



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ**

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND  
COMPONENTS

**UŽITNÉ VLASTNOSTI PLASTOVÝCH A  
HLINÍKOVÝCH OKEN PŘI ZABUDOVÁNÍ  
DO STAVBY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Jindřich Gabriel**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. RNDr. Ing. STANISLAV ŠŤASTNÍK, CSc. Ph.D.**

**BRNO 2018**





## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jindřich Gabriel
<b>Název</b>	Užitné vlastnosti plastových a hliníkových oken při zabudování do stavby
<b>Vedoucí práce</b>	prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc. Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- 1) Halahyja, M., Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie, Alfa Bratislava 1985
- 2) Davies, M. G., Building Heat Transfer, John Wiley & Sons Ltd 2004
- 3) Höptner, S., Messungen zum Lüftungs- und wärmetechnischen Verhalten an Raumlüftungsgeräten und in Räumen, Diplomarbeit, Universität Siegen (Fachbereich Physik), Siegen 2001
- 4) Haupt, W., Zur Simulation von auftriebsinduzierten Innenraumströmungen, Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, Kassel 2001

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalářská práce je věnována problematice oken se zaměřením na porovnání tepelně-izolační parametrů u různých druhů oken, zejména plastových, při použití rozdílných druhů zasklení a provedení. V této souvislosti:

- i) sestavte přehled v současné době používaných typů oken, druhů rámců, zasklení, typy tzv. distančních rámečků, vyztužování profilů, volby kování, bezpečnost při užívání,
- ii) popište v současné době používané technologie výroby oken, způsoby zabudování do stavby, jejich užité vlastnosti i degradační projevy v průběhu jejich životnosti,
- iii) analyzujte tepelné pochody při prostupu tepla okny, zvláště rámem okna, rámy okenních křídel i zasklením, včetně prostupu oslunění,
- iv) přehled dalších důležitých vlastností oken ohledně deformace oken při zatížení větrem, zatékání náporového deště, vliv použitého kování, řízení mikroventilace aj.,
- v) v praktické části proveďte měření fyzikálních vlastností na vybraném typu zasklení okna,
- vi) závěrem zhodnoťte jednotlivé typy oken z hlediska platných požadavků na okna.

Při vypracování bakalářské práce dbejte zásad platných na FAST VUT Brno; praktická část do 20 % rozsahu; celkový rozsah do 40 stran včetně tabulek a grafů.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc.,

Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je věnována tepelně izolační problematice jednotlivých součástí dveří a oken z hliníkových a plastových profilů. Zároveň jsou i uvedeny výrobní postupy pro výrobu těchto otvorových výplní stavebních konstrukcí. Dále jsou shrnuty požadavky pro uvedení výrobku na trh a posouzení užitných vlastností dle aktuálně platných norem. Taktéž jsou popsány současné profily, izolační skla, distanční rámečky, kování pro okna i dveře a tepelné pochody.

Praktická část bakalářské práce je věnována určení rozložení teplot, teplotnímu gradientu a rozložení tepelných toků na vybraném typu okna pro čtyři různé způsoby zabudování do stavební konstrukce.

V závěru jsou shrnuty všechny dosažené poznatky a sestavena diskuse ohledně dosažených výsledků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

PVC, polyvinylchlorid, distanční rámeček, izolační sklo, izolační dvojsklo, izolační trojsklo, rám, křídlo, výplň.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the thermal insulation of individual parts of doors and windows made of aluminium and plastic profiles. At the same time, the manufacturing processes for the production of these openings of the building structures are described. In addition, the requirements for placing the product on the market and the assessment of utility properties according to the currently valid standards are summarized. Contemporary profiles, insulating glass, spacing frames, window and door fittings and thermal treatments are also described.

The practical part of the bachelor thesis is devoted to the determination of the temperature distribution, the temperature gradient and the distribution of the heat flows on the selected window type for four different ways of incorporation into the building structure.

In conclusion, all the findings are summarized and a discussion about the achieved results is made.

## **KEYWORDS**

PVC, polyvinyl chloride, spacer, insulating glass, double pane insulating glass, triple pane insulating glass, window frame, window wing, window fill.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

### BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jindřich Gabriel *Užitné vlastnosti plastových a hliníkových oken při zabudování do stavby*. Brno, 2018. 48 s., 48 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc., Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

---

Jindřich Gabriel

autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Prvotně bych chtěl poděkovat mé rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a po celou dobu studia mne podporovala a pomáhala. Dále bych chtěl poděkovat panu prof. RNDr. Ing. Stanislavu Šťastníkovvi, CSc., Ph.D. za odborné vedení, cenné rady v průběhu studia a zpracování této bakalářské práce. Také bych rád poděkoval Ing. Miroslavu Zapletalovi za možnost prohlídky akreditované zkušebny v rámci ZSTV Zlín při MZLU Brno.



## OBSAH

A. ÚVOD.....	10
B. TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1. Součásti oken a dveří.....	11
1.1. Součásti plastových a hliníkových oken.....	11
1.2. Součásti plastových a hliníkových dveří .....	11
1.3. Technologie výroby plastových a hliníkových oken i dveří .....	12
2. Uvedení výrobku na trh .....	15
2. 1. Způsoby posouzení výrobku (certifikace) .....	15
2. 2. Zkoušky pro vydání protokolu výrobku (certifikátu) .....	15
3. Izolační skla, profily, distanční rámečky a kování .....	21
3. 1. Ploché sklo.....	21
3.2. Profily pro plastové nebo hliníkové dveře a okna.....	24
3.3. Distanční rámečky.....	25
3.4. Kování.....	26
4.0 Tepelné šíření při prostupu tepla okny .....	27
C. PRAKTICKÁ ČÁST .....	29
1.0 Šíření tepla ve stavebních konstrukcích .....	29
2.0 Prostup tepla konstrukcí .....	33
C. Experimentální část.....	35
Diskuse výsledků .....	43
D. ZÁVĚR.....	44
Seznam tabulek:.....	45
Seznam grafů: .....	45
Seznam obrázků:.....	45
Zdroje a literatura:.....	47
Seznam zkratk:.....	48

## A. ÚVOD

S narůstajícími požadavky na energetické náročnosti budov a zároveň snižování vypouštěných skleníkových plynů do ovzduší je zapotřebí zlepšovat tepelně izolační vlastnosti jednotlivých prvků obálky budov. Výplně stavebních otvorů řadíme mezi prvky krátkodobé životnosti.

Základním požadavkem kladeným na moderní okna je jejich vysoká tepelně izolační vlastnost, jelikož okna mají významný podíl na tepelné ztrátě celého stavebního objektu. Nejvyšší ztráta je způsobena zasklením oken, které zabírá asi 80 % celkového povrchu okenních otvorů.

Začátek vývoje a výroby plastových oken je datován v průběhu 50. let minulého století. V těchto začátcích se plastová okna objevovala pouze jako jedno komorové systémy bez vnitřní výztuhy, což značně omezovalo jejich využití, jak z hlediska tepelně izolačního, tak i statického. Postupem času se začaly objevovat propracovanější systémy s větším množstvím komor a silnějším vyztužením. Nejvyšší skok v rámci vývoje oken nastal v 70. letech z důvodu energetické krize. Mezi důležitý milník lze považovat i 90. léta, jelikož se oblíbenost plastových oken výrazně zvýšila.

V současnosti se již uvažuje o pětikomorovém profilovém systému jako o standartu. Zároveň se také zvýšila možnost výběru oken a dveří vzhledového charakteru (např. široké množství barevných variant profilů, izolačních skel nebo výplní). [1]

Moderní architektura a požadavky na velmi rozměrná okna a vstupní dveře výrazně podporují uplatnění hliníkových profilů s přerušným tepelným mostem. Používají se převážně tři komorové systémy, případně v interiéru jednodílné s nepřerušným tepelným mostem. Ve výškových budovách se uplatňují okna s hliníkovým fasádním systémem a probarvenými skly.

## B. TEORETICKÁ ČÁST

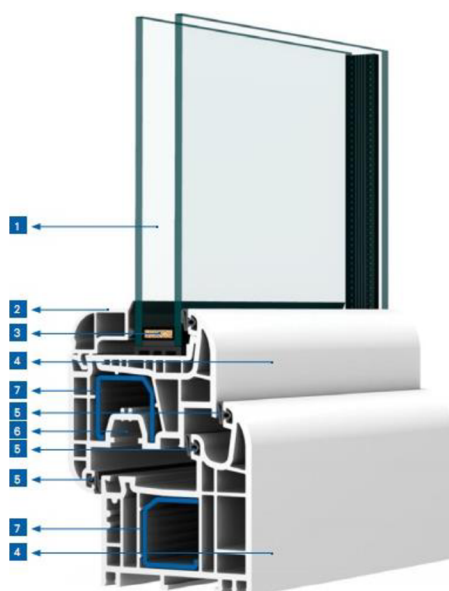
### 1. Součásti oken a dveří

#### 1.1. Součásti plastových a hliníkových oken

Okna jsou neprůchozí konstrukce pro stavební otvory, které se skládají ze dvou základních částí, jimiž je rám okna a křídlo. Rám okna je složen nejčastěji ze čtyř (popřípadě lze uvést i jiný počet pro atypové tvary) natrvalo svařených profilů. Křídlo okna se skládá ze stejného množství profilů, jelikož musí mít stejný průřez jako rám. Křídlo je dále tvořeno izolačním sklem popřípadě jinou výplní a upevněna pomocí zasklívacích lišt.

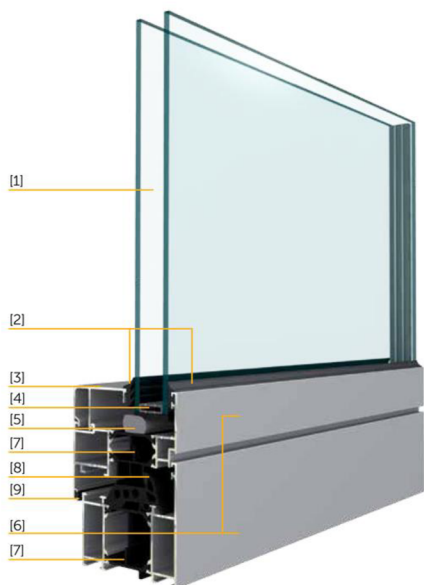
#### 1.2. Součásti plastových a hliníkových dveří

Dveře jsou konstrukce pro stavební otvory umožňující průchod mezi místnostmi v otevřeném stavu. Při zavřeném stavu fungují jako oddělující prvek. Podobně jako u oken se dveře skládají z rámu a křídla. Rám dveří se skládá obvykle ze tří profilů natrvalo svařených a prahu. Křídlo je složeno ze čtyř profilů včetně výplně.



