

PRIRODZENÉ A URÝCHLENÉ STARNUTIE NÁTEROV PRE DREVENÉ OKNÁ

NATURAL AND ACCELERATED AGEING OF PAINTS FOR WOODEN WINDOWS

Ladislav Reinprecht – Ján Baculák – Miloš Pánek

ABSTRACT

Stability of paints on wooden windows is influenced by physico-chemical characteristics of wood-paint systems and climatic conditions. Paints with a higher amount of pigments and UV-sorption agents are usually more stable against the sunlight. Vapour permeable, hydrophobic and flexible paints better resist to water, cracks or other damages.

In this study, selected paints recommended for coating of wooden windows (Adler, Glasurit, Gori, Remmers, Sikkens, Sikkens-V, and Zowosan) were used for surface treatment of Norway spruce samples. Control and treated samples were then exposed to natural ageing by the EN 927-3 during 3, 6 and 9 months, and to artificial accelerated ageing in Xenotest Q-SUN Xe-1-S by the EN 927-6 during 3 weeks. Surfaces of aged samples were analysed from the point of view of colour changes in the CIE-L*a*b* system using “Color reader CR-10”, and also from the point of view of their complex quality – creation of cracks, blue staining, changes of the hardness, changes of the adhesion to wood. It was found, that the Xenotest can be well used for simulation the natural ageing of paints. However, the tendency and intensity of colour changes at natural and artificial ageing were not always equivalent for all types of tested paints.

Keywords: Norway spruce, paints, ageing, CIE- L*a*b* system, cracks, hardness, adhesion.

ÚVOD

Fasádne prvky stavieb, ako sú okná a exteriérové dvere, sa v poslednom období zhotovujú nielen z dreva, ale aj z plastov, hliníka a nezriedka aj z ich kombinácií. S cieľom drevárov preferovať drevo je nutné trvalo zvyšovať kvalitu a životnosť drevených okien. Referenčná životnosť drevených okien zo smrekového dreva sa podľa STN ISO 15686-1 stanovuje na 25 rokov. Avšak pri voľbe optimálnych náterov, pri správnom konštrukčnom riešení a dodržaní technologických parametrov výroby, pri vytvorení striešok nad oknami voči priamym zrážkam, ale samozrejme aj pri ich pravidelnej kontrole s potrebnou údržbou zvyčajne v intervale 3–6 rokov sa reálna – predpokladaná životnosť smrekových okien dá predĺžiť na 62 i viac rokov. V historických objektoch často nachádzame aj okná staršie ako 100 rokov, o ktoré sa treba ďalej starať aby zostali dokumentom doby (REINPRECHT 2007).

V súčasnosti sa pre ošetrovanie nových eurookien zo smrekového dreva používajú viaceré typy syntetických filmotvorných náterov, zatiaľ čo fermeže a iné penetračné systémy sa aplikujú iba ojedinele. Z filmotvorných náterov sú to najmä akrylátové, alkydové, alkyd-akrylátové a akryláto-polyuretánové(PUR) systémy, aplikovateľné buď vo forme vodných disperzií alebo vo forme roztokov v organickom rozpúšťadle (REINPRECHT 2008).

Náterové látky pre ošetrovanie stavebno-stolárskych výrobkov do exteriéru vrátane okien a dverí, t.j. výrobkov pri ktorých sa povoluje iba minimálne rozmerové zmeny dreva, nemusia síce vykazovať extrémnu pružnosť, no vyžaduje sa pri nich väčšia hrúbka v porovnaní s nátermi

pre ploty alebo pergoly. Hrúbka ich filmu po vyschnutí, meraná metódou 5A podľa STN ISO 2808, sa v praxi pohybuje zvyčajne nad 60 μm . Podľa STN EN 927-2 sú pre oštiehnutie okien a exteriérových dverí vhodné najmä hrubovrstvové nátery s minimálnym prienikom do dreva. Pri hrubovrstvých lazúrach schopných zachovať reliéfovú textúru dreva sa vyžaduje ich hrúbka v suchom stave min. 80 μm . Pri krycích lakoch s vysokým obsahom pigmentov na vytvorenie jednotného sfarbenia povrchu dreva sa vyžaduje ich minimálna hrúbka po vysušení aspoň 100 μm . Hrúbková erózia akrylátových náterov v extrémnom exteriéri pod uhlom 45° dosahuje aj viac ako 30 μm (MAMOŇOVÁ a REINPRECHT 2008). Lesk náterov, hodnotený podľa STN ISO 2813 od matného až po vysokolesklý, sa dá zvýšiť s ich hrúbkou, no lesk nemá zvyčajne vplyv na životnosť náteru. Naopak, z pohľadu životnosti je veľmi dôležitá krycia schopnosť náterov vo väzbe na odrážanie alebo absorbovanie UV žiarenia. Všeobecne platí, že životnosť transparentných náterov je nižšia ako pigmentovaných. Za veľmi významný faktor sa tu okrem samotnej priehľadnosti a nepriehľadnosti náteru považuje jeho farba, nakoľko nátery tmavých odtieňov viac absorbujú slnečné žiarenie. Tmavé nátery a drevo pod nimi sa viac prehrievajú niekedy až na 80 °C a z prehriateho dreva ľahko vytekajú živice. Pri dlhodobjších cyklických zmenách teploty medzi dňom a nocou sa v dreve pod tmavými nátermi i v samotných náteroch tvoria trhliny a oštiehnuté drevo s trhlinami môžu rýchlejšie napadnúť plesne, drevosfarbujúce huby i drevokazné huby. S cieľom vyhnúť sa hubovým atakom dreva a náterov je vhodné pridávať do náterov vhodné fungicídy, v súčasnosti najmä IPBC (3-jód-2-propynylbutylkarbamát), Propiconazol i iné triazoly. Z ďalších významných aditív sa do náterov pridávajú antioxidanty a sorbenty UV žiarenia, ako sú napr. fenyln-salicyláty, triazíny, hydroxybenzofenóny, hydroxyfenyl-benzotriazoly i iné (EVANS 2008, EVANS a CHOWDHURY 2010) niekedy aj v kombinácii s polyetylén glykolmi, a tiež hydrofobizátory, ako sú napr. silikónové kompozície (DONATH *et al.* 2006, MAZELA *et al.* 2010).

