

*SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE*

**TECHNICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**2010**

**Bc. Július FINTA**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA**

**V NITRE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

***Tepelné mosty obytných budov***

***Diplomová práca***

Študijný program: Spoľahlivosť a bezpečnosť technických systémov

Študijný odbor: 5.2.57 Kvality produkcie

Školiace pracovisko: Katedra stavieb

Vedúci práce: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

Bc. Július Finta

## ***ABSTRAKT***

Július Finta [finta.julius@centrum.sk](mailto:finta.julius@centrum.sk) 2010 „Tepelné mosty obytných budov“  
[Diplomová práca] Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Technická fakulta,  
Katedra stavieb. Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

V diplomovej práci sú posúdené základné tepelnotechnické vlastnosti vybraných konštrukcií. Práca je zameraná na zistenie úniku tepla a možnosti sanačných opatrení. Tepelnotechnické posúdenie daných konštrukcií môže byť podkladom k znižovaniu energetických strát vo vybraných objektoch.

S rastom cien energií na vykurovanie stavieb sa v dnešnej dobe stáva trendom dodatočné zatepľovanie stavebných konštrukcií za účelom eliminovania nákladov vynaložených na vykurovanie stavieb. Okrem samotnej funkcie tepelnej ochrany a energetickej úspornosti musí dodatočný zatepľovací systém spĺňať aj prísne protipožiarne opatrenia špecifikované právnymi a normatívnymi predpismi platnými v EÚ. V dnešnej dobe je na stavebnom trhu veľké množstvo výrobcov a navrhovateľov zaoberajúcich sa touto problematikou, ktorí svojimi technologickými a pracovnými postupmi spĺňajú legislatívne a normatívne požiadavky platné v EÚ kladené na dodatočné zatepľovacie systémy.

Cieľom diplomovej práce bolo na základe dostupných a získaných informácií diagnostikovať a riešiť tepelné mosty vybraných objektov. Na zistené nedostatky som navrhol opatrenia na odstránenie problémov. Pre zistenie a následné prepočítanie mojich úprav bol použitý program Area 2007, ktorý má zakúpený Technická fakulta, Katedra stavieb.

Predpoklad vývoja cien energií je rastúci, takže otázka zvýšenej tepelnej ochrany budov v budúcnosti je veľmi dôležitá a aktuálna.

„**Kľúčové slová:** tepelné mosty a kúty, rosný bod, kritická teplota tvorby plesní, stavebné konštrukcie, obalové plášte budov, zatepľovacie materiály.“

## ***ABSTRACT***

Július Finta [finta.julius@centrum.sk](mailto:finta.julius@centrum.sk) 2010 „Thermal bridges residential buildings“  
[Thesis] Slovak Agricultural University in Nitra. Faculty of Construction. Supervisor:  
doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

In this thesis we evaluated the basic characteristics of selected thermo structures. This study aims to determine heat loss and its possible elimination. Thermo assessment of the structure is an instrument to reduce energy losses in the selected objects.

With the rising energy prices for heating of buildings it is a current trend to give the building an additional thermal isolation to eliminate the energy losses. In addition to the functions of thermal isolation and energy-efficiency needs isolation systems must satisfy strict fire protection measures specified by legal and normative regulations of EU. On today's construction market there are many producers and promoters involved in this issue with their technologies and working practices that comply with legislative or regulatory requirements applicable in the EU for additional isolation systems.

The aim of this thesis was to diagnose and solve the issue of thermal bridges of selected objects based on available information. To eliminate the found deficiencies we advised concrete procedures. For detection and testing of our recommendations we used editing program 2007 Area, which was provided for us by the Faculty of Engineering, Department of Construction.

As the energy prices are rising the question of increased thermal protection of buildings is very important and actual.

**"Key words:** thermal bridges and corners, dew point, critical temperature of mold-making, building construction, covering the building envelope, insulation materials“.

## ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne vyhlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne, a že som uviedol všetku použitú literatúru súvisiacu so zameraním diplomovej práce.

Nitra .....

.....

podpis autora DP

## POĎAKOVANIE

Touto cestou vyslovujem poďakovanie pánovi doc. Ing. Štefanovi Pogranovi, CSc. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

Nitra .....

