

## Problematika „teplých“ distančních rámečků

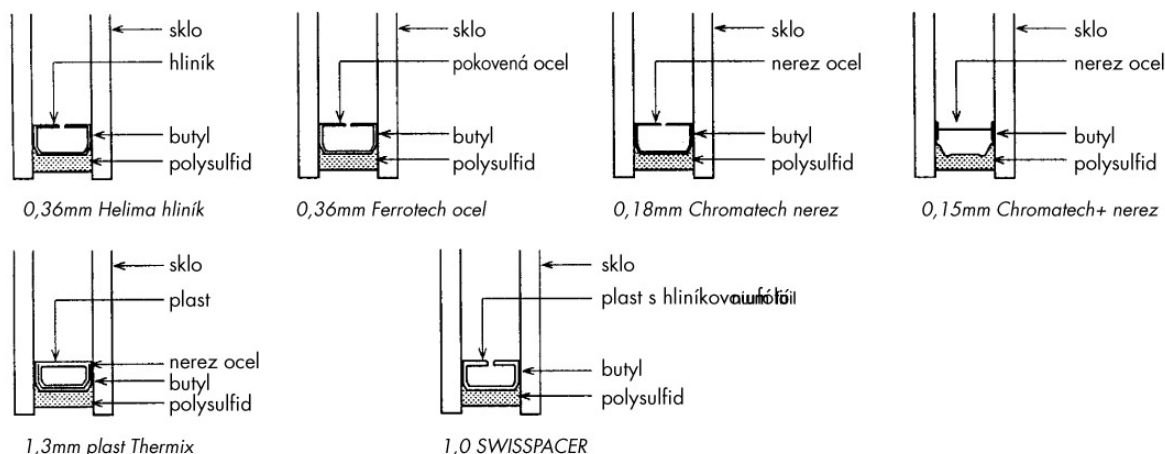
Dlouhou dobu jsme přemýšleli nad tím, který rámeček našim zákazníkům nabídnout. Na trhu jsou dva typy plastových rámečků a dále rámečky nerezové, byla spousta protichůdných informací o kvalitě a výsledcích používání rámečků. Seřadili jsme rámečky v pořadí, v jakém budou nadále srovnávány s hliníkovým rámečkem Helima, což je nejběžnější používaný typ rámečku ve střední Evropě.

1. Ocelový rámeček Ferrotech, výrobce Rolltech, Dánsko - tento rámeček se u nás používá především do skel s fólií Heat Mirror, a to především z důvodu velmi vysoké pevnosti a minimálního ohybu, což je důležité při výrobě skel s fólií Heat Mirror. V zahraničí jsou používány do normálních dvojskel.
2. Nerezový rámeček Nirotech – výrobce Helima – tento rámeček má sílu stěny 0,2 mm
3. Nerezový rámeček Chromatech, výrobce Rolltech – síla stěny rámečku je 0,18 mm
4. Nerezový rámeček Chromatech Plus, výrobce Rolltech – síla stěny je 0,15 mm
5. Rámeček Thermix německého výrobce Ensinger. Jedná se o plastový rámeček se sílou stěny 1,3 mm a s nerezovou výztuží uvnitř (0,1 mm tenký plíšek).
6. Rámeček SWISSPASCER – výrobce Scanglas A/S, Dánsko – Rámeček používaný v koncernu Saint-Gobain. Rámečky obsahují skleněné vlákno a nelze je v rozích ohýbat. Rámeček má tloušťku stěny 1 mm.

Ocelové a nerezové rámečky lze ohýbat na ohýbačce, což je velká výhoda proti rámečkům plastovým, i když rámeček Thermix je údajně možné ohýbat také (nevíme o nikom, kdo by to praktikoval).

Dále jsme hledali informační zdroj, na základě kterého by bylo možné jednotlivé typy rámečků porovnat zejména z hlediska jejich vlivu na koeficient prostupu tepla u okna a z hlediska povrchové teploty vnitřní tabule skla u dolního okraje rámu okna – tato hodnota je důležitá pro výpočet venkovní teploty, při které za dané vlhkosti a vnitřní teploty dojde k zarosení skla zevnitř. Protože každý z výrobců uvádí pouze některé z údajů a není zaručena jejich objektivita, nechtěli jsme tyto údaje použít, navíc např. výrobce Swisspacera neuvádí žádná samostatná data týkající se rámečku.