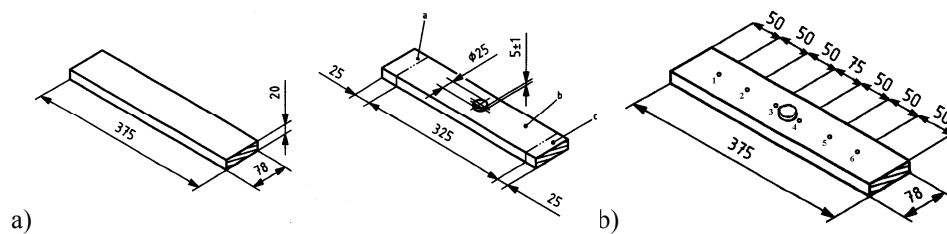
Rozmerovo stabilné stavebno-stolárske výrobky, vrátane okien a exteriérových dverí, je žiaduce upravovať takými nátermi, ktoré v dostatočnej miere zabezpečia ich rozmerovú stabilitu a ochranu pred poveternostnými vplyvmi. Tieto nátery musia byť: - dlhodobo primerane pružné a húževnaté, aby bez vzniku trhlín odolávali napr. krupobitiu alebo zmenám tvarov dreva pri väčších výkyvoch vlhkosti, - paropriepustné, aby prepúšťali nahromadené vodné pary z pod náterov do okolia, - UV-odolné, aby neumožnili narušenie lignínu v dreve, ktorý je veľmi citlivý na fotodegradačné depolymerizačné procesy, - odolné voči plesniam, drevosfarbujúcim hubám i drevokazným hubám, aby nedochádzalo k ich estetickému a funkčnému znehodnoteniu.

Cieľom vykonaných experimentov bolo posúdiť kvalitatívne parametre vybraných typov akrylátových, alkydovo-akrylátových a akryláto-polyuretánových náterových systémov aplikovaných na smrekové drevo, jednak v prirodzených exteriérových a jednak v urýchlených podmienkach starnutia. Nadväzným cieľom bolo zhodnotiť možnosti náhrady dlhodobjších skúšok prirodzeného starnutia náterov v exteriéroch formou ich krátkodobého urýchleného starnutia v Xenoteste.

MATERIÁL A METODIKA

Skúšobné telesá

Z eurohranolov smreka (*Picea abies* Karst. L.) určených k výrobe okien sa vymanipulovali skúšobné telesá bez chýb, t.j. bez hčč, živých kanálikov, biologických poškodení alebo iných defektov. Telesá pre test prirodzeného starnutia v exteriéri podľa STN EN 927-3 mali tieto rozmery (obr. 1): hrúbka v tangenciálnom smere 20 ± 2 mm, šírka v radiálnom smere 78 ± 2 mm a dĺžka v pozdĺžnom smere 375 ± 2 mm. Telesá pre test urýchleného starnutia v Xenoteste podľa modifikovanej STN EN 927-6 mali tieto rozmery: $20 \times 78 \times 90$ mm (T \times R \times L). Povrchy telies sa vybrúsili brúsnym papierom zrnitosti 120, zbavili prachu i iných nečistôt a klimatizovali pri teplote 20 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % (v zhode s STN ISO 554) na rovnovážnu vlhkosť 13 ± 2 %.



Obr. 1 Skúšobné telesá pre prirodzené starnutie (a) a 6 miest meraní farby (b).
Fig. 1 Testing samples for the natural ageing (a) and 6 places for colour measurements.

Povrchová úprava skúšobných telies nátermi

Povrchy telies smreka sa ošetrili nátermi typu vodou riediteľných lazúr viacerých firemných značiek (Adler, Glasurit, Gori, Remmers, Sikkens, Sikkens-V a Zowosan) s definovanými fyzikálno-chemickými vlastnosťami a podľa odporučených technológií (Tab. 1). Nátery, t.j. základný a vrchný, resp. od Adlera aj medzivrstva Aquawood ligno-sealer, sa nanášali na všetky povrchy telies. Základné nátery a medzivrstvy technológiou máčania, resp. vrchné nátery striekaním vysokotlakovou pumpou pri 50–70 % relatívnej vlhkosti vzduchu. Ošetrovaním všetkých povrchov telies sa malo zabrániť nežiaducim zmenám ich vlhkosti zo zadnej a bočných plôch pri skúškach starnutia. Čelá telies sa ošetrili silikónovým tmelom. V strede telies pre exteriérové starnutie sa dodatočne vytvoril lapač vody formou vyfrézovania kruhovej diery o priemere 25 mm cez náter až do samotného dreva v hĺbke 5 ± 1 mm (Obr. 1). Následne sa referenčné telesá zabalili do hliníkovej fólie a skúšobné telesá sa vystavili starnutiam.

Tab. 1 Náterové systémy a technologické parametre ich aplikácie.

Tab. 1 Painting systems and technological parameters of their application.

Typ náteru / Type of paint			Aplikácia / Application		
Náter Paint	Náterový systém Painting system	Polymér Polymer	Príjem Retention	Nánosy No. of spots	Čas sušenia Drying time
Adler	Aquawood ligno-base	Alkyd-akrylát	120 ml/m ²	1	6 h
	Aquawood ligno-sealer	Akrylát-PUR	100 ml/m ²	1	3 h
	Aquawood ligno-top	Akrylát-PUR	250 µm	1	12 h
Glasurit	Glasurit natura primer	Špec. živica	100 ml/m ²	1	6 h
	Glasurit natura finish	Akrylát	125 µm	2	6 h
Gori	Gori 356	Alkyd	100 ml/m ²	1	6 h
	Gori 890	Akrylát	125 µm	2	6 h
Remmers	Remmers GW 300	Špec. živica	100 ml/m ²	1	4 h
	Remmers LW ý00	Akrylát-PUR	125 µm	2	6 h
Sikkens	Sikkens wp562	Akrylát	120 ml/m ²	1	4 h
	Sikkens wp950	Akrylát	125 µm	2	6 h
Sikkens-V (Velux)	Sikkens wp562	Akrylát	120 ml/m ²	1	4 h
	Sikkens wf970	Akrylát	125 µm	2	6 h
Zowosan	Protec P200T2	Alkyd-akrylát	100 ml/m ²	1	4 h
	Protec P420HV	Akrylát-PUR	125 µm	2	6 h

• Podrobnejšie fyzikálno-chemické parametre náterov sa uvádzajú v ich technických listoch.