.....

podpis autora DP

## *Použité označenie*

Označenie	Význam	Veličina
c	merné teplo	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
d	hrúbka vrstvy	m
q	hustota tepelného toku	$W \cdot m^{-2}$
h	súčiniteľ prestupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
x	smer prúdenia tepelného toku	m
R	tepelný odpor konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>0</sub>	odpor konštrukcie pri prechode tepla	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>N</sub>	normalizovaná hodnota tepelného odporu	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>se</sub>	odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>si</sub>	odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>T</sub>	odpor nehomogénnej konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>T</sub> '	horná hraničná hodnota odporu pri prechode tepla	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R <sub>T</sub> ''	dolná hraničná hodnota odporu pri prechode tepla	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
U	súčiniteľ prechodu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
U <sub>N</sub>	normalizovaná hodnota súčiniteľa prechodu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
φ	relatívna vlhkosť	%
λ	súčiniteľ tepelnej vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Δθ	teplotný rozdiel	°C
θ <sub>i</sub>	vnútorná výpočtová teplota	°C
θ <sub>e</sub>	vonkajšia výpočtová teplota	°C
θ <sub>si</sub>	teplota vnútorného povrchu konštrukcie	°C
θ <sub>se</sub>	teplota vonkajšieho povrchu konštrukcie	°C
θ <sub>ai</sub>	teplota vnútorného vzduchu	°C
Δθ <sub>s</sub>	hodnota bezpečnostnej prirážky	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Δθ <sub>dp</sub>	teplota rosného bodu	°C

## **Obsah**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky</b> .....	<b>12</b>
1.1 Základné pojmy a definície.....	12
1.2 Základné spôsoby šírenia tepla .....	15
1.2.1 Šírenie tepla vedením.....	16
1.2.2 Šírenie tepla prúdením.....	16
1.2.3 Šírenie tepla sálaním .....	17
1.2.4. Zákony sálania.....	18
1.3 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných látok .....	19
1.3.1 Súčiniteľ tepelnej vodivosti.....	19
1.3.2 Tepelný odpor konštrukcie.....	20
1.3.3 Prestup tepla.....	21
1.3.4 Súčiniteľ prechodu tepla.....	22
1.3.5 Učenie teploty v konštrukcii .....	24
1.4. Vplyv vzduchovej priepustnosti na teplotu konštrukcie.....	25
1.5 Tepelné mosty a kúty.....	26
1.5.1 Tepelné mosty .....	26
1.5.2 Kúty.....	28
1.5.3 Styk pri vyložení balkónovej konštrukcie.....	30
1.5.4 Ostenie .....	31
1.5.5 Atika.....	31
1.5.6 Eliminácia tepelných mostov .....	32
1.6 Obalové plášte budov .....	32
1.6.1 Tepelnoizolačné materiály obalových plášťov .....	32
1.7 Požiadavky a kritériá pre navrhovanie konštrukcií a budov.....	34



1.7.1	Technické normy.....	34
1.7.2	Medzinárodná technická normalizácia v tepelnej ochrane budov .....	35
1.7.3	Národné normy.....	35
1.7.4	Požiadavky podľa STN 73 0540:2002 .....	36
1.7.5	Hygienické kritérium .....	36
1.7.6	Posúdenie tepelných mostov podľa technických noriem a súvisiacich .....	38
1.7.7	Vnútoraná povrchová teplota .....	39
1.7.8	Technické pravidlá navrhovania tepelnej ochrany budovy.....	40
<b>2</b>	<b>Cieľ práce.....</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>Metodika práce.....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>Vlastná práca .....</b>	<b>43</b>
4.1	Obytná budova v lokalite intravilánu obce - objekt č.1.....	43
4.2	Obytná budova v lokalite intravilánu obce - objekt č.2.....	44
4.3	Výrobná budova v lokalite extravilánu obce - objekt č.3 .....	44
4.4	Výpočet diagnostikovaných tepelných mostov.....	47
4.4.1	Diagnostikovaný tepelný most v mieste nadokenného prekladu (objekt č. 1) .....	47
	Variantné riešenie č. 1.....	48
	Variantné riešenie č. 2.....	50
	Variantné riešenie č. 3.....	51
4.4.2	Určenie vnútornej povrchovej teploty v mieste tepelného mosta stanovenej konštrukcie (objekt č. 2).....	53
	Zjednodušený výpočet .....	53
	Prepočet vykonaný programom Area 2007 .....	55
	Zhodnotenie výpočtov .....	57
4.4.3	Diagnostikovaný tepelný most v mieste vyloženia balkónovej konzoly (objekt č. 2) ...	58
	Súčasný stav .....	58
	Variantné riešenie č. 1.....	59
	Variantné riešenie č. 2.....	61

<i>4.4.4 Diagnostikovaný tepelný most v mieste soklového muriva - objekt č.3</i> .....	62
<b>5 Záver</b> .....	<b>63</b>
<b>Použitá literatúra</b> .....	<b>64</b>

## ÚVOD

Tepelná ochrana budov je vedná disciplína, ktorá sa zaoberá šírením tepla a prenosom látky v stavebných konštrukciách a priestoroch budov. Metódami navrhovania a dimenzovania stavebných konštrukcií a budov sa pomocou požadovaných tepelnotechnických vlastností a kritérií zabezpečuje tepelná pohoda užívateľov, požadovaný teplotný a vlhkosťný stav konštrukcií a budov, nízka potreba tepla pri systémoch vykurovania, vetrania a klimatizácie, prevencia tepelnotechnických porúch konštrukcií a budov.