1. Izolační zasklení,
2. Zasklívací lišta,
3. Absorbent vnitřní vlhkosti,
4. Profil okenního křídla,
5. Vzduchová komora rámu okna,
6. Montážní drážka pro kování okna,
7. Výtuzný kovový profil rámu.

Obr. 1: Schématický řez plastovým oknem



1. Izolační zasklení
2. Zasklívací těsnění
3. Zasklívací lišta
4. Distanční rámeček
5. Pěnová izolace skla
6. Hliníkové profily s přerušným tepelným mostem
7. Přerušení tepelného mostu
8. Středové těsnění
9. Dorazové těsnění

Obr. 2: Schématický řez rámem hliníkového okna

### 1.3. Technologie výroby plastových a hliníkových oken i dveří

#### 1.3.1. Popis výroby plastových oken a dveří

Plastové profily na bázi PVC (polyvinylchloridu) pro okna a dveře, které se dodávají nejčastěji v délkách šesti metrů, se nařežou do požadované délky a úhlu řezu pomocí kotoučové pily. Následně se do profilů vloží výztuhy nejčastěji z pozinkované oceli, přičemž výztuha nesmí viditelně vystupovat vně z profilu okna. Profily bývají tvarované tak, že je možný pouze jeden možný způsob vložení výztuhy, což zajišťuje správnou funkci výztuhy v profilu. Dále se výztuhy armují k profilům pomocí samořezných šroubů, přičemž armování je prováděno ze strany profilu, která po zabudování okna a dveří do stavebního otvoru, není viditelná. To znamená, že rám okna či dveří je armován ze spodní části profilu. Křídlo dveří nebo oken je rámován z horní části profilu, přičemž je armování později skryto výplní, nebo izolačním sklem. V následujícím kroku, pokud je potřeba, je do rámových profilů vyvrtáno díry pro panty, sloupky a další potřebné úpravy podle technologického postupu. U křídel se vyvrtá otvor pro kliku. Tímto způsobem již hotově upravené profily jsou svařeny čtyřhlavou automatickou svářečkou.

Rohy profilů jsou nahřaty pomocí hlavic zakrytými teflonem, které jsou nahřívány na požadovanou teplotu svařování 200 - 300 °C, podle použité technologie.

Po dostatečném nahřátí rohů profilů, svářečka srazí profily k sobě a podle technologie po určitou dobu drží profily u sebe tak, aby došlo k pevnému svaření spoje.



Obr. 3: Vzhled svářečky plastových profilů v chodu.

Poté je zapotřebí technologická přestávka pro vychladnutí spoje, řádově asi do jedné minuty. Přetoky plastu, jak je patrné na obrázku 4 po svařování, se odstraní ve speciálním formátovacím stroji. Na rámy a křídla je dále přišroubováno kování podle provedení typu výrobce a potřeby dle objednávky. Následně se vloží do křídla vyrovnávající podložky a výplň (izolační sklo nebo dveřní výplň). Dále se výplň přichytí pomocí zasklívacích lišt z vnitřní strany okna.

V závěru se provede kontrola funkčnosti okna (chod kliky, nastavení mikroventilace atd.) a připraví se k expedici.



Obr. 4: Přetok okenního PVC profilu po svařování rámu

### 1.3.2 Technologie výroby hliníkových oken a dveří

Výroba hliníkových oken a dveří je v některých výrobních postupech podobná postupu výroby plastových oken. Hliníkové profily se nařežou pomocí kotoučové pily na požadované výrobní rozměry. Do profilů se vloží tepelná izolace, dále se vyvrtají otvory na kování, odtokové kanálky, okenní a dveřní kliku a další potřebné technologické otvory. Rámy a křídla se spojují v rozích pomocí hliníkových kostek, které jsou stejného rozměru jako vnitřní komory a nanáší se vhodného lepidlo na vnitřní stěny profilu, které mají na sebe lícovat. V nepohledových místech se rohy (profil a kostka) slisují.

Jinou možností je spojení rohů formou nýtování nebo některé profilové systémy používají šroubové spoje. Křídla a rámy se osadí celoobvodovým kováním (nejčastěji výrobky Fa. Winkhaus, Maco, Roto atd.). Do rámu a křídla se také vkládá pružné těsnění. Na kraj křídla se vloží plastové podložky a osadí se dvojsklo nebo trojsklo, které se přichytí zasklívací lištou s gumovým těsněním. Kování se seřídí, provede se kontrola funkčnosti výrobku a připraví se k expedici. U vstupních dveří je spodní část hliníkový práh tvořen s přerušným tepelným mostem, který se přišroubuje k rámu.

## 2. Uvedení výrobku na trh

Pro uvedení výrobku na trh v rámci členských států Evropské unie (dále jen EU) je zapotřebí splnit určité podmínky, podle toho o jaký stavební výrobek se jedná a k jakému užití ve stavbě je určen.

V rámci legislativy jsou využívány dva způsoby pro posuzování výrobků:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 305/2011 v platném znění pro uvedení na trh, respektive prodeji výrobků na trhu v České republice a EU. Výrobce k tomu vydává „Prohlášení o vlastnostech“.
- Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. (dále jen NV č. 163/2002 Sb.) v platném znění pro uvádění na trh, respektive prodeji výrobků pouze v České republice. V tomto případě výrobce nebo dovozce vydává „Prohlášení o shodě“.

### 2. 1. Způsoby posouzení výrobku (certifikace)

Pokud pro daný výrobek existuje harmonizovaná evropská norma<sup>1</sup> (dále jen hEN) a trvá ještě období souběžné platnosti hEN a národních předpisů, je možné využít postup podle Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. v platném znění.

V případě, že skončilo přechodné období platnosti hEN a národních předpisů, je zapotřebí postupovat podle Nařízení č. 305/2011 a vzniká povinnost označení výrobku značkou CE.

Pokud pro výrobek neexistuje hEN, je zapotřebí posoudit zda se jedná o stanovený výrobek, které jsou uvedeny v NV s postupem pro posuzování shody pro uvedení na trh v ČR. V rámci prodeje na trhu EU je možné získat evropské posouzení od Evropského technického posouzení (ETA).

### 2. 2. Zkoušky pro vydání protokolu výrobku (certifikátu)

V této souvislosti je potřebné u výrobku v nezávislé zkušební laboratoři zjistit následující vlastnosti:

1. Odolnost proti zatížení větrem,
2. Vodotěsnost,
3. Nebezpečné látky,
4. Únosnost bezpečnostních zařízení,

---

<sup>1</sup> Jedná se o normu vydávanou pro dané skupiny výrobků, u kterých se posuzují jejich vlastnosti. Toto posouzení je nutné pro uvedení výrobku na trh EU a získání označení CE.

5. Akustické vlastnosti,
6. Součinitel prostupu tepla,
7. Radiační vlastnosti – prostup sluneční energie (solární faktor),
8. Průvzdušnost.

### 2. 2. 1. Odolnost proti zatížení větrem

Při posuzování odolnosti proti zatížení větrem je pozorován a vyhodnocován relativní průhyb rámu a výplně pro vnější okna nebo dveře v zavřeném stavu při různých hodnotách zatížení tlaku, přičemž nesmí vzniknout deformace nebo změny funkčních požadavků. Okna a dveře zařazuje výrobce použitého systému podle výsledku zkoušky ČSN EN 12211 do třídy odolnosti uváděné v ČSN EN 12210. Jako bezpečnostní hodnota proti zatížení větrem je deklarováno 1,5násobek maximálně možného zatížení větrem, při kterých nedojde k již zmíněným deformacím nebo funkčnosti okna či dveří.

Doporučuje se vhodnost výrobku i podle větrné oblasti pro ČR, typy terénu a výšky budovy. Pro budovy s nuceným větráním nebo použitou klimatizací je vhodné použít vyšší třídu.

*Tab. 1: Tabulka klasifikace odolnosti oken a dveří proti zatížení větrem podle ČSN EN 12210*

Třída	Zkušební tlak [Pa]	Relativní čelní průhyb rámu		
		A [ $<1/150$ ]	B [ $<1/200$ ]	C [ $<1/300$ ]
1	400	A1	B1	C1
2	800	A2	B2	C2
3	1200	A3	B3	C3
4	1600	A4	B4	C4
5	2000	A5	B5	C5

### 2. 2. 2. Vodotěsnost

Vodotěsnost je schopnost odolávat průniku vody při stálém nebo opakovaném smáčení vodou. Okna a dveře jsou rozříděny podle mezí vodotěsnosti, která závisí na maximálním zkušebním tlaku, po kterém zůstává



výrobek vodotěsný. Vodotěsnost je závislá na třídě odolnosti proti zatížení větrem, větrné oblasti, terénu a výšce budovy.

Zkouška se provádí postupem podle ČSN EN 1027 a klasifikace podle normy ČSN EN 12208. Zkušební výrobek je trvale postřikován z vnější strany vodními tryskami po sobě stoupajících tlakových rázech. Počáteční zkušební tlak je 0 Pa a trvá 15 minut. Po uplynutí 5 minut dochází k postupnému navyšování zkušební tlaku o přírůstek 50 Pa. Pokud nedojde po expozici k zjištění průvzdušnosti, může být vzorek zatížen účinkem zkušební tlaku o 10 % větší hodnotě tlaku.

Výsledkem zkoušky je určení místa na výrobku, kde nastal průnik vody do vnitřní konstrukce výrobku, dále tlak, při kterém průnik nastal a čas vzniku průniku.

### 2. 2. 3 Nebezpečné látky

Při hodnocení této vlastnosti je posuzováno, zda materiály, které byly použity při výrobě oken či dveří, neobsahují látky nebezpečné z hlediska hygieny, ochrany zdraví nebo účinku na životní prostředí. Předmětem posouzení jsou především komponenty, které jsou náchylné k vylučování emisí nebo migraci nebezpečných látek při běžném užívání.

Při hodnocení této vlastnosti tedy zpravidla není měřen únik nebezpečných látek z hotového výrobku, ale postupuje se nepřímou metodou. Ta spočívá v přezkoumání bezpečnostních listů nebo dodaných protokolů z měření jednotlivých materiálů, které jsou při výrobě okna použity. U dřevěných oken a dveří se jedná především o použité lepidlo, silikonový tmel a nátěrový systém. U plastových oken a dveří se jedná o samotný plastový profil, ze kterého jsou okna a dveře vyrobeny.

### 2. 2. 4 Únosnost bezpečnostních zařízení

Posouzení únosnosti zařízení (pojistné nebo vratné uzávěry, upevňovací zařízení atd.) je provedeno pouze, pokud jsou na výrobku použita tato zařízení a správně osazena. Bezpečnostní zařízení musí být schopna držet křídlo, okenní křídlo nebo rám na místě po dobu 60 sekund při aplikaci síly 350 N na křídlo nebo rám v nejnejpříznivější vzdálenosti (tj. poloha, směr). Výsledkem zkoušky je prokázání stavu, zda testované zařízení účinku zatížení odolalo či ne.