Nezávislý zdroj dat jsme našli na serveru [www.byg.dtu.dk/vinduer](http://www.byg.dtu.dk/vinduer), což jsou stránky Dánské Technické University, jež je metodologickou a certifikační autoritou v Dánsku. Na těchto stránkách se nachází nejen detailní rozbor parametrů každého z rámečků, ale je zde uveřejněna např. i přímo srovnávací studie od autorů S. Eriksen, J.Kragh, S.Svendsen – „Thermal characterisation of edge constructions in glazings“, řešící přesně naši problematiku.



Pokusíme se shrnout nejzajímavější údaje z těchto stránek do několika tabulek s komentářem.

Všechny uvedené údaje se týkají 16 mm širokých rámečků, pro kombinace ve dvojsklech resp. oknech je použita skladba dvojskla Float 4mm-16 mm argon – LowE 4 mm. Studie výše uvedených autorů ale neřeší rámeček NIROTECH od firmy Lingemann, ten tedy není ve výsledcích srovnání uveden.

Úvodní tabulka ukazuje základní energetické charakteristiky srovnávaných rámečků.

Tabulka č. 1: Energetické charakteristiky různých typů rámečků

Materiál rámečku	Typ rámečku	síla stěny d x 2 mm	Termální konduktivita lambda WmK	ekvivalentní termální konduktivita WmK	L-value WmK
Hliník	Helima hliník	0,70	160	3,33	1,97
Ocel	Rolltech Ferrotech	0,38	50	2,28	1,35
Nerez	Helima Nirotech	0,40	17	0,8	0,5
	Rolltech Chromatech	0,36	14,30	0,79	0,47
	Rolltech Chromatech Plus	0,30	14,30	0,61	0,38
Plast	Thermix s nerez výtuhou	2,60	0,19	0,33	0,22
	Swisspacer s Al folií	2,06	0,19	0,47	0,28

Tyto údaje dle S.Eriksen, J.Kragh, S.Svendsen, Technical University of Denmark, Lyngby

Tyto údaje dle normy prEN ISO 10077-1, 10077-2, 10211-2

Údaje v tabulce č.1 jsou důležité pro prostupnost okraje zasklení pro teplo. Termální konduktivita  $\lambda$  (lambda) vyjadřuje vodivost jednotlivých druhů materiálů použitých k výrobě rámečku. Čím vyšší je její hodnota, tím je daný rámeček více propustný pro teplo. Celková lineární propustnost je ale také tím vyšší, čím je větší tloušťka stěn rámečku – to je důvod, proč se hodnota lineární tepelné prostupnosti u nerezových rámečků až tolik neliší od plastových. Nerezový rámeček má podstatně vyšší tepelnou vodivost, ale je na druhé straně podstatně tenčí, než plastový rámeček. Ekvivalentní termální konduktivita je vypočtená celková tepelná vodivost rámečku, uvažujeme-li již rámeček zatmelený butylem, sekundárním polysulfidovým tmelem a naplněný vysoušedlem. Hodnota L-value vyjadřuje koeficient lineárního prostupu tepla a dává možnost srovnat jednotlivé rámečky na základě jedné hodnoty.

Důležitější, než pouze teoretická možnost srovnání rámečků, je možnost převést výše uvedené hodnoty do údajů, které mají z praktického hlediska pro každého laika větší vypovídací schopnost – a sice jak se projeví parametry rámečků ve vlivu na celkový koeficient prostupu celého okna a jaká bude teplota spodní hrany dvojskla z hlediska vlivu na rosení skel. K tomu, aby tato porovnání mohla být provedena, je třeba znát parametr Lineární termální prostupnosti  $\psi$  (psi), který lze z hodnot v tabulce 1. vypočíst dle metodiky stanovené normou EN ISO 10077. Tato hodnota byla vypočtena dánskými vědci pro již uvedené rámečky pro celkem osm typů okenních rámu se skly s  $U_g = 1,1-1,2 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  resp.  $U_g = 2,8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . My jsme z těchto výsledků použili pro srovnání výsledky celkem čtyř rámu s dvojsklem s  $U_g = 1,1-1,2 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ :

Tabulka č.2 : Lineární termální prostupnost s různými typy rámu

Materiál rámečku	Typ rámečku	Lineární termální prostupnost psi - plastový rám $U_{\text{frame}} = 1.71 \text{ W/m}^2\text{K}$	Lineární termální prostupnost psi - dřevěný rám $U_{\text{frame}} = 1.67 \text{ W/m}^2\text{K}^*$	Lineární termální prostupnost psi - dřevěný rám $U_{\text{frame}} = 1.53 \text{ W/m}^2\text{K}^{**}$	Lineární termální prostupnost psi - dřevohliník $U_{\text{frame}} = 1.39 \text{ W/m}^2\text{K}$
		$U_g = 1.13 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g = 1.16 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g = 1.16 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g = 1.18 \text{ W/m}^2\text{K}$
		WmK	WmK	WmK	WmK
Hliník	Helima hliník	0,0345	0,0670	0,0560	0,0645
Ocel	Rolltech Ferrotech	0,0330	0,0640	0,0540	0,0600
Nerez	Helima Nirotech	-	-	-	-
	Rolltech Chromatech	0,0275	0,0495	0,0422	0,0430
	Rolltech Chromatech Plus	0,0250	0,0450	0,0385	0,0390
Plast	Thermix s nerez výtuhou	0,0215	0,0375	0,0320	0,0305
	Swisspacer s Al folií	0,0210	0,0408	0,0345	0,0370

\* hliníkové podložky, \*\* dřevěné podložky

Pozn.: Hodnoty  $\psi$  jsme odečítali z grafů, obsahují tedy určitou chybu, která by ale neměla být natolik velká, aby mohla mít na konečný výsledek podstatný vliv.

V hodnotách se u nižších hodnot  $\psi$  dosažených u plastového okna projevuje zřejmě vliv toho, že plastová zasklívací lišta má lepší tepelně izolační vlastnosti, než lišty u oken dřevěných a dřevohliníkových, tato lišta eliminuje do jisté míry rozdíly v rámečcích.

Výše uvedené hodnoty lze potom jednoduše dosadit do vzorce pro výpočet  $U$  okna, a to dle normy DIN EN ISO 10077-1 takto:

$$U_w = (A_g * U_g + A_f * U_f + L_g * \psi) / (A_g + A_f)$$

$U_w$  – koeficient prostupu tepla okna

$U_g$  – koeficient prostupu tepla skla

$U_f$  – koeficient prostupu tepla rámu

$\psi$  – lineární koeficient prostupu tepla

$A_g, A_w, A_f$  – plochy skla, okna, rámu

$L_g$  – obvod skla  $A_g$  (m)

Výsledky ukazuje následující tabulka.

Tabulka č. 3 – Srovnání oken 1200 x 1500 mm s různými typy rámečků z hlediska parametru  $U_w$

Materiál rámečku	Typ rámečku	Koef. Prostupu tepla $U_w$ pro plastový rám $U_{frame} = 1.71$ W/m <sup>2</sup> K	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.67$ W/m <sup>2</sup> K*	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.53$ W/m <sup>2</sup> K**	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevohliník $U_{frame} = 1.39$ W/m <sup>2</sup> K
		$U_g = 1.13$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.18$ W/m <sup>2</sup> K
Hliník	Helima hliník	1,4079	1,5091	1,4344	1,4291
Ocel	Rolltech Ferrotech	1,4036	1,5005	1,4287	1,4163
Nerez	Rolltech Chromatech	1,3879	1,4591	1,3950	1,3677
	Rolltech Chromatech Plus	1,3808	1,4463	1,3844	1,3563
Plast	Thermix s nerez výztuhou	1,3708	1,4249	1,3658	1,3321
	Swisspacer	1,3694	1,4343	1,3729	1,3506

\* hliníkové podložky, \*\* dřevěné podložky

Z tabulky vyplývá, že největší rozdíly mezi jednotlivými rámečky jsou u dřevěných oken resp. dřevohliníkových oken. Např. pro dřevěný rám, kde byly použity hliníkové podložky, je rozdíl mezi nejlepším rámečkem Thermix a nejhorsím hliníkovým 0,0842 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, to je v zlepšení o 5,6%.

Z výsledků dále vyplývá, že rozdíly mezi hliníkem a ocelí jsou minimální, rozdíly mezi nejlepším nerezovým a rámečkem Thermix jsou v rozmezí 0,01 – 0,0242 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> rozdíly mezi nejlepším nerezovým rámečkem Chromatech Plus a rámečkem Swisspacer jsou v rozmezí 0,0057 – 0,0120 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>.