•• Príjem náterového systému sa vzťahuje na jeden nános. Príjem (aj µm) sa týka kvapalnej fázy.

Starnutie náterov

Skúšobné telesá smreka ošetrované nátermi i kontrolné bez náterov sa podrobili jednak prirodzenému starnutiu v exteriéri podľa STN EN 927-3 (Obr. 2a), a jednak urýchlenému starnutiu v Xenoteste podľa modifikovanej STN EN 927-6 (Obr. 2b).

Prirodzené starnutie telies v exteriéri sa vykonalo v špeciálnych stojanoch umiestnených na terase TU Zvolen vo výške 300 m n.m. od 1.5.2009, pri južnej orientácii, pod uhlom 45°, po dobu 3, 6 a 9 mesiacov (Obr. 2a).

Urýchlené starnutie telies sa vykonalo v Xenoteste Q-SUN Xe-1-S (Q-Lab Corporation, USA) so xenónovou výbojkou výkonu 1800 W a s rozprašovačom destilovanej vody. Výbojka v Xenoteste je obklopená svetelným a tepelným filtrom na simuláciu denného svetla, so senzorom na UV žiarenie s vlnovou dĺžkou 340 nm, typ UVA-340. Urýchlené starnutie prebiehalo v troch týždňových cykloch, t.j. celkovo 3 týždne (Obr. 2b). Týždňový 168 h cyklus pozostával z 1 A-etapy v trvaní 24 h a zo 48 B-etáp v trvaní (48×3 h) 144 h:

A-etapa → telesá bez UV žiarenia v tme pri teplote 45 ± 3 °C a bez postreku vodou,

B-etapa → telesá vystavené najskôr UV žiareniu s radiáciou $0,55 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ pri teplote 50 °C po dobu 2,5 h a následne postrekované destilovanou vodou v tme pri teplote 20 °C v dobe 0,5 h.



Obr. 2 Starnutie telies v exteriéri po 9 mesiacoch (a) a v Xenoteste po 3 týždňoch (b).
Fig. 2 Ageing of samples in exterior after 9 months (a) and in Xenotest after 3 weeks (b).

Meranie farby

Farba náterov sa hodnotila pomocou kolorimetra Color reader CR-10 (Konica Minolta, Japan). Použitý bol D65 zdroj svetla a priemer zbernej snímanej plochy na telese bol 8 mm. Na každom z telies pre prirodzené starnutie sa vykonalo 6 meraní farby (Obr. 1b) po 0, 3, 6, 9 a 12 mesiacoch, t.j. celkovo 30 meraní. Osobitne sa hodnotili farebné zmeny: – v blízkosti lapača vody v zberných miestach č. 3 a 4 (W), s miestami bez vplyvu lapača vody v zberných miestach č. 1, 2, 5 a 6 (O) (Obr. 1b, Tab. 2). Na každom telese exponovanom v Xenoteste sa vykonali 4 merania po 0 a 3 týždňoch, t.j. celkovo 8 meraní.

Na určenie farebného odtieňa a svetlosti sa použil CIE- $L^*a^*b^*$ farebný koordinačný systém (podľa CIE – Commission Internationale de l’Eclairage) podľa STN ISO 7724, založený na meraní troch parametrov: L^* – svetlosť od 100 pre bielu po 0 pre čiernu, a^* – chromatická súradnica s odtieňom medzi červenou a zelenou, b^* – chromatická súradnica s odtieňom medzi žltou a modrou. Z rozdielu parametrov ΔL^* , Δa^* , Δb^* stanovených pre starnuté teleso

a referenčné teleso (zabalené v hliníkovej fólii) sa vypočítala farebná odchýlka ΔE^* – Euklidovská vzdialenosť podľa nasledujúcej rovnice (CIE 1986):

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

Malé farebné zmeny náterov existujú pri $\Delta E^* \leq 2$, zjavnejšie farebné zmeny pri ΔE^* od 2 do 12, zatiaľ čo pri $\Delta E^* > 12$ sú farebné zmeny už veľmi výrazné.

Merania vzhľadu, tvrdosti a adhézie

Zmeny v celkovej kvalite náterov sa hodnotili len pre telesá podrobené prirodzenému starnutiu v exteriéri.

Vzhľad náterov po starnutí sa zisťoval vizuálne používajúc lupu s 10-násobným zväčšením na základe trhlínok v náteroch, odlupovania náterov a zamodrania dreveného podkladu. Tieto defekty sa hodnotili iba v najbližšom okolí lapača vody, konkrétne vo vzdialenosti 50 mm smerom hore a dole od jeho okraja (Obr. 1). Hustota defektov (m: 1–5) a ich veľkosť (g: 1–5) sa kvantifikovala podľa STN 91 0272.

Tvrdosť náterov sa stanovila metódou zistenia vrypu od ceruzky s najnižším číslom 1–13, t.j. s najnižšou tvrdosťou v sade 3B – 9H, podľa STN 67 3075.