### 2. 2. 5. Akustické vlastnosti

Standardně dosahované hodnoty vzduchové neprůzvučnosti pro jednoduché typy oken při použití izolačních skel s deklarovanou hodnotou  $R_w = 29–31$  dB, se pohybují v rozmezí 32–33 dB pro celou konstrukci okna. Je-li požadována hodnota s vyšší vzduchovou neprůzvučností (např. pro použití u frekventovaných komunikací), je třeba volit izolační sklo s vyšší vzduchovou neprůzvučností a okno musí být opatřeno vícestupňovým celoobvodovým těsněním. Pro dosažení hodnoty neprůzvučnosti 39 dB pro celé okno a vyšších hodnot je nutné tuto hodnotu doložit zkouškou.

Vzduchová neprůzvučnost musí být stanovena v souladu s ČSN EN ISO 10140-2 nebo pro určité typy oken v souladu s přílohou B harmonizované normy ČSN EN 14351-1+A1. V praxi je možné se setkat také s požadavkem na třídu zvukové izolace oken, tzv. třída „TZI“, která je vztažena k normě ČSN 73 0532).

Tab. 2: Přehled tříd zvukových izolací oken podle ČSN 73 0532.

TZI třída	$R_w$ [dB]
0	$\leq 24$
1	25–29
2	30–34
3	35–39
4	40–44
5	45–49
6	$\geq 50$

### 2. 2. 6. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla okny a vchodovými dveřmi se může stanovit buď výpočtem podle normy ČSN EN ISO 10077-1 nebo zkušebním postupem podle normy ČSN EN ISO 12567-1. Výrobce nebo dodavatel na základě dosaženého výsledku deklaruje hodnoty  $U_w$  nebo  $U_D$  výrobku.

Normativní požadavky hodnot součinitele prostupu tepla jsou dány normou na tepelnou ochranu budov ČSN 73 0540-2.

## 2. 2. 7 Radiační vlastnosti

Jedná se o hodnotu celkového činitele prostupu sluneční energie (solární faktor s hodnotou  $g$ ) a hodnotu světelného činitele prostupu průhledných zasklení (hodnota  $\tau_v$ ). Stanovení uvedených hodnot musí být provedeno v souladu s ČSN EN 410, nebo je-li to nutné, s EN 13363-1 nebo EN 13363-2 (referenční metoda). [3] Výše uvedené hodnoty jsou deklarovány výrobcí izolačních skel na technických listech použitého izolačního skla.

Celkový činitel prostupu slunečního záření  $g$  udává celkovou energii přenesenou přes zasklení. Jedná se o součet energie přenesené přímo přes zasklení a energie následně vyzářené do interiéru. Čím vyšší bude hodnota solárního faktoru, tím více sluneční energie v podobě tepla nám zasklení vpustí do místnosti. V zimních měsících se bezpochyby bude jednat o vlastnost, kterou bychom chtěli maximálně využít. V létě se ovšem může jednat o nežádoucí jev, který může způsobit přehřívání místností.

Světelný činitel prostupu (hodnota  $\tau_v$ ) je definován jako část viditelného světla, které je přes zasklení přeneseno do interiéru. Čím vyšší bude hodnota světelného činitele prostupu, tím větší množství světla se přes zasklení do místností dostává. V drtivé většině případů je tedy žádoucí, aby množství propouštěného světla do místnosti bylo co nejvyšší.

S rostoucími požadavky na snížení součinitele prostupu tepla zasklívacích jednotek dochází ke zvyšování počtu skel a používání speciálních pokovených povlaků. Důsledkem toho dochází ke snížení prostupu solární energie a světla, což není vždy žádoucí. Je tedy třeba hledat kompromis mezi tepelnými a radiačními vlastnosti používaných izolačních skel z pohledu umístění a využitelnosti otvorových výplní.

## 2. 2. 8. Průvzdušnost

Průvzdušnost je charakterizovaná jako množství vzduchu, které projde za určenou dobu skrze netěsnosti, funkční spáry nebo konstrukčními otvory za určitou dobu. Pro okna a dveře je průvzdušnost vztahována na celkovou plochu okna a délku spáry.

Zkouška se provádí podle ČSN EN 1026 a klasifikace podle ČSN EN 12207. Zkušební vzorek umístěný ve zkušební komoře je zatěžován třemi rázy, přičemž zkušební tlaky mohou být kladné i záporné. Zkouška začíná na hodnotě

tlaku 150 Pa a postupně se zvyšuje až do maximální hodnoty 600 Pa. V průběhu zkoušky se zaznamenává aktuální tlak a tok vzduchu zkoušejícím výrobkem.

Tab. 3: Přehled tříd referenční průvzdušnosti vztažené na celkovou plochu okna

Třída	Referenční průvzdušnost při 100 Pa [ $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}$ ]	Maximální zkušební tlak [Pa]
0	Nezkouší se	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Tab. 4: Přehled tříd referenční průvzdušnosti vztažené na délku spáry

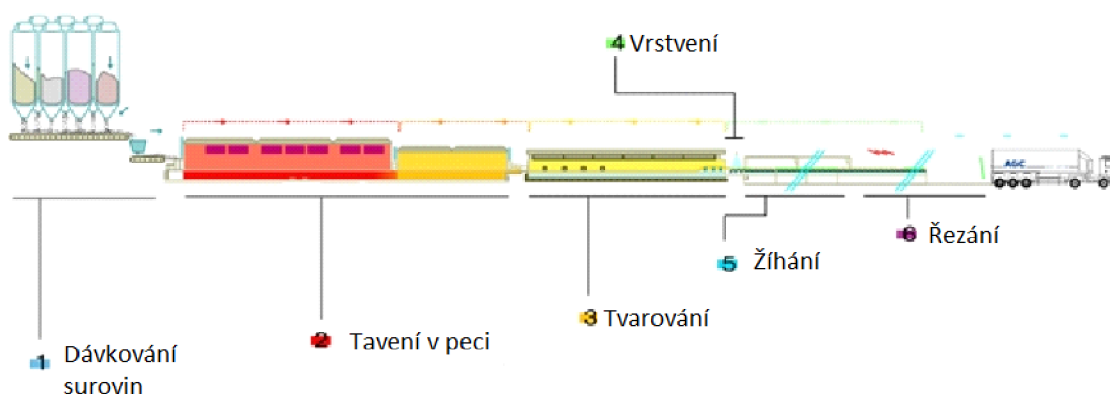
Třída	Referenční průvzdušnost při 100 Pa [ $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}$ ]	Maximální zkušební tlak [Pa]
0	Nezkouší se	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

### 3. Izolační skla, profily, distanční rámečky a kování

#### 3. 1. Ploché sklo

Pro výrobu skelných desek se v dnešní době využívá technologie FLOAT („plavení“). Vstupní suroviny jsou sklářský písek, vápenec (zvýšení chemické odolnosti), dolomit a uhličitan sodný (pro redukci teploty tavení  $\text{SiO}_2$ ), které jsou jednotlivě skladovány v zásobnících. Podle požadovaných vlastností finální skelné tabule se nadávkuje jednotlivé složky a suchá směs se homogenizuje.

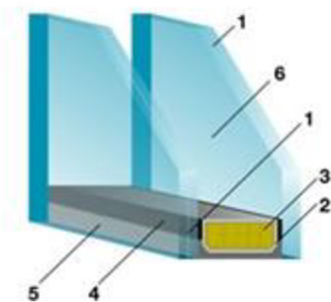
Při transportu do pece se ještě dodatečně přidávají skleněné střepy a vzniká sklářská vsázka. Vsázka se taví v pecích při teplotě asi  $1600\text{ }^\circ\text{C}$  pomocí plynových hořáků, přičemž dochází k přeměně skleněné vsázky na kapalnou sklovinu. Při dosažení maximální možné teploty se uvolní vzduchové póry ve struktuře. Tuto kapalnou sklovinu dále naléváme do lázně s roztaveným cínem na teplotu  $1100\text{ }^\circ\text{C}$  a vzniká nekonečný pás, který plave na hladině roztaveného cínu. V průběhu průchodu lázně je teplota postupně snižována na  $600\text{ }^\circ\text{C}$  a nekonečný pás je průběžně tvarován pomocí válců dle požadované tloušťky i šířky a stává se plastickým. Následně je pás vyzdvižen z lázně a chlazen na teplotu  $70\text{ }^\circ\text{C}$  z důvodu zamezení vzniku krystalické mřížky. V poslední fázi je již hotová skelná tabule řezána do rozměrů podle potřeb zákazníka (maximální možný rozměr je  $6000 \times 3210\text{ mm}$ ).



Obr. 5: Schéma hlavních technologických operací při výrobě plochého skla

### 3.1.1. Izolační dvojskla

Izolační dvojskla jsou tvořena dvěma skleněnými tabulemi, které jsou spojeny po obvodu distančním rámečkem a těsnícím tmelem. Distanční rámeček plní funkci oddělení skleněných tabulí a zároveň také jako pevný spoj, dále se v nich nachází také absorbát vlhkosti, který zabraňuje kondenzaci vodních par. Izolační dvojsklo je hermeticky uzavřeno a dutina se obvykle naplní vzácným plynem (nejčastěji Ar- argon nebo Kr - krypton) podporující příznivé tepelně izolační vlastnosti.

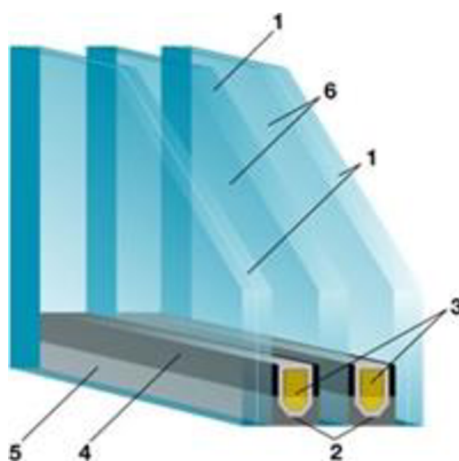


1. Skleněná tabule
2. Distanční rámeček
3. Absorbát vlhkosti
4. Utěsnění okna (butyl)
5. Těsnící tmel (polyuretan)
6. Komora naplněná vzácným plynem

Obr. č. 6: Schéma uspořádání izolačního dvojskla

### 3.1.2. Izolační trojskla

Izolační trojskla jsou tvořena ze stejných částí jako dvojsklo s tím rozdílem, že je přidáno třetí izolační sklo. Tím je dosaženo dvou uzavřených komor a tím pádem i zesílení tepelně izolačních vlastností.