Následující tabulka převádí zjištěné hodnoty zlepšení do relativního procentuálního srovnání.

Tabulka č. 4 : Zlepšení  $U_w$  různých oken v % oproti ráům s hliníkovým rámečkem Helima

Materiál rámečku	Typ rámečku	Koef. Prostupu tepla $U_w$ pro plastový rám $U_{frame} = 1.71$ W/m <sup>2</sup> K	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.67$ W/m <sup>2</sup> K*	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.53$ W/m <sup>2</sup> K**	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevohliník $U_{frame} = 1.39$ W/m <sup>2</sup> K
		$U_g = 1.13$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.18$ W/m <sup>2</sup> K
Hliník	Helima hliník	0,0	0,0	0,0	0,0
Ocel	Rolltech Ferrotech	0,3	0,6	0,4	0,9
Nerez	Rolltech Chromatech	1,4	3,3	2,7	4,3
	Rolltech Chromatech Plus	1,9	4,2	3,5	5,1
	Thermix s nerez výztuhou	2,6	5,6	4,8	6,8
Plast	Swisspacer s Al folií	2,7	5,0	4,3	5,5

Další podstatné srovnání lze udělat z dosažených povrchových teplot na spodní hraně vnitřního dvojskla, výsledky ukazují tabulky č 5. a 6 .

Tabulka č. 5: Srovnání oken 1200 x 1500mm s různými typy rámečků z hlediska teplot na spodním okraji vnitřní tabule skla.

Materiál rámečku	Typ rámečku	Koef. Prostupu tepla $U_w$ pro plastový rám $U_{frame} = 1.71$ W/m <sup>2</sup> K	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.67$ W/m <sup>2</sup> K*	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám $U_{frame} = 1.53$ W/m <sup>2</sup> K**	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevohliník $U_{frame} = 1.39$ W/m <sup>2</sup> K
		$U_g = 1.13$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.18$ W/m <sup>2</sup> K
		Teplota st C	Teplota st C	Teplota st C	Teplota st C
Hliník	Helima hliník	9,2	8,3	9,4	9,7
Ocel	Rolltech Ferrotech	9,3	8,5	9,6	10,0
Nerez	Rolltech Chromatech	9,6	9,8	10,5	11,0
	Rolltech Chromatech Plus	9,8	9,9	10,6	11,3
Plast	Thermix s nerez výztuhou	9,9	10,5	11,3	11,8
	Swisspacer s Al folií	9,8	10,5	11,3	11,7

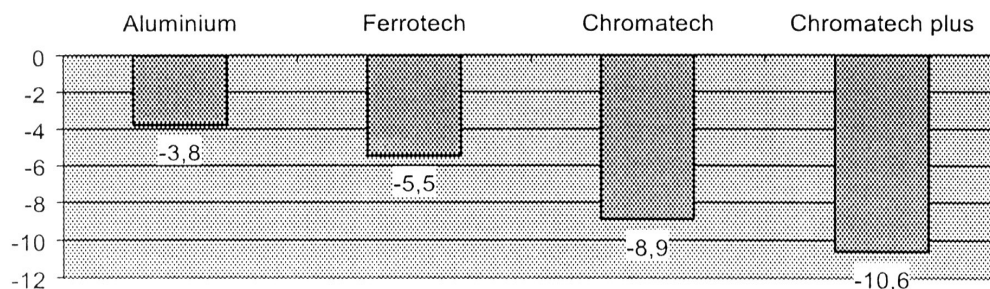
\* hliníkové podložky, \*\* dřevěné podložky  
 údaje platí pro dvojsklo 4-16-4

