

TEPELNO-TECHNICKÉ VLASTNOSTI DREVOHLINÍKOVÝCH A DREVENÝCH OKIEN

THERMAL PERFORMANCE OF WOOD ALUMINIUM AND WOODEN WINDOWS

Roman Nôta

ABSTRACT

The paper deals with wood-aluminium windows and their thermal performance in comparison with ordinary wood windows as well as with thermal performance of wood windows depending on their structural depth.

Wood-aluminium windows provide for the user, due to their structural composition, an increased lifespan and simpler maintenance. The aim of the paper was to confirm or disprove the hypothesis that due to the use of aluminium (thermally conductive material) these windows can have worse thermal performance than wood window constructions. These calculations were carried out on a sample of three construction solutions of wood windows with various structural depth (78 to 110 mm) and three various construction solutions of wood-aluminium windows. The simulations confirmed that the factor of thermal conductivity of wood has a major impact on Thermal performance of wooden windows.

However, the calculations according to the numerical methods listed in relevant standards have proven that the wood-aluminium window construction has sufficient thermal performance in order to meet the high standards for energy passive houses. These calculations were carried out on a sample of three construction solutions of wood windows with various structural depth (78 to 110 mm) and three various construction solutions of wood-aluminium windows. Addition of aluminum parts to the wooden profile increase its thermo-technical properties approximately about 8.7%. However, it should be confirmed by another calculations for other profiles.

Key words: wood windows, wood-aluminum windows, thermal performance of windows.

ÚVOD

Okenné konštrukcie budovách plnia niekoľko funkcií. Ide hlavne o osvetlenie interiérov, hygienickú výmenu vzduchu a v slúžia ako únikové cesty. V súčasnosti sa kladie doraz hlavne na energetickú náročnosť budov vyjadrenú hlavne potrebou tepla na vykurovanie. „Budovy splňajú energetické požiadavky z pohľadu potreby tepla na vykurovanie, ak ich merná potreba tepla $Q_{H,nd}$ je menšia alebo rovná $Q_{H,nd,N}$ v kWh/(m²·rok). Kde $Q_{H,nd}$ je merná potreba tepla stanovená podľa STN 73 0540-2 v kWh/(m²·rok) a $Q_{H,nd,N}$ je normalizovaná potreba tepla na vykurovanie, taktiež nazývaná aj ako požadovaná hodnota, pri zohľadnení faktoru tvaru budovy“ (BÚRYOVÁ 2014). Tieto

požiadavky sa neustále sprísňujú a keďže okná tvoria neoddeliteľnú súčasť obalového plášt'a a „sú slabým článkom pri riešení energetickej potreby budovy a tepelných strát, práve preto je potrebné dôsledne dbať na ich kvalitný výber“ (BÚRYOVÁ 2011). Momentálne normy predpisujú tepelno-technické vlastnosti okna, prezentované hodnotou súčiniteľa prechodu tepla okna U_w [W/m^2K], na normalizovanej/požadovanej hodnote $1,4 W/m^2K$, avšak cieľová odporúčaná hodnota je $0,6 W/m^2K$, predpokladá sa jej účinnosť ako normalizovanej od roku 2020. Hodnota U_w sa skladá z viacerých parametrov. Hlavným je hodnota súčiniteľa prechodu tepla zasklením U_g , nakoľko sklo tvorí cca 80 až 70% plochy okna. Tá sa v súčasnosti môže dosahovať hodnotu do $0,3W/m^2K$. Ďalšou časťou je hodnota súčiniteľa U_f pre okenné rámy. Tie pre drevené okná majú hodnotu, podľa stavebnej hĺbky v konštrukčnom systéme IV, od $1,40$ do $0,97 W/m^2K$ ¹. Pri oknách určených do energeticky pasívnych budov ($U_w \leq 0,8 W/m^2K$) sa hodnota pohybuje od $0,6$ do $0,9 W/m^2K$ (GUSTAVSEN a kol. 2007, GUSTAVSEN a kol. 2011), pričom tieto hodnoty sú pre okná na všetkých materiálových bázach.

Kombináciou rôznych materiálov sa dosahujú nízke hodnoty U_f ide o kombinované materiály na báze plastických hmôt (polyvinylchloridy, polyuretány, polystyrény), kovov (zliatiny hliníka) a prírodných izolačných materiálov (korok, mäkká drevovláknitá doska). Do popredia sa dostávajú hlavne drevo a hliníkové konštrukcie, ktoré svojimi vlastnosťami prispievajú k dlhej životnosti okien a z pohľadu investorov majú aj estetický význam. Samotná hliníková konštrukcia by nemala znehodnocovať tepelnotechnické vlastnosti okna čo chceme potvrdiť v článku. Pôjde hlavne o porovnanie základných tepelnotechnické vlastnosti rámov drevohliníkových a drevených okien s rôznou stavebnou hĺbkou.

TEORETICKO - EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Výpočet súčiniteľa prechodu tepla okenným rámom sa vykonal na základe STN EN ISO 10077 Tepelno-technické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 1: Všeobecne a Časť 2: Numerická metóda pre rámy. pomocou simulačného počítačového programu THERM 7.2.7 vyvíjaný v Lawrence Berkeley National Laboratory, Department of Energy National Laboratory Managed by the University of California. Aby boli jednotlivé výsledky rôznych konštrukcií okenných rámov porovnateľné, výpočet prebiehal pri totožných, stacionárnych podmienkach a s rovnakými parametrami materiálov, uvádzaných v príslušných normách.

