

VZDUCHOVÁ PRIEPUSTNOSŤ KONŠTRUKČNÝCH MATERIÁLOV

AIR PERMEABILITY OF BUILDING BOARD MATERIALS

Jozef Bednár

ABSTRACT

This paper discusses the air permeability of building board materials used as airtight layer of timber structures. In order to determine and compare the air permeability of different building board materials, a laboratory test was performed in a pressure chamber. Samples of plasterboard, oriented strand board, cross laminated timber and surface coated oriented strand board with dimensions of 1.2×1.5 m have been investigated. Only some samples met the requirement of air permeability $q_{50} < 0.1 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Plasterboard and cross laminated timber boards reached the lowest values in range $q_{50} = 0.00005 - 0.07300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$. The compact surface structure of the materials causes low air permeability. However, oriented strand boards, most used boards for airtight layers in timber frame construction, reached the highest values in range $q_{50} = 0.107 - 1.504 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$. The investigation covered samples of different thickness from different manufacturers. As main factor of influence, surface structure and orientation of the strands have been detected. Especially the gaps between strands turn out to permit air flow through the board. In a second test with surface coated oriented strand boards the possibility of the improvement of their air permeability is shown.

Key words: air permeability, airtightness layer, air change rate, building board materials.

ÚVOD

Myšlienka zaoberať sa problematikou vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov vznikla pri meraní vzduchotesnosti budov (Blower door test) v zmysle normy STN EN 13829. Merania boli vykonané približne na súbore sedemdesiatich budov na báze dreva pracoviskom Oddelenia drevených stavebných konštrukcií. Po dôkladnej kontrole všetkých konštrukčných detailov a miest kde mohli vzniknúť netesnosti vzduchotesnej roviny nebol preukázaný zvýšený objemový tok vzduchu (AHO *et al.* 2008).

Jednou z možností, ktorá mohla vplývať na tento jav bola vzduchotesná rovina zhotovená z konštrukčného materiálu OSB/3. Predpoklad potvrdila experimentálna skúška. Princíp bol jednoduchý pozostával z nalepenia PVC fólie na plochu vzduchotesnej roviny. Zariadením na meranie vzduchotesnosti budov (Blower door test) bol vyvolaný tlakový rozdiel zhruba $\Delta p = 60 - 70 \text{ Pa}$ (KATZ *et al.* 2004). Nastalo vníkanie určitého množstva vzduchu pod PVC fóliu, ktoré spôsobilo viditeľné vydutie. Z uvedenej experimentálnej skúšky vyplýva, že dochádza k šíreniu nešpecifikovaného objemového toku vzduchu cez plochu konštrukčného materiálu OSB/3.

Meranie vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov v budove je obmedzené zariadením na meranie vzduchotesnosti (Blower door test). Technické parametre zariadenia neumožňujú meranie nízkych objemových tokov vzduchu. Samotným problémom je dosiahnuť meranie „čistého objemového toku vzduchu“ bez vplyvu ostatných netesností nachádzajúcich sa v budove počas merania. Na základe teoretického rozboru (LANGMANS *et al.* 2010, SANDBERG *et al.* 2004) merateľnosti nízkych objemových tokov vzduchu bola zvolená laboratórna metóda merania vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov v zmysle normy STN EN 12114.

Výsledky týchto meraní môžu byť rozhodujúce v procese výberu konštrukčného materiálu pred použitím v stavebnej konštrukcii (DUDAS, JOCHIM 2008). Hodnota vzduchovej priepustnosti q_{50} [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$] súvisí s hodnotou intenzity výmeny vzduchu n_{50} [h^{-1}] (HACENE, AMARA 2011). Uvedená hodnota n_{50} je stanovená meraním vzduchotesnosti budovy (Blower door test), ktorá ovplyvňuje tepelné straty vetrením (ŠTEFKO *et al.* 2011) a je použitá vo výpočte mernej potreby tepla na vykurovanie (CATALINA *et al.* 2008).

Cieľom príspevku je stanoviť a porovnať hodnoty vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov, ktoré vytvárajú vzduchotesnú rovinu v stavebných konštrukciách na báze dreva.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Hlavnou požiadavkou pri výbere skúšobných vzoriek bola praktická použiteľnosť konštrukčných materiálov na tvorbu vzduchotesnej roviny v stavebných konštrukciách na báze dreva. Vytvorený súbor skúšobných vzoriek obsahoval konštrukčné materiály zložených z rôznych materiálových báz, hrúbok, povrchových úprav a výrobcov. Jednotlivé charakteristiky súboru skúšobných vzoriek sú uvedené v tab. 1, 2, 3, 4. Celkové množstvo meraných skúšobných vzoriek bolo 37 kusov. Ich veľkosť bola 1200×1515 mm, ktorá vychádzala z rozmerov osadzovacieho rámu tlakovej komory a ich hrúbka sa pohybovala v rozsahu 8–140 mm.



Obr. 1 Skúšobné vzorky konštrukčných materiálov.
Fig. 1 The samples used of laboratory test.

Tab. 1 Prehľad skúšobných vzoriek na báze minerálnych spojív.

Tab. 1 The samples of plasterboard.