Tabulka č. 6: Zvýšení teplot oken proti ráům s hliníkovým rámečkem Helima

Materiál rámečku	Typ rámečku	Koef. Prostupu tepla $U_w$ pro plastový rám s $U_{frame} = 1.71$ W/m <sup>2</sup> K	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám s $U_{frame} = 1.67$ W/m <sup>2</sup> K*	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevěný rám s $U_{frame} = 1.53$ W/m <sup>2</sup> K**	Koeficient prostupu tepla $U_w$ pro dřevohliník s $U_{frame} = 1.39$ W/m <sup>2</sup> K
		$U_g = 1.13$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.16$ W/m <sup>2</sup> K	$U_g = 1.18$ W/m <sup>2</sup> K
		rozdíl teplot ve st. C	rozdíl teplot ve st. C	rozdíl teplot ve st. C	rozdíl teplot ve st. C
Hliník	Helima hliník	0,0	0,0	0,0	0,0
Ocel	Rolltech Ferrotech	0,1	0,3	0,2	0,3
Nerez	Rolltech Chromatech	0,4	1,5	1,1	1,3
	Rolltech Chromatech Plus	0,6	1,7	1,2	1,6
	Thermix s nerez výztuhou	0,7	2,3	1,9	2,1
Plast	Swisspacer s Al folií	0,6	2,2	1,9	2,0

Z výsledků vyplývá, že rozdíl mezi nejhorším oknem s hliníkovým rámečkem a nejlepším Thermix je 2,3 st.C ( v dřevěném rámu), rozdíl mezi hliníkem a ocelí je 0,3 st. C, rozdíl mezi oknem s nejlepším nerezovým rámečkem Chromatech Plus a rámečkem Swisspacer je 0- 0,7 st. C. Srovnání s rámečkem Swisspacer uvádíme z toho důvodu, že je to nejpoužívanější rámeček v ČR.

Jaký má vliv povrchových teplot vnitřní strany skla na rosení skel můžete posoudit z následujícího grafu (dle Rolltech A/S):



Dalším textem, který jsme prozkoumali u stejného zdroje, tedy u Danmark Tekniske Universitet, byl článek sestavený kolektivem pracovníků university a nazvaný „Kantkonstruktioner med reduceret kuldebro“, jak vidíte, bohužel v dánštině. Avšak v tomto článku jsme objevili tabulky výsledných parametrů, tedy mimo jiné parametru lineární tepelné vodivosti okrajů skla a koeficientu prostupu tepla u různých typů oken. Tentokrát autoři zkoumali nejen vliv rámu okna, skla a typu distančního rámečku, ale i volili různé šířky zasklení, tedy i různé šířky distančních rámečků. Z této studie chceme ukázat některé výsledky, které doplňují předchozí – zejména vliv užšího a širšího zasklívacího rámečku na zkoumané parametry a vliv méně kvalitního rámu okna na parametr lineární tepelné vodivosti.

Údaje jsou obsaženy v tabulkách.

Tabulka č. 7: Vliv jednotlivých typů distančních rámečků na parametry okna

Typ rámečku		Hliník	Ocel	Nerez		Plast	
		Rolltech	Ferrotech	Chromatech	Chromatech Plus	Thermix	Swisspacer
Rozměry rámečků vč. tmelů	š x v mm	9,5 x 15	9,5 x 15	9,5 x 15	10 x 15	11 x 15	9,5 x 15
Ekvivalentní termální konduktivita lambda	W/mK	2,4	1,8	0,7	0,6	0,3	0,4
Lineární koeficient prostupu tepla rámečku L	W/mK	1,63	1,22	0,48	0,43	0,24	0,27
Lineární tepelná propustnost psí okraje skla	W/mK	0,078	0,074	0,060	0,058	0,045	0,048
Koeficient prostupu tepla U okna	W/m <sup>2</sup> K	1,73	1,71	1,64	1,64	1,58	1,58

*Technické údaje: Šířka rámečku 14 mm, dřevěný rám s hliníkovou zasklívací lištou, U rámu 1,70 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, U skla v centru 1,16 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, rozměry okna 1230 x 1480 mm*

Tabulka č.8: Vliv jednotlivých typů distančních rámečků na parametry okna

Typ rámečku		Hliník	Ocel	Nerez		Plast	
		Rolltech	Ferrotech	Chromatech	Chromatech Plus	Thermix	Swisspacer
Rozměry rámečků vč. tmelů	š x v mm	9,5 x 15	9,5 x 15	9,5 x 15	10 x 15	11 x 15	9,5 x 15
Ekvivalentní termální konduktivita lambda	W/mK	3,6	2,3	0,8	0,7	0,3	0,6
Lineární koeficient prostupu tepla rámečku L	W/mK	1,43	0,91	0,32	0,29	0,14	0,24
Lineární tepelná propustnost psí okraje skla	W/mK	0,085	0,075	0,058	0,057	0,040	0,052
Koeficient prostupu tepla U okna	W/m <sup>2</sup> K	1,46	1,44	1,39	1,39	1,34	1,37