Adhézia, resp. príľnavosť, náterov k podkladu sa stanovila podľa STN ISO 2409. Náter nanosený na smrekové telesá sa narezal skalpelom 2×6 na seba kolmými rezmi vo vzdialenosti 2 mm, následne sa na narezaný náter prilepila lepiaca páska, ktorá sa odtrhla pod uhlom 90° . Adhézna sila sa kvantifikovala stupňami od 0 do 5 (LIPTÁKOVÁ 2001), keď pri 0. stupni nedochádza k odlúpnutiu náteru, pri 3. stupni sa náter odlúpi z 15–35 % plochy, resp. pri 5. stupni sa náter odtrhne z plochy väčšej ako 65 %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zmeny farby náterov na telesách smreka po ich prirodzenom starnutí v trvaní 1, 3 a 9 mesiacov, a to mimo lapačov vody (v zberných miestach č. 1, 2, 5 a 6 – Obr. 1b) i v blízkosti lapačov vody (v zberných miestach č. 3 a 4 – Obr. 1b), resp. po ich modelovom starnutí v Xenoteste po dobu 3 týždňov, sa vyhodnotili formou ΔL^* , Δa^* , Δb^* i ΔE^* (Obr. 3, Tab. 2). Vplyv lapača vody na zmeny parametra ΔE^* sa dokumentuje v tab. 2.

Nátery „Adler“, „Gori“ a „Zowosan“ s odtieňom pínia mali na začiatku testov starnutia sfarbenie viac do červenkasto-žltších odtieňov (viď pomerne vyššie hodnoty a^* i b^* – pri 0 mesiaci) a boli aj mierne tmavšie (viď pomerne nižšie hodnoty L^* – pri 0 mesiaci) ako ostatné typy nepigmentovaných náterov (Tab. 2).

Vplyvom starnutí sa svetlosť náterov L^* znižovala (Obr. 3). Iba pri nátere „Gori“ sa svetlosť mierne zvýšila v exteriéri ($\Delta L^* = 4,9$ po 3 mesiacoch, $\Delta L^* = 2,1$ po 9 mesiacoch), resp. v Xenoteste klesla iba minimálne s $\Delta L^* = -0,55$. Svetlosť ďalších náterov s odtieňom pínia „Adler“ a „Zowosan“ mierne klesla v Xenoteste s $\Delta L^* = -2,2$ a $-1,7$, resp. zjavnejšie v exteriéri s $\Delta L^* = -4,9$ až -9 . Pri ostatných nepigmentovaných náteroch sa svetlosť znížila už výraznejšie, keď hodnoty ΔL^* po starnutí v exteriéri boli od $-7,4$ do -15 , resp. po starnutí v Xenoteste od $-4,6$ do $-11,1$. Najvýraznejší pokles svetlosti sa však zaznamenal pri kontrolných telesách bez náteru s $\Delta L^* =$ od $-11,6$ v Xenoteste po $-24,7$ pri 9 mesačnej expozícii v exteriéri (Obr. 3).

Farba náterov medzi červenou a zelenou sa pri starnutiach posúvala zvyčajne k červenším odtieňom, čomu odpovedal nárast hodnôt Δa^* (Obr. 3). Hodnoty Δa^* sa pre väčšinu náterov vplyvom prírodných starnutí zvýšili o 0,54 až 8,3, resp. v Xenoteste o 0,1 až 4,8. Iba telesá s náterom „Gori“, resp. v Xenoteste aj s náterom „Zowosan“, nadobudli po starnutí viac sivozelené odtiene, t.j. s miernym poklesom hodnoty Δa^* v Xenoteste o $-0,63$ a $-0,82$, resp. pre „Gori“ v exteriéri o -3 až $-4,2$. Očakávaný bol pokles hodnoty Δa^* pre kontrolné telesá bez náteru po prírodnom starnutí ($\Delta a^* = -1$ až -4), keďže na ich povrchy sa môžu v exteriéri ľahko adsorbovať sadze, prach alebo iné nečistoty s odtieňmi sivo-zelenkastej farby (Obr. 3).

Tab. 2 Hodnoty ΔE^* pre nátery po prirodzenom starnutí v čase 3, 6 a 9 mesiacov bez vplyvu lapača vody (O) a s vplyvom lapača vody (W), a tiež ich rozdiel ($\Delta E^*_{-W} - \Delta E^*_{-O}$).

Tab. 2 ΔE^* values for paints after natural ageing during 3, 6 and 9 months without (O) and with influence of the water catcher (W), and also their difference ($\Delta E^*_{-W} - \Delta E^*_{-O}$).

Náter / Paint	ΔE^*_{-O}			ΔE^*_{-W}			$(\Delta E^*_{-W} - \Delta E^*_{-O})$		
	mesiac / month			mesiac / month			mesiac / month		
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
Adler	8,53	8,64	6,43	9,33	10,91	10,23	0,80	2,27	3,80
Glasurit	16,35	14,98	14,08	18,32	16,86	19,88	1,97	1,88	5,80
Gori	6,50	3,98	3,87	6,66	5,91	5,10	0,16	1,93	1,23
Remmers	14,37	14,10	10,83	20,84	21,32	30,57	6,47	7,22	19,74
Sikkens	13,91	17,52	14,63	15,23	19,48	17,64	1,32	1,96	3,01
Sikkens-V	20,44	15,50	17,33	14,11	15,12	16,58	-6,33	-0,38	-0,75
Zowosan	11,70	13,12	12,69	14,28	20,25	18,10	2,58	7,13	5,41
Kontrola - bez náteru	15,10	21,40	30,31	16,73	30,82	33,25	1,63	9,42	2,94

0 – mesiac	Adler	Glasurit	Gori	Remmers	Sikkens	Sikkens-V	Zowosan	Kontrola
L*	68,70	82,30	56,80	81,55	83,20	82,50	71,45	84,65
a*	11,95	3,95	17,15	1,50	3,70	4,45	17,75	0,95
b*	36,05	28,45	41,25	37,65	25,10	25,00	58,55	23,60