Názov vzorky	Hrúbka		
	10 mm	12,5 mm	20 mm
A/1_cementová doska		■	
A/2_sadrokartón		■	
A/3_sadrovláknita doska		■	
A/4_sadrokartón akustický		■	
A/5_sadrokartón ohňovzdorný		■	
A/6_sadrokartón vodeodolný		■	
A/7_cementovo triesková doska		■	
A/8_sadrokartón impregnovaný		■	
A/9_kompozit z PUR recyklátu	■		
A/10_kompozit z PUR recyklátu			■

Tab. 2 Prehľad skúšobných vzoriek na báze aglomerovaného dreva.

Tab. 2 The samples of oriented strand board.

Názov vzorky	Hrúbka				
	8mm	12 mm	15 mm	18 mm	22mm
Výrobca OSB/ 3 B1	■	■	■	■	■
Výrobca OSB/ 3 B2		■	■	■	
Výrobca OSB/ 3 B3		■	■	■	

Tab. 3 Prehľad skúšobných vzoriek na báze masívneho dreva.

Tab. 3 The samples of cross laminated timber.

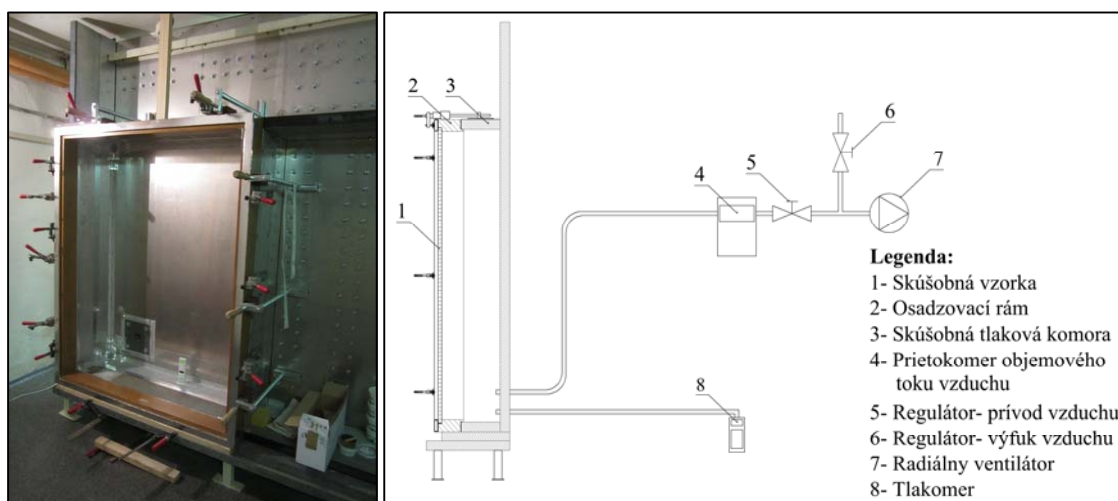
Názov vzorky	Hrúbka				
	60 mm	80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
CLT_C/1_3 vrstvy	■				
CLT_C/2_3 vrstvy		■			
CLT_C/3_4 vrstvy		■			
CLT_C/4_5 vrstiev			■		
CLT_C/5_6 vrstiev				■	
CLT_C/6_7 vrstiev					■

Tab. 4 Prehľad skúšobných vzoriek s povrchovou úpravou tvorenú náterom a kaširovaním fólie na báze celulózy.

Tab. 4 The samples of surface coating oriented strand board.

Názov vzorky	Hrúbka			Druh povrchovej úpravy
	12 mm	15 mm	18 mm	
B1/3_1		■		I. vrstva, Latex
B1/3_2		■		II. vrstva, Latex
B1/4_1			■	I. vrstva, Duvilax
B1/4_2			■	II. vrstva, Duvilax
B2/2_1		■		I. vrstva, Akryl
B2/2_2		■		II. vrstva, Akryl
B3/2_1		■		I. vrstva, Akryl
B3/2_2		■		II. vrstva, Akryl
B3/1_C	■			Fólia na báze celulózy
B3/2_C		■		Fólia na báze celulózy