1. Skleněná tabule
2. Distanční rámeček
3. Absorbát vlhkosti
4. Utěsnění okna (butyl)
5. Těsnící tmel (polyuretan)
6. Dutina naplněná vzácným plynem

Obr. č. 7: Schéma uspořádání izolačního trojskla

### 3.1.3. Ornamentní skla

Ornamentní skla jsou konstrukčně totožná s klasickými izolačními skly pouze s tím rozdílem, že skelná tabule je jednostranně nebo oboustranně vzorovaná. Nejčastější využití těchto skel je pro dosažení snížení průhlednosti (například toalety) nebo dekorativního vzhledu.



*Obr. 8: Vzorok ornamentních skel*

### 3.1.4. Bezpečnostní skla

Z pohledu bezpečnosti je u skel požadováno, aby nedošlo k poranění ze vzniklých střepů při rozbití skla nebo propadnutí skrz tabuli izolačního skla. Bezpečnostní skla se vyrábí pomocí technologie tvrzení (kalení) nebo vrstvení. Kalení spočívá v zahřátí hotového izolačního skla v kalicí peci na teplotu 600 až 700 °C a následné rychlé ochlazení. Pomocí této technologie lze dosáhnout zhruba třikrát větší pevnosti v tlaku za ohybu a vyšší odolnosti proti tepelnému šoku, než u klasického plaveného izolačního skla.



*Obr. 9: Vzhled vzorků bezpečnostních skel*

Vrstvené skla jsou složena minimálně ze dvou skleněných tabulí spojených pomocí plastické fólie (nejčastěji PVB-polyvinylbutyral nebo EVA-ethylenvinylacetát). Spojovací fólie zajišťuje stav při rozbití skla, při kterém úlomky zůstanou u sebe, což poskytuje dodatečnou bezpečnost do jisté míry zatížení a zamezuje pořezání o střepey.

#### 3.1.5. Protihluková skla

Těchto akustických vlastností u jednoduchého skla a izolačního dvojskla lze dosáhnout za předpokladu zvýšení plošné hmotnosti skla vložení pružného materiálu mezi skla - vrstvené bezpečnostní sklo, vrstvené bezpečnostní sklo s protihlukovou fólií (Stratophone) asymetrická tloušťka jednotlivých tabulí skla zvětšení meziskelní dutiny u izolačních dvojskel.

#### 3.1.6. Protisluneční izolační skla

Protisluneční izolační skla lze rozdělit na absorpční a reflexní.

Absorpční skla bývají libovolně barvené ve skleněné hmotě podle požadované barvy, přičemž se může jednat o jednovrstvé nebo vícevrstvé izolační sklo.

Reflexní izolační skla bývají potahované vrstvou oxidů kovů pro dosažení odrazného efektu slunečního záření. Podobně jako absorpční, i reflexní sklo může být jedno nebo vícevrstvé.

### 3.2. Profily pro plastové nebo hliníkové dveře a okna

Profily tvoří konstrukci rámu a křídla. Lze je roztrdit dle počtu komor, které vytvoří uzavřené vzduchové sekce, přičemž počet těchto sekcí zlepšuje tepelně izolační vlastnosti. V dnešní době se vyrábí profily od tří do osmi komor, přičemž nejpoužívanější počet komor je pět či šest. Další důležitou vlastností je součinitel prostupu tepla  $U_f$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. Hodnoty součinitele prostupu oken se nejčastěji pohybují v rozmezí  $U_f \in (0,9-1,2) W/(m^2 \cdot K)$ , přičemž čím menší hodnoty součinitele prostupu tepla profil dosahuje, tím lepší je tepelně izolační vlastnost. Další důležitou vlastností je také počet těsnění, obvykle se používají tři gumová těsnění.



### 3.3. Distanční rámečky

Distanční rámeček plní funkci oddělení skleněných tabulí a jako pevný spoj zajišťující stejnou tloušťku dutiny mezi skleněnými tabulemi. Obsahují zároveň absorbent vlhkosti zabraňující kondenzaci vodních par uvnitř dutiny izolačního skla.

Podobně jako profily nebo izolační skla, prošly také distanční rámečky vývojem. Dříve se využívaly rámečky vyrobené z hliníku, které však fungují jako tepelný vodič, což má za následek projev tepelného mostu a případně vznik povrchového kondenzátu po celém obvodu izolačního skla.

V současnosti se využívají distanční rámečky vyrobené z plastu a kovové fólie. Tato fólie zabraňuje difuzi vzácných plynů z dutiny izolačního skla. Při úniku těchto plynů by se razantně zhoršila tepelně izolační vlastnost celého výrobku. V případě použití argonu, jako tepelně izolačního plynu, se uvádí, že pokud dojde ke snížení koncentrace pod 40 %, přestává argon působit jako tepelný izolant.



Obr. 10: Uspořádání v detailu distančního rámečku

Tab. 5: Vybrané druhy distančních rámečků

Název	Materiál(y)	$\lambda$ [W/m·K]
Swisspacer V	Termoplast + nerez ocel 10 $\mu\text{m}$	0,16   15
Chromatec Ultra	Termoplast + nerez ocel 0,1 mm	0,24   15
Swisspacer	Termoplast + hliník 30 $\mu\text{m}$	0,16   160
Chromatec Plus	Nerez ocel 0,15 mm	15
Chromatec	Nerez ocel 0,18 mm	15
Hliníkový rámeček	Hliník 0,3 mm	160

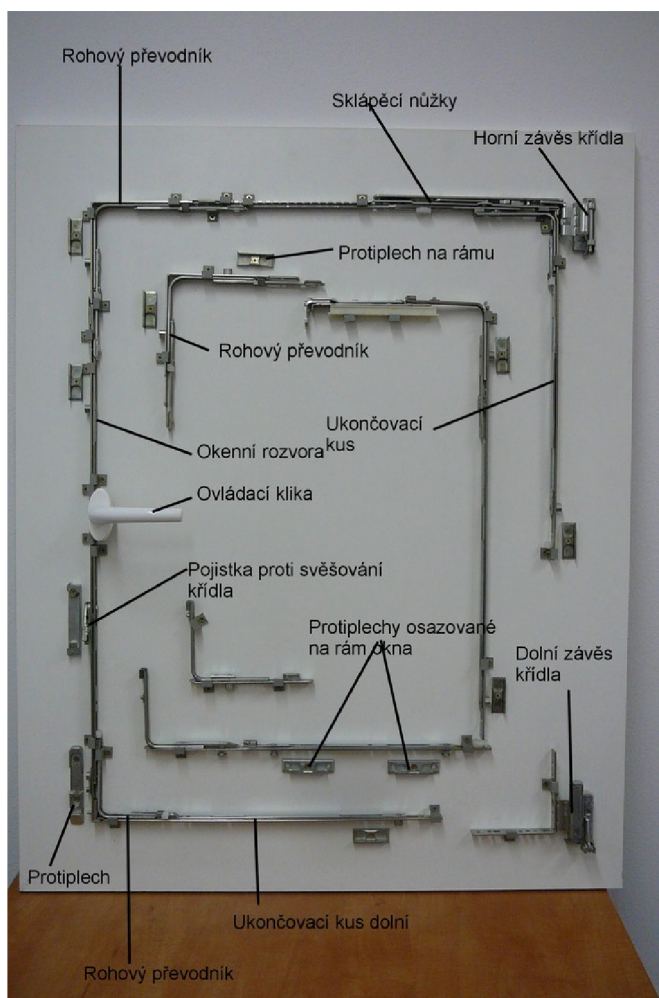
Poznámka: Hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  se vztahují k použitým materiálům.

### 3.4. Kování

Kování umožňuje změnu polohy křídla v rámu, okna nebo dveří, ze zavřeného stavu do různých poloh (otevření, ventilace, mikro-ventilace atd.). Zároveň musí splňovat požadavky na bezpečnost (proti vloupání), mechanickou trvanlivost podle ČSN EN 12400, funkčnost podle ČSN EN 14351-1 a odolnost proti korozi podle ČSN EN1670. [10]

Rozdělení je následující:

- Otevíravé, sklopné nebo kombinace,
- Posuvně skládací,
- Posuvně sklopné,
- Posuvné se zdvihem,
- Kyvné,
- Otočné.



Obr. 11: Přehled druhů stavebních kování pro okna.

## 4.0 Tepelné šíření při prostupu tepla okny

### 4.1. Součinitel prostupu tepla okny

V současnosti jsou kladeny velké požadavky na dosažení co nejlepších tepelně izolačních vlastností stavebních objektů z důvodu snahy snižovat energetickou náročnost budov, která souvisí s růstem cen na energie spotřebované na vytápění a tím i dosažení tepelné pohody.

Nejdůležitější fyzikální parametr, pomocí kterého lze posuzovat tepelně izolační vlastností oken a dveří, je součinitel prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].

Součinitel prostupu tepla okny značíme  $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], přičemž jeho hodnotu získáme následujícím vzorcem:

$$U_w = \frac{\sum U_g \cdot A_g + \sum U_f \cdot A_f + \sum l_p \cdot \psi_p}{\sum A_g + \sum A_f},$$

kde:  $U_g$  součinitel prostupu tepla zasklení (neprůsvitné výplně),

$U_f$  součinitel prostupu tepla rámu a křídla,

$\psi_g$  lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu,

$A_g$  plocha zasklené části (neprůsvitné výplně),

$A_f$  celková plocha rámu,

$l_g$  ( $l_p$ ) je celkový viditelný obvod zasklení (neprůsvitné výplně). [11]

Hodnoty parametrů  $U_g$ ,  $U_f$  a  $\psi_g$  sdělí výrobce použitých materiálů, další hodnoty jsou závislé na rozměru okna. Obecně platí, že s větší stavební hloubkou okna dochází k menšímu prostupu tepla. Lepších hodnot se dosahuje vložením tepelné vložky (izolace) do komor profilu, avšak z důvodu vysoké ceny se tento způsob používá pouze zřídka.

Největší plochou na okně je izolační sklo, proto jsou na něj kladeny vysoké tepelné požadavky, přičemž se nejčastěji využívá izolační trojsklo.

Tepelně izolační skla mají kromě součinitele prostupu tepla  $U_G$  ještě dva důležité parametry a to světelný součinitel prostupu  $\tau_v$  (prostup světla) a činitel prostupu sluneční energie  $g$ .

Tab. 6: Přehled orientačních hodnot izolačních skel

Druh izolačního skla	Dvojsklo	Trojsklo
$U_G$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	1,1	0,5
$g$ [%]	56	47
$\tau_v$ [%]	78	69

V zimních měsících u trojskel dochází v interiéru jen k minimálnímu vzniku kondenzátu na sklech. Podmínkou je dosažení menší relativní vlhkosti než 50 %. Trojskla mají vyšší povrchovou teplotu jako dvojskla a tím se předchází kondenzaci.

