

Tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů

Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT Praha

Původní text ze skript „Stavební fyzika 31“ z roku 2004. Částečně aktualizováno v roce 2018 především s ohledem na změny v normách.

Pro základní tepelně technické výpočty je nezbytné mít k dispozici pro každý materiál jeho tepelnou vodivost, faktor difúzního odporu, objemovou hmotnost a měrnou tepelnou kapacitu. Poslední dva jmenované parametry je v naprosté většině případů možné převzít přímo z podkladů výrobce nebo z tabulek v ČSN 730540-3 či v ČSN EN 12524. U tepelné vodivosti a faktoru difúzního odporu je v některých případech nutný jejich výpočet.

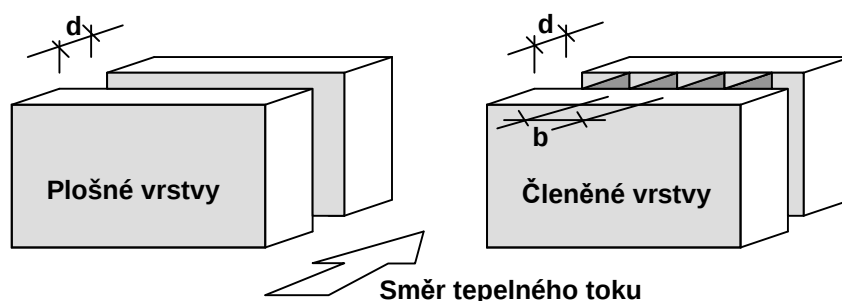
1.1. Tepelná vodivost

1.1.1. Běžné materiály

Tepelnou vodivost běžných stavebních materiálů lze převzít bez dalších úprav z normových tabulek nebo z hodnověrných podkladů výrobců, pokud podle ČSN 730540-3 částečný tlak vodní páry ve vnitřním vzduchu nepřesahuje hodnotu 1538 Pa. Pro vnitřní konstrukce, v nichž nedochází ke kondenzaci vodní páry, lze přitom použít tzv. **charakteristickou tepelnou vodivost**, zatímco pro vnější konstrukce je vždy nutné použít její **návrhovou hodnotu**. Pokud je materiál v kontaktu s vlhkým vnitřním prostředím (část. tlak vodní páry nad 1538 Pa), je nutné tepelnou vodivost stanovit **výpočtem** – buď podle ČSN 730540-3, nebo podle ČSN EN ISO 10456. Problémem je bohužel většinou to, že pro tyto výpočty nejsou pro velkou většinu materiálů k dispozici potřebné údaje¹. Nezbyvá pak často nic jiného, než odhadem zvýšit známou tepelnou vodivost materiálu (např. její deklarovanou hodnotu) tak, aby byl nepříznivý vliv vlhkého vnitřního prostředí zohledněn. Obvykle v těchto případech postačuje zvýšit tepelnou vodivost materiálů o 2 až 10 % podle druhu materiálu. Orientační hodnoty tepelné vodivosti pro vybrané stavební materiály uvádí Tab. 1.

1.1.2. Vzduchové vrstvy

Ve vzduchových vrstvách probíhá vždy komplexní přenos tepla vedením, prouděním i sáláním. V tepelně technických výpočtech se ovšem vzduchové vrstvy zohledňují obvykle zjednodušeně, přičemž konkrétní způsob zjednodušení závisí na předpokládané intenzitě větrání hodnocené vzduchové vrstvy. Přesnější způsob modelování vzduchových vrstev v náročnějších stavebních konstrukcích (dvouplášťové střechy, dvojité fasády apod.) nabízí numerické simulační programy založené na CFD (computational fluid dynamics) modelování.



Obr. 1 Tvar vzduchových vrstev podle ČSN EN ISO 6946

¹ Výrobci uvádějí nejčastěji tzv. deklarovanou hodnotu tepelné vodivosti, která zhruba odpovídá charakteristické hodnotě ve smyslu ČSN 730540-3. Návrhovou hodnotu tepelné vodivosti obvykle výrobci neuvádějí.