Okrajové podmienky výpočtu (STN EN ISO 10077-2):

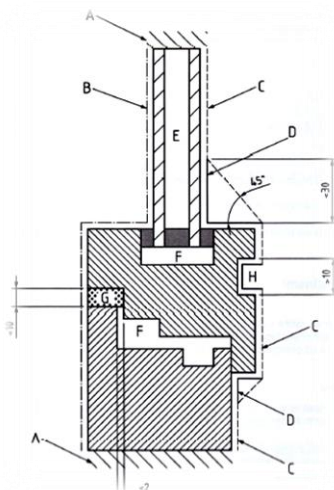
Referenčné teploty: interiérová $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 exteriérová $\theta_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Referenčný odpor pri prestupe tepla:

interiérový	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
redukovaný interiérový ²	$R_{si} = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$
exteriérový	$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
redukovaný exteriérový ²	$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

¹ Podľa dostupných informácií od slovenských a európskych výrobcov drevených okien s konštrukčným systémom IV [NÓTA 2010, internetové zdroje].

² Redukovaný odpor pri prestupe: viď obr. č. 3



Obr. 1 Rozdelenie referenčných okrajových podmienok pre výpočet U_f (A - adiabatické okr. podmienky, B – odpor pri prestupe exteriérový, C – odpor pri prestupe interiérový, D – redukovaný odpor pri prestupe tepla, E – zasklenia, F – nevetraná vzduchová dutina, G – slabo vetraná vzduchová dutina, H – vetraná vzduchová dutina) [SNT EN ISO1077-2].

Fig. 1 Division of reference boundary conditions for the calculation of U_f (A – adiabatic boundary, B – external surface resistance, C – internal surface resistance, D – increased surface resistance, E – glazing, F – unventilated cavity, G – slightly ventilated cavity, H – well ventilated cavity).

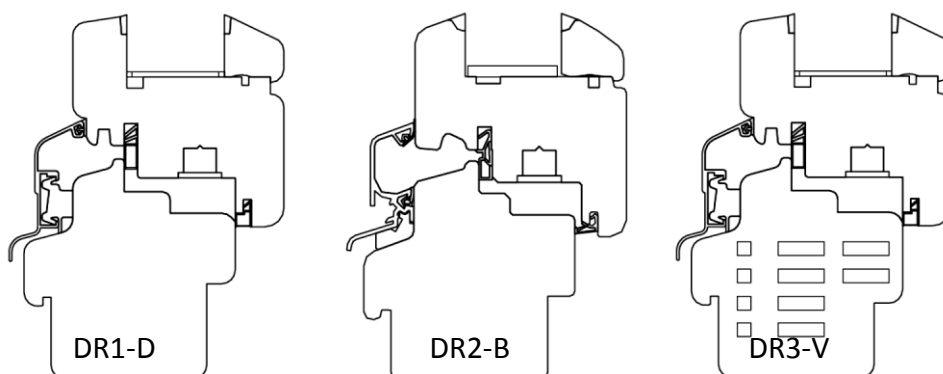
Tepelno-technické charakteristiky (súčiniteľ tepelnej vodivosti) použitých materiálov:

Materiál	súčiniteľ tepelnej vodivosti (λ [W/m.K])
EPDM ³	0,25
ocel'	50,00
<i>Picea abies</i>	0,11
polysulfid	0,40
silikón	0,35
zliatina hliníka	160,00

Ekvivalentný súčiniteľ tepelnej vodivosti (λ_{eq}) pre otvorené a uzavreté vzduchové dutiny bol určený podľa algoritmov v programe THERM.⁴

Pre porovnanie štandardných drevených okien s drevo-hliníkovými oknami boli použité profily drevených okien so stavebnou hĺbkou okenných rámov 78, 88, 92, 102, 110 mm. V troch prevedeniach:

1. celodrevené konštrukcia s polodrážkou pre prvé tesnenie (DR1-D),
2. konštrukcia bez polodrážky pre prvé tesnenie (DR2-B),
3. celodrevené konštrukcia s polodrážkou pre prvé tesnenie so vzduchovými dutinami profilu airotherm® (DR3-V) [22]. (Obr. 2)



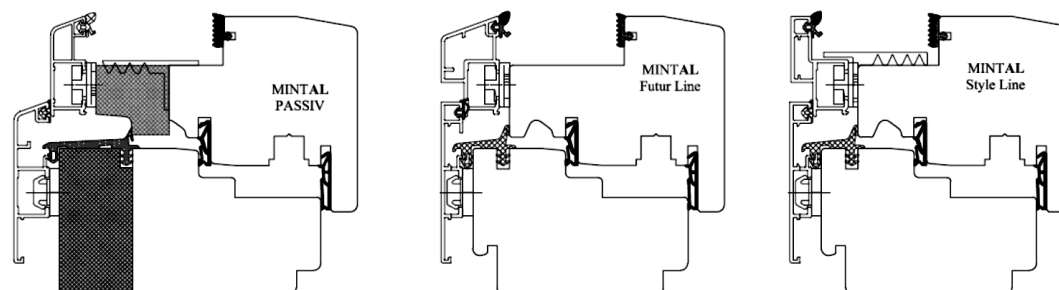
Obr. 2 Schematické znázornenie profilov celodrevených okien (profil stavebnej hĺbky 78 mm).
Fig. 2 Schematic illustration of wood window profiles (profile of structural depth 78 mm).

³ etylén propylén dien monomér

⁴ hodnoty λ_{eq} sú v súlade s požadovanými hodnotami podľa STN EN ISO 10077-2

Hlavným rozdielom pri profiloch DR1-D a DR2-B je použitá hliníková odkvapnica a s tým spojená menšia zmena tvarovania profilu okenného krídla.

Konštrukcie drevo-hliníkových (DR-AL) okien dodávaných spoločnosťou MINTAL a to konkrétne profily „MINTAL Futur Line“, „MINTAL Style Line“ so stavebnou hĺbkou 100mm a „MINTAL Passiv“ so stavebnou hĺbkou 125mm.



Obr. 3 Schematické znázornenie drevohliníkových okien spoločnosti MINTAL.
Fig. 3 Schematic illustration of wood-aluminium windows made by company MINTAL.

