TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ

Výpočet a posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla U dle požadavků ČSN 73 0540-2:2011

1. Tepelný odpor *R* vrstvy:

$$R = \frac{d}{\lambda} \qquad [(m^2 \cdot K)/W]$$

kde:

d tloušťka konstrukce, ve m
λ součinitel tepelné vodivosti, ve W/(m·K)

Poznámky:

- *Ve výpočtech je potřeba uvažovat s **návrhovými** hodnotami součinitele tepelné vodivosti λ_u, které zohledňují oproti deklarovaným hodnotám λ_d, zpravidla uváděných výrobci, i vliv zabudování materiálu na stavbě (mokré prostředí, nekvalitní zabudování apod.).*

  *Návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti je možné použít dle ČSN 73 0540-3. U ostatních materiálů neuvedených v této normě se postupuje odborným odhadem dle míry vlhkostní nasákavosti materiálu. Je nutné uvažovat s přirážkou 7-**10** % u nasákavých materiálů (např. minerální izolace) a 3-**5** % u méně nasákavých materiálů (např. EPS).*

- *Jakmile se ve vrstvě tepelné izolace nachází pravidelně opakující se tepelný most (krokev, dřevěný či kovový vynášecí rošt SDK apod.) je potřeba zohlednit jeho vliv na tepelnou izolaci. V předmětu BH004 toto provedeme pomocí % pohoršení součinitele tepelné vodivosti. **Jedná se ale o velké zjednodušení!** Běžně by se provedl výpočet dle ČSN EN ISO 6946:2008 článku 6.2 či Přílohy D.3 a další. Nejpřesnější postup je stanovit si přímo hodnotu lineárního či bodového činitele prostupu tepla (vyjádřit si přesně vliv tepelného mostu).*

  ***Tab. 1** - % pohoršení uvažované ve výpočtech*

Popisovaná tepelný most	*% pohoršení λ_u tepelné izolace*
Dřevěná krokev po cca 1000 mm, vláknitá tepelná izolace mezi krokvemi	*32 %*
Dřevěný vynášecí rošt po cca 625 mm mezi krokvemi a SDK, vláknitá tepelná izolace v roštu (jedná se o dodatečnou vrstvu tepelné izolace pod krokvemi)	*30 %*
Pozinkované plechové vynášecí prvky (např. krokový závěs, přímý závěs apod.) pro CD profily v rastru cca 500x1000 mm (2 ks/m²), vláknitá tepelná izolace mezi prvky	*5 %*
Kotevní pozinkovaný plechový CD profil 60x27 mm pro SDK po 500 mm, vláknitá tepelná izolace mezi CD profily	*130 %*
Ocelové kotvy (např. Spidi) s podložkou pro přerušení tepelného mostu pro vynášení venkovního obkladu (např. Cetris desky, kovové šablony apod.), počet kotev cca 3ks/m², vláknitá tepelná izolace je uložena mezi kotvami	*47 %*
Hliníkové kotvy (např. Spidi) s podložkou pro přerušení tepelného mostu pro vynášení venkovního obkladu (např. Cetris desky, kovové šablony apod.), počet kotev cca 3ks/m², vláknitá tepelná izolace je uložena mezi kotvami	*63 %*

Dřevěný rošt po cca 625 mm pro vynášení venkovního obkladu (např. Cetris desky, kovové šablony apod.), vláknitá tepelná izolace je uložena mezi prvky roštu	*30 %*
Talířové hmoždinky (plastová hmoždinka s kovovým šroubem) se zápustnou montáží pro systém ETICS, počet kotev cca 6 ks/m², tepelná izolace je lepena a následně kotvena pomocí kotev k podkladní k-ci	*5 %*
Kovové spony pro stabilizaci lícových cihel, počet spon cca 8 ks/m², spony prochází skrz vláknitou tepelnou izolací a ta je stabilizovaná pomocích plastových zarážek na sponách	*11 %*