Tab. 1 Orientační vlastnosti vybraných stavebních materiálů

Materiál	Tepelná vodivost λ [W/(m.K)]	Faktor difuzního odporu μ [-]
Rohože z minerálních a skelných vláken	0,035 - 0,045	1,5 - 2,0
Měkké desky z minerálních vláken	0,035 - 0,040	1,5 - 3,0
Tuhé desky z minerálních vláken	0,040 - 0,047	1,5 - 4,0
Pěnový polystyrén	0,035 - 0,045	50
Extrudovaný polystyrén	0,034	100
Pěnové sklo	0,038 - 0,050	800 000
Dřevo měkké - tepelný tok kolmo k vláknům	0,13 - 0,18	150 ²
Dřevo tvrdé - tepelný tok kolmo k vláknům	0,22	150 ²
OSB deska	0,13	50
Dřevotříska	0,18	12,5
Cementotřísková deska (lignopor, VELOX)	0,110 - 0,350	13 - 15
Sádkartonová deska	0,22	9
Vápenná omítka	0,9	6
Vápenocementová omítka	1,0	19
Cementová omítka	1,2	19
Silikátová omítka pro ETICS	0,8	50
Akrylátová omítka pro ETICS	0,8	120
Silikonová omítka pro ETICS	0,7	90 - 150
Minerální omítka pro ETICS	0,8	20
Vápenocementová malta	1,0	19
Vápenná malta	0,9	6
Cementová malta	1,2	19
Železobeton	1,4 - 2,5	30 - 130
Prostý beton	1,2 - 1,4	20 - 130
Plynosilikát	0,09 - 0,20	7
Keramzitbeton	0,3 - 1,3	8 - 16
Zdivo z cihel plných	0,9	9
Zdivo z dutinových izolačních cihel	0,10 - 0,19	5 - 7
Zdivo z dutinových nosných cihel	0,25 - 0,60	8
Foliová hydroizolace pro ploché střechy	0,16	10 000 - 20 000
Asfaltová hydroizolace pro ploché střechy	0,21	30 000 - 50 000
Asfaltová separační lepenka	0,21	200 - 9 000
PE parozábrana pro šikmé střechy	0,35	50 000 - 400 000
Asf. parozábrana s hliníkovou vložkou	0,21	150 000 - 400 000
Difúzní fólie (kontaktní pojistná hydroizolace)	0,3	100
Nekontaktní pojistná hydroizolace	0,3	1000 - 15 000
Ocel uhlíková	50	1 000 000 ³
Ocel korozivzdorná	17	1 000 000 ³
Hliník	200	1 000 000 ³

Podle ČSN EN ISO 6946 se rozlišují celkem tři typy vzduchových vrstev:

- **vrstvy nevětrané** –nemají buď žádné propojení s vnitřním či s vnějším vzduchem, nebo mají propojení o minimální ploše větracích otvorů (do 0,05 % z celkové odvětrávané plochy)

² Hodnota platí pro samotné dřevo. Pro bednění se spárami mezi prkny se výrazně snižuje (pod cca 50).

³ Rozhoduje spárová difúze. Pro trapézové plechy se faktor difuzního odporu pohybuje běžně kolem 2000.

- **vrstvy slabě větrané** – mají větrací otvory o ploše od 0,05 % do 0,15 % z celkové odvětrávané plochy
- **vrstvy silně větrané** – mají větrací otvory o ploše vyšší než 0,15 % z celkové odvětrávané plochy.

Do výpočtů se zadávají jako materiály jen vrstvy nevětrané a slabě větrané. **Vrstvy silně větrané** se do tepelně technických vlastností konstrukcí nezahrnují⁴ a uplatní se pouze prostřednictvím zvýšeného tepelného odporu při přestupu tepla na vnější straně (viz část **Součinitel prostupu tepla**).