Súčinitele prechodu tepla pre jednotlivé typy okniene boli počítané na základe rovnice:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_f + A_g} \quad (1)^5$$

- kde: U_w súčiniteľ prechodu tepla okna (W/m^2K)
 U_f súčiniteľ prechodu tepla okenným rámom (W/m^2K)
 U_g súčiniteľ prechodu tepla okenným zasklením (W/m^2K)
 A_f plocha predmetu konštrukcie okenného rámu kolmo v smere tepelného toku (m^2)
 A_g plocha priemetu zasklenia okna v smere tepelného toku (m^2)
 l_g celkový viditeľný obvod zasklenia (m)
 Ψ_g lineárny stratový súčiniteľ v styku zasklenia dištančného profilu a rámu (W/mK)

Pre stanovenie U_w boli predpokladané nasledovné geometrické hodnoty:

rozmer okna **1,23 × 1,48 m**, z toho plocha okenného rámu

- pre drevené okná profilu 78, 88 a 92mm: $A_f = 0,659m^2$, $A_g = 1,162m^2$ a $l_g = 4,34m$
- pre okenné profil 102 a 110mm: $A_f = 0,723 m^2$, $A_g = 1,097m^2$ a $l_g = 4,22m$,
- pre drevohliníkové okná: $A_f = 0,566 m^2$, $A_g = 1,255m^2$ a $l_g = 4,51m$.

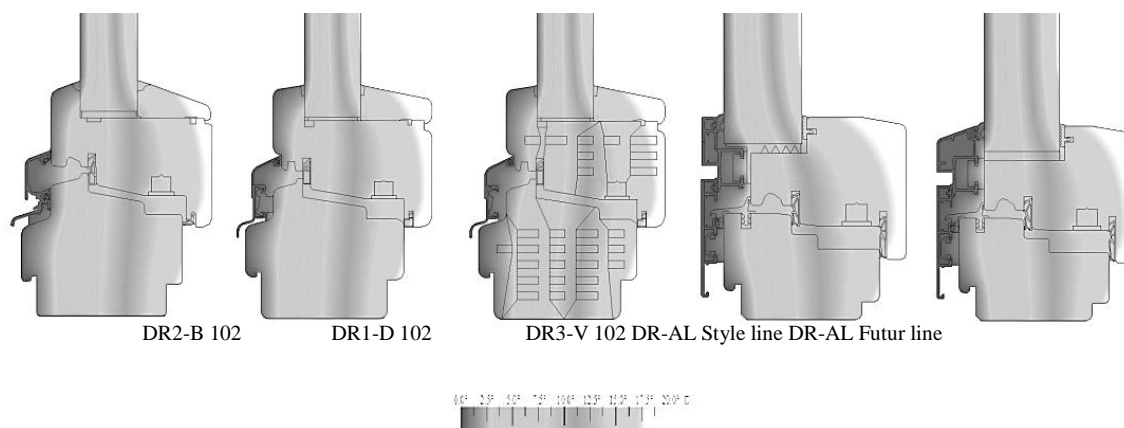
Ako dištančný rámik skleneného systému bol uvažovaný rámik spoločnosti Swisspacer, v prevedení Swisspacer Ultimate kde výrobca udáva hodnoty lineárneho stratového súčiniteľa pre trojsklo v celodrevenom okne $\Psi_g = 0,029 W/mK$ a pre trojsklo v drevohliníkovom okne $\Psi_g = 0,030 W/mK$ (http://www.holz-schiller.de/airotherm/files/vortrag_marco_horn.pdf).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe vykonaných simulácií sme dospeli k výsledkom, ktoré sú zhrnuté v tabuľke 1. Medzi výsledky počítačových simulácií môžeme zahrnúť aj grafické výstupy znázorňujúce priebeh teplôt v konštrukciách ako aj priebeh tepelných tokov (obr. 4 a 5). Pre porovnanie drevených konštrukcií s drevo-hliníkovými sú na obrázkoch znázornené

⁵ ekvivalent rovnice (1) v STN EN ISO 10077-1

konštrukcie s približne rovnakou stavebnou hĺbkou (pre drevené 102 a pre drevo-hliníkové 100 mm).

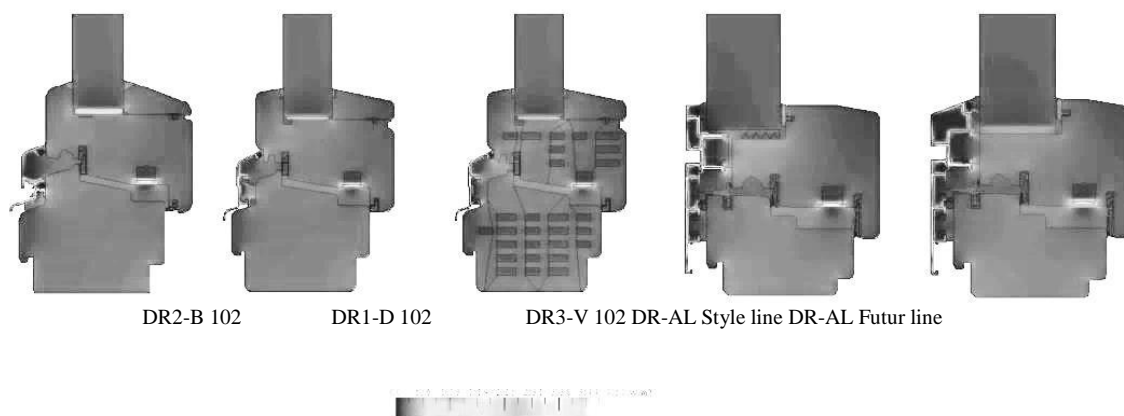


Obr. 4 Izotermické zobrazenie priebehu teplôt pre drevené profily okien hrúbky 102 mm a drevo-hliníkové profily hrúbky 100 mm.

Fig. 4 Isothermal illustration of the temperature course for wood profiles with the thickness 102 mm and wood-aluminium profiles with thickness 100 mm.

