

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
DREVÁRSKA FAKULTA**



NÁBYTOK A VÝROBKY Z DREVA 2018

Medzinárodný vedecko-odborný seminár

2018

NÁBYTOK A VÝROBKY Z DREVA 2018
Medzinárodný vedecko-odborný seminár



Recenzenti: prof. Ing. Ján Sedliačik, PhD.
doc. Ing. Pavol Joščák, CSc.
prof. Ing. Juraj Veselovský, CSc.

Editor: Ing. Nadežda Langová, PhD.
Rozsah: 109 strán
Vydanie: I. – október 2018
Tlač: Vydavateľstvo TU Zvolene
Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Za obsah príspevkov zodpovedajú autori a recenzenti. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Určené pre účastníkov medzinárodného vedecko-odborného semináru „Nábytok a výrobky z dreva 2018“, ktorý sa konal 18. októbra 2018 a bol zorganizovaný v rámci riešenia grantového projektu VEGA č.1/0626/16: Mechanická odolnosť lepených drevných kompozitov proti dynamickému namáhaniu a projektu APVV-14-506: Zníženie emisie formaldehydu z dosiek na báze dreva environmentálnou progresívnou modifikáciou polykondenzačných lepidiel biopolymérmi z kožiarskych odpadov, prírodnými nanoplňivami, aditívami a aktivátormi.

© Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-3089-8

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH

Zdeněk Holouš , Eliška Máchová PROČ ZKOUŠET NÁBYTEK	6
Peter Aponyi , Anton Staviščák NÁVRH KONŠTRUKCIÍ ČALÚNENÉHO NÁBYTKU V SÚVISLOSTI S KONCEPTOM PRIEMYSEL 4.0.....	10
Hana Pařilová , Veronika Matochová , Vladimír Bajzík STÁRNUTÍ POLYURETANOVÝCH PĚN.....	21
Anna Vilhanová , Marcela Cieslarová GRAVÍROVANIE VYBRANÝCH TYPOV USNÍ CO ₂ LASEROM	30
Denisa Lizoňová GEOMETRICKÉ FAKTORY VYUŽÍVANÉ PRI NAVRHOVANÍ NÁBYTKU.....	35
Nadežda Langová , Pavol Joščák VPLYV ZVÝŠENEJ HMOTNOSTI POUŽÍVATEĽA NA VEĽKOSŤ KONŠTRUKČNÝCH PRVKOV SEDACIEHO NÁBYTKU	42
Jozef Fekiač VPLYV PERFORÁCIÍ NA ZMENU OHYBOVÝCH VLASTNOSTÍ DVOJVRSTVOVÉHO MATERIÁLU Z DÝH	52
Anna Vilhanová , Jozef Gáborík VPLYV ZNÍŽENIA HMOTNOSTI PREGLEJOVANEJ DOSKY NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI	62
Ladislav Dzurenda NETRADIČNÉ FAREBNÉ ODTIENE DREVA ROZTRÚSENO PÓROVITÝCH LISTNATÝCH DREVÍN NADOBUDNUTÉ PROCESOM TERMICKEJ ÚPRAVY SÝTOU VODNOU PAROU	67
Jiří Stádník , Michaela Večeřová , Daniela Tesařová VZTAH PEVNOSTI VOLNÝCH NÁTĚROVÝCH FILMŮ V TAHU A VLASTNOSTÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV	73
Gabriela Slabejová , Mária Šmidriaková , Ivan Vozaf KVALITA POVRCHOVEJ ÚPRAVY NÁBYTKOVÝCH DVIEROK.....	82
Zuzana Vidholdová , Gabriela Slabejová PÔSOBENIE STUDENÝCH KVAPALÍN NA POVRCHOVO UPRAVENÉ TERMODREVO	88
Petr Čech , Jiří Stádník THE LEATHERS USED FOR UPHOLSTERY FURNITURE PRODUCTION LIKE SOURCE VOC EMISSIONS.....	99
Beata Fabisiak , Robert Kłos DUAL STUDIES AS A NEW EDUCATIONAL BACKGROUND FOR THE MODERN FURNITURE INDUSTRY.....	108

PROČ ZKOUŠET NÁBYTEK

Zdeněk Holouš, Eliška Máchová

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení

Abstrakt:

Proč zkoušet nábytek. Nábytek obecně nepatří do skupiny stanovených výrobků a nepodléhá tedy povinnosti povinného zkoušení a hodnocení výrobků a výrobce nemá povinnost prokázat shodu s určenými normami, přesto je mnoho důvodů proč nábytek podrobit zkouškám podle platných technických norem. Prokázáním shody s těmito normami v akreditované zkušební laboratoři je však nejlepší způsob, jak předcházet škodám či újmě ať majetkové či na zdraví uživatele výrobku a zároveň slouží i k zachycení nebezpečného výrobku dodávaného na trh Evropské unie z nečlenských států. Jednou z akreditovaných zkušebních laboratoří je i Zkušebna nábytku Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně, která se zabývá mechanickými zkouškami nábytku, zkoušením povrchových úprav a emisí těkavých organických látek.

Klíčová slova: zkoušení nábytku, bezpečnost výrobků, akreditovaná zkušebna.

ÚVOD

Nábytek všeobecně nepatří do skupiny výrobků, pro které se v Evropské unii (dále jen EU) stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh, jako například stavebně truhlářské výrobky. Neznamená to ovšem, že nábytek uváděný na trh nemusí splňovat požadavky vyplývající především z požadavků na bezpečnost a předpisů EU a jednotlivých členských států, dále států a přidružených států zemí Evropského sdružení volného obchodu (např. Švýcarsko, Norsko atd.) V článku se snažíme popsat hlavní důvody proč nábytek zkoušet a seznámíme v krátkosti se Zkušebnou nábytku Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně.

Proč zkoušet nábytek?

Bezpečnost

Podle Směrnice Evropského parlamentu a rady 2001/95/ES o obecné bezpečnosti výrobků a dalších směrnic, které jsou implementovány do zákonných předpisů jednotlivých zemí, citují: „výrobce, dovozce a distributor je povinen uvádět na trh jen bezpečné výrobky“. Obecně je za bezpečný výrobek považován ten který splňuje požadavky zvláštního právního předpisu (promítnuto komunitární právo ES¹). Jestliže není, považuje se za bezpečný výrobek ten, který je ve shodě:

- s právním předpisem státu (národní právní předpis, tedy zákony a vyhlášky), nelze-li využít tak
- s národní technickou normou zavádějící evropskou normu (EN, EN ISO), není-li tak
- s národní českou technickou normou (např. ČSN, STN, DIN apod.).

Jak bylo uvedeno, nábytek nepatří do skupiny stanovených výrobků a národní technické normy nemusí být pro nábytek obecně závazné, ale dodržování platných technických norem je jedním ze způsobů, jak předcházet škodám a újmě na zdraví uživatele.

¹ termín používaný jako označení právního systému Evropského společenství, nyní má právní subjektivitu Evropská unie

Dobře to vystihuje právní expertiza, Právnické fakulty Palackého university v Olomouci, citují: „Ten, kdo trpí stav, který je v rozporu s ustanoveními českých technických norem, si nepočíná tak, aby předcházel škodám“, která dobře ilustruje důvody, proč nábytek podrobovat zkouškám. Závazné jsou národní technické normy pro nábytek, pokud jsou uvedeny v právním předpisu dané země, v České republice se jedná o ČSN EN 1729-1 Nábytek – Židle a stoly pro vzdělávací instituce – Část 1: Funkční rozměry a ČSN EN 747-1 Nábytek - Patrová lůžka a vysoká lůžka - Část 1: Požadavky na bezpečnost, pevnost a trvanlivost dle Vyhlášky č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a která byla novelizována vyhláškou č. 343/2009 Sb.

Zkoušky nábytku se tedy provádí z pohledu bezpečnosti a při mechanických zkouškách nesmí dojít k takovému poškození či deformaci, které mohou ovlivnit bezpečnost či újmu uživatele, tedy:

- výrobek neohrožující zdraví a majetek uživatele,
- majetková újma na nepoužitelném výrobku nebo omezením jeho užitných vlastností,
- nemajetková újma, poškození zdraví uživatele.

Význam má samozřejmě i akreditace zkušebny, kdy se akreditačním řízením ověřuje, že daná zkušební laboratoř má nastavené procesy a postupy správně a že poskytované výsledky jsou s maximální přesností a s minimem chyb. Souhrnem řečeno: „*je lepší škodě zabránit, předejít, ne následně škodu nahrazovat*“.

Důvody zkoušení nábytku

Ze zkušeností Zkušebny nábytku na Lesnické a dřevařské fakultě Mendelovy univerzity v Brně vyplývají dále uvedené důvody.

Zkoušky požadované výrobcí nábytku

Mechanické zkoušky a ověření bezpečnosti výrobku, dále zkoušky povrchových úprav, nábytkového kování a emisí těkavých organických látek (VOC) v předvýrobních etapách výrobců nábytku, nebo v souvislosti s žádostí o udělení značky Česká kvalita v oboru nábytek.

Ověření požadavků odběratelů na doložení požadovaných vlastností výrobku

Většinou se jedná o požadavky zahraničních odběratelů o deklarování shody výrobku s příslušnou evropskou normou vyjádřené protokolem akreditované zkušebny akreditované národním orgánem, který je členem EA (European co-operation for Accreditation). Povinnost členských zemí EU vyplývající z přístupové smlouvy je přijímat výsledky kterékoliv takto akreditované zkušebny.

Zkoušky vyplývající ze sporů ve vztahu dodavatel - zákazník a zadávané národními inspekčními orgány

V případě sporů, ať již řešených soudem nebo inspekčním orgánem (např. České republice Česká obchodní inspekce, dále jen ČOI) se vychází z toho, jaký je u konkrétního výrobku stav věcí obvyklých. Lze jej prokázat buď souladem se zákonným předpisem, nebo souladem s platnými technickými normami, který se prokáže zadáním zkoušek u akreditované zkušební laboratoře. V případě zachycení výrobku dováženého ze států mimo EU, které představují rizika inspekčním orgánem (např. ČOI) dochází k jeho oznámení do rychlého výstražného informačního systému Evropské unie o nebezpečných spotřebitelských výrobcích nepotravinářského charakteru RAPEX (Rapid Alert System for Non-Food Products).

V souvislosti s výběrovým řízením

Ve výběrových řízeních, zvláště u organizací založených a financovaných státem a státními institucemi, bývá uveden požadavek na doložení shody výrobku s příslušnými technickými normami protokolem jakékoliv akreditované zkušební laboratoře EU. V případě vzdělávacích institucí, pro vzdělávání dětí a mladistvých, by mělo být samozřejmostí prokázání požadavků minimálně funkčních rozměrů sedacího a stolového nábytku.

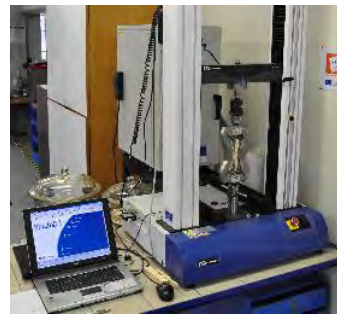
Zkušebna nábytku Mendelovy univerzity v Brně.

Zkušebna nábytku je pracovištěm Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně a je akreditovaná, jako odloučené pracoviště v rámci Zkušebny stavebně truhlářských výrobků Zlín, zkušební laboratoře č. 1030.1, která je také součástí dané fakulty. Do roku 2013 byla akreditována jako samostatná zkušební laboratoř č. L 1030.2. Tradice zkušebny sahá do počátku šedesátých let minulého století na resortní zkušebnu tehdejšího výzkumného ústavu Vývoj nábytkářského průmyslu v Brně. Po zániku výzkumného ústavu, začátkem devadesátých let, bylo zařízení a někteří pracovníci převedeni na tehdejší Mendelovu zemědělskou a lesnickou univerzitu v Brně v souvislosti se vznikem dřevařských oborů na Lesnické fakultě. Po roce 2000 bylo zařízení zkušebny modernizováno a ve spolupráci s Klastrem českých nábytkářů byla pořízena většina stávajícího zařízení, které bylo, v souvislosti s platností nových aktualizovaných evropských norem, před 5 lety upraveno a modernizováno. Zkoušky ve Zkušebně provádí pracovníci Ústavu nábytku, designu a bydlení.

Mimo zkoušek slouží zkušebna, za dodržení akreditačních podmínek, i k výuce a vědecko výzkumné práci. Z výuky se jedná především o práce v souvislosti bakalářských, diplomových i disertačních prací. Zkušenosti z práce ve zkušebně se využívají i pro poradenskou činnost, především výrobcům nábytku. Zkušebna provádí zkoušky úložného, sedacího, stolového, lůžkového nábytku, dětských postýlek a kolíbek, zkoušky povrchových úprav, emisí organických těkavých látek (VOC), stanovení funkčních charakteristik matrací a zkoušky spojů a lepení. Zkoušky se provádí jak podle technických zkušebních norem, tak i dle vlastních akreditovaných metodik.



Obrázek 1 Universální zkušební stroj pro mechanické zkoušky (vlastní zdroj autorů)



Obrázek 2 Univerzální zkušební zařízení INSTRON 3365 včetně Softwaru Bluehil a s emperanční komorou -160°C až +250°C (vlastní zdroj autorů)



Obrázek 3 Zkoušky funkčních charakteristik matrací (vlastní zdroj autorů)



Obrázek 4 Zkoušky rázem volně padajícím tělesem
(vlastní zdroj autorů)

ZÁVĚR

Proč zkoušet nábytek a proč v akreditované zkušebně? Častá otázka výrobců, ale i uživatelů nábytku. Zkoušky v akreditované zkušebně jsou garancí pro zainteresované účastníky vztahu výrobce – dodavatel – obchodník – zákazník. A proč akreditace? Uznatelnost akreditace v rámci EU je zajištěna evropským nařízením č. 765/2008 ze kterého vyplývá povinnost úřadům akceptovat výsledky akreditovaného subjektu z jiné země EU. Proto i v naší zkušebně se setkáváme se zahraničními zákazníky, v posledních 2 letech se zvýšil zájem o zkoušky především ze Slovenska. Nemalý význam je i pro studenty oborů: Nábytek, Design nábytku a Dřevařství, kdy a kde si mohou, na k tomu určených vzorcích (mimo zkoušek prováděné pro zákazníky) nebo na vlastních modelech výrobků, přímo ověřit jimi zvolené postupy a materiály. Poznatky z prací ve Zkušebně se promítají také v publikační činnosti, hlavně v oboru povrchových úprav a emisí těkavých organických látek.

LITERATURA:

Rapid Alert Systém [online]. [vid. 06-09-2018]. Dostupné z:
https://ec.europa.eu/consumers/consumers_safety/safety_products/rapex/alerts/?event=main.listNotifications

European accreditation [online]. [vid. 06-09-2018]. Dostupné z: <http://www.european-accreditation.org>

Čtvrtstoletí služby, jejíž význam neumíme docenit. *iPROSPERITA.cz*®, sekce: *kvalita* [online]. 21. březen 2016, [vid. 06-09-2018]. Dostupné z: <https://www.iprosperita.cz/kvalita/6868-ctvrtstoletí-sluzby-jejiz-vyznam-neumime-docenit>

HOLOUŠ, Z. *Požadavky vyplývající ze zákonných předpisů*. Prezentace ze semináře Zvýšení kvality nábytku ukrajinské provenience, Ivano-Frankivsk, v rámci projektu DP-2016-092-SO-33110 Česká rozvojová agentura. 2016

TZB-info. *Vytápění / Normy a právní předpisy / Závaznost a uplatňování českých technických norem (III)* [online]. [vid. 06-09-2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/3274-zavaznost-a-uplatnovani-ceskych-technickych-norem-iii>

Archiv Zkušebny nábytku Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně

Adresa autorů:

Ing. Zdeněk Holouš, Ph.D., a **Ing. Eliška Máchová, Ph.D.**, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno- Černá Pole, Česká republika, holous@mendelu.cz, machova@mendelu.cz

NÁVRH KONŠTRUKCIÍ ČALÚNENÉHO NÁBYTKU V SÚVISLOSTI S KONCEPTOM PRIEMYSEL 4.0

Peter Aponyi, Anton Staviščák

LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o., Krupina

Abstrakt:

Návrh konštrukcií čalúneného nábytku v súvislosti s konceptom priemysel 4.0. Príspevok sa zameriava na čalúnený nábytok a riešenie jeho konštrukcie a technickej dokumentácie jednotlivých častí čalúneného nábytku v spoločnosti LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o. v súvislosti so zavádzaním konceptu Priemysel 4.0.

Kľúčové slová: čalúnený nábytok, konštrukcie, priemysel 4.0

Abstract:

The paper focuses on the upholstered furniture and solution of the constructions and technical documentations of individual components of upholstered furniture in the company LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o. in context of introducing of concept Industry 4.0.

Key words: upholstered furniture, constructions, industry 4.0

ÚVOD

Zavádzanie konceptu Priemysel 4.0 v spoločnosti LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o. je vnímané ako perspektívne riešenie konštrukcie čalúneného nábytku a následných výrobných procesov. Koncept Priemysel 4.0 prináša systematizovanie procesu priemyselnej výroby čalúneného nábytku s použitím najmodernejších priemyselných technológií a so zavádzaním plne automatizovaných systémov, v čo najmenšej miere závislých na ľudskom faktore už v prvom kroku výroby čalúneného nábytku, a teda pri samotnom návrhu konštrukcií, riadeného konceptom Priemysel 4.0.

Spoločnosť LIND MOBLER SLOVAKIA, výrobca čalúneného nábytku s dlhoročnou tradíciou, pôsobí v meste Krupina od jeho založenia v roku 2000, kedy bola firma súčasťou dánskej Lind Group. V roku 2011 došlo k zmene majiteľa, čím došlo aj k zásadnej zmene v podmienkach konštruovania a vývoja čalúneného nábytku. Majiteľom sa stala nemecká spoločnosť 3C Gruppe, čím sa LIND MOBLER SLOVAKIA stal druhým výrobným závodom materskej spoločnosti v strednej Európe. LIND MOBLER SLOVAKIA vyrába aktuálne svoje produkty v dvoch výrobných závodoch v Krupine a v Prievidzi.

Cieľom príspevku pod názvom Návrh konštrukcií čalúneného nábytku v súvislosti s konceptom Priemysel 4.0 je predstaviť výrobný proces a tvorbu konštrukcií čalúneného nábytku v spoločnosti LIND MOBLER SLOVAKIA, zavádzajúcej moderné priemyselné technológie nielen vo výrobných priestoroch, ale už pri vývoji jednotlivých výrobkov so zreteľom na správne nastavenie jednotlivých postupov, zlepšenie podnikových procesov, zväčšenie flexibility výroby a optimalizácie procesov. Uvedené predstavujeme prostredníctvom jednotlivých etáp konštruovania čalúneného nábytku, kde poukazujeme na využívané moderné technológie.

Navrhovanie čalúnených nábytkových konštrukcií

Vývoj čalúneného nábytku a navrhovanie jeho konštrukcií je čoraz špecifickejšie a zároveň môžeme konštatovať, že čoraz závislejšie od dvoch hlavných faktorov, ktorými sú čas a požiadavky zákazníka. Súčasne ako dôležitý element vývoja konštrukcií čalúneného nábytku vnímame koncept Priemysel 4.0. Hlavným motívom konceptu Priemysel 4.0 je nielen zrýchlenie a zoptimalizovanie samotnej výroby, ale zároveň aj potreba reagovania na požiadavky zákazníkov už pri navrhovaní a vyvíjaní produktov.

Prvým faktorom je časové hľadisko, a teda s postupujúcim časom sa menia aj požiadavky na vývoj čalúneného nábytku, či už berieme do úvahy individuálny komfort sedenia, ergonómiu čalúnenia, dizajn alebo ekologickosť výrobku, a s tým aj spojené zvyšujúce sa nároky na materiálové vstupy.

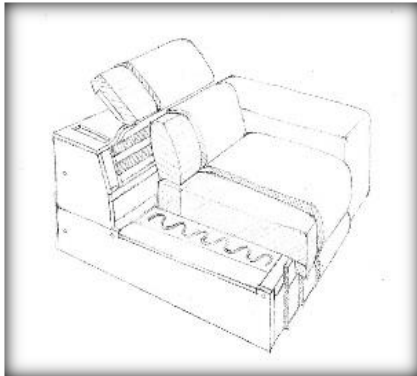
Druhým dôležitým faktorom sú individuálne požiadavky jednotlivých zákazníkov, ktoré viedli v našej spoločnosti k zásadnej zmene ponúkaného portfólia vyrábaných produktov, čím sa zmenil charakter výroby zo sériovej k zákazkovej. Technologický pokrok nielen vo výrobe čalúneného nábytku, ale pri samotnom navrhovaní a konštruovaní, je podmienený požiadavkami zákazníka. Zákazník požaduje čo najmodernejšie výrobky vysokej kvality v čo najväčšom počte variácií, no zároveň je požiadavkou rýchlosť a nulová chybovosť.

Typológia čalúneného nábytku vzhľadom na región, vekovú skupinu a spôsob použitia je často odlišná. Nie je to len tradičný sedací nábytok, ale aj nábytok určený do exteriéru, posteľe, kuchynské stoličky a lavice, rôzne ležadlá alebo kancelárske oddel'ovacie steny. Napriek tomu, keď hovoríme o jednom modeli, všetky vyrobené produkty z modelovej rady môžu byť odlišné – či už ich vonkajšie charakteristiky (druh pot'ahového materiálu, druh vybranej látky alebo kože, farba pot'ahového materiálu, vyhotovenie nôh a iné) alebo ich vnútorné charakteristiky (druh použitej výplne alebo druh kovania). Práve zosúladenie výroby širokého spektra vyrábaných produktov je hlavným motívom a potrebou zavádzania konceptu Priemysel 4.0 do výrobných procesov.

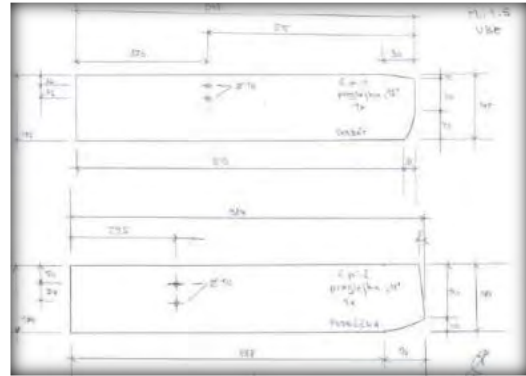
Nábytok sa v zásade konštruuje na základe podkladov od zákazníka. Od zadania náčrtu nábytku až po poskytnutie detailných výkresov aj s presnými konštrukčnými či materiálovými požiadavkami uplynie mnohokrát veľa času. Výsledkom je časová realizácia v časovom horizonte niekoľkých týždňov až ročného vývoja. Trh si však vyžaduje skracovanie časového horizontu, ktorý je vnímaný ako negatívny aspekt. Z toho dôvodu sme nútení hľadať nové spôsoby a riešenia konštrukcie a prípravy výroby čalúneného nábytku, ktoré umožnia spĺňať náročné požiadavky či už po časovej, kvalitatívnej alebo cenovej stránke. Dôležité je, aby aj konštrukcia samotná zohľadňovala potreby a možnosti výroby, definované našou spoločnosťou, čo má vplyv na konečnú cenu a ergonómiu práce.

Podmienky a stav navrhovania konštrukcií v rokoch 2000 – 2012

Východiskom súčasného stavu vývoja a konštruovania čalúneného nábytku boli podmienky v rokoch 2000 až 2012. V tomto období spoločnosť patrila do dánskej skupiny Lind Group, venujúcej sa sériovej výrobe, pozostávajúcej z obmedzeného počtu modelov. Konštrukčné riešenie jednotlivých modelov bolo bez konštrukčných platforiem. Jednotlivé zmeny v konštrukciách výrobkov boli zavádzané bez prepojenej evidencie a následnej kontroly. Dokumentácie k jednotlivým komponentom, a teda ku kostrám, penám, strihovým a šijacím plánom boli kreslené ručne (Obr. 1, Obr. 2) a čiastočne v programe AutoCad. Kusovníky k modelom boli vytvárané v programe Excel (Obr. 3). V tomto časovom horizonte bolo nutné archivovanie fyzických vzoriek prototypov, referenčných vzoriek a šablón.



Obrázok 1 Dokumentácia keslená ručne



Obrázok 2 Dokumentácia keslená v AutoCADe

Firma/Company		ADDRESS:		MATERIAL			
Dodací list		Názov súpravy / set name		moltan EU			
Dobierka		Počet súd / number of sets					
Celo objednávky		Cena objednávky					
Meno / Name		Mesto / City					
Číslo diela	Prostredie	Material	rozmer diela	skupina ks	počet ks	počet ks skutoč	ozn. dielca
1	18.03.2018	Moltan - Foam N3335-N7043	100*110*670	2	2		vákuová pena
2	25.03.2015	Moltan - Foam N2337	20*35*1800	1	1		
3	18.03.2015	Moltan - Foam N2337	40*50*620	1	1		
4	18.03.2015	Moltan - Foam N2337	20*140*110	1	1		UNI 1, 2, 3
5	18.03.2015	Moltan - Foam N2337	40*183*313	2	2		UNI 1, 2, 3
6	18.03.2015	Moltan - Foam N2337	20*170*340	2	2		UNI 1, 2, 3
7	03.07.2015	Moltan - Foam N3043	25*81*5710	2	2		UNI 1, 2, 3
8	14.11.2017	Moltan - Foam N2337	20*50*570	1	1		UNI 1, 2, 3
9							
10	18.03.2015	Moltan - Foam N2520	140*440*850	11	11		vytvorenie
12	14.11.2017	Moltan - Foam N2337	20*50*380	1	1		UNI 1, 2, 3

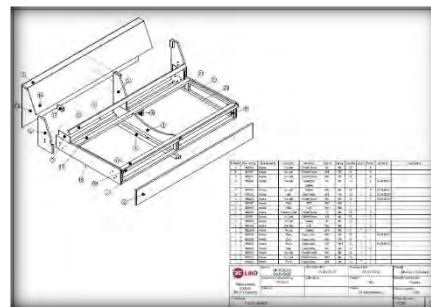
Obrázok 3 Kusovník

Súčasná podmienky, postupne sa meniace v rokoch 2013 – 2018

Zvyšujúci sa počet modelov so širokou typovou škálou a znižujúca sa sériovosť bola jedným z predpokladov pre zavádzanie konceptu Priemysel 4.0 nielen do výrobného, ale aj konštrukčného procesu. Dôležitým faktorom sú aj rastúce nároky na kvalitu vstupných materiálov, deklarovanú rôznymi certifikátmi ako príklad uvádzame certifikáciu Golden M. V súčasnosti kladieme dôraz na navrhovanie a dokumentáciu kostier, pien, kovaní a balenia v programoch 3D Inventor + Vault (Obr. 4, Obr. 5), konštrukciu a dokumentáciu poťahov a šijacích plánov v špecializovaných konštrukčných programoch Formaris a Assyst a v neposlednom rade na digitálne zdieľania a archivovanie dokumentácie programom Vault.



Obrázok 4 Dokumentácia – program Inventor

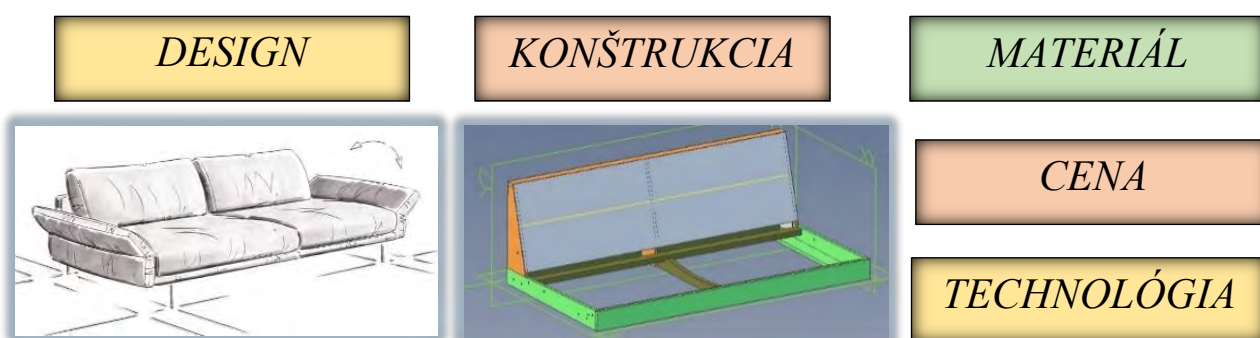


Obrázok 5 Dokumentácia – program Vault

Konštrukcia čalúneného nábytku v sebe zahŕňa nielen komplex rôznorodých materiálov, ktoré si vyžadujú rozsiahly súbor poznatkov ich fyzikálnych vlastností a možností použitia, ale pri samotnom konštruovaní treba poznať aj technológiu a vopred definované normatíva.

Súčasnú navrhovanie konštrukcií čalúnenia sa zameriava pri riešení konštrukcie na základné informačné vstupy z týchto oblastí:

- **design**, ktorému je podriadený tvar konštrukcie
- **materiál**, ktorý má vplyv na konštrukciu
- **cena**, ovplyvňujúca výber materiálu
- **technológia**, ovplyvnená viacerými faktormi (štihlosť výroby, sled operácií, bezpečnosť)
- **kvalitatívne normatíva**



Obrázok 6 Súčasné navrhovanie konštrukcií čalúnenia

Konštrukciu čalúnenia rozdeľujeme do niekoľkých základných oblastí:

- konštrukcia nosnej časti (kostra)
- konštrukcia mechanických častí (kovaní)
- konštrukcia výplňových častí (pien, vankúšov)
- konštrukcia poťahov
- konštrukcia príslušenstva (nohy, podnože, obaly a rôzne doplnky)
- samostatnú oblasť tvorí technológia a výrobná dokumentácia

Základné delenie pri stromovej štruktúre 3D a 2D programov je na:

- diely
- podzostavy
- zostavy

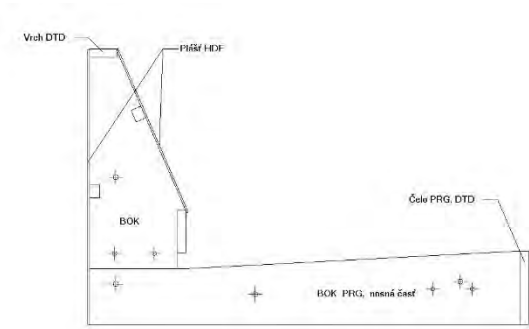
Dielu ako nedeliteľnej jednotke je priradený materiál a jeho fyzikálne vlastnosti, rozmer a tvar. Následne je zaradený do knižnice dielov a tvorí súčasť podzostáv a zostáv. Vhodný spôsob kategorizovania pri uložení umožňuje jeho univerzálne použitie, možnosť zaradenia do viacerých typov a modelových rád. Dôležitý prvok z pohľadu technológie a konštrukcie však tvoria jednotlivé podzostavy, pomocou ktorých vytvárame jednotlivé zostavy. Týmto sa dodržiavajú definované štandardy a pracovné postupy.

Každá zostava sa skladá z tvarových dielov, ktoré charakterizujú model. Základným dielom je bok, ktorý pri zadaní rozmerov výšky sedačky, čela, hĺbky sedenia, hĺbky sedačky vytvára spolu s definovanou šírkou (raster) modelovú radu (Obr.7).

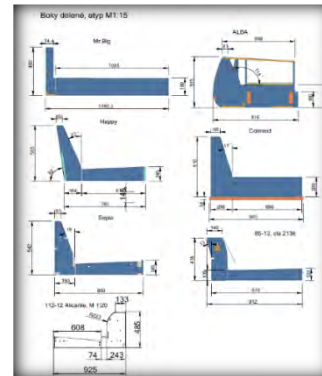
Ukážka postupu konštruovania a jednotlivé etapy konštruovania s dôrazom na koncept Priemysel 4.0

Kostra

Knižnica kresliaceho programu nám ponúka verzie, ktoré sú čo najbližšie k požadovaným rozmerom. Typ, ktorý nie je v ponuke začneme vytvárať a zakladať ako nový (Obr.8).



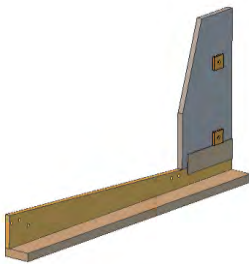
Obrázok 7 Základný diel - bok



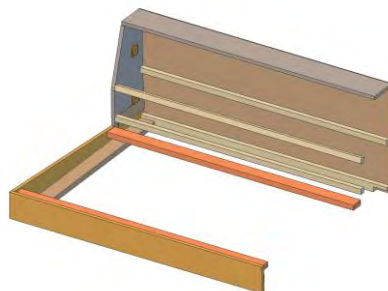
Obrázok 8 Knižnica kostier

Bok rozdelíme podľa definovaných vzťahov:

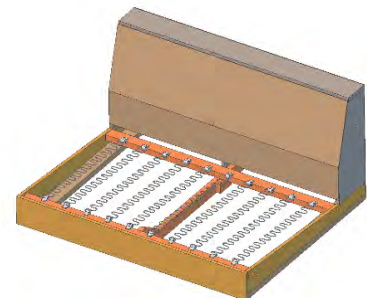
- kvôli výťažnosti materiálu je diel rozdelený na 2 kusy, dôležitým faktorom je cena, vedúca ku kombinácii materiálov pri dodržaní pevnostných vlastností (Obr.9)
- podľa predvolených pozícií a zadania dĺžky vyskladáme nosné hranoly a výstuže (Obr. 10)
- podľa šírky (raster) pridáme stredový diel – rebro (Obr. 11)
- typ doplníme o vlnovce, plastové držiaky, narážacie matice (Obr. 11)
- doplníme netkané textílie – filc a pod. (Obr. 12)



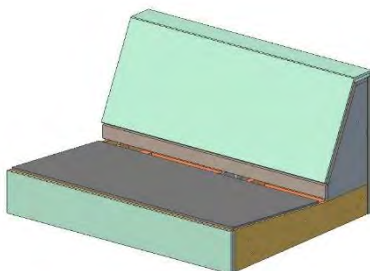
Obrázok 9



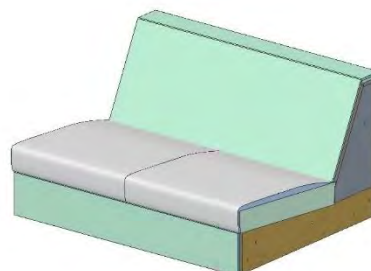
Obrázok 10



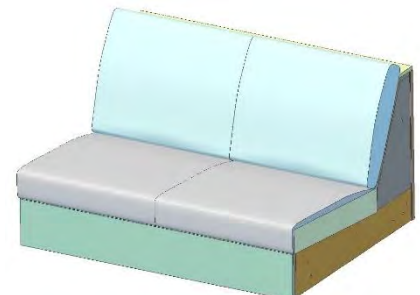
Obrázok 11



Obrázok 12



Obrázok 13



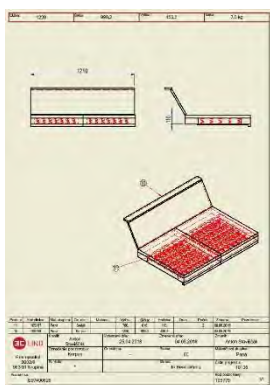
Obrázok 14

Pena

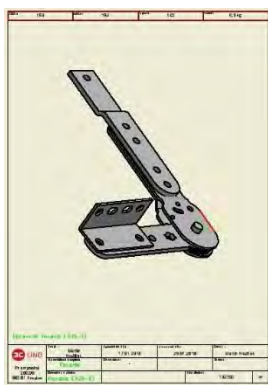
V kategórii peny pokračujeme podľa určených zásad, východiskom sú už vytvorené konštrukcie kostier, čo nám umožňuje presné stanovenie rozmerov. Začíname tvorbou olejových pien, ktoré dopĺňajú komfort sedenia, ale výrazne ho nemenia (Obr. 13).

Základné zásady určovania pien sú stanovené miestom používania a to závisí od požiadaviek kladených na komfort sedenia. Pre použitie sedákových pien sú určené peny s hmotnosťou 35kg. V súčasnosti používame aj rôzne kombinácie materiálov, kde základ tvoria samotné PUR peny alebo ich kombinácia s pružinami (Obr. 14).

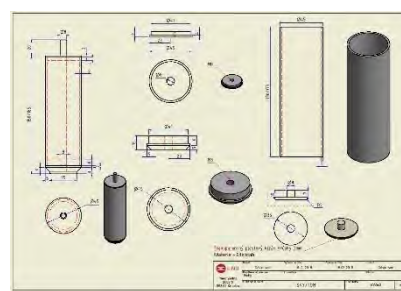
Operadlá sú navrhované pri rôznych obmenách PUR pien spolu s náplňami ako PE vlákno či perie. Najviac používané peny sú v hmotnosti 25kg (Obr. 16).



Obrázok 16



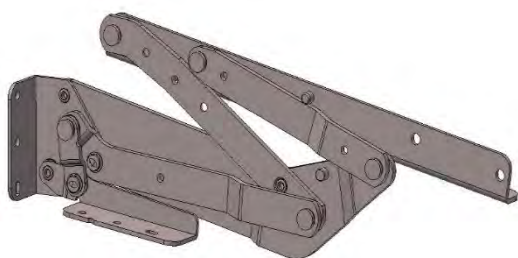
Obrázok 17



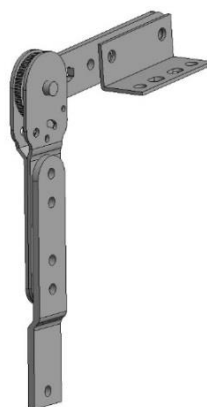
Obrázok 18

Kovanie

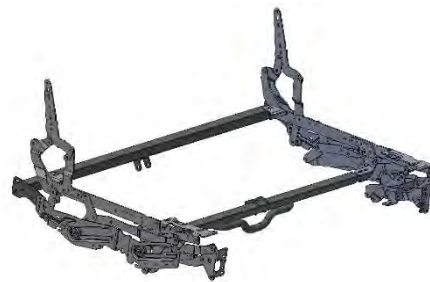
Zvýšené požiadavky zákazníka sa priamo zobrazujú aj v ponuke kovania, ktoré funkčne dopĺňa parametre sedenia. Pre konštrukciu to znamená zladenie konštrukcií kostry, peny a kovania. Pomocou 3D konštruovania vieme tieto skupiny spojiť, čím urýchlime tvorbu prototypov (Obr.19, obr. 20 a obr.21).



Obrázok 19



Obrázok 20



Obrázok 21

Nohy

Okrem estetického vzhľadu sú na nich kladené konštrukčné požiadavky z hľadiska pevnosti, ktoré vieme posúdiť až po výrobe prototypu. Jednou z požiadaviek je využitie viacerých typov nôh (obr.22, obr. 23 a obr.24) pre jednu modelovú radu, kde sa snažíme využívať univerzálne spôsoby uchytania.



Obrázok 22



Obrázok 23

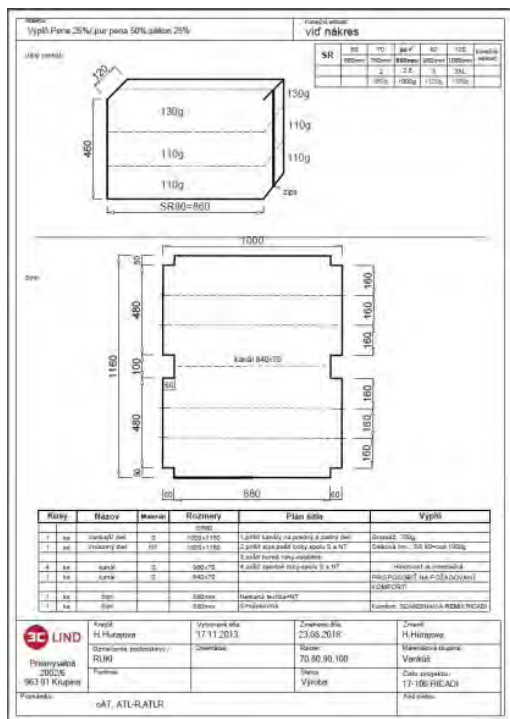


Obrázok 24

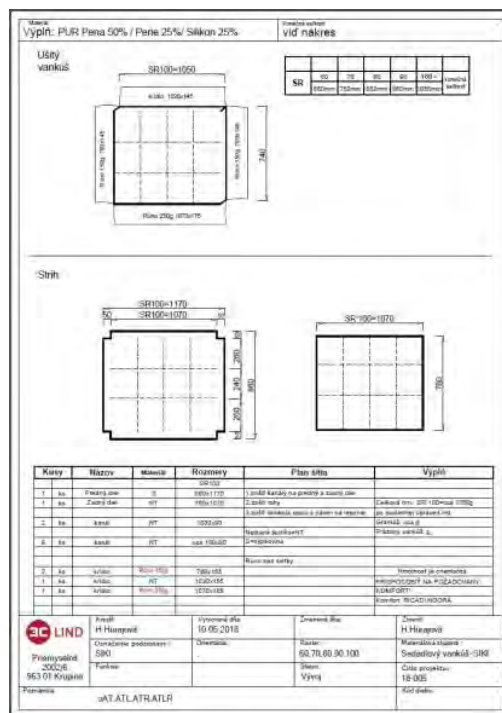
Vankúše

Pre správnu konštrukciu vankúšov je nevyhnutné poznanie vstupných materiálov, technológia výroby vankúšov a následný spôsob aplikácie pri montáži jednotlivých skupín čalúneného nábytku.

- a) Pri návrhu vychádzame z požiadaviek, ako sú:
 - komfort
 - tvarová stálosť
 - stupeň voľnosti
 - kombinácia s penou a ostatnými pružiacimi materiálmi
 - materiál
 - cena
- b) Súbežne s fyzickou vzorkou vankúša vzniká jeho dokumentácia v prostredí 2D programu Inventor LT (Obr. 25, Obr.26). Dokumentácia obsahuje aj vzorkou stanovené údaje – hmotnosť celkovú a hmotnosť výplne, spolu s evidenciou hodnoty odporu proti stlačeniu. Hodnoty týchto parametrov sú potrebné pre jednoznačnosť tvorby a neskoršej kontroly vankúšov.
- c) Správna evidencia vankúšových konštrukcií nám umožňuje prepojenie digitálnych údajov ako podkladov pre tvorbu strihových plánov, šijacích plánov a platforiem novovznikajúcich modelov.



Obrázok 25



Obrázok 26

Poťah

Konštrukcia poťahu tvorí z pohľadu technologického, logistického a obchodného samostatnú ucelenú časť. Stanoveniu vhodnosti použitia poťahových materiálov predchádzajú dlhoročné skúsenosti s ich spracovaním a spolupráca so stabilnými výrobcami a dodávateľmi látok a koží.

