatalytickým náterom. Z vizuálneho hľadiska je viditeľné, že už po 3 mesiacoch expozície v exteriéri a 10 dňoch v UV komore nebol náter na vzorkách prítomný, a vzorky vyzerali rovnako ako referenčné vzorky.

5.3. Zmena zmáčavosti hodnotených drevín

Podkapitola sa zaoberá zmenou zmáčavosti, teda zmenou priepustnosti vody jednotlivých drevín upravených transparentnými náterovými hodnotami a referenčných vzoriek. Vyhodnocuje sa grafické zobrazenie rozdielu medzi prirodzeným a umelým starnutím jednotlivých drevín.

5.3.1. Smrekovec opadavý (MD)

Výsledky zmeny zmáčavosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine smrekovca opadavého (MD) sú znázornené na grafe 7 (a), (b).



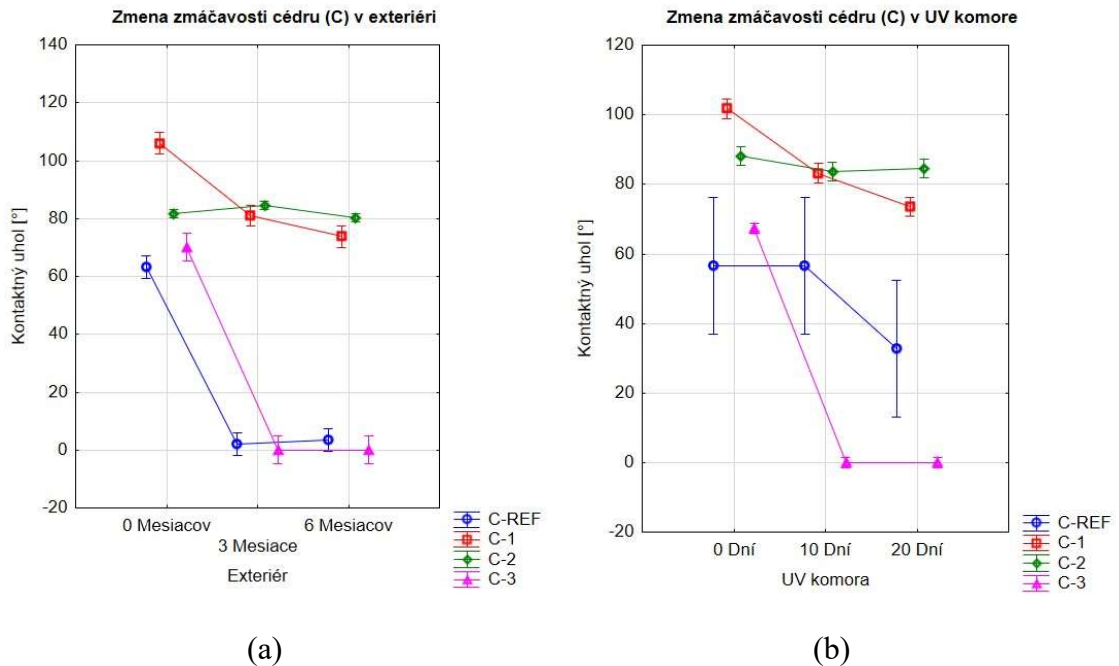
Graf 7 Zmena zmáčavosti smrekovca opadavého (MD) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

Graf 7 (a) aj (b) poukazuje na to, že referenčné vzorky dreva smrekovca (MD-REF) nie sú odolné voči vsakovaniu vody. V grafe (a) je viditeľné, že kontaktný uhol už pri druhom meraní dosahoval nulovú hodnotu, aj keď v grafe (b) je viditeľné, že pri referenčných vzorkách v UV komore dosahoval pri 2 meraní uhol okolo 50°, pri poslednom meraní bola táto hodnota opäť nulová a kvapka sa do dreva úplne vpila. Pri vzorkách upravených fotokatalytickým náterom (MD-3) dosahovali v prípade grafu (a) aj (b) nulové hodnoty už pri druhom meraní, a teda náter nie je voči vode vôbec odolný a správa sa ako referenčné vzorky. U vzoriek upravených silnovrstvou (MD-2) a tenkovrstvou (MD-1) lazúrov neboli pozorované výrazné zmeny a hodnota sa

v priebehu meraní znížila približne o 20°, a teda môžeme skonštatovať, že nátery na drevo smrekovca dobre odolávajú voči priepustnosti vody.

5.3.2. Španielsky céder (C)

Výsledky zmeny zmáčavosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine španielskeho cédru (C) sú znázornené na grafe 8 (a), (b).

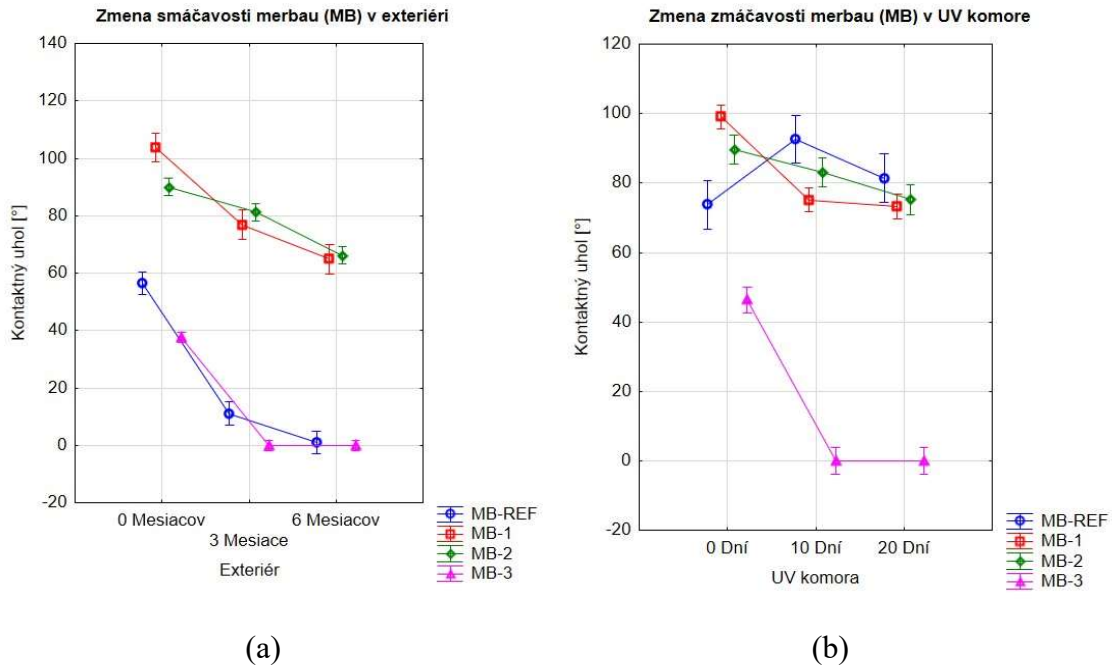


Graf 8 Zmena zmáčavosti španielskeho cédru (C) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

V grafe 8 je viditeľné, že nátery na drevo céder (C) sa správajú podobne, ako pri drevine smrekovca (MD) až na výnimku u referenčných vzoriek (C-REF). Pri vzorkách upravených tenkovrstvou (C-1) a silnovrstvou (C-2) lazúrov nedošlo k výrazným zmenám a to najmä pri silnovrstvej lazúre. Opäť sa ukázalo, že nátery disponujú dobrou stabilitou. Referenčné vzorky (C-REF) a vzorky upravené fotokatalytickým náterom (C-3) v prípade vystavenia v exteriéri (a) vykazujú nulovú odolnosť voči priepustnosti vody už pri druhom meraní. Zaujímavosťou je, že referenčné vzorky pri vystavení v UV komore dosahujú výsledný kontaktný uhol približne 35°, aj keď u vzoriek v exteriéri bola táto hodnota nulová.

5.3.3. Merbau (MB)

Výsledky zmeny zmáčavosti referenčnej vzorky a zvolených náterových systémov na drevine merbau (MB) sú znázornené na grafe 7 (a), (b).



Graf 9 Zmena zmáčavosti merbau (MB) v exteriéri a UV komore. Grafy zobrazujú zmenu zmáčavosti: (a) v exteriéri; (b) v UV komore.

V grafe 9 (a) aj (b) môžeme vidieť výrazné zmeny hlavne medzi referenčnými vzorkami (MB-REF) dreva merbau. Pri vystavení vzoriek v exteriéri (a) dosahoval výsledný uhol nulovú hodnotu. Zaujímavosťou je, že pri referenčných vzorkách uložených v UV komore (b), kontaktný uhol pri druhom meraní narástol oproti pôvodnej hodnote približne o 20°. Následne výsledná hodnota klesla, ale bola stále vyššia ako počiatočná hodnota. Tak ako aj pri ostatných drevinách aj meranie zmáčavosti na dreve merbau (MB) potvrdilo, že fotokatalytický náter (MB-3) nie je vôbec odolný voči priepustnosti vody, či už pri vystavení v exteriéri, alebo v UV komore. Tenkovrstvá (MB-1) aj silnovrstvá lazúra (MB-2) sa v prípade merbau správa rovnako ako pri ostatných hodnotených drevinách aj v exteriéri a v UV komore a hodnoty kontaktného uhlu len mierne klesli.

Na konci podkapitoly môžeme zhodnotiť, že najhoršie výsledky boli viditeľné pri referenčných vzorkách a vzorkách upravených fotokatalytickým náterom, ktorý sa ukázal ako neúčinný a vodu prepúšťal rovnako ako referenčné vzorky bez povrchovej úpravy. Najlepšiu odolnosť vykazovali vzorky upravené silnovrstvou lazúrou, kde sa kontaktný

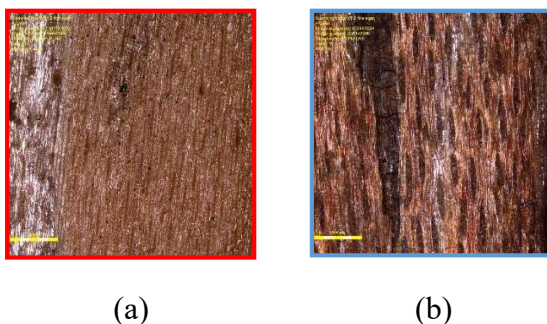
uhol menil v priebehu meraní len o pár stupňov. Náter pri výsledných meraniach plnil svoju funkciu a neprepúšťal vodu do povrchu dreveniny.