Laboratórne zariadenie vhodné na meranie vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov, ktoré vyhovuje požiadavkám STN EN 12114 vlastní STU Stavebná fakulta v Bratislave. Merania skúšobných vzoriek prebiehali v priestoroch Laboratória aerodynamiky budov. Samotné laboratórne zariadenie pozostávalo z častí a prvkov znázornených na obr. 2. Hlavnú časť tvorila tlaková skúšobná komora. Na prednej strane sa nachádzal osadzovací rám, do ktorého sa upevnila meraná skúšobná vzorka. Vzájomné spojenie zabezpečoval kovový rám s prítlačnými svorkami. Zo zadnej strany tlakovej skúšobnej komory bola pripojená príruha prívodného potrubia vzduchu. Na jeho konci sa nachádzal radiálny ventilátor s typovým označením FGRL, F15/3 výrobcu Cipres Filtr Brno s.r.o. Technické parametre dosahovali objemový prietok vzduchu $Q = 3\,360\text{ m}^3/\text{h}$ a tlak $2\,000\text{ Pa}$. Vzduch privádzaný do potrubia bol regulovaný manuálne dvojicou sedlových ventilov. Prvý reguloval množstvo privádzaného vzduchu a druhý slúžil na odvod nadbytočného vzduchu cez výfukové potrubie tak aby nedochádzalo k nadmernému preťaženiu ventilátora. Za reguláciou vzduchu sa na prívodnom potrubí nachádzal prietokomer. Pre meranie objemového toku vzduchu bol použitý membránový plynomer typ BK G-4 výrobcu Elster s.r.o., z ktorého prívodné potrubie pokračovalo priamo do skúšobnej tlakovej komory. Meracie zariadenie tlakového rozdielu model DM-2 výrobcu Retrotec Inc., USA bolo prepojené so skúšobnou komorou silikónovou hadičkou. Merania tlakového rozdielu bol možný v rozsahu -1250 Pa až $+1250\text{ Pa}$ s presnosťou $\pm 1\%$. Teplotu a vlhkosť vzduchu vonkajšieho aj vnútorného prostredia laboratórneho zariadenia zaznamenával termo/ hygro snímač s typovým označením TFA 30.3015 výrobcu TFA Dostmann GmbH + Co. KG. Skúšobná tlaková komora z hľadiska celkovej vzduchotesnosti nebola tesná. Pred začiatkom a na konci merania súboru skúšobných vzoriek bola osadená vzduchotesná kalibračná vzorka. Meraním bol zistený zvyškový objemový tok vzduchu, ktorý sa odpočítal pri záverečnom spracovaní výsledkov. Skúšobná tlaková komora dosiahla pri kalibračných meraniach menší zvyškový objemový tok vzduchu ako meraný objemový tok skúšobných vzoriek.



Obr. 2 Laboratórne zariadenie a funkčný princíp.
Fig. 2 Laboratory chamber photography and scheme.

Pred začiatkom laboratórneho merania bola potrebná úprava skúšobných vzoriek konštrukčných materiálov na báze aglomerovaného a masívneho dreva. Vzhľadom na ich makroskopickú štruktúru musela byť upravená bočná hrana spolu s časťou plochy po obvode skúšobnej vzorky (obr. 3). Pórovitá štruktúra uvedených miest bola uzatvorená

disperzným tmelom na drevo, ktorý vyrába firma PAM-ak s.r.o. . Po vytvrdnutí a vybrúsení nerovností nasledoval náter hĺbkovej penetrácie od firmy Den Braven-SK s.r.o. Týmto postupom bolo minimalizované riziko vplyvu prúdenia objemového toku vzduchu mimo meranú plochu skúšobnej vzorky.



**Obr. 3 Úprava skúšobných vzoriek na báze aglomerovaného a masívneho dreva.
Fig. 3 The samples treatment oriented strand board and cross laminated timber.**

Laboratórne meranie prebiehalo podľa skúšobného postupu STN EN 12114. Vzhľadom na špecifické vlastnosti skúšobných vzoriek bola nevyhnutná drobná úprava skúšobného postupu.

Na začiatku merania pripravená skúšobná vzorka bola vložená do osadzovacieho rámu skúšobnej tlakovej komory. Vzájomné vzduchotesné spojenie tvorila nalepená páska so vzduchotesne uzavretou štruktúrou Airstop flex, ktorú vyrába firma Isocell (obr. 4).



**Obr. 4 Vzduchotesné osadenie skúšobnej vzorky a pripevnenie kovového rámu.
Fig.4 Airtightness assembly and clamp system of sample.**

Na upevnenú skúšobnú vzorku bol pripevnený kovový prítlačný rám, ktorý zabezpečoval stabilitu osadenia proti pôsobeniu pretlaku počas laboratórneho merania. Po vizuálnej kontrole všetkých častí a prvkov laboratórneho zariadenia bolo vykonané meranie skúšobnej vzorky. Vzduch privádzaný ventilátorom spôsobil pretlak v laboratórnom zariadení. Meranie objemového toku vzduchu prechádzajúceho cez hmotu skúšobnej vzorky prebiehalo pri siedmych odstupňovaných tlakových rozdieloch $\Delta p = 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000$ Pa. Po ustálení tlakového rozdielu na meracom zariadení bol meraný okamžitý objemový tok vzduchu prechádzajúci cez membránový plynomer

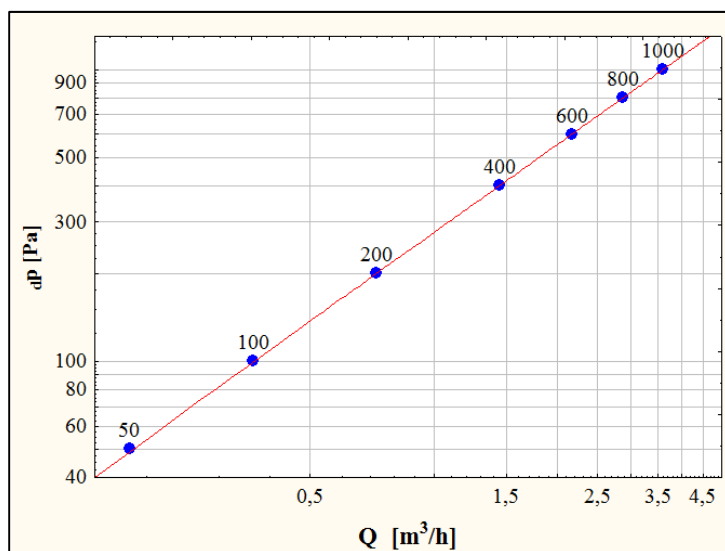
po dobu piatich minút. Po tomto časovom úseku hodnota okamžitého objemového toku vzduchu bola zaznamenaná do protokolu o meraní. Nasledoval prepočet na hodnotu objemového toku vzduchu Q [m^3/h], ktorý vyjadruje konečný časový interval. Rovnaký postup bol použitý aj pri ďalších odstupňovaných tlakových rozdieloch. Po ukončení merania bola skúšobná vzorka odstránená a nasledovala príprava nového laboratórneho merania vzduchovej priepustnosti s rovnakým postupom.