Ako je vidieť na obrázku č. 4. pre celodrevené profily ako aj pre drevo-hliníkový profil Futur line je stredná hodnota rozdielu teplôt (cca 10°C) takmer lineárna, z čoho vyplýva menšia deformácia teplotného poľa a na jej základe menšie riziko nepriaznivých tepelných vplyvov. Pri profile Style line je deformácia teplotného poľa výraznejšia, čo v tomto prípade dáva možnosť ubrať materiál z miest po vnútornom obvode okenného krídla, ktoré by prispelo k lepšiemu prúdeniu vzduchu okolo detailu zasklenia a tým pádom aj k zníženiu riziku vzniku kondenzácie v tomto mieste.

Vzhľadom na to, že simulácie boli prevádzané na základe platných noriem pre výpočet koeficientu prestupu tepla, nie je v nich zahrnutý vplyv obvodového dištančného rámika zasklenia. Tento pôsobí ako deformujúci element a spôsobuje výraznejšiu deformáciu teplotného poľa.



Obr. 5 Grafické zobrazenie priebehu tepelných tokov pre drevené profily okien hrúbky 102 mm a drevo-hliníkové profily hrúbky 100 mm.

Fig. 5 Graphic illustration of the course of heat flows for wood window profiles with the thickness 102 mm and wood-aluminium profiles with the thickness 100 mm.

Zo zobrazenie tepelných tokov na simulovaných profiloch jasne vyplýva, že hliníkové opláštenie drevo-hliníkových konštrukcií okien nemá zásadný vplyv na celkový tepelný tok

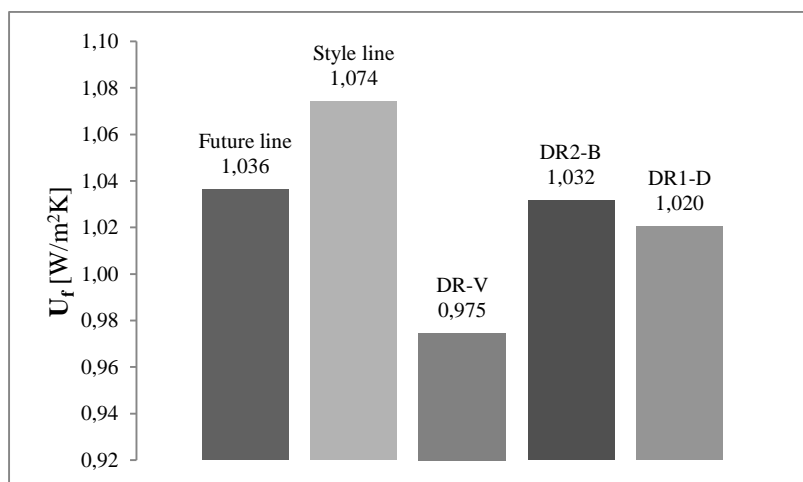
konštrukcie. Napriek výrazne vyššej tepelnej vodivosti hliníkových zliatin v porovnaní s ostatnými použitými materiálmi pri výrobe týchto okien.

Výsledky v tabuľke 1. (Tab. 1) uvádzajú súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou okenného rámu ako aj celkový súčiniteľ prestupu tepla oknom vypočítaný na základe vzťahu (1).

Tab. 1 Výsledky súčiniteľu prechodu tepla okenným rámom ako aj celou okennou konštrukciou.

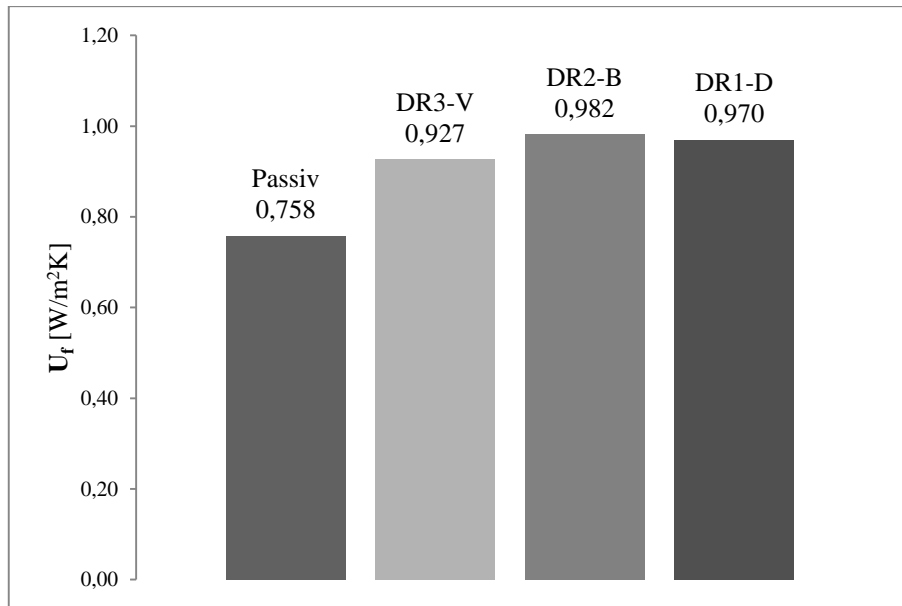
Tab. 1 Results of coefficient of heat transfer through the window frame as well as the whole construction.

profil okna	stavebná hĺbka okenného rámu [mm]	U_g [W/m.K]	Ψ_g [W/mK]	U_f [W/m.K]	U_w [W/m.K]
DR1-D	78	0,7	0,029	1,277	0,978
	88	0,7	0,029	1,155	0,934
	92	0,7	0,029	1,123	0,922
	102	0,7	0,029	1,020	0,894
	110	0,7	0,029	0,970	0,875
DR2-B	78	0,7	0,029	1,289	0,982
	88	0,7	0,029	1,177	0,942
	92	0,7	0,029	1,140	0,928
	102	0,7	0,029	1,032	0,899
	110	0,7	0,029	0,982	0,879
DR3-V	78	0,7	0,029	1,243	0,966
	88	0,7	0,029	1,136	0,927
	92	0,7	0,029	1,093	0,911
	102	0,7	0,029	0,975	0,876
	110	0,7	0,029	0,927	0,858
DR-AL Style line	100 (88dr)	0,7	0,030	1,074	0,891
DR-AL Future line	100 (88dr)	0,7	0,030	1,036	0,880
DR-AL Passiv	125 (77dr, 30PS)	0,7	0,030	0,758	0,792



Obr. 6 Porovnanie U_f [W/m²K] pre drevoaluminiové okná konštrukčnej hĺbky 100 mm a celodrevené okná konštrukčnej hĺbky 102mm.