5.4. Mikroskopické zmeny

Podkapitola sa zaoberá mikroskopickými zmenami jednotlivých drevenín upravených transparentnými náterovými hodnotami. Vyhodnocujú sa fotografie zhotovené na laserovom mikroskope, ktoré poukazujú na najväčšie a najmenšie zmeny u jednotlivých náterových hmôt, vrátane referenčných vzoriek.

5.4.1. Referenčné vzorky

Najväčšie a najmenšie zmeny v mikroskopickej štruktúre povrchu referenčných vzoriek znázorňuje obr. 26 (a), (b).

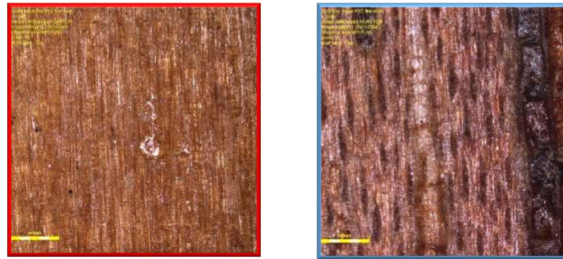


Obr. 26 Mikroskopické zmeny u referenčných vzoriek vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (MD-REF-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-REF-2)

Na obrázku 26 môžeme vidieť najväčšie zmeny (a) a najmenšie zmeny (b) u referenčných vzoriek vystavených v exteriéri v podobe mikroskopických snímok z laserového mikroskopu Olympus, ktoré boli vyhotovené v 5 násobnom zväčšení. Zo všetkých referenčných vzoriek vykazovala najväčšie zmeny vzorka smrekovca (MD-REF-2), kde môžeme vidieť napadnutie povrchu dreva plesňou už po 3 mesačnej expozícii v exteriéri. Najmenšie zmeny boli pozorované pri dreve merbau (b) (MB-REF-2), kde nenastali takmer žiadne viditeľné mikroskopické zmeny.

5.4.2. Tenkovrstvá lazúra

Najväčšie a najmenšie zmeny v mikroskopickej štruktúre povrchu vzoriek, ktoré boli upravené tenkovrstvou lazúrov znázorňuje obr. 27 (a), (b).



(a)

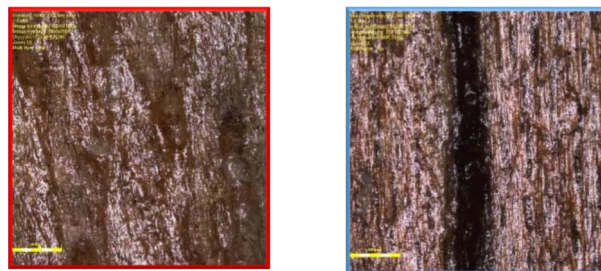
(b)

Obr. 27 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (MD-1-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-1-1)

U tenkovrstvej lazúry boli pozorované opäť najväčšie zmeny pri vzorke smrekovca (MD-1-2), kde bol povrch dreva mierne napadnutý plesňou. Najmenšie zmeny boli opäť na vzorke dreva merbau (MB-1-1), ktoré je samo o sebe odolnejšie ako drevo smrekovca.

5.4.3. Silnovrstvá lazúra

Najväčšie a najmenšie zmeny v mikroskopickej štruktúre povrchu vzoriek, ktoré boli upravené silnovrstvou lazúrov znázorňuje obr. 28 (a), (b).



(a)

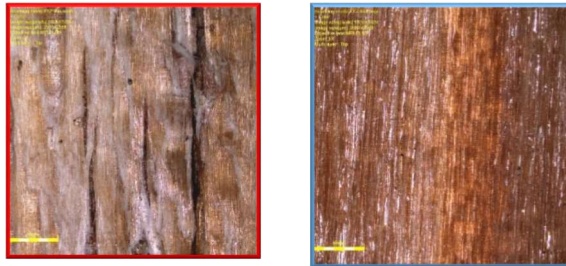
(b)

Obr. 28 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (C-2-2), (b) najmenšiu zmenu (MB-2-1)

Silnovrstvá lazúra vykazuje najlepšie výsledky, ktoré sa týkajú mikroskopického hodnotenia. Veľmi mierne napadnutie povrchu plesňou bolo pozorované jedine u vzorky cédro (C-2-2). Bez napadnutia bola opäť vzorka merbau (MB-2-1).

5.4.4. Fotokatalytický náter

Najväčšie a najmenšie zmeny v mikroskopickej štruktúre povrchu vzoriek, ktoré boli upravené fotokatalytickým náterom znázorňuje obr. 29 (a), (b).



(a)

(b)

Obr. 29 Obr. 27 Mikroskopické zmeny u vzoriek upravených tenkovrstvou lazúrov vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov. Obrázky zobrazujú: (a) najväčšiu zmenu (C-3-2), (b) najmenšiu zmenu (MD-3-2)

Pri vzorkách upravených fotokatalytickým náterom bolo náchylnejšie drevo cédro (C-3-2), kde bolo pozorované mierne napadnutie plesňou v podobe čiernych bodiek na povrchu dreva. Vzorky dreviny smrekovca (MD-3-2) vykazovali povrch bez napadnutia. Na záver môžeme zhodnotiť, že drevo merbau bolo najmenej náchylné na napadnutie plesňou.

6. Diskusia

Nasledujúca kapitola zhodnotí výsledky vykonaných laboratórnych postupov. Následne dôjde k ich porovnaniu s výsledkami, ktoré boli zistené v odborných článkoch a prácach s obdobným zameraním. Práca zahrňuje porovnanie rôznych transparentných náterových systémov na 3 druhoch drevín, ktorými sú smrekovec (MD), céder (C) a merbau (MB).

Lesk: Pri meraní lesku sa brali do úvahy namerané hodnoty pod 60° uhlom, ktorý je smerodajný pre väčšinu náterových systémov. Vzorky určené do exteriéru boli merané 4 krát a vzorky určené do UV komory 3 krát v smere naprieč vláknami. Z nameraných hodnôt lesku jednotlivých drevín sa ukázalo, že najväčším zmenám podliehali vzorky upravené silnovrstvou lazúrov aj keď boli zmeny minimálne. Najväčší rozdiel bol nameraný u dreviny smrekovca (MD) kde sa jednotka lesku z počiatočnej priemernej hodnoty 8 GU znížila o 2 a teda na 6GU, pričom podľa tabuľky 1 sa obe tieto hodnoty zaraďujú k matným náterom a kategória náterovej hmoty ostala po expozícii nezmenená. K najmenším zmenám došlo pri vzorkách dreva merbau (MB) upravených fotokatalytickým náterom, ktoré podliehali umelému starnutiu v UV komore. Pri týchto vzorkách došlo k poklesu približne o 0,5 GU, čo nevykazuje žiadnu viditeľnú zmenu. Tento jav môžeme pripísať vlastnostiam fotokatalytického náteru, ktorý pri aplikácii na drevo nevytvorí na povrchu súvislú vrstvu, ale vpije sa dovnútra dreva ako potvrdzuje Pánek a kol. (2020). Tento jav sa potvrdil u všetkých druhov dreva a rozdiely v lesku medzi počiatočnou a výslednou hodnotou boli u fotokatalytického náteru zanedbateľné. Pri vyhodnocovaní lesku neboli spozorované u jednotlivých drevín s jednotlivými náterovými systémami žiadne výrazné zmeny v nameraných hodnotách medzi prirodzeným a umelým starnutím.

Farebné zmeny: Čo sa týka zmeny koeficientu farebnosti k najmenším zmenám došlo u vzoriek upravených silnovrstvou lazúrov. Pri vzorkách smrekovca (MD) bolo viditeľné, že vzorky si držali svoju farebnú stálosť a hodnoty sa nemenili. Tento jav môžeme potvrdiť aj na základe vizuálnych zmien, kde u vzoriek boli zmeny minimálne. Z tabuľky 3 je zrejmé, že silnovrstvá lazúra chránila drevo najlepšie voči poveternostným podmienkam a UV žiareniu a pri vzorke MD-2-1 nebol spozorovaný skoro žiadny vizuálny rozdiel.

Najväčšie zmeny koeficientu boli spozorované pri fotokatalytickom nátere, kde u všetkých drevín dochádzalo k nárastu koeficientu zmeny farebnosti (ΔE^*). Tieto zmeny

boli potvrdené najmä pri vizuálnom hodnotení vzoriek. Bolo viditeľné, že náter sa spával rovnako ako referenčné vzorky a došlo k zošednutiu. Tento jav je najviac viditeľný u vzoriek, ktoré podliehali prirodzenému starnutiu. Zošednutie vzoriek môžeme pripísať vplyvu usadzovania nečistôt na povrch dreva ako potvrdila Oberhofnerová (2018).

U vzoriek dreva cédru (C) došlo najmä k zosvetleniu vzoriek pri každom druhu náteru. Tento jav môžeme pripísať deštrukcii lignínu a jeho následnému vyplaveniu z dreva pôsobením zrážkovej vody ako potvrdila Oberhofnerová (2018).

Čo sa týka rozdielov medzi prirodzeným a umelým starnutím, tak tie boli pozorovateľné hlavne z vizuálneho hľadiska. Pri prirodzenom starnutí dochádzalo u referenčných vzoriek a u vzoriek upravených fotokatalytickým náterom hlavne k zošednutiu. U vzoriek podliehajúcich umelému starnutiu nebol tento jav spozorovaný, naopak vzorky nezošedli ale zbledli, čo môžeme pripísať sterilnému prostrediu v UV komore, kde sa vzorky nezanášali prachom a dážď imitovala destilovaná voda.