Tepelná vodivost **nevětraných vzduchových vrstev** se stanovuje vždy výpočtem. Jedná se ve skutečnosti o ekvivalentní tepelnou vodivost, protože vyjadřuje v jediném čísle celý komplex přenosu tepla ve vzduchové vrstvě – tedy přenos tepla vedením, prouděním i sáláním. Pro běžné případy se při jejím stanovení postupuje podle ČSN EN ISO 6946. Tato norma uvádí vztahy pro určení tepelné vodivosti vzduchových vrstev, které jsou buď plošné, nebo členěné, ale vždy s jednoduchým tvarem (Obr. 1). Ekvivalentní tepelná vodivost nevětrané vzduchové vrstvy se stanoví ze vztahu

$$\lambda_g = d/R_g, \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (1)$$

kde **d** je tloušťka vzduchové vrstvy ve směru tepelného toku v m (Obr. 1) a **R_g** je tepelný odpor nevětrané vzduchové vrstvy v m².K/W. Tepelný odpor nevětraných vzduchových vrstev **R_g** závisí na jejich typu (Obr. 1). Pro **plošné nevětrané vzduchové vrstvy** se stanoví ze vztahu

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (2)$$

kde **h_a** je součinitel přestupu tepla vedením a prouděním ve W/(m².K), který se stanoví⁵:

- pro vodorovný tepelný tok jako maximum z hodnot 1,25 a 0,025/d
- pro tepelný tok vzhůru jako maximum z hodnot 1,95 a 0,025/d
- pro tepelný tok dolů jako maximum z hodnot 0,12 · d^{0,44} a 0,025/d,

a **h_r** je součinitel přestupu tepla sáláním ve W/(m².K), který je definován jako

$$h_r = 2,27 \cdot 10^{-7} \cdot T_m^3 \cdot E \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (3)$$

kde **T_m** je střední absolutní teplota v K (obvykle se uvažuje 283,15 K) a **E** je součinitel vzájemného osálení povrchů ohraničujících vzduchovou vrstvu, který lze stanovit z rovnice

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad [-] \quad (4)$$

kde **ε₁** a **ε₂** jsou emisivity povrchů (pro většinu běžných stavebních materiálů činí emisivita zhruba 0,9 s výjimkou vysoce odrazivých kovových povrchů, kde může klesnout i pod 0,1).

Tepelný odpor **členěných nevětraných vzduchových vrstev** se stanoví rovněž ze vztahu (2). Součinitel přestupu tepla sáláním se ale určí jako

$$h_r = \frac{2,27 \cdot 10^{-7} \cdot T_m^3}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 2 + \frac{2}{1 + \sqrt{1 + d^2/b^2} - d/b}}, \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (5)$$

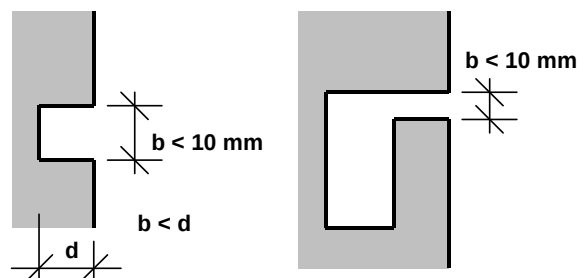
přičemž význam veličin je uveden na Obr. 1 a v předchozích vztazích.

Variantní postup pro výpočet tepelné vodivosti **nevětraných vzduchových vrstev** umístěných **v rámech oken** uvádí ČSN EN ISO 10077-2 (2018). Tento postup je nicméně vhodný nejen pro dutiny v rámech oken, ale i pro jakékoli vzduchové dutiny v konstrukcích a detailech, které budou

⁴ Stejně jako všechny následující vrstvy – např. vrstvy vnějšího pláště u dvouplášťových konstrukcí.