2. Tepelný odpor *R* vícevrstvé konstrukce:

$$\boldsymbol{R} = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \qquad [(m^2 \cdot K)/W]$$

kde:

d_i tloušťka dílčí vrstvy/konstrukce, ve m
λ_i součinitel tepelné vodivosti dílčí vrstvy/konstrukce, ve W/(m·K)

3. Tepelný odpor při prostupu tepla R_T celou konstrukcí:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \qquad [(m^2 \cdot K)/W]$$

kde:

R_{si} tepelná odpor při přestupu tepla na <u>vnitřním</u> povrchu, ve (m²·K)/W
R_{se} tepelná odpor při přestupu tepla na <u>vnějším</u> povrchu, ve (m²·K)/W

Níže je uveden výběr z Tabulky J.1 z ČSN 73 0540-3:2005

R_{si} = 0,10 pro tepelný tok zdola nahoru
R_{si} = 0,13 pro vodorovný tepelný tok
R_{si} = 0,17 pro tepelný tok shora dolů
R_{se} = 0,04

4. Součinitel prostupu tepla U:

$$\boldsymbol{U} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_T}} \qquad [W/(m^2 \cdot K)]$$

K vypočítané hodnotě U se navíc přičte přirážka na opakující se tepelné mosty neuvažované výše ve výpočtu (např. ostění, rohy obvodové stěny apod.), pro naše výpočty (dobře zateplené budovy s nepřerušovanou vrstvou tepelné izolace) činí přirážka **ΔU = 0,02** W/(m²·K).

5. Posouzení s požadavky ČSN 73 0540-2

$$U \leq U_N \qquad [W/(m^2 \cdot K)]$$

kde:

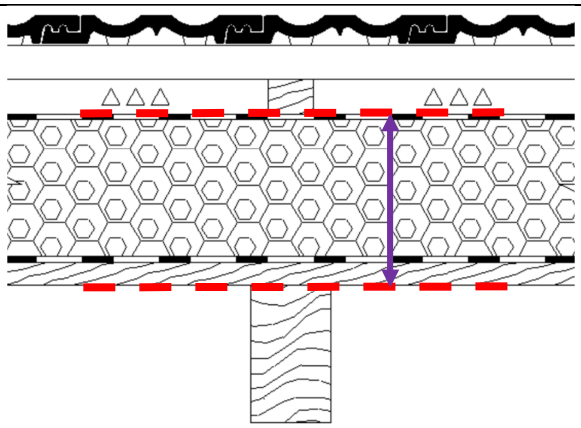
U_N požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve W/(m²·K)

Níže v Tabulce 3 jsou uvedeny požadované hodnoty U_N dle ČSN 73 0540-2:2011.

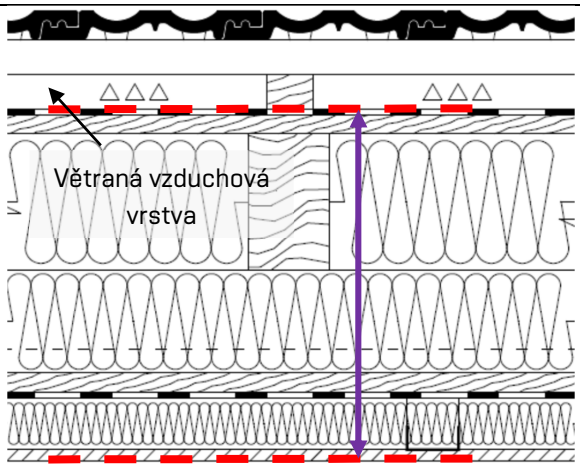
Tabulka 3 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 [1)]	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10