Zmäčavosť: Pri zmene zmáčavosti by som spomenula hlavne fotokatalytický náter, ktorý pri meraniach kontaktného uhlu po 6 mesiacoch dosahoval hodnotu 0 pri prirodzenom aj umelom starnutí a nebol vôbec odolný voči prepúšťaniu vody u žiadnej z testovaných drevín. Podobne sa správali aj referenčné vzorky všetkých druhov skúmaných drevín aj keď je zaujímavosťou, že pri referenčnej vzorke dreva merbau (MB) sa pri prirodzenom starnutí dostala hodnota kontaktného uhlu na 0°, ale pri umelom starnutí hodnota kontaktného uhlu stúpila voči počiatočnej hodnote v priemere o 10° na 80°. Konečná hodnota tejto referenčnej vzorky bola dokonca vyššia, ako u vzoriek upravených náterovými systémami. K najmenším zmenám došlo pri vzorkách upravených silnovrstvou lazúrov, kde boli zmeny zanedbateľné a upravený povrch vykazoval najlepšiu ochranu dreva voči priepustnosti vody.

Mikroskopické zmeny: Pri mikroskopických zmenách môžeme zhodnotiť, že pri vzorkách vystavených v exteriéri po dobu 3 mesiacov bolo drevo smrekovca (MD) a cédru (C) najviac náchylné na napadnutie plesňou, aj keď množstvo zhlukov plesní nebolo rapídne. Môžeme predpokladať, že po dlhšej expozícii by bol povrch týchto drevín napadnutý oveľa viac, avšak túto skutočnosť nemožno potvrdiť, pretože meranie nebolo uskutočnené z dôvodu nefunkčnosti mikroskopu. Z mikroskopických snímok môžeme zhodnotiť, že najvyššiu odolnosť povrchu voči plesniam vykazuje drevo merbau (MB), čo potvrdzuje Oh a kol. (2023), ktorí uvádzajú, že drevo merbau je odolnejšie voči napadnutiu hubami a hmyzu ako dreviny z našich zemepisných šírok vďaka prítomnosti

rôznych extraktívnych látok v dreve a podmienkam zemepisných šírok v ktorých drevina rastie.

7. Záver

Existuje mnoho faktorov, ktoré ovplyvňujú proces starnutia dreva, vrátane klimatických podmienok, typu expozície a špecifických vlastností dreva, ako je napríklad jeho hustota, alebo obsah lignínu a extraktívnych látok. Všeobecne platí, že drevo, ktoré je vystavené priamemu pôsobeniu poveternosti, sa s časom mení a stráca svoje pôvodné vlastnosti. Degradácia spôsobená poveternosťou sa zvyčajne týka len povrchovej vrstvy dreva. Pri hodnotení zmien týchto vlastností, ako je farba, lesk alebo zmáčavosť povrchu, sa ukázalo, že typ náteru má štatisticky významný vplyv na testované premenné.

Cieľom diplomovej práce bolo analyzovať vhodnosť zvolených transparentných náterových systémov na použitie do exteriéru a vybrať najvhodnejší náter. Nátery boli testované na troch druhoch drevín a to na smrekovci (MD), cédri (C) a merbau (MB). Porovnávali sa hodnoty zmeny lesku, farebnosti a zmáčavosti medzi prirodzeným a umelým starnutím. Vzorky boli v exteriéri po dobu 6 mesiacov a v UV komore po dobu 20 dní, ktoré simulujú 6 mesiacov expozície v exteriéri. Hodnotili sa aj mikroskopické a vizuálne vlastnosti. Všetky namerané dáta boli zaznamenávané do programu Microsoft Excel a následne spracované do grafickej podoby v programe Statistica. Dáta boli spracované vo forme tabuliek alebo snímok.

Väčšina vzoriek sa zhodovala vo výsledkoch z merania s vizuálnou podobou, čo umožnilo lepšie určiť najodolnejší a najnevhodnejší náter.

Potvrdilo sa, že je nevyhnutné aplikovať nátery na drevo, aby sa zabezpečila jeho dlhodobá životnosť, pretože prirodzená odolnosť dreva voči vonkajším vplyvom nie je postačujúca. Exotické dreviny sú síce odolnejšie voči poveternostným vplyvom oproti drevinám rastúcim v našich zemepisných šírkach, avšak aj tieto dreviny je potrebné chrániť nátermi.

Výsledky potvrdili, že fotokatalytický náter sa ani u jednej z použitých drevín nejaví ako vhodná voľba najmä z hľadiska priepustnosti vody. Z testovaných náterov môžeme zhodnotiť ako najlepšiu voľbu silnovrstvú lazúru od značky Lignofix, ktorá pri všetkých vykonaných testoch vykazovala najmenšie zmeny. Z testov vyplýva, že najvhodnejšou voľbou na konštrukčné účely terás je silnovrstvá lazúra v kombinácii s drevom merbau (MB). Drevo merbau (MB) sa v poveternostných testoch ukázalo ako najodolnejšie voči poveternostným podmienkam a to najmä voči priepustnosti vody.

Určite je však potreba naďalej prevádzať čo najviac testov a meraní, aby sme mohli nátery na konkrétnych drevinách vhodne zhodnotiť.

8. Summary

There are many factors that affect the aging process of wood, including climatic conditions, type of exposure and specific properties of the wood, such as its density, or the content of lignin and extractive substances. In general, wood that is exposed to direct weather changes over time loses its original properties. Degradation caused by weather usually affects only the surface layer of wood. When evaluating changes in these properties, such as color, gloss or wettability of the surface, it was shown that the type of coating has a statistically significant effect on the tested variables.

The aim of the thesis was to analyze the suitability of selected transparent coating systems for exterior use and to select the most suitable coating. The coatings were tested on three types of wood, namely larch (MD), cedar (C) and merbau (MB). The values of the change in gloss, color and wettability between natural and artificial aging were compared. The samples were outdoors for 6 months and in a UV chamber for 20 days which simulated 6 months of outdoor exposure. Microscopic and visual properties were also evaluated. All measured data were recorded in the Microsoft Excel program and then processed into a graphic form and in the form of tables or images.

Most of the samples matched the measurement results with the visual appearance, which made it possible to better determine the most resistant and the most unsuitable coating.

It has been confirmed that it is necessary to apply coatings to wood in order to ensure its long-term life, because the natural resistance of wood to external influences is not sufficient. Although exotic woods which are more resistant to weather effects compared to woods growing in our latitudes, these woods also need to be protected with coatings.

The results confirmed that the photocatalytic coating does not appear to be a suitable choice for any of the woods used, especially in terms of water permeability. Of the tested coatings, we can evaluate the Lignofix thick-layer stain as the best choice, which showed the smallest changes in all the tests performed. The tests show that the most suitable choice for the construction purposes of terraces is a thick-layer stain in combination with merbau (MB) wood. In weather tests, merbau wood (MB) proved to be the most resistant to weather conditions, especially water permeability. However, there is

definitely a need to continue to carry out as many tests and measurements as possible, so that we can appropriately evaluate the coatings on specific wood species.

9. Zoznam použitej literatúry

9.1. Odborné články

1. ANWAR, UMK; TUMIRAH, K a NURAIN FATIHAH, A. Timber technology bulletin - Wood Coatings. Online. 2018, č. 79. Malaysia: Forest Research Institute Malaysia, 2018. ISSN 139-258. Dostupné z: <https://info.frim.gov.my/infocenter/booksonline/ttb/TTB79.pdf>. [cit. 2024-02-19].
2. ARPACI, Sebnem S.; TOMAK, Eylem D.; ERMEYDAN, Mahmut A. a YILDIRIM, Ibrahim, 2021. Natural weathering of sixteen wood species: Changes on surface properties. Online. Polymer Degradation and Stability. Roč. 183. ISSN 01413910. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109415>. [cit. 2024-03-05].
3. AQUINO, Vinicius Borges de Moura; BERTOLINI, Marilia Silva; MORAIS, Cesar Augusto Galvão de; ALMEIDA, Tiago Hendrigo; ALMEIDA, Diego Henrique et al., 2021. EFFECT OF ARTIFICIAL WEATHERING ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD. Online. Revista Árvore. Roč. 45. ISSN 1806-9088. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000034>. [cit. 2024-02-27].
4. BAAR, Jan a GRYC, Vladimír. The analysis of tropical wood discoloration caused by simulated sunlight. Online. Volume. 2012, roč. 70, s. 263-269. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00107-011-0551-1>. [cit. 2024-02-16].
5. BOURAMDANE, Yousra; FELLAK, Somia; EL MANSOURI, Fouad a BOUKIR, Abdellatif, 2022. Impact of Natural Degradation on the Aged Lignocellulose Fibers of Moroccan Cedar Softwood: Structural Elucidation by Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) and X-ray Diffraction (XRD). Online. Fermentation. Roč. 8, č. 12, s. 21. ISSN 2311-5637. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation8120698>. [cit. 2024-03-07].
6. CHANG, Tzu-Cheng; CHANG, Hui-Ting; WU, Chi-Lin a CHANG, Shang-Tzen, 2010. Influences of extractives on the photodegradation of wood. Online. Polymer Degradation and Stability. Roč. 95, č. 4, s. 516-521. ISSN 01413910. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.12.024>. [cit. 2024-03-09].
7. DREMELJ, Matjaž a STRAŽE, Aleš. Vpliv naravnega staranja na izbrane fizikalne in mehanske lastnosti konstrukcijskega lesa. Online. Les/Wood. 2022, roč. 71, č. 2, s.