Stavebná tepelná technika sa zaoberá tepelnou ochranou budov pred nepriaznivými účinkami vonkajšieho prostredia v zimnom a letnom období. V našich klimatických podmienkach treba budovy v zime vykurovať a v lete prípadne klimatizovať. Dimenzovanie vykurovacích a klimatizačných zariadení, ako aj potreba tepla pre tieto technické zariadenia budov závisia od úrovne tepelnej ochrany konštrukcií a budovy.

Stavebná tepelná technika sa rozvíjala ako súčasť navrhovania konštrukcií pozemných stavieb. V zložitom vývoji navrhovania stavebných konštrukcií a budov z kusových stavív cez obvodové konštrukcie z veľkoplošných prvkov a kompletizovaných dielcov sa vyvíjali poznatky na zabezpečenie tepelnej ochrany budov. Zmeny v technológii výstavby a v materiálovej báze stavebníctva podmienili záujem o rozvoj vednej disciplíny stavebnej tepelnej techniky, ktorá sa výrazne rozvíjala už v bývalom Československu. Na mnohých výskumných, vývojových pracoviskách a vo viacerých vysokých školách sa vypracoval veľký súbor teoretických a experimentálnych prác. Týkajú sa najmä odľahčovania stavieb, zlepšenia tepelnoizolačnej schopnosti obvodových konštrukcií budov, štandardizácie výpočtových a meracích metód. V medzinárodnom meradle sa rozvíja stavebná tepelná technika na špecializovaných pracoviskách stavebnej fyziky. Technická normalizácia v oblasti navrhovania a posudzovania tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov v medzinárodných normách sa spracúva v ISO/TC 163 a v európskych normách sa spracúva v CEN/TC 89.

Dosahovanie energetických úspor pri prevádzke budov je významným faktorom pri ochrane životného prostredia. Vzťah medzi znižovaním produkcie oxidu uhličitého a energeticky efektívnym návrhom tepelnotechnických vlastností budov je veľmi výrazný. Tepelná ochrana budov je nástrojom pre projektanta pri navrhovaní nových i obnovovaných budov, ktoré majú priaznivý a šetrný vzťah k životnému prostrediu.

# ***1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky***

## ***1.1 Základné pojmy a definície***

Teplo (tepelné množstvo, značka  $Q$ ) je osobitný druh energie. Termín teplo sa používa väčšinou v zmysle dodaného alebo odobratého množstva nejakej látky. Ak dodávame teplo látke, zväčšuje sa jej vnútorná energia, čo sa prejaví zvýšením teploty. Rovnaký účinok možno dosiahnuť aj ohrievanie telies trením. Experimentálne sa zistilo, že dodané teplo a vynaložená mechanická práca, ktorou sa zvýši energia tej istej konštrukcie o rovnaký prírastok, sú vždy v rovnakom pomere a nezáleží na tom, akým spôsobom bola mechanická práca dodaná. Z týchto experimentov vyplynulo, že teplo je istý druh energie a možno ho vyjadrovať v rovnakých jednotkách ako mechanickú prácu. Jednotlivé formy energie môžeme transformovať, takže teplo získavame premenou mechanickej, elektrickej alebo chemickej energie. V aplikáciách stavebnej tepelnej techniky sa používa termín teplo v zmysle určeného množstva bez ohľadu na spôsob jeho prípravy. Termín energia sa používa v zmysle tepelného množstva určeného aj s ohľadom na spôsob jeho prípravy - teda so započítaním strát na zdroji tepla pri jeho výrobe a strát, ktoré sú pri distribúcii tepla (Chmúrny, 2003).

Tepelný tok  $\Phi$  vo W vyjadruje tok tepla za jednotku času. Je to množstvo tepla, ktoré sa šíri z teplejšieho miesta do chladnejšieho miesta za jednotku času. Pri ustálenom šírení tepla sa tepelný tok definuje

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} \quad (1)$$

kde  $Q$  je množstvo tepla v J,

$t$  – čas v s.

Pre tepelný tok v zimnom období sa v technickej praxi najmä vo vykurovaní zaužívalo označenie tepelná strata. V stavebnej tepelnej technike sa pri šírení tepelného toku z jedného prostredia do druhého často používa vyjadrenie tepelného toku v tvare

$$\Phi = L \cdot \Delta\theta \quad (2)$$

kde  $L$  je tepelná priepustnosť ( tepelná vodivosť) vo W/K,

$\Delta\theta$  – rozdiel teploty v K.