Hodnoty objemového toku vzduchu namerané pri odstupňovaných tlakových rozdieloch boli zaznamenávané do protokolu o meraní pre každú skúšobnú vzorku samostatne. Po ukončení laboratórneho merania údaje z protokolov boli vyhodnotené a spracované. Objemový tok vzduchu charakterizuje empirická rovnica prúdenia (1). Parametre rovnice C a n priamo opisujú vzduchotesnosť skúmaného prvku. Súčiniteľ prúdenia C zodpovedá objemovému toku vzduchu pri tlakovom rozdiel 1 Pa, ktorý udáva informáciu o veľkosti netesnosti. Exponent n popisuje charakter prúdenia, ktorého hodnota sa pri laboratórnych meraniach pohybovala v intervale $n=0,732$ až $0,996$. Z toho vyplýva, že vzduch sa v laboratórnom zariadení širil laminárnym prúdením. Predpoklad bol overený výpočtom na základe, ktorého bolo splnené Reynoldsovo kritérium pre laminárne prúdenie $2300 < Re$.

$$Q = C \cdot \Delta p^n \quad (1)$$

kde: Q – objemový tok vzduchu v [m^3/h],
 C – súčiniteľ prúdenia v [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$],
 Δp – tlakový rozdiel v [Pa],
 n – exponent laminárneho prúdenia (bezrozmerný).

Cieľom spracovania výsledkov merania objemového toku vzduchu bolo určiť parametre rovnice. Hodnoty parametrov C a n boli vypočítané z nameraných hodnôt metódou lineárnej regresie. Pomocou nich bolo možné vypočítať výsledný objemový tok vzduchu Q_{50} pri tlakovom rozdiel 50 Pa, ktorý je všeobecne uznávaný pre hodnotenie vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov. Grafické riešenie je znázornené na obr. 5, v ktorom sú výsledky laboratórneho merania vynesené do grafu v logaritmickej mierke ako body závislosti tlakového rozdielu na objemovom toku vzduchu.

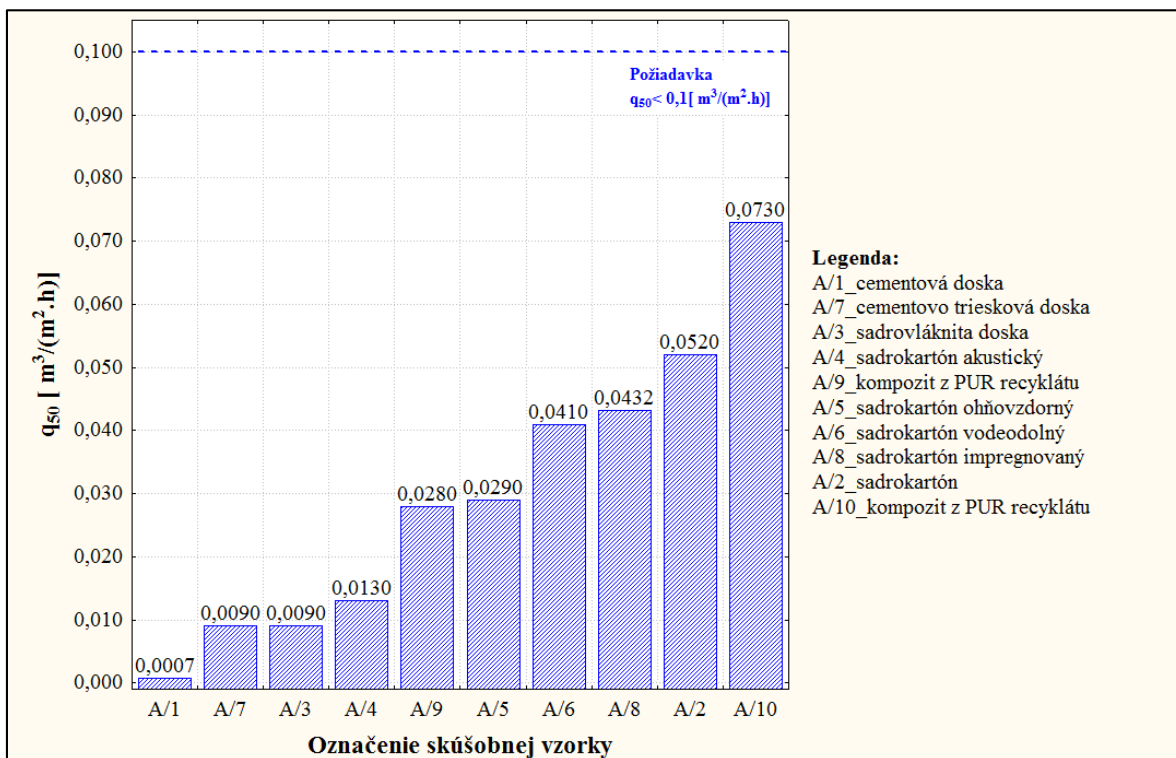


Obr. 5 Závislosť tlakového rozdielu a objemového toku vzduchu.
 Fig.5 Dependency of pressure difference and air flow rate.