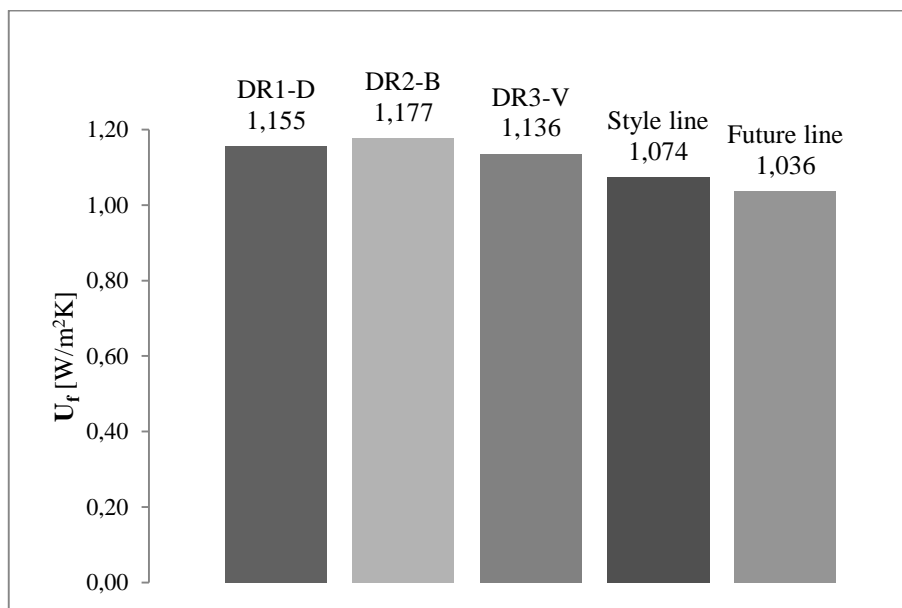
Fig. 6 Comparison of U_f [w/m2K] for wood-aluminium windows with structural depth 100 mm and wood windows with structural depth 102 mm.



Obr. 7 Porovnanie U_f pre pasívne drevohliníkové okno konštrukčnej hĺbky 125 mm a celodrevené okná konštrukčnej hĺbky 110 mm.

Fig. 7 Comparison of U_f for passive wood-aluminium window with structural depth 125 mm and wood windows with structural depth 110 mm.

Porovnanie samotných drevených okenných konštrukcií s drevohliníkovými konštrukciami, kde je použitá rovnaké stavebná hĺbka drevenej časti (88 mm) je znázornené grafom na obr. 8



Obr. 8 Porovnanie U_f drevené a drevohliníkové okno konštrukčnej hĺbky dreva 88 mm.

Fig. 8 Comparison of U_f [w/m2K] for wood and wood-aluminium windows with structural wood depth 88 mm.

Zo vzájomného porovnania vyplýva, pridanie hliníkového opláštenia pri zachovaní konštrukčnej hrúbky drevenej časti zníži koeficient prestupu tepla o cca 0,1 W/m²K (8,7%).

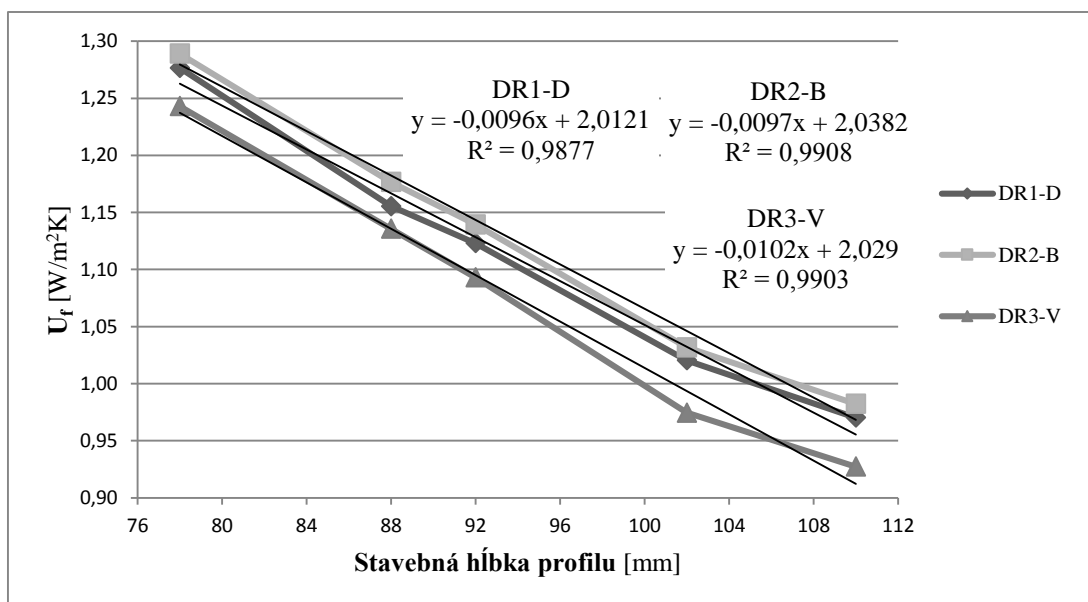
Podľa dostupných informácií od európskych výrobcov sa hodnoty súčiniteľa prechodu tepla okenným rámom drevohliníkovej konštrukcie pohybujú v priemere na hodnote 1,144 W/m²K pre hrúbky v rozmedzí od 68 do 103 mm drevenej časti (väčšia časť súboru je