Výroba vo firme LIND MOBLER SLOVAKIA zaznamenáva zvyšujúci sa podiel kože z celkového množstva plochy poťahov a rastúcu dôležitosť know-how pri spracovaní tejto suroviny. Typ látky (ženilka, flock, mikrovlákno, buklé...), textúra látky a jej farba je určovaná materskou firmou v Nemecku, no vhodnosť poťahových materiálov z výrobného hľadiska je v 17 hodnotiacich bodoch preverovaná odbornými pracovníkmi na oddelení TPV a kvality v závodoch už pred jej zavedením do výroby (Obr.27).

Name 3C	Venezia
Materialbreite	1,42 +/- 2cm
Zusammensetzung	100 % Micro Polyester
Verpackung	Folie
Firma (Beurt.)	Lind
Beurteiler	Aponyi, Peter
Beurteiler 2	Kral, Ivan

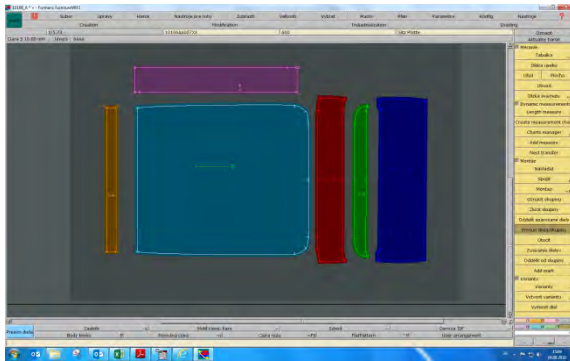
Kriterium	Wert	Bemerkung
Fadenlauf	gut	
Nahtfestigkeit	mittel	
Blickdicht	gut	
Trägergewebe/Backing	mittel	
Funktionstauglich	schlecht	
Haftfestigkeit zum Trägergewebe	schlecht	
Dehnungsverhalten Kette	gering	
Dehnungsverhalten Schuss	gering	
Druckempfindlichkeit Ziernähte	gering	
Lagerverhalten - Druckstellen	gering	
Florstärke	gering	

Obrázok 27 Vhodnosť poťahových materiálov



Obrázok 28 Technológia N-shot System

- a) Prvým krokom pri konštrukcii poťahu je presné stanovenie jeho typológie. Tá určuje, či budeme kopírovať, modifikovať existujúce alebo vytvárať úplne nové strihy poťahu. Pri tvorbe novej konštrukcie je viac práce s manuálnym vytvorením dielov a odskúšaním poťahu. Už tu nám pomáha digitalizácia tvarovo obtiažných dielov pomocou technológie N-shot System (Obr.28).
- b) Tvorba strihov dielov, spolu s ich logistickým zoskupením do jednotlivých typov je úlohou konštruktéra v priestore programu Formaris (Obr.29). Rokmi praxe sa stal tento digitálny nástroj nosným prostriedkom pri tvorbe strihov a pri využití už existujúcich databáz eliminuje manuálnu tvorbu strihov.

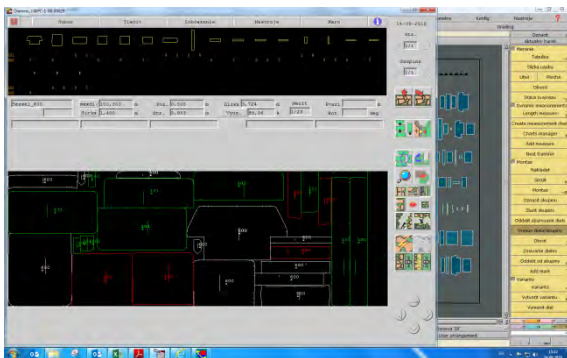


Obrázok 29 Tvorba strihov dielov

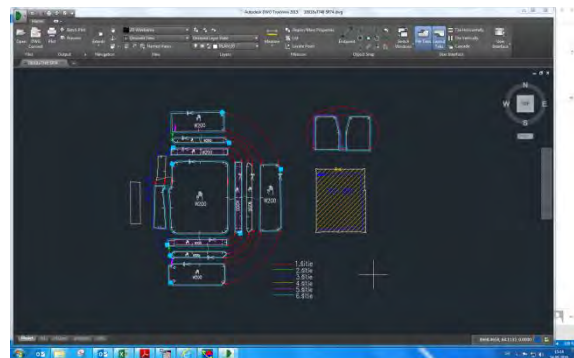


Obrázok 30 Typové varianty zo základných strihov

- c) Jednou z dôležitých fáz prípravy výroby už počas konštruovania poťahu v programe Formaris je vytvorenie typových variant (Obr.30) zo základných strihov dielov. Tieto spolu s automatizáciou tvorby šírkových modulov (raster) urýchľujú celý proces.
- d) Polohovacie programy (Nesting) na látku a kožu (Obr.31) nám umožňujú modelovanie polôh dielov pred ich rezaním, a tým zabezpečujú ideálnu výťažť poťahových materiálov. Späťe nám pomáhajú správne poťah konštruovať. Dôležitým digitálnym nástrojom je aj program Assyst, slúžiaci na presné definovanie a štandardizáciu šijacích plánov (Obr.32)



Obrázok 31 Polohovacie programy - Nesting



Obrázok 32 Štandardizácia šijacích plánov

- e) Konštrukcia kožených poťahov tvarovo vychádza z látkových, líši sa však vo viacerých bodoch:
- väčší počet dielov z dôvodu využiteľnosti kože
 - náhrada niektorých dielov kože netkanou alebo tkanou textíliou
 - rozdielne rozmery dielov látky a kože kvôli rozťažnosti kože

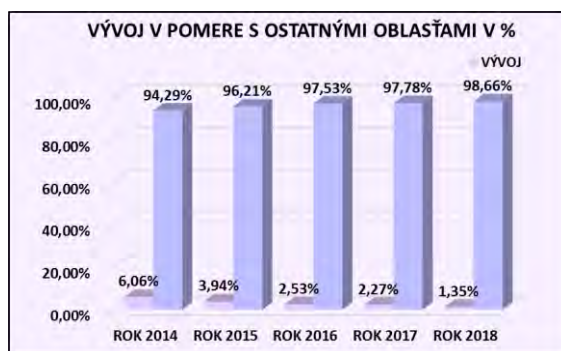
Balenie

Je dôležitou kategóriou pri komplexnom riešení konštrukcie modelových rád, zabezpečuje pevnosť a ochranu nábytku počas transportu do rôzne vzdialených krajín, či už ide o kamiónovú alebo lodnú dopravu.

ZÁVER

Tvorba konštrukcií v 2D a 3D programoch a následná digitalizácia výstupov nám umožňuje využívať aktuálne hodnoty kusovníkov s vypočítanými parametrami ako sú hmotnosť, objem, cena a iné. Ich prehodnocovaním v súvislosti s požiadavkami zákazníkov, dodávateľov a podmienkami výroby môžeme vytvárať modely efektívne z hľadiska finančného aj časového. Veríme, že predpokladané zavedenie i-Logic systémov podporujúcich automatické modulovanie typov nám túto efektivitu ešte zlepší. Potvrdením správnosti nastúpenej cesty konštrukčných riešení je aj znižujúci sa počet reklamácií pripadajúcich na TPV (Obr.33). Pozitívnym výsledkom zavádzania automatizovaných procesov a moderných technológií na úseku vývoja a konštruovania čalúneného nábytku je jednoduchšie zdieľanie výkresovej dokumentácie smerom k dodávateľom materiálových vstupov prípadne medzi jednotlivými výrobnými prevádzkami a materskou firmou.

Z materiálového pohľadu relatívne ustálené konštrukcie čalúneného nábytku sú modifikované hlavne zmenou a vývojom predvýrobných a výrobných procesov a požiadavkami trhu s nábytkom. Našou snahou je zachytiť faktory ovplyvňujúce vývoj a výrobu čalúneného nábytku, využiť ich v súlade s dostupnými digitálnymi a kybernetickými technológiami Priemysel 4.0 pri jeho konštruovaní tak, aby sme boli neustále efektívnymi výrobcami tohto druhu nábytku.



Obrázok 33 Znižujúci sa počet reklamácií pripadajúcich na TPV

LITERATÚRA:

Zborník prednášok z odborného seminára „Čalúnnicke dni 2002 – materiály, konštrukcie a technológie v čalúnnictve“. Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, 2002.

Zborník prednášok z odborného seminára „Čalúnnicke dni 2002 – čalúnený nábytok a teplo“. Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, 2005.

Zborník prednášok z odborného seminára „Čalúnnicke dni 2002 – v čalúnnictve“. Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, 2006.

Zborník referátov „Čalúnnicke dni – medzinárodný vedecko-odborný seminár. Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, 2016.

Firemné podklady spoločnosti LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o.

Fotodokumentácia z archívu spoločnosti LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o.

Na ceste k Industry 4.0, 2018. [cit. 2018-9-18]. Dostupné na: www.industry4.sk

Adresa autorov:

Ing. Peter Aponyi a **Ing. Anton Staviščák**, LIND MOBLER SLOVAKIA, s.r.o., Priemyselná 2002/6, Krupina 963 01, Slovenská republika, peter.aponyi@lind-slovakia.sk, anton.staviscak@lind-slovakia.sk

STÁRNUTÍ POLYURETANOVÝCH PĚN

Hana Pařilová, Veronika Matochová, Vladimír Bajzík

Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra hodnocení textilií

Abstrakt:

Stárnutí polyuretanových pěn. Článek se věnuje problematice stárnutí pěn. Jde o zjištění, jak se vybrané vlastnosti pěn chovají v průběhu simulovaného stárnutí za tepla. Proces stárnutí může způsobit selhání vlastností, které ovlivňují životnost matrace. V experimentální části práce jsou provedeny zkoušky testující tři vybrané vlastnosti polyuretanových pěn a zkouška stárnutí pěnových materiálů, která uzavírá vždy jeden cyklus měření. Bylo provedeno celkem pět cyklů měření, na základě kterých jsou prezentovány výsledky. Veškeré provedené metody zkoušek jsou normativně podloženy.

Klíčová slova: matrace, polyuretanová pěna, životnost, stárnutí

ÚVOD

Dnešní matrace jsou již většinou vyráběny ze syntetických polymerů. Lze konstatovat, že po ukončení životnosti matrace vzniká plastový odpad. V současné době Evropská unie řeší nebezpečí plastového odpadu. Výroba plastů v uplynulých padesáti letech zdvacetinasobila. Očekává se, že za dalších 20 let se opět zdvojnásobí. Zatím se jedná zejména o obaly, odpady ze stavebnictví, z automobilového průmyslu a elektroniky. Zejména se jedná o jednorázově použitelné plasty, které se postupně na skládkách, ale i v mořích rozkládají na mikroplasty. Celkově se odhaduje, že se do životního prostředí každoročně dostane až 300 000 tun mikroplastů [1]. Stejný trend je patrný i ve výrobě polyuretanových pěn pro nábytkářský průmysl, kde se během dvou desítek let jen sortiment pěn několikanásobně rozrostl. Použití polyuretanových pěn v nábytkářském průmyslu se stává téměř neodmyslitelným. Co se stane, až nábytek z polyuretanových pěn doslouží? Je známo jak dlouho čalouněný nábytek s polyuretanovými pěnama vydrží svému uživateli beze změn?

Výhodou polyuretanových pěn je jejich příznivá cena. Široké možnosti použitelnosti nejen v čalounictví je samozřejmostí. Polyuretanové pěny mají mnoho výhodných vlastností, ale umí být náchylnější na okolní vlivy zejména při výrobě nebo krátkém čase po ní. Jednou z vlastností je např. prodyšnost, která by z matrace měla odvádět přebytečnou vlhkost uvolňující se z lidského těla během spánku. Díky přebytečné vlhkosti může vzniknout prostředí vhodné pro mikroorganismy, nepříznivě působící na lidský organismus. Vlhkost také podporuje zrychlené stárnutí pěnových materiálů, což přispívá k jejich degradaci [2]. Stárnutí polyuretanových pěn probíhá zároveň s mechanickým používáním, teplotou a vlhkostí okolí.

Cílem bylo zjistit, jak matracová polyuretanová pěna mění své vlastnosti v průběhu stárnutí, vlivem působení vlhkosti a teploty vzduchu. Většina matrací je zkoušena mechanickým způsobem, naše stárnutí probíhalo bez mechanického namáhání.

Životnost, stárnutí

Životnost matrací lidé mnohdy nepovažují za stěžejní a často mají při její koupi pocit, že si výrobek kupují na celý život a přitom si neuvědomují, kolik aspektů působících na životnost matrace z PUR pěny existuje. Nejen, že materiál ztrácí svou elasticitu a přestává se přizpůsobovat tvaru těla, ale i z hygienického hlediska není dobré ji užívat po uplynutí životnosti. Životnost výrobku lze charakterizovat jako „doba, po kterou je předmět schopen zachovat si své vlastnosti v původní nebo téměř nezměněné podobě“ [2]. Kromě zachování

funkčních vlastností musí výrobek také splňovat esteticko-vzhledové a hygienické vlastnosti, které by se po dobu užívání matrace neměly výrazně měnit. Tyto vlastnosti se nesmí změnit tak, aby bylo znemožněno jeho původní použití, a to minimálně po dobu záruky.

Gembalová [3] uvádí, že průměrná životnost matrace se pohybuje v rozmezí 5 – 10 let tj. doba, po kterou výrobce garantuje vlastnosti matrace. Po uplynutí doby životnosti ztrácí matrace elasticitu, mění se vlastnosti materiálu a při nesprávné údržbě se v matracích mohou hromadit nečistoty spolu s roztoči i plísněmi. Přestává se dokonale přizpůsobovat tvaru a hmotnosti těla. Materiál se však většinou neproleží. Na stárnutí polyuretanových pěn má vliv řada vlastností jako je mechanické namáhání, vlhkost, teplota, způsob údržby apod.

Metody měření polyuretanové pěny

Polyuretanové pěny jsou proměřovány v mnoha vlastnostech. Některé jsou povinné k charakteristice konkrétní pěny. Jančová [4] uvádí měřitelné parametry polyuretanových pěn následovně:

- **objemová hmotnost [kg/m³]**
- **odpor proti stlačení [kPa] při 40% poměrném stlačení**
- odpor proti vtlačení [N]
- pevnost v tahu [kPa]
- tažnost [%]
- pevnost roztržení [N/cm]
- trvalá deformace [%]
- poróznost PPI [-]
- prodyšnost [l/min]
- voduodpudivost [%]
- povrchový odpor
- **SAG faktor [-]**
- elasticita [%]
- odrazová pružnost [-]

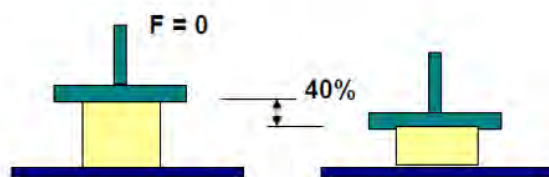
Z těchto měřitelných vlastností byly pro experiment vybrány tři měřitelné parametry v průběhu umělého stárnutí. Objemová hmotnost, SAG faktor a odpor proti stlačení při 40% poměrném stlačení. Pro experiment byla zvolena normovaná metoda zrychleného stárnutí v teple.

Objemová hmotnost

Je charakterizována jako poměr hmotnosti tělesa v kilogramech na jednotku objemu v metrech krychlových. Objemová hmotnost známá také jako hustota je jednou z nejdůležitějších vlastností PUR pěn, protože ovlivňuje mnoho faktorů, např. komfort, životnost, nosnost i cenu za materiál. Objemovou hmotnost ovlivňuje zejména výroba, složení a poměry polyolu, izokyanátu a aditiv. Zajímalo nás, zda se bude v průběhu zrychleného stárnutí objemová hmotnost měnit, když ze zkušeností s polyuretanovými pěny víme, že po několika desítkách let z polyuretanových vzorků vypadává degradovaný odpad v podobě prachu a písku.

Odpor proti stlačení

Tuto vlastnost je možné ji vyjádřit jako sílu potřebnou ke stlačení tělesa dané plochy o 40 %. Pěny o stejné hustotě, ale různé tuhosti mohou mít odlišný odpor proti stlačení [1].

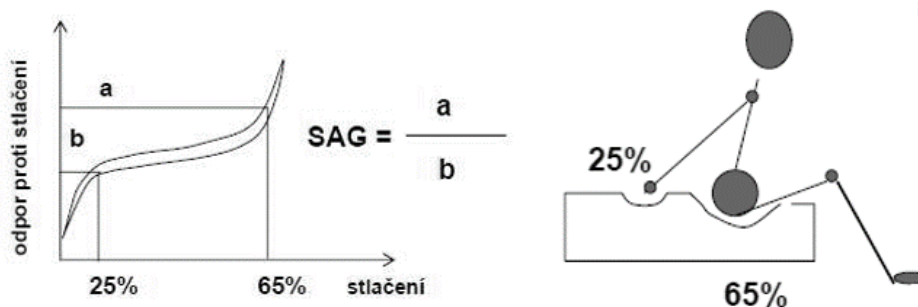


Obrázek 1 Vizualizace odporu proti stlačení [2]

Obrázek č. 1 graficky znázorňuje princip odporu proti stlačení, ktorý je dôležitým parametrom uvádzajúcim sa pri označovaní pěn výrobcom. Hodnota odporu je snadno změřitelná. Zavedené značení polyuretanových pěn je označení tvrdost velkým písmenem, dále objemová Hmotnost v kg/m^3 a desetinásobek odporu proti stlačení při 40% stlačení v kPa.

SAG faktor

Jedná se o poměr mezi tlakem při stlačení na 65 % a tlakem při stlačení na 25 %. Čím je tento poměr vyšší, tím je pěnový materiál vláčnější a dokáže být dobrou oporou pro lidské tělo (lépe roznese vyvinutý tlak). Tyto pěny dovedou přenést větší zatížení [4]. SAG faktor je tzv. parametr kvality nebo také faktor komfortu.



Obrázek 2 Vizualizace SAG faktoru [1]

Na obr. 2 vpravo je znázornění podpory těla polyuretanovou pěnou. Při stlačení na 65 % lze hovořit o tzv. podpurném faktoru. To znamená, že posazení se na takovou pěnu bude zprvu měkké, ale po plném zatížení nedojde k proboření se na podklad, nýbrž postava zůstane v poloze, jak je znázorněno na obrázku. Tento děj lze vyjádřit pomocí vzorce následovně:

$$SAG = \frac{F_{65}}{F_{25}} \quad [-]$$

kde: F_{25} ... stlačení při 25 % (N), F_{65} ... stlačení při 65 % (N)

SAG faktor neboli komfort je měřitelná hodnota, která je předvídatelná a popisuje individuální pocit pohodlí při ležení na standardizované matraci. Tento faktor přibližuje vztah mezi pevností povrchu matrace a vnitřním odporem vůči tlaku, který lze považovat za nosnou strukturu síly. SAG faktor je bezrozměrné číslo, pohybující se v rozmezí 2 -3. Měkké a elastické pěny, uváděné jako vysoce komfortní, mají SAG faktor okolo 3,5. „Výsledná vyšší hodnota SAG faktoru poskytuje lepší oporu těla na matraci a zároveň je vnímána jako měkká a plyšová na povrchu“ [5].

Vzorky měřených polyuretanových pěn

Pro experiment byly vybrány vzorky polyuretanových pěn, dodané zpracovatelskou firmou. Pěny byly standardně označeny výrobcem. N značí normální typ pěny, označení HR je pro tužší polyuretanovou pěnu. První dvojčíslí značí objemovou hmotnost v kg/m^3 , druhé dvojčíslí značí

desetinásobek odporu proti stlačení při 40% v kPa. Od každého vzorky byly použity tři zkušební vzorky viz tab. 1. Z každého typu 3 kusy, označené A, B a C, bylo tedy umělému stárnutí podrobena celkem 15 vzorků.

Tabulka 1 Vzorky polyuretanových pěn pro experiment

OZNAČENÍ VZORKU	TYP PUR PĚNY
PUR 1 – A, B, C	N 3050
PUR 2 – A, B, C	N 2530
PUR 3 – A, B, C	N 2516
PUR 4 – A, B, C	N 2545
PUR 5 – A, B, C	HR 4037

Metodika měření

Označené vzorky polyuretanových pěn s přesně definovanou objemovou hmotností i odporu proti stlačení byly podrobeny urychleným stárnutím definovaným dle ČSN EN ISO 2440 - Zkouška urychleného stárnutí [6] K experimentu byla použita klimatická skříň Vötsch. Skříň se využívá pro provádění teplotních a teplotně-vlhkostních zkoušek. Teplotní rozsah se pohybuje od -10 °C do 90 °C. Disponuje také vlhkostním rozsahem pohybující se od 10 % až do 98 %. Tento typ klimatické komory je vhodný pro zkoušky bez rychlých teplotních změn, jako je například zkouška stárnutím.

Pro měření odporu proti stlačení byl použit trhací stroj TIRAtest 2300. Přesnost pro měření síly je 0,08 N, pro měření tloušťky 0,001 mm. U tohoto přístroje se měnila tlačná hlava dle potřeby měření. Pro měření objemové hmotnosti byly použity digitální laboratorní váhy zajišťující rychlé a přesné vážení s vysokou přesností na 0,001 g.

Mezinárodní norma [6] popisuje postup laboratorních zkoušek, které mají napodobit účinky přirozeně se vyskytujících jevů zapříčiňujících stárnutí, jako jsou například vlhkost a teplo. Metody pro urychlení stárnutí se aplikují, neboť získání experimentálních výsledků za normálních podmínek používání je téměř nemožné. Tyto metody tedy slouží pro napodobení podmínek při běžném používání výrobku s nastavenými parametry, které zapříčiňují rychlejší stárnutí.

Pro experiment byla zvolena metoda - stárnutí za tepla – působení po určitou dobu konkrétní teplotou pro daný materiál za dané relativní vlhkosti. Vzorky pěněné polyuretanové pěny uměle stárly při 80 °C a vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Princip zkoušky spočívá v umístění zkušebních těles do klimatické komory, kde se vystaví působení horkého vzduchu o stabilní teplotě a nechají se temperovat po 24, 48, 72 a dalších násobcích 24 hod. Pro náš experiment byly zvoleny doby 72, 144, 216, 288 a 360 hodin. Po uplynutí této doby jsou zkušební vzorky vyjmuty z komory a po odležení min. 6 h se provedou stejné testovací zkoušky, které se provedly před zkouškou stárnutím. Změnu fyzikálních vlastností naměřených před a po aplikaci zkoušky stárnutím norma [6] stanovuje tzv. součinitel stárnutí S, který je vyjádřen následujícím vztahem.

$$S = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_0}{\bar{X}_0} * 100$$

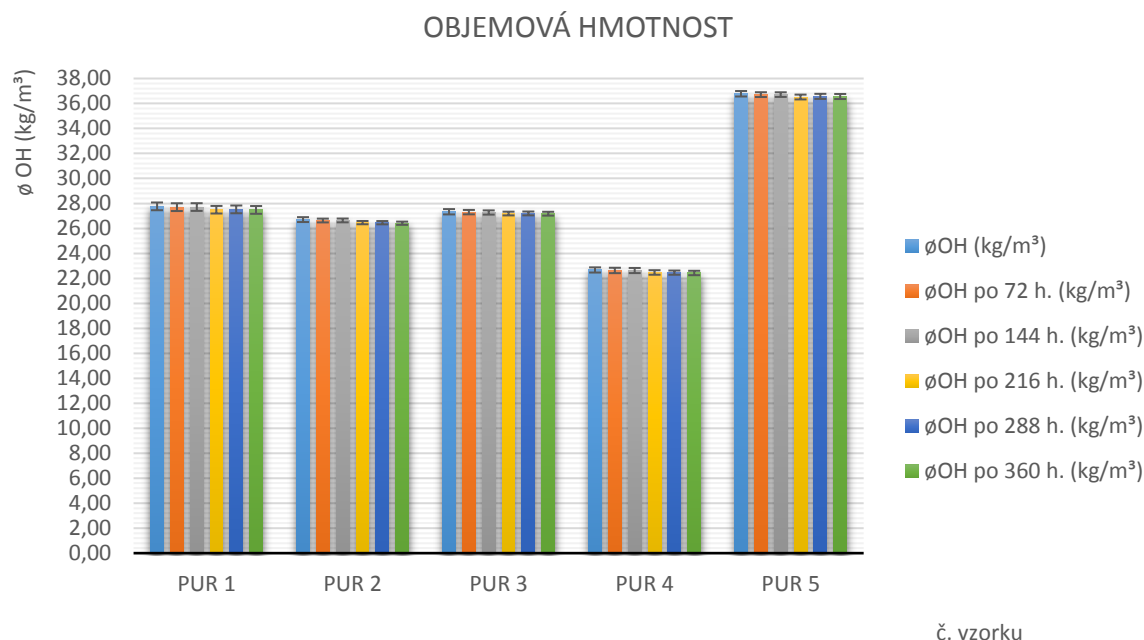
Kde: S součinitel stárnutí

\bar{X}_0 ... průměrná hodnota měřených veličin před stárnutím

\bar{X}_a ... průměrná hodnota měřených veličin po stárnutí

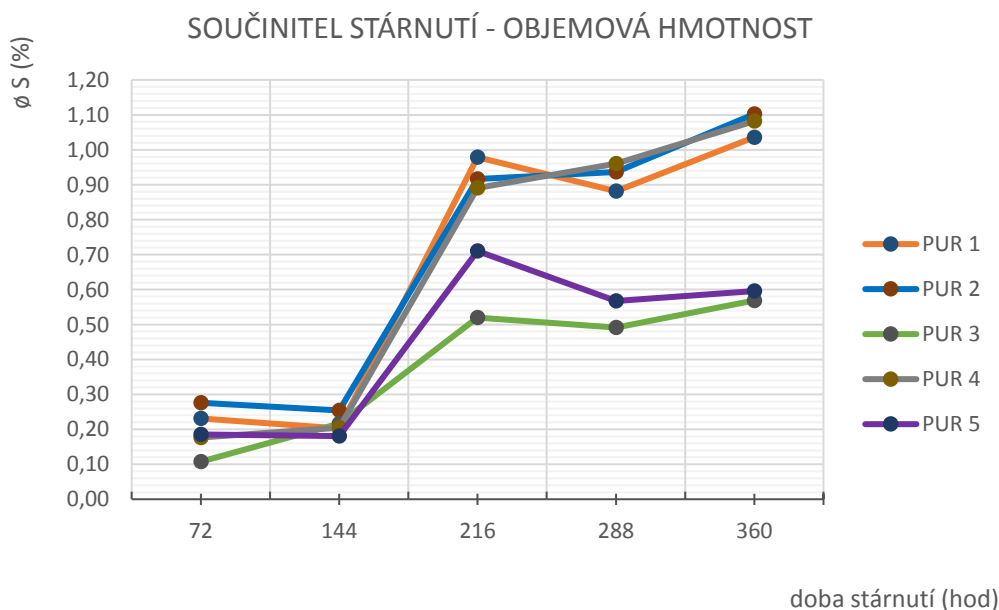
Po uplynutí stanovenej doby umělého stárnutia byli vzorky klimatizované a podrobeny premereňní objemovej hmotnosti, odporu proti stlačení pri 40% a výpočtu SaG faktoru. Podľa normy [6] byl proveden výpočet součinitele stárnutí u každé z proměřovaných veličin. Hodnoty byly zaneseny do grafů na obr. 4,6 a 8.

Výsledky měření - objemová hmotnost



Obrázek 3 Změna objemové hmotnosti při umělém stárnutí

Pokud šlo o zhodnocení ztráty objemu, tak ani po 360 hodinách umělého stárnutí nedošlo k výrazné změně objemové hmotnosti, viz obr. 3.

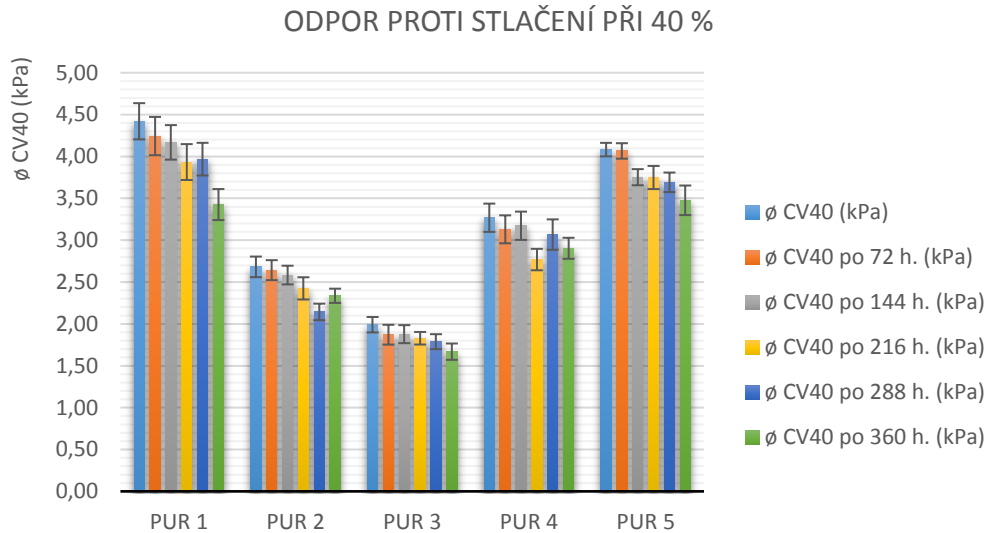


Obrázek 4 Součinitel stárnutí - objemová hmotnost

Změny objemové hmotnosti jsou zaznamenány na obr. 4 pomocí součinitele stárnutí, který vyjadřuje procentuální změnu vybrané vlastnosti vlivem simulace stárnutí. Změny jsou

minimální. Tvrdší PUR pěny ztratily při umělem stárnutí více ze své objemové hmotnosti než PUR pěny měkké.

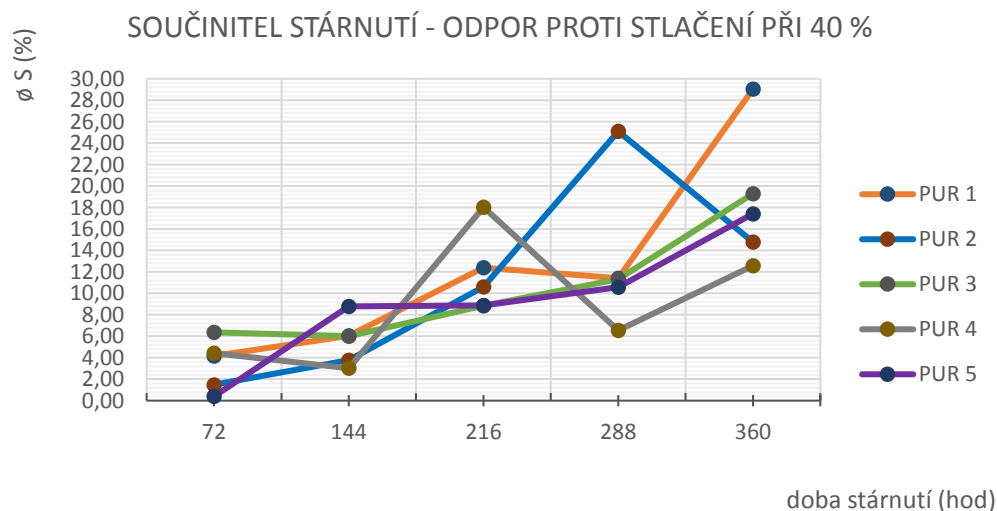
Výsledky měření - odpor proti stlačení při 40%



č. vzorku

Obrázek 5 Změna odporu při stlačení o 40% v průběhu umělého stárnutí

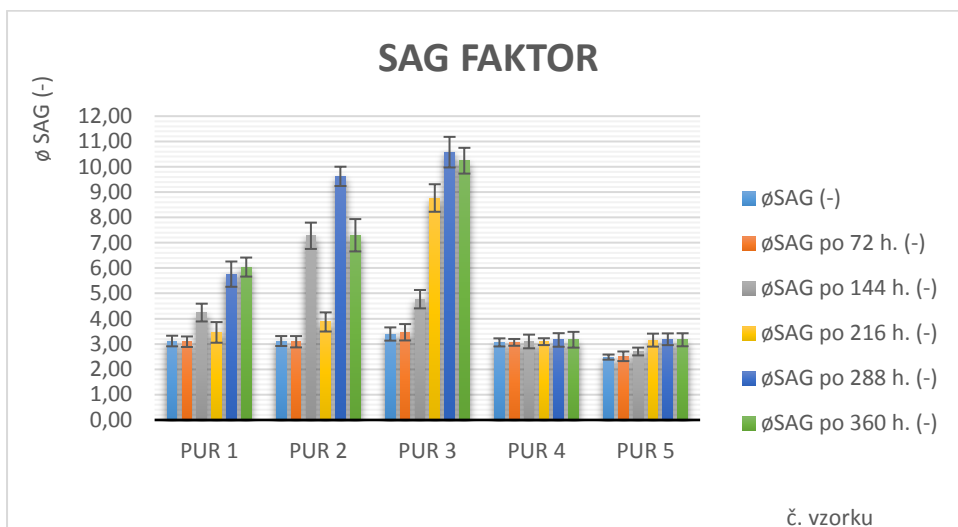
Významnou zkouškou bylo zkoušení odporu proti při 40% stlačení. Je to hodnota, kterou uvádí výrobce na polyuretanové pěnné bloky jako jednu z dominantních vlastností. Již z obr. č.5 je patrné, jak odpor proti stačení klesá v průběhu umělého stárnutí vzorků z polyuretanové pěny.



Obrázek 6 Součinitel stárnutí – odpor proti stlačení při 40%

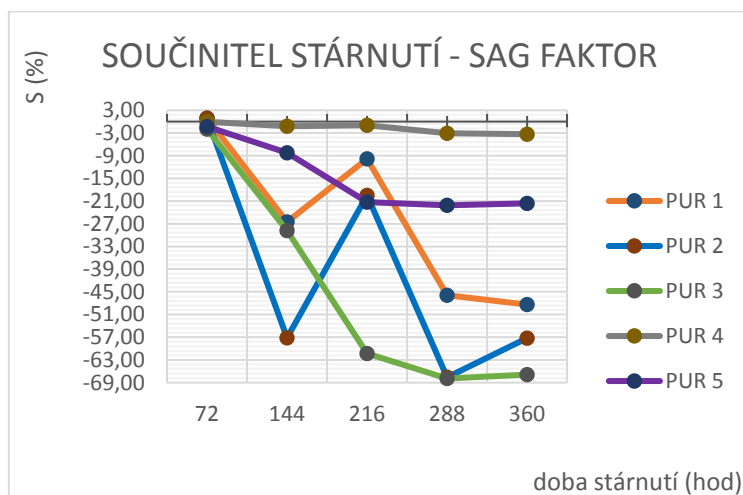
U všech pěn je tendence zvyšování součinitele odporu proti stlačení při 40%, přestože jednotlivé hodnoty mají značné výkyvy. S delší dobou umělého stárnutí vzrůstá i součinitel odporu proti stlačení při 40%.

Výsledky měření a výpočtu SAG faktoru



Obrázek 7 Vypočítaný SAG faktor v průběhu umělého stárnutí

Z obr. 7 je patrné, že hodnoty SAG faktoru, které se běžně pohybují v rozmezí 1-4, po umělém stárnutí změnilly až nad hodnotu 10. Hodnoty součinitele SAG faktoru sahají převážně do mínusových hodnot, což by mělo teoreticky značit zlepšující se SAG faktor vlivem stárnutí. Na obr. 8 jsou znázorněny součinitele stárnutí všech pěn.



Obrázek 8 Součinitel stárnutí – SAG faktor

Zajímavým zjištěním celého měření je výrazný pokles hodnot součinitele stárnutí SAG faktoru, které klesají v rozmezí -0,05 % až -67,9 %. Tento pokles značí neustále se zlepšující faktor komfortu vlivem stárnutí, což znamená, že pěny se stávají komfortnější. Přitom předpokladem bylo pozvolna vzrůstající procento změn tohoto faktoru při procesu stárnutí nebo také to, že hodnota SAG faktoru bude klesat vlivem stárnutí. Tento předpoklad nebyl naplněn a lze říci, že faktor komfortu nabral opačný trend [7]. Z tohoto zjištění vyplývá, že SAG faktor je vhodný pro měření pěn před vlastním zpracováním, ale nikoliv pro měření starých nebo zestárých pěn.

ZÁVĚR

Hlavním cílem experimentu bylo zjistit účinky stárnutí na vybrané vlastnosti polyuretanových pěn používaných na matrace. Experiment byl proveden na nových vzorcích měkkých lehčených pěn, které jsou běžně řazeny do prodejního sortimentu společnosti. Firma poskytla vzorky polyuretanových pěn bez udání výrobce a data výroby.

Hodnoceny byly tři vybrané užitné vlastnosti, které jsou stěžejní v oblasti životnosti matrace. U testování objemové hmotnosti nebyl zjištěn výrazný vliv simulace stárnutí. Zhoršení objemové hmotnosti v procesu stárnutí se v průměru pohybuje od 0,57 % do 1,1 %. Nejmenších procentuálních změn dosahuje nejměkčí testovaný vzorek.

Při hodnocení tvrdosti pěnových vzorků byl prokázán viditelnější vliv umělého stárnutí, i když s velkými výkyvy naměřených hodnot. Odpor proti stlačení při 40 % se pohyboval v rozmezí 12,54 % až 29,04 %. Jednou z možných důvodů větších výkyvů hodnot této vlastnosti může být zborcení struktury či částečná degradace zkoušených pěn.

U zkoušky pro vyhodnocení SAG faktoru došlo vlivem urychleného stárnutí za tepla k opačnému efektu. Tento vývoj se před samotným testováním neočekával. Nejlepších výsledků, tedy největšího zlepšení SAG faktoru dosáhl nejměkčí vzorek PUR 3 (-66,84 %). Zatímco jeden z nejtvrdších testovaných těles dosáhl nejmenšího zlepšení (-3,31 %). Z vyhodnocení výsledků SAG faktoru vyplynulo, že se tato vlastnost vlivem simulovaného stárnutí za tepla zlepšuje. Její hodnoty se zvyšují a udávají komfortnost pěny dle definice SAG faktoru, tj. čím vyšší je hodnota SAG, tím je pěna vláčnější a pohodlnější. Pro uživatele pěnových matrací by toto zjištění znamenalo, že dle SAG faktoru budou zestárlé pěny pocitově vláčnější, měkčí a komfortnější. Ovšem tento jev nemá přesnou hranici určující mez, kdy začínají být pěny nekomfortní a funkčně nepřijatelné. Výsledným zjištěním této oblasti je, že SAG faktor, jako komfortní ukazatel pěnových materiálů, nelze používat na zestárlých pěnach.

Stárnutí pěn je ovlivněno mnoha faktory, které v laboratorních podmínkách nelze stoprocentně obsáhnout, proto výsledky všech zkoušek nebudou nikdy úplné, ale stávají se součástí jednoho z mnoha dalších dílů objasňující proces stárnutí. Celou problematiku také ztěžují výrobci, kteří používají vlastní receptury s různými směšovacími poměry, čímž docílí rozmanitosti druhů a vlastností polyuretanových pěn. Z tohoto důvodu není možné naše výsledky zobecňovat na jakoukoli polyuretanovou pěnu.

I když není normou stanoveno, jakou dobu reálného stárnutí nahrazuje umělé stárnutí, je jasné, že polyuretanové pěny stárnou. Stárnutí záleží zejména na tvrdosti pěny. Měkčí pěny stárnou rychleji. Vzhledem k velkému rozptylu naměřených hodnot některých výsledků nemůžeme tvrdit, že stárnutí je u všech pěn stejnoměrné. Otázkou je, zda se může tímto měřením zcela jednoznačně předpovědět životnost matrace z polyuretanových pěn.

Pokračování tohoto experimentu by bylo v možnosti srovnání životnosti matrace z přírodních materiálů a v následné analýze znečištění životního prostředí vzniklým po životnosti matrací. Zatím takovou studii nikdo nepublikoval, ale vzhledem ke zvyšujícímu se tlaku na životní prostředí bude i toto téma aktuální.

LITERATURA:

- [1] EVROPSKÁ KOMISE. Sdělení komise evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů. Štrasburk, 2018. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/DOC/?uri=CELEX:52018DC0028&from=EN>
- [2] HAEX, B. Back and Bed: Ergonomie Aspects of Sleeping. [online] CRC Press, 2005, ISBN 0203022300.
- [3] SOCHOROVÁ, M. Sorpce vlhkosti z lidského těla do matrace. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Brno, 2013.
- [4] JANČOVÁ, V. Polyuretanové pěny v konstrukci čalouněného nábytku. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Brno, 2008.
- [5] SZYCHER, M. Szycher's Handbook of Polyurethanes, Second Edition. [online] CRC Press, 2012, 1144 s. ISBN 1439839581.
- [6] ČSN EN ISO 2440 Měkčené lehčené materiály – Zkouška urychleným stárnutím. Český normalizační institut Praha, 2000.
- [7] MATOCHOVÁ, V. Stárnutí matracových polyuretanových pěn. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Liberec. 2018.

Adresy autorů

Ing. Hana Pařilová, PhD., Ing. Veronika Matochová, a doc. Ing. Vladimír Bajzík, PhD., Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra hodnocení textilií, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1, Česká republika, hana.parilova@tul.cz, veronika.matochova@tul.cz, vladimir.bajzik@tul.cz

GRAVÍROVANIE VYBRANÝCH TYPOV USNÍ CO₂ LASEROM

Anna Vilhanová, Marcela Cieslarová

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstrakt:

Gravírovanie vybraných typov usní CO₂ laserom. Cieľom predkladanej práce bolo stanovenie vhodných parametrov gravírovania pre usne rôznej hustoty. Technika gravírovania bola aplikovaná prostredníctvom CO₂ laseru v štyroch stupňoch. Jednotlivé overované stupne gravírovania boli rozdielne intenzitou a rýchlosťou laserového lúča. Vhodnosť výberu parametrov gravírovania vhodných pre vybrané typy čalúnnických usní bol na základe hodnotenia hĺbky prepálenia zmeny pevnosti usní. Pre experimenty boli vybrané skúšobné vzorky hovädzích usní z chrbtovej časti, ktoré sa používajú na poťahovanie najviac zaťažovaných častí čalúneného nábytku. Hĺbka prepálenia bola zisťovaná mikrometrom.