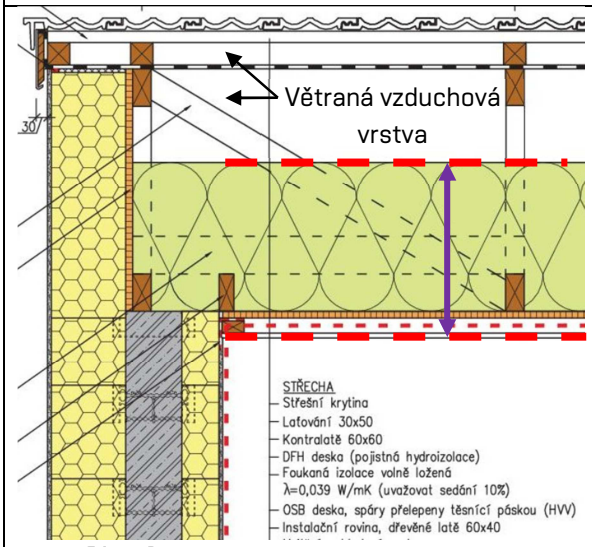
6. Jaká část skladby/konstrukce patří do výpočtu součinitele prostupu tepla U střešní konstrukce



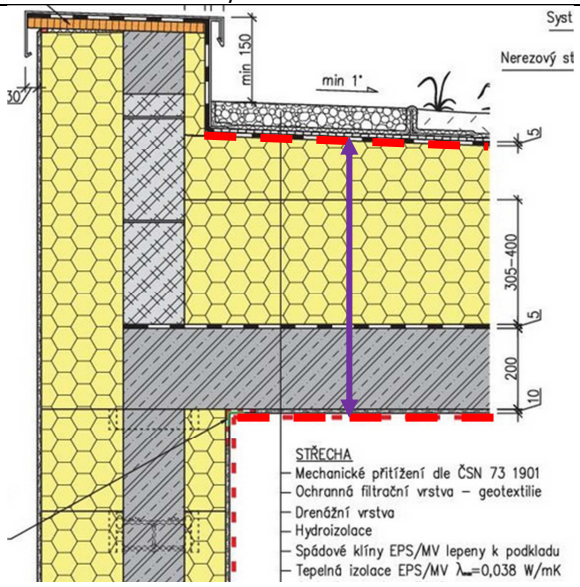
Obr. 1 – Šikmá střecha s nadkrokevní tepelnou izolací



Obr. 2 - šikmá střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi



Obr. 3 – Dvouplášťová plochá střecha s tepelnou izolací mezi spodními pásnicemi dřevěného vazníku



Obr. 4 – jednoplášťová vegetační plochá střecha s klasickým pořadím vrstev

7. Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí se zkosenými vrstvami

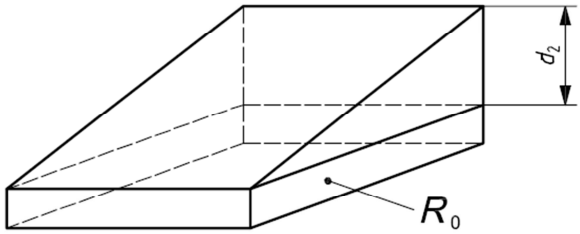
Níže je uveden výňatek z normy ČSN EN ISO 6946, který slouží pro studijní potřeby předmětu BH004 - Pozemní stavitelství 4.

Značka	Veličina	Jednotka
d_1	střední tloušťka zkosené vrstvy	m
d_2	maximální tloušťka zkosené vrstvy	m
ln	přirozený logaritmus	–
R_0	návrhový tepelný odpor zbývající části, včetně odporů při přestupu tepla u obou povrchů konstrukce	$m^2 \cdot K/W$
R_1	střední tepelný odpor zkosené vrstvy	$m^2 \cdot K/W$
R_2	maximální tepelný odpor zkosené vrstvy	$m^2 \cdot K/W$
λ_t	návrhová tepelná vodivost zkosené části (mající na jednom konci nulovou tloušťku)	W/(m·K)

Součinitel prostupu tepla se pro běžné tvary a pro spády nepřevyšující 5 % vypočítá ze vztahů (C.1) až (C.4).