Solární zisky jsou u plastových a hliníkových oken téměř identické, protože rozhodující jsou rozměry izolačního skla, které bývají téměř identické pro oba druhy oken.

## C. PRAKTICKÁ ČÁST

### 1.0 Šíření tepla ve stavebních konstrukcích

Šíření tepla probíhá pouze mezi dvěma prostředími, které mají rozdílnou teplotu a pouze ve směru z prostředí o vyšší teplotě do prostředí s nižší teplotou podle druhého zákona termodynamiky.

#### 1.1 Způsoby šíření tepla

Vedením (kondukcí),

Prouděním (konvekcí),

Sáláním (radiací).

V praxi nedochází k šíření tepla pouze jedním z uvedených, ale kombinací výše uvedených.

##### 1.1.1 Šíření tepla vedením

Přenos tepla pomocí vedení probíhá u pevných látek (za určitých podmínek i v kapalinách a plynech). Předávání tepelné energie je ve směru klesající teploty, jelikož částice o vyšší teplotě mají vyšší kinetickou energii, než částice o nižší teplotě podle vztahu (pro jednorozměrné šíření tepla ve směru osy  $x$ ):

$$\frac{d\theta}{d\tau} = a \frac{d^2\theta}{dx^2}$$

To znamená, že částice o vyšší teplotě předávají svoji tepelnou energii sousedním částicím s teplotou nižší.

Šíření tepla vedením lze rozdělit na dva druhy:

Ustálené (stacionární), kdy rozdíl teplot mezi jednotlivými částmi tělesa je stálý, tzn. rozdíl teplot není závislý na čase. Platí  $\frac{d\theta}{d\tau} = 0$ .

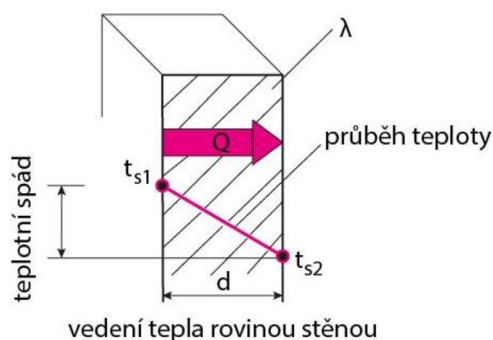
Neustálené (nestacionární) – dochází k postupnému vyrovnání rozdílů teplot mezi jednotlivými částmi tělesa. Platí  $\frac{d\theta}{d\tau} \neq 0$ .

Počtení řešení pro přenos tepla vedením je založen na zákonu o zachování energie. V ustáleném teplotním stavu a při jednorozměrném šíření tepla, podle prvního Fourierova zákona z diferenciální rovnice platí: [10]

$$q = -\lambda \cdot \text{grad } \theta,$$

kde  $q$  je hustota tepelného toku [W/m<sup>2</sup>],  
 $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)],  
 $\theta$  teplota [°C].

Záporné znaménko je z důvodu opačného směru tepelného toku a teplotního gradientu, jelikož se teplo šíří do prostředí chladnějšího.



Obr. 12: Schéma šíření tepla vedením stěnou

Dále tepelný tok podle Fourierova zákona prochází stěnou podle vztahu

$$Q = \lambda \frac{\theta_1 - \theta_2}{d} S \text{ [W]},$$

kde:  $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)],  
 $\theta_1$  teplota teplejšího prostředí [°C],  
 $\theta_2$  teplota chladnějšího okolí,  
 $d$  tloušťka stěny [m],  
 $S$  plocha [m<sup>2</sup>].

### Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$

Součinitel tepelné vodivosti je fyzikální parametr, jehož hodnota se vlivem rozdílného tlaku, teploty nebo složením dané látky, mění. Vyjadřuje množství tepla, které za jednotku času projde plochou izometrického povrchu za podmínky teplotního gradientu v tělese

$$\lambda = \frac{dQ}{gradt \cdot dS} \text{ [W/(m·K)].}$$

Vliv tlaku se v některých případech pevných látek zanedbává.

### 1.1.2 Šíření tepla prouděním

Teplu se přednáší prouděním pouze u kapalných a plyných látkách. Částice látky přenášejí teplo pomocí pohybu, přičemž ochlazení nebo ohřátí libovolného místa má za důsledek přesun částic. Tímto přesunem se zcela vyrovnává teplota látky. Tento jev nazýváme přirozené proudění teplotonosné látky. Pro zvýšení výměny tepla se používají stroje na principu čerpadel a ventilátorů, v tomto případě se jedná o proudění nucené. [10]

Pro výpočet šíření tepla pomocí proudění se využívá Newtonův zákon:

$$q = h_c \cdot S \cdot (\theta_{si} - \theta),$$

kde:  $q$  hustota tepelného toku [W],  
 $h_c$  součinitel přestupu tepla prouděním [W/(m<sup>2</sup>·K)],  
 $S$  plocha [m<sup>2</sup>],  
 $\theta_{si} - \theta$  rozdíl teplot [K].

Součinitel přestupu tepla  $h_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] je vyjádřen pomocí vztahu tepelného toku a rozdílu teplot. Udává tepelný tok nebo výkon, který se přenáší na 1m<sup>2</sup> povrchu při rozdílu teploty o 1 K.

$$h_c = \frac{q}{\Delta\theta},$$

kde:  $q$  hustota tepelného toku [W/m<sup>2</sup>],  
 $\Delta\theta$  rozdíl teplot [K].

Tabulka č. 7: Přehled hodnot součinitelů prostupu tepla pro různá prostředí [10]

Prostředí	$h_c$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)],
Klidný vzduch	3,5 - 12
Proudící vzduch	12 - 580
Proudící kapalina	230 - 5800
Vroucí kapalina	4600 - 7000
Kondenzující vodní pára	8100 - 14000

### 1.1.3 Šíření tepla sáláním

Sálání lze chápat jako elektromagnetické záření umožňující přenos tepla mezi tělesy. Jakékoliv těleso, které má vyšší teplotou než 0 K, vydává elektromagnetické záření. Dále také, každé těleso, které vyzařuje, zároveň i

záření pohlcuje, odráží nebo propouští. Přenos tepla sáláním se ve většině případů děje přes infračervené záření, dále světlen nebo ultrafialovým zářením. Elektromagnetické záření je považováno za tepelné sálání v rozmezí vlnových délek od 0,1  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ . [10]

Tab. 8: Intervaly vlnových délek elektromagnetického záření

Elektromagnetické záření	Označení	Vlnová délka [ $\mu\text{m}$ ]
Infračervené	Infra Red	<1000 – 0,7>
Viditelné	Visible	<0,7 – 0,4>
Ultrafialové	Ultra violet	<0,01 – 0,4>
Tepelné	Heat Radiation	<100 – 0,1>
Sluneční	Radiation of Sun	<3 – 0,1>

V rámci sálání se lze seznámit se solární konstantou  $E_0$ , které vyjadřuje intenzitu kolmého slunečního záření. Jelikož se jedná o nestálý parametr, uvádí se hodnoty od 1369 až 1375  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Dalším parametrem je emisivita, která je definována jako poměr intenzity vyzařování šedého zářiče  $M$  o teplotě  $T$  k intenzitě vyzařování dokonale černého zářiče  $M_b$  stejné teploty.

$$\varepsilon = \frac{M}{M_b} = \frac{C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4}{C_b \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4} = \frac{C}{C_b} < 1,$$

kde  $\varepsilon$  emisivita,

$M$  intenzita vyzařování šedého zářiče [ $\text{W}/\text{m}^2$ ],

$M_b$  intenzita vyzařování černého zářiče [ $\text{W}/\text{m}^2$ ],

$C$  sálavost šedého zářiče [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ],

$C_b$  sálavost černého zářiče [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ],

$T$  teplota [K]. [10]



## 2.0 Prostup tepla konstrukcí

K prostupu tepla dochází pouze u prostředí s rozdílnou teplotou. Při přestupu a přechodu tepla během šíření tepelného toku rovinnou stěnou uvažujeme pouze jednosměrným teplotním ustáleným polem.

Na přechodu tepla na vnitřní straně konstrukce se podílí proudění vzduchu, z důvodu rozdílu teplot ve vzduchových vrstvách. Sálání jako důsledek výměny tepla mezi danou stěnou a ostatními konstrukcemi uvnitř místnosti. Tuto výměnu tepla charakterizuje součinitel přestupu tepla, přičemž je matematicky vyjádřen následovně:

$$h_{si} = h_{c,si} + h_{r,si},$$

kde  $h_{si}$  součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],  
 $h_{c,si}$  součinitel přestupu tepla na vnitřní straně při proudění [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],  
 $h_{r,si}$  součinitel přestupu tepla na vnitřní straně při sálání [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. [10]

Součinitel přestupu tepla z vnější strany konstrukce je daný součtem součinitele přestupu tepla při proudění a součinitelem přestupu tepla při sálání.

$$h_{se} = h_{c,se} + h_{r,se},$$

kde  $h_{se}$  součinitel přestupu tepla na vnější straně [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],  
 $h_{c,se}$  součinitel přestupu tepla na vnější straně při proudění [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],  
 $h_{r,se}$  součinitel přestupu tepla na vnější straně při sálání [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. [10]

Součinitel prostupu tepla se stanovuje z tepelného odporu konstrukce nebo určité části konstrukce pomocí následujících vztahů:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{(R_{si} + R + R_{se})},$$

$$R_{si} = 1/h_{si},$$

$$R = d/\lambda,$$

$$R_{se} = 1/h_{se}$$

kde  $U$  součinitel prostupu tepla [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],  
 $R_T$  odpor konstrukce při prostupu tepla [ $(m^2 \cdot K)/W$ ],

$R_{si}$  odpor při přestupu tepla konstrukce na vnitřní straně konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$ ,

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla konstrukce na vnější straně konstrukce  $v [(m^2 \cdot K)/W]$ ,

$R$  tepelný odpor konstrukce nebo části  $[(m^2 \cdot K)/W]$ ,

$h_{si}$  součinitel přestupu tepla na vnitřní straně  $[W/(m^2 \cdot K)]$ ,

$h_{se}$  součinitel přestupu tepla na vnější straně  $[W/(m^2 \cdot K)]$ ,

$\lambda$  součinitel tepelné vodivosti  $[W/(m \cdot K)]$ ,

$d$  tloušťka vrstvy nebo její části [m]. [10]

## C. Experimentální část

V rámci experimentální části byly výpočtově stanoveny na vybraném typu plastového okna a jeho osazení do stavebního otvoru následující vlastnosti za teplotního spádu  $\theta_i = +21 \text{ °C}$  a  $\theta_e = -15 \text{ °C}$ :

- Rozložení teplot,
- Rozložení teplotního gradientu,
- Rozložení tepelných toků.