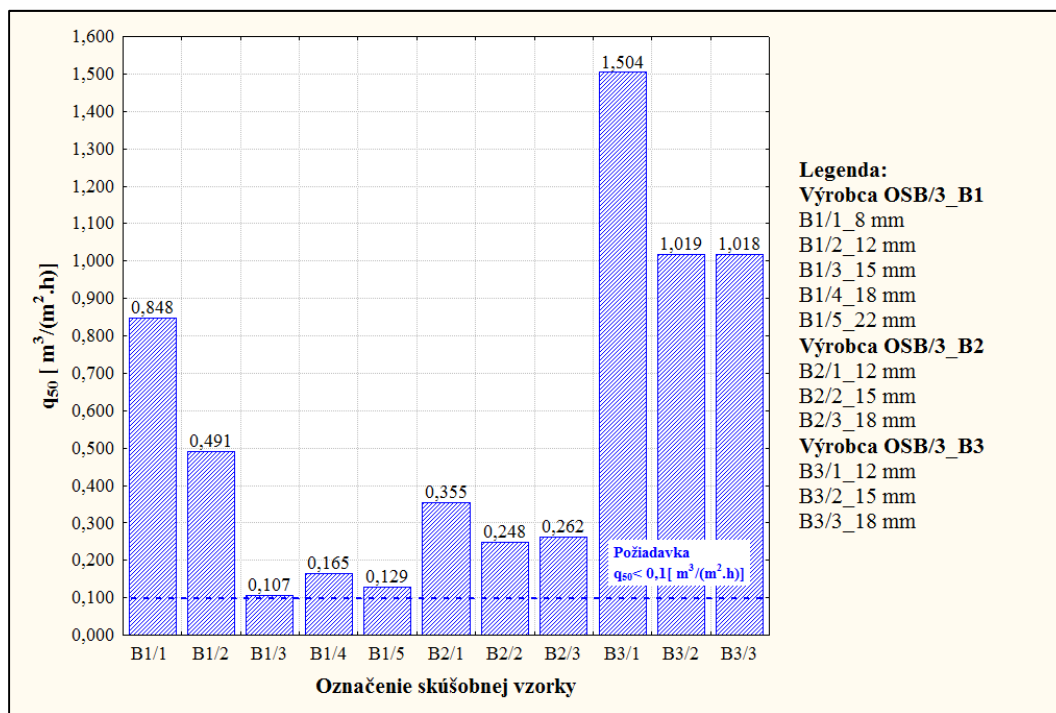
Poslednou úpravou bol prepočet objemového toku vzduchu Q_{50} na hodnotu vzduchovej priepustnosti q_{50} , ktorá vyjadruje objemový tok vzduchu cez plochu konštrukčného materiálu v jednotkách $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Uvedené vyjadrenie prostredníctvom hodnoty q_{50} umožňuje prezentovať výsledky laboratórneho merania vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov.

VÝSLEDKY

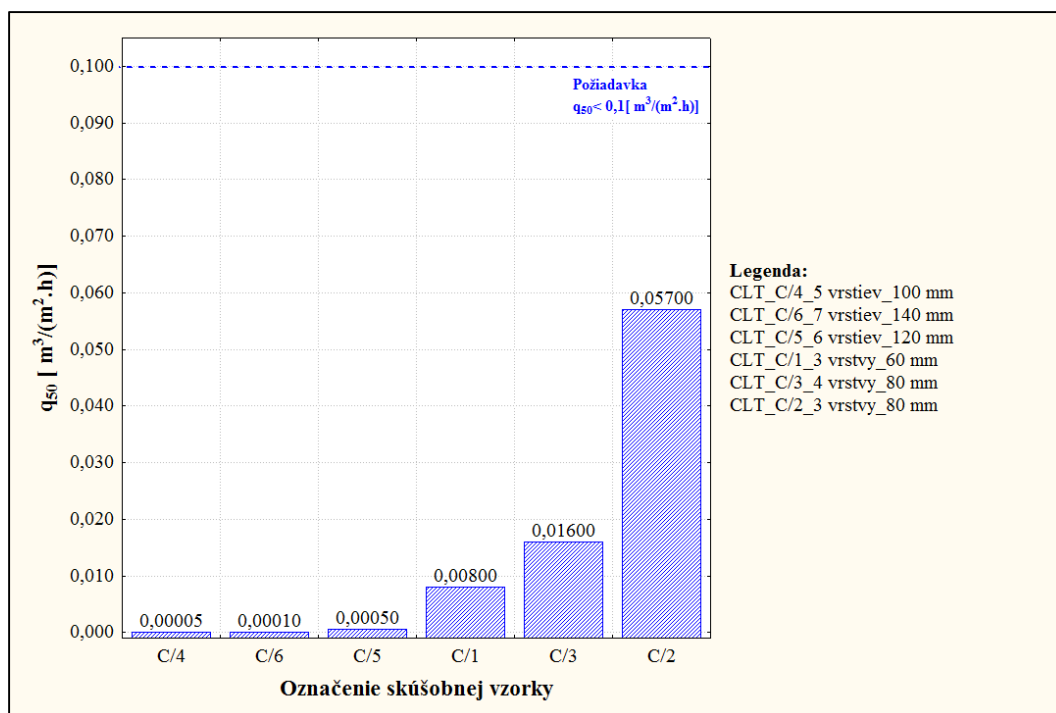
Laboratórnom merania vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov boli realizované na súbore skúšobných vzoriek v celkovom množstve 37 kusov. Jednotlivé výsledky sú znázornené na obr. 6 až 10. Priebeh a podmienky merania skúšobnej vzorky boli zaznamenané v protokole merania. Výsledná hodnota laboratórneho merania konštrukčných materiálov je označená q_{50} , ktorá vyjadruje vzduchovú priepustnosť pri tlakovom rozdiely 50 Pa. Vyhodnoteniu a analyzovaniu dosiahnutých výsledkov je venovaný priestor v časti diskusia.