⁵ Uvedené hodnoty platí pro teplotní rozdíl mezi oběma povrchy vzduchové dutiny do 5 °C. Pro větší teplotní rozdíly uvádí ČSN EN ISO 6946 alternativní hodnoty závislé na konkrétním teplotním rozdílu.

hodnoceny z hlediska vícerozměrného šíření tepla. Na rozdíl od ČSN EN ISO 6946 se totiž nestanovuje jen jedna hodnota ekvivalentní tepelné vodivosti dutiny, ale **hodnoty dvě – pro oba směry tepelného toku** (ve směru osy x i y). Vztahy pro obě tepelné vodivosti λ_x i λ_y jsou přitom zcela shodné, jen se vždy uvažuje tloušťka dutiny d ve směru tepelného toku a šířka b kolmo na něj.



Obr. 2 Příklady slabě větraných vrstev na povrchu ráků oken podle ČSN EN ISO 10077-2

Podle ČSN EN ISO 10077 se za nevětranou vzduchovou vrstvu považují jednak vzduchové dutiny bez spojení s vnitřním či vnějším vzduchem, a jednak vzduchové dutiny, které jsou napojeny na vnitřní či vnější prostředí štěrbinami o šířce maximálně 2 mm. Za slabě větrané vzduchové vrstvy se pak považují vzduchové dutiny na vnitřním a vnějším povrchu ráků (konstrukcí), které jsou spojeny s vnitřním či vnějším prostředím štěrbinou o šířce od 2 do 10 mm (Obr. 2). Někteří odborníci doporučují uvažovat jako slabě větrané i vzduchové dutiny napojené na exteriér s pomocí odvodňovacích otvorů. Tyto dutiny jsou podle ČSN EN ISO 10077-2 považovány většinou za nevětrané vzhledem k malé ploše větracích otvorů. Uvažují-li se jako slabě větrané, jedná se o konzervativní přístup na straně bezpečnosti výpočtu. Větší význam má diskutované zvýšení tepelné vodivosti u dřevěných a plastových ráků, u kovových ráků je většinou málo závažné.

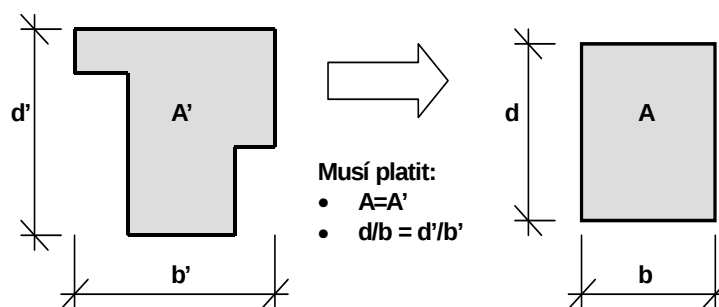
Základní vztahy pro tepelnou vodivost a tepelný odpor nevětraných vzduchových vrstev jsou i podle ČSN EN ISO 10077-2 (2018) shodné se vztahy z ČSN EN ISO 6946, poněkud odlišně se však stanovují hodnoty součinitelů přestupu tepla prouděním a sáláním. Součinitel přestupu tepla prouděním h_a se určuje jako maximum z hodnot $1,57 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a $0,025/d \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Součinitel přestupu tepla sáláním h_r se určuje ze vztahu

$$h_r = 2,27 \cdot 10^{-7} \cdot T_m^3 \cdot E \cdot F, \quad [\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}] \quad (6)$$

kde F je činitel vzájemného osálení definovaný pro typickou dutinu s obdélníkovým tvarem jako

$$F = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right). \quad [-] \quad (7)$$

Všechny veličiny jsou značeny stejně jako u vztahů (1) až (5).