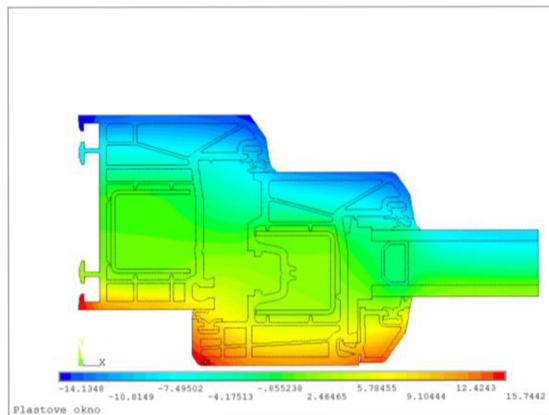
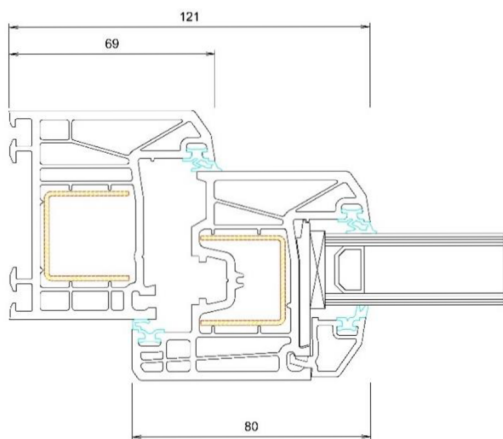
Řešení teplotních polí bylo provedeno pomocí Fourierovy rovnice vedení tepla ve výpočtovém systému ANSYS metodou konečných prvků. Výkres ve formátu .dwg byl převeden do výpočtových dat. Každé uzavřené oblasti byly přiděleny součinitele tepelné vodivosti podle jejich materiálové povahy

Tab. 9: Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti pro použité materiály

$i$	Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(m·K)]
1	Vzduch – malý rozměr	0,062
2	Vzduch – střední rozměr	0,107
3	Vzduch – velký rozměr	0,246
4	Hliník	204
5	Železo	50
6	PVC	0,2
7	Sklo	0,76
8	Gumové těsnění	0,25
9	Cihelná zeď	0,83
10	Pěnový polystyrén (PPS)	0,038
11	Omítka	0,9
12	Polyuretanová pěna (PUR)	0,028

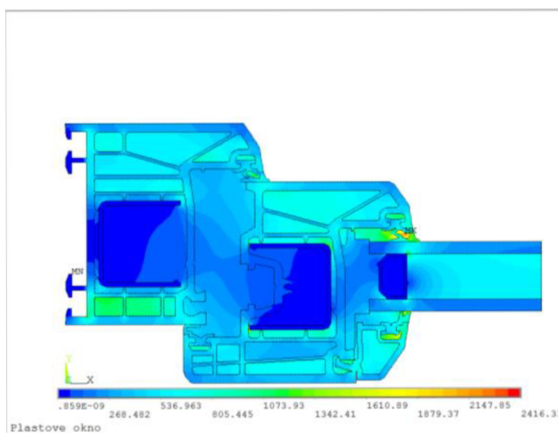
*Poznámka: označení malý, střední a velký rozměr vzduchu je vztaženo pro velikosti uzavřených vzduchových komor.*

Vybraný druh plastového okna o stavební hloubce 76 mm

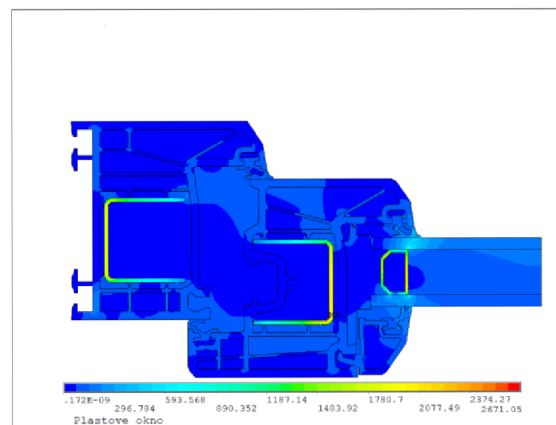


Obr. 13: Schéma uspořádání rámu a křídla plastového okna s izolačním dvojsklem

Obr. 14: Rozložení teplot v okenním rámu a křídle



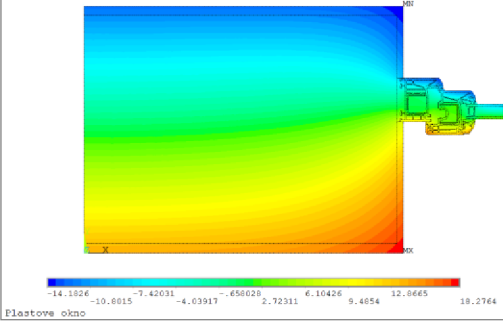
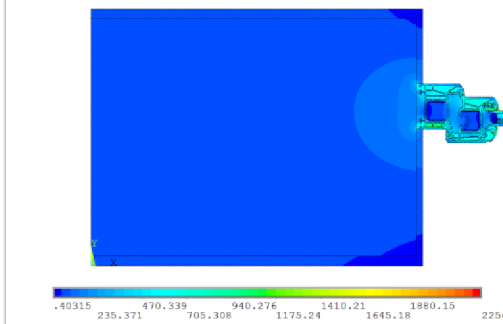
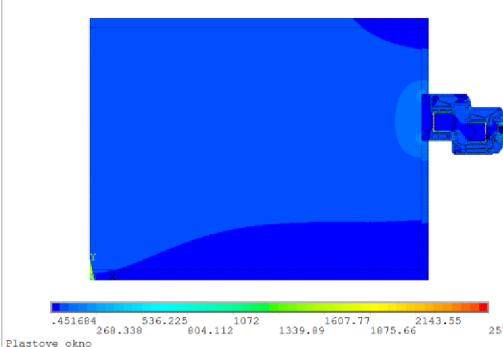
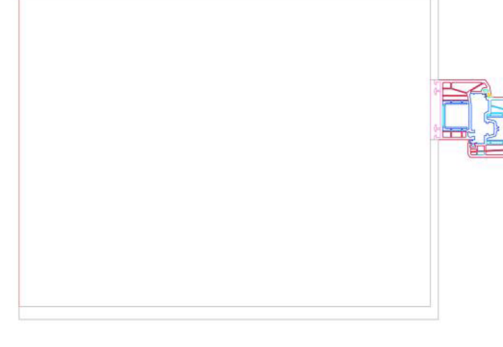
Obr. 15: Rozložení teplotního gradientu v okenním rámu a křídle



Obr. 16: Rozložení tepelných toků v okenním rámu a křídle

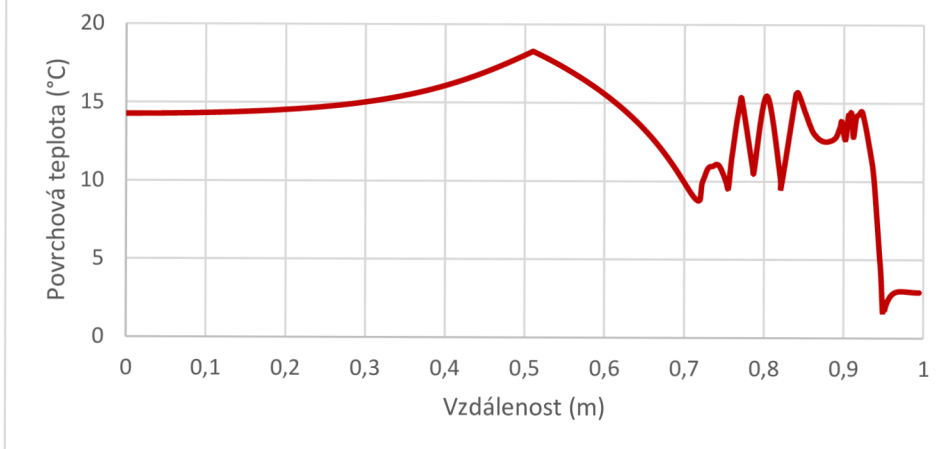
## Varianta osazení okna do ostění č. 1:

Cihelná zeď tloušťky 365 mm, omítka tloušťky 5 mm, pěnová PUR pěna mezi rámem okna a cihelným zdivem.

 <p>Plastové okno</p>	 <p>Plastové okno</p>	
<p>Obr. 17: Rozložení teplot</p>	<p>Obr. 18: Rozložení teplotního gradientu</p>	
 <p>Plastové okno</p>		
<p>Obr. 19: Rozložení tepelných toků</p>	<p>Obr. 20: Schéma osazení č.1</p>	

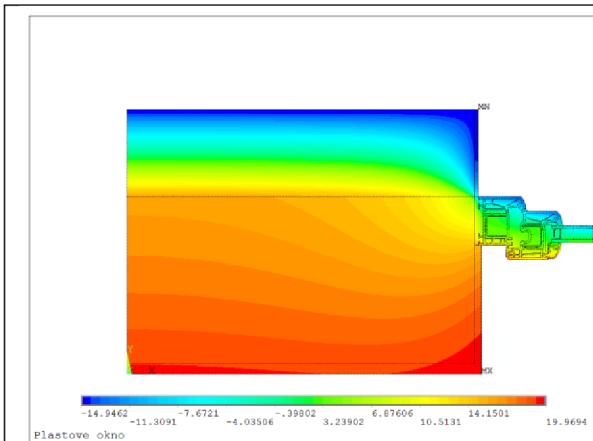
V následujícím grafu 1 jsou vyobrazeny vnitřní povrchové teploty kvůli posouzení kondenzačních podmínek. Vyplývá z něj, nejnižší povrchové teploty se nachází na vnitřním povrchu zasklení okna.