- 45-56. ISSN 2590-9932. Dostupné z: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2022.v71n02a05>. [cit. 2024-02-26].
8. DVOŘÁK, Ondřej, 2023. Vliv povrchové úpravy dřeviny na celkovou životnost transparentních exteriérových nátěrových systémů. Dizertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze fakulta lesnická a dřevařská.
 9. DVOŘÁK, Ondřej; KVIETKOVÁ, Monika Sarvašová; ŠIMŮNKOVÁ, Kristýna; MACHANEC, Ondřej; PÁNEK, Miloš 2023 a). The Influence of the Initial Treatment of Oak Wood on Increasing the Durability of Exterior Transparent Coating Systems. Online. *Polymers*. Roč. 15, č. 15, s. 13. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym15153251>. [cit. 2024-03-07].
 10. DVOŘÁK, Ondřej; KVIETKOVÁ, Monika Sarvašová; HORÁK, Petr; KUBISTA, Kryštof; PÁNEK, Miloš 2023 b). Effect of larch wood extractive leaching on accelerated weathering aging durability of oil-based coatings. Online. *Central European Forestry Journal*. 2023-05-01, roč. 69, č. 2, s. 126-131. ISSN 2454-0358. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0018>. [cit. 2024-03-07].
 11. FRICOVÁ, M., 2012. Analýza světlostálosti vybraných tropických druhů dřev. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
 12. GANDELOVÁ, Libuše; HORÁČEK, Petr a ŠLEZINGEROVÁ, Jarmila. *Nauka o dřevě*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-577-1.
 13. GUNNARSSON, Sverrir Grimur, 2012. Self Cleaning Paint: Introduction of Photocatalytic Particles into a Paint System. Dizertační práce. Kogens: Technical University of Denmark.
 14. GUPTA, Sachin; SINGH, Chandra Pratap a KISHAN KUMAR, V.S. Gloss of Four Common Wood Coatings Measured Before and After Their Exposure to High Humidity. Online. *Revista Ciência da Madeira - RCM*. 2016, roč. 7, č. 2, s. 94-99. ISSN 21776830. Dostupné z: <https://doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v7n2p94-99>. [cit. 2024-02-19].
 15. GURAU, Lidia; TIMAR, Maria Cristina; COSEREANU, Camelia; COSNITA, Mihaela a STANCIU, Mariana Domnica. Aging of Wood for Musical Instruments: Analysis of Changes in Color, Surface Morphology, Chemical, and Physical-Acoustical Properties during UV and Thermal Exposure. Online. *Polymers*. 2023, roč. 15, č. 7. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym15071794>. [cit. 2024-02-26].

16. HSIAO, Nien-Chih; CHANG, Tzu-Cheng a CHANG, Shang-Tzen, 2021. Influences of merbau heartwood extracts and their metal complexes on wood photodegradation. Online. *European Journal of Wood and Wood Products*. Roč. 79, č. 1, s. 207-216. ISSN 0018-3768. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01603-z>. [cit. 2024-03-07].
17. JANKOWSKA, Agnieszka a SZCZĘSNA, Magdalena, 2011. The study of colour changes of chosen species of wood from southeast Asia caused by transparent coatings and exposure to sunlight. Online. *Drewno*. Roč. 54, s. 51-59. ISSN 1644-3985. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/274646475_The_study_of_colour_changes_of_chosen_species_of_wood_from_southeast_Asia_caused_by_transparent_coatings_and_exposure_to_sunlight. [cit. 2024-02-27].
18. JANKOWSKA, Agnieszka; ARTUR, Wawryszuk a MAZUREK, Andrzej. The influence of artificial weathering on changes in color of selected coniferous wood species. Online. S. 6. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/314671294_The_influence_of_artificial_weathering_on_changes_in_color_of_selected_coniferous_wood_species. [cit. 2024-03-01].
19. KILIÇ, CEYHUN; YILDIZ, SIBEL; GÜRGEN, AYŞENUR a USTAÖMER, DERYA. EFFECTS OF DIFFERENT CLIMATE TYPES ON COLOR CHANGE OF WOOD MATERIAL USED OUTDOOR. Online. *Wood Research*. 2023, roč. 68, č. 4, s. 650-665. ISSN 1336-4561. Dostupné z: <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/68.4.650665>. [cit. 2024-02-26].
20. KRÁNITZ, Katalin; SONDEREGGER, Walter; BUES, Claus-Thomas a NIEMZ, Peter, 2016. Effects of aging on wood: a literature review. Online. *Wood Science and Technology*. Roč. 50, č. 1, s. 7-22. ISSN 0043-7719. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00226-015-0766-0>. [cit. 2024-03-05].
21. KRÁNITZ, Katalin, 2014. Effect of natural aging on wood. Dizertačná práca. Zurich: ETH Zurich. Dostupné také z: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/98764/eth-47394-02.pdf>.
22. KROPAT, Marcel; HUBBE, Martin A. a LALEICKE, Frederik, 2020. Natural, accelerated, and simulated weathering of wood: A Review. Online. *BioResources*. Roč. 15, č. 4, s. 9998-10062. ISSN 19302126. Dostupné z: <https://doi.org/10.15376/biores.15.4.Kropat>. [cit. 2024-03-01].

23. LANDRY, Véronic a BLANCHET, Pierre, 2012. Surface Preparation of Wood for Application of Waterborne Coatings. Online. Forest Products Journal. Roč. 62, č. 1, s. 39-45. ISSN 0015-7473. Dostupné z: <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-10-00011.1>. [cit. 2024-03-04].
24. LACHOWICZ, Hubert; WRÓBLEWSKA, Hanna; WOJTAN, Rafał a SAJDAK, Magdalena. The effect of tree age on the chemical composition of the wood of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland. Online. Wood Science and Technology. 2019, roč. 53, č. 5, s. 1135-1155. ISSN 0043-7719. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00226-019-01121-z>. [cit. 2024-02-26].
25. MATTONAI, Marco; WATANABE, Atsushi; SHIONO, Ai a RIBECHINI, Erika. Degradation of wood by UV light: a study by EGA-MS and Py-GC/MS with on line irradiation system: A study by EGA-MS and Py-GC/MS with on line irradiation system. Online. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2019, roč. 139, s. 224-232. ISSN 01652370. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.02.009>. [cit. 2024-02-26].
26. MELICHAR, Martin, 2013. Vliv úpravy povrchu materiálů na bázi dřeva před dokončováním na konečné vlastnosti povrchové úpravy. Diplomová práce, vedoucí Doc. Ing. Daniela Tesařová, Ph.D. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
27. OBERHOFNEROVÁ, Eliška, 2018. Barevné změny a povrchové degradace vybraných druhů dřeva po expozici v exteriéru. Dizertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
28. OH, Jeong-Joo; CHOI, Yong-Seok; KIM, Min-Ji a KIM, Gyu-Hyeok, 2023. Natural durability of some hardwoods imported into Korea for deck boards against decay fungi and subterranean termite in accelerated laboratory tests. Online. *Maderas. Ciencia y tecnología*. Roč. 25. ISSN 0718-221X. Dostupné z: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2023000100437>. [cit. 2024-03-31].
29. OUADOU, Yasmina; ALIOUCHE, Djamel; THEVENON, Marie-France a DJILLALI, Mohamed. Characterization and photodegradation mechanism of three Algerian wood species. Online. Journal of Wood Science. 2017, roč. 63, č. 3, s. 288-294. ISSN 1435-0211. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10086-017-1615-6>. [cit. 2024-02-26].
30. PÁNEK, Miloš; ŠIMŮNKOVÁ, Kristýna; NOVÁK, David; DVOŘÁK, Ondřej; SCHÖNFELDER, Ondřej et al., 2020. Caffeine and TiO₂ Nanoparticles Treatment of Spruce and Beech Wood for Increasing Transparent Coating Resistance against

- UV-Radiation and Mould Attacks. Online. Coatings. Roč. 10, č. 12. ISSN 2079-6412. čun
31. PERSZE, Laszlo a TOLVAJ, Laszlo, 2012. Photodegradation of wood at elevated temperature: Colour change. Online. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. Roč. 108, s. 44-47. ISSN 10111344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2011.12.008>. [cit. 2024-02-26].
32. PLATA, G J D a DELOS SANTOS, R M, 2022. Application of image processing programs in color analysis of wood photodegradation. Online. Journal of Physics: Conference Series. 2022-06-01, roč. 2288, č. 1, s. 11. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012003>. [cit. 2024-02-27].
33. PETTERSEN, Roger C, 1984. The Chemical Composition of Wood. Online. In: . Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, s. 70. Dostupné z: <https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf1984/pette84a.pdf>. [cit. 2024-03-06].
34. RUFFINATTO, Flavio; NEGRO, Francesco a , Alan. Macroscopic Properties of Tropical Wood Species: A review. Online. Forests. 2023, roč. 14, č. 644, s. 36. Dostupné z: MDPI, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20589.44004>. [cit. 2024-02-16].
35. SAHIN, Sirri; ESTEVES, Bruno; CAN, Ahmet; SIVRIKAYA, Hüseyin; DOMINGOS, Idalina et al., 2023. Effects of artificial weathering on the surface properties of coated radiata pine. Online. Maderas. Ciencia y tecnología. Roč. 25. ISSN 0718-221X. Dostupné z: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2023000100429>. [cit. 2024-03-01].
36. SLABEJOVÁ, Gabriela a ŠMIDRIAKOVÁ, Mária. Colour stability of surface finishes on thermally modified beech wood. Online. Annals of WULS, Forestry and Wood Technology. 2021, roč. 114, s. 116-124. ISSN 1898-5912. Dostupné z: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2391>. [cit. 2024-02-19].
37. SLABEJOVÁ, Gabriela, 2012. Vplyv vybraných faktorov na stabilitu systému drevo - tuhý náterový film: Influence of selected factors on the stability of wood - solid coating film. Online. Acta facultatis xylogologiae Zvolen: vedecký časopis Drevárskej fakulty. Roč. 54, č. 2, s. 57-65. ISSN 1336-3824. Dostupné z: https://df.tuzvo.sk/sites/default/files/07-2-12-slabejova_1.pdf. [cit. 2024-02-26].
38. TOMAK, Eylem D. a ERMEYDAN, Mahmut A., 2020. A natural flavonoid treatment of wood: artificial weathering and decay resistance. Online. European Journal of

- Wood and Wood Products. Roč. 78, č. 6, s. 1221-1231. ISSN 0018-3768. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01578-x>. [cit. 2024-02-27].
39. TORCĂTORU, Mihai-Junior a TIMAR, Maria Cristina. Light-Induced Colour Changes in Wood Surfaces in Indoor Conditions Determined by an Artificial Accelerated Test: Influence of Wood Species and Coating Materials. Online. Applied Sciences. 2024, roč. 14, č. 3, s. 24. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app14031226>. [cit. 2024-02-18].
40. TURKOGLU, Turkey; BAYSAL, Ergun; KURELI, Ihsan; TOKER, Hilmi a ERGUN, Mehmet Emin. The effects of natural weathering on hardness and gloss of impregnated and varnished Scots pine and Oriental beech wood. Online. WOOD RESEARCH. 2015, roč. 60, č. 5, s. 833-844. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/287217285_The_effects_of_natural_weathering_on_hardness_and_gloss_of_impregnated_and_varnished_Scots_pine_and_Oriental_beech_wood. [cit. 2024-02-21].
41. WEITZENBÖCK, Jan R, 2012. Testing the Mechanical, Thermal and Chemical Properties of Adhesives for Marine Environments. Online. In: Adhesives in Marine Engineering. 1. Woodhead Publishing, s. 232. ISBN 9780857096159. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/artificial-weathering>. [cit. 2024-03-01].
42. XIN, Zhenbo; FU, Ruiyun; ZONG, Yuanyuan; KE, Dongfang; ZHANG, Houjiang et al. Effects of natural ageing on macroscopic physical and mechanical properties, chemical components and microscopic cell wall structure of ancient timber members. Online. Construction and Building Materials. 2022, roč. 359. ISSN 09500618. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129476>. [cit. 2024-02-26].
43. YANG, Seungmin; KIM, Junho a KANG, Seoggoo. Assessment of color and contact angle change of weathered wood in relation to wood species and different coating types. Online. BioResources. 2023, roč. 18, č. 4, s. 8296-8310. ISSN 19302126. Dostupné z: <https://doi.org/10.15376/biores.18.4.8296-8310>. [cit. 2024-02-26].