Obr. 3 Úprava tvaru nepravidelné vzduchové dutiny

V ČSN EN ISO 10077-2 je uveden i postup pro stanovení tepelné vodivosti nevětraných vzduchových vrstev s nepravidelným tvarem, který lze použít nejen pro dutiny v rámech oken, ale zcela obecně. Princip tohoto postupu spočívá ve formálním převodu nepravidelné dutiny na dutinu s obdélníkovým půdorysem, přičemž musí být při této transformaci zachována plocha dutiny a poměr mezi její šířkou a hloubkou (Obr. 3).

Dosud diskutované vztahy (1) až (7) se týkají nevětraných vzduchových vrstev. U **slabě větraných vzduchových vrstev** nastala v souvislosti s revizí ČSN EN ISO 6946 v roce 2008 poněkud komplikovaná situace. Do této změny se tepelná vodivost slabě větraných vzduchových vrstev stanovovala smluvně jako dvojnásobek tepelné vodivosti shodné nevětrané vzduchové vrstvy, tedy ze vztahu

$$\lambda_g = 2 \cdot d / R_g, \quad \text{min. ale } (6,67 \cdot d) \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (8)$$

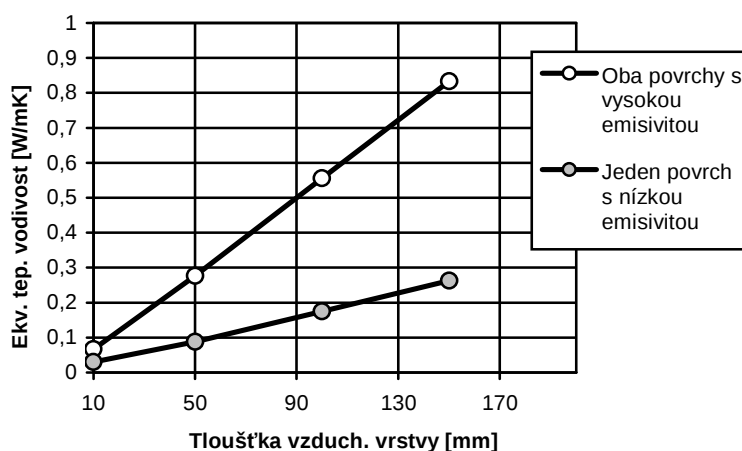
kde d je tloušťka slabě větrané vzduchové vrstvy ve směru tepelného toku v m a R_g je tepelný odpor shodné nevětrané vzduchové vrstvy v $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ vypočtený podle vztahů (2) až (5).

Norma ČSN EN ISO 6946 ale tento vztah od roku 2008 již neuvádí. Místo toho určuje (i v aktuálním znění z roku 2018), že se má součinitel prostupu tepla konstrukce se slabě větranou vzduchovou vrstvou stanovit ze vztahu

$$U = \left(\frac{1500 - A_v}{1000} R_{Tu} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{Tv} \right)^{-1} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (9)$$

kde A_v je plocha větracích otvorů do vzduchové vrstvy v mm^2 , R_{Tu} je tepelný odpor při prostupu tepla stanovený pro konstrukci s nevětranou vzduchovou vrstvou v $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a R_{Tv} je tepelný odpor při prostupu tepla stanovený pro konstrukci se silně větranou vzduchovou vrstvou v $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. V principu se má tedy vypočítat tepelný odpor při prostupu tepla pro dvě krajní meze větracího režimu vzduchové vrstvy. Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce pak odpovídá průměru naváhanému podle plochy větracích otvorů. Vztah (9) je ovšem dobře aplikovatelný jen pro konstrukce s jedinou slabě větranou vzduchovou vrstvou – a to navíc ještě pouze pro výpočet součinitele prostupu tepla. Jakmile se v konstrukci objeví více (a různě) slabě větraných vzduchových vrstev či pokud je cílem výpočtu stanovení povrchových teplot, je vztah (9) značně problematický. Některé platné normy (např. ČSN EN ISO 10077-2) navíc stále používají pro modelování slabě větraných vzduchových vrstev vztah (8).