s hrúbkami 68 a 78 mm). Pre nami simulované okná, s hrúbkou drevenej časti 88 mm, z výpočtov predbežne vychádzala priemerná hodnota 1,055 W/m²K (avšak táto hodnota je kalkulovaná z dvoch doteraz simulovaných konštrukcií, čo nie je postačujúca). Ak to porovnáme s údajmi výrobcov o hodnote U_f pre približne odpovedajúce hrúbky drevenej časti (± 5 mm), kde sa táto hodnota pohybuje v priemere na hodnote 1,056 W/m²K. Je možné povedať že výrobcovia udávajú hodnoty v súlade s nami overenými údajmi. Avšak u väčšine výrobcov nebolo uvedené, či tieto hodnoty získali výpočtom alebo meraním.

Keďže z hľadiska zvýšených tepelnotechnických požiadaviek pre výstavbu pasívnych budov sa drevohlíkové konštrukcie pohybujú v stavebných hĺbkach od cca 115 do cca 150 mm, kde sa hodnota U_f pohybuje v rozmedzí 0,6 po 0,9 W/m²K (GUSTAVSEN *et al.* 2007, GUSTAVSEN *et al.* 2011). Nami simulované drevohlíkové okno (MINTAL Passiv) spĺňa požiadavky pre pasívny štandard aj pri stavebnej hĺbke ktorá nie je nad hranicou estetickéj úrovne okennej konštrukcie.

Problematikou tepelnotechnických vlastností samotného okenného rámu sa zaoberá málo prác, nakoľko ide skôr o problematiku vedenú a podporovanú výrobcami okien. V prácach sa objavujú zástupcovia jednotlivých materiálových skupín profilov v jednom príp. dvoch konštrukčných prevedeniach avšak vo väčšine prípadov sú výsledky zamerané na celkovú hodnotu tepelnotechnických vlastností okien (AUTORY 2014, ARASHED *et al.* 2006, APPELFELD *et al.* 2010, BALDINELLI *et al.* 2014) resp. na vlastnosti v interakcii s exteriérovými roletovými boxami (CARDINALE *et al.* 2015). Z toho dôvodu porovnanie týchto výsledkov, o ktoré sa pokúšame v našej práci, nie je relevantné. V dostupných zdrojoch, kde je možné vzájomné porovnanie jednotlivých konštrukčných skupín, sa zaoberajú hlavne tepelnotechnickými vlastnosťami drevených okenných konštrukcií a drevohlíkových v minimálnom rozsahu. Z toho dôvodu sa v nasledujúcej časti zameriame na porovnanie hodnoty U_f pre celodrevené profily.

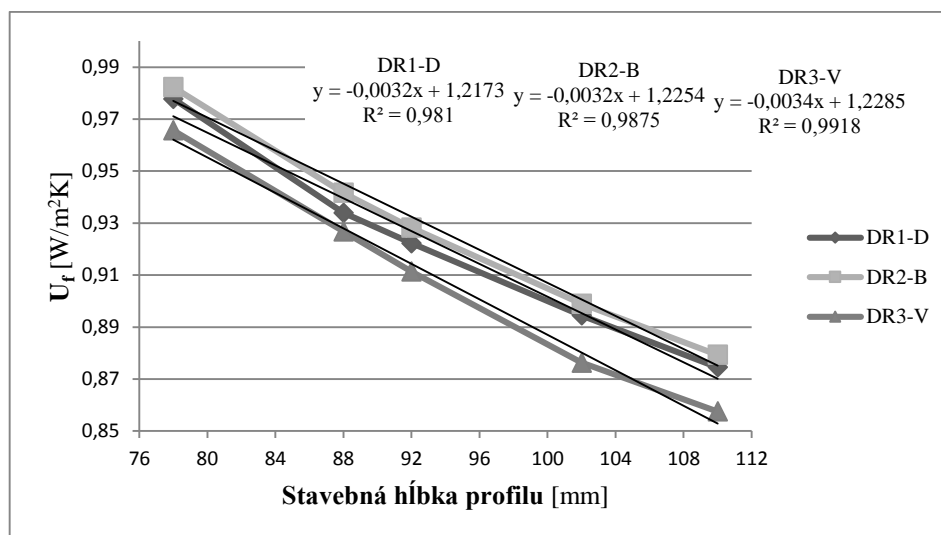
Na nasledujúcom grafe je znázornená závislosť súčiniteľa prechodu tepla okenným rámom od stavebnej hĺbky okennej konštrukcie.



Obr. 9 Závislosť súčiniteľa prechodu tepla okenným rámom od stavebnej hĺbky okennej konštrukcie.
Fig. 9 Dependence of the heat transfer coefficient through the window frame on the structural depth.

Ako je zrejmé z grafu, závislosť súčiniteľa prechodu tepla od stavebnej hĺbky okenného rámu je priamo úmerná, čomu zodpovedajú aj hodnoty spoľahlivosti (R^2) trendových spojnic, ktoré sú vysoké (od 0,9877 po 0,9908). Táto závislosť sa dala