Kľúčové slová: useň, gravírovanie CO₂, čalúnený nábytok

ÚVOD

Koža je materiál, ktorý sa používa už po stáročia. Za účelom rozšírenia a inovovania jej použitia sa zavádzajú nové technológie úpravy povrchu usní a jednou z nich technológia gravírovania CO₂ laserom [Belli et al. 2005, Ondogan et al. 2005]. Laserové gravírovanie je proces, ktorým sa rôzne logá, texty alebo obrázky vypaľujú do povrchu materiálu. Vykonáva sa miestnym ohrevom materiálu spôsobeným absorpciou laserového žiarenia, čo vedie k modifikácii jeho mikroštruktúry a zmene fyzických a mechanických vlastností. Výsledok gravírovania je možné výrazne ovplyvniť výrazne správnym výberom parametrov lasera, prevádzkových parametrov a vhodnej kože [Venkateswarlu et al. 2015]. Laserové zariadenia sa v textilnej a kožiarskej oblasti používajú už od 19. storočia a sú tu široko populárne. Ich hlavnými výhodami sú presnosť, účinnosť, rozsah automatizácie [Kane et al. 2010, Lu et al. 2010, Sutcliffe et al. 2000, Kovacs et al. 2006]. Gravírovanie alebo rezanie zväzkom žiarenia je multiparametrický proces. Jednotlivé parametre vplyvajúce na proces rezania alebo gravírovania zväzkom žiarenia je možné klasifikovať do troch skupín: - vlastnosti zväzku žiarenia, - vlastnosti laserového zariadenia a charakteristiky procesu rezania, gravírovania, - vlastnosti obrobku [Barnekov et al 1986]. Laserové žiarenie má jedinečné vlastnosti – vysoký stupeň monochromatickosti, koherencie, malá divergencia a schopnosť fokulácie do malého bodu. Geometrický tvar reznej škáry závisí od mnohých faktorov, ktoré súvisia s procesom rezania zväzkom žiarenia. Jej šírka súvisí s priemerom zväzku žiarenia, rýchlosťou posuvu zväzku žiarenia, použitého pomocného plynu a vlastností materiálu obrobku. Šírku reznej škáry pri rezaní a tiež pri gravírovaní určuje rýchlosť rezania, s jej zvyšovaním sa šírka škáry znižuje. Zvyšovanie výkonu zväzku žiarenia pri konštantnej rýchlosti má tak isto za následok zväčšenie šírky reznej škáry. Hĺbka rezu, a tým aj hrúbka rezaného materiálu, závisí hlavne od výkonu zväzku žiarenia, rýchlosti rezania, typu a tlaku asistujúceho plynu. So zvyšovaním výkonu a znižovaním rýchlosti sa hĺbka rezu zväčšuje (Gajtanska, 2015).

Rezanie alebo gravírovanie kože je možné, podľa dominantného procesu dekompozície materiálu, považovať za rezanie chemickou degradáciou materiálu.

Experimentálna časť

Ako skúšobný materiál pre experimenty boli vybrané štyri typy usní s rôznou povrchovou úpravou a rôznou hustotou. Usne použité v experimente pochádzali z hovädzích koží neeurópskeho pôvodu. V technologickom postupe spracovania boli činené chromitými soľami, povrchová úprava bola vykonaná anilínovými farbivami.

Hustota usní bola stanovená podľa vzťahu:

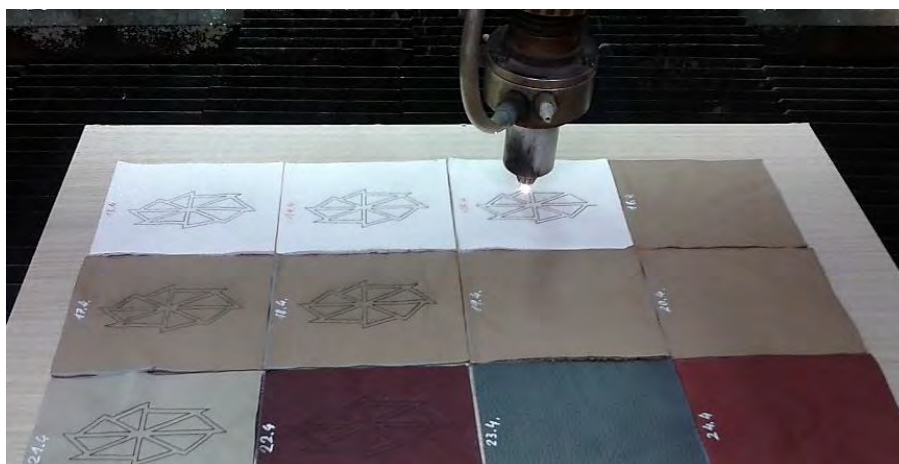
$$\rho = m / V \text{ [kg.m}^{-3}\text{]} \quad (1)$$

kde: **m** je hmotnosť skúšobnej vzorky
V je objem skúšobnej vzorky

$$V = l \times b \times h \text{ [m}^3\text{]} \quad (2)$$

kde: **l** je dĺžka skúšobnej vzorky
b je šírka skúšobnej vzorky
h je hrúbka skúšobnej vzorky

Vybrané typy usní boli podrobené štyrom stupňom gravírovania. Jednotlivé stupne gravírovania sa odlišovali intenzitou výkonu a rýchlosťou. Parametre uvedených charakteristík v jednotlivých stupňoch gravírovania sú uvedené v tabuľke 1. Ako gravírovaný objekt bolo zvolené logo Technickej univerzity vo Zvolene.



Obrázok 1 Gravírovanie CO₂ laserom

Tabuľka 1 Charakteristiky vybraných stupňov gravírovania

Stupeň gravírovania	Výkon lasera [W]	Rýchlosť lasera [m/s]
I.	40	20
II.	43	20
III.	46	20
IV.	43	30

Hĺbka prepálenia bola zisťovaná na vygravírovanom obraze pomocou digitálneho hrúbkomera.

Pevnosť usne bola stanovená podľa vzťahu:

$$\sigma_{tah} = \frac{F}{S} [MPa] \quad (3)$$

kde: **F** je maximálna sila pri pretrhnutí vzorky,
S je plocha začiatočného priečného prierezu pracovnej časti skúšobnej vzorky,

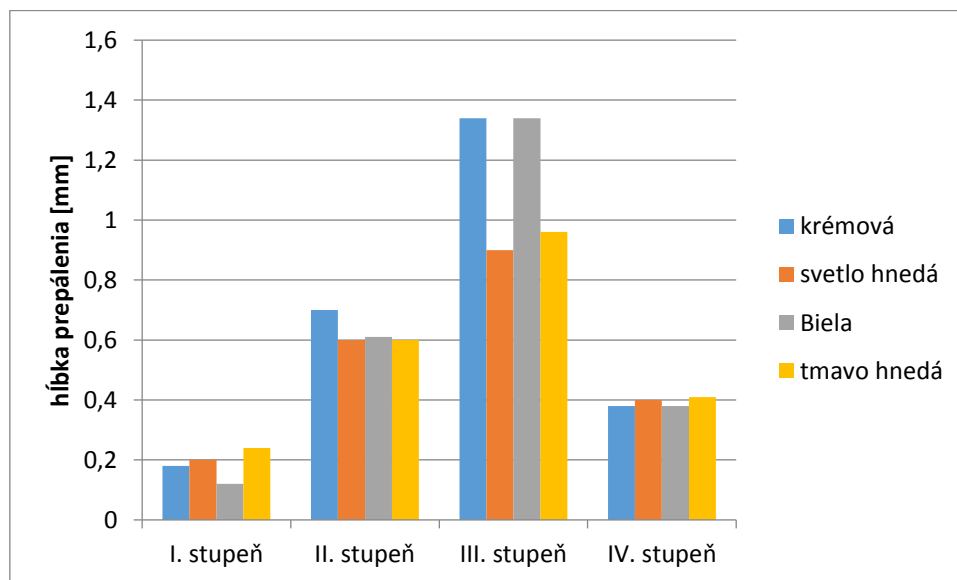
VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

Cieľom experimentu bolo zistenie vplyvu vybraných parametrov gravírovania na hĺbku prepálenia a zmenu pevnosti vybraných typov hovädzích usní. V tabuľke 2 sú uvedené hodnoty hĺbky prepálenia usní s rôznou hustotou, ktoré boli podrobené procesu gravírovania CO₂ laserom v jednotlivých stanovených stupňoch gravírovania.

Tabuľka 2 Hĺbka prepálenia v jednotlivých stupňoch gravírovania

Typ usne	Hustota usne [kg/m ³]	Hĺbka prepálenia [mm]			
		I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	IV. stupeň
Krémová	601	0,18	0,7	1,34	0,38
Svetlo hnedá	634	0,2	0,6	0,9	0,4
Biela	690	0,12	0,61	1,34	0,38
Tmavo hnedá	678	0,24	0,6	0,96	0,41

Na obrázku 2 sú graficky znázornené rozdiely hĺbky prepálenia v jednotlivých gravírovacích stupňoch. Z výsledkov je možné konštatovať, že najväčšia hĺbka prepálenia bola pri všetkých skúmaných typoch usní dosiahnutá v stupni gravírovania č. 3, kde výkon lasera bol 46 W a rýchlosť 20 m/s.



Obrázok 2 Hĺbky prepálenia usní v jednotlivých stupňoch gravírovania

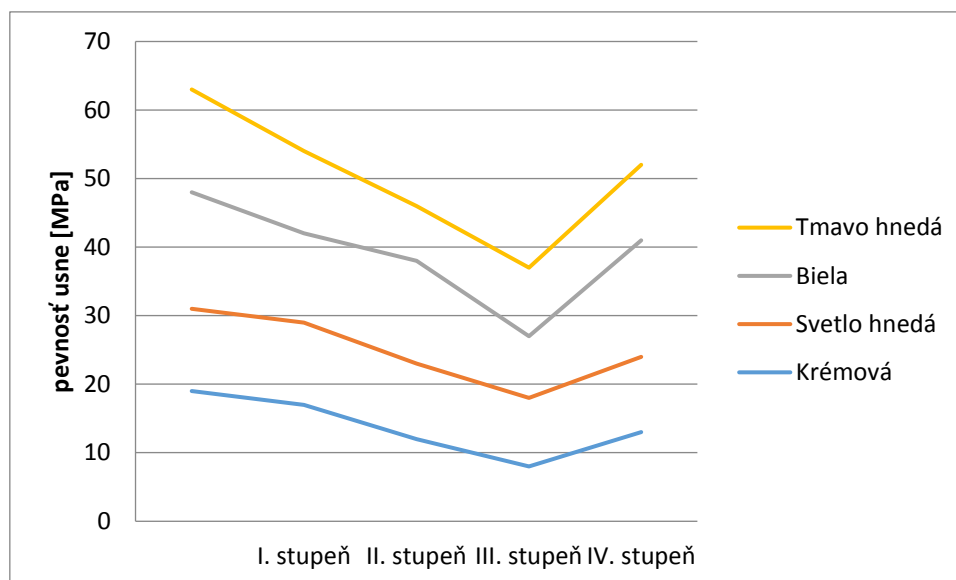
Gravírovanie zasahuje do štruktúry opracovávaného materiálu a zoslabuje ho. Je preto dôležité, pri materiáloch upravovaných gravírovaním, sledovať zmenu jeho pevnostných

charakteristík. Tabuľka 3 uvádza percentuálny pokles pevnosti usní namáhaných ťahom, ktoré boli podrobené gravírovaniu v jednotlivých stupňoch gravírovania.

Tabuľka 3 Vplyv gravírovania v jednotlivých stupňoch na zmenu pevnosti usní

Typ usne	Pevnosť usne pred gravírovaním [MPa]	Pokles pevnosti vplyvom gravírovania [%]			
		I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	IV. stupeň
Krémová	19	11	37	58	32
Svetlo hnedá	12	0	8	17	8
Biela	17	24	12	47	0
Tmavo hnedá	15	20	47	33	27

Na obrázku 3 sú graficky znázornené zmeny pevností vybraných typov usní vplyvom gravírovania v jednotlivých zvolených gravírovacích stupňoch. Z uvedených hodnôt možno konštatovať, že najväčší pokles pevnosti nastal pri gravírovaní v stupni III, kde bola zvolený najvyšší výkon lasera.



Obrázok 3 Zmeny pevností usní vplyvom gravírovania

ZÁVER

Z výsledkov experimentov je možné konštatovať, že vplyv povrchovej úpravy usní má významný vplyv na pevnostné charakteristiky tohto materiálu. Zväzok laserového žiarenia preniká v mieste pôsobenia štruktúrou usne a zoslabuje ju. Tieto miesta následne predstavujú kritické body ťahového materiálu – usne. Najvyšší pokles pevnosti bol zaznamenaný pri gravírovaní v stupni č. 3, kde bola zistená najväčšia hĺbka prepálenia. Hĺbka prepálenia má teda významný vplyv na pokles pevnosti usne podrobenej gravírovaniu CO₂ laserom. Všeobecne možno na základe výsledkov experimentov konštatovať, že pri ťahových usniach používaných vo výrobe čalúneného nábytku, je pri povrchovej úprave gravírovaním vhodnejšie použiť vyššiu rýchlosť laserového zväzku a nižší výkon. Tento poznatok sa preukázal pri porovnaní druhého a štvrtého stupňa gravírovania, kde bol zvolený rovnaký výkon, avšak pri

štvrtom stupni bola zvolená vyššia rýchlosť a pokles zmeny pevnosti vplyvom gravírovania bol nižší než v druhom stupni gravírovania.

LITERATÚRA:

BARNEKOV, V. G., MCMILLIN, W. CH., HUBER, H. A. 1989: Laser machining wood composites. In: Forest Products Journal, ISSN 0015-7473, vol. 39, s. 76-78

BELLI, R., MIOTELLO, A., MOSANER, P., TONIUTTI, L. 2005: Laser cleaning of ancient textiles. Applied Surface Science, 247, s. 369–372.

GAJTANSKA, M. SUJA, J. IGAZ, R. KRIŠŤÁK, E. RUŽIAK, I. 2015: Rezanie smrekového dreva CO₂ laserom. TU vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2837-6, 82 s.

KAN, C. W. 2014: CO₂ laser treatment as a clean process for treating denim fabric. Journal of Cleaner Production, 66, s. 624–631.

KOVACS, L., ZIMMERMANN, A., BROCKMANN, G., GÜHRING, M., BAURECHT, H., Papadopoulos, N., et al. 2006: Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner. Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, 59, s. 1193–1202.

LU, J. M., WANG, M. J. J., CHEN, C.W., WU, J.H. 2010: The development of an intelligent system for customized clothing making. Expert Systems with Applications, 37, s. 799–803.

ONDOGAN, Z., PAMUK, O., ONDOGAN, E. N., OZGUNEY, A. 2005: Improving the appearance of all textile products from clothing to home textile using laser technology. Optics and Laser Technology, 37, s. 631–637.

SUTCLIFFE, H., COOPER, M., FARNSWORTH, J. 2000: An initial investigation into the cleaning of new and naturally aged cotton textiles using laser radiation. Journal of Cultural Heritage, 1, s. 241 – 246.

VENKATESWARLU, U. MUTHUKRISHNAN, M. RAMESH, R., CHANDRABABU, NK. 2015: Effect of CO₂ Laser on morphological properties of Leather. In: International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 02 Issue: 06. ISSN: 2395-0056

Adresa autorov:

Ing. Anna Vilhanová, PhD., a Ing. Marcela Cieslarová, Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, vilhanova@tuzvo.sk

GEOMETRICKÉ FAKTORY VYUŽÍVANÉ PRI NAVRHOVANÍ NÁBYTKU

Denisa Lizoňová

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie

Abstrakt:

Geometrické faktory využívané pri navrhovaní nábytku. Nábytok je predmetom, s ktorým sa človek každodenne stretáva a jeho kvalita a estetická hodnota priamo ovplyvňuje celkový komfort života. Harmonické tvarové riešenie nábytkových prvkov je jedným z hlavných faktorov, ktoré prispievajú k zaujatiu spotrebiteľa. Článok pojednáva o geometrických kompozičných princípoch a o výtvarnej analýze, ktoré je vhodné využiť pri návrhu nábytkových prvkov, aby bola docieľaná ich najvyššia možná „tvarová dokonalosť“. Zároveň je predstavená práca s vybranými geometrickými princípmi a postupmi pri analýze existujúcich konkrétnych nábytkových predmetov.

Kľúčové slová: geometrická analýza, kompozícia, proporcie

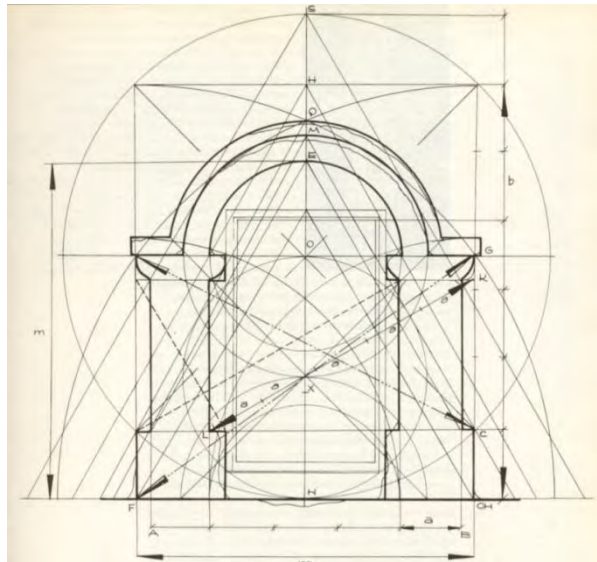
ÚVOD

Zrakový kontakt človeka s prostredím je obvyčajne najdominantnejší vnem, ktorý človek pri pohybe priestorom získa. Estetická hodnota foriem, či už prírodných alebo vytvorených ľudskou rukou, je obvyčajne prvým faktorom, ktorý ho ovplyvní. Navrhovanie nových predmetov, medzi ktoré spadá aj nábytok, predstavuje komplexný tvorivý proces. Jeho výsledkom je produkt, ktorý by mal dosahovať najvyššie kvality, aby bol schopný v konkurenčnom prostredí obstáť. Tu vstupuje na scénu dizajn. Slovo **design** má svoj pôvod v latinskom slovese *designo*, *designare*, s významom označovať, vyobrazovať, zvoliť na ďalšie obdobie, poriadať, vystrájať. Z latinčiny ho prebrala angličtina, kde podľa významovej štruktúry predstavuje rôzne činnosti a ich výsledky. Anglické slovo *design* zahrňuje v sebe tak význam francúzskeho *dessin* (kresba, výkres, plán) ako aj *dessein* (úmysel, zámer)“ (Petráanky, 1994).

Vonkajšia stránka objektov však predstavuje len jeden z aspektov, ktoré pojem dizajn zachytáva. Dizajnér pri návrhu prostredníctvom vhodnej formy realizuje svoj účelovo-obsahový zámer. Teda spája konkrétnu formu s praktickou funkciou predmetu. U funkčných objektov, kam zaradujeme nábytok, je však podstatné, aby obsahová stránka vyjadrená v konkrétnej forme nadobudla aj určitú estetickú hodnotu. Pri umeleckých objektoch je toto samozrejmosťou.

K naplneniu estetických požiadaviek, čo je hlavným predpokladom dizajnového objektu, môže dopomôcť metóda geometricko-výtvarnej analýzy a aplikácia vhodných geometrických postupov. Ich využitie predstavuje dôležitú súčasť dizajnerskej výučby aj praxe. Poznatky z geometrie a kompozície podporujú priestorové videnie a predstavivosť, dodávajú návrhárskej tvorbe kompaktnosť a zároveň novovybudovanými poznatkami a skúsenosťami rozširujú inšpiračnú základňu a cit pre priestor. Geometria zároveň vďaka svojim vlastnostiam a možnostiam podporuje presnosť a jasnosť tvaru, a tým prispieva k jeho zladeniu. Vhodné geometrické postupy a konštrukcie môžu pomôcť už pri začiatkoch návrhu, alebo naopak v závere, keď je tvar dôkladnejšie precizovaný. Aplikovanie geometrických postupov pritom predpokladá uvedomelú a premyslenú prácu sledovanú abstraktným procesom myslenia.

Geometrické konštruovanie bolo využívané už v histórii a mnohí svetovo uznávaní dizajnéri a umelci sa počas svojej tvorby k jej využitiu prikláňali, ako je možné ďalej sledovať pri výtvarnej analýze konkrétnych objektov. Poznanie vhodných kompozičných princípov vedie k exaktnejším postupom pri samotnom navrhovaní.



Obrázok 1 Drážovce, geometrická analýza vstupnej brány, (Struhár, 1977)

Geometrická kompozícia

Kompozíciu je všeobecne možné definovať ako usporiadanie prvkov v určitom ohraničenom priestore. Jej hlavným cieľom je predovšetkým „viesť“ oko pozorovateľa, teda poskytnúť tomu, kto daný objekt či priestor sleduje, návrhárom vopred premyslený a žiadaný vnem.

Na vytváraní kompozície sa obyčajne podieľa istý počet prvkov, v geometrii najlepšie charakterizovaných bodom, líniou a plochou. Ich samostatné, ale aj vzájomné výrazové pôsobenie vplýva na celkový výraz „scény“.

Dlhodobá výtvarná prax ľudstva objavila a vypracovala mnoho zákonitostí, princípov a pravidiel, ktoré spomenuté komponenty vhodne spájajú, v snahe vytvoriť čo najvhodnejšie kompozície. Ich platnosť nie je časovo obmedzená len na určité obdobie, sloh alebo individualitu umelca, ale sú trvalo platné a v nejakej podobe a určitom rozsahu sa vždy zúčastňujú na realizácii diela.

Správne vytvorená výtvarná kompozícia vyžaduje znalosť výtvarných princípov a zákonitostí, ktoré nevystupujú samoúčelne a ich prazáklad sa nachádza v prírode. Ich správne využitie umožní vytvoriť kompozíciu, ktorá na vnímateľa pôsobí príjemne a harmonicky, čo je obyčajne jeden z hlavných zámerov autora.

Hlavnými kompozičnými činiteľmi sú: **symetria a asymetria, metrum a rytmus a proporcie**. Dôkladným pozorovaním je možné zistiť, že výtvarná dokonalosť objektu závisí na ich správnom použití.

Symetria je obyčajne chápaná ako súmernosť, súmerné rozmiestnenie jednotlivých prvkov. Pozorovaním prírody sa dá zistiť, že prevažná väčšina prírodných objektov preukazuje podstatné znaky symetrie. V rámci geometrie rozlišujeme niekoľko druhov symetrií: symetriu osovú, stredovú či menej známu obratovú. Výrazové pôsobenie sa u nich odlišuje. Osová

a stredová symetria sa vyznačujú silnou stabilitou a statickosťou, ale obratová symetria je dynamická. Použitie symetrie v kompozícii do nej vnáša poriadok, vyváženosť ale zároveň určitú fádnosť, ktorá je spôsobená tým, že vyvážené časti pozorovateľ rýchlo „porovná“.



Obrázok 2 Symetria a asymetria stolového nábytku (<https://sk.pinterest.com>)

Preto bývajú symetrické kompozície doplnené prvkom, ktorý vytvára **asymetriu**. Práve asymetria je charakteristická dynamickosťou, živosťou, neviazanosťou a niekedy až nepokojom. Z hľadiska vlastností vyváženia môžeme pri asymetrii hovoriť o: rovnovážnej asymetrii, nerovnovážnej dynamickej asymetrii a asymetrii absolútnej nepravidelnosti.

Druhým významným kompozičným činiteľom je **rytmus**. Jeho základom je periodické opakovanie prvkov, pričom prvky musia byť ak nie rovnaké, tak aspoň dostatočne podobné, aby bolo možné postrehnúť súvislosť medzi nimi. Najjednoduchšie opakovanie alebo striedanie prvkov v kompozícii sa nazýva metrum. Zložitejší druh opakovania prvku (popríklad viacerých prvkov), často spojený so zákonitými kvalitatívnymi zmenami ako napr. narastanie prvku, zmena rozmeru, tvaru, farby, je potom nazývaný rytmus.



Obrázok 3 Gradačný rytmus (<https://sk.pinterest.com>)

Vytváranie rytmu je spojené so striedaním prvkov aktívnych tzv. akcentov a pasívnych tzv. intervalov (intervalom nemusí byť len voľný priestor, ale môže ho predstavovať aj jednoduchý medzitvar). Vzájomné usporiadanie akcentov a intervalov ovplyvňuje dynamickosť kompozície. Charakteristickým znakom rytmu je vytváranie plynulosti a následnosti.

Proporcie a geometrická analýza

Pri vytváraní objektu autor pracuje s jeho tvarom, ale aj rozmermi, vzťahmi jednej časti objektu k druhej resp. k celku. Vzájomný pomer rozmerov objektu, úmernosť vzťahov medzi sebou a k celku sa nazývajú **proporciami**. Práve uvádzanie proporcií objektu do harmonických a zákonitých vzťahov pomáha k jeho výslednému dobrému tvarovému pôsobeniu.

Procesy spracovania a vytvárania foriem metódou vyvažovania proporcií možno sledovať už v histórii. V priebehu doby sa ustálilo niekoľko základných metód, ktoré sa využívali k uvedeniu jednotlivých proporcií do vzájomne zákonitých a harmonických vzťahov. Najjednoduchší a zároveň najčastejšie využívaný proporcionálny systém je založený na **module**. Jeho základom môže byť číslo alebo priestorový či plošný geometrický tvarový prvok (štvorec, kružnica, kocka a pod). Použitie modulu pozostáva z vytvorenia určitej osnovy či siete, ktorá je základom celého kompozičného plánu. Základné proporcie objektu a jeho častí sa potom do osnovy vpisujú, a tým dochádza k ich previazanosti a vzájomnej vyváženosti. Modulový systém je charakteristický predovšetkým pre starovekú architektúru, ale jeho využitie možno nájsť postupom doby až dodnes.

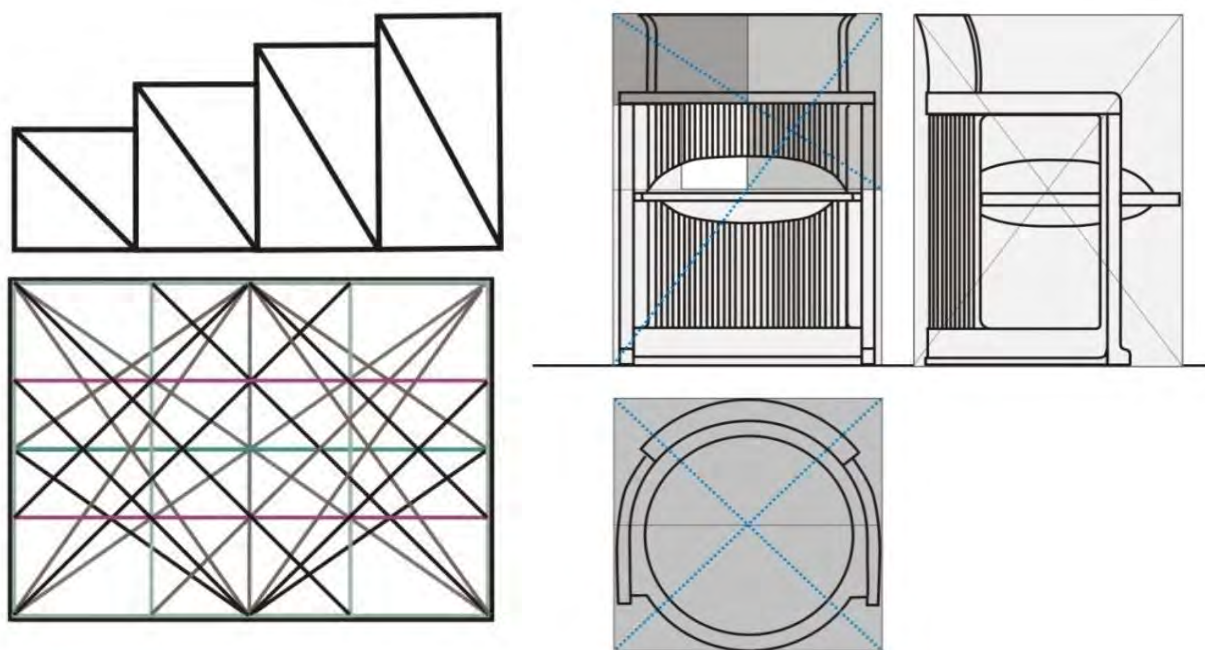


Obrázok 4 Modul ako základný proporčný prvok (<https://sk.pinterest.com>)

Okrem jednoduchého modulu a z neho vyplývajúcich prirodzených čísel, sa k harmonizácii proporcií využívajú často aj iracionálne číselné vzťahy. Pomocou nich sa vytvárajú tvarové obrazce, ktoré je možné vzájomne zostaviť do geometrického usporiadania. Iracionálne vzťahy vyjadrujú aj takzvané „odmocninové obdĺžniky“. Jedná sa o obdĺžniky s pomerom strán $1: \sqrt{2}$, $1: \sqrt{3}$, $1: \sqrt{4}$, $1: \sqrt{5}$ atď. „Odmocninové obdĺžniky majú schopnosť byť nekonečne rozdeľované na menšie proporčné obdĺžniky. To znamená, že keď napr. $\sqrt{2}$

odmocninový obdĺžnik je rozdelený na polovicu, výsledkom delenia sú dva menšie $\sqrt{2}$ odmocninové obdĺžniky, keď je ďalej znova rozdelený (teda rozdelený na 4 časti), výsledkom sú štyri menšie $\sqrt{2}$ odmocninové obdĺžniky atď. “ (Elam, 2011).

Frank Lloyd Wright (1868 – 1959) bol jedným z najvýznamnejších amerických architektov a dizajnérov 20. storočia. Jeho práca bola charakteristická záujmom o jednoduché geometrické formy a pretínajúce sa kolmé roviny. Dizajnerska tvorba Wrighta sa vyznačuje jednoduchými konštrukciami, priamymi líniami a tvarmi vychádzajúcimi prevažne zo základných geometrických obrazcov (štvorec, kružnica). Proporcie „odmocninového obdĺžnika“ s pomerom strán 1: $\sqrt{2}$ sa stali základom návrhu The Barrel Chair.

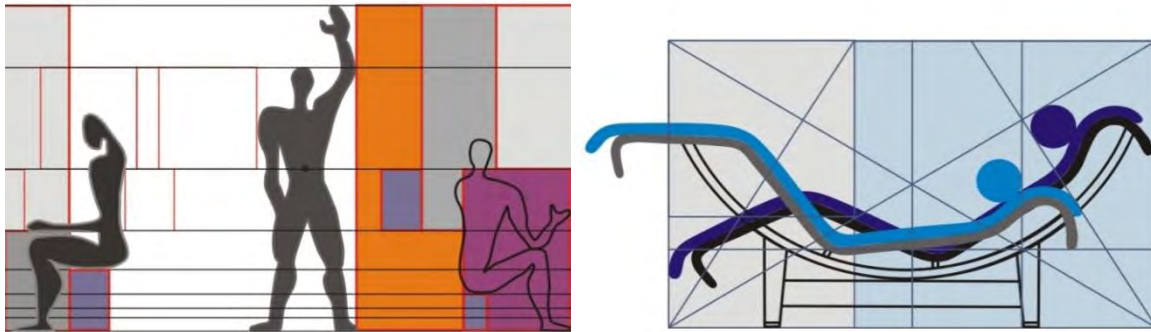


Obrázok 5 Odmocninové obdĺžniky a The Barrel Chair- Frank Lloyd Wright (autor)

„Prepracovaná The Barrel Chair má príjemné proporcie. Nárys je vkreslený do $\sqrt{2}$ odmocninového obdĺžnika s rámom sedadla umiestneným práve pod jeho stredom. Podrúčky stoličky sú v polovici vzdialenosti sedadla k celkovej výške stoličky. Výška stoličky je dvojnásobkom priemeru vankúša...“ (Elam, 2011).

Osobitosťou medzi proporciami sa vyznačuje **zlatý rez**. „Zlatý rez (lat. sectio aurea) je rozdelenie úsečky na dve časti tak, že pomer veľkosti menšej časti k veľkosti väčšej časti je ten istý ako pomer veľkosti väčšej časti k veľkosti celej úsečky“ (Říman, 1987). Všeobecne je považovaný za akýsi kozmický zákon prejavujúci sa v prírode. Vo všeobecnosti sa proporcie zlatého rezu zvyknú charakterizovať ako najharmonickejšie, najvyváženejšie či najkrajšie. Tento ideálny harmonický kompozičný pomer bol aplikovaný od staroveku. Môžeme ho nájsť v antickej stavbe Parthenonu, v množstve gotických katedrál ale aj v tvorbe nábytku a interiéru. Proporcie zlatého rezu zaujali napríklad francúzskeho architekta, dizajnéra, maliara a spisovateľa Le Corbusiera. Celé jeho dielo je charakteristické výraznými základnými formami bez komplikovaného detailu, využívajúc geometrické zákonitosti k vytvoreniu harmonických vzťahov. V rámci teoretických prác sformuloval nový vymeriavací systém **Modulor**, „založený na pevných základných veľkostiach odvodených z človeka a na proporciách formátov viazaných k základnej veľkosti systémom matematických závislostí“ (Crhák, 2012). Modulor bol myslený ako univerzálny systém proporcií. Tento systém by mohol byť použitý

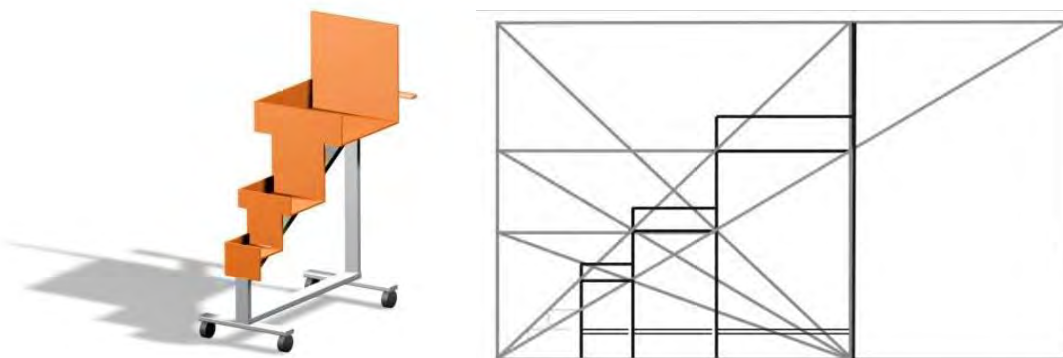
na meranie všetkých aspektov dizajnu a architektúry. Základným prvkom Moduloru je muž s výškou šesť stôp. Tento tzv. „Modulor Man“ je segmentovaný podľa zlatého pomeru.



Obrázok 6 Le Corbusierov Modulor a The Chaise Longue (autor)

Le Corbusierova spolupráca s Charlotte Perriand a Pierre Jeanneret viedla k mnohým úspešným riešeniam, pričom zlatý rez využíva napr. The Chaise Longue. Jej proporcie vychádzajú práve z harmonického delenia obdĺžnika zlatého rezu. Dôležitým vizuálnym, ale aj funkčným prvkom, je chrómový tubulárny rám v tvare časti kružnice. Kruhový prvok je opakovaný v tvare vankúša. Šírka zlatého obdĺžnika, opísaného nárysom The Chaise, je zároveň priemerom kruhového rámu.

Príkladom využitia uvádzania proporcií do vzájomných vzťahov, ako aj práce s gradačným rytmom je autorský dizajn úložného systému. Jednotlivé policové diely ako aj celý objekt je navrhnutý s využitím proporcií zlatého rezu, ako je možné vidieť aj na schematickej konštrukcii na obr. 7. Navrhnutý úložný systém je mobilný a slúži na odkladanie drobných predmetov. Zároveň je aj deliacim prvkom interiéru. Zlatý rez je obsiahnutý v proporciách polic, ktorých šírkové a dĺžkové rozmery aj výškové členenie postupne harmonicky narastá. Samotné základné proporcie objektu (šírka, dĺžka, výška) sú zosúladené tak, aby predmet napĺňal aj funkčnú stránku.



Obrázok 7 Navrhnutý úložný policový systém (autor)

ZÁVER

Súčasnú rozsiahle technologické možnosti umožňujú vytvárať rozmanité tvary s použitím rôznorodých materiálov. Tvarová dokonalosť je pri tom jedným z predpokladov, aby predmet zaujal. Použitie geometrických konštrukcií a výtvarnej analýzy pri navrhovaní konkrétneho objektu predstavuje spôsob, ako je možné získať vyhovujúci tvar, a tým naplniť náročné estetické kritériá.

Zapojenie výtvarnej analýzy a využitie kompozičných zákonitostí v komplexe návrhárskej činnosti vyžaduje kompaktné vedomosti z rôznych oblastí geometrie a ich dokonalé skĺbenie s talentom dizajnéra. Toto harmonické spojenie poznatkov a vnútorného citu je kľúčovým momentom pre vznik objektov najvyššej estetickej kvality, čo je hlavným zámerom každého dizajnéra.

Kritériá systémovej dizajnerskej tvorby, ktorých úlohou je korigovať či usmerniť prácu dizajnéra (projektanta), ponúkajú širokú základňu na uplatnenie použitia geometrie a geometrických zákonitostí v systéme výstavby dizajnerskeho produktu. Ako bolo v článku ukázané, geometrické postupy pri navrhovaní boli využívané už v minulosti a v súčasnosti môžu byť dobrou pomôckou na zdokonalenie tvaru a celkového vizuálneho pôsobenia každého objektu a teda aj nábytku a ďalších interiérových súčastí.

LITERATÚRA:

CRHÁK, F., KOSTKA, Z., Výtvarná geometria. Bratislava, SPN, 1986. 160 s.

CRHÁK, F., Výtvarná geometria plus. Brno, VUTIUM, 2012. 186 s. ISBN 978-80-214-3767-8

ELAM, K., Geometry of design: Studies in proportion and composition. New York, Princeton Architectural Press, 2011. 143 s. ISBN 978-16-1689-036-0

KANICKÁ, L., Dizajn nábytku v súčasnom svete. Brno, ERA, 2007. 120s. ISBN **978-80-7366-107-6**

LE CORBUSIER, Le Modulor and Modulor 2. Basel, Birkhäuser Architecture, 2004. 580 s. ISBN 978-37-6436-188-4

PETRÁNSKÝ, E., Teória a metodológia dizajnu. Zvolen, Edičné stredisko TU, 1994. 117 s. ISBN 80-228-0318-9

ŘÍMAN, J., Malá československá encyklopédia. Praha, Academia, 1987. 927s.

SPARKE, P., Století designu: průkopníci designu 20. století. Praha, Slovart, 1999. 212 s. ISBN 80-7209-142-5

STRUHÁR, A., Geometrická harmónia historickej architektúry na Slovensku. Bratislava, Pallas, n. p., 1977. 235s.

<https://sk.pinterest.com/pin/54043264263345371/>

<https://sk.pinterest.com/pin/12314598965101522/>

Adresa autora:

Ing. Denisa Lizoňová, ArtD., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, denisa.lizonova@tuzvo.sk, tel.: +421 45 5306454

VPLYV ZVÝŠENEJ HMOTNOSTI POUŽÍVATEĽA NA VEĽKOSŤ KONŠTRUKČNÝCH PRVKOV SEDACIEHO NÁBYTKU

Nadežda Langová, Pavol Joščák

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstrakt:

Vplyv zvýšenej hmotnosti používateľa na veľkosť konštrukčných prvkov sedacieho nábytku. Cieľom príspevku je stanoviť vplyv zvýšenej telesnej hmotnosti používateľov na nosnosť a rozmery konštrukčných spojov stoličiek. Po statickej analýze nosnosti troch typov najčastejšie vyrábaných stoličiek sme zistili, že najvhodnejším typom konštrukcie pre užívateľov s vyššou hmotnosťou je konštrukcia stoličky s trnožami. Z analýzy vyplýva, že pre 150 kg hmotnosť používateľa sa prične rozmery konštrukčných prvkov zväčšili až o 25%.

Kľúčové slová: čapové spoje, hmotnosť používateľa, únosnosť spojov, stolička

ÚVOD

V posledných desaťročiach však nedochádza len hmotnostným zmenám populácie, ale aj k rastovým. Sekulárne trendy sú v mnohých krajinách sveta zdokumentované už od 19. storočia (Komlos and Lauderdale, 2007; Hitka et al., 2018). Kým v prípade hmotnosti dochádza k celosvetovému nárastu hmotnosti populácie, v prípade rastových (výškových) zmien je situácia rôzna. Výskumy na území Českej republiky dokazujú, že v českej populácii došlo, rovnako ako v slovenskej, k výraznému rastu telesných rozmerov, najmä telesnej výšky a hmotnosti. Medzi rokmi 1970 a 2011 došlo u mužov k nárastu výšky o 6,1 cm, u žien o 4 cm, v prípade hmotnosti u mužov medzi rokmi 1985 a 2011 nárast o 7,4 kg a u žien o 5,5 kg (Kovařík, 2011).

Pri statických výpočtoch a skúšaní nábytku je okrem prídavných zaťažení najdôležitejšie zaťaženie vyvolané hmotnosťou používateľa (Smardzewski, J. 2015). Európske normy pre skúšanie sedacieho nábytku (EN 12520 a EN 1728) pre bytové použitie vychádzajú z hmotnosti používateľa 110 kg. Súčasné normy však vychádzajú z antropometrických údajov z obdobia pred 30 rokmi, kedy v podstate začalo obdobie dramatického nárastu hmotnosti používateľov. Vzhľadom k prudkému nárastu hmotnosti populácie považujeme 110 kg pre niektorých používateľov za nedostatočnú hodnotu.

Európske normy v súčasnosti nedefinujú žiadne dodatočné zaťaženia a sily, ktoré by boli požadované pre užívateľov s hmotnosťou nad 110 kg. SATRA, nezávislá výskumná a skúšobná organizácia založená v Spojenom kráľovstve, stanovila skúšobnú metódu, ktorá obsahuje článok BS 5459-2, ktorý určuje zaťaženie nábytku pre používateľov do 225 kg (satra.com). V Austrálii a na Novom Zélande platí norma AFRDI 151, ktorá je určená na skúšanie stoličiek pre používateľov ťažších ako 100 kg, pričom sú štyri hmotnostné kategórie používateľov: 135 kg, 160 kg, 185 kg a obézny (bariatrický) používateľia do 300 kg. Neexistujú žiadne európske alebo normy BIFMA týkajúce sa obmedzenia hmotnosti bariatrických stoličiek. O stoličky pre obéznych používateľov majú záujem predovšetkým zdravotnícke zariadenia, kde sa zvyčajne uprednostňuje nosnosť stoličky 340 kg (750 lb) alebo viac. Niektoré zdravotnícke zariadenia majú záujem o bariatrické stoličky, ktoré môžu mať nosnosť 455 kg (1000 lb) alebo viac. Dôvodom je rozdiel medzi tým, či uvedená hmotnostná kapacita znamená statické zaťaženie alebo aktívne zaťaženie. Aktívne zaťaženie predstavuje zaťaženie pri vstávaní a opieraní sa o stoličku alebo stav keď človek na ňu „klesne“ a je niekedy spoľahlivejšie pre stanovenie maximálneho zaťaženia stoličky.