Při hodnocení slabě větraných vzduchových vrstev je proto vhodné pečlivě zvážit, který ze vztahů (8) a (9) je pro konkrétní výpočet vhodnější. Vztah (8) tak pravděpodobně bude i nadále používán navzdory vyřazení z ČSN EN ISO 6946 – a nepůjde o první podobný případ.



Obr. 4 Ekvivalentní tepelná vodivost pro uzavřenou svislou vzduchovou vrstvu s různou emisivitou povrchů (0,1 a 0,9)

Závěrem této náročné kapitoly plné vztahů zbývá ještě uvést, že pro základní výpočty je možné použít **tabulkové hodnoty** tepelných vodivostí uzavřených vzduchových vrstev. Tyto hodnoty jsou

v závislosti na tloušťce vzduchové vrstvy uvedeny v Tab. 2. Pozor ovšem na to, že tabulkové údaje platí pro vzduchové vrstvy, které mají z obou stran běžné stavební materiály s vysokou emisivitou. Jakmile je vzduchová vrstva ohraničena materiály s nízkou emisivitou (např. hliníková folie), je vhodné její tepelnou vodivost stanovit výše uvedeným postupem – jinak dojde k podcenění redukce přenosu tepla sáláním (Obr. 4).

Tab. 2 Ekvivalentní tepelná vodivost vzduchových dutin podle ČSN EN ISO 6946

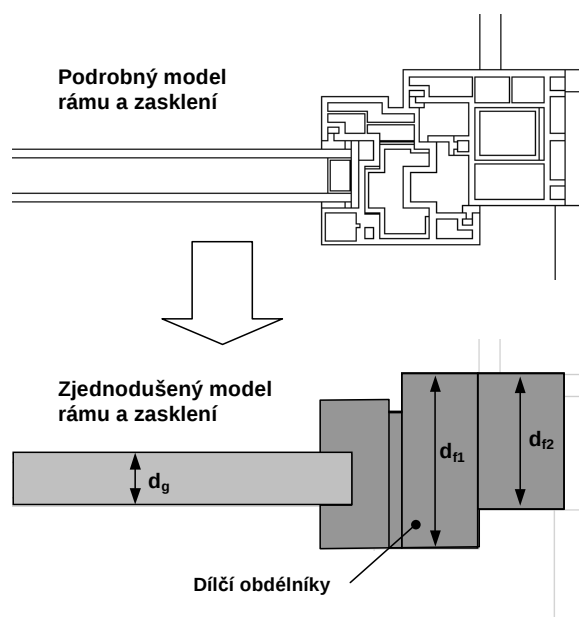
Tloušťka vzduchové dutiny ve směru tepelného toku d [mm]	Ekvivalentní tepelná vodivost vzduchové dutiny λ_a [W/(m.K)] pro tepelný tok:		
	nahoru	vodorovně	dolů
5	0,045	0,045	0,045
10	0,067	0,067	0,067
15	0,094	0,088	0,088
25	0,156	0,139	0,132
50	0,313	0,278	0,238
100	0,625	0,556	0,455
300	1,875	1,667	1,304

Poznámka: Mezilehlé hodnoty lze získat lineární interpolací.

1.1.3. Plynové vrstvy v zasklení

V hodnocených stavebních detailech se často objevují i okenní konstrukce včetně zasklení. Způsob modelování těchto konstrukcí do výpočtu závisí obvykle na jeho účelu. Pokud je cílem hodnocení okna, je nutné modelovat jeho rám a zasklení podstatně přesněji, než když je cílem výpočtu vyhodnocení povrchových teplot na ostění.

Při přesném modelování okenní konstrukce je nutné zadat správně i **tepelnou vodivost uzavřených plynových prostorů mezi skly**, které tvoří zasklení (dvojsklo, trojsklo). Podrobný popis výpočtů tepelné vodivosti plynových prostorů ve vícenásobném zasklení přesahuje rámec těchto skript, a proto zájemce o tuto problematiku odkazujeme na normu ČSN EN 673, která obsahuje všechny potřebné vztahy.