9.2. Monografie

1. ČUNDERLÍK, Igor. Štruktúra dreva. Online. 1. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. ISBN 978-80-228-2061-5. Dostupné z: <http://www.vos.volynecz/tu/soubory/st1.pdf>. [cit. 2024-02-21].
2. HOADLEY, R. Bruce, 2005. Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology. [Emeryville, CA]: Publishers Group West [distributor]. ISBN 978-1-56158-358-4.
3. POŽGAJ, Alexander, 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydanie. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00960-4.
4. REINPRECHT, Ladislav, 2008. Ochrana dreva: vysokoškolská učebnica. Vo Zvolene: Technická univerzita. ISBN 978-80-228-1863-6.
5. ROSS, Robert J, 2010. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Online. 1. Wisconsin: Forest Products Laboratory United States Department of Agriculture Forest Service. Dostupné z: https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. [cit. 2024-03-05].
6. TESAŘOVÁ, Daniela; HLAVATÝ, Josef a ČECH, Petr. Povrchové úpravy dreva. Profi & hobby. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4715-6.

9.3. Internetové zdroje

1. ARL 300 – Pracovná smernica pre povrchovú úpravu rozmerovo stabilných a čiastočne rozmerovo stabilných stavebných prvkov. Online. In: ADLER. <https://www.adler.sk/>. Dostupné z: <https://www.adler.sk/servis-poradenstvo/letaky-katalogy-tabulky>. [cit. 2024-03-07].
2. ARTISAN. Čo je lazúrovacia farba na drevo? Online. Dostupné z: <https://www.lacne-farby-laky.sk/co-je-lazurovacia-farba-na-drevo>. [cit. 2024-03-09].
3. ASPARA. Stavba dreva. Online. Dostupné z: <http://www.elearning.aspara.cz/subdom/elearning/index.php?page=stavba-dreva>. [cit. 2024-03-05].
4. BARVY NA DŘEVO, 2019. Kde použít silnovrstvou a kde tenkovrstvou lazuru? Jaký odstín? Online. Dostupné z: <https://www.barvy-na-drevo.cz/rubriky/blog-o-barvach-na-drevo/kde-pouzit-silnovrstvou-a-kde-tenkovrstvou-lazuru--jaky-odstin/>. [cit. 2024-03-09].

5. CONRAD. Epson Expression 12000XL plochý skener A3 2400 x 4800 dpi USB doklady, dokumenty, fotky, plastové karty, skicy, vizitky. Online. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/epson-expression-12000xl-plochy-skener-a3-2400-x-4800-dpi-usb-doklady-dokumenty-fotky-plastove-karty-skicy-vizitky-1672494.html?refresh=true>. [cit. 2024-03-04].
6. DREWMAX. Přírodní charakteristika dreva. Online. 2022. Dostupné z: <https://drewmax.sk/wp-content/uploads/2022/10/Drewmax-Prirodna-charakteristika-dreva.pdf>. [cit. 2024-02-26].
7. INFOCUBE. Spektrofotometr Konica Minolta CM-700d. Online. Dostupné z: <https://infocube.cz/cs/spektrofotometr-konica-minolta-cm-700d/>. [cit. 2024-03-04].
8. INDUSTRYBUYING. Insize 0-150 GU Range 60° Gloss Meter with 0.1 GU Resolution, ISQ-DG6. Online. Dostupné z: <https://www.industrybuying.com/other-testing-tools-insize-TEST.OTH.921645041/>. [cit. 2024-03-04].
9. INDUSTRY PLAZA. Drop Shape Analyzer – DSA30. Online. Dostupné z: <https://www.industry-plaza.com/drop-shape-analyzer-dsa30-p141498470.html>. [cit. 2024-03-04].
10. INSIZE. 60° Leskoměr ISQ - DG6 INSIZE. Online. Dostupné z: <https://www.insz.eu/ostatni-meridla/60-leskometer-isq-dg6-insize/>. [cit. 2024-03-04].
11. KONICA MINOLTA. Online. Dostupné z: <https://sensing.konicaminolta.us/us/products/cm-700d-spectrophotometer/>. [cit. 2024-03-04].
12. KRUSS. Drop Shape Analyzer DSA30E. Online. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/products-services/products/dsa30e>. [cit. 2024-03-04].
13. LABIMEX. Q-SUN® Xenonové testovací komory ke slunečním simulacím. Online. Dostupné z: <https://files.labimexcz.cz/1m1o9gyd66901/Q%20SUN-Prospekt-CZ-LX-5000.11-2022.pdf?download>. [cit. 2024-03-04].
14. LIGNOFIX. Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA. Online. Dostupné z: <https://www.lignofix.cz/produkt/lignofix-tenkovrstva-synteticka-lazura>. [cit. 2024-03-04].
15. LIGNOFIX. Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Online. Dostupné z: <https://www.lignofix.cz/produkt/lignofix-silnovrstva-lazura>. [cit. 2024-03-04].
16. NANOSPACE. Fotokatalytický náter FN NANO®1 pre vonkajšie použitie. Online. Dostupné z: https://www.nanospace.cz/sk/fotokatalyticky-nater-protectam-fn-1/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAlJKuBhAdEiwAnZb7ITzgfKAYtKWwAMmkuT

- kyFS1kFGDis6jr3vGbTMmleZyUrEHjmyMBdRoCxwwQAvD_BwE. [cit. 2024-03-04].
17. OLYMPUS. LEXT OLS4100 3D Measuring Laser Microscope. Online. Dostupné z: <https://www.olympus-global.com/en/news/2013a/nr130529olse.html>. [cit. 2024-03-04].
 18. PHOTONICS. LEXT OLS4100 3D Laser Scanning Microscope. Online. Dostupné z: https://www.photonics.com/Products/LEXT_OLS4100_3D_Laser_Scanning_Microscope/pr54019. [cit. 2024-03-04].
 19. SHMÚ. Vysvetlenie javov a pojmov súvisiacich s problematikou UV žiarenia a stratosférického ozónu. Online. Dostupné z: https://www.shmu.sk/en/?page=2458#_Toc150354162. [cit. 2024-03-04].
 20. SUNTECH. Epson Expression 12000XL, A3, 2400 dpi, USB. Online. Dostupné z: https://www.suntech.cz/epson-expression-12000xl-a3-2400-dpi-usb_d414196.html. [cit. 2024-03-04].
 21. THE WOOD DATABASE. WOOD ODOR. Online. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/wood-articles/wood-odor/>. [cit. 2024-03-04].
 22. UNIVERSITY OF NOTRE DAME. Olympus LEXT OLS4100 Confocal Microscope. Online. Dostupné z: <https://www3.nd.edu/~ndnf/facilities/equipment/equip.olympus-lext-confocal.html>. [cit. 2024-03-04].
 23. WHITE KNIGHT CONSULTING, 2023. A Closer Look at Benefits and Uses of Timber. Online. Dostupné z: <https://wknightconsulting.com/uses-of-timber/>. [cit. 2024-03-09].
 24. ZÁHRADNÉ JAZIERKA. Využitie UV žiarenia v jazierku. Online. Dostupné z: <https://www.zahradnejazierka.sk/zahradne-jazierka/clanky/detail/uv-c-v-zahradnom-jazierku>. [cit. 2024-03-04].
 25. Q-LAB. Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER. Online. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/products/q-sun-xenon-arc-test-chambers/q-sun-xe-3>. [cit. 2024-03-04].

9.4. Normy

1. ČSN EN 927-1 (672010), Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 1: Klasifikace a volba. 09/2013. Praha 2013.
2. ČSN EN 927-2 (672010), Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Specifikace funkčních vlastností. 09/2013. Praha 2023.
3. ČSN EN 927-3 (672010). Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím. 09/2013. Praha 2020.
4. ČSN EN 927-6 (672010). Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody. Praha 2019.