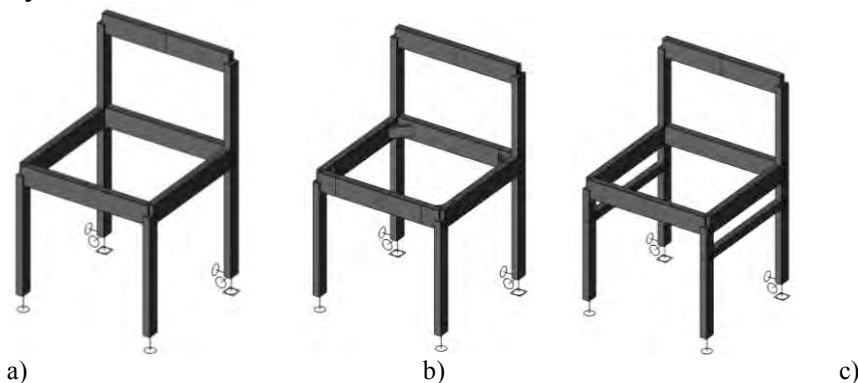
Obrázok 1 Príklad osadenia stoličky pre obéznych používateľov a používateľov s normálnou hmotnosťou (Dignity, s.a)

Tento problém sa netýka len zdravotníckych zariadení ale aj kancelárskeho prostredia, kde je potrebné vysokým a veľkým ľuďom vytvoriť ergonomicky vhodné pracovné prostredie, takými rozmermi stoličiek, ktoré by boli vhodné pre tvar ich tela. Tieto stoličky môžu pomôcť predchádzať zdravotným problémom, ako je ischias alebo zhoršený krvný obeh, ku ktorým môže dôjsť, keď väčší a ťažší ľudia sedia v stoličkách určených pre osoby s priemernou veľkosťou. Tendenciou je navrhovať nábytok tak, aby bol prispôbený používateľovi (jednotlivcovi), ale taktiež aby bol optimálne využitý priestor so zohľadnením hlavných kritérií ako sú jeho dizajn, ergonómia a bezpečnosť. Tieto kritériá sa musia zohľadniť vo fáze navrhovania rozmerov nábytku. Pevnostné vlastnosti nábytkových konštrukcií sa hodnotia na základe experimentálnych skúšok, ktoré sú uvedené v európskych normách. Tieto experimenty sa zvyčajne vykonávajú na konštrukciách skutočnej veľkosti, čo je celkom prirodzené, pretože v tomto rozsahu sa vyskytujú časté pozorovateľné poškodenia a štrukturálne zmeny. Na zníženie materiálových a priestorových požiadaviek počas skúšok, ale aj na predbežné zhodnotenie pevnosti nábytkovej konštrukcie sa používajú aj pevnostné výpočty.

Príspevok je zameraný na navrhovanie rozmerov konštrukčných prvkov pre používateľov so zvýšenou telesnou hmotnosťou 150 kg.

Statická analýza konštrukčných spojov

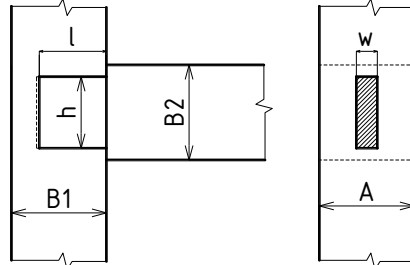
Pre statickú analýzu spojov sme zvolili tri najčastejšie používané rámovú konštrukcie stoličiek. Pri všetkých konštrukciách (obr. 2) uvažujeme s materiálovými charakteristikami bukového dreva s hustotou 684 kg/m^3 . Základná konštrukcia **I** je tvorená prednými a zadnými nohami, ktoré sú spojené lubmi. Konštrukcia **II** je oproti prvej konštrukcii v rohoch doplnená výstuhami, ktoré sú zapustené do lubov. Tieto vzpery tvoria zavetrenie stoličky v rovine sedadla. Konštrukcia **III** je taktiež tvorená prednými a zadnými nohami pospájanými lubmi ale na bokoch stoličky sú osadené trnože.



Obrázok 2 Analyzované konštrukcie stoličiek

- a) Typ I - nohy spojené lubmi, b) Typ II - rohové spoje doplnené výstuhami, c) Typ III - nohy spojené lubmi a bočnými trnožami

Pri statickej analýze uvedených konštrukcií stoličiek sme vychádzali z použitia čapových lepených spojov. Pri výpočtoch sme vychádzali zo štandardne vyrábaných stoličiek, pri ktorých je priečny prierez prednej a zadnej nohy 42x25mm a priečny prierez bočných lubov a zadného a predného lubu 70x24mm a hrúbkou čapu 8 mm (Obr. 3).

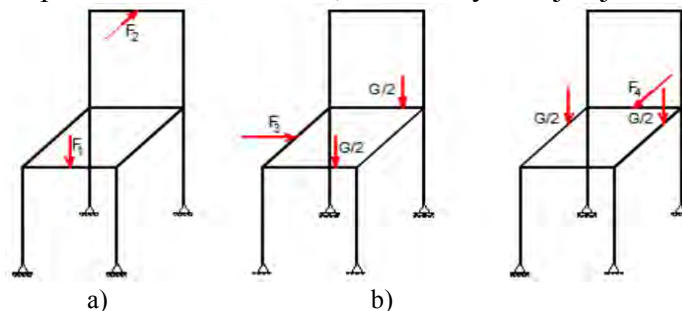


Obrázok 3 Všeobecné geometrické parametre čapových spojov

Výpočtové schémy a zaťaženie

Statické výpočtové schémy (obr. 4) vychádzajú z noriem EN pre testovanie stoličiek (EN 12520 a EN 1728), kde sú presne stanovené polohy pôsobenia zaťaženia a spôsob podoprenia nôh stoličky, vzhľadom na pôsobiace zaťaženie.

Keďže sú čapové spoje lepené, vo výpočtovom programe sú všetky uzly konštrukčných prvkov uvažované ako tuhé. Pre statickú analýzu spojov sme zvolili tri základné zaťažovacie schémy, pri ktorých dochádza k najväčšiemu namáhaniu spojov. Podľa uvedených schém, ktoré vychádzajú z reálneho používania a zaťaženia, sa stoličky testujú aj v skúšobniach nábytku.



Obrázok 4 Statické výpočtové schémy pre jednotlivé zaťažovacie stavy

F₁, F₂, F₃, F₄ – zaťažovacie sily, G – tiaž používateľa

a) zaťažovací stav 1 – zaťaženie predného lubu a operadla, b) zaťažovací stav 2 – bočné zaťaženie, c) zaťažovací stav 3 – zaťaženie zozadu

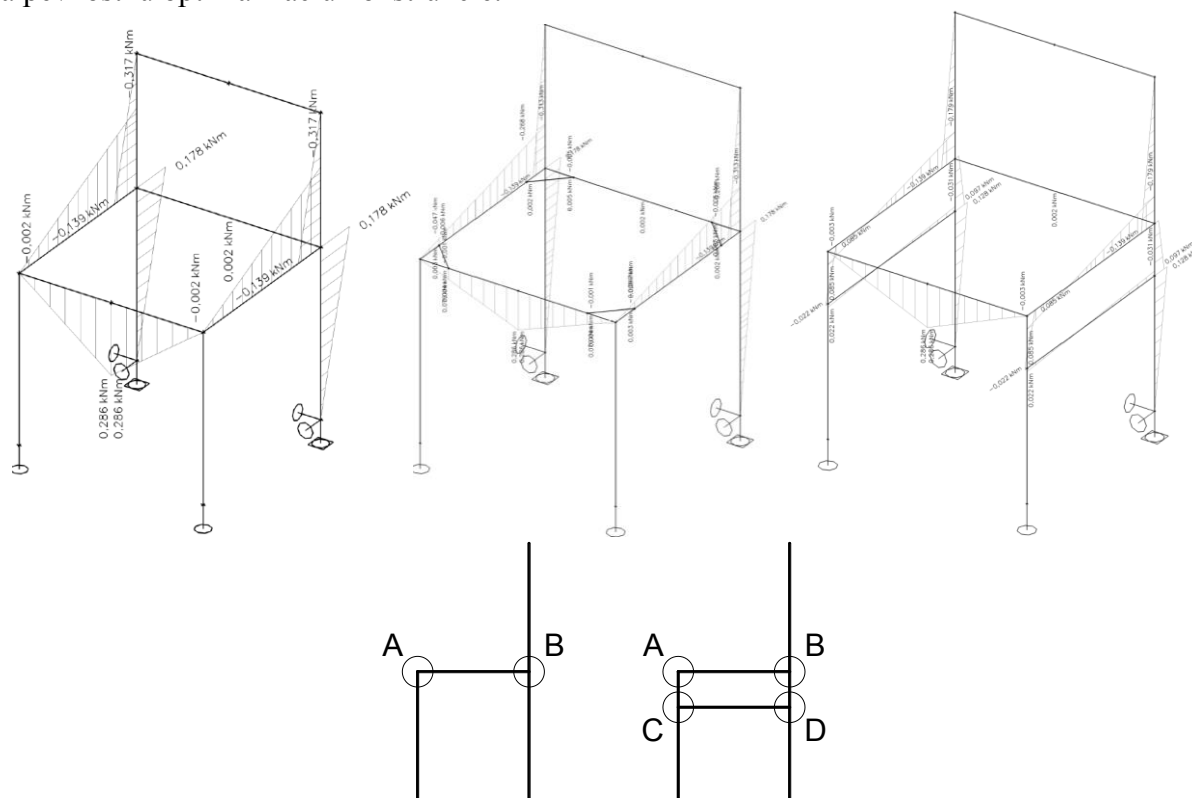
Pri určovaní veľkosti zaťaženia sme vychádzali z jednotlivých hmotností používateľa. Hmotnosť 70 kg je priemerná hmotnosť človeka (Kamenický, 1980), hmotnosť 110 kg je hmotnosť, ktorá zodpovedá mechanickým skúškam nábytku podľa EN 12520 a EN 1728, hmotnosť 150 kg je zvýšená hmotnosť používateľa, ktorú odporúčame na základe antropometrickej analýzy (Hitka a kol., 2018). Týmto hmotnostiam zodpovedá veľkosť zaťaženia podľa tabuľky 1. Veľkosti zaťaženia pri hmotnosti 70 kg a 150 kg boli vypočítané lineárnou extrapoláciou zo zaťažovacích síl pri hmotnosti 110 kg.

Tabuľka 1 Veľkosť zaťaženia pre jednotlivé statické schémy a rôzne hmotnosti používateľa

P. č.	Hmotnosť užívateľa	Zaťaženie sedadla a operadla		Statické zaťaženie predných nôh		Statické zaťaženie bočných nôh	
		F ₁ (N) sila pôsobiaca na sedadlo	F ₂ (N) sila pôsobiaca na operadlo	F ₃ (N) zaťaženie nôh	G (N) zaťaženie sedadla	F ₄ (N) zaťaženie nôh	G (N) zaťaženie sedadla
1	70 kg	827	286	254	636	191	636
2	110 kg	1300	450	400	1000	300	1000
3	150 kg	1775	613	545	1363	409	1363

VÝSLEDKY A DISKUSIA:

Na základe statickej analýzy a priebehu vnútorných síl a ohybových momentov sme stanovili najviac namáhané konštrukčné spoje v jednotlivých typoch konštrukcie stoličiek. Obrázok 5 uvádza priebeh ohybových momentov spojov namáhaných v uhlovej rovine pre zaťaženie zodpovedajúce hmotnosti 150 kg (zaťaženie predného lubu a operadla). Veľkosti ohybových momentov pre zaťaženia vyplývajúcich z hmotnosti 70 kg a 150 kg a vyznačenie najviac namáhaných spojov uvádza tabuľka 2. Tieto hodnoty sú podkladom, ktoré umožňujú vypočítať mieru bezpečnosti navrhnutých spojov „n“ a vykonať pevnostné posúdenie so zreteľom na ich únosnosť pri všetkých spôsoboch namáhania. Výsledky výpočtov umožňujú z pevnostného hľadiska zistiť kritické miesto konštrukcie, vykonať konštrukčnú úpravu a pevnostnú optimalizáciu konštrukcie.

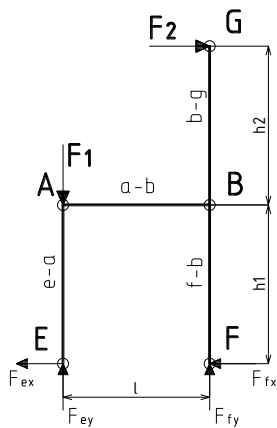


Obrázok 5 Priebeh ohybových momentov v konštrukčných prvkoch pri zaťažení sedadla a operadla zodpovedajúce hmotnosti 150 kg a označenie namáhaných uzlov v konštrukcii

Z analýzy vyplýva, že najviac namáhaný spoj pri všetkých troch typoch konštrukcie je uzol B t.j. spoj zadnej nohy a lubu pri zaťažení podľa schémy na obr. 4a. Vnútročné namáhanie je možné vypočítať taktiež pomocou základných analytických rovníc, pričom platí podmienka rovnováhy síl:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0,$$

ktorá určuje rovnováhu stoličky. Podľa statickej schémy (obr. 6) riešenej stoličky bez tmoží (obr. 2a) a uvedenej podmienky pre výpočet reakcií platí nasledovné:



$$\sum M_F = 0 = F_{ye} \cdot l - F_1 \cdot l + F_2 \cdot (h_1 + h_2) \rightarrow$$

$$F_{ye} = 0, F_{xe} = 0$$

$$\sum F_y = 0 = F_{ye} + F_{yf} - F_1 \rightarrow F_{yf} = F_1$$

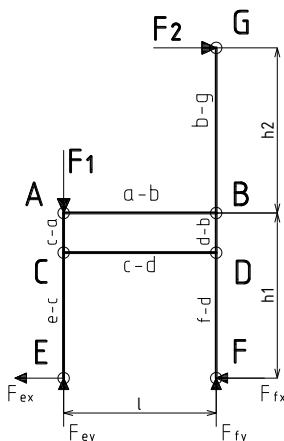
$$\sum F_x = 0 = F_{xe} + F_{xf} - F_2 \rightarrow F_{xf} = F_2$$

Obrázok 6 Statická schéma stoličky bez trnože so zaťažením vyvolávajúcím najväčšie zaťaženie v uzle B

Výpočet namáhania v uzle B (spoj zadnej nohy a lubu stoličky) vychádza z podmienky $\sum M_B = 0$, pričom pre jednotlivé prvky platia nasledovné rovnice, pričom spoj zadnej nohy a lubu dimenzujeme na maximálny vypočítaný moment v uzle B:

$$M_{a-b} = F_1 \cdot l, M_{b-g} = F_2 \cdot h_2, M_{f-b} = F_{xd} \cdot h_1$$

Pre stoličku s trnožami (obr. 2c) platia nasledovné rovnice podľa schémy na obr. 7:



$$F_1 \cdot l - F_2 \cdot (h_1 + h_2) = 0$$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot (h_1 + h_2)}{l}$$

Predpokladáme že momenty $M_{a-b} = M_{b-a}$

$$M_{b-a} = F_1 \cdot l$$

$$M_{a-b} = \frac{F_2 \cdot (h_1 + h_2)}{2}$$

Obrázok 7 Statická schéma stoličky s trnožou so zaťažením vyvolávajúcím najväčšie zaťaženie v uzle B

Veľkosti ohybových momentov pre zaťaženia vyplývajúce z hmotnosti 150 kg uvádza tabuľka 2. Tieto hodnoty sú podkladom, ktoré umožňujú vypočítať mieru bezpečnosti navrhnutých spojov „n“ a vykonať pevnostné posúdenie so zreteľom na ich únosnosť pri všetkých spôsoboch namáhania. V tabuľke 2 uvádzame veľkosti momentov ktoré namáhajú konštrukčné spoje v jednotlivých typoch stoličiek a pri jednotlivých zaťaženiach. Na uvedené hodnoty momentov síl sa dimenzujú konštrukčné čapové spoje stoličiek.

Tabuľka 2 Veľkosti momentov ktoré namáhajú konštrukčné spoje v jednotlivých typoch stoličiek a pri jednotlivých zaťaženiach

Hmotnosť používateľa m (kg)	Typ stoličky I			Typ stoličky II			Typ stoličky III		
	Spôsob zaťaženia			Spôsob zaťaženia			Spôsob zaťaženia		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	M _B (N.m)	M _A =M _B (N.m)	M _A (N.m)	M _B (N.m)	M _A =M _B (N.m)	M _A (N.m)	M _B (N.m)	M _B (N.m)	M _B (N.m)
70	148	55	74	146	55	74	84	55	39
							60	40	53
110	232	87	116	230	87	116	132	87	62
							94	63	84
150	317	119	158	313	119	158	179	119	84
							128	86	114

Ako ukazuje tabuľka 2 a obr. 5 pri konštrukcii stoličky I je najviac namáhaný spoj bočného lubu a zadnej nohy (uzol B) pri spôsobe zaťaženia 1, t.j. keď statické zaťaženie pôsobí súčasne na predný lub a operadlo stoličky. Pri stoličke s rohovými výstupami (konštrukcia II) sa v porovnaní s konštrukciou I veľkosť momentov v uzloch výrazne nemení a najviac je namáhaný spoj bočného lubu a zadnej nohy (uzol B). Z hľadiska dimenzovania konštrukcie II je tiež najkritickejší spôsob zaťaženia 1. Z hľadiska dimenzovania spojov je konštrukcia stoličky III najnáročnejšia. Pretože bočný lub a trnož majú rôzne prierezy je potrebné každý spoj dimenzovať zvlášť. Z tabuľky 2 vidieť, že pri každom stave je vždy najviac namáhaný iný spoj. Pri zaťažovacom stave 1 je najviac namáhaný spoj bočného lubu a zadnej nohy (uzol B), pri bočnom zažení je najviac namáhaný spoj bočného lubu a prednej nohy (uzol A) a pri zažení zozadu je najviac namáhaný spoj trnože a prednej nohy (uzol C). Keďže prierezy prednej a zadnej nohy sú rovnaké (42x25mm) takže aj rozmery čapu budú na oboch koncoch bočného lubu rovnaké, čo je vhodné aj z výrobného hľadiska. To znamená, že spoje v uzloch A a B budú rovnaké a pre ich dimenzovanie bude rozhodujúci moment zo zaťažovacieho stavu 1. Rovnaká úvaha platí aj pre uzly C a D, t.j. spoje trnože s prednou a zadnou nohou. Pre ich dimenzovanie bude rozhodujúci taktiež moment zo zaťažovacieho stavu 1. V nasledujúcom sa budeme venovať len najviac namáhaným spojom v stoličke I a III a to spoju bočného lubu so zadnou nohou a spoju trnože so zadnou nohou.

Dimenzovanie spojov

Mieru bezpečnosti vypočítame ako pomer priemernej únosnosti spoja M_u k maximálnemu namáhaniu spoja M_i , pričom i je označenie spoja:

$$n_i = \frac{M_u}{M_i}$$

Pri dimenzovaní spojov vychádzame z požiadavky, že minimálny stupeň bezpečnosti pre stoličky je $n=3$ (Kamenický a kol.). Teoreticky to znamená, že ak zaťaženie pôsobiace na stoličku 3-krát zväčšíme, najpravdepodobnejšie miesto poškodenia stoličky je spoj, v ktorom sa stupeň bezpečnosti rovná trom alebo je menší. Priemerné únosnosti spoja M_u sa vypočítajú podľa tabuľky 3. Vzťahy pre výpočet únosnosti spoja boli stanovené na základe experimentálnych výsledkov (Kamenický, 1980).

Tabuľka 3 Rovnice pre výpočet priemernej únosnosti spoja namáhaného v uhlovej (Obr. 3 –rozмеры) rovine ohybovým momentom; l – dĺžka čapu, w – šírka čapu

Dĺžka čapu l (mm)	Priemerná únosnosť spoja $M_{\bar{u}}$ (N.m)
25	$7.45 \cdot w - 53.92$
30	$9.03 \cdot w - 75.40$
35	$10.16w - 83.60$
40	$11.04 \cdot w - 90.40$
45	$12.00 \cdot w - 106.00$
50	$12.62 \cdot w - 112.50$

Pre konštrukciu stoličky I a III a požadovaný stupeň bezpečnosti $n=3$ musia byť dosiahnuté minimálne únosnosti $M_{\bar{u}n}$ pre kritické uzly uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Minimálne únosnosti spojov pre najviac namáhané uzly

Typ konštrukcie	Hmotnosť používateľa m (kg)	Namáhanie spoja M_i (N.m) v uzloch	Minimálna únosnosť spoja pre $n=3$ $M_{\bar{u}n}$ (N.m)
I	70	148.00 (B)	444.00
I	110	232.00 (B)	696.00
I	150	317.00 (B)	951.00
III	70	84.00 (B)	252.00
		60.00(D)	180.00
III	110	132.00 (B)	396.00
		94.00 (D)	282.00
III	150	179.00 (B)	537.00
		128.00 (D)	384.00

Najúčelnejšie je začať s navrhovaním rozmerov stanovením hrúbky čapov, so zreteľom na hrúbku nôh, v našom prípade 25 mm, pri hrúbke čapu 8mm (1/3 hrúbky nohy). V tabuľke 5 a 6 uvádzame minimálne únosnosti a požadované priemerné únosnosti spojov a k nim zodpovedajúce rozmery čapov. Hodnoty označené červene nevyhovujú z hľadiska minimálnej požadovanej únosnosti alebo rozmerov nohy stoličky.

Tabuľka 5 Rozmery čapov pre stoličku I v závislosti od minimálnej a priemernej únosnosti spojov

Uzol	Hmotnosť používateľa m (kg)	Minimálna únosnosť spoja pre $n=3$ $M_{\bar{u}n}$ (N.m)	Pož. priemerná únosnosť spoja $M_{\bar{u}n}$ (N.m)	Rozmery čapu (mm)		
				hrúbka	šírka	dĺžka
B	70	444.00	526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
			572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
			568.98	8	54	50
	110	696.00	572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
			568.98	8	54	50
	150	951.00	572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
			568.98	8	54	50

Pre uvedené minimálne požadované únosnosti pre konštrukciu stoličky III sú vyhovujúce nasledovné rozmery čapov (tab. 6).

Tab. 6 Rozmery čapov pre stoličku III v závislosti od minimálnej a priemernej únosnosti spojov

Uzol	Hmotnosť používateľa m (kg)	Min. únosnosť spoja pre n=3 $M_{\dot{u}}$ (N.m)	Pož. Priem. únosnosť spoja $M_{\dot{u}m}$ (N.m)	Rozmery čapu (mm)		
				hrúbka	šírka	dĺžka
B	70	252.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
			572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
	568.98	8	54	50		
	110	396.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
			572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
	568.98	8	54	50		
	150	537.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
572.00			8	60	40	
590.00			8	58	45	
568.98	8	54	50			
D	70	180.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
			572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
	568.98	8	54	50		
	110	282.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
			572.00	8	60	40
			590.00	8	58	45
	568.98	8	54	50		
	150	384.00				
			526.00	8	60	35
			505.68	8	58	35
			465.04	8	54	35
572.00			8	60	40	
590.00			8	58	45	
568.98	8	54	50			

Pri zvýšenej hmotnosti pre konštrukciu stoličky I vidíme výrazné zníženie rozmerových možností čapov, kde pre hmotnosť používateľa 150 kg nevyhovuje pre najviac namáhaný spoj žiadny čap z hľadiska únosnosti ani rozmerov. Pri stoličke konštrukcie I nie je pre spoj bočných lubov a nohy vhodný žiadny rozmer čapu buď z hľadiska únosnosti alebo z hľadiska rozmerov konštrukčných dielcov. Pri spoji trnože a nôh z hľadiska únosnosti vyhovujú všetky rozmery spojov a z hľadiska rozmeru nohy len dĺžky čapu 35 a 40 mm. Uvedeným zaťažieniam by vyhovovali čapy hr. 10 mm a 12 mm (tab. 7), čo by malo však vplyv na rozmer konštrukčných dielcov, čo by však znamenalo, že nevyhovuje hrúbka nohy 25mm ale až hrúbka 30÷36mm. Výpočtová únosnosť pre hrúbky čapu 10 a 12 mm sa stanoví podľa vzťahu (Kamenický, 1980):

$$M_{uh} = 0,125 \cdot h \cdot M_{u8}$$

Kde: h – hrúbka čapu (mm)

M_{u8} – priemerná únosnosť spoja hr. 8 mm (N.m)

M_{uh} – priemerná únosnosť spoja pre inú hrúbku (N.m)

Tab. 7 Možne rozmery čapov stoličky III pre používateľov s hmotnosťou do 150 kg

Uzol	Hmotnosť používateľa m (kg)	Minimálna únosnosť spoja pre n=3 M_u (N.m)	Požadovaná priemerná únosnosť spoja M_{un} (N.m)	Rozmery čapu (mm)		
				hrúbka	šírka	dĺžka
B	150	537.00	583.00	10	60	30
			581.30	10	54	35
			591.24	12	52	30
			575.64	12	46	35

Vplyv rozmerov čapov na rozmery konštrukčných prvkov.

Ako príklad uvádzame konštrukciu III., ktorá je vhodnejšia pre vyššie zaťaženia. Najviac namáhaný je spoj B t.j., spoj bočného lubu so zadnou nohou. Zo statického hľadiska vyhovujú čapy hr. 10 mm. Pôvodný rozmer zadnej nohy sme uvažovali 42x25 mm, rozmery bočného lubu 70x24 mm. Zo zásad pre navrhovanie spojov a z uvedených hodnôt únosnosti v tabuľke 7 vyplýva že pre vyššiu hmotnosť používateľa 150 kg a napr. pre rozmer čapu 10x60x30 by sa rozmer nohy zmenil z 42x25 mm na 42x30 mm a rozmer bočného lubu by sa zmenil zo 70x24 mm na 70x30 mm. To znamená že plocha priečneho prierezu nohy by vzrástla o 20% a plocha priečneho prierezu bočného lubu by vzrástla o 25%.

ZÁVER

V článku sme analyzovali vplyv veľkosti zaťaženia od používateľa na veľkosť ohybových momentov, t.j. únosnosť spojov. Na základe výpočtových vzťahov a stanovenia stupňa bezpečnosti konštrukcie sme pre konkrétny rozmer dielcov stoličky stanovili rozmery čapových spojov. Z uvedených výpočtov jednoznačne vyplýva, že pre užívateľov s vyššou hmotnosťou je najvhodnejšia konštrukcia stoličky s trnožami. Uvedené výsledky nemožno celkom zovšeobecniť, platia pre konkrétnu prípadne podobnú konštrukciu, jej rozmery a podmienky zaťaženia.

Všeobecnú platnosť má však celkový postup, ktorý možno uplatniť aj pri riešení iných konštrukcií pri iných typoch zaťaženia. K prípadným navrhnutým zmenám rozmerov

konštrukčných prvkov je potrebné pristupovať s kompromisom, tak aby pri náraste dimenzií prvkov nebol znehodnotený estetický dojem z konštrukcie.

Príspevok poukazuje na to, že zvýšená hmotnosť používateľa ovplyvňuje rozmery spojov a konštrukčných prvkov. Výpočet sme realizovali na stoličkách so štandardnými rozmermi, pretože predpokladáme že tieto rozmery by používateľ s hmotnosťou 150kg mohol použiť. Je potrebné zamerať sa na stanovenie rozmerov stoličky ako aj jej konštrukcie pre obéznych (bariatrických) používateľov, tak aby mohli pohodlne sedieť, čo ovplyvňuje šírka a hĺbka stoličky, a aby mohli pohodlne a dôstojne vstávať, čo je ovplyvnené výškou stoličky a jej konštrukciou, napríklad opierkami rúk.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou VEGA na základe projektu č. 1/0626/16. a Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-16-0297.

LITERATÚRA:

DIGNITY. [s.a] The Complete Guide to Bariatric Seating. [online]. [cit.6.9.2018]. Dostupné na internete: <https://www.nationalbusinessfurniture.com/blog/guide-to-bariatric-seating>

HITKA, M., JOŠČÁK, P., LANGOVÁ, N., KRIŠŤÁK, L., BLAŠKOVÁ, S. 2018. " Load-carrying capacity and the size of chair joints determined for users with a higher body weight," In BioResources. 2018. č. 3 , s. 6428--6443.DOI: 10.15376/biores.13.3.6428-6443

KAMENICKÝ, J. 1980. Zborník o pevnostnom navrhovaní čapových a kolíkových spojov skeletových konštrukcií. Zvolen, 1980. Drevárska fakulta, Vysoká škola lesnícka a drevárska.

KOMLOS, J., LAUDERDALE, B. E. 2007. The mysterious trend in American heights in the 20th century. 2007. Ann. Hum. Biol. 34, 206–215.

KOVAŘÍK, M. 2011. Antropometrický výzkum dospělé populace a jeho aplikace v oblasti interiéru a architektury: doktorandská práca. Brno: VUT Brno, 2011. 78 strán.

SMARDZEWSKI, J. 2015. Furniture Design, Springer, Dordrecht, Netherlands. DOI:10.1007/978-3-319-19533-9.

Adresa autorov:

Ing. Nadežda Langová, PhD. a **doc. Ing. Pavol Joščák, CSc.**, Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, langova@tuzvo.sk, joscak@tuzvo.sk

VPLYV PERFORÁCIÍ NA ZMENU OHYBOVÝCH VLASTNOSTÍ DVOJVRSTVOVÉHO MATERIÁLU Z DÝH

Jozef Fekiač

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstrakt:

Vplyv perforácií na zmenu ohybových vlastností dvojvrstvového materiálu z dýh. Príspevok je zameraný na skúmanie ohybových vlastností dvojvrstvových modifikovaných materiálov z brezových dýh. Modifikácia spočívala v cielenom narušení jednej z dýh perforáciami zvoleného tvaru, rozostupov a smeru vzhľadom na vlákna dreva. K najvýraznejším zmenám pevnosti a jednotkového koeficienta ohýbateľnosti došlo pri orientácii perforácií v smere vlákien dreva. Rozdiely v sledovaných ohybových vlastnostiach sa prejavili aj v závislosti od smeru zaťažovania (zaťažovanej strany) materiálu. Modul pružnosti v ohybe sa vplyvom perforácií významne nezmenil a vplyv rozostupu perforácií na ohýbateľnosť sa nepreukázal.

Kľúčové slová: dyha, perforácia, dvojvrstvový materiál, pevnosť v ohybe, modul pružnosti v ohybe, jednotkový koeficient ohýbateľnosti

ÚVOD

Vrstvené materiály na báze dreva vznikli za účelom získania materiálu s lepšími vlastnosťami ako má natívne drevo. Medzi takéto materiály zaradujeme materiály vyrábané z dýh. Vrstvením a vzájomným zlepením dýh vznikajú konštrukčné materiály so širokým spektrom uplatnenia v nábytkárskej výrobe, stavebníctve a tiež pri výrobe obalov.

Pre zaistenie výroby tvarovo náročných výrobkov a neustále sa zvyšujúce požiadavky na ich hygienickú a ekologickú nezávadnosť je nutný neustály vývoj v oblasti materiálov na báze dreva a dýh. Určitý pokrok v náraste tvárniteľnosti dýh vplyvom ich modifikácie dosiahli Wagenführ, Buchelt, Pfriem (2006), Rosenthal (2009), Buchelt, Scheiding, Eichelberger (2010), Herold a Pfriem (2013), Slabejová a Šmidriaková (2013 a 2014), Fekiač et al. (2015), Fekiač, Gáborík, Šmidriaková (2016), Slabejová, G., Langová, N., Deáková, V. (2017), Gaff et al. (2017).

V súčasnosti najúčinnějšía metóda modifikácie dýh zameraná na zmenu ich tvárniteľnosti funguje na princípe cieleného narušenia ich celistvosti narezaním a následným spojením tavným vláknom, pričom na finálnom výrobku nie je efekt narezania viditeľný (Navi a Sandberg 2012, Krenz 2013). Uvedeným spôsobom vyrábaná dyha je komerčne dostupná a označuje sa aj ako 3D dyha. Mechanickému narušeniu dýh reliefovaním (lokálnym zhustením) a narezávaním s cieľom dosiahnuť zvýšenie rovinnej tvárniteľnosti sa venovali vo svojej práci Langová a Joščák (2014).

Mechanické narušenie celistvosti materiálu za účelom zväčšiť jeho tvárniteľnosť sa úspešne praktizuje aj pri výrobe dekoračných predmetov najčastejšie z komerčne dostupných preglejok (obr. 1). Populárne sú obaly na knihy, krabičky, svetlá (Gasubasu, s. a.). Väčšinou sa jedná o dodatočné narušenie celej hrúbky materiálu. Vytvárajú sa perforácie rôznych tvarov, najčastejšie prostredníctvom lasera, kde okrem zväčšenia tvárniteľnosti materiálu majú vznikajúce perforácie aj estetický účel. Ďalšou nezanedbateľnou výhodou týchto materiálov je zníženie ich hmotnosti. Vlastnosťami vylahčených preglejovaných materiálov sa zaoberali Gáborík a Vilhanová (2016).

Výhoda použitia laserovej technológie vytvárania perforácií spočíva predovšetkým v značnej pružnosti samotnej technológie. Nakoľko zariadenia pracujú s virtuálnym zobrazením vyrezávaných tvarov je akákoľvek zmena vytváraného vzoru jednoduchá a rýchla.



Obrázok 1 Preglejka perforovaná laserom za účelom zvýšenia tvárniteľnosti (Gasubasu, s. a.)

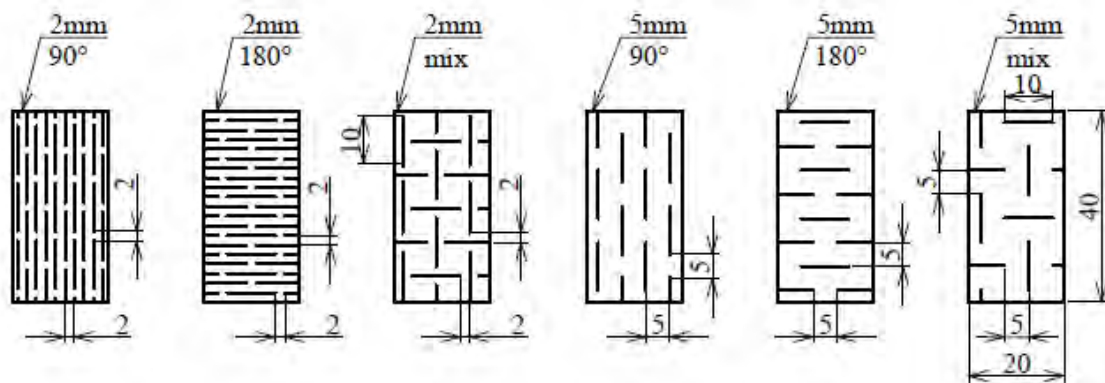
Vlastnosti vrstvených materiálov z dreva ovplyvňujú do značnej miery vlastnosti lepidla aplikovaného medzi jednotlivými vrstvami. Bežne používané sú termosetické lepidlá na báze formaldehydu. V súčasnosti sa viaceré práce (Matyašovský et al. 2017, Ružiak et al. 2017, Lyutyy et al. 2017) zameriavajú na obmedzenie emisií formaldehydu v doskách na báze dreva a tým aj obmedzením zdravotných rizík spojených s jeho uvoľňovaním. Narastá tiež záujem o lepidlá bez obsahu formaldehydu (Šmidriaková et al. 2015). Lyutyy et al. (2017) potvrdil veľmi nízke emisie z dreveného materiálu lepeného polyetylénom, čo predurčuje aj jeho ďalšie aplikácie pri výrobe materiálov na báze dreva. Vhodnosť polyetylénového lepidla na lepenie vrstvených materiálov z brezovej dyhy potvrdzuje Kajaks et al. (2012).

Cieľ

Cieľom predkladaného príspevku je zistiť vplyv vytváraných perforácií v dyhách na zmenu ohybových vlastností dvojvrstvových materiálov s krížovým vrstvením lepených polyetylénovou fóliou.

Metodika

Základným vstupným materiálom bola krájaná dyha z brezy (*Betula Pendula Roth*) s priemernou hrúbkou $0,58 \pm 0,04$ mm a vlhkosťou $8,5 \pm 0,5\%$. Polovica dýh bola modifikovaná cielene vytváranými perforáciami prostredníctvom CO₂ lasera. Navrhli sme perforácie v tvare písmena „I“, pričom dĺžka perforácií činila 10 mm a šírka zodpovedala nastavenej reznej škáre CO₂ lasera t.j. 0,5 mm. Pre zvolený tvar perforácií sme navrhli tri varianty usporiadania perforácií vzhľadom na vlákna dreva v dyhe (kolmo na vlákna – označenie 90°, rovnobežne s vláknami – označenie 180°, kombinované usporiadanie obidvoch smerov – označenie mix). Pre každé usporiadanie sme navrhli dva rozostupy medzi perforáciami. V jednom prípade boli perforácie vzdialené od seba 2 mm a v druhom prípade 5 mm. Navrhnuté varianty perforácií zobrazuje obr. 2.

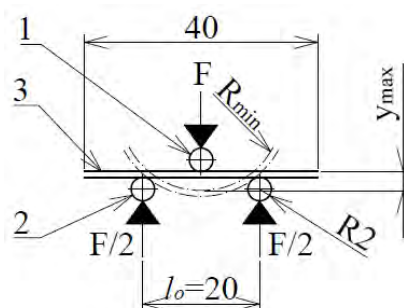


Obrázok 2 Varianty perforácií dých (priebeh vlákien dreva v skúšobnom telese bol na perforovanej strane vždy v smere kratšieho rozmeru t.j. 20 mm)

Z dých modifikovaných perforáciami a z celistvých (nemodifikovaných) dých bol krížovým vrstvením vyrobený dvojvrstvový materiál. Na zlepenie jednotlivých dých sa aplikovala termoplastická polyetylénová fólia hrúbky 0,12 mm, čo predstavovalo nános 100 g.m⁻². Lisovanie súboru prebiehalo vo vyhrievanom hydraulickom lise pri teplote 150°C, tlaku 1,8 MPa a čase 4 minúty. Ako porovnávací štandard boli pri rovnakých podmienkach vyrobené dvojvrstvové materiály z dvoch celistvých dých, ktoré slúžili na výrobu referenčných skúšobných telies.

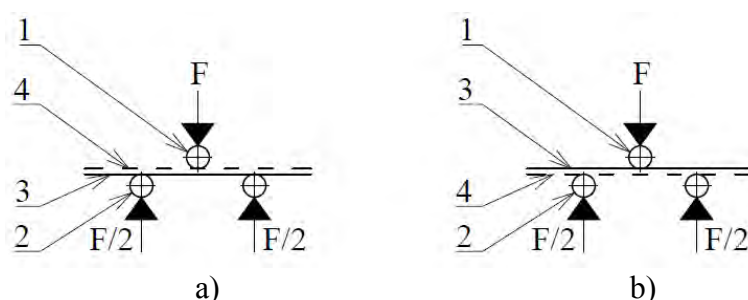
Pre každý navrhovaný variant perforácií a pre referenčné telesá boli vylisované tri dvojvrstvové materiály rozmerov 1,02 x 90 x 200 mm. Po 7 dňovej klimatizácii boli z pripravených materiálov vymanipulované skúšobné telesá o šírke 40 mm a dĺžke 20 mm vzhľadom na priebeh drevných vlákien v perforovanej dyhe (priebeh vlákien dreva v skúšobnom telese bol na perforovanej strane vždy v smere kratšieho rozmeru t.j. 20 mm). Celkovo bolo pripravených 18 skúšobných telies pre každý variant perforácií aj pre referenčné telesá. Konkrétne rozmiestnenie perforácií jednotlivých variantov v skúšobných telesách dokumentuje obr.2.

Ohybovú skúšku sme vykonali trojbodovým ohybom (obr. 3). Vzďialenosť medzi podperami skúšobného prípravku (l_0) sme stanovili vzhľadom na hrúbku skúšobných telies na 20 mm.



Obrázok 3 Princiálna schéma trojbodového ohybu, kde: 1 – zaťažovací trň, 2 – podpery, 3 – skúšobné teleso

Pri každom navrhnutom variante perforácií aj pri referenčných telesách bola polovica skúšobných telies (9 telies) zaťažovaná počas trojbodového ohybu na perforovanej strane (rovnobežne s vláknami dreva) (obr. 4a) a druhá polovica na celistvej – neporovovanej strane (kolmo na vlákna dreva) (obr. 4b). Referenčné telesá zaťažované rovnobežne s vláknami slúžili ako porovnávací základňa pre telesá s perforáciami zaťažované na perforovanej strane. Referenčné telesá zaťažované kolmo na vlákna slúžili ako porovnávací základňa pre telesá s perforáciami zaťažované na celistvej strane.



Obrázok 4 Princíp zaťažovania skúšobných telies trojbodovým ohybom: a) na perforovanej strane (zaťažovací tíň pôsobí rovnobežne s vláknami dreva), b) na celistvej strane (zaťažovací tíň pôsobí kolmo na vlákna dreva), kde: 1 – zaťažovací tíň, 2 – podpery, 3 – celistvá dyha v dvojrstvovom materiáli, 4 – perforovaná dyha v dvojrstvovom materiáli

Sledovanými parametrami počas skúšky trojbodovým ohybom bol priehyb a sila. Pri výpočte pevnosti v ohybe (σ_{max}) sme postupovali podľa vzťahu (1) a pri výpočte modulu pružnosti v ohybe (E_{oh}) podľa vzťahu (2). Obidva vzťahy sme prebrali z normy STN EN 310.

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l_0}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

kde: F_{max} – sila pri zlomovom zaťažení [N],
 l_0 – vzdialenosť medzi podperami skúšobného prípravku [mm],
 b – šírka skúšobného telesa [mm],
 h – hrúbka skúšobného telesa [mm].

$$E_{oh} = \frac{l_0^3 \cdot (F_{40} - F_{10})}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot (y_{40} - y_{10})} \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

kde: F_{40} – 40% z F_{max} [N],
 F_{10} – 10% z F_{max} [N],
 y_{40} – priehyb nameraný pri sile F_{40} [mm],
 y_{10} – priehyb nameraný pri sile F_{10} [mm].

Ďalšou sledovanou vlastnosťou bola technologická vlastnosť – ohýbateľnosť, ktorú sme hodnotili prostredníctvom prevráteného koeficientu ohýbateľnosti (jednotkového koeficienta ohýbateľnosti – $1/k_{oh}$). Jednotkový koeficient ohýbateľnosti sme zvolili pre jeho názornosť, nakoľko vyjadruje aký minimálny polomer je možné dosiahnuť pri ohýbaní jednotkovej hrúbky materiálu.