Obr. 5 Zjednodušení okenní konstrukce ve výpočtu

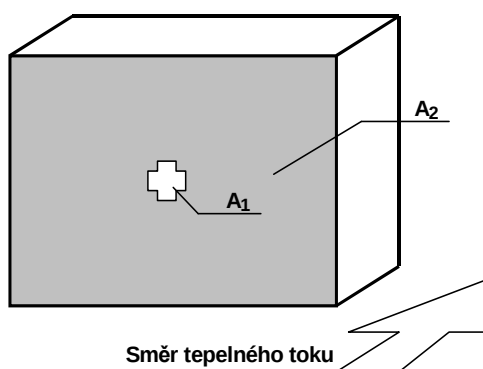
V některých případech – není-li okno centrem zájmu ve výpočtu – však není nutné modelovat zasklení či celou okenní konstrukci tak podrobně. Často se používá například zjednodušení okna na dvě základní části – na část rámu a část zasklení. Obě části musí samozřejmě svým tvarem odpovídat skutečné okenní konstrukci (Obr. 5). Jako tepelné vodivosti náhradního zjednodušeného rámu a zjednodušeného zasklení se použijí ekvivalentní hodnoty stanovené ze vztahu

$$\lambda_{eqv} = \frac{d}{\frac{1}{U} - R_{si} - R_{se}},$$

kde d je tloušťka rámu či zasklení ve směru tepelného toku v m, U je známý součinitel prostupu tepla rámu či zasklení ve $W/(m^2.K)$, R_{si} je tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně (obvykle $0,13 m^2.K/W$) a R_{se} je tepelný odpor při přestupu na vnější straně (obvykle $0,04 m^2.K/W$).

1.1.4. Kvazihomogenní vrstvy

Ve stavebních konstrukcích se často vyskytují nehomogenní vrstvy (např. sendvičové zdivo s kovovými sponami, tepelné izolace upevněné plastovými hmoždinkami, vzduchová vrstva nad sádkartonovým podhledem s pomocnými nosnými profily pro sádkarton apod.). Nehomogenity v těchto vrstvách nejsou obvykle natolik významné, aby bylo nutné každou z nich zavádět do výpočtu. Místo toho se zahrne jejich vliv do tepelné vodivosti základního materiálu. Takové vrstvy se pak označují jako kvazihomogenní, protože jejich vlastnosti nejsou ve skutečnosti vlastnostmi pouze jediného materiálu.



Obr. 6 Charakteristický výsek kvazihomogenní vrstvy a dílčí plochy

Postup pro započtení vlivu malých nehomogenit do tepelné vodivosti kvazihomogenní vrstvy je uveden v ČSN EN ISO 10211. Vypočtenou tepelnou vodivost lze použít jen tehdy, pokud není vyšší než 1,5-násobek nejnižší tepelné vodivosti materiálů v kvazihomogenní vrstvě před zjednodušením. Odlišně se stanovuje podle ČSN EN ISO 10211 tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy pro případ výpočtu tepelných toků a pro případ výpočtu povrchových teplot. Jednodušší postup se používá při výpočtu povrchových teplot, kdy se vychází ze vztahu

$$\lambda = \frac{\sum \lambda_j \cdot A_j}{\sum A_j}, \quad [W/(m.K)] \quad (10)$$

kde λ_j je tepelná vodivost j -té části kvazihomogenní vrstvy ve $W/(m.K)$ a A_j je plocha j -té části kvazihomogenní vrstvy v m^2 . Význam veličin ukazuje přehledně Obr. 6.

Vztah (10) je sympaticky jednoduchý – pro jeho použití však musí být podle ČSN EN ISO 10211 splněno poměrně velké množství podmínek. Nicméně pro základní tepelně technické posuzování lze při vědomí mírných chyb připustit i jeho obecnější použití.