C.2.1 Obdélníková plocha

$$U = \frac{1}{R_2} \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) \qquad \text{(C.1)}$$



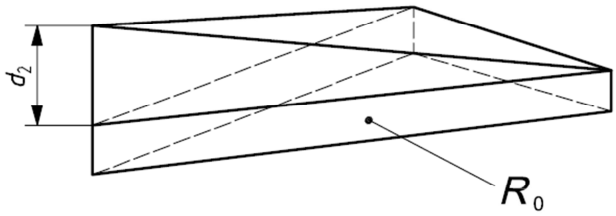
Legenda

d_2 maximální tloušťka zkosené (spádové) vrstvy

R_0 návrhový tepelný odpor zbývající části, včetně odporů při přestupu tepla u obou povrchů konstrukce

C.2.2 Trojúhelníková plocha, nejtlustší ve vrcholu

$$U = \frac{2}{R_2} \cdot \left[\left(1 + \frac{R_0}{R_2}\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - 1\right] \qquad \text{(C.2)}$$



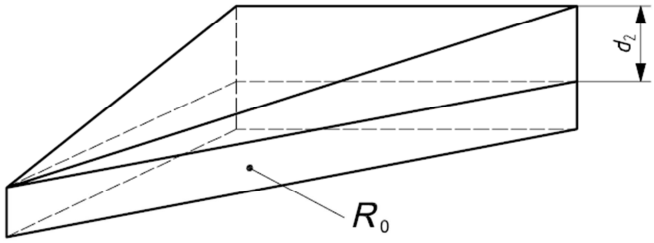
Legenda

d_2 maximální tloušťka zkosené (spádové) vrstvy

R_0 návrhový tepelný odpor zbývající části, včetně odporů při přestupu tepla u obou povrchů konstrukce

C.2.3 Trojúhelníková plocha, nejtenčí ve vrcholu

$$U = \frac{2}{R_2} \cdot \left[1 - \frac{R_0}{R_2} \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) \right] \qquad \text{(C.3)}$$



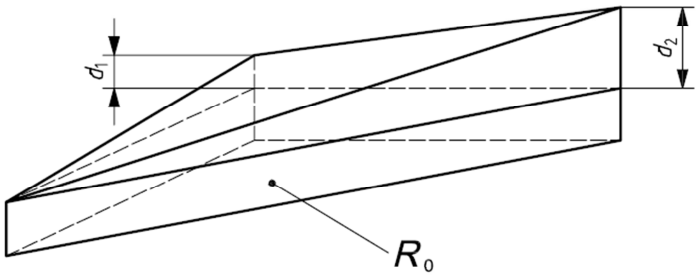
Legenda

d_2 maximální tloušťka zkosené (spádové) vrstvy

R_0 návrhový tepelný odpor zbývající části, včetně odporů při přestupu tepla u obou povrchů konstrukce

C.2.3 Trojúhelníková plocha, rozdílné tloušťky v každém vrcholu

$$U = 2 \cdot \left[\frac{R_0 \cdot R_1 \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0 \cdot R_2 \cdot \ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1 \cdot R_2 \cdot \ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1 \cdot R_2 \cdot (R_2 - R_1)} \right] \qquad \text{(C.4)}$$



Legenda

d_1 střední tloušťka zkosené (spádové) vrstvy

d_2 maximální tloušťka zkosené (spádové) vrstvy

R_0 návrhový tepelný odpor zbývající části, včetně odporů při přestupu tepla u obou povrchů konstrukce

8. Software

Na níže uvedených odkazech je uveden výběr free verzí softwarů:

Stavební fyzika – Zbyněk Svoboda (free verze programu)

https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=369

Deksoft (14 denní free verze)

https://deksoft.eu/programy/licencenazkousku