Zoznam príloh

Príloha 1 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek smrekovca opadavého (MD) uložených v exteriéri a v UV komore	99
Príloha 2 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek španielskeho céдру (C) uložených v exteriéri a v UV komore	100
Príloha 3 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek merbau (MB) uložených v exteriéri a v UV komore	101
Príloha 4 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách smrekovca opadavého (MD) umiestnených v exteriéri a v UV komore	102
Príloha 5 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách španielskeho céдру (C) umiestnených v exteriéri a v UV komore	103
Príloha 6 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách merbau (MB) umiestnených v exteriéri a v UV komore	104
Príloha 7 Hodnoty zmeny zmáčavosti na vzorkách smrekovca opadavého (MD) vystavených v exteriéri a v UV komore	105
Príloha 8 Hodnoty zmeny zmáčavosti na vzorkách španielskeho céдру (C) vystavených v exteriéri a v UV komore	107
Príloha 9 Hodnoty zmeny zmáčavosti na vzorkách merbau (MB) vystavených v exteriéri a v UV komore.....	109

Prílohy

Príloha 1 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek smrekovca opadavého (MD) uložených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3	UV komora	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3
0 Mesiacov	3,8	5,7	6,3	1,6	0 Dní	3,9	2,4	10,4	1,8
0 Mesiacov	3,4	7,2	6,9	1,6	0 Dní	3,7	2,5	12	2
0 Mesiacov	3,2	4,4	6,2	1,7	0 Dní	3,4	2,4	12,3	1,9
0 Mesiacov	3,2	3,9	6,2	1,6	0 Dní	5,2	2,4	8,3	2
0 Mesiacov	3,1	3,2	10	1,8	0 Dní	5,1	2,3	9,3	1,9
0 Mesiacov	2,9	3,5	8,5	1,8	0 Dní	5,3	2,2	9,4	1,9
0 Mesiacov	3	3,1	10,8	1,8	10 Dní	4,7	2,5	8,1	3,3
0 Mesiacov	3,2	3,4	8,4	1,9	10 Dní	4,5	2,3	8,8	3,1
3 Mesiacce	4,1	4,2	5,8	2,4	10 Dní	4,4	2,1	8,4	2,8
3 Mesiacce	4,3	3,8	6,6	2,3	10 Dní	4,7	2,1	5,9	3,3
3 Mesiacce	4,2	3,3	6	2,5	10 Dní	4,6	2,2	6,1	3,4
3 Mesiacce	4	3,1	6	2,4	10 Dní	4,3	2,1	6,2	3,4
3 Mesiacce	5,2	2,9	8,4	3	20 Dní	4,1	2,9	7,3	3,3
3 Mesiacce	5,3	3,2	7,5	3,1	20 Dní	3,3	2,9	8,4	3,1
3 Mesiacce	4,7	2,9	7,7	3,3	20 Dní	3,5	2,6	7,9	3,1
3 Mesiacce	5,8	2,8	7,8	3,1	20 Dní	4	2,6	5,7	2,7
6 Mesiacov	3,4	4	4,9	2,2	20 Dní	3,63	2,8	5,9	2,6
6 Mesiacov	3,7	3,7	5,7	2,3	20 Dní	3,6	2,5	5,9	2,5
6 Mesiacov	3,6	2,8	5,3	2,8					
6 Mesiacov	3,5	2,4	5,2	2,6					
6 Mesiacov	4,5	2,2	6,8	2,2					
6 Mesiacov	4,6	3	6,9	2,8					
6 Mesiacov	4,1	2,7	6,4	2,8					
6 Mesiacov	5,1	2,8	7,2	2,9					

Príloha 2 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek španielskeho cédru (C) uložených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	C-REF	C-1	C-2	C-3	UV komora	C-REF	C-1	C-2	C-3
0 Mesiacov	2,7	2,8	8,7	1,4	0 Dní	3,4	2,1	6,9	1,6
0 Mesiacov	2,8	2,7	9,6	1,6	0 Dní	3,3	1,7	7,9	1,6
0 Mesiacov	2,9	2,7	9,7	1,5	0 Dní	3,5	2	7,6	1,6
0 Mesiacov	2,5	2,8	8,9	1,6	0 Dní	3,7	3,1	6,3	1,6
0 Mesiacov	3,5	2,8	7	1,8	0 Dní	3,7	3,2	6,4	1,6
0 Mesiacov	3,5	2	7,7	1,7	0 Dní	3,6	3,2	6,5	1,7
0 Mesiacov	3,5	2,6	7,9	1,7	10 Dní	3,7	1,4	7	3,2
0 Mesiacov	3,5	1,9	9,4	1,7	10 Dní	3,4	1,8	6,6	3
3 Mesiacce	5,3	3	8,2	3	10 Dní	3,3	1,8	7,2	3,2
3 Mesiacce	5,5	2,8	9,2	2,5	10 Dní	3,6	2,2	6,2	3,2
3 Mesiacce	5,5	2,8	9,1	2,5	10 Dní	3,4	2,3	6,6	3,2
3 Mesiacce	5,8	3	9,3	2,5	10 Dní	3,4	2,5	6,2	3,1
3 Mesiacce	6,3	3,8	8	3	20 Dní	4,2	1,9	6	2,8
3 Mesiacce	6,1	2,8	8	3	20 Dní	3,8	2,4	6,3	2,7
3 Mesiacce	6,4	3,3	8,8	2,9	20 Dní	3,9	2,4	6	3
3 Mesiacce	6,4	2,9	8,7	2,8	20 Dní	3,8	2,5	6,1	3,1
6 Mesiacov	3,8	3	7,1	2,4	20 Dní	3,7	2,8	6	3
6 Mesiacov	4,4	2,9	8,2	2,1	20 Dní	3,7	2,8	5,9	2,9
6 Mesiacov	4,7	2,8	7,8	2,2					
6 Mesiacov	4,8	3,1	7,1	2,1					
6 Mesiacov	5,1	3,2	6,7	2,4					
6 Mesiacov	4,9	2,9	7,1	2,6					
6 Mesiacov	4,8	3,3	7,5	2,4					
6 Mesiacov	5,1	3	8,1	2,4					

Príloha 3 Priebežne namerané hodnoty zmeny lesku vzoriek merbau (MB) uložených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3	UV komora	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3
0 Mesiacov	2,3	1,6	7,6	0,9	0 Dní	2,7	2,7	9,1	0,8
0 Mesiacov	2,3	1,1	7,4	1,1	0 Dní	2,6	2,6	8,3	0,9
0 Mesiacov	2,9	3,2	8,2	1,2	0 Dní	2,2	2,8	8,3	0,9
0 Mesiacov	2,8	2,2	9,3	1,1	0 Dní	2,1	2,7	9,8	1
0 Mesiacov	2,3	1,4	8	0,8	0 Dní	1,3	2,6	9,7	1,1
0 Mesiacov	3	1,4	7,9	1	0 Dní	2	2,5	10	1,1
0 Mesiacov	2,1	1,1	8,4	0,9	10 Dní	1,8	1,6	8,5	1
0 Mesiacov	2,3	1,5	8,6	1,1	10 Dní	1,8	1,7	7,9	1
3 Mesiacce	2,7	1,9	7,7	2	10 Dní	2,1	1,6	7,9	0,8
3 Mesiacce	2,6	1,8	7,5	2,2	10 Dní	1,5	1,7	8	1,7
3 Mesiacce	2,3	2,9	8,7	2	10 Dní	1,3	1,6	8,3	1,9
3 Mesiacce	2,5	2,7	10,5	1,7	10 Dní	1,3	1,7	7,1	1,4
3 Mesiacce	3	2	7,9	1,8	20 Dní	1,8	2,1	9	1,1
3 Mesiacce	3,4	2,2	7,9	1,9	20 Dní	2,2	2,3	8,5	1,2
3 Mesiacce	2,3	1,7	8,1	1,9	20 Dní	2,5	2,2	7,9	1
3 Mesiacce	2,4	2,2	8	1,7	20 Dní	2	2,3	7,8	1,5
6 Mesiacov	2,3	1,7	6,5	1,7	20 Dní	1,6	2,2	7,9	1,5
6 Mesiacov	2,3	1,5	6,3	2	20 Dní	1,5	2,2	7,5	1,5
6 Mesiacov	2	3	7,5	1,7					
6 Mesiacov	2,4	2,7	8,9	1,6					
6 Mesiacov	2,5	2	6,9	1,5					
6 Mesiacov	2,6	2,1	6,9	1,4					
6 Mesiacov	1,8	1,5	7,3	1,6					
6 Mesiacov	2,3	2,1	6,9	1,6					

Príloha 4 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách smrekovca opadavého (MD) umiestnených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3	UV komora	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3
3 Mesiace	16,7	9,4	4,2	8,1	10 dní	9,0	9,7	9,9	5,2
3 Mesiace	16,7	10,5	4,1	7,5	10 dní	9,9	10,3	9,8	5,7
3 Mesiace	10,7	10,2	3,3	7,1	10 dní	10,6	11,7	9,2	5,0
3 Mesiace	12,0	10,6	3,3	7,4	10 dní	11,2	9,1	9,2	7,4
3 Mesiace	9,6	10,1	4,6	10,7	10 dní	14,5	8,6	8,9	10,0
3 Mesiace	10,0	9,3	5,6	9,2	10 dní	13,4	9,3	9,7	9,9
3 Mesiace	11,8	8,3	5,6	8,4	20 dní	10,0	9,3	9,1	7,1
3 Mesiace	14,8	7,7	5,0	8,7	20 dní	10,4	8,4	9,2	6,8
3 Mesiace	6,5	13,3	7,6	15,3	20 dní	11,6	10,6	8,7	7,2
3 Mesiace	8,7	13,3	6,2	12,0	20 dní	10,9	12,7	8,6	10,6
3 Mesiace	10,0	15,5	5,4	11,8	20 dní	13,3	9,5	8,8	12,2
3 Mesiace	5,3	14,6	6,5	10,5	20 dní	12,4	10,6	10,3	12,5
3 Mesiace	7,8	12,4	6,4	11,1					
3 Mesiace	5,1	12,6	6,6	9,5					
3 Mesiace	7,5	14,3	5,8	10,7					
3 Mesiace	7,4	10,6	9,5	35,4					
6 Mesiacov	28,7	10,4	3,6	20,7					
6 Mesiacov	28,2	11,2	3,0	19,7					
6 Mesiacov	21,0	17,5	2,7	16,2					
6 Mesiacov	22,1	23,2	2,6	16,9					
6 Mesiacov	23,8	17,6	4,4	19,4					
6 Mesiacov	24,2	13,1	5,6	19,2					
6 Mesiacov	22,8	10,2	4,5	19,6					
6 Mesiacov	24,7	9,8	4,3	18,5					
6 Mesiacov	19,4	24,4	6,5	27,7					
6 Mesiacov	22,1	16,3	6,5	23,7					
6 Mesiacov	22,8	17,5	6,7	21,1					
6 Mesiacov	17,1	18,1	8,7	21,5					
6 Mesiacov	19,0	15,9	9,3	21,1					
6 Mesiacov	19,4	14,7	8,4	21,2					
6 Mesiacov	21,1	13,2	6,9	18,1					
6 Mesiacov	19,9	20,2	9,0	44,5					