*Technické údaje: Šířka rámečku 24 mm, dřevohliníkový rám s hliníkovou zasklívací lištou, U rámu 1,40 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, U skla v centru 1,18 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, rozměry okna 1230 x 1480 mm*

Tabulka č.9: Vliv jednotlivých typů distančních rámečků na parametry okna

Typ rámečku		Hliník	Ocel	Nerez		Plast	
		Rolltech	Ferrotech	Chromatech	Chromatech Plus	Thermix	Swisspacer
Rozměry rámečků vč. tmelů	š x v mm	9,5 x 15	9,5 x 15	9,5 x 15	10 x 15	11 x 15	9,5 x 15
Ekvivalentní termální konduktivita lambda	W/mK	2,6	1,9	0,7	0,6	0,3	0,5
Lineární koeficient prostupu tepla rámečku L	W/mK	1,65	1,20	0,44	0,40	0,22	0,32
Lineární tepelná propustnost psí okraje skla	W/mK	0,053	0,051	0,042	0,040	0,034	0,038
Koeficient prostupu tepla U okna	W/m <sup>2</sup> K	1,45	1,44	1,42	1,41	1,40	1,41

*Technické údaje: Šířka rámečku 15 mm, plastový rám, U rámu 1,72 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, U skla v centru 1,13 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, rozměry okna 1230 x 1480 mm*

Z uvedených tabulek lze udělat dílčí závěr: Rozdíly mezi výslednými koeficienty prostupu tepla celého okna se mezi jednotlivými rámečky zvětšují tím více, čím menší je izolační schopnost rámu okna, čím horší vlastnosti má zasklívací lišta a čím menší je šířka zasklení, tedy i šířka distančního rámečku. Zatímco u dřevěného rámu se šířkou zasklení pouhých 14 mm a U rámu = 1,7 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> dosáhl rozdíl v U okna mezi hliníkovým distančním rámečkem a plastovým Swisspacer 0,15 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> a mezi nerezovým Chromatech plus a Swisspacerem 0,06 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, u dřevohliníkového rámu se šířkou zasklení 24 mm a U rámu = 1,40 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> byl rozdíl pouhých 0,12 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> resp. 0,05 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>.

U plastového rámu s U = 1,72 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> byly rozdíly naprosto minimální, mezi hliníkovým rámečkem a Swisspacerem činily pouhé 0,04 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> (U okna s hliníkem = 1,45 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>, U okna s plastovým rámečkem Swisspacer = 1,41 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>), mezi nerezovým Chromatech Plus a Swisspacerem pak nebyl žádný rozdíl (obě varianty dosáhly U okna 1,41 Wm<sup>2</sup>K<sup>-1</sup>).



## Srovnání distančních rámečků z dalších hledisek

### *Přílnavost tmelů*

Přílnavost tmelů ke kovům je všeobecně lepší, než k plastům. Podle vyjádření jednoho z výrobců tmelů byly dnes ve dvojsklech používané tmely vyvinuty pro použití v kombinaci s kovovými rámečky, v podstatě žádný tmel není primárně vyvinut pro použití ve dvojskle v kombinaci s plastovým rámečkem. Jedním dechem výrobci ovšem dodávají, že zatím neslyšeli o žádných problémech vzniklých horší přílnavostí k plastovému rámečku. My dodáváme, že vady tohoto druhu se mohou projevit až za několik let, uvědomme si, že dvojsklo by mělo v okně vydržet až 30 let, přitom běžně poskytovaná záruka výrobců izolačních skel je 5 let.