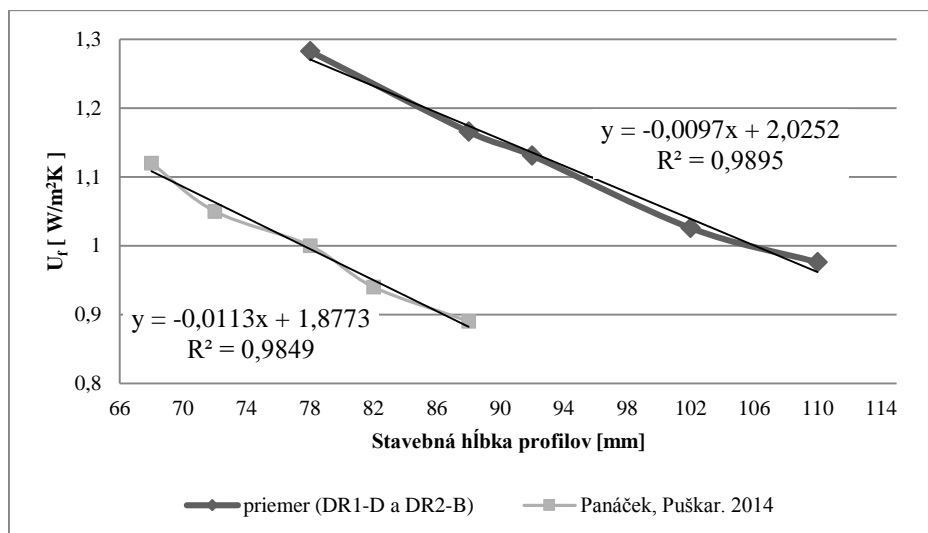
predpokladať nakoľko v nej zohrávajú hlavnú úlohu súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu (v tomto prípade Smrek obyčajný (*Picea abies*, L.) $\lambda = 0,11 \text{ W/m.K}$ – podľa STN EN ISO 10077-2) a hrúbka materiálu (stavebná hĺbka okennej konštrukcie rámu). Táto závislosť sa prenáša aj na celkový súčiniteľ prechodu tepla okna U_w , nakoľko hlavnou premenou v tomto prípade je súčiniteľ prechodu tepla okenným rámom U_f . Viditeľné je to z grafu na obrázkoch 9. a 10.



Obr. 10 Závislosť súčiniteľa prechodu tepla okennej konštrukcie od stavebnej hĺbky okennej konštrukcie.
Fig. 10 Dependence of the heat transfer coefficient of the window construction on the structural depth.

Ak porovnáme hodnoty U_f celodrevených okenných konštrukcií (slovenských výrobcov) ktoré sa pohybujú v rozmedzí 1,85 až 1,50 $\text{W/m}^2\text{K}$ (VAVROVIČ *et al.* 2011), resp. 1,60 až 2,00 $\text{W/m}^2\text{K}$ (CHMÚRNY 2004). Koeficienty prestupu tepla celej okennej konštrukcie pre stavebné hĺbky od 78 do 100 mm sa pohybujú v rozpätí 0,73 až 0,94 $\text{W/m}^2\text{K}$ (NÔTA 2009a; PUŠKÁR 2012) podľa meraní uskutočnených na SF STU v Bratislave. Nami zistené hodnoty sa pohybovali v rozmedzí od 0,93 do 1,28 $\text{W/m}^2\text{K}$. Avšak tieto hodnoty sa vzťahujú na konštrukcie od stavebnej hĺbky 78 mm do st. hĺbky 110 mm. Pričom môžeme predpokladať, že hodnoty udávané v predchádzajúcich prácach (CHMÚRNY 2004 a VAVROVIČ *et al.* 2011) sa vzťahujú na vtedy aktuálne najčastejšie používané konštrukčné hĺbky 68 mm resp. 78 mm. V práci autorov PANÁČEK, PUŠKÁR (2012) sú hodnoty U_f pre celodrevené okenná so stavebnou hĺbkou od 68 do 88 mm uvádzané v rozmedzí 1,21 až 0,92 $\text{W/m}^2\text{K}$, pričom pre výpočet týchto hodnôt použili koeficient tepelnej vodivosti smreku $\lambda_{SM} = 0,092 \text{ W/mK}$, ktorú získali z výskumu od autora KOŽELOUHA (1974)⁶. Pri zohľadnení horšej hodnoty λ pri našich výpočtoch sú výsledky porovnateľné. Na grafe na obrázku 16 (Obr. 16) je porovnanie hodnôt od autorov PANÁČEK, PUŠKÁR (2012) s priemernými hodnotami z profilov DR1-D a DR2-B, profil DR3-V sme z porovnania vynechali nakoľko sú v konštrukcii vzduchové dutiny, ktoré by skresľovali porovnanie výsledkov.

⁶ Koželouh, B.: Parametry objemovej hmotnosti dřeva, Dřevo československý odborný dřevářský časopis, ALFA, 1974, s. 356 – uvádzané v Panáček, Puškár. 2014



Obr. 11 Porovnanie nami simulovaných hodnôt profilov s profilmi udávanými v PANÁČEK, PUŠKÁR (2014).

Fig. 11 Comparison of our profile values with profiles listed in PANÁČEK, PUŠKÁR (2014).

ZÁVER

Pomocou numerických metód výpočtu súčiniteľa prestupu tepla okennými konštrukciami pre rámy sa nám podarilo predbežne potvrdiť že drevo-hliníkové okenné konštrukcie sú z hľadiska tepelnej techniky vhodné pre energeticky efektívnu výstavbu. U_f do $0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ resp. U_w do $0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nakoľko sme mali k dispozícii konštrukcie iba od jedného výrobcu je potrebné toto potvrdiť výpočtami pre profily aj iných výrobcov.

Tak isto sa nám opätovne podarilo potvrdiť fakt, že so zväčšujúcou sa stavebnou hĺbkou okenných konštrukcií sa zlepšujú aj ich tepelno-technické vlastnosti. Priemerná hodnota U_f pri st. hĺbke 78mm je $1,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ a pre st. hĺbku 110 mm $0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pričom výrobcovia sa snažia optimalizovať výber stavebných hĺbok okien ktoré ponúkajú svojim zákazníkom na základe aj ich tepelno-technických parametrov. Je to zjavné hlavne pri stavebnej hĺbke 68mm ktorú významnejší slovenský výrobcovia drevených okien takmer vyradili zo svojho portfólia výrobkov. Na základe týchto zistení sa dá povedať, že slovenský výrobcovia sa snažia zlepšovať parametre okenných konštrukcií, ktoré prispievajú k zníženiu tepelných strát budov. A tým sa držia smerovania k trvalo udržateľnému rozvoju.