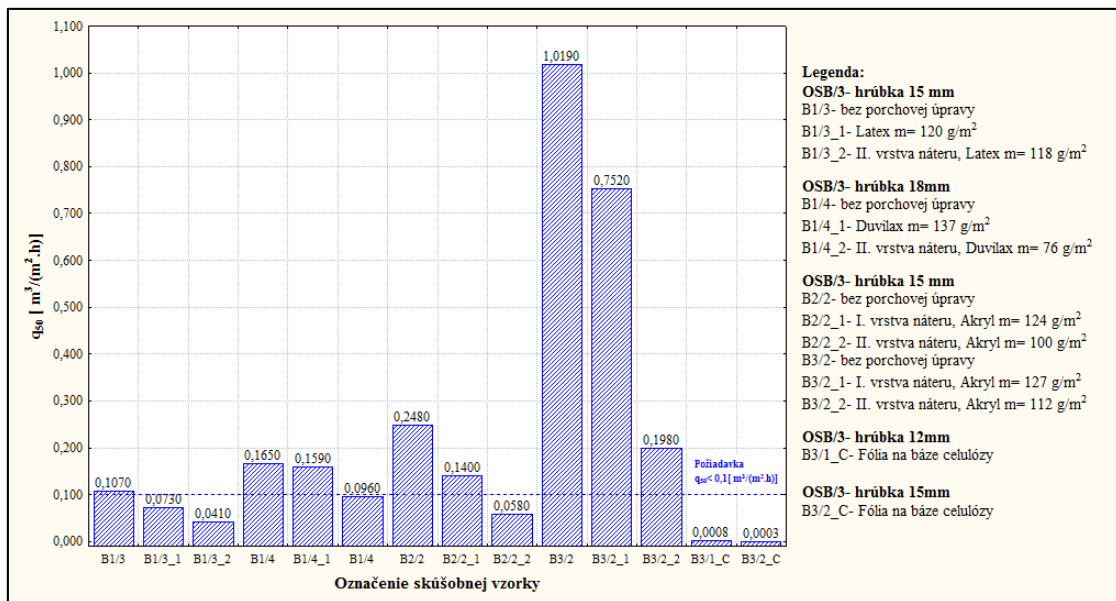
Obr. 6 Vzduchová priepustnosť konštrukčných materiálov na báze minerálnych spojív.
Fig. 6 Air permeability of plasterboard.



Obr. 7 Vzduchová priepustnosť konštrukčných materiálov na báze aglomerovaného dreva.
 Fig. 7 Air permeability of oriented strand board.

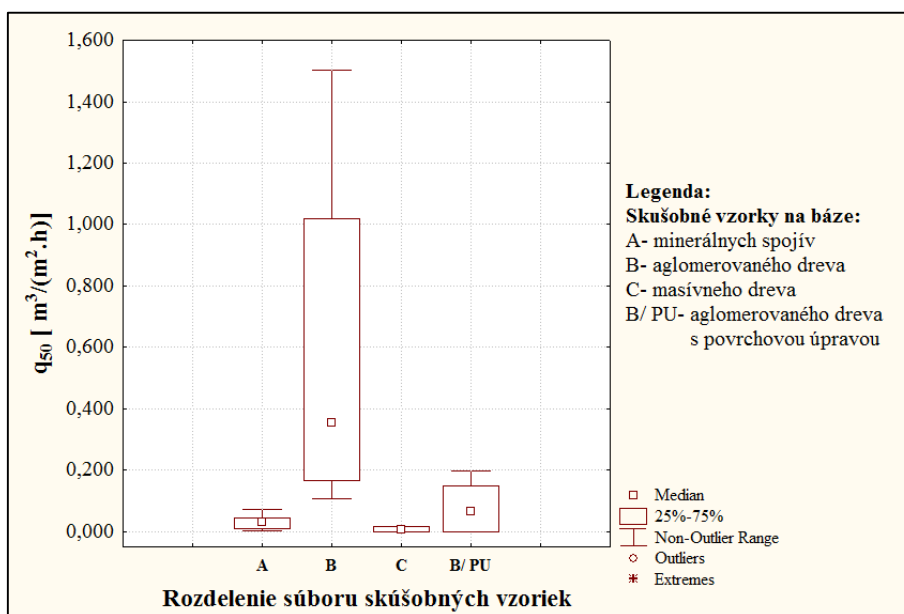


Obr. 8 Vzduchová priepustnosť konštrukčných materiálov na báze masívneho dreva.
 Fig. 8 Air permeability of cross laminated timber.