### *Tepelná roztažnost*

Tepelná roztažnost plastových rámečků je nejvyšší ze všech srovnávaných materiálů. U plastu bývá udávána tepelná roztažnost  $0,065 \text{ mm/mK}^{-1}$ , což je 2,5 x více, než roztažnost hliníku, 6 x více, než oceli a dokonce 7 x více, než roztažnost skla. V praxi to znamená, že v letním období během slunečního dne se plastový rámeček v 1 metr dlouhém dvojskle roztáhne o 0,56 mm více, jak sklo, ve 2 m dlouhém skle pak o 1,12 mm více, kdežto nerezový rámeček se roztáhne pouze o 0,03 mm u 1 m délky a 0,06 mm u 2 m délky více, než sklo. Tyto hodnoty platí pro případ, kdy venkovní i vnitřní interiérová noční teplota je 20 st. C a během dne venkovní teplota stoupne na 32 st. C, tím dojde k zahřátí rámečku až na 40 st. C (vypočteno programem WINDOWS). V letních měsících, pokud je sklo vystaveno přímému slunečnímu záření, mohou být rozdíly i vyšší, extrémy nastávají u absorpčního skla, kde teplota může dosáhnout hodnot přes 60 st. C. Při rozdílu mezi noční a denní teplotou 30 st. C se 2 m dlouhý plastový rámeček protáhne o 1,95 mm (nerez o 0,036 mm). Důsledkem může být popraskání skla.

Ke stejnému namáhání vlivem rozdílné tepelné roztažnosti materiálu dochází v zimním období. Modelovým případem je situace, kdy venkovní teplota je -18 st. C, interiérová teplota 21 st. C. Za takové situace na každou ze stran distančního rámečku působí značně rozdílné roztažné síly dané teplotami okrajových částí rámečku – ty jsou ovlivněny teplotami sousedících tabulí skla. Zatímco venkovní tabule – její vnitřní strana má teplotu mínus 15,9 st. C, vnitřní tabule – její venkovní strana, má teplotu 12,9 st. C (vypočteno programem WINDOWS). To je rozdíl téměř 29 st. C v teplotách okrajových částí rámečků. Důsledkem je opět tepelný stress. Jaké jsou dlouhodobé důsledky tepelného stressu bude těžké nyní odhadnout, protože plastové distanční rámečky se používají relativně krátkou dobu.

### **Závěr:**

1. Nejlepším rámečkem z hlediska prostupu tepla je plastový Thermix, druhý je Swisspacer, třetí nerezový Chromatech Plus. Maximální rozdíl mezi nejpoužívanějším plastovým rámečkem v ČR Swisspacer a nerezovým Chromatech Plus je  $0,06 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  a to u dřevěného rámu okna s úzkým distančním rámečkem 14 mm, u plastového okna není rozdíl žádný nebo max. do  $0,01 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .
2. Nejlepší rámečkem z hlediska teplot na spodním okraji vnitřní strany dvojskla je opět plastový Thermix, druhý je Swisspacer, třetí nerezový Chromatech Plus.
3. Nejlepším rámečkem z hlediska pevnosti je ocelový rámeček Ferrotech, za ním jsou rámečky nerezové, potom rámeček hliníkový a nakonec rámečky plastové.
4. Nejlepším rámečkem z hlediska zamezení úniku plynu jsou všechny ohybatelné rámečky, tedy kovové, plastové jsou nejhorší. Řezání rámečků a opětné spojování v rozích nezpůsobuje pouze únik plynu, ale má i podstatný vliv na pevnost celého systému dvojskla a tím i může teoreticky snížit životnost systému zasklení. Sklo je vystaveno působení větru, změně tlaku vzduchu a rozdílu vnitřní a venkovní teploty- z těchto důvodů by systém měl být co nejpevnější.
5. Z hlediska přílnavosti tmele jsou lepší kovové rámečky, tedy hliníkový, ocelový i nerezový.
6. Z hlediska tepelné roztažnosti jsou nejlepší rámečky ocelové a nerezové, protože jejich tepelná roztažnost se nejvíce přibližuje sklu a tím je systém relativně nejméně namáhán působením tepelného stressu.

Abychom si ověřili uváděné skutečnosti, nechali jsme si změřit ve státní zkušebně Csi čtyři vzorky zasklení se všemi čtyřmi typy rámečků, složení dvojskla bylo: Float 4 mm- 16mm vzduch – Low E1.1. 4 mm o celkovém  $U_{\text{sklo}} = 1,4 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  (údaj dle EN 673,  $U$  je měřeno uprostřed skla).

K testu jsme použili běžně dostupné rámečky – hliníkový Helima, ocelový Ferrotech, nerezový Nirotech a plastový Thermix.