Koeficient ohýbateľnosti (k_{oh}) sme vypočítali podľa vzťahu (3), v ktorom sme pre výpočet minimálneho polomeru ohybu (R_{min}) použili vzťah (4) uvádzaný Gáboríkom a Dudasom (2006).

$$k_{oh} = \frac{h}{R_{min}} \quad [-] \quad (3)$$

$$R_{min} = \frac{l_0^2}{8 \cdot y_{max}} + \frac{y_{max}}{2} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

kde: y_{max} – maximálny priehyb (priehyb pri zlomovom zaťažení) [mm]

VÝSLEDKY

Prostredníctvom vzorcov uvedených v metodike sme z nameraných hodnôt vypočítali pevnosť v ohybe, modul pružnosti v ohybe a jednotkový koeficient ohýbateľnosti dvojvrstvových materiálov navrhovanej skladby. Vypočítané hodnoty sledovaných vlastností sme vyhodnotili v programe STATISTICA 12, prostredníctvom viacfaktorovej analýzy rozptylu a Duncanových testov. Na základe hladín významnosti (p) vyplývajúcich z vykonaných analýz sme určili významnosť vplyvu navrhnutých variantov perforácií na zmenu ohybových vlastností sledovaných dvojvrstvových materiálov.

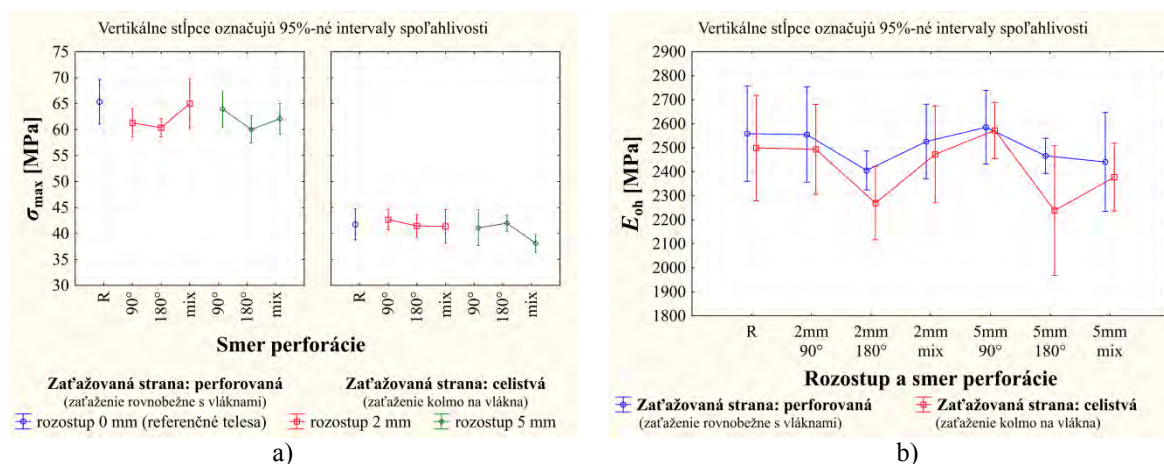
Z vykonaných analýz vyplynulo, že smer zaťažovania (zaťažovaná strana) štatisticky významne vplyva na zmenu ohybovej pevnosti ako aj na zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti (hladina významnosti $p = 0,000$). Preukázalo sa, že pri pôsobení zaťažovacieho tŕňa na celistvú stranu (kolmo na vlákna dreva) sme v priemere zaznamenali pokles ohybovej pevnosti o 1/3 (o 21,38 MPa) v porovnaní s prípadmi zaťažovania na perforovanej strane (rovnobežne s vláknami dreva). Vzhľadom na fakt, že sa jedná o dvojvrstvový materiál s krížovým vrstvením, sme zistené správanie sa materiálu očakávali. Keďže pri pôsobení zaťažujúcej sily na celistvú stranu pôsobil zaťažovací tŕň vždy kolmo na vlákna dreva, tak celistvá dyha bola pri ohýbaní namáhaná tlakovými a ťahovými silami rovnobežne s vláknami dreva. Naopak v druhej vrstve materiálu bola dyha pri ohýbaní namáhaná predovšetkým ťahovými silami kolmo na vlákna dreva. Ako preukázali Lexa et al. (1952), Požgaj et al. (1997) drevo vykazuje nižšiu ťahovú pevnosť v smere kolmo na vlákna ako tlakovú a ťahovú pevnosť v smere rovnobežne s vláknami. Z uvedeného dôvodu sme očakávali nižšiu pevnosť v ohybe pri pôsobení zaťaženia na celistvú stranu materiálu.

Pri pôsobení zaťažujúcej sily na perforovanú stranu (zaťažovanie rovnobežne s vláknami dreva) sme zaznamenali mierny pokles ohybovej pevnosti takmer pri všetkých materiáloch s aplikovanými variantmi perforácií. Signifikantný pokles ohybovej pevnosti v porovnaní s referenčnými telesami sa ale preukázal len pri usporiadaní perforácií v smere rovnobežne s vláknami dreva (označenie 180° v prvom okne grafu na obr. 5a) a to na hladine významnosti $p = 0,035$ pri rozostupe perforácií 2 mm (pokles pevnosti o 7,6%) a $p = 0,026$ pri rozostupe perforácií 5 mm (pokles pevnosti o 8,1%).

Vyhodnotením pevnosti v ohybe po pôsobení zaťažujúcej sily na celistvú stranu materiálu (kolmo na vlákna dreva) sme dospeli ku konštatovaniu, že navrhované varianty perforácií ju neovplyvnili s výnimkou perforácií s kombinovaným usporiadaním (označenie mix) a rozstupom 5 mm (druhé okno grafu na obr.5a), kde hladina významnosti ($p = 0,038$) preukázala signifikantný pokles pevnosti (pokles pevnosti o 8,8% v porovnaní s referenčnými telesami).

Možnú príčinu zníženia pevnosti v ohybe materiálov s perforáciami vidíme v samotných perforáciách, pretože ovplyvňujú veľkosť prierezovej plochy materiálu. Ideálny stav nastal v prípadoch, keď sa vplyvom perforácií ohybová pevnosť neznížila.

V grafe na obr. 5b môžeme pozorovať priebeh modulov pružnosti sledovaných materiálov v závislosti od smeru zaťažovania (zaťažovanej strany) a variantov perforácií. Ako vyplýva z grafu a z vykonaných analýz k významnému rozdielu zistených ohybových modulov pružnosti medzi zaťažovanými stranami nedošlo, i keď v prieme bol modul pružnosti v ohybe pri zaťažovaní na celistvej strane nižší o 87,77 MPa, čo predstavuje 3,5%-ný pokles.



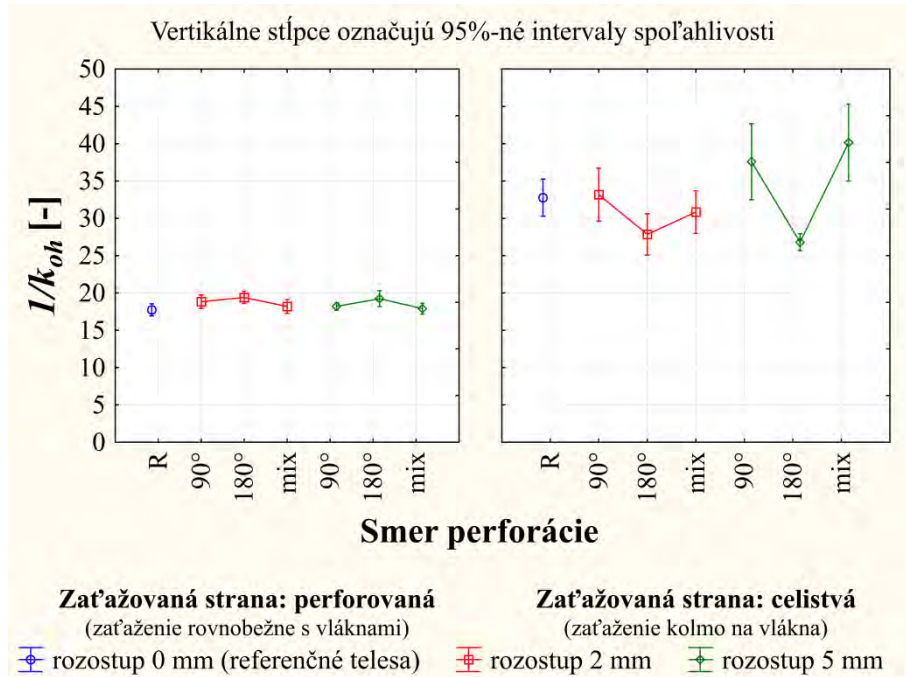
Obrázok 5 Vplyv navrhnutých variantov perforácií na zmenu ohybových vlastností dvojvrstvových materiálov: a) pevnosti v ohybe, b) modulu pružnosti v ohybe

Posúdením výsledkov analýz jednotkového koeficienta ohýbateľnosti sme dospeli k poznatku, že okrem už spomenutého smeru zaťaženia (zaťažovanej strany) ho ovplyvňuje aj smer perforácie vzhľadom na vlákna dreva. V priemere sme zaznamenali o 28 až 55% menší jednotkový koeficient ohýbateľnosti (menší polomer ohybu na jednotkovú hrúbku materiálu) pri pôsobení zaťažujúcej sily na perforovanú stranu materiálu v porovnaní so zaťažením na celistvej strane.

Smer perforácií vzhľadom na vlákna dreva v dyhe ovplyvnil zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti pozitívne aj negatívne.

Pri pôsobení zaťažovacieho trňa na perforovanú stranu materiálu sa perforácie prejavili negatívne, pretože pri všetkých aplikovaných smeroch perforácií ako aj ich rozostupoch sme zaznamenali vyššie priemery jednotkového koeficienta ohýbateľnosti. Signifikantný nárast o 8,4% až 9,4% v porovnaní s referenčnými telesami sme zaznamenali len v dvoch prípadoch, a to pri smere perforácií rovnobežne s vláknami dreva (označenie 180° v prvom okne grafu na obr. 6). Pri variante s rozostupom perforácií 2 mm bola hladina významnosti $p = 0,005$ a pri variante s rozostupom 5 mm to bolo $p = 0,012$. Ďalším porovnaním hladín významnosti vyplývajúcich z Duncanovho testu sme zistili, že v rámci rovnakého smeru perforácie pri zaťažovaní perforovanej strany materiálu sa neprejavil žiadny vplyv rozostupu perforácií na zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti.

V prípade pôsobenia zaťažovacieho trňa na celistvú stranu materiálu sa vplyv perforácií na zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti prejavil pozitívne pri smere perforácií rovnobežne s vláknami dreva (označenie 180° v druhom okne grafu na obr. 6). Štatistickú významnosť poklesu potvrdil Duncanov test na hladinách významnosti $p = 0,036$ a $p = 0,014$. Jednotkový koeficient ohýbateľnosti sa zmenšil z 32,77 pri referenčných telesách na 27,84 pri rozostupe perforácií 2 mm a pri rozostupe 5 mm poklesol na 26,81 (tab. 1), čo predstavuje 15 – 18%-né zmenšenie minimálneho polomeru ohybu na jednotku hrúbky materiálu. Pozitívnu zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti pri pôsobení zaťaženia na celistvú stranu materiálu a orientácií perforácií v smere vlákien dreva si vysvetľujeme tým, že pri ohýbaní testovaného dvojvrstvového materiálu pôsobia v perforovanej dyhe ťahové sily kolmo na dĺžku perforácie. Keďže perforácie sú dlhé 10 mm, široké 0,5 mm a aplikované lepidlo je pružné, umožňuje to rozšíriť perforáciu viac ako keď je orientovaná v smere ťahových síl. Preto pri väčšom počte perforácií postačuje aj malé rozšírenie perforácií na to, aby sa dosiahol pri ohýbaní menší polomer ohybu na jednotku hrúbky (menší jednotkový koeficient ohýbateľnosti).



Obrázok 6 Vplyv smeru a rozostupu perforácií na zmenu jednotkového koeficienta ohýbateľnosti v závislosti od zaťažovanej strany a v porovnaní s referenčnými telesami

Zistené priemerné pevnosti v ohybe, moduly pružnosti v ohybe a jednotkové koeficienty ohýbateľnosti v závislosti od smeru zaťaženia (zaťažovanej strany) a usporiadania perforácií (variantov úpravy) udáva tab.1.

Tabuľka 1 Priemery, smerodajné odchýlky a variačné koeficienty sledovaných ohybových vlastností v závislosti od zaťažovanej strany a variantov úpravy

Zaťažovaná strana	Varianty úpravy	σ_{max}			E_{oh}			$1/k_{oh}$		
		Priemer [MPa]	Sm. odch. [Mpa]	Var. koef. [%]	Priemer [MPa]	Sm. odch. [Mpa]	Var. koef. [%]	Priemer [-]	Sm. odch. [-]	Var. koef. [%]
perforovaná	Referenčné	65,36	5,59	8,56	2558,60	258,24	10,09	17,74	1,05	5,91
	2mm 90°	61,28	3,50	5,72	2554,73	257,85	10,09	18,83	1,18	6,24
	2mm 180°	60,36	2,30	3,81	2405,41	105,46	4,38	19,40	1,06	5,48
	2mm mix	64,99	6,18	9,51	2526,03	202,12	8,00	18,19	1,21	6,63
	5mm 90°	63,92	4,42	6,92	2585,34	199,61	7,72	18,20	0,66	3,61
	5mm 180°	60,04	3,36	5,60	2466,09	95,31	3,87	19,23	1,38	7,17
	5mm mix	62,08	3,86	6,22	2440,89	268,14	10,99	17,91	0,96	5,35
celistvá	Referenčné	41,77	3,84	9,19	2499,22	286,36	11,46	32,77	3,24	9,89
	2mm 90°	42,67	2,60	6,08	2493,32	243,40	9,76	33,16	4,63	13,96
	2mm 180°	41,45	2,81	6,79	2269,60	198,60	8,75	27,84	3,59	12,90
	2mm mix	41,36	4,22	10,20	2472,33	263,19	10,65	30,84	3,70	12,01
	5mm 90°	41,10	4,47	10,87	2572,24	152,43	5,93	37,59	6,62	17,61
	5mm 180°	41,98	2,00	4,78	2238,26	351,30	15,70	26,81	1,46	5,45
	5mm mix	38,10	2,26	5,94	2377,72	183,60	7,72	40,15	6,71	16,70

vysvetlivky: Sm. odch. = smerodajná odchýlka, Var. koef. = variačný koeficient

ZÁVER

Smer zaťažovania (zaťažovaná strana) spôsobuje o 34% nižšiu pevnosť v ohybe dvojrstvových materiálov s krížovým vrstvením v prípade pôsobenia zaťažovacej sily na celistvú stranu (zaťažovanie kolmo na vlákna dreva) v porovnaní s pôsobením zaťaženia na perforovanej strane (zaťažovanie rovnobežne s vláknami dreva). Smer zaťažovania ovplyvnil aj technologickú vlastnosť – ohýbateľnosť tak, že pri pôsobení zaťažovacej sily na perforovanú stranu dvojrstvého materiálu sme dosiahli o 28 až 55% menší polomer ohybu na jednotku hrúbky materiálu (jednotkový koeficient ohýbateľnosti) ako pri zaťažovaní celistvej strany materiálu.

Navrhovaný tvar perforácií a varianty ich usporiadania na ploche dyhy v dvojrstvovom materiáli neovplyvnili významným spôsobom zmenu ohybového modulu pružnosti v porovnaní s nemodifikovaným materiálom. Zaznamenali sme v priemere o 3,5% nižší modul pružnosti v ohybe pri pôsobení zaťažovacej sily na celistvú stranu materiálu (zaťažovanie kolmo na vlákna dreva).

V závislosti od smeru a rozostupu perforácií sme zaznamenali približne 8%-ný pokles ohybovej pevnosti modifikovaných materiálov v porovnaní s nemodifikovanými (referenčnými).

Ako najvhodnejší smer perforácií vzhľadom na vlákna dreva sa preukázal smer rovnobežne s vláknami, kde sme pri pôsobení zaťažovacej sily na celistvú stranu materiálu zaznamenali zmenšenie minimálneho polomeru ohybu na jednotku hrúbky materiálu (jednotkového koeficienta ohýbateľnosti) o 15 až 18% v porovnaní s referenčnými telesami.

Rozostup perforácií sa na zmene ohýbateľnosti dvojrstvého jednostranne perforovaného materiálu nepreukázal ako významný faktor, ktorý by ho pozitívne ovplyvňoval.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol za podpory agentúry VEGA pri riešení projektu č. 1/0626/16 a APVV-14-0506.

LITERATÚRA:

BUCHELT, B., SCHEIDING, W., EICHELBERGER, K. 2010. Entwicklung einer Verfahrenstechnologie zur Herstellung von thermisch modifiziertem Furnier für hochwertige Anwendungen unter Berücksichtigung der Umformbarkeit. Technische Universität Dresden – Forschungsbericht, Institut für Holz- und Papiertechnik [Online]. 20.12.2010. 65 p. Online: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-63542>

FEKIAČ, J., GÁBORÍK, J., ŠMIDRIAKOVÁ, M. 2016. 3D formability of moistened and steamed veneers. In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty, 2016, Vol. 58, No. 2 , p. 15-26. ISSN 1336-3824.

FEKIAČ, J., ZEMJAR, J., GAFF, M., GÁBORÍK, J., GAŠPARÍK, M., MARUŠÁK, R. 2015. 3D-moldability of veneers plasticized with water and ammonia. In BioResources [Online]. 2015. Dostupné na internete: https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_10/BioRes_10_1_866_Fekiac_ZGG_3D_Moldability_Veneers_Plasticated_6072.pdf.

GAFF, M., KAČÍK, F., DOMLJAN, D., VONDROVA, V., BABIAK, M. 2017. Bendability of thermally modified oak. In 28th International Conference on Wood Science and Technology 2017: Implementation of Wood Science in Woodworking Sector, 2017, p 143-151.

GÁBORÍK, J., DUDAS, J. 2006. Vlastnosti lamelového dreva. (The properties of laminar wood). In Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva, 2006, s. 129-134. ISBN 80-228-1674-4.

GÁBORÍK, J., VILHANOVÁ, A. 2016. Selected mechanical properties of lightened plywood. In *Annals of Warsaw University of Life Sciences*. 2016. s. 205-211. ISSN 1898-5912 .

Gasubasu. [s. a.]. Preglejka – Inovatívne technológie pre návrh interiérov[online]. [cit.14.09.2018]. Dostupné na internete: <https://gasubasu.com/zdobenie-napady/preglejka-inovativne-technologie-pre-navrh/>

HEROLD, N., PFRIEM, A. 2013. Impregnation of veneer with furfuryl alcohol for an improved plasticization and moulding. In *European Journal of Wood and Wood Products* [Online]. 2013, Vol. 71, issue 2, pp 281-282. Online ISSN 1436-736X. Dostupné na internete: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00107-013-0677-4>.

KAJAKS, J., REIHMANE, S., GRINBERGS, U., KALNINS, K. 2012. Use of innovative environmentally friendly adhesives for wood veneer bonding. In *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2012, Vol. 61, Issue 3, pp 207-211. ISSN 1736-7530.

KRENZ, S. 2013. Reholz - Marktführer in 3D-Furnier: Furnier in der 3.Dimension. In *Dresdner Transferbrief 3*. [Online] 2013. [cit. 13.07.2013]. Dostupné na internete: https://tu-dresden.de/ressourcen/dateien/forschung/wissens-_und_technologietransfer/dresdner_transferbrief/archivordner/Ausgabe03_05/DTB_3.05_20.pdf?lang=en

LANGOVÁ, N., JOŠČÁK, P. 2014. Effect of mechanical modification of wood veneers on their planar formability. In *Annals of Warsaw University of Life Sciences*. 2014. p. 142–147. ISSN 1898-5912.

LEXA, J., NEČESANÝ, V., PACLT, J., TESAŘOVÁ, M., ŠTOFKO, J. 1952. *Mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva*. Bratislava: Vydavateľstvo ROH - Práca, 1952. 432 s.

LYUTYY, P., BEKHTA, P., ORTYNSKA, G. J., SEDLIAČIK, J. 2017. Formaldehyde, phenol and ammonia emissions from wood/recycled polyethylene composites. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty*. 2017. č. 1 , s. 107-112. ISSN 1336-3824.

MATYAŠOVSKÝ, J., SEDLIAČIK, J., ŠMIDRIAKOVÁ, M., NOVÁK, I., JURKOVIČ, P., DUCHOVIČ, P. 2017. Lowering of formaldehyde emission from wood based panels by modification of polycondensation adhesives with natural fillers, additives and activators. In *Annals of Warsaw University of Life Sciences*. 2017. s. 76-82. ISSN 1898-5912.

NAVI, P., SANDBERG, D. 2012. *Thermo-hydro-mechanical processing of wood*. s.l. : CRC Press, 2012. 360 s. ISBN 978-1-4398-6042-7.

POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vydanie. Bratislava : Príroda, 1997. 488. ISBN 80-07-00960-4.

ROSENTHAL, M. 2009. *Entwicklung eines biologisch inspirierten, dreidimensional verformbaren Furniers aus Druckholz*. Dissertation von der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden. [Online]. 2009. 230 s. Dostupné na internete: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-22891>.

RUŽIAK, I., IGAZ, R., KRIŠŤÁK, Ľ., RÉH, R., MITTERPACH, J., OČKAJOVÁ, A., KUČERKA, M. 2017. Influence of urea-formaldehyde adhesive modification with beech bark on chosen properties of plywood. In *BioResources*. 2017. č. no. 2 , s. 3250--3264. URL: https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_12/BioRes_12_2_3250_Ruziak_IKRMOK_Influence_UF%20Adhesive_Modification_Beech%20Bark_Properties_Plywood_11026.pdf.

SLABEJOVÁ, G., LANGOVÁ, N., DEÁKOVÁ, V. 2017. Influence of silicone resin modification on veneer tensile strength and deformation. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty*. 2017. č. 1 , s. 41-47. ISSN 1336-3824 .

SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M. 2013. Modifikácia bukových dýh silikónovými živcami za účelom ich 3D tvárnenia. In *Pokroky vo výrobe a použití lepidiel v drevopriemysle: XXI. sympóziu*, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013, p. 59-64 - ISBN 978-80-228-2529-0.

SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M. 2014. Influence of modification of veneers on 3D - forming. In *Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology*. Warszawa : Warsaw University of Life Sciences Press, 2014. 85 p. 226-229 - ISSN 1898-5912.

STN EN 310:1998. *Dosky na báze dreva – Zisťovanie modulu pružnosti v ohybe a pevnosti v ohybe*.

ŠMIDRIAKOVÁ, M., SEDLIAČIK, J., VÉGH, B., BEKHTA, P. 2015. Application of foamed PVAC dispersion in plywood production. In Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 2015, Vol. 57, No. 2, p. 109-115. ISSN 1336-3824.

WAGENFÜHR, A., BUCHELT, B., PFRIEM, A. 2006. Material behaviour of veneer during multi dimensional moulding. In Holz als Roh- und Werkstoff. [Online] 2006. č. 64, s. 83 - 89. Dostupné na internete: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00107-005-0008-5.pdf>.

Adresa autora:

Ing. Jozef Fekiač, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, jozef.fekiac@tuzvo.sk, tel.:+421455206407

VPLYV ZNÍŽENIA HMOTNOSTI PREGLEJOVANEJ DOSKY NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Anna Vilhanová, Jozef Gáborík

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstrakt:

Vplyv zníženia hmotnosti preglejovanej dosky na mechanické vlastnosti. Súčasný moderný nábytok kladie vysoké požiadavky na materiály používané pri jeho výrobe. Dôležitým ukazovateľom kvality nábytku je hmotnosť, čo sa prejavuje v používaní vyľahčených materiálov ako sú voštinové dosky alebo vyľahčené drevotrieskové dosky. Predmetom našej práce je návrh konštrukcie vyľahčeného vrstveného materiálu na báze preglejky a experimentálne overenie vybraných mechanických vlastností. Sledované ohybové vlastnosti vyľahčenej preglejky sa znižovali výraznejšie ako pokles hmotnosti.

Kľúčové slová: preglejovaná doska, vyľahčenie, pevnosť v ohybe, modul pružnosti v ohybe

ÚVOD

Fyzikálne, mechanické a estetické vlastnosti dreva predurčujú jeho široké uplatnenie v mnohých oblastiach. Je vyhľadávanou surovinou pre výrobu veľkého množstva produktov uspokojujúcich ľudské potreby. Drevo ako prírodný materiál spolu s prírodnými textíliami je elementom uvoľnenia vo vzruchovej klíme umelých stavebných hmôt a má výrazne pozitívny emocionálny efekt [1]. Ako základný konštrukčný materiál interiérových prvkov môže tiež zohrať dôležitú úlohu na základe svojich sorpčných vlastností (viazanie a uvoľňovanie vlhkosti) ako regulátor extrémnych hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu. Výrobky získané z dreva výlučne mechanickou cestou zahŕňajú v sebe niektoré negatívne vlastnosti ako je anizotropia, nerovnomerná štruktúra, chyby, napúčanie a zosychanie, šúverenie [1]. Uvedené nedostatky rastlého dreva je možné čiastočne odstrániť modifikáciou jeho vlastností chemicko-mechanickým a chemickým spracovaním na listové, doskové materiály a bloky ako sú: drevotrieskové a drevovláknité dosky, latovky, dyhy, preglejované dosky [1].

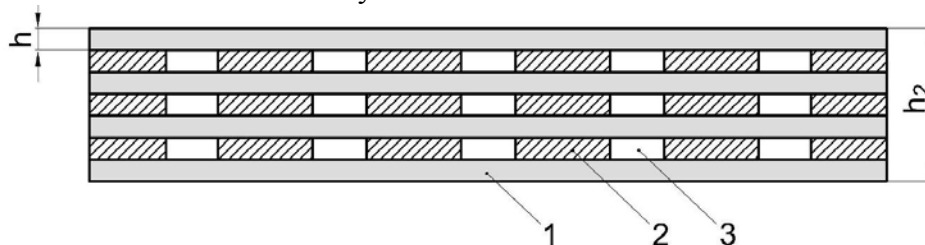
Preglejované dosky sú najstaršie materiály z kategórie aglomerovaných materiálov. V nábytkárskej výrobe majú preglejované dosky uplatnenie predovšetkým ako výplňový materiál v rámových konštrukciách, ako konštrukčný materiál na kostry čalúneného nábytku alebo ako pracovné dosky pri výrobe kuchynského nábytku. V posledných rokoch nastúpil vo výrobe drevných materiálov trend ich vyľahčenia. Vyľahčenie spočíva v zmene štruktúry a hustoty v priereze hrúbky dosky alebo v kombinácii drevných materiálov s plastmi a podobne.

Cieľom práce bol návrh konštrukcie vyľahčeného konštrukčného materiálu na báze preglejky a zistenie pevnostných a pružnostných charakteristík v ohybe. Vyľahčenie preglejovaného materiálu spočívalo v zmene štruktúrného usporiadania dých zakomponovaním vzduchových medzier v jednotlivých vrstvách súboru preglejovanej dosky.

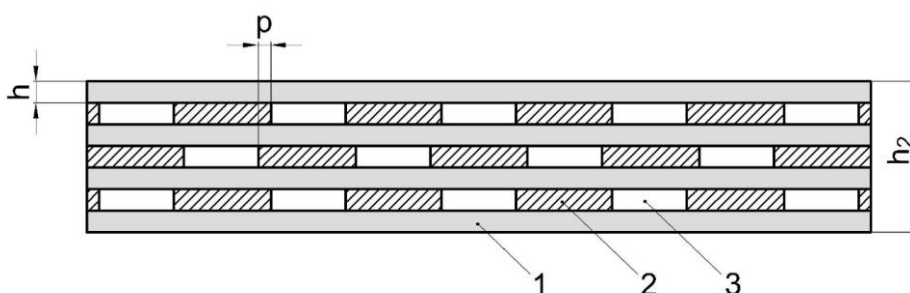
Metodika

Súbor vyľahčenej preglejovanej dosky sa skladal z nevyľahčených vrstiev, ktoré tvorili dyhy hrúbky 2 mm z drevinu buk a z vyľahčených vrstiev, ktoré tvorili dyhy hrúbky 2 mm z drevinu topol'. Tieto vrstvy sa navzájom striedali pričom prvá a posledná vrstva bola nevyľahčená. Vo vyľahčenej vrstve sa striedali pásy topoľovej dyhy a vzduchové medzery. Striedaním nevyľahčenej – celistvej a vyľahčenej vrstvy bola vytvorená sedemvrstvová kombinovaná preglejka dvoch typov. Prvý typ (A) predstavuje konštrukciu vyľahčenej

preglejkky s topoľovými pásikmi a vzduchovými medzerami usporiadanými nad sebou v jednej línii (obr. 1). V druhom type (B) sú pásiky dýh a vzduchové medzery usporiadané nad sebou striedavo. Prekrytie (preloženie) pásikov (p) bolo 5 a 10 mm (obr.2). Šírka topoľových pásikov bola $30 \div 50$ mm a vzduchové medzery boli široké $10 \div 40$ mm.



Obrázok 1 Konštrukcia vyľahčenej preglejky (typ A), h – hrúbka dyhy (2 mm), h2 – celková hrúbka vyľahčenej preglejky (cca 14 mm), 1 – pozdĺžna dyha (buk), 2 – priečna dyha (topoľ) (šírka $30 \div 50$ mm), 3 – vzduchová medzera (šírka $10 \div 40$ mm)



Obrázok 2 Konštrukcia vyľahčenej preglejky (typ B), p – prekrytie (preloženie) priečných dýh (5 a 10mm)

Ako spojovací materiál bolo použité močovinoformaldehydové lepidlo a tvrdivo chlorid amónny (NH_4Cl). Veľkosť nánosu bol 200 g/m^2 . Lepidlo bolo nanášané na celistvé vrstvy preglejkového súboru. Na rozmiestnenie dyhových pásikov vo vyľahčenej vrstve bola použitá jednoduchá šablóna s naznačenými rozstupmi pásikov. Smer vlákien v dyhových topoľových pásikoch bol kolmý na smer vlákien v celistvých bukových vrstvách. Pripravený súbor bol zlisovaný v jednoetážovom lise pri teplote $100 \text{ }^\circ\text{C}$, lisovacím tlakom $1,0 \text{ MPa}$. Pre porovnanie vlastností bola pripravená nevyľahčená preglejovaná doska samostatne z drevín buk a topoľ a kombinovaná z drevín buk a topoľ, z dýh rovnakej hrúbky, ako preglejovaná doska vyľahčená. Nános lepidla bol použitý zhodný ako v prípade vyľahčenej preglejovanej dosky.

Po vylisovaní sa preglejované dosky klimatizovali v bežných laboratórnych podmienkach, pri teplote vzduchu cca $20 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 2 mesiacov. Z hľadiska možnosti uplatnenia navrhnutého vyľahčeného preglejovaného materiálu v nábytkových konštrukciách bolo potrebné overiť jeho zníženie hmotnosti – hustoty, pevnostné a pružnostné vlastnosti v ohybe. Pri overovaní vybraných vlastností boli uplatnené postupy podľa platných technických noriem.

Podľa všeobecného vzťahu (1) bola stanovená hustota vyľahčenej preglejovanej dosky:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (1)$$

kde: ρ – hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], m – hmotnosť [kg], V – objem [m^3]

Pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe pri jednoosovom zaťažení bola zisťovaná podľa STN EN 310 [9]. Pevnosť v ohybe (σ_{oh}) bola vypočítaná podľa vzťahu (2) a modul pružnosti (E_{oh}) podľa vzťahu (3).

Pevnosť v ohybe:

$$\sigma_o = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l_o}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

kde: F_{max} – sila pri porušení skúšobného telesa [N],
 l_o – vzdialenosť podpier – $l_o = 20 \cdot h$ [mm],
 b – šírka skúšobného telesa [mm],
 h – hrúbka skúšobného telesa [mm]

Modul pružnosti v ohybe:

$$E_{oh} = \frac{(F_{40} - F_{10}) \cdot l_o^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot (y_{40} - y_{10})} \quad [\text{MPa}] \quad (3)$$

kde: F_{40} – 40% z maximálnej sily [N],
 F_{10} – 10% z maximálnej sily [N],
 y_{40} – priehyb odpovedajúci sile F_{40} [mm],
 y_{10} – priehyb odpovedajúci sile F_{10} [mm],

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hustota

Určiť hustotu takto vyľahčeného materiálu je dosť problematické, pretože vyľahčením vznikli miesta s vyššou hustotou a s nižšou hustotou. Hustotu sme zisťovali na zalisovaných doskách o rozmere 300 x 300 mm, z ktorých sa vyrábali skúšobné telesá. Po klimatizácii bola vlhkosť preglejovaných dosiek $w = 7,5 \%$. Hustota pri danej vlhkosti bola pri nevyľahčenej celobukovej preglejke $\rho_w = 686 \text{ kg.m}^{-3}$, celotopľovej $\rho_w = 394,5 \text{ kg.m}^{-3}$ a pri kombinovanej $\rho_w = 572,8 \text{ kg.m}^{-3}$ (tab. 1).

Slovenský dlhoročný výrobca bukových preglejok Bučina DDD udáva hustotu celobukovej preglejky 780 kg.m^{-3} a buk-topľovej 650 kg.m^{-3} , ktoré sú vyššie ako v našom prípade [2]. Vyššiu hustotu $\rho_{12} = 760 \text{ kg.m}^{-3}$ a tomu odpovedajúce vyššie pevnostné vlastnosti uvádzajú aj Reinprecht et al. 2012.

Z porovnania hustoty vyľahčených preglejovaných dosiek s hustotou preglejovanej dosky nevyľahčenej celobukovej vyplýva, že hmotnosť dosiek so vzduchovými medzerami sa v našich experimentoch znížila o $16,29 \div 20,42 \%$ (tab. 2). Pokles hmotnosti - vyľahčenie je závislý od skladby vrstiev a veľkosti vzduchových medzier. V prípade porovnania s hustotami preglejok uvedených autorov by bol pokles hmotnosti výraznejší. Porovnaním s preglejkou prezentovanou Reinprecht et al. 2012 zníženie predstavuje $25 \div 28 \%$.

Tabuľka 1 Sledované vlastnosti preglejovaných materiálov

Druh preglejky		Hustota ρ_w [kg.m ⁻³]	Hustota ρ_0 [kg.m ⁻³]	Pevnosť v ohybe σ_{ow} [MPa]	Modul pružnosti E_{ow} [MPa]	Veľkosť vzduchovej medzery [mm]
Nevyľahčená	Buk	686,1	677,3	85,12	8152,35	-
	Topoľ	394,5	381,9	44,08	4763,40	-
	Buk / Topoľ	572,8	564,1	71,50	7030,58	-
Vyľahčená	A – 50/0	560	-	46,8	5 955	25
	B – 50/5	542,4	539,1	56,40	5034,37	40
	B – 50/10	549,5	546,1	64,79	6 309,2	30
	B – 40/5	-	567	46,3	5 036	30
	B – 30/5	555	547,9	49,84	4985,65	20
	B – 30/10	569	560,8	71,72	7094,46	10

Pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe

Vo všeobecnosti je známe, že hustota dreva je dôležitý faktor, ktorý ovplyvňuje jeho vlastnosti a možnosti použitia [7]. Materiály a vyššou hustotou sa zvyčajne prezentujú lepšimi mechanickými vlastnosťami. Natívne drevo sa zhusťuje, aby sa zlepšili jeho mechanické vlastnosti, hlavne pevnosť dreva [3, 4, 5].

Uvedený vzťah môžeme pozorovať aj pri preglejovaných materiáloch [8]. K podobným záverom sme dospeli pri vyhodnotení vlastností našich preglejok. V plnej miere sa to potvrdilo pri nevyľahčených a čiastočne pri vyľahčených preglejkách (tab. 1). So znižovaním hustoty sa znižovala pevnosť dreva a modul pružnosti v ohybe. Tendencia znižovania vlastností je podobná ako pri znižovaní hustoty. Pokles pevnosti vyľahčených preglejok je výraznejší ako pokles hustoty. Pevnosť klesla o 15,74 ÷ 45,6 % oproti pevnosti celobukovej nevyľahčenej preglejke. Podobná situácia je aj pri module pružnosti, kde sme zaznamenali miernejší pokles ako pri pevnosti v ohybe (o 12,98 ÷ 38,84 %) (tab.2).

Tabuľka 2 Zmena vlastností vyľahčenej preglejky oproti celobukovej - nevyľahčenej

Druh preglejky	Zmena hmotnosti - vyľahčenie Δ_m [%]	Zmena pevnosti [%]	Zmena modulu pružnosti [%]
Nevyľahčená Buk	-	-	-
Nevyľahčená Topoľ	- 43,6	- 48,21	- 41,57
Nevyľahčená Buk + Topoľ	- 16,7	- 16	- 13,76
Vyľahčená A – 50/0	- 18,38	- 45	- 26,95
Vyľahčená B – 50/5	- 20,4	- 33,74	- 38,25
Vyľahčená B – 50/10	- 19,37	- 23,88	- 22,61
Vyľahčená B – 40/5	- 16,29	- 45,6	- 38,23
Vyľahčená B – 30/5	- 19,1	- 41,45	- 38,84
Vyľahčená B – 30/10	- 17,2	- 15,74	- 12,98

Poznámka: vlastnosti celobukovej – nevyľahčenej preglejky predstavujú porovnávací základ (100 %)

Z pohľadu konštrukcie sa vyľahčenia so striedavým usporiadaním topoľových pásikov a vzduchových medzier (konštrukcie typu B) ukázali vhodnejšie. Vykazujú priaznivejšie vzťah medzi znížením hmotnosti a znížením sledovaných vlastností. Platí to najmä pre vyľahčenia s prekrytím topoľových pásikov 10 mm, čo reprezentujú konštrukcie B – 50/10 a B – 30/10 (tab. 2). Ostatné sledované vyľahčené konštrukcie preglejok mali podobné hodnoty vyľahčenia – poklesu hmotnosti, ale zaznamenali výrazný úbytok pevnosti a modulu pružnosti v ohybe. Pre konštrukčné účely už nie sú vhodné.

ZÁVER

Hustota materiálu vo všeobecnosti ovplyvňuje vlastnosti konštrukčných materiálov. Tento poznatok sa potvrdil aj pri navrhnutých vyľahčených preglejovaných doskách. Hustota vyľahčenej preglejovanej dosky bola nižšia ako dosky nevyľahčenej celobukovej, čo sa prejavilo v znížení pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe. Vyhovujúci kompromis medzi poklesom hmotnosti a poklesom mechanických vlastností sa získal dvoch navrhnutých konštrukciách. To vytvára dobrú základňu pre pokračovanie v hľadaní nových konštrukcií vyľahčenia preglejovaných materiálov.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou VEGA na základe projektu č. 1/0626/16 a agentúrou APVV projekt č. APVV-14-0506.

LITERATÚRA:

1. DUDAS, J.- JOCHIM, S. 2008: Konštrukčné drevné materiály. Vydavateľstvo TU Zvolen, 160 s. ISBN 978-80-228-1938-1
2. Bučina DDD – Preglejované dosky, citované: 11. 9. 2018 Dostupné na internete: http://www.bucina.sk/german/Produkty/Preglejky/f_produkt_preglejka.HTM,
3. FANG, CH., MARIOTTI, N., CLOUTIER, A., KOUBAA, A., BLANCHET, P. 2011: Densification of wood veneers by compression combined with heat and steam. *Eur J Wood Prod* 70 (1):155–163, DOI 10.1007/s00107-011-0524-4, <http://www.researchgate.net/publication/225618265>
4. CHUCHRJANSKIJ, P.N. 1953. Zušľachtovanie dreva I. Bratislava: Práca, 1953, 156 s.
5. INOUE, M., NORIMOTO, M., TANAHASHI M., ROWELL, R.M. 1993. Steam or heat fixation of compressed wood, *Wood Fiber Sci.* 25 (3), pp. 224–235.
6. MAHÚT, J.- RÉH, R.- VÍGLASKÝ, J. 1997. Kompozitné drevné materiály. Časť I. Dyhy a preglejované dosky. Vydavateľstvo TU Zvolen, 266 s. ISBN 80-228-0679-X
7. PELIT, H., SÖNMEZ, A., BUDAKCI, M. 2015. Effects of Thermomechanical Densification and Heat Treatment on Density and Brinell Hardness of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Eastern Beech (*Fagus orientalis* L.). *BioResources* 10 (2), pp. 3097 - 3111, DOI: 10.15376/biores.10.2.3097-3111
8. REINPRECHT, L., KMEŤOVÁ, L., IŽDINSKÝ J. 2012. Fungal decay and bending properties of beech plywood overlaid with tropical veneers. *Journal of Tropical Forest, Science* 24 (4): pp. 490-497,
9. STN EN 310. Dosky na báze dreva. Zisťovanie modulu pružnosti v ohybe a pevnosti v ohybe.

Adresa autorov:

Ing. Anna VILHANOVÁ, PhD. a doc., Ing. Jozef GÁBORÍK, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, vilhanova@tuzvo.sk, gaborik@tuzvo.sk

NETRADIČNÉ FAREBNÉ ODTIENE DREVA ROZTRÚSENO PÓROVITÝCH LISTNATÝCH DREVÍN NADOBUDNUTÉ PROCESOM TERMICKEJ ÚPRAVY SÝTOU VODNOU PAROU

Ladislav Dzurenda

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra obrábania dreva

Abstract:

Netradičné farebné odtiene dreva roztrúsene pórovitých listnatých drevín nadobudnuté procesom termickej úpravy sýtou vodnou parou. V príspevku sú prezentované zmeny farby dreva roztrúsene pórovitých listnatých drevín: Buk lesný, Breza bradavičná a Javor mliečny dosiahnuté procesom termickej úpravy – sýtou vodnou parou s teplotou $t = 137,5 \pm 2,5$ °C po dobu $\tau = 7,5$ h. Prírodná farba dreva jednotlivých drevín, ako i novonadobudnuté farebné odtiene nadobudnuté termickým procesom sú vo farebnom priestore CIE-L*a*b* identifikované súradnicou svetlosti L* a chromatickými súradnicami a*, b*. Drevo roztrúsene pórovitých listnatých drevín v procese termickej úpravy tmavne a zmenami na chromatických súradniciach červenej farby a žltej farby nadobúda nadobúda bukové drevo červeno-hnedý farebný odtieň, brezové a javorové drevo hnedé odtiene farby. Uvedené zmeny farby termicky upravovaného dreva sú ireverzibilné, zmena farby drevnej hmoty danej dreviny je rovnomerná po celom objeme, čo rozširuje možnosti využitia bukového, brezového a javorového dreva v stavebno-stolárskej, umeleckej a dizajnerskej oblasti.

Kľúčové slová: drevo, roztrúsene-pórovité dreviny, sýta vodná para, farby dreva, termická úprava.

ÚVOD

Drevo umiestnené do prostredia horúcej vody, sýtej vodnej pary či nasýteného vlhkého vzduchu sa nahrieva a mení svoje fyzikálne, mechanické a chemické vlastnosti. Uvedené skutočnosti sa využívajú v drevárskych technológiách varenia a parenia dreva vo výrobe dýh a preglejok, ohýbaného nábytku, či lisovaného dreva *Kollmann – Gote (1968)*, *Sergovskij – Rasev (1987)*, *Trebula (1996)*, *Dzurenda – Deliiski (2010)*.