Graf. č. 1: Povrchové teploty z interiérové strany  
pro variantu zabudování č. 1

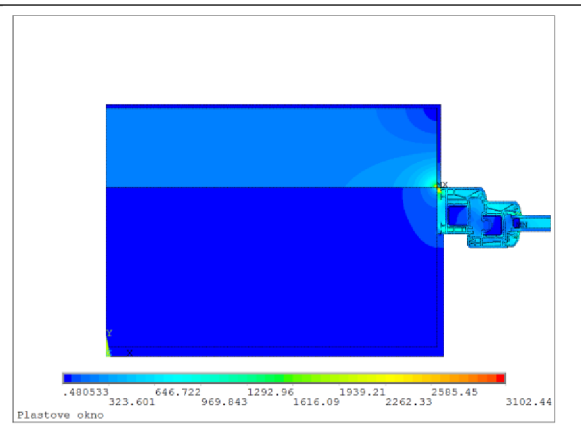


## Varianta osazení okna do ostění č. 2:

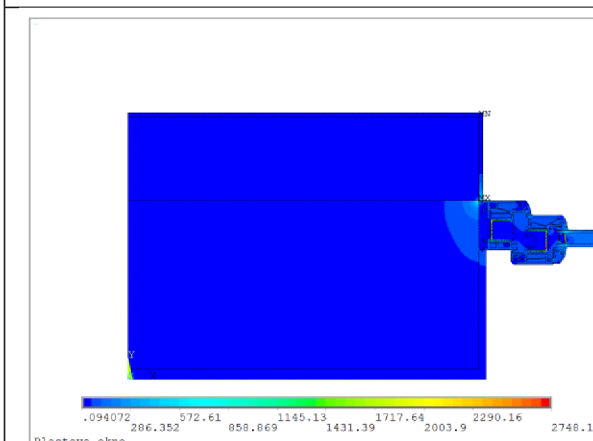
Cihelná zeď tloušťky 240 mm, PPS tloušťky 120 mm na vnější straně zdi, omítka tloušťky 5mm, PUR mezi rámem okna a cihelným zdívem.



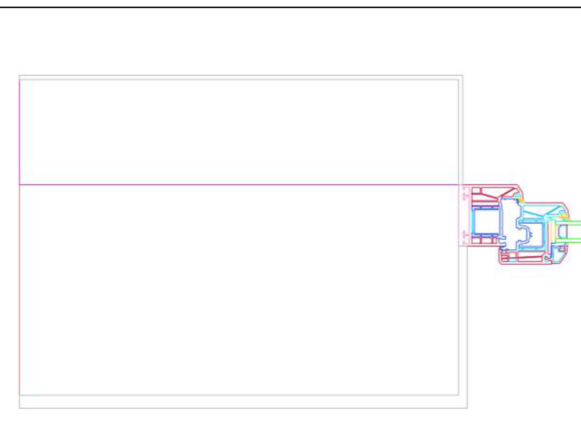
Obr. 21: Rozložení teplot



Obr. 22: Rozložení teplotního gradientu



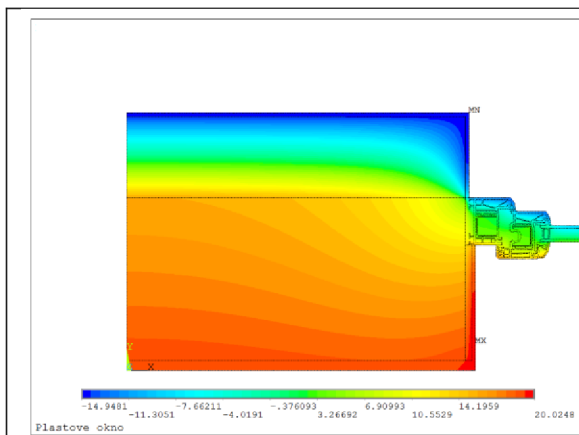
Obr. 23: Rozložení tepelných toků



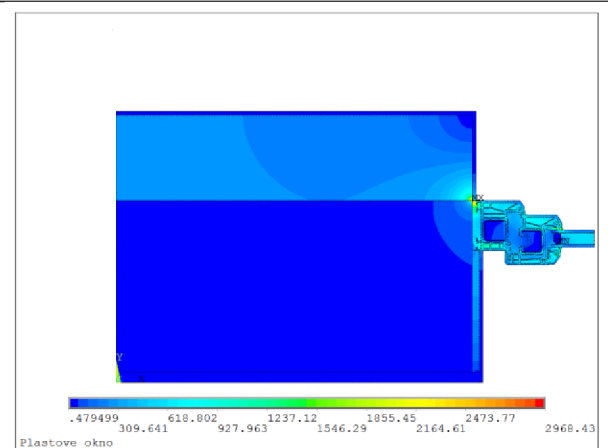
Obr. 24: Schéma osazení č.2

### Varianta osazení okna do ostění č. 3:

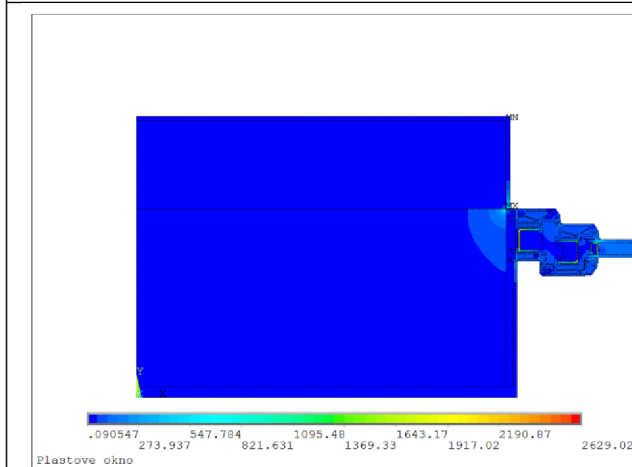
Cihelná zeď tloušťky 240 mm, PPS tloušťky 120 mm na vnější straně zdi + 10 mm na vnitřní straně parapetu, omítka tloušťky 5mm, PUR mezi rámem okna a cihelným zdívkem.



Obr. 25: Rozložení teplot



Obr. 26: Rozložení teplotního gradientu



Obr. 27: Rozložení tepelných toků

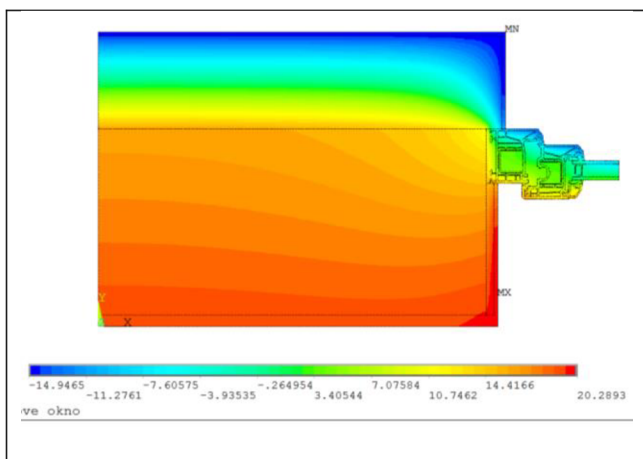


Obr. 28: Schéma osazení č. 3

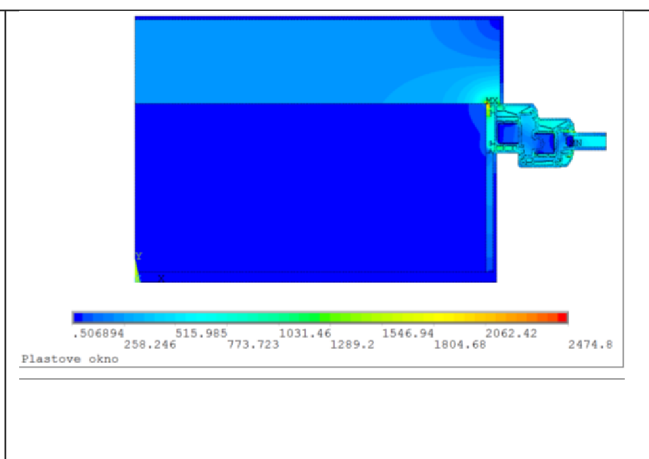


#### Varianta osazení okna do ostění č. 4:

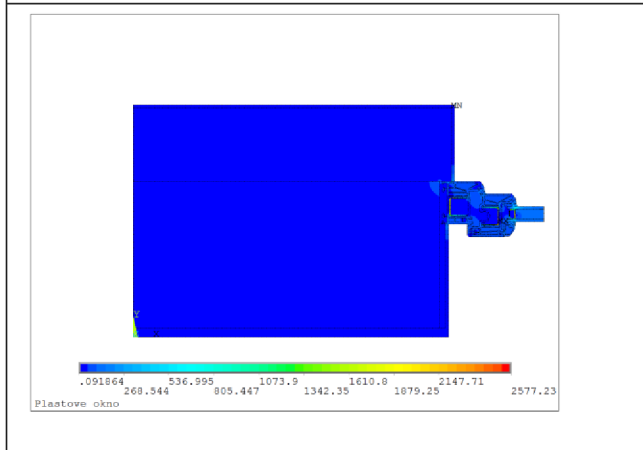
Cihelná zeď tloušťky 240 mm, PPS tloušťky 120 mm na vnější straně zdi s přesahem na rám okna + 10 mm na vnitřní straně parapetu, omítka tloušťky 5mm, PUR mezi rámem okna a cihelným zdívem.



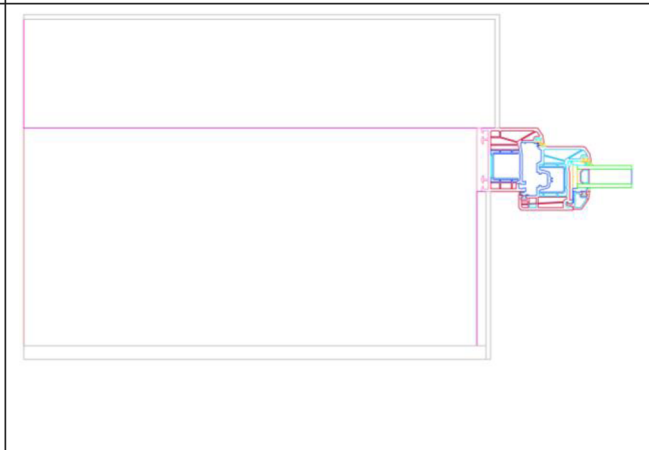
Obr. 29: Rozložení teplot



Obr. 30: Rozložení teplotního gradientu



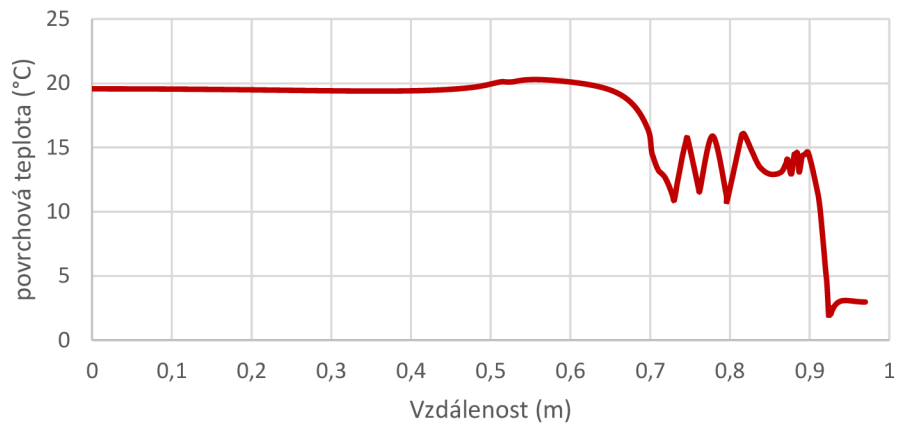
Obr. 31: Rozložení tepelných toků



Obr. 32: Schéma osazení č. 4

V následujícím grafu 2 jsou vyobrazeny vnitřní povrchové teploty kvůli posouzení kondenzačních podmínek. Vyplývá z něj, nejnižší povrchové teploty se nachází na vnitřním povrchu zasklení okna, avšak povrchové teploty v oblasti povrchu rámu a ostění jsou vyšší než v grafu 1.