Príloha 5 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách španielskeho cédru (C) umiestnených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	C-REF	C-1	C-2	C-3	UV komora	C-REF	C-1	C-2	C-3
3 Mesiacce	11,5	10,5	12,8	15,8	10 dní	5,8	6,3	11,9	7,1
3 Mesiacce	12,5	11,0	14,5	15,9	10 dní	5,7	8,1	11,2	6,5
3 Mesiacce	10,7	12,6	13,8	15,5	10 dní	5,8	8,7	12,0	9,3
3 Mesiacce	11,3	12,2	14,7	16,0	10 dní	5,7	12,7	14,0	8,5
3 Mesiacce	15,7	12,4	14,7	14,2	10 dní	4,8	13,5	12,4	8,9
3 Mesiacce	14,5	11,0	15,6	12,3	10 dní	6,5	11,5	12,3	8,1
3 Mesiacce	13,5	11,3	13,3	11,0	20 dní	8,4	16,5	11,6	9,1
3 Mesiacce	18,2	8,5	14,1	11,0	20 dní	7,7	19,0	11,1	10,8
3 Mesiacce	11,8	9,3	13,7	19,6	20 dní	8,8	19,9	10,1	13,5
3 Mesiacce	13,9	13,0	12,7	15,8	20 dní	7,8	10,3	11,9	11,6
3 Mesiacce	15,6	8,3	12,6	16,1	20 dní	5,1	9,4	13,7	11,8
3 Mesiacce	13,0	10,1	15,1	15,3	20 dní	4,5	8,9	13,0	11,4
3 Mesiacce	15,5	12,9	12,5	20,4					
3 Mesiacce	14,2	15,5	12,3	20,8					
3 Mesiacce	16,8	15,3	67,3	17,7					
3 Mesiacce	15,4	15,8	13,0	19,4					
6 Mesiacov	14,3	19,5	11,5	21,4					
6 Mesiacov	15,6	18,4	14,6	22,5					
6 Mesiacov	14,7	20,1	14,0	21,7					
6 Mesiacov	16,9	18,8	16,5	21,5					
6 Mesiacov	15,7	19,9	13,2	20,1					
6 Mesiacov	16,9	17,5	16,5	18,0					
6 Mesiacov	16,9	16,3	13,4	18,2					
6 Mesiacov	17,7	16,1	14,9	18,9					
6 Mesiacov	15,2	18,3	12,4	22,1					
6 Mesiacov	15,3	22,0	11,7	19,8					
6 Mesiacov	15,5	17,8	12,3	20,5					
6 Mesiacov	14,2	18,4	14,8	18,9					
6 Mesiacov	15,8	20,1	12,8	24,7					
6 Mesiacov	16,3	21,6	12,3	23,6					
6 Mesiacov	17,4	22,9	12,0	22,6					
6 Mesiacov	15,5	23,7	12,5	23,0					

Príloha 6 Hodnoty farebnej (ΔE^*) odchýlky na vzorkách merbau (MB) umiestnených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3	UV komora	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3
3 Mesiace	10,0	17,4	1,6	13,9	10 dní	1,2	8,7	1,3	3,4
3 Mesiace	9,8	19,4	2,5	12,7	10 dní	2,6	9,0	3,1	1,1
3 Mesiace	9,4	13,2	4,1	16,5	10 dní	4,1	8,9	2,1	1,1
3 Mesiace	7,0	15,5	4,8	14,7	10 dní	9,4	9,0	2,3	2,3
3 Mesiace	6,9	21,9	5,5	11,7	10 dní	6,5	11,3	3,7	3,2
3 Mesiace	6,5	21,7	5,5	16,4	10 dní	5,1	10,0	2,6	1,0
3 Mesiace	10,4	21,5	2,7	16,5	20 dní	10,2	24,0	8,6	9,3
3 Mesiace	9,1	20,3	3,5	9,1	20 dní	9,0	22,5	14,3	11,4
3 Mesiace	6,6	21,0	4,3	9,0	20 dní	10,0	24,1	8,5	9,4
3 Mesiace	8,5	25,1	4,3	10,6	20 dní	20,7	22,5	6,8	9,0
3 Mesiace	6,3	21,3	2,2	16,1	20 dní	15,5	22,6	4,5	9,7
3 Mesiace	3,7	21,0	2,2	17,0	20 dní	12,9	23,0	5,8	8,2
3 Mesiace	7,0	20,4	4,1	20,0					
3 Mesiace	4,2	21,5	4,1	17,1					
3 Mesiace	6,0	23,0	5,0	11,7					
3 Mesiace	7,9	22,5	6,0	9,2					
6 Mesiacov	14,6	28,0	1,1	19,6					
6 Mesiacov	17,2	27,5	5,3	18,2					
6 Mesiacov	17,2	23,6	5,3	24,4					
6 Mesiacov	14,3	27,2	5,4	23,5					
6 Mesiacov	16,4	32,5	9,3	19,8					
6 Mesiacov	15,1	31,3	11,9	22,7					
6 Mesiacov	15,7	28,4	5,6	21,2					
6 Mesiacov	15,6	26,6	4,0	16,5					
6 Mesiacov	10,5	33,4	10,2	17,4					
6 Mesiacov	14,5	33,6	7,5	19,5					
6 Mesiacov	13,0	34,0	5,7	25,8					
6 Mesiacov	12,0	28,7	6,4	24,7					
6 Mesiacov	14,2	28,6	7,0	27,1					
6 Mesiacov	12,4	29,0	6,9	24,2					
6 Mesiacov	12,6	30,9	6,6	20,1					
6 Mesiacov	12,5	30,8	8,8	17,5					

Príloha 7 Hodnoty zmeny zmäčavosti na vzorkách smrekovca opadavého (MD) vystavených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3	UV komora	MD-REF	MD-1	MD-2	MD-3
0 Mesiacov	80	82,87	83,81	42,87	0 Dní	44	101,5	85,58	78,52
0 Mesiacov	72,66	83,66	85,21	48,52	0 Dní	36,52	104,2	90	67,25
0 Mesiacov	66,5	82,27	87,78	49,31	0 Dní	37,63	110,7	89,66	70,72
0 Mesiacov	64,16	81,63	85,7	51,81	0 Dní	49,86	109	92,29	71,66
0 Mesiacov	69,3	79,99	90,67	47,97	0 Dní	38,6	108,7	88,22	70,58
0 Mesiacov	52,45	82	93,33	50,96	0 Dní	84,8	98,14	91,02	58,08
0 Mesiacov	54,93	77,61	95,78	47,09	0 Dní	82,5	105,6	94,19	56,03
0 Mesiacov	55,94	79,07	100,1	51,63	0 Dní	92,09	104,6	96,88	60,46
0 Mesiacov	74,53	81,34	94,85	58,26	0 Dní	86,83	99,39	95,41	63,49
0 Mesiacov	61,13	79,16	93,59	55,33	0 Dní	84,58	103,2	91,23	71,34
0 Mesiacov	62,33	89,24	92,1	46,75	10 Dní	33,6	93,3	86,51	0
0 Mesiacov	73,17	90,69	92,88	43,02	10 Dní	38,17	89,64	63,39	0
0 Mesiacov	61,42	87,55	82,07	48,29	10 Dní	39,02	90,38	81,05	0
0 Mesiacov	71,56	88,94	94,31	41,39	10 Dní	31,98	88,62	78,74	0
0 Mesiacov	65,49	85,82	95,37	43,21	10 Dní	36,98	66,97	74,56	0
0 Mesiacov	66,83	86,14	96,86	39,13	10 Dní	66,94	93,31	90	0
0 Mesiacov	68,99	87,09	97,37	43,38	10 Dní	57,65	73,33	92,92	0
0 Mesiacov	72,83	89,89	95,24	55,53	10 Dní	56,58	99,42	89,04	0
0 Mesiacov	59,72	87,66	89,16	44,26	10 Dní	57,55	94,9	93,7	0
0 Mesiacov	64,76	89,65	88,34	47,93	10 Dní	53,44	92,29	87,87	0
3 Mesiace	0	71,17	83,53	0	20 Dní	0	68,93	80,13	0
3 Mesiace	0	71,98	83,59	0	20 Dní	0	73,93	79,14	0
3 Mesiace	0	68,97	88,22	0	20 Dní	0	69,15	79,21	0
3 Mesiace	0	71,6	88,68	0	20 Dní	26,86	71,25	79,51	0
3 Mesiace	0	70,38	92,36	0	20 Dní	0	77,86	82,81	0
3 Mesiace	13,24	71,51	85,18	0	20 Dní	21,75	53,82	79,94	0
3 Mesiace	11,44	71,75	88,36	0	20 Dní	0	60,91	79,34	0
3 Mesiace	0	63,57	90,77	0	20 Dní	23,46	53,38	76,85	0
3 Mesiace	0	73,64	88,97	0	20 Dní	22,51	66,41	81,64	0
3 Mesiace	0	68,62	88,09	0	20 Dní	14,45	67,97	80,5	0
3 Mesiace	0	81,35	84,5	0					
3 Mesiace	0	81,45	85,82	0					
3 Mesiace	0	81,78	85,68	0					
3 Mesiace	0	78,69	84,26	0					
3 Mesiace	0	79,17	84,11	0					
3 Mesiace	0	77,29	86,29	0					
3 Mesiace	0	76,57	83,93	0					
3 Mesiace	0	83,1	85,19	0					
3 Mesiace	0	81,59	86,15	0					