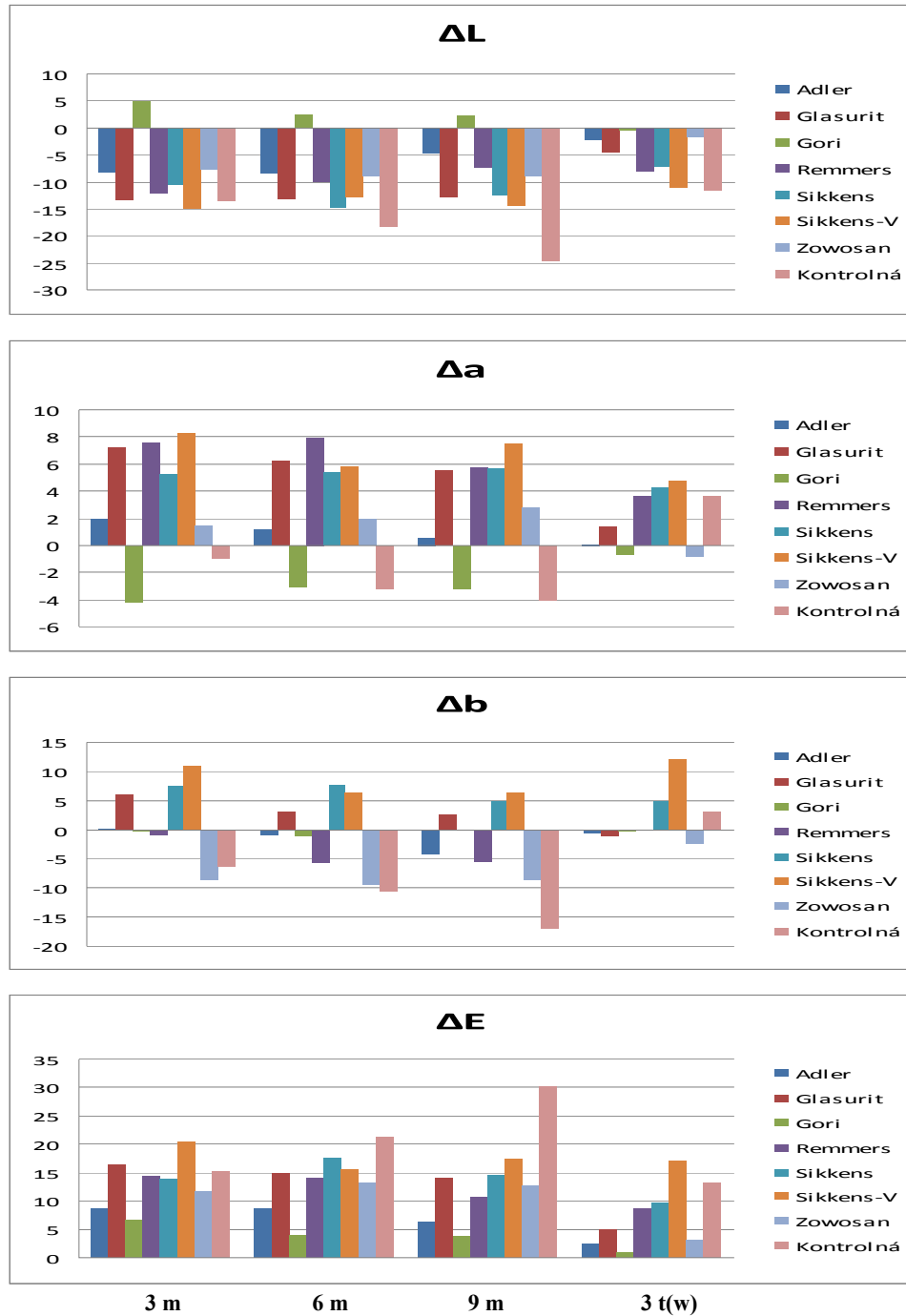
• Hodnoty ΔE^* sú aritmetické priemery zo 4 telies, t.j. zo 16 meraní bez vplyvu lapača vody (O) a z 8 meraní v blízkosti lapača vody (W), celkove z 24 meraní – vid' Obr. 1b.

•• Hodnoty L*, a*, b* pred starnutím v 0 mesiaci sú aritmetické priemery z 24 meraní.

Zmeny farebných odtieňov medzi žltou a modrou definované hodnotou Δb^* neboli pri väčšine náterov vplyvom starnutí jednoznačné (Obr. 3). Iba nátery „Sikkens“ a „Sikkens-V“ vplyvom prírodných i urýchleného starnutia zjavnejšie zožltli ($\Delta b^* = 5$ až 12,1), resp. náter „Zowosan“ i kontrolné telesá bez náteru v exteriéri zjavnejšie zmodrali ($\Delta b^* = -6,3$ až -17). Všeobecne sa zistilo, že s predĺžením času prírodného starnutia sa žltnutie oslabovalo a/alebo modranie zosilňovalo, t.j. parameter Δb^* sa znižoval a/alebo sa dostával do viac záporných hodnôt. Tento efekt možno opäť, t.j. ako pri parametri Δa^* , pripísať zvýšenej adsorpcii nečistôt na povrchu náterov a tiež neošetrených telies smreka s časom prirodzeného starnutia. Pri neošetrených telesách možno tento efekt v zhode s poznatkami prác SHARRATTA *et al.* (2009), GRÜLLA *et al.* (2010) ale aj iných pripísať tiež vylúhovaniu žltó-červenkastých fotooxidovaných produktov lignínu z povrchu telies, ktoré sa tým sfarbili do sivasta (Obr. 3).

Z výsledkov celkovej zmeny farby náterov po starnutí je zrejmé, že farba sa najmenej zmenila pri náteroch „Gori“ < „Adler“ < „Zowosan“ pigmentovaných na pínii, pri ktorých sa stanovila hodnota ΔE^* v exteriéri od 4 do 13,1, resp. v Xenoteste od 0,9 do 3,0. Farebné zmeny telies ošetrených s nepigmentovanými nátermi boli už väčšie, keď v exteriéri ich hodnota ΔE^* narástla približne až o 15 ± 4 (avšak bez zjavnejšieho efektu času starnutia na jej veľkosť), resp. v Xenoteste od 4,9 pre náter „Glasurit“ až po 17,1 pre náter „Sikkens-V“. Farebné zmeny kontrolných telies bez náteru s časom prirodzeného starnutia narástli dokonca až na hodnotu $\Delta E^* = 30,3$ (Obr. 3, Tab. 2).