Obr. 9 Vzduchová priepustnosť konštrukčných materiálov na báze aglomerovaného dreva s povrchovou úpravou.

Fig. 9 Air permeability of surface coating oriented strand board.



Obr. 10 Krabicový graf výsledkov vzduchovej priepustnosti.

Fig. 10 Box plot graph of results air permeability.

DISKUSIA

Konštrukčné materiály sú vhodné na tvorbu vzduchotesnej roviny v stavebných konštrukciách na báze dreva pokiaľ je splnená požiadavka na vzduchovú priepustnosť $q_{50} < 0,1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (NOVÁK 2008, RALF 2010). Uvedená požiadavka je znázornená čiarkovanou čiarou na obr. 6 až 10.

Laboratórne merania vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov v tomto príspevku nie je možné porovnať s výsledkami iných autorov (NOVÁK 2008, LANGMANS *et al.* 2010, SANDBERG *et al.* 2004, KUILEN *et al.* 2011), ktorí sa problematikou zaoberali v minulosti. Dôvodom je najmä rozdiel v metodickom postupe merania, výsledných fyzikálnych jednotkách a samotnom ciele merania. Laboratórne merania iných autorov boli zamerané na spojenie a prechod inštalčných prvkov cez plochu konštrukčných materiálov. V tomto príspevku uvedené hodnoty zodpovedajú ideálnemu objemovému toku vzduchu cez hmotu konštrukčného materiálu bez vplyvu rôznych činiteľov. Najvýznamnejšie je hodnotenie skúšobných vzoriek konštrukčných materiálov na rovnakej materiálovej báze pri rozdielnych hrúbkach a povrchovej úprave. Z uvedených hodnotených vlastností a dosiahnutých výsledkov je možné vysloviť nasledovné závery:

- **konštrukčné materiály na báze minerálnych spojív (obr. 6):**

Nízka hodnota vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov na báze minerálnych spojív je spôsobená štruktúrou povrchovej vrstvy v rovine dosky. Na uvedenú vlastnosť má hlavne vplyv povrchová úprava impregnovaným papierom a nízka pórovitosťou konštrukčného materiálu.

- **konštrukčné materiály na báze aglomerovaného dreva (obr. 7):**

Skúšobné vzorky OSB/3 pochádzali od troch rôznych výrobcov označených B_1, B_2, B_3. Na obr. 7 je zreteľný rozdiel hodnôt vzduchovej priepustnosti. Pomerne veľký rozptyl hodnôt je spôsobený niektorými faktormi, ktoré boli zaznamenané počas merania. Horšiu vzduchovú priepustnosť preukázali konštrukčné materiály OSB/3, ktorých povrchová štruktúra mala vysokú pórovitosť. Voľným okom bol pozorovateľný voľný priestor medzi zlepenými časticami orientovaných triesok. Cez tieto miesta dochádzalo k zvýšenému prúdeniu objemového toku vzduchu. Na obr. 7 je možné vidieť zanedbateľnú zmenu vzduchovej priepustnosti konštrukčného materiálu OSB/3 od hrúbky 15 mm. Na vzduchovú priepustnosť vplýva predovšetkým kvalita zlisovania povrchovej vrstvy a pórovitosť konštrukčného materiálu ako samotná hrúbka dosky.

- **konštrukčné materiály na báze masívneho dreva (obr. 8):**

Skúšobné vzorky krížom lepeného lamelového dreva dosiahli nízku vzduchovú priepustnosť, ktorá je spôsobená nánosom lepidla medzi jednotlivými vrstvami a pórovitosťou masívneho dreva. Medzi skúšobnými vzorkami bola preukázaná závislosť medzi počtom a hrúbkou vrstiev. Negatívne na vzduchovú priepustnosť vplývajú chyby dreva, ktoré preukázala skúšobná vzorka C/2 na jej povrchovej vrstve sa nachádzali povrchové trhliny a hrče.

- **konštrukčné materiály na báze aglomerovaného dreva s povrchovou úpravou (obr. 9):**

Povrchová úprava výrazne prispieva k zníženiu vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov OSB/3. Na obr. 9 sú porovnávané skúšobné vzorky bez povrchovej úpravy, s prvou a druhou vrstvou náteru aplikovaného maliarskym valcom. Povrchovú úpravu fóliou na báze celulózy bola vykonaná lisovaním na konci výrobného procesu výrobcom OSB/3. Výrazné zníženie vzduchovej priepustnosti je spôsobené vytvorením povrchového filmu na ploche konštrukčného materiálu OSB/3. Potrebná je dôkladná aplikácia náterovej látky a vyplnenie voľných priestorov medzi časticami orientovaných triesok tak aby vznikla súvislá vrstva náteru.