Procesy termickej úpravy dreva sýtou vodnou parou, okrem cielených fyzikálno-mechanických zmien sú sprevádzané aj chemickými reakciami akými sú parciálna hydrolýza a extrakcia vyvolávajúca zmeny farby dreva *Bučko (1995)*, *Trebula – Bučko (1996)*, *Dzurenda – Bučko (1998)*, *Kačík (2001)*, *Laurova – Mamonova – Kučerova (2004)*, *Kačíková – Kačík (2011)*. Kým v minulosti sa farebné zmeny stmavnutia termicky upravovaného dreva využívali na odstránenie nežiaducich farebných rozdielov medzi svetlou bielou a tmavým jadrom, či odstránenie nežiaducich farebných škvrn vzniknutých zaparením, zahnednutím či zaplesnením, tak v ostatnom čase je pozornosť výskumu a vývoja zameraná na cielenú zmeny farby dreva jednotlivých drevín do menej či viac výrazných farebných odtieňov, resp. imitácie dreva domácich drevín na exotické dreviny *Tolvaj – Nemet – Varga – Molnar (2009)*, *Fan, Y.- Gao, J. - Chen, Y. (2010)*, *Dzurenda (2014,2018)*, *Barcik – Gašparík – Razumov (2015)*, *Baranski – Klement – Vilkovská – Konopka (2017)*.

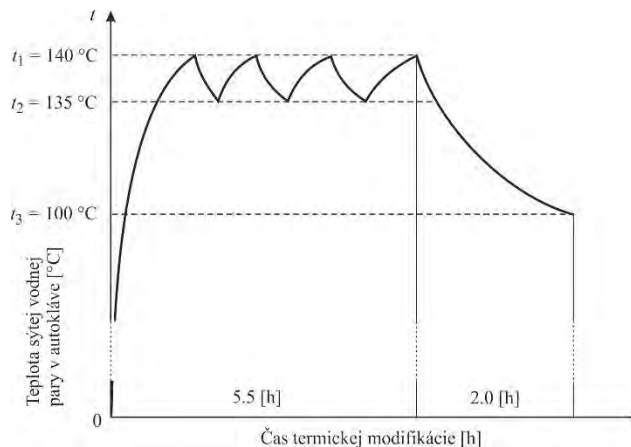
Jedným zo spôsobov ako je možné optickú vlastnosť - farbu dreva objektívne kvantifikovať je jej vyjadrenie prostredníctvom súradníc vo farebnom priestore CIE-L*a*b*. Farebný koordinačný systém CIE-L*a*b* v zmysle ISO 7724 je založený na meraní troch parametrov: svetlosti L* od 100 pre bielu po 0 pre čiernu farbu, chromatickej súradnice a* pre stanovenie odtieňa medzi červenou farbou (+a*), zelenou farbou (-a*) a chromatickej súradnice b* stanovujúca odtieň medzi žltou farbou (+b*), modrou farbou (-b*).

Cieľom danej práce je stanovenie farby dreva prírezov s rozmermi: 32x55x600 mm roztrúsene-pórovitých listnatých drevín: *Buk lesný, Breza bradavičná a Javor mliečny* vo farebnom

priestore $CIE-L^*a^*b^*$ dosiahnutej režimom termickej modifikácie farby dreva sýtou vodnou parou o teplote: $t = 137,5 \pm 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ po dobu $\tau = 7,5 \text{ hod.}$ v tlakovom autokláve APDZ 240.

Materiál a metóda

Režim farebnej modifikácie dreva prírezov s rozmermi: 32x55x600 mm sýtou vodnou parou v tlakovom autokláve APDZ 240 pre roztrúseno pórovité listnaté dreviny: *Buk lesný*, *Breza bradavičná* a *Javor mliečny* je zobrazený na obr.1.



Obrázok 1 Rozpis technologických podmienok pre termický proces modifikácie dreva prírezov roztrúsenopórovitých listnatých drevín.

Prírezy z beľového dreva jednotlivých drevín mali vlhkosť $W_p = 59,4 \pm 6,8 \%$. Časť prírezov sa termicky upravovala vyššie uvedeným režimom sýtou vodnou parou v tlakovom autokláve: APDZ 240 (Himmasch AD, Haskovo, Bulharsko) vo firme Sundermann s.r.o. Banská Štiavnica.

Termicky neupravované i upravované prírezy boli vysušené na vlhkosť $W_p = 12 \pm 0,5 \%$ v konvenčnej teplovzdušnej sušiarňi: KAD 1x6 (KATRES s.r.o). Následne boli ložné plochy prírezov opracované na horizontálnej rovinnej frézke FS 200.

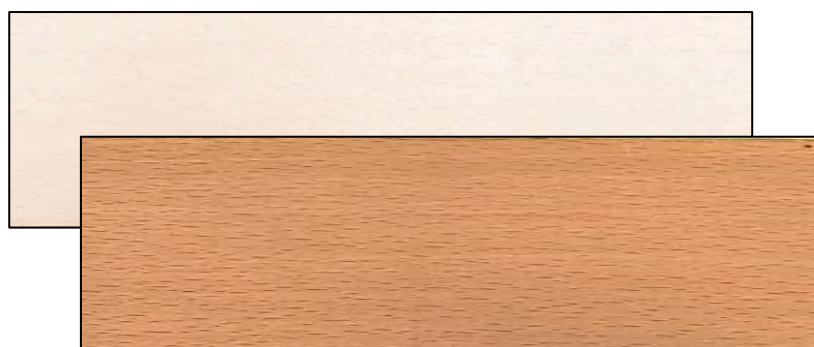
Farba dreva prírezov vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$ sa hodnotila pros-tredníctvom kolorimetra Color Reader CR-10 (Konica Minolta, Japan). Použitý bol zdroj svetla D65 a priemer optického snímacieho otvoru bol 8 mm.

Hodnoty farebných súradníc povrchu dreva vysušených a ohobľovaných prírezov sú uvádzané formou zápisu $x = \bar{x} \pm s_x$ t.j. priemernej nameranej hodnoty a smerodajnej odchýlky.

Výsledky a diskusia

Drevo bele dreviny *Buk lesný*, podľa autorov: *Perelygin (1965)*, *Makoviny (2010)*, *Klement – Réh – Detvaj (2010)*, je biela s bledým šedo-žltým odtieňom. Farba dreva bele dreviny *Brezy bradavičnej* má bledú bielo-hnedú farbu a beľové drevo *Javora mliečneho* má svetlú bielo-šedo-hnedú farbu. Vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$, autori: *Babiak – Kubovský – Mamoňová (2004)*, farbu bukového dreva popisujú hodnotami súradníc: $L^* = 75,96$; $a^* = 6,62$; $b^* = 17,63$, brezového dreva súradnicami: $L^* = 78,07$; $a^* = 5,92$; $b^* = 20,02$ a javorového dreva súradnicami: $L^* = 80,99$; $a^* = 5,20$; $b^* = 16,36$. Obdobné hodnoty uvádzajú i naše merania tab. 1.

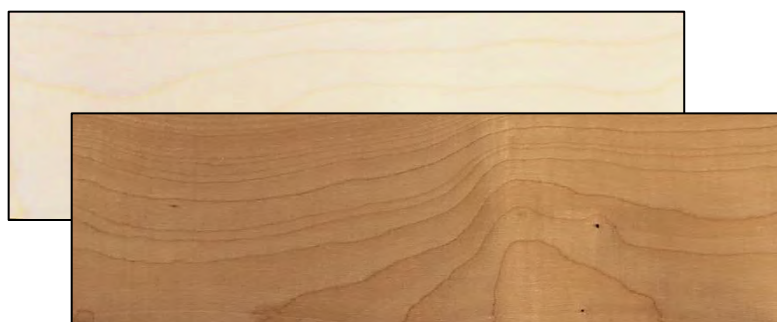
Farebné odtiene vysušeného a ohobľovaného natívneho bukového, brezového a javorového dreva a farebné odtiene nadobudnuté procesmi termickej úpravy sýtou vodnou parou zobrazené na obr. 2.



Buk lesný (*Fagus silvatica* L.)



Breza bradavičná (*Betula pendula* Rot.)



Javor mliečny (*Acer platanoides* L.)

Obrázok 2 Farba povrchu vysušeného a ohobľovaného dreva termicky neupravovaného a termicky upravovaného sýtou vodnou parou.

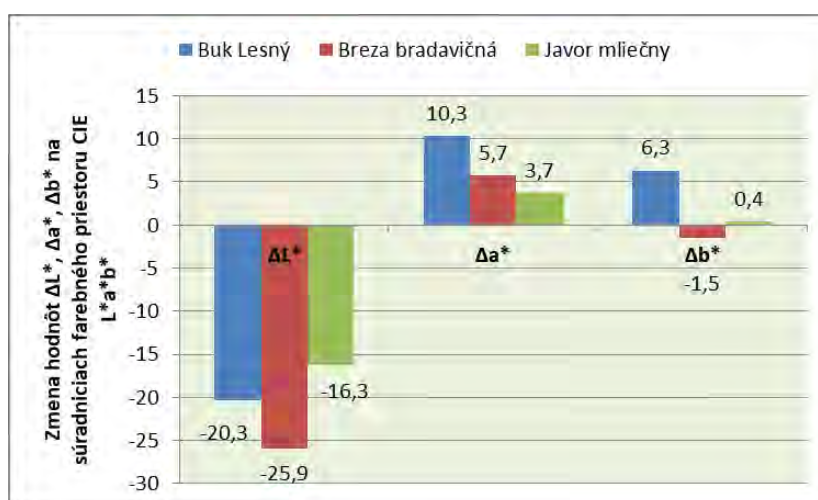
Pôvodná biela farba s bledým šedo-žltým odtieňom bukového dreva sa termickou úpravou sýtou vodnou parou - režimom farebnej modifikácie zmenila na červeno-hnedý odtieň. Biela farba s bledohnedým, či bielo-šedo-hnedým odtieňom dreva *Brezy bradavičnej* sa termickou úpravou modifikovala do farebných odtieňov hnedej farby a svetla bielo-šedo-hnedú farbu *Javora mliečneho* sa zmenila na hnedo-červenú farbu s tmavším hnedým odtieňom letného dreva ročného kruhu, ktorý je zvýrazňujúcim prvkom textúry javorového dreva na tangenciálnom reze.

Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a*b* popisujúce farbu dreva po termickej úprave a vysušení na ohobľovanom povrchu, sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L*a*b* popisujúce termicky neupravované a upravované drevo sýtou vodnou parou.

Drevina	Prírezy	Počet vzoriek	Farebné súradnice		
			L*	a*	b*
Buk lesný	termicky neupravované	58	73,5 ± 2,1	7,6 ± 2,8	19,8 ± 1,8
	termicky modifikované	55	53,2 ± 2,4	17,9 ± 2,0	26,1 ± 1,5
Breza bradavičná	termicky neupravované	178	82,7 ± 1,3	6,7 ± 0,6	19,8 ± 0,9
	termicky modifikované	180	56,8 ± 1,4	12,4 ± 0,5	18,3 ± 0,4
Javor mliečny	termicky neupravované	168	79,6 ± 2,4	7,3 ± 1,1	18,8 ± 1,1
	termicky modifikované	172	63,3 ± 1,9	11,0 ± 0,5	19,2 ± 0,6

Veľkosti zmien hodnôt ΔL^* , Δa^* , Δb^* , na jednotlivých súradniciach farebného priestoru CIE-L*a*b* bukového, brezového a javorového dreva procesmi parciálnej hydrolýzy a extrakcie vodorozpusťných akcesorických látok počas termickej úpravy dreva sýtou vodnou parou, ktorými je dosiahnuté príslušné stmavnutie a sfarbenie drevnej hmoty sú zobrazené na obr. 3.



Obrázok 3 Miera zmien na súradniciach L*, a* a b* vo farebnom priestore CIE-L*a*b* jednotlivých roztúseno pôrovitých listnatých drevín v procese termickej úpravy sýtou vodnou parou.

Zmeny farby dreva jednotlivých termicky upravovaných drevín sú zmysle kategorizácií zmien fyzikálnych a chemických vlastností dreva nadobudnutých procesom termickej úpravy, podľa prác: Kollmann – Gote (1968), Trebula (1996), ireverzibilné (trvalé).

Pozitívom režimu termickej úpravy sýtou vodnou parou o teplote: $t = 137,5 \pm 2,5$ °C po dobu $\tau = 7,5$ hod. tlakovom autokláve APDZ 240 je skutočnosť, že novonadobudnutá farba je po celom objeme dreva rovnomerná. Uvedený poznatok umožňuje, termicky modifikované prírezy využívať na výrobu lamiel pre výrobu podlahovín, resp. iné 3D opracovanie masívu bez obáv zmeny farby dreva medzi povrchom a stredom prírezu.

Nové farebné odtiene bukového, brezového a javorového dreva dosiahnuté procesmi termickej modifikácie farby dreva sýtou vodnou parou rozširujú možnosti širšieho využitia dreva týchto drevín v stavebno-stolárskej, konštrukčno-umeleckej a dizajновой oblasti.

ZÁVER

V príspevku sú prezentované farby dreva bukových, brezových a javorových prírezov nadobudnuté v termickom procese – modifikácie farby dreva sýtou vodnou parou o teplotách: $t = 137,5 \pm 2,5$ °C po dobu $\tau = 7,5$ hod. Pôvodná biela, resp. biela farba s bledým žltá-šedým odtieňom bukového dreva sa v procese termickej modifikácie zmenila na červeno-hnedý farebný odtieň so súradnicami vo farebnom priestore CIE-L*a*b*: $L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$. Svetlá bielo-hnedá farba bele dreva *Brezy bradavičnej* sa termickým procesom upravila na hnedý farebný odtieň so súradnicami: $L^* = 56,8 \pm 1,4$; $a^* = 12,4 \pm 0,5$; $b^* = 18,3 \pm 0,4$. Svetlá bielo-hnedá farba prírezov dreva *Javora mliečneho* sa procesmi hydrolýzy a extrakcie zmenila na hnedý farebný odtieň so súradnicami vo farebnom priestore CIE-L*a*b*: $L^* = 63,3 \pm 1,9$; $a^* = 11,0 \pm 0,5$; $b^* = 19,2 \pm 0,6$.

Nové farby a farebné odtiene dreva bukových, brezových a javorových prírezov dosiahnuté režimom termickej úpravy sýtou vodnou parou rozširujú možnosti využitia dreva kruhovito pórovitých drevín v stavebno-stolárskej, konštrukčno-umeleckej a dizajновой oblasti.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu: VEGA–SR No:1/0563/16 projektu APVV-17-0456, ako výsledok práce autorov a výraznej pomoci agentúry VEGA–SR a APVV.

LITERATÚRA:

- BABIAK, M., KUBOVSKÝ, I., MAMOŇOVÁ, M. 2004: Farebný priestor vybraných domácich drevín. [Color space of selected local woods] In: Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU Zvolen, pp. 113 – 117, ISBN 80-228-1429-6.
- BARAŇSKI, J., KLEMENT, I., VILKOVSKÁ, T., KONOPKA, A. 2017: High Temperature Drying Process of Beech Wood (*Fagus sylvatica* L.) with Different Zones of Sapwood and Red False Heartwood. In: BioResources 12(1), 1861-1870. DOI:10.15376/biores.12.1.1761-1870.
- BARCIK, Š., GAŠPARÍK, M., RAZUMOV, E.Y. 2015: Effect of thermal modification on the colour changes of oak wood. In: Wood Research. 60 (3):385-396, ISSN 002-6136.
- Bučko, J. 1995: Hydrolýzne procesy. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 1995. 116 p.
- DZURENDA, L., BUČKO, J. 1998: Príčiny poklesu vlhkosti dreva mokrých bukových podvalov v prapocese parenia nasýtenou vodnou parou. [Reasons of decrease of the moisture content of wood of green beech sleepers during the steaming process with saturated water steam] In: Acta facultatis xylologiae 40 (1): 67-75.
- DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2010: Tepelné procesy v technológiách spracovania dreva. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 273 s.
- DZURENDA, L. 2014: Sfarbenie bukového dreva v procese termickej úpravy sýtou vodnou parou. In: Acta facultatis xylologiae Zvolen, 56 (1):13 – 22, ISSN 1366-3824.
- DZURENDA, L. 2018: The Shades of Color of *Quercus robur* L. Wood Obtained through the Processes of Thermal Treatment with Saturated Water Vapor. In: BioResources 13(1), 1525 - 1533; doi: 10.1063/biores.13.1.1525-1533
- FAN, Y., GAO, J., CHEN, Y. 2010. Colour responses of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) to solvent extraction and heat treatment. In Wood Sci Technol, 2010, 44:667–678. doi: 10.1007/s00226-009-0289-7.

- KAČÍK, F. 2001: Tvorba a chemické zloženie hydrolyzáto v systéme drevo-voda-teplo. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 75 s.
- KAČÍKOVÁ, D., KAČÍK, F. 2011: Chemické a mechanické zmeny dreva pri termickej úprave. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 71 s.
- KLEMENT, I., RÉH, R., DETVAJ, J. 2010: Základné charakteristiky lesných drevín – spracovanie drevnej suroviny v odvetví spracovania dreva. Zvolen: NLC, 82 s.
- KOLLMANN, F., COTE, W. A. 1968: Principles of Wood Sciences and Technology, Vol. 1. Solid Wood, Springer Verlag: Berlin – Heidelberg - New York, 592 s.
- LAUROVA, M., MAMONOVA, M., KUČEROVA, V. 2004: Proces parciálnej hydrolyzy bukového dreva (*Fagus sylvatica* L.) parením a varením. [Vedecké štúdie 2/2004/A], Zvolen: TU Zvolen. 58 s.
- MAKOVÍNY, I. 2010: Úžitkové vlastnosti a použitie rôznych druhov dreva. Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 84 s.
- PERELYGIN, L., M. 1965: Náuka o dreve. Bratislava: SVTL, 444 s.
- SERGOVSKIJ, P. S., RASEV, A. I. 1987: Gidrotermičeskaja obrabotka i konservirovanije drevesiny. Lesnaja promyšlennost, Moskva, 360 s.
- TOLVAJ, L., NEMETH, R., VARGA, D., MOLNAR, S., 2009: Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. In: *Drewno*. 52 (181): 5-17, ISSN 1644-3985.
- TREBULA, P., BUČKO, J. 1996: Vákuové sušenie dreva, technické, technolo-gické a ekologické aspekty. [Vedecké štúdie 5/1996/B], Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 2001, 70 s.
- TREBULA, P. 1996: Sušenie a hydrotermická úprava dreva. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 2001, 255 s.

Adresa autora:

prof. Ing. Ladislav Dzurenda, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra obrábania dreva, T. G. Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, dzurenda@tuzvo.sk

VZTAH PEVNOSTI VOLNÝCH NÁTĚROVÝCH FILMŮ V TAHU A VLASTNOSTÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Jiří Stádník, Michaela Večeřová, Daniela Tesařová

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení

Abstrakt:

Vztah pevnosti volných nátěrových filmů v tahu a vlastností povrchových úprav. Tato práce se zabývá vztahem pevnosti volných nátěrových filmů v tahu a vlastností povrchových úprav na dokončeném dílci. K testování vlastností byly použity nátěrové hmoty na bázi akrylátové disperze (transparentní základ, transparentní matný vrch) a vodou ředitelná lazura. Jednotlivé nátěrové hmoty byly nanášeny na polyesterovou fólii, za účelem tvorby volných nátěrových filmů a na masivní bukový podklad, jako imitace nábytkového dílce. Takto vytvořené a povrchově upravené vzorky byly následně vystaveny různým klimatickým podmínkám (běžné podmínky, teplo a vlhko, mráz a nízká vlhkost). Po uplynutí požadované doby byly na těchto vzorcích zjištěny pevnostní vlastnosti volných nátěrových filmů a fyzikálně-mechanické vlastnosti povrchových úprav na dřevě. Výsledkem práce je zjištění vlivů klimatických podmínek na pevnost volných nátěrových filmů a vlastnosti povrchových úprav a nalezení vztahu mezi jejich vlastnostmi.

Klíčová slova: nátěrový film, klimatické zatěžování, pevnost nátěrového filmu, vlastnosti povrchové úpravy

PROBLEMATIKA

Povrchová úprava je velmi důležitou součástí výrobků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva. Kvalitní povrchová úprava chrání povrch výrobku před mechanickým poškozením, fyzikálním namáháním a dalšími činiteli, a tím prodlužuje jeho životnost. Povrchová úprava tedy celkově zlepšuje užité vlastnosti povrchově dokončených výrobků.

V současné době je stále více kladen důraz na kvalitu, trvanlivost a nezávadnost výrobků. Aby bylo dosaženo požadované kvality dokončované plochy, je zapotřebí nejen důkladné přípravy povrchu podkladu, ale také zvolení vhodné povrchové úpravy. Správnou nátěrovou hmotou lze zajistit dostatečnou kvalitu upravené plochy a tím zvýšit trvanlivost povrchu.

Současná průmyslová výroba poskytuje velké množství různých nátěrových hmot, které lze použít pro dokončování. Ne všechny jsou však šetrné k životnímu prostředí. Například rozpouštědlové nátěrové hmoty uvolňují do ovzduší velké množství těkavých organických látek. Naopak vodou ředitelné nátěrové hmoty se vyznačují nízkým obsahem těchto látek. Správnou volbou nátěrových hmot, které jsou ohleduplné k životnímu prostředí lze tedy zvýšit přidanou hodnotu povrchově upravených výrobků. Z tohoto důvodu byly pro tuto práci použity vodou ředitelné nátěrové hmoty, které jsou šetrné k životnímu prostředí.

Cíl práce

Cílem této práce je stanovit vliv klimatických podmínek na pevnostní vlastnosti volných nátěrových filmů i fyzikálně-mechanické vlastnosti samotných povrchových úprav určených pro nábytek do interiéru. Za pomoci laboratorních zkoušek zjistit pevnost volných nátěrových filmů a vlastnosti jednotlivých povrchových úprav jako tvrdost, přilnavost a odolnost proti vrypu, za běžných podmínek i po vystavení extrémním klimatickým podmínkám po stanovenou dobu. Na závěr vyhodnotit a seskupit výsledky jednotlivých pevnostních zkoušek volných nátěrových filmů a fyzikálně-mechanických laboratorních zkoušek povrchových úprav a zjistit, zda je mezi těmito experimentálně naměřenými výsledky statisticky významný vztah.

Metodika

Příprava volných nátěrových filmů

Na polyesterovou fólii se nanese požadovaná nátěrová hmota pomocí kovového spirálového nanášecího pravítka s nánosem 100 µm. Po úplném zaschnutí se fólie i s nátěrovou hmotou umístí do teplé vody, aby došlo k zvláčnění a lepšímu oddělení nátěrového filmu od fólie. Po sloupnutí se nátěrový film nastříhá/nařeže na vzorky o rozměrech 60 x 10 mm. Následně se vzorky nechají vysušit. Poté se pomocí zvětšovací lupy vyberou vzorky bez poškození, jako jsou prasklinky, bublinky a nečistoty.

Příprava povrchových úprav na dřevěný podklad

Na zbrúšený a očištěný bukový podkladový materiál se nanese tři nánosy zvolené nátěrové hmoty (mokrý do mokrého) pomocí kovového spirálového nanášecího pravítka s nánosem 100 µm. Po zaschnutí se vzorky umístí do požadovaných klimatických podmínek a po uplynutí stanovené doby se na vzorcích provádí zvolené fyzikálně-mechanické zkoušky.

Určení klimatických podmínek

V rámci laboratorního zkoušení byly vzorky vystaveny určitým klimatickým podmínkám po určitou dobu. Vzorky byly testovány v těchto třech prostředích s rozdílnou teplotou a relativní vlhkostí vzduchu:

- Běžné podmínky (t = 20,5 °C; r. h. = 40 %) – Laboratoř
- Mráz a nízká vlhkost (t = -25 °C; r. h. = 0 %) – Mrazicí box Elcold
- Teplo a vlhko (t = 70 °C; r. h. = 80 %) – Klimatizační komora MEMMERT - HPP 108

Vzorky byly v těchto podmínkách po dobu 10, 20, 28 dnů.

Zkouška pevnosti tahem

Zkouška pevnosti tahem byla prováděna na trhacím jednoosém zařízení INSTRON 3365 propojeném se softwarovým programem Instron Bluehill, který následně vyhodnotil měření z hlediska číselných hodnot a grafického znázornění. Zkouška tahem byla prováděna podle metodiky, která vychází z normy ČSN EN ISO 527-3.

Zkušební vzorek se na koncích upevní do čelistí stroje. Následně je na vzorek v podélném směru aplikováno tahové zatížení, které se zaznamenává až do porušení vzorku.

Fyzikálně-mechanické zkoušky

Zkouška stanovení tvrdosti povrchu mikrotvrdoměrem byla prováděna pomocí zařízení BAREISS FL-2000 H. Na zkušební vzorek se položí přístroj na zjišťování tvrdosti. Přístroj se v daném místě vynuluje. Pomocí přitlačení hrotu k testovanému povrchu se provede měření a z indikátoru se odečte hodnota. Měření se provádí na nejméně 5 místech vzorku a to jak v podélném, tak příčném směru podkladového materiálu.

Zkouška stanovení tvrdosti nátěru tlumením kyvadla byla prováděna pomocí kyvadla typu Persoz podle ČSN EN ISO 1522: *Nátěrové hmoty – Zkouška tvrdosti nátěru tlumením kyvadla*.

Zkouška odolnosti proti vrypu byla prováděna pomocí přístroje ERICHSEN 239 II podle ČSN EN ISO 1518-1: *Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti proti vrypu – Část 1: Zkouška při konstantním zatížení* v kombinaci s ČSN EN 438-2: *Vysokotlaké dekorativní lamináty (HPL) – Desky na bázi reaktoplastů (obvykle nazývané lamináty) – Část 2: Stanovení vlastností*.

Odrhová zkouška přilnavosti byla prováděna pomocí přístroje na měření odtrhové pevnosti Comtest OP 1/X podle ČSN EN ISO 4624: *Nátěrové hmoty – Odrhová zkouška přilnavosti*.

Zkouška přilnavosti mřížkovou zkouškou byla prováděna pomocí byko-cut universal podle ČSN EN ISO 2409: *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*.

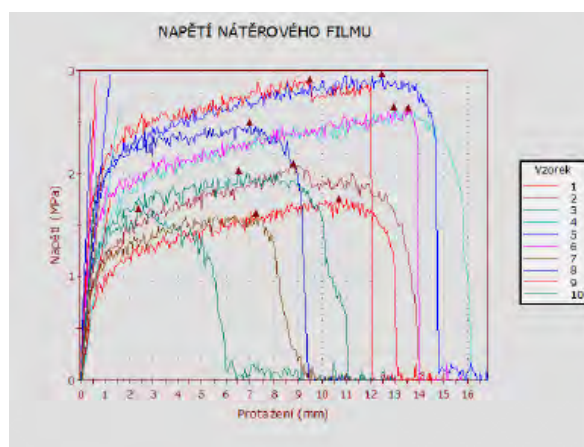
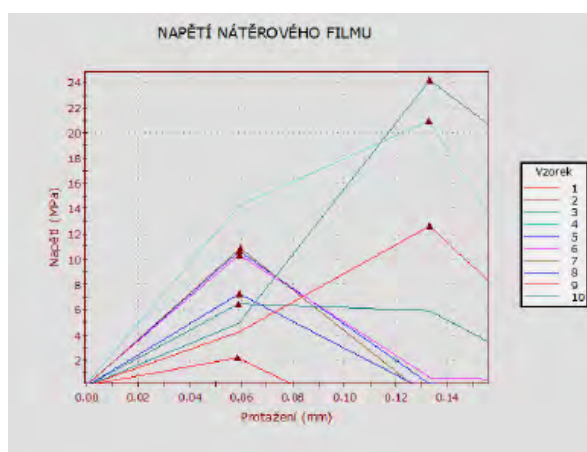
VÝSLEDKY

Stanovení meze pevnosti v tahu – klimatické zatížení po dobu 10 dnů

V tabulce 1 můžeme vidět, že akrylátové lakové filmy dosahovaly vyššího tahového napětí a zatížení, nežli lazurové lakové filmy. Ty se naopak vyznačovaly výrazně vyššími hodnotami protažení a modulu pružnosti. U akrylových filmů umístěných v mrazicím boxu došlo nepatrnému nárůstu pevnosti oproti běžným podmínkám, avšak u filmů umístěných v klimatizační komoře došlo naopak k výraznému poklesu pevnosti, avšak navýšení protažení. U lazurových lakových filmů umístěných v chladu a suchu došlo k výraznému snížení pevnosti. Hodnoty pevnosti lazurových filmů umístěných v teple a vlhku v tabulce 1 nejsou, jelikož tyto filmy byly příliš křehké a nebylo tak možné s nimi pracovat.

Tabulka 2 Průměrné hodnoty tahového napětí, zatížení, protažení a modulu pružnosti pro jednotlivé povrchové úpravy a způsoby klimatického zatížení, které byly zatěžovány po dobu 10 dnů

Nátěrový film	Podmínky	Tahové napětí [MPa]	Zatížení [N]	Protažení [mm]	Youngův modul [MPa]
Akrylový	mráz a sucho	10,573	3,701	0,389	56,640
	běžné	9,123	3,193	0,316	272,81
	tepló a vlhko	4,957	1,735	0,824	209,92
Lazura	mráz a sucho	2,283	0,799	9,107	332,05
	běžné	9,436	3,303	7,627	1663,69



Obrázek 1, 2 Křivka napětí-deformace (akrylátový lak – vlevo/lazurový lak – vpravo, mrazicí box, 10 dnů)

Na obrázku 1 a 2 vidíme křivku napětí-deformace, která ukazuje odezvu materiálu na aplikovanou tahovou sílu.

Stanovení meze pevnosti v tahu – klimatické zatížení po dobu 20 dnů

V tabulce 2 můžeme vidět, že akrylátové lakové filmy dosahovaly za běžných podmínek menší pevnosti a docházelo u nich k výrazně nižšímu protažení než lazurových lakových filmů. Při zatížení filmů mrazem a suchem však pevnost akrylových filmů významně stoupla, kdežto u lazurových filmů značně klesla. Prodloužení u obou druhů stouplo. U vzorků z klimatizační komory nejsou u ani jednoho druhu výsledky, jelikož filmy byli příliš křehké.

Tabulka 3 Průměrné hodnoty tahového napětí, zatížení, protažení a modulu pružnosti pro jednotlivé povrchové úpravy a způsoby klimatického zatížení, které byly zatěžovány po dobu 20 dnů

Nátěrový film	Podmínky	Tahové napětí [MPa]	Zatížení [N]	Protažení [mm]	Youngův modul [MPa]
Akrylový	mráz a sucho	12,818	4,486	0,088	-
	běžné	6,223	2,178	0,053	-
Lazura	mráz a sucho	2,044	0,716	9,473	240,320
	běžné	9,890	3,461	6,687	1709,300

Stanovení meze pevnosti v tahu – klimatické zatížení po dobu 28 dnů

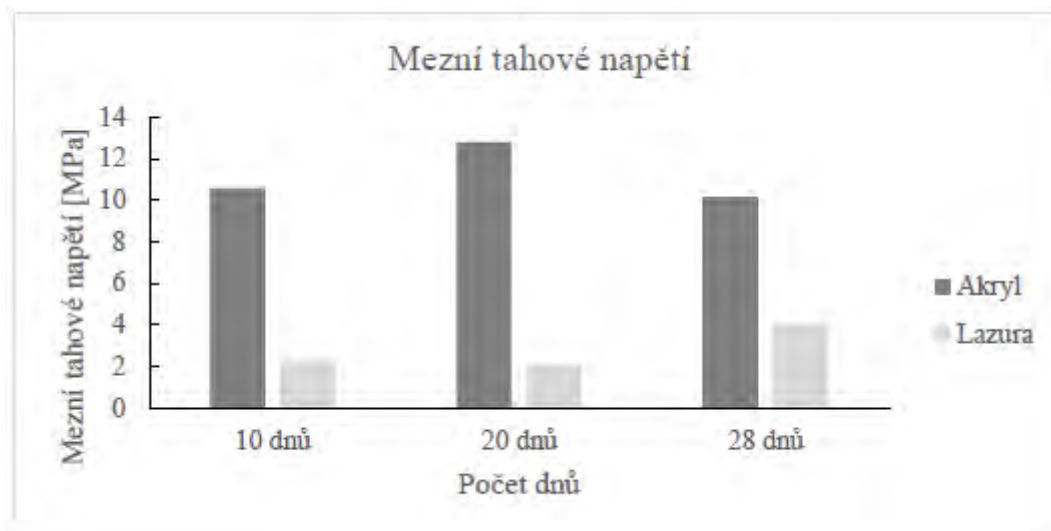
V tabulce 3 můžeme vidět podobný trend výsledků jako u vzorků klimaticky zatěžovaných po dobu 20 dnů. Akrylátové lakové filmy opět dosahovaly za běžných podmínek menší pevnosti a docházelo u nich k nižšímu protažení než lazurových lakových filmů. Při zatížení filmů mrazem a suchem však pevnost akrylových filmů značně stoupla, kdežto u lazurových filmů významně klesla. Prodloužení s mrazem u akrylátových filmů však nyní kleslo, kdežto u lazurových filmů opět stouplo. Vzorky z klimatizační komory byly opět příliš křehké na to, aby s nimi bylo možné pracovat.

Tabulka 4 Průměrné hodnoty tahového napětí, zatížení, protažení a modulu pružnosti pro jednotlivé povrchové úpravy a způsoby klimatického zatížení, které byly zatěžovány po dobu 28 dnů

Nátěrový film	Podmínky	Tahové napětí [MPa]	Zatížení [N]	Protažení [mm]	Youngův modul [MPa]
Akrylový	mráz a sucho	10,153	3,554	0,123	-
	běžné	1,981	0,693	0,967	354,310
Lazura	mráz a sucho	4,087	1,430	4,993	830,300
	běžné	11,500	4,025	1,313	2860,930

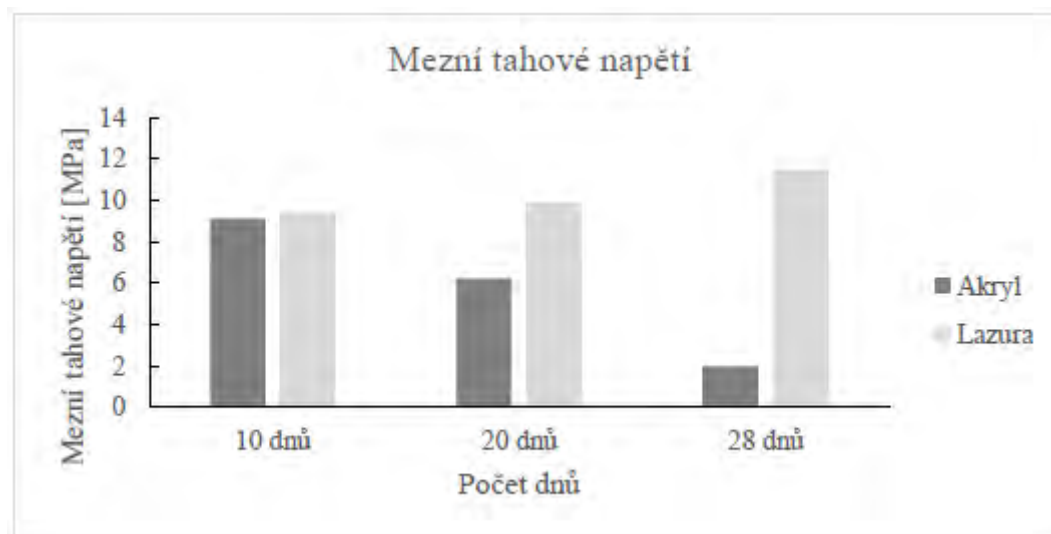
Stanovení meze pevnosti v tahu – porovnání

Na grafu (obrázku) 3 můžeme vidět mezní tahové napětí jednotlivých povrchových úprav podle počtu dnů pro vzorky umístěné v mrazicím boxu. Z obrázku je patrné, že chlad a nízká vlhkost nemají na pevnost akrylových lakových filmů značný vliv, jelikož výsledky jsou vcelku shodné. U lazurových lakových filmů je to podobné, jen u zatížení po dobu 28 dnů došlo k nárůstu.



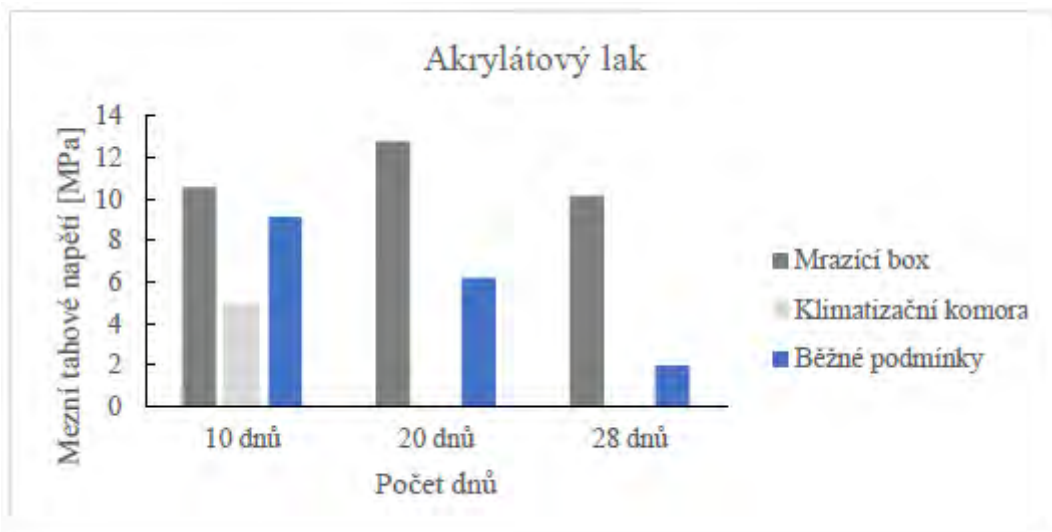
Obrázek 3 Vliv počtu dnů na mezní pevnost tahového napětí vzorků jednotlivých povrchových úprav umístěných v mrazicím boxu

Na grafu (obrázku) 4 můžeme vidět mezní tahové napětí jednotlivých povrchových úprav podle počtu dnů pro vzorky umístěné v běžných podmínkách. Z grafu vidíme, že s uplynulým časem pevnost akrylových lakových filmů značně klesá. Výsledky lazurových lakových filmů jsou s přibývajícím časem vcelku konstantní, jen u zatížení po dobu 28 dnů došlo k mírnému nárůstu.



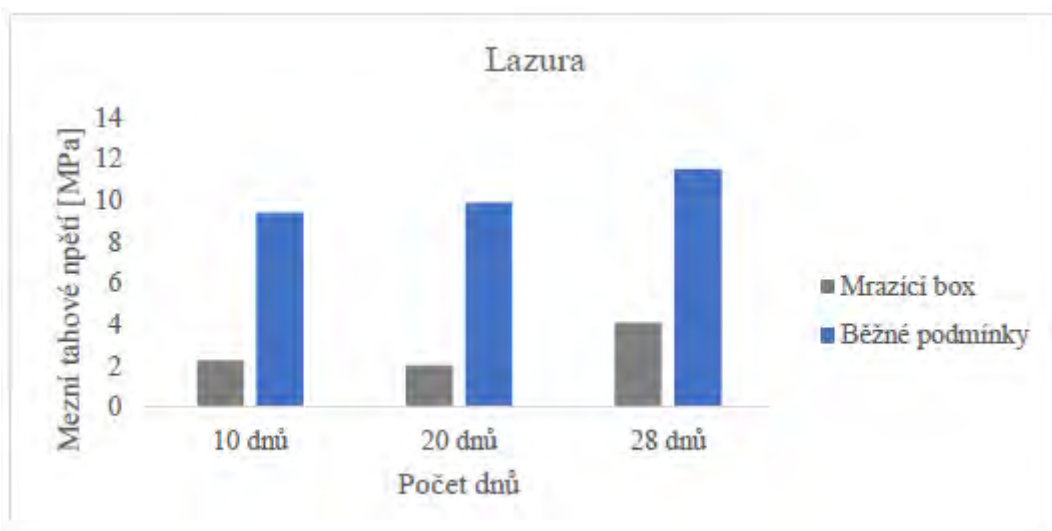
Obrázek 4 Vliv počtu dnů na mezní pevnost tahového napětí vzorků jednotlivých povrchových úprav umístěných v běžných podmínkách

Na grafu (obrázku) 5 můžeme vidět, že u akrylátových lakových filmů za běžných podmínek dochází k poklesu mezního tahového napětí potřebného k porušení vzorku s přibývajícím časem. U filmů vystavených mrazu a suchu se s narůstajícím počtem dnů pevnost nijak výrazně nemění. Filmy zatěžované teplem a vlhkem s přibývajícím dobou křehly, a proto jsou pouze výsledky nejkratšího testovaného úseku.



Obrázek 5 Vliv počtu dnů a způsobu klimatického zatížení vzorků na mezní pevnost tahového napětí akrylátového laku

Na grafu (obrázku) 6 můžeme vidět lehce rostoucí pevnosti lazurových lakových filmů za běžných podmínek s přibývajícím časem. Lazurové filmy umístěné v mrazicím boxu mají podobný rostoucí trend. Filmy umístěné v klimatizační komoře byly příliš křehké na provádění této zkoušky.



Obrázek 6 Vliv počtu dnů a způsobu klimatického zatížení vzorků na mezní pevnost tahového napětí lazury

Vyhodnocení vlastností jednotlivých povrchových úprav podle způsobu klimatického zatížení

V tabulce 4 můžeme vidět seskupené průměrné výsledky pevnostních zkoušek volných nátěrových filmů a jednotlivých fyzikálně-mechanických laboratorních zkoušek povrchových úprav.

Tabuľka 5 Vlastností jednotlivých povrchových úprav podľa spôsobu klimatického zaťaženia

Vlastnosti / Podmienky	Akrylátová disperzia			Vodou rediteľná lazura		
	mráz a sucho	teplo a vlhko	běžné	mráz a sucho	teplo a vlhko	běžné
Tahové napätie [MPa]	11,18	-	5,776	2,805	-	10,275
Tvrdosť - mikrotvrdomer [μm]	12,77	22,40	12,57	12,85	26,40	15,50
Tvrdosť - kyvadlo [%]	23,56	20,07	24,38	13,70	11,92	12,67
Vryp [N]	4,2	3,6	4,8	3,2	3	3,8
Prilnavosť - odtrhová zk. [MPa]	1,10	0,82	0,96	1,16	0,60	1,20
Prilnavosť - mřížková zk. [stupeň]	1,6	1,6	1	1,6	1,4	1,4

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala vztahem pevnosti volných nátěrových filmů a vlastností povrchových úprav na dokončeném dílci, včetně vlivů klimatických podmínek. Cílem bylo stanovit vztah mezi silou potřebnou pro přetržení nátěrového filmu a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi povrchové úpravy a mezi délkou deformace lakového filmu a vlastnostmi povrchové úpravy.