Vplyv lapača vody na intenzitu zmeny farby náterov (resp. smrekového dreva pod nátermi) sa zvyšoval s časom ich prirodzeného starnutia od 3 do 9 mesiacov (Tab. 2). Najlepšiu farebnú stabilitu nátermi ošetrených telies v blízkosti lapača vody zaistil náter „Gori“ s pomerne najmenším rozdielom ($\Delta E^*_{-W} - \Delta E^*_{-O} = 1,23$) po 9 mesiacoch. Pri nátere „Sikkens-V“ sa zistila síce ešte nižšia diferenciacia $-0,75$, no tento náter už po 3 mesiacoch vykázal zjavnejšiu farebnú diferenciaciu $-6,33$, ktorá vyplývala z jeho výraznej zmeny farby mimo lapača. Dobrú farebnú ochranu zón dreva v oblasti lapača vody zaistili aj nátery „Sikkens“ a „Adler“. Naopak, najhoršiu stabilitu farby pri lapačoch vody mal náter „Remmers“ s vysokou hodnotou ($\Delta E^*_{-W} - \Delta E^*_{-O} = 19,74$) po 9 mesiacoch (Tab. 2).



Obr. 3 Zmeny farby náterov určené na základe hodnôt ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* .
 Fig. 3 Colour changes of paints assigned on the basis of ΔL^* , Δa^* , Δb^* , and ΔE^* values.

V práci zistená kinetika farebných zmien náterov v čase, t.j. výraznejšia v prvých mesiacoch prirodzeného starnutia pod uhlom 45°, je v dobrej zhode s prácami iných autorov pojednávajúcich o prirodzenom a umelom starnutí dreva bez náterov i ošetreného protipoveternosťnými nátermi alebo pigmentmi (GOKTAS *et al.* 2009, GRÜLL *et al.* 2010).

Intenzívnejšie farebné zmeny náterov (resp. smrekového dreva pod transparentnými nátermi) na začiatku prírodných starnutí sú v zhode aj s prácami o zmenách farby rôznych druhov dreva počas ich rôznych technologických operácií, napr. pri vysokoteplotnom alebo kontaktnom sušení (KLEMENT a MARKO 2008), termických úpravách na výrobu Termodreva (YILDIZ *et al.* 2010) alebo farebnej egalizácii počas hydrotermických úprav parením a varením (HORVÁTH 2000, TOLVAJ *et al.* 2010). Aj tu sa farba dreva mení najintenzívnejšie v prvých fázach technologickej operácie. Napríklad TOLVAJ *et al.* (2010) pri parení agáta (*Robinia pseudoacacia* L.) pri teplote 110 °C stanovili exponenciálny pokles jeho svetlosti ($\Delta L^* = 50$ po 4 h), pričom ďalej až do 22 h parenia sa jeho svetlosť už nemenila.

Modelovanie dlhodobých prírodných starnutí telies smreka v exteriéri (kde okrem UV žiarenia a vody pôsobia aj nečistoty a hubové organizmy) pomocou urýchlených starnutí v Xenoteste sa ukázalo viac prijateľné pre drevo ošetrené nátermi ako pre neošetrené. Vysvetliť to možno skutočnosťou, že na drevo bez náterov sa v exteriéri viac adsorbujú sadze, prach a exhaláty a ľahšie ho atakujú aj huby. Tento poznatok je v zhode s prácou GRÜLLA *et al.* (2010).

Defekty v náteroch vzniknuté po 3, 6 a 9 mesiacoch prirodzeného starnutia pod uhlom 45°, t.j. defekty typu trhlín, odlupovania a zamodrania v blízkosti lapačov vody, ako aj zmenenej tvrdosti a adhézie, sa dokumentujú v Tab. 3.

Tab. 3 Defekty a kvalitatívne parametre náterov po prirodzenom starnutí v trvaní 3, 6 a 9 mesiacov (trhliny a zamodrania hodnotené pri lapačoch vody).
Tab. 3 Defects and qualitative parameters of paints after natural ageing during 3, 6 and 9 months – (cracks and blue-staining valued at the water catchers).

Náter / Paint	Trhliny / Cracks (m-g)			Modranie / Bluing (m-g)			Tvrdosť / Hardness (1-13)				Adhézia / Adhesion (0-5)			
	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m	9 m	0 m	3 m	6 m	9 m	0 m	3 m	6 m	9 m
Adler	1-1	1-3	2-4	1-1	1-2	1-2	8	7	7	4	0	0	0	0
Glasurit	1-1	1-2	2-2	1-1	2-2	2-4	4	4	3	3	0	0	3	3
Gori	1-1	1-1	1-2	1-1	1-1	1-1	7	7	8	8	0	0	0	0
Remmers	1-1	1-2	2-3	3-2	3-3	4-5	7	7	4	4	0	2	3	3
Sikkens	1-1	1-2	2-2	1-2	2-2	3-3	3	3	2	2	0	0	0	0
Sikkens-V	1-1	1-1	1-2	2-2	3-3	3-4	6	6	3	2	0	0	1	1
Zowosan	1-1	1-1	2-2	1-1	2-2	3-3	7	7	7	7	0	0	0	0

• Uvádzané hodnoty sú aritmetické priemery zo 4 telies, t.j. pri trhlinách a modraní zo 4 meraní (1 meranie na jednom telese pri lapači vody), resp. pri tvrdosti a adhézii z 8 meraní (2 merania na jednom telese cca 15 mm od obidvoch čiel).

•• Parameter (m-g) vyjadruje hustotu (m) a veľkosť (g) defektov (od 1-1 po 5-5).

••• Odlupovanie náterov sa vplyvom starnutia nezistilo, t.j. parameter (m-g) bol vždy 1-1.

Vplyvom exteriérových starnutí nedošlo ani pri jednom type náteru k jeho odlupovaniu v blízkosti lapača vody.