- **porovnanie vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov (obr. 10):**

Štatistickú analýzu nameraných údajov znázorňuje krabicový graf obr. 10, ktorý prezentuje medián, rozsah najväčších a najmenších hodnôt. Najväčší rozsah majú hodnoty skúšobných vzoriek na báze aglomerovaného dreva v druhom stĺpci bez povrchovej úpravy. Vysoké hodnoty vzduchovej priepustnosti je možné znížiť použitím povrchovej úpravy, ktorých rozsah je vyjadrený v štvrtom stĺpci. Najmenší rozsah dosiahli konštrukčné materiály na báze minerálnych spojív v prvom stĺpci a masívneho dreva v tretom stĺpci. Tieto hodnoty laboratórneho merania vzduchovej priepustnosti spĺňajú požiadavku $q_{50} < 0,1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Výsledky laboratórných meraní priniesli nové poznatky v problematike vzduchovej priepustnosti konštrukčných materiálov. V budúcnosti je perspektívne venovať pozornosť povrchovej štruktúre v rovine dosky a jej povrchovej úprave. Tieto dve vlastnosti zrejme najviac ovplyvňujú vzduchovú priepustnosť konštrukčných materiálov. Významným prínosom prezentovaných výsledkov je preukázanie kvality konštrukčných materiálov od rôznych výrobcov, ktorá je ovplyvnená dodržiavaním technologických postupov pri výrobe.

ZÁVER

Na základe vykonaných laboratórných meraní konštrukčných materiálov je možné konštatovať nasledovné závery. Požiadavke na vzduchovú priepustnosť $q_{50} < 0,1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ vyhovujú skúšobne vzorky na báze minerálnych spojív a masívneho dreva, ktoré dosahovali hodnoty v intervale 0,00005 až 0,07300 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Konštrukčné materiály na báze aglomerovaného dreva OSB/3 preukázali veľký rozptyl hodnôt vzduchovej priepustnosti, ktoré sa pohybovali v intervale 0,107 až 1,504 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Nedostatok je možné eliminovať povrchovou úpravou. Pri meraní skúšobných vzoriek bez povrchovej úpravy a s povrchovou úpravou bol zaznamenaný významný rozdiel výslednej hodnoty vzduchovej priepustnosti. V jednom prípade meranej skúšobnej vzorky bola dosiahnutá hodnota bez povrchovej úpravy $q_{50} = 1,504 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ a po úprave dvoma vrstvami náteru hodnota $q_{50} = 0,058 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Z toho vyplýva významnosť použitia povrchovej úpravy pre konštrukčné materiály na báze aglomerovaného dreva.

LITERATÚRA

- AHO, H., VINHA, J., 2008: Implementation of Airtight Constructions and Joints in Residential Buildings. Tampere University of Technology
- CATALINA, T., VIRGONE, J., 2008: Energy and Buildings: Development and Validation of Regression Models to Predict Monthly Heating Demand for Residential Buildings. 2008. Elsevier, B.V.
- DUDAS, J., JOCHIM, S. 2008: Konštrukčné drevené materiály : pre drevené stavebné konštrukcie a výroby. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 160 s. ISBN 978-80-228-1938-1
- HACENE, B., AMARA, S., 2011: Energy Procedia: Thermal Requirements and Temperatures Evolution in an Ecological House. Elsevier B.V.
- KATZ, M., WITRIOL, M., 2004: Journal of Testing and Evaluation: The Generalized Subtraction Correction Algorithm for Measuring Duct Leakage Using a Blower Door. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive

KUILEN, V., CECCOTTI, A., 2011: Procedia Engineering: Very Tall Wooden Buildings with Cross Laminated Timber. Elsevier B.V.
LANGMANS, J., KLEIN, R., 2010: Energy and Buildings: Potential of Wind Barriers to Assure Airtightness of Wood- Frame Low Energy Constructions. Elsevier B.V.
NOVÁK, J. 2008. Vdychotěsnost obvodových plášťů budov. Praha: Vydala Grada Publishing, a.s., 2008. 204 s. ISBN 978-80-247-1953-5
RALF, K. 2010. Potential of wind barriers to assure airtightness of wood- frame low energy constructions. In Energy and Buildings.
SANDBERG, I., SIKANDER, E., 2004: Airtightness issues in the Building process. Swedish National Testing and Research Institute
STN EN 12114. (2002): Tepelnotechnické vlastnosti budov. Vzduchová priepustnosť stavebných prvkov a konštrukcií. Laboratórna skúšobná metóda.
STN EN 13829. (2001): Tepelnotechnické vlastnosti budov. Stanovenie vzduchovej priepustnosti budov. Metóda pretlaku pomocou ventilátora.
ŠTEFKO, J., SEDLÁK, P., JOCHIM, S. 2011. Obvodové plášte nízkoenergetických budov na báze dreva. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 64 s. ISBN 978-80-228-2326-5

Adresa autora

Ing. Jozef Bednár
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov
Oddelenie drevených stavebných konštrukcií
T. G. Masaryka 24
960 53 ZVOLEN
e-mail: jozef.bednar@tuzvo.sk
linked-in: www.linkedin.com/in/jozefbednar/
www.tuzvo.sk/drevostavby