LITERATÚRA

- AL-HAJJAR N. 2013. Využití norem ke stanovení tepelných hodnot otvorových výplní [on line]. Dostupné on-line: <http://stavba.tzb-info.cz/teplnetechnicke-vlastnosti-oken-a-dveri/10017-vyuziti-norem-ke-stanoveni-teplnych-hodnot-otvorovych-vyplni>, [23.1.2014], ISSN 1801-4399.
- APPELFELD D., HANSEN CH.S., SVENDSEN S. 2010. Development of a slim window frame of glass fibre reinforced polyester. Energy and Buildings, 42(10): 1918–1925 ISSN 0378-7788.
- ARASTEH D., GOUDEY H., HUANG J., KOHLER CH., MITCHELL R. 2006 Performace Criteria for residential zero energy Windows. 2007 ASHRAE Winter Meeting, Dallas, Januar 2007, LBNL-59190
- AUTORI 2014. Study report SR 306 (2014), Window thermal enhancement: the development of a rating process [on line], BRANZ 2014, ISSN:1179-619, dostupné on-line: http://www.branz.co.nz/cms_show_download.php?id=3170c803aa8f551bf3b0e3b6e4d20b5aa69bd a52, [22.1.2015].

BALDINELLI G., BIANCHI F. 2014 Windows thermal resistace: Infrared thermography aided comparative analysis among finite volumes simulations and experimental methods. *Applied Energy*, 136: 250–258, ISSN 0306-2619.

BÚRYOVÁ, D. 2011. Kvantifikácia tepelnotechnických a energetických vlastností drevených zrubových stavieb. Dizertačná práca. Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene, 2011. 194 s.

BÚRYOVÁ, D. 2014. Drevostavby a ich energetická náročnosť. In Nemzetközi Konferencia-válogatott előadások gyűjteménye, Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2014, ISBN 978-963-334-158-2.

CARDINALE N., ROSPI G., CARDINALE T. 2015. Numerical and experimental thermal analysis for the improvement of various types of Windows frames and rolling-shutter boxes. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 6: 101–110, ISSN 2251-6832.

GUSTAVSEN A., JELLE P.B., ARASTEH D., KOHLER CH. 2007. State-of-the-Art Highly Insulating Window Frames – Research and Market Review, Project report no 6 [on line], Norwegian University of Science and Technology, Building and Infrastructure 2007, ISBN 978-82-536-0970-6,

GUSTAVSEN A., GRYNNINGA S., ARASTEH D., JELLE B.P., GOUDEY, H. 2011. Key elements of and material performance targets for highly insulating window frames. *Energy and Buildings*, 43(10): 2583–2594, ISSN 0378-7788.

CHMÚRNY I. 2004. Vplyv vlastností okna na potrebu tepla pri vykurovaní budov [on line], dostupné on-line: <http://www.tzb-info.cz/2289-vplyv-vlastnosti-okna-na-potrebu-tepla-pri-vykurovani-budov>, [22.1.2015], ISSN 1801-4399

NÓTA, R. 2010. Okenné otvorové výplne na báze dreva pre energeticky pasívne domy. Dizertačná práca, Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene, 2010. 151 s.

PANÁČEK, P., PUŠKÁR A. 2012. Vplyv druhu dreveniny na tepelnoizolačné vlastnosti okien. In *Dřevěná okna, dveře, schody 2012*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. 1 zv. (rôzne str.). ISBN 978-80-7375-599-7.

PUŠKÁR A. 2012. Súčasný stav okenných konštrukcií a predpoklady vývoja. In *Dřevěná okna, dveře, schody 2012*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. 1 zv. (rôzne str.). ISBN 978-80-7375-599-7.

STN EN ISO 10077-1: 2006, Tepelnotechnické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 1: Všeobecne, (ISO 10077-1:2006).

STN EN ISO 10077-2: 2012, Tepelnotechnické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 2: Numerická metóda pre rámy, (ISO 10077-2: 2012).

STN 73 0540-2: 2012, Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
<http://www.eurookno.sk>, on-line: [4.9.2014]
http://www.holz-schiller.de/airotherm/files/vortrag_marco_horn.pdf, on-line: [24.6.2015]
<http://www.fensterversand.com/fenster/holz/uw-werte.php>, on-line: [24.6.2015]
<http://www.fensterversand.com/fenster/holz-alu/uw-werte.php>, on-line: [24.6.2015]
<http://www.evofenster.com/holz-alu-fenster>, on-line: [24.6.2015]
<http://www.evofenster.com/holz-fenster>, on-line: [24.6.2015]
http://www.kowa.de/fenster/fenster_holz_aluminium#fenster, on-line: [24.6.2015]
<http://www.sorpetaler.de/fenster/modelle/holzfenster/basis>, on-line: [24.6.2015]
<http://www.hrachowina.at/Home/Fenster/Holz-Alufenster/Holz-Alufenster-SOLID>, on-line: [24.6.2015]
<http://www.m-sora.si/en/>, on-line: [24.6.2015]
http://www.swisspacer.com/sites/en/files/Performance_Table_EN.pdf, on-line: [10.9.2014]
<http://www.makrowin.sk>, on-line: [3.2.2015]
<http://www.eurookna-salaj.sk>, on-line: [3.2.2015]
<http://drevovyrobakocis.sk>, on-line: [3.2.2015]
<http://www.eurookna-kunaj.sk>, on-line: [3.2.2015]
<http://www.eurookna-drevar.sk>, on-line: [3.2.2015]
<http://www.unistol.sk>, on-line: [3.2.2015]

Pod'akovanie

Autor ďakuje spoločnosti Ing. Jozefa Mintála - MINTAL so Sielnice za poskytnutie elektronických podkladov profilov drevených a drevo-hliníkových okien.

Adresa autora

Ing. Roman Nôta, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra dizajnu nábytku a interiéru
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
nota@tuzvo.sk