Trhliny pri lapačoch sa začali tvoriť až po 6-9 mesiacoch, pričom pomerne najvyššiu odolnosť voči vzniku trhlín vykázali nátery „Gori“ a „Sikkens-V“. Výrazne väčšie, aj keď iba ojedinelé trhliny v telesách ošetrených náterom „Adler“, ktoré sa zistili pri všetkých 4 telesách po 9 mesačnom starnutí, možno pripísať jeho horšej paropriepustnosti s podielom medzivrstvy iného typu ako vrchná vrstva (Tab. 1), ale nemožno úplne vylúčiť aj iné faktory, napr. blízkosť cinkového spoja pri vodnom lapači.

Zamodranie smrekových telies pri lapačoch vody sa najrýchlejšie a najvýraznejšie prejavilo pri nátere „Remmers“. Príčinou je zrejme jeho skladba iba s nižším podielom (0,3 % IPBC) fungicidu, a to len v jeho základnom nátere. Zjavnejšie zamodranie telies po 9 mesiacoch starnutia sa prejavilo taktiež pri náteroch „Glasurit“, „Sikkens“ a „Zowosan“.

Tvrdosť náterov sa vplyvom starnutia zvyčajne znižovala. Zjavnejšie poklesy tvrdosti sa stanovili pri náteroch typu „Sikkens–V“ a „Remmers“ už po 6 mesiacoch starnutia, resp. pri nátere „Adler“ po 9 mesiacoch starnutia. Najstabilnejším sa ukázal náter „Zowosan“, ktorý si počas 9 mesiacov starnutia zachoval pôvodnú pomerne vysokú tvrdosť č. 7. Stabilitu voči zmenám tvrdosti mal aj náter „Gori“ iba s miernym nárastom tvrdosti z č. 7 na 8, ako aj nátery „Glasurit“ a „Sikkens“ s miernym poklesom tvrdosti z č. 4 na 3, resp. z č. 3 na 2.

Tvrdsie nátery sú odolnejšie voči poškrabaniu nechtami, kľúčmi alebo ľadovcom. Naopak mäkkšie nátery sú obvykle pružnejšie, s predpokladom, že ich adhézia k podkladu bude trvalo dobrá. Táto hypotéza sa však nepotvrdila pri nátere „Glasurit“, ktorý podobne ako tvrdší náter „Remmers“ vykázal už po 6 mesiacoch starnutia zjavný pokles príľnavosti. Príľnavosť ostatných náterov bola výborná, resp. pri nátere „Sikkens–V“ sa po starnutí znížila iba minimálne.

Tvorbu defektov v alkydových a akrylátových náteroch, resp. priamo v povrchoch ošetrovaného dreva, ktoré vznikajú pri starnutí drevárskych výrobkov možno znížiť metódami prvej chemickej alebo termickej modifikácie dreva s cieľom zvýšiť jeho rozmerovú stabilitu. Vyššou stabilitou a odolnosťou voči poveternosti sa vyznačuje napr. povrchovo upravené acetylované drevo (BONGERS *et al.* 2005).

Pri komplexnom zhodnotení farebnej stálosti a tvorby defektov v náteroch pri ich exteriérovom starnutí sa ako najstabilnejším ukázal kombinovaný „alkyd + akrylát“ náterový systém „Gori“, a naopak najmenej stabilným kombinovaný „špeciálna živica + akrylát-PUR“ náterový systém „Remmers“. Uvedený poznatok sa však vzťahuje iba na konkrétne kompozície náterov, pri konkrétnych technologických podmienkach ich aplikácie (Tab. 1). Na výslednú kvalitu polymérnych náterov mohol mať významný vplyv popri ich chemickej štruktúre aj prídavok aditív, napr. typ a množstvo fungicidov. Znamená to, že iné typy náterov od vyššie uvedených výrobcov, ktoré neboli odskúšané v tejto práci, môžu mať aj diametrálne inú kvalitu a stabilitu na povrchu dreva.

ZÁVER

K významným kvalitatívnym parametrom drevených okien a exteriérových dverí patrí okrem ich dostatočne vysokého tepelného odporu, nepriepustnosti pre zrážky a vietor, zvukovej izolácie a tvarovej stability, i iných ukazovateľov spojených hlavne s ich konštrukciou a základnou materiálovou skladbou, tiež otázka ich vhodnej povrchovej úpravy. Správnou povrchovou úpravou sa dá výrazne predĺžiť životnosť drevených okien a dlhodobo zvýšiť aj ich esteticko-funkčná kvalita.

Farba a jej stabilita na drevených oknách je dominantná z estetického hľadiska. Defekty v povrchovej úprave vzniknuté počas expozície, ako je znížená príľnavosť a odlupovanie náterov, výrazné zníženie tvrdosti alebo naopak zvýšenie krehkosti náterov, ale aj tvorba trhliniek a zamodranie dreva pod nimi sú dominantné už aj z funkčného hľadiska.

Výsledky experimentov z prirodzeného a urýchleného starnutia 7 typov náterov ukázali, že farebná stabilita hodnotená podľa CIE- L*a*b* systému na základe hodnôt ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* bola lepšia pri troch náteroch pigmentovaných na odtieň pínia (Gori, Adler, ale čiastočne aj Zowosan), ako pri ostatných štyroch transparentných náteroch (Remmers, Glasurit, Sikkens a Sikkens–V) pri ktorých sa sledoval zjavnejší prechod do tmavších a červenkasto-žltších odtieňov. Významné farebné zmeny náterov nastali už po 3-mesiacoch prirodzeného starnutia pod uhlom 45° od 1. 5. 2009 do 1. 8. 2009 a s ďalším starnutím v dobe 6 a 9 mesiacov sa ich farebnosť menila už iba mierne. Väčšie farebné zmeny s predlžovaním času starnutia nastali iba pri lapačoch vody, aj to iba pri menej farebne stabilných náteroch a náteroch s nižšou odolnosťou voči hubovým organizmom (Remmers, resp. aj Zowosan a Glasurit). Starnutie náterov v exteriéri pokračuje ďalej a stále ich hodnotíme, t.j. zhodnotili sa po 1 roku a následne v 1/2 ročných intervaloch sa budú hodnotiť až do 5-teho roku.