3 Mesiace	0	82,97	87,02	0
6 Mesiacov	0	58,38	72,68	0
6 Mesiacov	0	56,53	76,1	0
6 Mesiacov	0	57,16	75,51	0
6 Mesiacov	0	59,22	73,18	0
6 Mesiacov	0	56,24	74,44	0
6 Mesiacov	0	52,61	70,86	0
6 Mesiacov	0	45,42	73,15	0
6 Mesiacov	0	56,25	71,08	0
6 Mesiacov	0	55,24	70,72	0
6 Mesiacov	0	57,54	69,62	0
6 Mesiacov	0	62,93	58,25	0
6 Mesiacov	0	62,3	61,07	0
6 Mesiacov	0	63,13	63	0
6 Mesiacov	0	60,23	62,23	0
6 Mesiacov	0	60,32	60,92	0
6 Mesiacov	0	59,72	62,45	0
6 Mesiacov	0	56,43	64,44	0
6 Mesiacov	0	57,23	63,7	0
6 Mesiacov	0	58,59	62,69	0
6 Mesiacov	0	75,09	57,28	0

Príloha 8 Hodnoty zmeny zmáčavosti na vzorkách španielskeho cédru (C) vystavených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	C-REF	C-1	C-2	C-3	UV komora	C-REF	C-1	C-2	C-3
0 Mesiacov	51,57	102	80	92	0 Dní	50,82	105,6	92,56	66,37
0 Mesiacov	54,22	103	82	93	0 Dní	59,5	102,1	90,62	62,35
0 Mesiacov	61,16	108	81	92	0 Dní	64,25	104,8	86,72	69,75
0 Mesiacov	49,14	107	82	94	0 Dní	59,37	104,7	86,62	70,72
0 Mesiacov	45,39	109	81	88	0 Dní	62,23	107,7	86,96	69,97
0 Mesiacov	45,1	102	83	76	0 Dní	51,39	102,3	87,34	71,61
0 Mesiacov	54,32	108	85	89	0 Dní	44,79	98,39	85,92	67,7
0 Mesiacov	55,89	101	81	89	0 Dní	51,82	97,16	88,24	65,53
0 Mesiacov	55,63	112	84	82	0 Dní	56,44	95,58	86,73	58,52
0 Mesiacov	66,49	110	80	79	0 Dní	64,89	99,5	89,79	70,34
0 Mesiacov	70,26	102	85	52	10 Dní	85,23	75,23	86,65	0
0 Mesiacov	60,94	106	84	54	10 Dní	96,89	74,6	82,18	0
0 Mesiacov	67,16	108	81	57	10 Dní	86,03	82,04	81,17	0
0 Mesiacov	85,41	105	83	56	10 Dní	80,88	85,18	86,69	0
0 Mesiacov	76,02	112	77	50	10 Dní	79,14	86,8	83,73	0
0 Mesiacov	81,5	109	78	57	10 Dní	0	87,14	80,43	0
0 Mesiacov	77,09	106	87	57	10 Dní	0	85,7	74,3	0
0 Mesiacov	74,86	104	81	43	10 Dní	82,07	88,96	87,06	0
0 Mesiacov	65,31	104	80	50	10 Dní	43,32	84,86	85,8	0
0 Mesiacov	65,99	101	79	52	10 Dní	12,85	81,87	89,19	0
3 Mesiacce	26,02	89	87	0	20 Dní	64,65	78,2	83,53	0
3 Mesiacce	0	81	83	0	20 Dní	67,66	78,14	83,84	0
3 Mesiacce	0	90	84	0	20 Dní	64,24	75,13	81,74	0
3 Mesiacce	0	92	86	0	20 Dní	63,44	73,17	78,2	0
3 Mesiacce	6,85	79	82	0	20 Dní	68,5	72,22	80,72	0
3 Mesiacce	0	90	86	0	20 Dní	0	68,21	85,63	0
3 Mesiacce	0	88	83	0	20 Dní	0	69,19	80	0
3 Mesiacce	0	88	87	0	20 Dní	0	69,05	88,27	0
3 Mesiacce	0	88	89	0	20 Dní	0	74,65	87,43	0
3 Mesiacce	0	84	87	0	20 Dní	0	77,27	96,78	0
3 Mesiacce	7,38	73	88	0					
3 Mesiacce	0	73	89	0					
3 Mesiacce	0	75	80	0					
3 Mesiacce	0	79	73	0					
3 Mesiacce	0	73	89	0					
3 Mesiacce	0	73	88	0					
3 Mesiacce	0	76	84	0					
3 Mesiacce	0	76	85	0					
3 Mesiacce	0	77	83	0					

3 Mesiace	0	75	78	0
6 Mesiacov	8,01	81	76	0
6 Mesiacov	0	78	78	0
6 Mesiacov	0	82	80	0
6 Mesiacov	0	92	76	0
6 Mesiacov	0	82	74	0
6 Mesiacov	0	83	79	0
6 Mesiacov	24,07	86	78	0
6 Mesiacov	19,05	87	80	0
6 Mesiacov	0	82	81	0
6 Mesiacov	0	93	81	0
6 Mesiacov	0	67	84	0
6 Mesiacov	0	69	87	0
6 Mesiacov	0	63	84	0
6 Mesiacov	0	62	77	0
6 Mesiacov	0	59	82	0
6 Mesiacov	14,29	60	85	0
6 Mesiacov	0	63	80	0
6 Mesiacov	0	68	81	0
6 Mesiacov	7,54	61	83	0
6 Mesiacov	0	56	79	0

Príloha 9 Hodnoty zmeny zmáčavosti na vzorkách merbau (MB) vystavených v exteriéri a v UV komore

Exteriér	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3	UV komora	MB-REF	MB-1	MB-2	MB-3
0 Mesiacov	49,46	94,14	93,24	32,52	0 Dní	62,12	96,31	87,8	40,71
0 Mesiacov	50,2	99,1	94,93	31,88	0 Dní	73,08	97,17	93,22	41,27
0 Mesiacov	55,25	104	94,66	46,78	0 Dní	69,43	100,5	91,6	41,14
0 Mesiacov	61,5	101,5	92,31	41,56	0 Dní	70,7	95,71	88,51	45,4
0 Mesiacov	58,53	102,5	90,3	35,59	0 Dní	76,74	100,8	93,1	39,05
0 Mesiacov	57,68	103,9	92,89	39,45	0 Dní	89,97	94,96	85,91	42,62
0 Mesiacov	59,01	102,3	90,82	40,43	0 Dní	74,49	101,4	86,96	50,29
0 Mesiacov	61,58	108,7	89,75	40,98	0 Dní	75,32	100,3	92,03	36,1
0 Mesiacov	66,25	105,5	90,4	44,98	0 Dní	67,82	99,94	87,92	60,62
0 Mesiacov	61,35	106,2	90,4	47,95	0 Dní	77,5	103,1	88,34	67,05
0 Mesiacov	44,27	113,3	87,46	38,7	10 Dní	92,5	73,71	95,31	0
0 Mesiacov	60,2	103,9	88,92	30,66	10 Dní	96,21	84,31	85,49	0
0 Mesiacov	56,66	105,6	87,22	27,54	10 Dní	95,45	78,28	81,87	0
0 Mesiacov	49,48	104,7	91,25	37,96	10 Dní	86,05	78,2	93,11	0
0 Mesiacov	56,68	107,3	88,82	45,89	10 Dní	72,11	76,51	93,27	0
0 Mesiacov	55,2	105,4	85,67	31,55	10 Dní	95,49	66,56	78,63	0
0 Mesiacov	55,32	103,1	88,22	30,25	10 Dní	100,81	70,82	76,73	0
0 Mesiacov	57,22	101,4	89,08	35,22	10 Dní	97,01	70,14	76,35	0
0 Mesiacov	58,33	100	88,14	26,47	10 Dní	93,15	72,3	76,68	0
0 Mesiacov	57,81	103,2	85,37	46,13	10 Dní	97,1	80,09	73,88	0
3 Mesiacce	26,57	78,74	74,76	0	20 Dní	85,25	77,62	75,42	0
3 Mesiacce	0	63,69	76,4	0	20 Dní	77,3	62,33	69,77	0
3 Mesiacce	0	56,24	83,07	0	20 Dní	61,58	62,33	71,4	0
3 Mesiacce	0	59,45	82,89	0	20 Dní	91,36	80,17	68,31	0
3 Mesiacce	0	61,68	81,78	0	20 Dní	105,2	83,25	62,18	0
3 Mesiacce	17,24	56,62	82	0	20 Dní	75,36	69,29	80,11	0
3 Mesiacce	20,66	70,06	72,42	0	20 Dní	83,99	72,06	84,45	0
3 Mesiacce	0	70,91	69,69	0	20 Dní	54,91	74,03	83,6	0
3 Mesiacce	23,58	72,41	71,7	0	20 Dní	85,76	75,97	81	0
3 Mesiacce	0	75,49	78,82	0	20 Dní	93,22	75,58	75,91	0
3 Mesiacce	10,42	91,5	80,99	0					
3 Mesiacce	0	90,5	82,14	0					
3 Mesiacce	36,1	92,36	84,05	0					
3 Mesiacce	40,19	90,59	85,37	0					
3 Mesiacce	25,08	85,38	85,79	0					
3 Mesiacce	0	85,57	84,83	0					
3 Mesiacce	0	81,06	86,56	0					
3 Mesiacce	0	84,57	86,79	0					
3 Mesiacce	21,96	84,36	87,29	0					

3 Mesiace	0	85,78	87,57	0
6 Mesiacov	0	60,15	63,52	0
6 Mesiacov	0	36,68	64,06	0
6 Mesiacov	0	58,52	68,82	0
6 Mesiacov	0	50,19	74,41	0
6 Mesiacov	0	46,1	80,33	0
6 Mesiacov	0	39,3	59,87	0
6 Mesiacov	0	54,34	79,52	0
6 Mesiacov	0	62,39	79,33	0
6 Mesiacov	0	61,4	76,02	0
6 Mesiacov	0	53,95	76,96	0
6 Mesiacov	17,73	89,26	77,8	0
6 Mesiacov	0	75,63	65,63	0
6 Mesiacov	0	83,67	62,96	0
6 Mesiacov	0	74,18	59,67	0
6 Mesiacov	0	73,48	54,81	0
6 Mesiacov	0	73,85	59,42	0
6 Mesiacov	0	79,14	55,74	0
6 Mesiacov	0	74,86	56,11	0
6 Mesiacov	0	73,81	58,23	0
6 Mesiacov	0	77,32	50,9	0