Graf. č. 2: Povrchové teploty z interiérové strany pro variantu zabudování č. 4.



## Diskuse výsledků

Z dosažených výsledků je patrné, že u okenních otvorů nejvyšší ztráty tepla nastávají v okolí distančních rámečků izolačního dvojskla. Tento jev způsoben kovovou fólií, kterou je na povrchu opatřen distanční rámeček. Fólie působí jako tepelný vodič a lze i předpokládat, že v tomto místě dojde ke kondenzaci vodních par z vnitřní strany. Kovová fólie je však žádaná na distančních rámečcích z důvodu redukce difuze tepelně izolačních plynů uvnitř izolačního skla. Problém tepelných mostů lze omezit např. použitím větší tloušťky plochého skla, kvalitnějším distančním rámečkem nebo izolačním trojsklem.

Dále je zjevné, že varianta zabudování č. 4 je nejvhodnější, jelikož dochází k nejmenším tepelným mostům díky přesahu 120 mm tepelné izolace PPS z vnější strany zdiva a 10 mm PPS na vnitřní straně v místě parapetu.

V rámci výpočtu povrchových teplot byly vybrány varianty zabudování číslo jedna a čtyři. Nulová vzdálenost (osa X v grafu) začíná na levé straně vnitřní hrany (viz schéma). Již počáteční povrchové teploty se liší o 6 °C. Výrazný pokles povrchové teploty je v místě vnitřního parapetu pro variantu jedna. V případě první varianty dochází k poklesu povrchové teploty až na hodnotu 8,7 °C.

## D. ZÁVĚR

Při porovnávání plastových a hliníkových konstrukcí otvorových výplní pro stavební konstrukce jsou zjevné následující výhody a nevýhody obou systémů.

Plastová okna a dveře jsou z hlediska finanční investice příznivá varianta z důvodu dobrých tepelně izolačních vlastností při nižší pořizovací ceně oproti hliníkovým systémům. V rámci trhu je široký výběr výrobců plastových oken a dveří s nepřebernou možností barevných provedení PVC profilů při různých vlastnostech, ať již součinitel prostupu tepla, počet těsnění nebo komor. Další výhodou je téměř žádná potřeba se o plastová okna a dveře starat s ohledem na povrchovou úpravu (např. oproti dřevěným, natírání).

Jako nevýhody lze uvést omezení zatížení (zasklené plochy) z důvodu menší únosnosti plastových profilů i přes to, že bývají vyztužené kovovou výztuhou. Dále může docházet, při větších rozměrech oken a dveří, ke kroucení profilů vlivem velkých teplot. Taková deformace je již trvalá a je nutná výměna.

V rámci dnešního trhu je vhodné vybírat plastové profily ideálně 5-6 komorových systémů se středovým těsněním a izolačním trojsklem. Dále kvalitní kování, popřípadě i bezpečnostní, které zajistí plynulý chod a bezproblémovou funkčnost okna nebo dveří po celou životnost.

Hliníková okna a dveře jsou výhodnější při požadavku větších rozměrů zasklení, jelikož mají vyšší únosnost. Dále mají větší odolnost proti povětrnostním vlivům a tím pádem i delší životnost. Díky tenčím profilům jsou z architektonického hlediska žádaná. Po dovršení životnosti se dají snadno recyklovat.

Mezi nevýhody lze uvést vyšší pořizovací cenu a horší tepelně izolační vlastnosti. Z tohoto důvodu se většinou využívají do vnitřních prostor (např. kanceláře).

V rámci izolačních skel je i u hliníkových systémů vhodné použít izolační trojsklo. Dále by se, jako standart, měl použít tří komorový profilový systém s tepelnou izolací a přerušeným tepelným mostem.

## Seznam tabulek:

1. Klasifikace odolnosti oken a dveří proti zatížení větrem
2. Třída zvukové izolace oken
3. Referenční průvzdušnost vztažená na celkovou délku
4. Referenční průvzdušnost vztažená na délku spáry
5. Vybrané druhy distančních rámečků
6. Přehled orientačních hodnot izolačních skel
7. Přehled hodnot součinitelů prostupu tepla pro různá prostředí
8. Intervaly elektromagnetického záření
9. Součinitel tepelné vodivosti pro jednotlivé materiály

## Seznam grafů:

1. Povrchové teploty z interiérové strany pro variantu zabudování č. 1
2. Povrchové teploty z interiérové strany pro variantu zabudování č. 4

## Seznam obrázků:

Obr. 1: Schématický řez plastovým oknem. Zdroj:

<http://www.pronger.cz/okna/plastova/> (cit. 15.4.2018)

Obr. 2: Schématický řez hliníkovým oknem. Zdroj: <http://www.otherm.cz/1514-hlinikova-okna.html> (cit. 12.4.2018)

Obr. 3: Svářečka plastových profilů. Zdroj: autor.

Obr. 4: Přetok PVC po svařování rámu. Zdroj: autor.

Obr. 5: Schéma výroby plochého skla. Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/14247-zakladni-vyrobky-z-plocheho-skla> (cit. 12.3.2018)

Obr. 6: Schéma uspořádání izolačního dvojskla. Zdroj: <http://www.sklenarstvinonstop.cz/izolacni-skla.html> (cit. 9.3.2018)

Obr. 7: Schéma uspořádání izolačního trojskla. Zdroj: <http://www.sklenarstvinonstop.cz/izolacni-skla.html> (cit. 14.4.2018)

Obr. 8: Vzorke ornamentních skel. Zdroj: autor.

Obr. 9: Vzorke bezpečnostních skel. Zdroj: autor.

- Obr. 10: Detail distančního rámečku. Zdroj: <https://www.vekra.cz/slovník-pojmu/distančni-rameček/> (cit. 15.3.2018)
- Obr. 11: Druhy kování. Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/ramy-a-kovani/10647-kupujeme-okna-a-dvere-4-cast-kovani-oken> (cit. 2.5.2018)
- Obr. 12: Šíření tepla vedením skrz zeď. Zdroj: <https://publi.cz/books/170/04.html> (cit. 10.4.2018)
- Obr. 13: Schéma uspořádání rámu a křídla plastového okna s izolačním dvojsklem. Zdroj: <http://www.cadforum.cz/catalog/block.asp?blk=8159> (cit. 3.4.2018)
- Obr. 14: Rozložení teplot v okenním rámu a křídle za teplotního spádu  $\theta_i = +21\text{ °C}$  a  $\theta_e = -15\text{ °C}$ . Zdroj: autor.
- Obr. 15: Rozložení teplotní gradientu v okenním rámu a křídle za teplotního spádu  $\theta_i = +21\text{ °C}$  a  $\theta_e = -15\text{ °C}$ . Zdroj: autor.
- Obr. 16: Rozložení tepelných toků v okenním rámu za teplotního spádu  $\theta_i = +21\text{ °C}$  a  $\theta_e = -15\text{ °C}$ . Zdroj: autor.
- Obr. 17: Rozložení teplot pro zabudování č. 1. Zdroj: autor.
- Obr. 18: Rozložení teplotního gradientu pro zabudování č.1. Zdroj: autor.
- Obr. 19: Rozložení tepelných toků pro zabudování č. 1. Zdroj: autor.
- Obr. 20: Schéma osazení č.1. Zdroj: autor.
- Obr. 21: Rozložení teplot pro zabudování č. 2. Zdroj: autor.
- Obr. 22: Rozložení teplotního gradientu pro zabudování č. 2. Zdroj: autor.
- Obr. 23: Rozložení tepelných toků pro zabudování č. 2. Zdroj: autor.
- Obr. 24: Schéma osazení č. 2. Zdroj: autor.
- Obr. 25: Rozložení teplot pro zabudování č. 3. Zdroj: autor.
- Obr. 26: Rozložení teplotního gradientu pro variantu č. 3. Zdroj: autor.
- Obr. 27: Rozložení tepelných toků pro variantu č. 3. Zdroj: autor.
- Obr. 28: Schéma osazení č. 3: Zdroj: autor.
- Obr. 29: Rozložení teplot pro zabudování č. 4. Zdroj: autor.
- Obr. 30: Rozložení teplotního gradientu pro variantu č. 4. Zdroj: autor.
- Obr. 31: Rozložení tepelných toků pro variantu č. 4. Zdroj: autor.
- Obr. 32: Schéma osazení č. 4. Zdroj: autor.

## Zdroje a literatura:

- [1] Plastokno [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.plastova-okna-plastokno.cz/plastova-okna-vyvoj> [cit. 15.4.2018]
- [2] Sborník ČKLOP: souhrn odborných znalostí a pravidel pro realizaci lehkých obvodových plášťů a otvorových výplní. Praha: Česká komora lehkých obvodových plášťů, 2013-. ISBN 978-80-905654-4-9.
- [3] JIROUTOVÁ, I. *Technické parametry oken – o čem se nemluví* [online]. 11.2.2013 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9551-technicke-parametry-oken-o-cem-se-nemluvi>
- [4] [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.agc-glass.eu/cs/produkty/od-pisku-ke-sklu>
- [5] [online]. 26.10.2011 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/7969-vrstvene-bezpecnostni-sklo-v-otvorovych-vyplnich>
- [6] ŠÁLA, J. [online]. 2009, 17. 8. 2009 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/5844-individualni-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-oken-uw>
- [7] [online]. 31.8.2011 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zaskleni/7771-spravna-volba-izolacniho-zaskleni>
- [8] ŠUBRT, R. a PETR TYL, Z. [online]. 2.12.2013 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/ramy-a-kovani/10647-kupujeme-okna-a-dvere-4-cast-kovani-oken>
- [9] [online]. 24.11.2010 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/6956-okno-jak-ma-byt>
- [10] VAVERKA, J. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 80-214-2910-0.

## **Seznam zkratek:**

PVC – polyvinylchlorid

EU – Evropská unie

NV – Nařízení vlády

hEN – harmonizovaná evropská norma

Ar – argon

Kr – krypton

PVB – polyvinylbyral

EVA - ethylenvinylacetát

$E_0$  solární konstanta