Farebné zmeny náterov po prirodzenom starnutí v trvaní 3, 6 a 9 mesiacov boli väčšie ako ich farebné zmeny po urýchlenom starnutí v Xenoteste v trvaní 3 týždňov. Základná

tendenčnosť v charaktere a intenzite zmien farby po expozícii v Xenoteste sa však pri väčšine náterov (t.j. až na Zowosan) stotožnila so zmenami ich farby v exteriéri.

Tvorbe defektov počas prirodzeného starnutia najlepšie odolával náter „Gori“. Identifikovalo sa pri ňom najmenej trhlín a zamodraní v blízkosti lapačov vody, resp. zmeny jeho tvrdosti boli len minimálne. Základ náteru „Gori“ pozostával z alkydového systému Gori 356 s dostatočným podielom fungicídov (0,3 % IPBC; 0,9 % Propiconazol; 0,3 % Tebuconazol) a jeho vrchná vrstva pozostávala z akrylátového systému Gori 890 s adekvátnym podielom fungicidu (0,3 % IPBC).

LITERATÚRA

- BONGERS, F., CREEMERS, J., KATTENBROEKER, B., HOMAN, W. 2005. Performance of coatings on acetylated Scots pine after more than nine years outdoor exposure. In: Wood Modification - Processes, Properties and Commercialisation, Gottingen - Germany, p. 125–129.
- CIE 1986. Colorimetry. 2nd Edition, CIE Pub. No. 15.2. Commission Internationale de l'Éclairage, Vienna, 74 p.
- DONATH, S., MILITZ, H., MAI, C. 2006. Creating water-repellent effect on wood by treatment with silanes. Holzforschung, 2006, 60(1): 40–46.
- EVANS, P. D. 2008. Weathering and photo-degradation of wood. In: Development of Wood Preservative Systems, ACS Washington DC – USA, 2008, p. 69–117.
- EVANS, P. D., CHOWDHURY, M. J. 2010: Photostabilization of wood with higher molecular weight UV absorbers. In: The International Research Group on Wood Protection, 41st Conference in Biarritz – France, IRG/WP10-30524, 17 p.
- GOKTAS, O., OZEN, E., DURU, M. E., ALMA, M. H. 2009. Determination of the color stability of an environmentally-friendly stain from saffron (*Crocus sativus* L.) extracts under UV exposure. Wood Research, 2009, 54(4): 111–118.
- GRÜLL, G., PODGORSKI, L., TRUSKALLER, M., SPITALER, I., GEORGES, V., BOLLMUS, S., STEITZ, A. 2010. Performance of selected types of coated and uncoated modified wood in artificial and natural weathering. In: The International Research Group on Wood Protection, 41st Conference in Biarritz – France, IRG/WP10-40510, 18 p.
- HORVÁTH, S. E. 2000. Temperature and steaming time dependence of the lightness change of black locust wood by steaming. Soproni Egyetem Tu. Kozl. Hungary 46: 179–189.
- KLEMENT, I., MARKO, P. 2008. Zmena farby bukového dreva v procese sušenia. (Changes of colour of wood during its drying). Acta Facultatis Xylogiae Zvolen, L(1): 47–53.
- LIPTÁKOVÁ, E. 2001. Povrchová úprava. Návod na cvičenia. Zvolen: TU vo Zvolene, 2001. 179 p.
- MAMOŇOVÁ, M., REINPRECHT, L. 2008. Štruktúra a farba akrylátových náterov po ročnej expozícii v exteriéri a interiéri. (Structure and color of acrylate coatings after outer and inner 1-yearlong exposition). In: Interaction of Wood with Various Forms of Energy, Zvolen: TU in Zvolen, 2008, p. 91–97.
- MAZELA, B., RATAJCZAK, I., WICHLACZ-SZENTNER, K., HOCHMAŇSKA, P. 2010. Silicon compounds as additives improving alkyd-based wood coatings performance. In: The International Research Group on Wood Protection, 41st Conference in Biarritz – France, IRG/WP10-40531, 7 p.
- NORMY: STN ISO 554, STN ISO 2409, STN ISO 2808, STN ISO 2813, STN ISO 7724, STN ISO 15686-1, STN EN 927-2, STN EN 927-3, STN EN 927-6, STN 67 3075, STN 91 0272.
- REINPRECHT, L. 2007. Hlavné typy poškodení drevených výplňových prvkov /okien a dverí/ a ich diagnóza s väzbou na obnovu a výmenu. (The main damages of wooden facade elements /windows and doors/ and their diagnosis with the aim on their renovation or exchange). In: Okná a dvere pri obnove pamiatok. Spolok Banskej Štiavnice '91 - Slovakia, 2007, p. 113–119.
- REINPRECHT, L. 2008: Ochrana dreva. Vysokoškolská učebnica. Zvolen: TU vo Zvolene, 2008, 453 p.
- SHARRATT, V., HILL, C. A. S., KINT, D. P. R. 2009. Colour change monitoring of photodegradation in Scots pine (*Pinus sylvestris*) – a short term focus. In: The International Research Group on Wood Protection, 40th Conference in Beijing – China, IRG/WP09-40442, 15 p.
- TOLVAJ, L., MOLNÁR, S., NÉMETH, R., VARGA, D. 2010. Color modification of black locust depending on the steaming parameters. Wood Research, 2010, 55(2): 81–88.
- YILDIZ, S., YILDIZ, Ü. C., TOMAK, E. D. 2010. The effects of natural weathering on the properties of heat treated alder wood. In: The International Research Group on Wood Protection, 41st Conference in Biarritz – France, IRG/WP10-40484, 19 p.

PodĎakovanie

Autori vyjadrujú poĎakovanie grantovej agentúre Slovenskej republiky (Grant VEGA č. 1/0421/10) za finančnú podporu pri spracovaní tejto vedeckej práce.

Adresa autorov

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc.
Ing. Ján Baculák
Ing. Miloš Pánek, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta - Katedra mechanickej technológie dreva
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
reinpret@vsld.tuzvo.sk