Všechny vlastnosti volných nátěrových filmů a vlastnosti povrchových úprav na dokončeném dílci jsou uvedeny v tabulkách a přehledně seskupené v tabulce 4. Z výsledků je vidět, že akrylátové lakové filmy dosahovaly vyšších hodnot tahového napětí a zatížení. Lazurové nátěrové filmy naopak vykazovaly větší hodnoty protažení a modulu pružnosti. Při porovnání těchto vlastností s fyzikálně-mechanickými vlastnostmi povrchových úprav se potvrdil vztah, že akrylátový lak, který dosahoval vyšší pevnosti nátěrového filmu, vykazoval s tím související vyšší tvrdost a odolnost proti vrypu. Naopak lazurový lak vykazující vyšší pružnost, dosahoval s tím související lepší prilnavosti nátěrového filmu.

Vlastnosti volných lakových filmů v závislosti na klimatických podmínkách potvrdily již známé předpoklady. Nejhuře dopadly vzorky umístěné v klimatizační komoře, kde byla nastavena vysoká teplota a vlhkost. Je to z důvodu, že polymery jsou schopny přijímat vlhkost (navlhavost) a v jejím důsledku dochází ke snižování modulu pružnosti a k poklesu meze pevnosti polymerů (Běhálek, 2015). Při dlouhodobém působení lakový film degraduje rychlostí stanovenou velikostí hodnot teploty, vlhkosti a napětí. Některé laky degradují, pokud jsou vystaveny buď přerušovaně, nebo nepřetržitě teplotám vyšším než 38 °C (100 °F) po dlouhou dobu. Zdá se, že nízké teploty nemají významný vliv na vlastnosti povrchových úprav (Vick 1999). Pevnostní vlastnosti většiny polymerů jsou citlivé na změny teploty. Zvýšené vibrace a tím i mobilita polymerů při vyšších teplotách způsobují, že polymer je méně odolný vůči aplikovaným silám (Pizzo et al. 2002). Teplota prostředí je významným faktorem, který ovlivňuje chování lakového filmu (Müller & Valášek 2012, Valášek & Müller 2015, Messler 2004). Kritické snížení pevnosti všech laků je obvykle v rozmezí 60 až 100 °C (Messler 2004). Dlouhodobá expozice lepených spojů zvýšené teplotě způsobuje pokles pevnosti (Hu et al. 2013). Působení vody na lak způsobuje plastifikaci a bobtnání (Mubashar et al. 2009, Abdel Wahab et al. 2002, Hand 1991, Bowditch 1996, Moidu et al. 1998, Tu & Spelt 2000, Ameli et al. 2010, Ahmad et al. 2010). Je zřejmé, že je to způsobeno volnými molekulami H₂O difundovanými v laku, a proto jsou související oslabující účinky reverzibilní (Moidu et al. 1998, Mubashar et al. 2009). Naproti tomu vázané molekuly H₂O způsobují poškození, které nemůže být obnoveno po vysušení (Datla et al. 2011). Typickými mechanismy je hydrolyza a poškození spojení na rozhraní, což způsobuje posun laku (Bowditch 1996).

Tato práce potvrdila vztah mezi pevností lakových filmů a vlastnostmi povrchových úprav. Díky tomu lze podle pevnosti lakového filmu předpokládat, jaké vlastnosti bude mít

samotná povrchová úprava. Testovaním volných lakových filmů tedy lze v některých případech nahradit zkoušení samotných povrchových úprav na vzorcích. Zkoušení lakových filmů je tedy výhodné i z finančního hlediska, jelikož šetří čas i materiál potřebný pro výrobu vzorků. Vzorky s povrchovou úpravou se poté mohou využívat jen pro náročnější zkoušky nebo konečné potvrzení vlastností na podkladu. Volné lakové filmy se mohou testovat i v různých klimatických podmínkách. Avšak ne všechny nátěrové hmoty jsou k tomu vhodné. V rámci této práce měla být testována i transparentní akrylátová disperze základová, avšak lak byl po vytvrzení natolik křehký, že s ním nebylo možné dále pracovat na zkušebním trhacím stroji. Tuto metodu tedy nelze použít pro všechny druhy nátěrových hmot, ale laky, které tuto možnost mají lze jednoduše otestovat a zjistit tak jejich přenesené vlastnosti.

PODĚKOVÁNÍ:

Příspěvek byl podpořen prostředky Projektu LDF_VP_2018003 Interní grantové agentury LDF MENDELU (Supported by the Internal Grant Agency of the Faculty of Forestry and Wood Technology Mendel University Brno).

LITERATURA:

ABDEL WAHAB MM, CROCOMBE AD, BEEVERS A, EBTEHAJ K. 2002. Coupled stress-diffusion analysis for durability study in adhesively bonded joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 22: 61–73.

AHMAD Z, ANSELL MP, SMEDLEY D. 2010. Effect of nano- and micro-particle additions on moisture absorption in thixotropic room temperature cure epoxy-based adhesives for bonded-in timber connections. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 30: 448–455.

AMELI A, PAPINI M, SPELT JK. 2010. Fracture R-curve of a toughened epoxy adhesive as a function of irreversible degradation. *Materials Science and Engineering A* 527: 5105–5114.

BĚHÁLEK, L. Polymery. 2015. Střední odborné učiliště Svitavy, Publi. ISBN 978-80-88058-68-7.

BOWDITCH MR. 1996. The durability of adhesive joints in the presence of water. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 16: 73–79.

DATLA NV, ULICNY J, CARLSON B, PAPINI M, SPELT JK. 2011. Mixed-mode fatigue behavior of degraded toughened epoxy adhesive joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 31: 88–96.

HAND HM, ARAH CO, MCNAMARA DK, MECKLENBURG MF. 1991. Effects of environmental exposure on adhesively bonded joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 11: 15–23.

HU, P., HAN, X. LI, W.D., LI, L. & SHAO, Q. 2013. Research on the static strength performance of adhesive single lap joints subjected to extreme temperature environment for automotive industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 41: 119–126.

MESSLER, R.W. 2004. *Joining of materials and structures from pragmatic process to enabling technology*. Burlington: Elsevier, 790 pp.

MOIDU AK, SINCLAIR AN, SPELT JK. 1998. Adhesive joint durability assessed using open-faced peel specimens. *Journal of Adhesion* 65: 239–257.

MUBASHAR A, ASHCROFT IA, CRITCHLOW GW, CROCOMBE AD. 2009. Moisture absorption-desorption effects in adhesive joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 29: 75–60.

MÜLLER, M. & VALÁŠEK, P. 2012. Abrasive wear effect on Polyethylene, Polyamide 6 and polymeric particle composites. *Manufacturing Technology* 12(12): 55–59.

PIZZO, B., RIZZO, G., LAVISCI, P. MEGNA, B., BENI, S. 2002. Comparison of thermal expansion of wood and epoxy adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 60: 285-290.

TU Y, SPELT JK. 2000. Blistering as a form of degradation in adhesive joints. *Journal of Adhesion* 72: 359–372.

VALÁŠEK, P. & MÜLLER, M. 2015. Properties of adhesives used for connecting in automotive industry. *Manufacturing Technology* 15(2): 232–237.

VICK CB. 1999. Wood handbook. Madison (WI): U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 9.

Normy

ČSN EN ISO 4624: Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti, 2016.

ČSN EN 438-2: Vysokotlaké dekorativní lamináty (HPL) – Desky na bázi reaktoplastů (obvykle nazývané lamináty) – Část 2: Stanovení vlastností, 2016

ČSN EN ISO 2409: Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška, 2013

ČSN EN ISO 1518-1: Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti proti vrypu – Část 1: Zkouška při konstantním zatížení, 2011

ČSN EN ISO 1522: Nátěrové hmoty – Zkouška tvrdosti nátěru tlumením kyvadla, 2007.

ČSN EN ISO 527-3: Plasty – Stanovení tahových vlastností – Část 3 Zkušební podmínky pro fólie a desky, 1997.

Adresa autorů

Ing. Jiří Stádník, Bc. Michaela Večeřová, a doc. Ing. Daniela Tesařová, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno- Černá Pole, Česká republika, stadnik.jirka@gmail.com, xvecero4@node.mendelu.cz, tesar@mendelu.cz, tel.: +420 545 13 45 16

KVALITA POVRCHOVEJ ÚPRAVY NÁBYTKOVÝCH DVIEROK

Gabriela Slabejová, Mária Šmidriaková, Ivan Vozaf

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstract:

Quality of Surface Finish on Furniture Doors. The paper deals with the assessment of the quality of furniture door surface. The properties were tested on the following types of the surface finish on MDF doors: PVC foil (glossy and matt), acrylic foil, and polyurethane pigmented coating material. The following physical and mechanical properties of the surfaces were assessed: the film hardness, the impact resistance, the resistance against scuffing and the resistance to cold liquids. The polyurethane surface finish and the glossy PVC foil achieved the same film hardness. The impact resistance of the polyurethane finish was significantly lower than the impact resistance of the PVC foils and the acrylic foil. The resistance against scuffing was lower for the polyurethane finish if compared to the foiled surfaces. The resistance of polyurethane pigmented coating to cold liquids is as good as resistance of PVC and acrylic foiled surfaces.

Key words: polyurethane pigmented surface finish, PVC foil, acrylic foil, film hardness, impact resistance, resistance against scuffing, cold liquids

ÚVOD

Na výrobu dvierok skriňového nábytku sa najčastejšie používajú DTD a MDF dosky surové alebo dyhované. Surové MDF dosky sa môžu povrchovo upraviť fóliami, alebo pigmentovanými náterovými látkami. Obidva typy povrchovej úpravy prekrývajú podklad a dodávajú farebný dekoratívny vzhľad výrobku. Zároveň povrchové úpravy musia spĺňať požadovanú kvalitu. Pavlič a kol. (2004) poukázali na základný prístup k hodnoteniu kvality povrchovej úpravy. Kvalita sa hodnotí na základe stanovenia vlastností povrchovej úpravy. Hodnotia sa vzhľadové, fyzikálno-mechanické a chemicko-odolnostné vlastnosti.

Na zvýšenie ochrany dreva a zlepšenie vlastností povlakov (napr. lesku, tvrdosti, odolnosti proti oderu, úderu a tekutinám) sa rôzne upravujú náterové látky, fólie a rovnako aj drevný podkladový materiál (Lee a kol., 2003, Kaygin, Akgun, 2009, Tesařová a kol., 2010, Kumar a kol., 2015, Weththimuni a kol., 2016, Cataldi a kol., 2017, Miklečić a kol., 2017, Salca a kol., 2017, Yong a kol., 2017).

Pigmentovaná povrchová úprava ako aj fólie sa vyrábajú v rôznych farbách a lesku. Lesk je hlavne daný chemickým zložením náterovej látky. Saeed, Shabir (2013) sa zaoberali syntézou polyuretánových a polyakrylových živíc, ktoré sa používajú vo vodou riediteľných náterových látkach. Lee a kol. (2003) skúmali nízky lesk práškových povlakov, ktoré sú vytvrdzované pri nižších teplotách.

Scrinzi a kol. (2011) a Matyašovský a kol. (2014) sa zaoberali vplyvom modifikácie náterových látok na lesk a farbu náterových filmov. Modifikácia náterovej látky neovplyvní len farbu a lesk, ale aj fyzikálno-mechanické a chemicko-odolnostné vlastnosti náterových filmov.

Predložená práca sa zaoberá kvalitou povrchovej úpravy nábytkových dvierok na základe vyhodnotenia povrchovej tvrdosti, odolnosti proti nárazu, oderu a studeným kvapalinám.

Metodika práce

Skúšobné telesá boli vyhotovené z nábytkových dvierok z MDF dosky, ktoré dodala firma Svet dvierok (divízia firmy NIVA Expo s.r.o.). MDF doska o hrúbke 18 mm bola upravená nasledovnými povrchovými úpravami:

- lesklá PVC fólia (PVC - lesk) hrúbky 0,4 mm – biela,
- matná PVC fólia (PVC - mat) hrúbky 0,4 mm – orech,
- akrylátová fólia (AKRYLÁT) hrúbky 0,7 mm – biela,
- polyuretánová pigmentovaná povrchová úprava (PUR) hrúbky 0,1 mm – biela.

Z nábytkových dvierok boli pripravené nasledovné skúšobné telesá:

- 300 × 300 × 18 mm (hodnotenie tvrdosti povlaku, odolnosti proti nárazu a studeným kvapalinám),
- 100 × 100 × 18 mm (hodnotenie odolnosti proti oderu).

Tvrdosť náterového filmu a fólií bola určená ceruzkou podľa normy STN EN ISO 15184 (2012) Náterové látky. Stanovenie tvrdosti filmu skúškou s ceruzkou. Výsledky testu boli vyhodnotené podľa tabuľky 1. Uvádza sa stupeň povrchovej tvrdosti náterového filmu podľa ceruzky, ktorá ako prvá poškrabala povrch. Test začína najmenšou ceruzkou – číslo 1.

Tabuľka 1 Stupnica povrchovej tvrdosti náterového filmu

Číslo ceruzky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tvrdosť ceruzky	3B	2B	B	HB	F	H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H

Hodnotenie odolnosti povrchových úprav proti nárazu sa stanovilo podľa STN EN ISO 6272-2 (2011) Náterové látky. Skúšky rýchlej deformácie (odolnosť proti nárazu). Časť 2: Skúška padajúcim závažím, maloplošné vtláčacie teliesko. Meraný bol priemer otláčku a vizuálne bolo hodnotené poškodenie povrchovej úpravy podľa tab. 2.

Tabuľka 2 Stupne a vizuálne hodnotenie odolnosti proti nárazu

Stupeň	Vizuálne hodnotenie
1	Bez viditeľných zmien
2	Bez trhlín na povrchu a stopa po údere je len nepatrne viditeľná
3	Ľahké trhliny na povrchu, zvyčajne jedna až dve kruhové praskliny okolo miesta úderu
4	Veľké praskliny v mieste úderu
5	Trhliny sú aj mimo miesta úderu, odpraskávanie náteru

Hodnotenie odolnosti povrchových úprav proti oderu sa stanovilo podľa STN EN ISO 7784-3 (2016) Náterové látky. Stanovenie odolnosti proti oderu. Časť 3: Striedavá panelová skúšobná metóda s kotúčom pokrytým brúsnyim papierom. Stanovil sa koeficient odolnosti proti oderu K_T podľa vzorca 1.

$$K_T = (m_1 - m_2)/F \quad (1)$$

Kde: m_1 je hmotnosť telesa pred brúsením v g,

m_2 je hmotnosť telesa po brúsení v g,

F je opravný koeficient používanej dvojice brúsnych papierov ($F = 1,052$).

Odolnosť povrchu proti pôsobeniu studených kvapalín sa stanovovala podľa metodiky, ktorá je uvedená v norme STN EN 12720 Nábytok. Hodnotenie odolnosti povrchu proti pôsobeniu studených kvapalín. Boli vybrané nasledovné studené kvapaliny, ktoré sú uvedené v tab. 3. Povrchy po pôsobení studených kvapalín sa vyhodnocovali vizuálne podľa tab. 4.

Tabuľka 3 Studené kvapaliny

Poradové číslo	Použité studené kvapaliny	Dĺžka trvania testu (hodina)
1.	kyselina octová 10 % vodný roztok	6
2.	kyselina citrónová 10 % vodný roztok	6
3.	etanol nedenaturovaný 48 % vodný roztok	6
4.	červené víno	6
5.	káva	6
6.	zelený čaj	6
7.	čierny čaj	6
8.	ovocný čaj	6
9.	mlieko	6
10.	čistiaci prostriedok SAVO	6

Tabuľka 4 Stupeň a vizuálne hodnotenie odolnosti proti pôsobeniu studených kvapalín

Stupeň	Popis
5	Žiadne viditeľné zmeny (bez poškodenia)
4	Nepatrné zmeny lesku viditeľné len v odraze zdroju svetla
3	Nepatrné stopy poškodenia (lesku) viditeľné z rôznych smerov
2	Silné stopy poškodenia väčšinou bez zmeny štruktúry laku
1	Silné poškodenie so zmenou štruktúry laku

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Povrchová tvrdosť, odolnosť proti nárazu a oderu nábytkových dvierok je zobrazená v tabuľke 5. Z výsledkov vidíme, že polyuretánová povrchová úprava (PUR) má rovnakú povrchovú tvrdosť náterového filmu, ako je povrchová tvrdosť PVC lesklej fólie (9). PVC matná a akrylátová fólia majú väčšiu povrchovú tvrdosť. Polyuretánová povrchová úprava má menšiu odolnosť proti úderu v porovnaní s fóliami (tab. 5). Pri pádovej výške 400 mm dosahovali fólie stupeň poškodenia 2, ale polyuretánová povrchová úprava dosiahla až stupeň 4. Polyuretánová povrchová úprava je krehká v porovnaní s fóliami. Pri väčších pádových výškach (400 mm) v nej vznikajú trhliny viditeľné voľným okom. Vznik trhlín v silikónových náteroch pri väčších pádových výškach uvádzajú Slabejová a kol. (2018). Menšiu odolnosť proti nárazu polyuretánovej povrchovej úpravy na bukovom dreve v porovnaní s voskovo-olejovou uvádza Slabejová (2012).

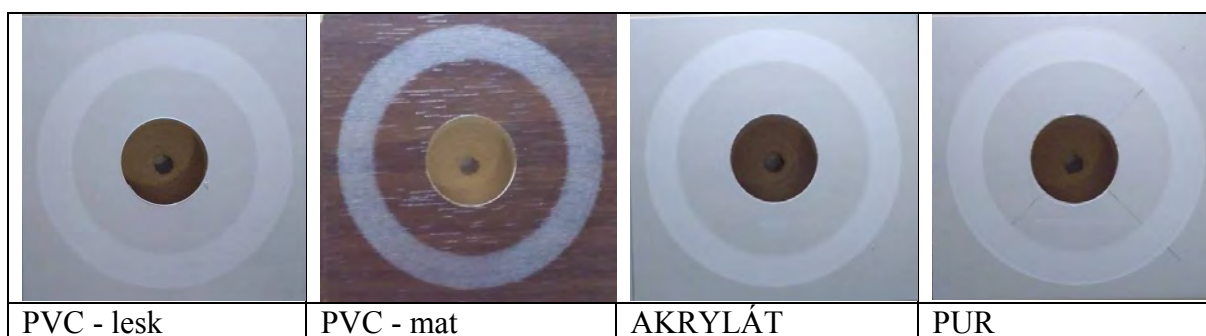
Tabuľka 5 Tvrdosť, odolnosť proti nárazu a oderu povrchových úprav

Povrchové úpravy	Tvrdosť povrchovej úpravy	Odolnosť proti nárazu – vizuálne hodnotenie						Odolnosť proti oderu
		Pádová výška (mm)						
		10	25	50	100	200	400	Koficient odolnosti proti oderu K_T
PVC - lesk	9	1	2	2	2	2	2	0
PVC - mat	> 13	1	1	1	1	2	2	0,032
AKRYLÁT	13	1	2	2	2	2	2	0,014
PUR	9	1	2	2	2	3	4	0,073

Najmenšiu odolnosť proti oderu má PUR povrchová úprava. Najlepšiu odolnosť proti oderu má PVC lesklá fólia.

Z obr. 1 vidíme, že poškodenie povrchu po odieraní je viditeľné na všetkých povrchových úpravách. Z pohľadu úbytku hmotnosti povrchová úprava PVC - lesk dosiahla $K_T = 0$, ale z vizuálneho pohľadu bol povrch rovnako poškodený ako na ostatných povrchových úpravách.

Odolnosť povrchovej úpravy vytvorenej náterovými látkami (proti oderu, nárazu, ako aj povrchovú tvrdosť) zabezpečujú jednotlivé zložky náterovej látky, ale aj adhézia medzi nátermi (Kalendová, Kalenda, 2004). Na fóliovaných nábytkových dvierkach sú vlastnosti povrchovej úpravy dané hlavne kvalitou fólie.



Obrázok 1 Vizuálne poškodenie povrchových úprav po odieraní.

Odolnosť hodnotených povrchových úprav proti pôsobeniu studených kvapalín je uvedená v tab. 6. Všetky povrchové úpravy majú výbornú odolnosť proti pôsobeniu studených kvapalín. Jediný negatívny vplyv, a to nepatrné zmeny lesku viditeľné len v odraze zdroju svetla, bol pozorovaný na lesklej PVC povrchovej úprave po pôsobení 48 % vodného roztoku etanolu nedenaturovaného.

Tabuľka 6 Odolnosť povrchových úprav proti pôsobeniu studených kvapalín.

Povrchové úpravy	10% kyselina octová	10% kyselina citrónová	48% etanol	červené víno	káva	zelený čaj	čierny čaj	ovocný čaj	mlieko	čistiaci prostriedok SAVO
PVC - lesk	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
PVC - mat	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AKRYLÁT	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PUR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Kaygin, Akgun (2009), Pavlič a kol. (2004) uvádzajú, že UV-akrylátová a UV-polyesterová povrchová úprava dosahujú najvyšší stupeň (5) odolnosti proti studeným kvapalinám. Povrchové úpravy vytvorené polyesterom, polyuretánom, nitrocelulózu a vodou riediteľnou náterovou látkou dosahujú stupeň 3 alebo viac. My sme v experimente hodnotili polyuretánový náterový film a povrchové úpravy vytvorené fóliami: PVC a akrylátovou. Všetky povrchové úpravy dosiahli najvyšší stupeň odolnosti proti studeným kvapalinám. Nepatrná zmena povrchu bola zaznamenaná len na lesklej PVC fólii.

Dobrá odolnosť proti studeným kvapalinám povrchových úprav vytvorených vodou riediteľnými náterovými látkami bola publikovaná aj v Tesařovou a kol. (2010). Odolnosť proti

studeným kvapalinám sa so zvyšujúcou kvalitou náterových látok zväčšuje a je porovnateľná s odolnosťou fóliovaných povrchov, čo dokazujú aj naše experimentálne výsledky.

ZÁVER

Na základe výsledkov môžeme vyvodit' nasledovné závery:

- Polyuretánová pigmentovaná povrchová úprava nábytkových dvierok z MDF dosky dosahuje tvrdosť náterového filmu rovnakú, ako je tvrdosť povrchu s lesklou PVC fóliou. Povrchová tvrdosť nábytkových dvierok s matnou PVC fóliou a akrylátovou fóliou je väčšia.
- Polyuretánová povrchová úprava má menšiu odolnosť proti nárazu pri pádových výškach 200 mm a 400 mm, ako povrchová úprava vytvorená PVC fóliami a akrylátovou fóliou.
- Polyuretánová povrchová úprava má menšiu odolnosť proti oderu, ako povrchová úprava PVC fóliami a akrylátovou fóliou.
- Odolnosť polyuretánovej povrchovej úpravy nábytkových dvierok proti studeným kvapalinám je rovnako dobrá, ako odolnosť nábytkových dvierok s matnou PVC fóliou a akrylátovou fóliou.
- Malú zmenu lesku spôsobuje etanol na povrchovej úprave vytvorenej lesklou PVC fóliou.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Slovenská agentúra pre výskum a vývoj na základe grantu VEGA č. 1/0626/16

LITERATÚRA:

CATALDI, A., CORCIONE, C.E., FRIGIONE, M., AND PEGORETTI, A. (2017). "Photocurable resin/nanocellulose composite coatings for wood protection," *Progress in Organic Coatings* 106, 128-136, DOI: 10.1016/j.porgcoat.2017.01.019

KALEDOVÁ, A., KALENDA, P. 2004. *Technologie nátěrových hmot I. Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot.* Univerzita Pardubice 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5

KAYGIN, B., AND AKGUN, E. (2009). "A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces," *Scientific Research and Essays* 4(1), 1-7. ISSN 1992-2248

KUMAR, A., PETRIČ, M., KRIČEJ, B., ŽIGON, J., TYWONIAK, J., HAJEK, P., ŠKAPIN, A.S., AND PAVLIČ, M. (2015). "Liquefied-wood-based polyurethane-nanosilica hybrid coatings and hydrophobization by self-assembled monolayers of orthotrichlorosilane (OTS)," *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* [online] 3(10), 2533-2541. DOI: 10.1021/acssuschemeng.5b00723

LEE, S. S., KOO, J. H., LEE, S. S., CHAI, S. G., LIM, J. CH. 2003. Gloss reduction in low temperature curable hybrid powder coatings. *Progress in Organic Coatings* [online], 2003, 46(4): 266–272. Dostupné na internete: <http://thirdworld.nl/gloss-reduction-in-low-temperature-curable-hybrid-powder-coatings>.

MIKLEČIČ, J., TURKULIN, H., JIROUŠ-RAJKOVIČ, V. 2017. Weathering performance of surface of thermally modified wood finished with nanoparticles-modified waterborne polyacrylate coatings. *Applied Surface Science*, 408: 103–109.

MATYAŠOVSKÝ, J., SEDLIAČIK, J., MATYAŠOVSKÝ, J. JR, JURKOVIČ, P., DUCHOVIČ, P. 2014. Collagen and keratin colloid systems with a multifunctional effect for cosmetic and technical applications. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 2014, 109 (9): 284–295.

PAVLIČ, M., KRIČEJ, B., TOMAŽIČ, M., AND PETRIČ, M. (2004). "Selection of proper methods for evaluation of finished interior surface quality," Copenhagen: COST E-18, Online: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/coste18/abstractpavlic.doc>

SAEED, A., SHABIR, G. 2013. Synthesis of thermally stable high gloss water dispersible polyurethane/polyacrylate resins. In *Progress in Organic Coatings* [online], 2013, 76(9): 1135–1143.

SALCA, E. A., KRYSOFIAK, T., LIS, B. 2017. Evaluation of Selected Properties of Alder Wood as Functions of Sanding and Coating. In *COATINGS*. ISSN 2079-6412. 2017, vol. 7, no. 10, art. no. 176., WOS

SLABEJOVÁ, G. (2012). "Vplyv vybraných faktorov na stabilitu systému drevo – tuhý náterový film," *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen* 54(2), 57-65.

SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M., PÁNIS, D. 2018. Quality of silicone coating on the veneer surfaces. In *BioResources*. 2018, (13)1, 776-788. URL: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu>

SCRINZI, E., ROSSI, S., DEFLORIAN, F., ZANELLA, C. 2011. Evaluation of aesthetic durability of waterborne polyurethane coatings applied on wood for interior applications. In *Progress in Organic Coatings* [online], 2011, 72(1–2): 81–87.

TESAŘOVÁ, D., CHLADIL, J., ČECH, P., TOBIÁŠOVÁ, K. 2010. *Ekologické povrchové úpravy*. Monografia. Brno. 2010. 126 p.

WETHTHIMUNI, M. L., CAPSONI, D., MALAGODI, M., MILANESE, C., AND LICCHELLI, M. (2016). "Shellac/nanoparticles dispersions as protective materials for wood," *Applied Physics a-Materials Science & Processing* 122(12), 1058. DOI: 10.1007/s00339-016-0577-7.

YONG, Q.W., NIAN, F.W., LIAO, B., GUO, Y., HUANG, L.P., WANG, L., AND PANG, H. (2017). "Synthesis and surface analysis of self-matte coating based on waterborne polyurethane resin and study on the matte mechanism," *Polymer Bulletin* 74(4), 1061-1076. DOI: 10.1007/s00289-016-1763-7

STN EN ISO 15184 (2012) Náterové látky. Stanovenie tvrdosti filmu skúškou s ceruzkou.

STN EN ISO 6272-2 (2011) Náterové látky. Skúšky rýchlej deformácie (odolnosť proti nárazu). Časť 2: Skúška padajúcim závažím, maloplošné vtláčacie teliesko.

STN EN ISO 7784-3 (2016) Náterové látky. Stanovenie odolnosti proti oderu. Časť 3: Striedavá panelová skúšobná metóda s kotúčom pokrytým brúsnyim papierom.

STN EN 12720 Nábytok. Hodnotenie odolnosti povrchu proti pôsobeniu studených kvapalín.

Adresy autorov:

Ing. Gabriela Slabejová, PhD., Ing. Mária Šmidriaková, PhD, a Ivan Vozaf, Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, slabejova@tuzvo.sk, smidriakova@tuzvo.sk

PÔSOBENIE STUDENÝCH KVAPALÍN NA POVRCHOVO UPRAVENÉ TERMODREVO

Zuzana Vidholdová¹, Gabriela Slabejová²

¹ Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva

² Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov

Abstract:

Effect of cold liquids on surface treatment thermowood. In the present study, natural oils and waxes commonly used for wooden furniture and parquet surfaces were applied on beech and oak thermowood as surface treatment order to improve its surface resistance to cold liquids. Surface resistance to cold liquids were determined according to the EN 12720 standards, respectively. The results of this study demonstrated that type of coating material and the kind of thermowood had influence the resistance their surface to cold liquids. The best resistance was show the system linseed oil + hard wax. Among 9-cold chemical tested in this study, the most damaging effect was caused by condensed milk and disinfectant. Heat treatment of wood slightly increases the surface resistance without the surface treatment against cold liquids, and colour changes are not particularly noticeable due to the darker colour of the surface of the thermowood.

Key words: cold liquids resistance, beech, oak, thermowood, oil, wax

ÚVOD

Drevo ako historicky dôležitý konštrukčný materiál pre nábytok sa vyznačuje prirodzenou krásou, dobrou opracovateľnosťou, je trvanlivé, je pevné a súčasne ľahké a je dobrým izolátorom, čo znamená, že je príjemný na dotyk bez ohľadu na teplotu okolitého vzduchu. Tento materiál sa vyznačuje vysokou druhovou pestrosťou s viac ako 60 000 listnatými a s 500 ihličnatými drevinami. Každý druh dreva má svoj vlastný jedinečný súbor estetických ako aj špecifických vlastností. Predovšetkým vzhľadové vlastnosti povrchu dreva ako je farba, štruktúra a orientácia drevných vlákien dávajú nábytku jedinečnú prírodnú krásu. Pre vonkajší nábytok, kde je drevo vystavené dlhodobej zmäčkanlivosti vodou ako aj účinku iných foriem vody a drevoznehodnocujúcich činiteľov, je dôležité, aby drevo malo dostatočnú trvanlivosť a odolnosť voči poveternosti. Práve z tohto dôvodu je tvrdé drevo ako dub, teak a karri využívané na výrobu nábytku umiestneného v exteriéri (Vidholdová a kol. 2017). Vysoká miera používania niektorých druhov hlavne exotických drevín v minulosti viedla k tomu, že niektoré z nich už nie sú komerčne dostupné. To viedlo k hľadaniu alternatívnych foriem zhodnotenia netrvanlivých a málo trvanlivých drevín formou rôznych modifikačných postupov. V súčasnosti je trend používať v exteriéri aj interiéri chemicky ako aj tepelne modifikované drevo. Pri modifikačnej úprave sa drevo neupravuje toxickým biocídom resp. chemikáliou za účelom zvýšenia jeho trvanlivosti resp. iných špecifických vlastností, čo je veľmi dôležité hlavne z ekologického pohľadu. Presadzovanie ekologických aspektov prinieslo zmeny aj v oblasti povrchových úprav nábytku, kde sa stále viac prejavuje tlak na dokončovanie dreveného nábytku náterovými systémami na báze prírodných produktov, ako sú prírodné živice, vosky, oleje a iné.

Tepelne upravené drevo (termodrevo) má v porovnaní s rastlým drevom zmenenú väčšinu fyzikálnych a mechanických vlastností (Reinprecht – Vidholdová 2011, Sandberg a kol. 2017), ale mení sa aj jeho chemické zloženie (Kačíková – Kačík 2011), povrchová energia a farba povrchu (Poncsak a kol. 2011). Tepelne upravené drevo má lepšiu rozmerovú

stabilitu ako rastlé drevo (Aytin a kol. 2015, Andor – Lagaňa 2018). Rozmerová stabilita termodreva dreva znižuje náchylnosť náterov na ich odlupovanie. V dôsledku migrácie tukov, živíc a iných nepolárnych alebo menej polárnych látok obsiahnutých v dreve ako aj v dôsledku odbúrania hydroxylových skupín v polysacharidoch dreva sa povrch dreva stáva hydrofóbnejší (Hakkou a kol. 2005). Pri tepelne upravených ihličnatých drevinách s obsahom živice ako je napr. borovica, nedochádza počas expozície k nenarušeniu náteru vytekajúcou živicom. Živica sa pri ich úprave vysokými teplotami rozlieva (impregnuje) zo živičných kanálikov do okolitých častí dreva a nevystupuje na povrch.

Náterové látky na báze oleja dobre zmáčajú povrch termodreva. Naopak pri nanášaní vodouriediteľných náterových látok sa v dôsledku nižšej absorpcie vody povrchom predlžuje čas ich schnutia a penetrácia.

Vyššie uvedené vlastnosti významne ovplyvňujú interakcie medzi povrchom termodreva a náterovými látkami, ako aj odolnostné vlastnosti povrchovej úpravy. Medzi chemicko – odolnostné vlastnosti patrí odolnosť proti studeným kvapalinám. Slabejová a kol. (2018) hodnotili povrchovú odolnosť proti studeným kvapalinám na dyhách modifikovaných silikónovými živcami a Slabejová a Šmidriaková (2018) na pigmentovaných povrchových úpravách do interiéru. Nejad a kol. 2013 hodnotili odolnosť povrchu upravenom vodouriediteľnými náterovými látkami proti pôsobeniu kvapalín bežne používaných v domácnosti na olejovo-termicky upravenom dreve.

Náterové látky na báze prírodných a syntetických olejov a voskov, resp. v ich spojení s vodnými disperziami patria ku skupine „green coatings“, čiže ekologických náterových látok, ktoré však majú limitujúce kvalitatívne charakteristiky (nízka tvrdosť, problematická svetelná stálosť, nízke odolnostné vlastnosti voči kvapalinám – čistiacim prostriedkom, potravinám, chemikáliám). Sú málo odolné pri aplikácii na povrch namáhaných výrobkov z dreva (plochy nábytku – pracovné plochy stolov) a na podlahoviny z dreva. Cenové relácie týchto náterových látok sú rôzne, vzhľadom na chemické zloženie filmotvorných zložiek. Najdrahšími olejovo-voskovými náterovými látkami sú s obsahom čisto prírodných produktov ako sú rastlinné oleje, včelie vosky, karnaubový vosk a iné (Ružinská 2018).

Predložená práca sa zaoberá hodnotením odolnosti proti studeným kvapalinám olejovo – voskových povrchových úprav na termodreve.

Metodika práce

V experimente bolo použité termicky upravené a termicky neupravené bukové a dubové drevo. Skúšobné telesá boli pripravené z nasledovných súborov:

1. buk bez termickej úpravy (BK) – radiálna doska,
2. buk s termickou úpravou 175°C/4h (BK – T (175°C/4h) – radiálna doska,
3. dub bez termickej úpravy (DB) – radiálna a tangenciálna doska,
4. dub s termickou úpravou 175°C/4h (DB – T (175°C/4h) – rad. a tangenciálna doska,
5. dub s termickou úpravou 195°C/4h (DB – T (195°C/4h) – rad. a tangenciálna doska.

Drevo dodala firma TECHNI – PAL z Polkanovej. Skúšobné telesá boli vyhotovené o rozmeroch 1000 × 100 × 20 mm. Skúšobné telesá boli povrchovo opracované brúsením s brúsnyimi papiermi so zrnitosťou P60 a P80. Na povrchovú úpravu boli použité nasledovné náterové látky:

- **Ľanová fermež** (firma Novochema) – používa sa ako základný náter na drevo a iné savé podklady a pod ďalšie nátery prevedené olejovými alebo syntetickými náterovými látkami.

- **tvrdý voskový olej** (firma Renojava s.r.o) – skladá sa zo zmesi tvrdého voskového oleja, sikatív a alifatického rozpúšťadla. Používa sa na ošetrovanie všetkých druhov parkiet a nábytku v interiéri s normálnym aj vysokým zaťažením.
- **tvrdý vosk** (Hartwachs, firma Adler) – tvrdý vosk neobsahujúci rozpúšťadlá, je na báze prírodných olejov a vosku. Obsahuje ľanový olej, včelí vosk, karnaubový vosk a kobaltovo-zirkonové sušidlo.

Boli vyhotovené nasledovné povrchové úpravy:

1. **Ľanová fermež** – 1 náter,
2. **Ľanová fermež** – 1 náter + **tvrdý voskový olej** – 2 nátery,
3. **tvrdý vosk** – 1 náter.

Povrchové úpravy boli vyhotovené podľa odporúčaní v technických listoch na všetkých súboroch skúšobných telies s nánosmi uvedenými v tab. 1.

Tabuľka 1 Nános náterových látok

Drevina	Plocha	Nános náterových látok (g.m ⁻²)			
		Ľanová fermež	Tvrdý voskový olej		Tvrdý vosk
			1. náter	2. náter	
Buk	radiálna	26,18	28,31	60,25	21,51
Buk – T (175°C/4h)	radiálna	29,65	30,77	68,33	22,63
Dub	radiálna	20,80	25,17	65,21	32,36
	tangenciálna	28,47	12,56	99,24	20,59
Dub – T (175°C/4h)	Radiálna	30,27	23,60	69,28	32,94
	tangenciálna	28,44	33,99	73,69	28,01
Dub – T (195°C/4h)	radiálna	30,41	31,90	71,77	31,98
	tangenciálna	31,10	33,98	75,36	23,87

Na povrchových úpravách bola hodnotená odolnosť povrchu proti pôsobeniu studených kvapalín podľa STN EN 12720:2009-08. Boli vybrané nasledovné kvapaliny, ktoré sú uvedené v tab. 2.

Tabuľka 2 Studené kvapaliny podľa STN EN 12720:2009-08

Číslo	Testovacie kvapaliny	Charakteristika
1	Kyselina octová	10 % (m/m) vodný roztok
2	Kyselina citrónová	10 % (m/m) vodný roztok
3	Etanol nenedenaturovaný	96 % (V/V)
4	Kondenzované mlieko	10 % obsahu tuku
5	Káva	4 g instantnej kávy, stredne praženej, vysušenej mrazom, rozpustenej v 100 ml vriacej vody
6	Víno	Víno z čiernych ríbezli
7	Čierny čaj	1,75 g čajových lístkov sa preleje 175 ml vriacej vody; čaj sa nechá 5 min bez miešania vylúhovať a potom sa opatrne zleje
8	Zelený čaj	1,75 g čajových lístkov sa preleje 175 ml vriacej vody; čaj sa nechá 5 min bez miešania vylúhovať a potom sa opatrne zleje
9	Dezinfekčný prostriedok	chlóramin T, 2,5 % vodný roztok, p – toluensulfonchlórámídu sodného

Skúšobné plochy sa hodnotili v pozorovacom boxe s priamym svetlom a vyhodnotili sa číslom podľa číselných kódov uvedených v tab. 3. Na buku boli vyhodnocované dve súbežne testované miesta (I, II) a na dube plochy radiálne a tangenciálne (r, t).

Tabuľka 3 Hodnotenie zmeny farby a lesku povrchu po pôsobení studených kvapalín

5	Žiadne viditeľné zmeny (bez poškodenia)
4	Nepatrné zmeny farby a lesku, viditeľné len ak sa svetlo zo zdroja zrkadlí na skúšobnom povrchu na mieste poškodenia alebo blízko neho (alebo na niekoľkých samostatných miestach poškodenia na medzi viditeľnosti) a odráža sa smerom proti oku pozorovateľa
3	Nepatrné miesta poškodenia, viditeľné z rôznych smerov pozorovania, napríklad takmer úplný kruh alebo práve viditeľný kruh
2	Silné stopy poškodenia, štruktúra povrchu je však väčšinou nezmenená
1	Silné stopy poškodenia, štruktúra povrchu je zmenená alebo materiál povrchu je úplne alebo čiastočne odstránený, alebo filtračný papier priľnul na povrch

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky odolnosti povrchových úprav proti pôsobeniu studených kvapalín na buku a dube sú uvedené v tab. 4 a 5. Odolnosť proti konkrétnej kvapaline je vyjadrená číselným kódom podľa tab. 3. Celková odolnosť proti vybraným kvapalinám je vyjadrená priemerom číselných kódov.

Tabuľka 4 Stupne odolnosti proti pôsobeniu studených kvapalín na buku

Testovacia kvapalina		Eanová fermež		Tvrдый voskový olej		Tvrдый vosk		Bez PÚ	
Testované miesta		I	I	II	I	II	I	II	
Buk	Kyselina octová 10%	3	5	5	5	5	4	4	
	Kyselina citrónová 10%	3	5	5	5	5	4	4	
	Etanol denaturovaný 96%	4	5	5	4	4	5	5	
	Kondenzované mlieko 10%	1	5	5	1	1	1	1	
	Káva	2	3	4	3	3	1	1	
	Ríbezľové víno	2	5	5	5	5	1	1	
	Čierny čaj	4	5	5	5	5	4	4	
	Zelený čaj	3	5	5	5	5	4	4	
	Dezinfekčný prostriedok	1	5	5	1	1	1	1	
	Priemer	2,56	4,78	4,89	3,78	3,78	2,78	2,78	
Buk – T (175°C/4h)	Kyselina octová 10%	5	5	5	2	4	5	4	
	Kyselina citrónová 10%	4	5	5	2	3	5	5	
	Etanol denaturovaný 96%	4	4	4	2	3	5	5	
	Kondenzované mlieko 10%	1	1	1	3	4	1	1	
	Káva	3	5	5	4	4	3	4	
	Ríbezľové víno	3	5	5	4	3	2	2	
	Čierny čaj	5	5	5	3	3	4	5	
	Zelený čaj	3	5	5	3	3	4	4	
	Dezinfekčný prostriedok	1	4	5	1	1	1	1	
	Priemer	3,22	4,33	4,44	2,67	3,11	3,33	3,44	

Poznámka: I – testovaná plocha 1, II – testovaná plocha 2.