1.2. Faktor difúzního odporu

1.2.1. Běžné materiály bez spár a otvorů

Faktor difúzního odporu běžných stavebních materiálů bez spár, netěsností a otvorů lze převzít bez dalších úprav z normových tabulek nebo z hodnověrných podkladů výrobců. Hodnoty pro vybrané stavební materiály uvádí Tab. 1.

1.2.2. Materiály se spárami a otvory

U málo **prodyšných materiálů se spárami** (např. trapézové plechy) je nutné faktor difúzního odporu stanovit výpočtem. Používá se vztah

$$\mu_{ekv} = \frac{A}{\frac{A}{\mu} + 5,315 \cdot 10^9 \cdot d \cdot \sum (\Lambda_d \cdot l)}, \quad [-] \quad (11)$$

kde **A** je plocha charakteristického výseku v m², **μ** je faktor difúzního odporu materiálu, **d** je tloušťka materiálu v m, **Λ_d** je spárová difúzní vodivost dílčí spáry v charakteristickém výseku v s (Tab. 3) a **l** je délka dílčí spáry v m.

Tab. 3: Vybrané spárové difúzní vodivosti podle / /

Popis spáry	Těsnění	Spárová difúzní vodivost
Příčná spára v profilovaném plechu	Bez těsnění spáry	0,04206.10 ⁻⁹ s
	S těsněním TP tmelem	0,00312.10 ⁻⁹ s
Podélná spára v profilovaném plechu	Bez těsnění spáry	0,13540.10 ⁻⁹ s
	S těsněním TP tmelem	0,03476.10 ⁻⁹ s
Příčná spára v ocelové střešní krytině	Bez těsnění spáry	0,03603.10 ⁻⁹ s
	S těsněním TP tmelem	0
Podélná spára krytá lištou v ocelové střešní krytině	Bez těsnění spáry	0,05920.10 ⁻⁹ s
	S těsněním TP tmelem	0,03603.10 ⁻⁹ s

Zvláště upozornit je třeba ještě na **folie a asfaltové pásy**. Výrobci pro tyto materiály uvádějí většinou faktory difúzního odporu⁶ stanovené pro plošný vzorek mimo spoje. Jedná se tedy o jistou ideální hodnotu, kterou materiály po zabudování do konstrukce obvykle nemají, protože jsou často perforované např. kotevními prvky či spojované pouhým přesahem atd. Jejich faktor difúzního odporu je tedy třeba ve výpočtech velmi často snížit. Experimentální výsledky ukázaly, že pokud podíl plochy otvorů přesáhne 1% z celkové plochy materiálu, klesá ekvivalentní difúzní tloušťka takto poškozených vrstev vždy pod hodnotu 0,27 m, a to nezávisle na druhu materiálu / /. Pokud je ovšem podíl plochy otvorů menší než 1%, závisí výsledná propustnost takto děrovaného materiálu i na jeho vlastnostech v neporušeném stavu. Stanovit tedy u méně perforovaných materiálů jejich faktor difúzního odporu je bez měření značně obtížné⁷. Obvykle se doporučuje odborným odhadem snížit podle procenta poškození faktor difúzního odporu až na 1 % původní hodnoty / /. Při odhadu snížení faktoru difúzního odporu je třeba vždy pamatovat na to, aby změna tohoto parametru vedla k bezpečnějším výsledkům posouzení. Například u parozábran lze obvykle doporučit maximální snížení faktoru difúzního odporu, zatímco u pojistných hydroizolací umístěných na hlavní tepelné izolaci je většinou vhodnější vliv perforace zcela zanedbat.

⁶ Často se uvádí i tzv. **ekvivalentní difúzní tloušťka** – tedy součin tloušťky materiálu a jeho faktoru difúzního odporu.

⁷ Některé výsledky speciálně pro PE folie uvádí / /.