K tomu je třeba uvést nejprve trochu teorie. Je několik způsobů, jak stanovit koeficient prostupu tepla U (k). Používá se výpočtová metoda podle EN 673 (teoretický výpočet), a výpočtová metoda laboratorní dle EN 674, kdy se měří parametr prostupu v laboratoři (ve zkušebnách) tzv. deskovou metodou uprostřed vzorku skla o velikosti 80 x 80 cm. Tyto dvě metody se o něco od sebe liší, laboratorní výsledky budou vždy o něco horší, než výpočet teoretický, proto se taky mírně liší výsledky našich skel ze zkušebny (viz Heat Mirror) oproti tomu, co uvádíme v našich prospektech (liší se o cca 3-4 setiny).

Pro to, abychom mohli porovnat kvalitu distančních rámečků laboratorní metodou, nám hodnota koeficientu k měřená uprostřed skla (na rozdíl od teoretického výpočtu) není nic platná – bylo nutné použít metodiku, která se užívá pro laboratorní stanovení koeficientu U pro celé okno – tzv. metoda skříňová, kdy se měří teploty skla v mnoha bodech po celém skle resp. okně i na okrajích a z toho se vypočítá hodnota U pro celé okno.

My jsme toto měření nechali udělat pro čtyři stejná skla neplněná plynem (jak je již výše uvedeno se čtyřmi druhy rámečků- hliníkovým, ocelovým, nerezovým a plastovým Thermix. Dále jsme tato čtyři skla nechali změřit stejnou metodou v 5- komorovém rámu ROPLASTO s  $U = 1,3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .

Z výsledků vyplynulo: Při použití velmi kvalitního 5- komorového rámu se širokou zasklívací lištou jsou při laboratorním měření mezi jednotlivými okny se skly s různými distančními rámečky tak minimální rozdíly, že výsledky nelze považovat za věrohodné, protože jsou zatíženy velkou chybou měření ve zkušebně (uváděná chyba měření ve zkušebně Csi je 6%, což je více, než činí rozdíly mezi jednotlivými variantami).

Při měření skel bez rámu dosáhlo zvýšení teploty na dolním okraji dvojskla pro rámeček Thermix oproti hliníkovému rámečku HELIMA 3 st. C, při teoretickém výpočtu bylo přitom vypočteno rozmezí 0,7 – 2,3 st. C (pro jednotlivé typy rámu oken), ovšem teoretický výsledek platí pro skla v rámech. Kvůli tomu, že při uváděném laboratorním měření sklo nebylo v rámu a tím nemělo žádný prvek zlepšující výsledný parametr prostupu tepla u okraje skla - tedy rám, byl zjištěn rozdíl vyšší, tedy uvedené 3 stupně C.

Tabulka č.10: Hodnoty parametru U a teploty skla zjištěné skříňovou metodou ve zkušebně

	Rámeček	U-Value* Wm <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	Vnitřní povrchová teplota			
			Okraj 10 mm od lišty		Okraj 35 mm od lišty	
			Horní okraj	Dolní okraj	Horní okraj	Dolní okraj
Izolační sklo bez rámu	Hliník Helima	1,739	5,7	1,7	11,3	9,6
Izolační sklo bez rámu	Ocel Ferrotech	1,712	5,4	2,4	10,3	9,2
Izolační sklo bez rámu	Nerez Nirotech	1,669	7,4	5,1	11,1	9,8
Izolační sklo bez rámu	Thermix	1,656	6,7	4,7	11,1	9,7

Větší rozdíl teplot při laboratorním měření oproti teoretickému výpočtu vznikl také při měření ostatních rámečků ze stejného důvodu – viz tabulka.

Koeficient prostupu tepla u skel bez rámu již vyzněl ve prospěch plastu resp. nerez-  $U_{\text{okno}}$  (hliník) =  $1,739 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ , -  $U_{\text{okno}}$  (nerez) =  $1,669 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  resp -  $U_{\text{okno}}$  (plast) =  $1,656 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Rozdíly ale přesto nejsou tak veliké, jak uvádějí výrobci- zlepšení je zhruba 7-8 setin a to přesně odpovídá teoretickému výpočtu.

Uvedeným laboratorním měřením byly potvrzeny teoretické výpočty provedené vědci z Dánské Technické University a tím jsme si položili základ pro důležitý závěr – z teplých rámečků doporučujeme používat nerezový rámeček Chromatech Plus, protože v sobě spojuje nejvíce výhod, jak již vyplývá z výše uvedeného textu.

V Brně dne 1.3.2003

RNDr. Petr Fiala