Tabuľka 5 Stupne odolnosti proti pôsobeniu studených kvapalín na dube

Testovacia kvapalina		Ľanová fermež		Tvrдый voskový olej		Tvrдый vosk		Bez PÚ	
		r	t	r	t	r	t	r	t
Testovaná plocha									
Dub	Kyselina octová 10%	4	4	5	5	5	3	5	5
	Kyselina citrónová 10%	4	3	5	5	4	3	4	4
	Etanol denaturovaný 96%	5	5	5	5	4	3	5	5
	Kondenzované mlieko 10%	1	1	1	1	1	1	1	1
	Káva	2	3	5	5	3	3	1	1
	Ríbežľové víno	2	4	5	5	3	3	1	1
	Čierny čaj	5	5	5	5	4	3	3	3
	Zelený čaj	4	4	5	5	3	3	5	5
	Dezinfekčný prostriedok	1	1	5	5	1	1	1	1
	Priemer	3,11	3,33	4,56	4,56	3,11	2,56	2,89	2,89
Dub – T (175°C/4h)	Kyselina octová 10%	4	4	5	5	2	4	4	5
	Kyselina citrónová 10%	4	4	5	5	3	5	4	4
	Etanol denaturovaný 96%	5	5	5	5	3	5	5	5
	Kondenzované mlieko 10%	1	1	1	1	3	4	1	1
	Káva	5	4	5	5	3	4	2	2
	Ríbežľové víno	5	4	5	5	4	4	3	2
	Čierny čaj	5	3	5	5	5	5	4	4
	Zelený čaj	5	3	5	5	3	5	4	5
	Dezinfekčný prostriedok	1	1	5	5	1	1	1	1
	Priemer	3,89	2,89	4,56	4,56	3,00	4,11	3,11	3,22
DB – T (195°C/4h)	Kyselina octová 10%	5	3	5	5	2	2	5	4
	Kyselina citrónová 10%	4	5	5	5	3	3	5	4
	Etanol denaturovaný 96%	5	5	5	5	3	3	5	5
	Kondenzované mlieko 10%	1	1	1	1	3	3	1	1
	Káva	5	3	4	4	4	3	3	3
	Ríbežľové víno	5	5	5	5	5	3	3	3
	Čierny čaj	5	5	5	5	5	3	4	4
	Zelený čaj	5	5	5	5	4	3	4	5
	Dezinfekčný prostriedok	1	1	5	5	1	1	1	1
	Priemer	4,00	3,67	4,44	4,44	3,33	2,67	3,44	3,33

Poznámka: r – radiálna plocha, t – tangenciálna plocha.

V tab. 6 – 9 sú fotograficky zdokumentované zmeny na povrchových úpravách po pôsobení studených kvapalín.

Tabuľka 6 Povrchová úprava ľanovou fermežou po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám

	Vzhľad povrchu po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Buk									
Buk - T (175°C/4h)									
Dub - r									
Dub - t									
Dub - T-r (175°C/4h)									
Dub - T-t (175°C/4h)									
Dub - T-r (195°C/4h)									
Dub - T-t (195°C/4h)									

Poznámka: 1 – kyselina octová, 2 – kyselina citrónová, 3 – etanol nenedenaturovaný, 4 – kondenzované mlieko, 5 – káva, 6 – víno, 7 – čierny čaj, 8 – zelený čaj, 9 – dezinfekčný prostriedok; r – radiálna plocha, t – tangenciálna plocha.

Povrchová úprava ľanovou fermežou dosiahla najlepšiu odolnosť proti studeným kvapalinám (priemerná hodnota 4,00) na dubovom dreve s termickou úpravou (DB – T 195°C/4h). Najmenšiu odolnosť (priemerná hodnota 2,56) dosiahla na bukovom dreve bez termickej úpravy (BK – bez T).

Ľanová povrchová úprava mala najnižšiu odolnosť proti kondenzovanému mlieku a dezinfekčnému prostriedku. V tab.6 vidíme, že zlá odolnosť proti kondenzovanému mlieku bola preto, lebo filtračný papier nasiaknutý mliekom zostával prilepený na povrchu. Dezinfekčný prostriedok spôsobil zreteľnú zmenu farby na povrchu. Zmena farby (tab. 6) bola pozorovaná voľným okom aj po pôsobení zeleného a čierneho čaju na telesách (DB – T175°C/4h).

Tabuľka 7 Povrchová úprava ľanovou fermežou + tvrdým voskovým olejom po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám

	Vzhľad povrchu po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Buk									
Buk - T (175°C/4h)									
Dub - r									
Dub - t									
Dub - T-r (175°C/4h)									
Dub - T-t (175°C/4h)									
Dub - T-r (195°C/4h)									
Dub - T-t (195°C/4h)									

Poznámka: 1 – kyselina octová, 2 – kyselina citrónová, 3 – etanol nedenaturovaný, 4 – kondenzované mlieko, 5 – káva, 6 – víno, 7 – čierny čaj, 8 – zelený čaj, 9 – dezinfekčný prostriedok; r – radiálna plocha, t – tangenciálna plocha.

Druhá povrchová úprava (ľanová fermež + tvrdý voskový olej) dosiahla najlepšiu odolnosť proti studeným kvapalinám na buku bez termickej úpravy (BK – bez T) s priemernou hodnotou 4,89. Najmenšiu odolnosť (priemerná hodnota 4,33) dosiahla na bukovom dreve s termickou úpravou (BK – T 175°C/4h). Z priemerných hodnôt (tab. 4 a 5) vidíme, že povrchová úprava vytvorená systémom dvoch olejov dosiahla najlepšiu odolnosť. Potvrdzujú to aj fotografie povrchov po pôsobení studených kvapalín (tab. 7).

Tento systém povrchovej úpravy mal tiež najmenšiu odolnosť proti kondenzovanému mlieku. Farebné zmeny na povrchu neboli zaznamenané a zlá odolnosť proti kondenzovanému mlieku bola v dôsledku priľnutia filtračného papiera.

Tabuľka 8 Povrchová úprava tvrdým voskom po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám

	Vzhľad povrchu po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Buk									
Buk - T (175°C/4 h)									
Dub - r									
Dub - t									
Dub - T-r (175°C/4h)									
Dub - T-t (175°C/4h)									
Dub - T-r (195°C/4h)									
Dub - T-t (195°C/4h)									

Poznámka: 1 – kyselina octová, 2 – kyselina citrónová, 3 – etanol nenedenaturovaný, 4 – kondenzované mlieko, 5 – káva, 6 – víno, 7 – čierny čaj, 8 – zelený čaj, 9 – dezinfekčný prostriedok; r – radiálna plocha, t – tangenciálna plocha.

Povrchová úprava vyhotovená tvrdým voskom (Hartwachs) dosiahla najväčšiu odolnosť (priemerná hodnota 4,11) na dubovom dreve s termickou úpravou (DB – T 175°C/4h). Najmenšiu odolnosť (priemerná hodnota 2,56) dosiahla na dubovom dreve bez

termickej úpravy (DB – bez T). Aj v tomto prípade kondenzačné mlieko a dezinfekčný prostriedok najviac poškodili povrch.

Z výsledkov experimentálnej skúšky môžeme konštatovať, že olejové a olejovo – voskové povrchové úpravy majú výrazne menšiu odolnosť proti studeným kvapalinám, ako povrchové úpravy polyuretánové (Slabejová a Šmidriaková, 2018), UV – vytvrdzované (Kaygin, Akgun, 2009, Pavlič a kol. 2004) a vodou riediteľné (Tesařovou a kol., 2010, Nejad a kol. 2013).

Tabuľka 9 Povrchy termodreva bez povrchovej úpravy po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám

	Vzhľad povrchu po skúške odolnosti proti studeným kvapalinám								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Buk - r									
Buk - T-r (175°C/4h)									
Buk - T-t (175°C/4h)									
Dub - r									
Dub - t									
Dub - T-r (175°C/4h)									
Dub - T-t (175°C/4h)									
Dub - T-r (195°C/4h)									
Dub - T-t (195°C/4h)									

Poznámka: 1 – kyselina octová, 2 – kyselina citrónová, 3 – etanol nedenaturovaný, 4 – kondenzované mlieko, 5 – káva, 6 – víno, 7 – čierny čaj, 8 – zelený čaj, 9 – dezinfekčný prostriedok; r – radiálna plocha, t – tangenciálna plocha.

Z fotografií povrchov bukového a dubového dreva bez povrchovej úpravy (tab. 9) vidíme, že odolnosť povrchu dreva a termodreva proti studeným kvapalinám je malá. Kvapaliny bežne používané v domácnosti (kondenzované mlieko, káva, ríbezľové víno, čierny čaj, zelený čaj a dezinfekčný prostriedok) zanechávajú voľným okom viditeľné farebné zmeny na povrchu. Slabejová a kol. (2018) uvádzajú, že ani silikónový povlak na povrchu dyhy nezabezpečí dobrú odolnosť proti studeným kvapalinám a na povrchu zostávajú farebné škvrny ako na dreve bez povlaku.

ZÁVER

Na základe výsledkov môžeme vyvodit' nasledovné závery:

- olejové a olejovo – voskové povrchové úpravy vykazujú najmenšiu odolnosť proti kondenzovanému mlieku a dezinfekčnému prostriedku. Filtračný papier nasýtený mliekom zostáva prilepený na povrchu a dezinfekčný prostriedok zanecháva výraznú zmenu farby;
- najmenšiu odolnosť proti studeným kvapalinám má povrchová úprava ľanovou fermežou;
- najlepšiu odolnosť zo sledovaných povrchových úprav má systém ľanová fermež + tvrdý voskový olej;
- tepelná úprava dreva mierne zvyšuje odolnosť povrchu bez povrchovej úpravy proti studeným kvapalinám a farebné zmeny nie sú viditeľné hlavne v dôsledku tmavšej farby povrchu termodreva.

POĎAKOVANIE

Autori vyjadrujú poďakovanie Agentúre pre podporu výskumu a vývoja SR, projekty APVV-16-0177 a APVV-17-0583 a súčasne Ministerstvu školstva SR, projekty VEGA 1/0822/17 a VEGA 1/0729/18.

LITERATÚRA:

ANDOR, T., LAGAŇA, R. 2018. Selected properties of thermally treated ash wood. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*, 60(1), 51–60.

AYTIN, A., KORKUT, S., ÜNSAL, Ö., ÇAKICIER, N. 2015. The effect of heat treatment with the ThermoWood method on the equilibrium moisture content and dimensional stability of wild cherry wood. *BioResources*, 10(2): 2083–2093.

HAKKOU, M., PÉTRISSANS, M., ZOULALIAN, A., GÉRARDIN, P. 2005. Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. *Polymer degradation and stability*, 89(1), 1–5.

KAČÍKOVÁ, D., KAČÍK, F. 2011. Chemické a mechanické zmeny dreva pri termickej úprave. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 71 s.

KAYGIN, B., AKGUN, E. 2009. A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces, *Scientific Research and Essays*, 4(1): 1–7.

PAVLIČ, M., KRIČEJ, B., TOMAŽIČ, M., PETRIČ, M. 2004. Selection of proper methods for evaluation of finished interior surface quality. Copenhagen: COST E-18, on line: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/coste18/abstractpavlic.doc>.

PONCSAK, S., KOCEAFE, D., YOUNSI, R. 2011. Improvement of the heat treatment of Jack pine (*Pinus banksiana*) using ThermoWood technology. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(2): 281–286.

- REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. 2011. Termodrevo. Šmíraprint. 89 s.
- RUŽINSKÁ, E. 2018. Analýza faktorov podmieňujúcich kvalitu povrchových úprav dreva pre optimalizáciu výrobných procesov finalizácie drevárskych výrobkov. *Mladá Veda*, 6(2): 162–173.
- SANDBERG, D., KUTNAR, A., MANTANIS, G. 2017. Wood modification technologies-a review. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(6): 895–908.
- SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M., PÁNIS, D. 2018. Quality of silicone coating on the veneer surfaces. *BioResources*, (13)1: 776–788.
- SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M. 2018. Quality of pigmented gloss and matte surface finish. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 60(2): 105–113.
- STN EN 12720:2009-08 Nábytok. Hodnotenie odolnosti povrchu proti pôsobeniu studených kvapalín.
- TESAŘOVÁ, D., CHLADIL, J., ČECH, P., TOBIÁŠOVÁ, K. 2010. *Ekologické povrchové úpravy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 126 s.
- VIDHOLDOVÁ, Z., REINPRECHT, L., IŽDINSKÝ, J. 2017. Mikrobiálna odolnosť tropických drevín. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 67 s.

Adresy autorov:

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Ing. Gabriela Slabejová, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, slabejova@tuzvo.sk

THE LEATHERS USED FOR UPHOLSTERY FURNITURE PRODUCTION LIKE SOURCE VOC EMISSIONS

Petr Čech, Jiří Stádník

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení

Abstract:

The leathers used for upholstery furniture production like source voc emissions. This paper investigates the problematic of VOC emissions from coatings materials (nature leathers) used for upholstery furniture production. The main goal of this contribution is comparison of VOC emissions emitted from different types of nature upholstery leathers. This research judged the influence of nature upholstery leathers with different kinds of natural leather tanning (chromed leather and tanned leather). In the first step, samples of natural leather (chrome plated and tanned leather) of 1 m² were prepared for testing, and then placed in a small-space chamber (a volume 1 m³). VOC emissions measurement was determined in small space chamber with pre-defined conditions (temperature was 23 °C and 50 % relative humidity). This methodology is described in the standard ČSN EN ISO 16 000-9. Then we started to collect VOC emission emitted by the tested sample of the different leather samples into the desorption tubes on the sorbent Tenax TA.

In the second step, VOC emissions were analysed by gas chromatograph Agilent GC 6890 N with a mass spectrometer Agilent 5973 Network with cryofocustion, thermal desorption and library of spectra NIS 05. The conducted analyses provide qualitative and quantitative data on the concentrations of selected VOC in µg.m⁻³. The methodology of sampling leather samples was done according to standard ČSN EN ISO 16000-part 1, 5. the concentrations of selected VOC in µg.m⁻³. Quantitative difference of all emitted organic compound showed the measured values of TVOC.

Keywords: VOC emissions, natural upholstery leather, upholstery furniture

INTRODUCTION

Volatile organic compounds (VOCs) are widely present in both outdoor and indoor air, and are considered to be an important group of air pollutants (Jones A. P. , 1999; Levin H., 2003; Posudin Y., 2010) Numerous VOCs are reported to have a negative impact on human health, and their concentration in indoor air is higher than in outdoor air.

In order to determine leather emission characteristics (Moog et al., 2005; EN ISO 2418, 2002), regarding the release of volatile organic compounds (VOC) (Directive 1999/13/EC and Directive 2004/42/CE), various analytical approaches and measurement methods are available. Whereas in the field of automotive industry leather qualities are prevalently evaluated by applying static or dynamic headspace methods, (VDA 277, 1995; VDA 278, 2011) for leather hides ordered for manufacturing upholstered furnishings, particular test and assessment schemes (RAL-UZ 148, 2015; RAL-GZ 430, 2016; LGA products, 2012; IKEA IOS-MAT 0011, 2007) have been established. As a common feature of these test specifications, leather samples have to be conditioned under defined constraints (Frank et al., 2012) for fixed time phases in test chambers (ČSN EN ISO 16000-9, 2007) or test cells (ČSN EN ISO 16000-10, 2007) following normative construction principles. The final VOC emission assessment of a leather's quality by applying gas-phase chromatographic and mass spectrometric quantification methods (thermodesorption-/GC-/MS method) (ČSN ISO 16000-6, 2007) basically happens after a 28 days conditioning period (RAL-UZ 148, 2015; RAL-GZ 430, 2016; LGA products, 2012). Moreover, these test specifications constitute permissible emission target values for compounds with chronic toxicological carcinogenic, mutagenic and reproduction-toxic efficiency profiles *CMR substances* (Regulation No 1272/2008, 2008; Harmful working place

substances, 2015; Register for toxic compounds, 2014) after both a short-term ($t_1 = 3$ days) and a long-term ($t_2 = 28$ days) conditioning period.

Particularly, to meet the requests of upholstery furniture manufacturers due to a demand for reduced testing periods generating ongoing reliable chamber related VOC test results, innovative evaluation approaches have to be acquired: on the basis of a shortened test duration (for instance $t_{\text{test}} = 3$ days) emission data gained should enable an approximation and probability statement referring to the compliance with VOC guide value threshold limits defined for a 28 days lasting conditioning period. This prognostic approach can only be substantiated under two prerequisites: the long-term emission characteristics of lead chemicals, often preferentially used in the leather tanning process, must be known and an adequately large data pool made accessible ensuring an authentic confirmatory prediction on probabilities of adherence to the regulations from a statistical point of view.

The current article summarizes statistically processed firm VOC test chamber results of leather qualities examined in terms of frequency scales and discloses an overview of time-dependent VOC concentrations trends of relevant volatile process and typical leather chemicals in the scope of single substance evaluations. On basic of the statistical dataset and the profound proficiency of the emission profile of a tested leather derived from a short-term examination ($t_1 = 3$ d), prospective TVOC (Total Volatile Organic Compounds) concentration values may be established focusing on conformity with an established long-term test ($t_2 = 28$ d) requirement.

Materials, equipment and methods

This research describes the VOC emissions emitted from coating materials used for upholstery furniture production, especially nature leathers. The main goal of this contribution is comparison of VOC emissions emitted from different types of nature upholstery leathers. This research judged the influence of nature upholstery leathers with different kinds of natural leather tanning (chromed leather and tanned leather).

Materials

The select coating materials (natural leathers) were taken from the normal manufacturing process, wrapped in aluminium foils and delivered to the test laboratory. Natural leather samples were prepared from different type of animal.

The samples were formatted to the required sizes (710 x 710 x 1 mm) and next were divided into two groups. The first sample from tested samples was inserted into the test chamber (ISO 16000-9, 2007) immediately after unpacking from aluminium foil.

Upholstery leather no. 1

Traditional leather of English style intended for wiping. The leather is supplied with a darker top layer that, after scouring special chemicals, reaches the desired patina effect. The leather has a two-tone effect with a lighter base colour and darker on the surface. This type of leather may have a different shading depending on the amount of colour wiped off from the surface. The leather is especially suitable for Chesterfield style.

Technical parameters of leather:

- Leather type: Extra – European cow leather
- Tanning: Chromed
- Dye: aniline dye
- Surface treatment: A two-tone effect created by scouring a part of the paint with its own fixation

Upholstery leather no. 2

Beef leather of non-European origin with a trimmed obverse and finished in one shade. Thanks to its softness and thickness, the leather is suitable for making modern furniture. This article can be made as a fire resistant with a non-combustible finish.

Technical parameters of leather:

- Leather type: beef
- Tanning: Chromium salts
- Dye: aniline dye
- Surface treatment: pigmented

Upholstery leather no. 3

Beef leather of European and non-European origin, chilled by chromium and coloured in barrel with aniline dye. Thanks to fine print and modern colour, this leather is very suitable for both modern and classic furniture.

Technical parameters of leather:

- Leather type: beef
- Tanning: Chromium salts
- Dye: aniline dye
- Surface treatment: semi-aniline

Upholstery leather no. 4

This type of tested material is a beef leather of non-European origin, printed and finished with irregular patterns, and semi-gloss treated. Very suitable for rustic furniture combined with wood. Pigmented leather, two-tone coloured.

Technical parameters of leather:

- Leather type: beef
- Tanning: Chromium salts
- Dye: aniline dye
- Surface treatment: pigmented with two-tone effect
- Appearance: semi-glossy

Equipment

- Air sampler Gilian–LFS 113 SENSIDINE with air flow 6 l h⁻¹ and 12 l h⁻¹
- Short path thermal desorption tube, Silco trated Thermal Desorption Tube 786090-100, inner diameter 4 mm, fill in with 100 mg of Tenax TA (Scientific Instrument Services company) for collection of VOCs emissions emitted from tested samples in to the air in chamber.
- Air sampler Gilian–LFS 113 SENSIDINE with air flow 6 l h⁻¹ and 12 l h⁻¹.
- Gas chromatograph Agilent GC 6890 with MS (mass spectrometer) detector 5973 with cryofocustion, thermal desorption and library of spectra NIS 05, column type HP – 5 (AGILENT USA)
- VOC was tested in a small-space chamber with a volume of 1 m³. Air temperature: 23°C; relative humidity in the chamber: 50%; air changing rate: 1 m³ per 1 h; air speed over the tested samples: 0.1 to 0.3 m.s⁻¹

Methods

Air samples

In the present study, air samples from tested samples were collected onto Tenax TA adsorbent (sampling rate 200 mL min⁻¹, time 180 min.) from small space chamber (a volume 1 m³). Air samples were analysed with a gas chromatograph (HP 6890) equipped with a mass selective detector (MSD 5973) after thermal desorption at 250 °C for 3 min (Scientific Instrument Services TD4). The column was HP-5MS (column length 30 m, i.d. 0,25 mm, film thickness 1 µm), and the identification of the compounds was accomplished by retention times, standard compounds, and GC-MS data library.

The total VOC emission was first calculated by combining the peak areas of all identified compounds, after which the relative proportion of individual compounds from the total emission was calculated. The TVOC value is defined to be the integrated detector response value in toluene equivalents of compounds eluting between and including C6 to C16 as given in ISO 16000-6.

Standards applied:

- ČSN EN ISO 16000-9, Indoor air-Part 9, Determination of emission of volatile organic compounds from building products and furnishing, (2007).
- ČSN EN ISO 16000-10, Indoor air-Part 10, Determination of emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test cell method, (2007).
- ISO 16000-6, Indoor air-Part 6, Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax Ta sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID, (2007).

RESULTS

The main goal of experimental part was comparison of VOC emissions from different types of natural leathers used for upholstery furniture production. Experimental part of this research is divided into two parts:

- a) Comparison of VOC emissions from natural leathers in depends on different type of tanning
- b) Comparison of VOC emissions from different types of upholstery leathers

Comparison of VOC emissions from natural leathers in depends on different type of tanning

Fig.1 shows the influence of different types of tanning from natural leathers on the quantity of emissions VOC, especially concentration of 1 Methoxy, 2 Propanol. The highest concentration of 1_Methoxy_2_Propanol was found from chromed leather with preservatives at measurements after 72 hours in amount over 184 µg.m⁻³.

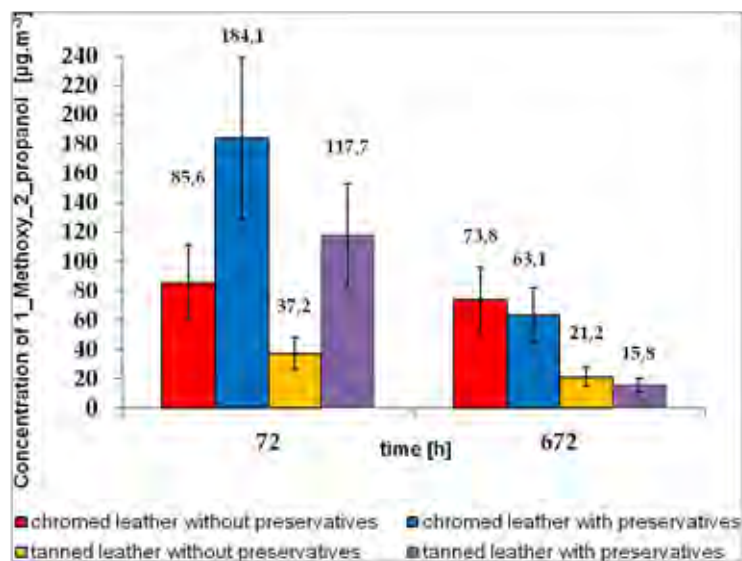


Figure 1 1 Methoxy, 2 propanol from natural leathers in depends on different type of tanning

On the Fig. 2 there is presenting the different types of tanning from natural leathers on the quantity of emissions VOC, especially concentration of Buthoxy Ethanol. The highest concentration of Buthoxy Ethanol found from tanned leather with preservatives at measurements after 72 hours.

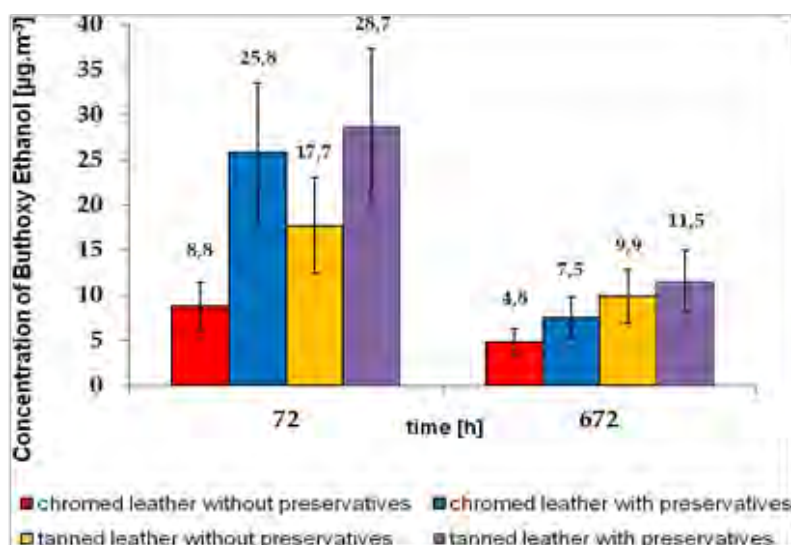


Figure 2 1_Buthoxy_Ethanol from natural leathers in depends on different type of tanning

Fig.3 presents data of TVOC (Total Volatile Organic Compounds) from different types of tanning from natural leathers. The highest amount of TVOC emitted by tanned leather wit preservatives, especially then at measurements after 72 hours.

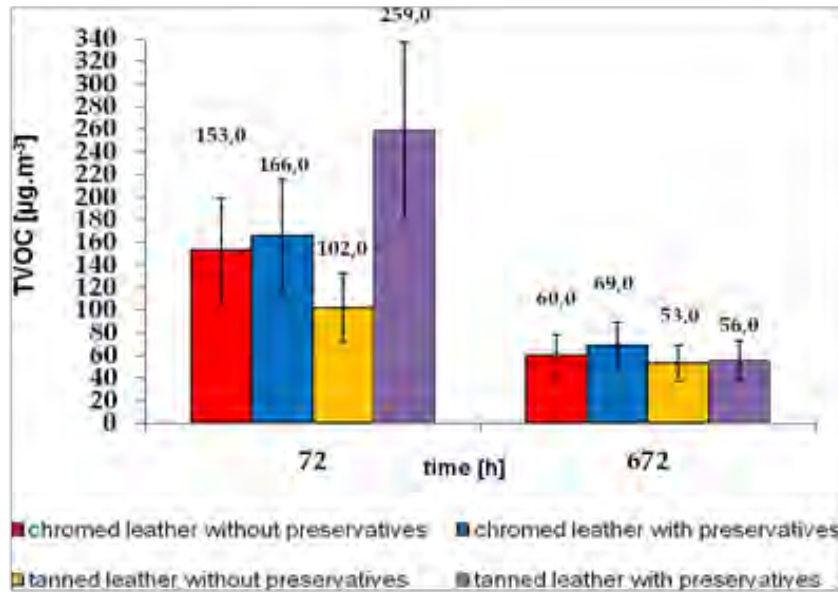


Figure 3: TVOC from natural leathers in depends on different type of tanning

Comparison of VOC emissions from different types of upholstery leathers

On the Fig. 4 there is presenting different types of upholstery leathers on content of emissions VOC, especially of emissions of 1_Methoxy_2_Propanol. The highest concentration of 1 Methoxy, 2 Propanol was found at measurements after 72 hours from chromed leather_4 in amount over $36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

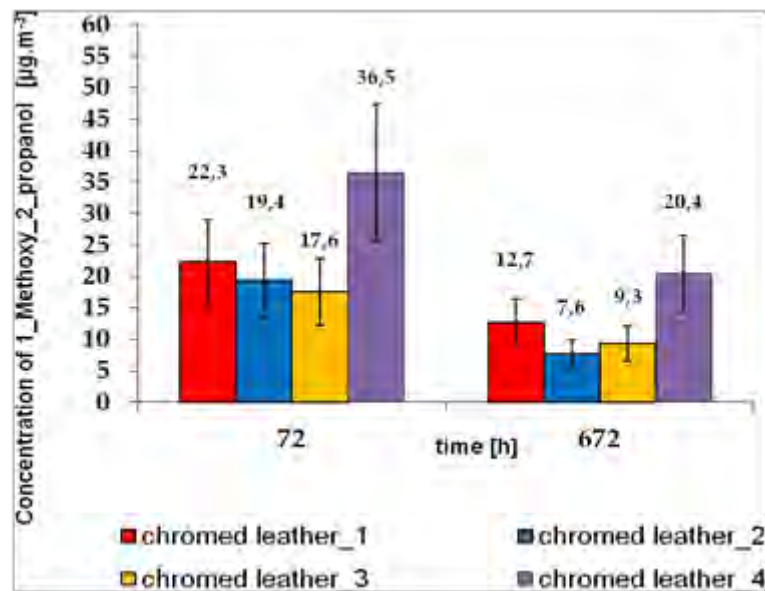


Figure 4 1 ethoxy, 2 propanol from different types of upholstery leathers

Fig. 5 shows the influence of different types of upholstery leathers on content of emissions VOC, especially emissions of Buthoxy Ethanol. The highest concentration of Buthoxy Ethanol was found at measurements after 72 hours from chromed leather no. 4 in amount over $629 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

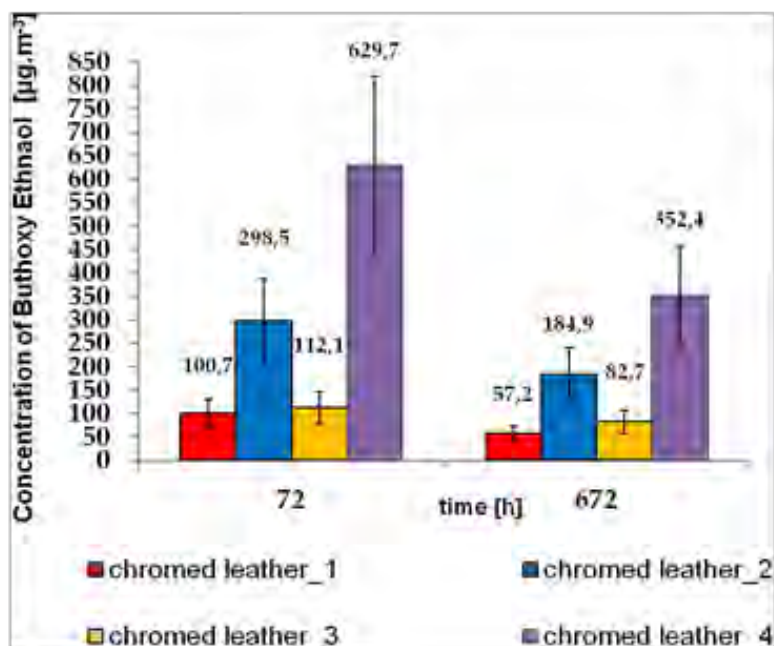


Figure 5 Buthoxy Ethnaol from different types of upholstery leathers

Fig.6 presents data of parameter TVOC, emitted by different types of upholstery. Parameter of TVOC is describing the total content of Volatile Organic Compounds emitted by selected species of upholstery leathers in depends on time. The highest values of TVOC were measured at measurements after 72 hours from leather no. 4 in amount $705 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, followed by values of concentrations TVOC emitted by chromed leather no. 2 (in amount $605 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

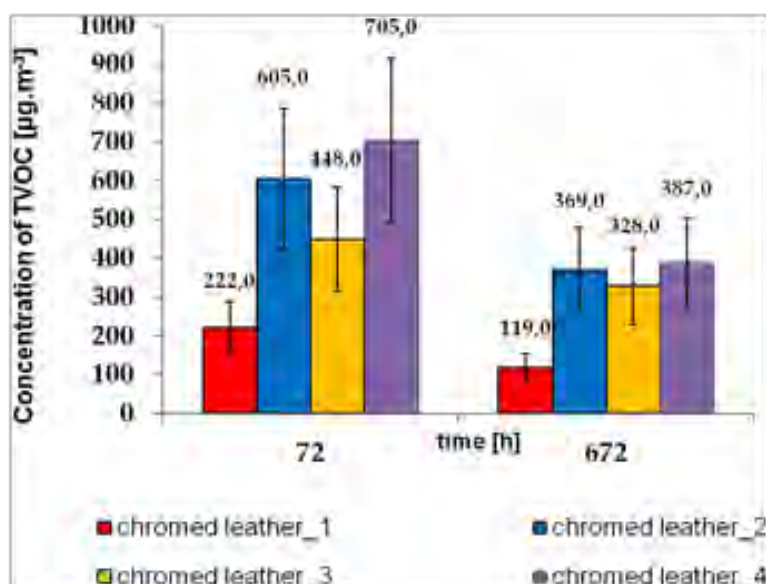


Figure 6 TVOC from different types of upholstery leathers

DISCUSSION

Based on the results listed in this paper we can assess the load of emissions VOC emitted by individual tested materials. Comparison of VOC emissions from natural leathers in depends on different type of tanning

Results of VOC emission measurements are shown in Fig. 1-2 which show the impact of different type of tanning from tested materials (natural leathers) on the amount of emitted volatile organic compounds, particularly solvents – namely 1 Methoxy, 2 propanol and Butoxy Ethanol, in depends on time (during one month). The presented results reveal a dependence of the emitted 1 Methoxy, 2 Propanol concentrations on the type of tested materials. The highest concentration of 1 Methoxy, 2 Propanol was measured at measurements after 72 hours from chromed leather with preservatives, in amount over $184 \mu\text{g.m}^{-3}$. However, concentrations of Butoxy Ethanol were found only in amount $28,7 \mu\text{g.m}^{-3}$ from tanned leather with preservatives at measurements after 72 hours. The measured data reveal a minimum impact of different tested materials on concentration of BTEX and terpenoid substances. Concentration of the said VOC was very low, which means that their amount was below the level of quantification (LOQ). The concentration of emitted compounds decreases in depends on time.

The values of the so-called total volatile organic compounds (TVOC) are among the key monitored parameters. TVOC represent the total amount of VOC emitted from individual tested materials. Figure 3 demonstrates the impact of different tested materials on the total amount of emitted VOC in relation on time of measured. The highest values of TVOC were measured at measurements after 72 hours from tanned leather with preservatives in amount $259 \mu\text{g.m}^{-3}$, followed by values of concentrations TVOC emitted by chromed leather with preservatives (in amount $166 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Comparison of VOC emissions from different types of upholstery leathers

Based on the conducted measurements of VOC emissions from different types of natural upholstery leathers, it can be stated that dependence between different type of organic coatings finished by natural leather on amounts of individual representative of VOC substances (1 Methoxy, 2 Propanol and Butoxy ethanol) was established. The concentrations of monitored substances were highest at measurements after 72 hours in both cases.

These monitored substances were not chosen by chance, because 1 Methoxy, 2 Propanol (Fig. 4) is a typical compound for natural leather, while Butoxy Ethanol (Fig. 5) was found at very high concentrations emitted from tested samples. The tested samples emitted very high concentrations of Butoxy Ethanol and very low amount of 1-Methoxy, 2 propanol. The highest values of emissions VOC were emitted from natural leather no.4. The highest concentrations of 1 Methoxy, 2 Propanol was found only in amount over $36 \mu\text{g.m}^{-3}$), while the highest value of concentrations of Butoxy ethanol was detected in an amount over $629 \mu\text{g.m}^{-3}$.

The total amount of emitted VOC (Fig. 6), or the TVOC parameter, is dependent on a type of organic coating and structure of finished surface, which is illustrated by the fact, that the highest value of TVOC was found from upholstery chromed leather no.4 in amount $705 \mu\text{g.m}^{-3}$, while upholstery leather no.1 emitted parameter TVOC only in amount $222 \mu\text{g.m}^{-3}$ (in both causes at measurements after 72 hours).

CONCLUSION

The main goal of this research was to determine the impact of different type of natural leathers used for upholstery furniture production on amount VOC emissions. Based on the obtained measurement results it can be stated that concentrations of VOC emissions from individual tested materials are influenced not only by type of natural leathers (tested samples no 1-4.), type of tanning leather and also different type of organic coating used for finishing leathers.

Based on the results obtained in the experimental part of this paper we can conclude the following:

a) Comparison of VOC emissions from natural leathers in depends on different type of tanning

The presented results reveal a dependence of different type of tanning from tested materials (natural leathers) on the amount of emitted volatile organic compounds, particularly solvents – namely 1-Methoxy-2 propanol and Buthoxy Ethanol, in depends on time (during one month). The measured data reveal a minimum impact of different tested materials on concentration of BTEX and terpenoid substances. Concentration of the said VOC was very low, which means that their amount was below the level of quantification (LOQ). The concentration of emitted compounds decreases in depends on time.

b) Comparison of VOC emissions from different types of upholstery leathers

Based on the conducted measurements of comparison of VOC emissions from different types of upholstery leathers, was found influence of a type of organic coating and structure of finished surface of tested natural leathers on amount emissions VOC.

The tested samples were emitted especially chemicals namely 1-Methoxy-2 Propanol and Buthoxy Ethanol. The first of them (Methoxy, 2 Propanol) is a typical compound for natural leather, while Buthoxy Ethanol was found at very high concentrations emitted from tested samples. This phenomenon can be explained by the fact that this chemical is contained in water borne lacquer which was used for finishing surface of upholstery leathers.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful for the support of the Specific University Research Fund of the FFWT Mendel University in Brno of the project „IGA LDF_VT_2018002, „ Coating materials used for upholstery furniture like source of emission VOC and odour in interior “ for the financial support.

REFERENCES:

- JONES A. P. (1999). Indoor air quality and health. *Atmos. Environ.*33, 4535.
- LEVIN H. (2003). Indoor air pollutants. Part 1: general description of pollutants, levels and standards. *Ventilation Information Paper 2*.
- POSUDIN Y. (2010). Volatile Organic Compounds in Indoor Air:Scientific, Medical and Instrumental Aspects. <http://www.ekmair.ukma.kiev.ua/handle/123456789/885>.
- YOSHIDA T. AND MATSUNAGA I. (2006). A case study on identification of airborne organic compounds and time courses of their concentrations in the cabin of a new car for private use. *Environ. Int.* 32, 58.
- MOOG, G. H., ED., (2005). *The Tanner, Handbook for Leather Manufacturing, Terms of Definition*, Ulmen, Stuttgart.
- EN ISO 2418, *Leather – Chemical, physical and mechanical and fastness tests – Sampling location*, (2002), CEN, Brussels.
- Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations, Brussels. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=URISERV:I28029b&from=DE>.
- Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC, L143, 87-96. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?Uri=CELEX:32004L0042&from=DE>.

Association of Automotive Industry, VDA 277, Non-metallic materials for automotive interiors – Quantification of emissions of organic compounds, (1995), VDA, Berlin.

Association of Automotive Industry, VDA 278, Thermo-desorption analysis of organic emissions for characterization of non-metallic automotive materials, (2011), VDA, Berlin.

RAL-UZ 148, Basic criteria for the award of the environmental label, low-emission upholstery leather, (2015), RAL, St. Augustin. <https://www.blauerengel.de/de/produktwelt/gewerbw/polsterleder/polsterleder>.

RAL-GZ 430, German Quality Association for Furniture, Quality assurance: Genral quality and test specification, (2016), RAL, DGM, St. Augustin.

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Ed., Certification criteria2 Pfg_s_0101/03.12 for the award of the environmental label 'LGA-tested for contaminants', product group: leather, (2012), Nuremberg.

IKEA, Ed., IOS-MAT 0011, Upholstery leather general requirements, version no. AA-21355-8, 2007, Schweden.

FRANK, G., GALINKINA, J., AND SCHELLE, C., Gefahrstoffe-Reinhalt. Luft, 2012, 5, 203-210.

ČSN EN ISO 16000-9, Indoor air-Part 9, Determination of emission of volatile organic compounds from building products and furnishing, (2007).

ČSN EN ISO 16000-10, Indoor air-Part 10, Determination of emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test cell method, (2007).

ČSN ISO 16000-6, Indoor air-Part 6, Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax Ta sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID, (2007).

Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and emending Regulation (EC) No 1907/2006, L 351, 1-1355. Web-5: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:en:PDF>

Permanent Senate Committee for evaluation of harmful working place substances, Ed., MAK- und BAT-value lists, 2015, 51, Wiley, Weinheim.

Federal Institute for Employment Protection and Occupational Medicine (BAuA), Ed., Technical rules for hazardous substances, TRGS 905, Register for carcinogenic, mutagenic and reproduction toxic compounds, 2014, 24, 510-522.

Author's address:

Ing. Petr Čech, Ph.D. and **Ing. Jiří Stádník**, Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology, Department of Furniture, Design and habitation, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, Cech.P007@seznam.cz, phone: +420 545 134 516, stadnik.jirka@gmail.com, phone: +420 545 134 516

DUAL STUDIES AS A NEW EDUCATIONAL BACKGROUND FOR THE MODERN FURNITURE INDUSTRY

Beata Fabisiak, Robert Klos

Poznan University of Life Sciences, Faculty of Wood Technology, Department of Furniture Design

Abstract:

2. DUAL BACHELOR STUDIES



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

DAAD

Deutscher Akademischer Austauschdienst
German Academic Exchange Service

Nationale Agentur für EU-Hochschulzusammenarbeit

Germany Poland Lithuania Finland:

„Bachelor & Meister: Designing and implementing a dual Bachelor's degree study course with integral attainment of a Bachelor's and Master's degree”

Goals:

- increasing relevance and quality as well as improving competencies and knowledge in the parts of the vocational master's program and in the parts of the Bachelor's degree,
- transfer of relevant professional skills and practical experience through the dual study approach,
- realize important contributions to overcoming the shortage of entrepreneurs in SMEs,
- contribute to the EU agenda for the modernization of Europe's higher education systems,
- increasing the attractiveness of vocational education and training

In all EU countries there is a clear, rapidly growing shortage of leading personnel, which strongly restricts the growth of SMEs

1. shortage of leading personnel - strongly restricts the growth of SMEs.

Vocational education and training generally and among them the master craftsman training is often perceived as a dead end and only to a limited extent as good option to academic pathway

2. vocational education and training (the master craftsman training) is often perceived as a unattractive

Problems in Poland - Big problem with vocational education, not satisfactory preparation of the workforce for the furniture industry in Poland

- lack of modern infrastructure in vocational schools
- lack of teachers of the profession

Lack of technicians - a lower-ranking white-collar workers

Problems in Germany - In SMEs, practical experience and professional knowledge are essential to manage a company. The professionals with master craftsman qualification have:

- practical knowledge,
- professional experience
- good skills in professional practice and theory.

However, competences in business management and leadership are not sufficient.

Since many university graduates lack these competences, SMEs can only very limited attract future leaders from this group of graduates.

Dual studies at Poznan University of Life Sciences Faculty of Wood Technology

- Duration 7 semesters
- First semester of each year – classes at the University
- Second semester of each year:
 - 5 weeks of classes at the University
 - 4 months of practice internship

Advantages

- Graduates of such dual studies:
 - Have better contacts in the furniture industry
 - Can solve practical problems occurring in the factory
- So far 25 companies interested
- Program of the studies consulted with the companies

The text was published as a presentation on the workshop “Nábytok a výrobky z dreva 2018”

Author's address:

Dr. Eng. Beata Fabisiak, Dr. Eng. Robert Klos, Department of Furniture Design, Faculty of Wood Technology, Poznan University of Life Sciences, Poland, tel. 0048 61 848 74 74, e-mail: beata.fabisiak@up.poznan.pl