V tomto vyjadrení tepelná priepustnosť (tepelná vodivosť) udáva tepelný tok pri jednotkovom rozdielne teploty. Charakterizuje vlastnosti systému, ktorým sa šíri tepelný tok (Chmúrny, 2003).

Teplotným poľom sa nazýva rozdelenie teplôt v jednotlivých miestach telesa v určitom časovom okamihu. Matematicky ho môžeme vyjadriť takto

$$\theta = \theta(x, y, z, t) \quad (3)$$

Zápis vyjadruje, že teplota je funkciou polohy (x, y, z) a času t. Všeobecne sa teplota mení s polohou a časom. Takéto pole sa nazýva neustálené (nestacionárne). Keď sa teplota s časom nemení a je funkciou len polohy, takéto pole sa nazýva ustálené (stacionárne). V podstate sa uvažujú tieto teplotné polia:

$\theta = f(x)$  jednorozmerné ustálené (stacionárne) (obr. 1)

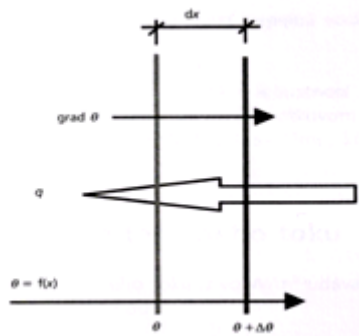
$\theta = f(x, t)$  jednorozmerné neustálené (stacionárne),

$\theta = f(x, y)$  dvojrozmerné ustálené (stacionárne) (obr. 2)

$\theta = f(x, y, t)$  dvojrozmerné (nestacionárne),

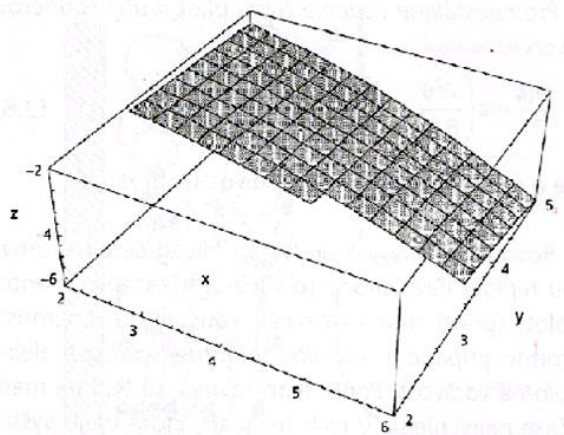
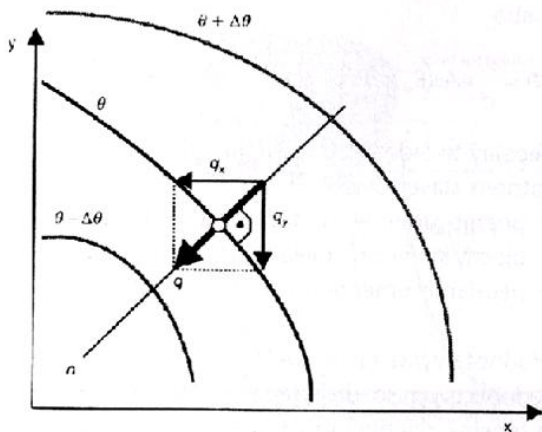
$\theta = f(x, y, z)$  trojrozmerné ustálené (stacionárne) (obr. 2)

$\theta = f(x, y, z, t)$  trojrozmerné (nestacionárne).



Obrázok 1: Jednorozmerné ustálené teplotné pole

Zdroj: Chmúrny, 2003



Obrázok 2: Dvojrzmerné ustálené pole a izotermická plocha pri trojrozmernom ustálenom teplotnom poli

Zdroj: Chmúrny, 2003

Teplotné pole je skalár, lebo na jeho určenie stačí číslo so znamienkom. Spojenie bodov s rovnakou teplotou vytvorí v telese izotermickú čiaru (v jednorozmerných poliach) alebo izotermickú plochu (vo viacrozmerných poliach), znázornenú na obr. 2. Pretože jeden bod telesa nemôže mať dve rôzne teploty, nemôžu sa dve izotermické čiary pretínať. Zmena teploty na dĺžkovú jednotku sa nazýva gradient teploty (grand  $\theta$ ). Gradient teploty je kladný v smere narastajúcej teploty. Záporná hodnota gradientu teploty sa nazýva teplotný spád (Chmúrny, 2003).

Tepelná pohoda – možno vyjadriť ako pocit spokojnosti s tepelným stavom prostredia, pri ktorej človek nepocituje chlad ani zvýšenú teplotu a neželá si ani vyššiu, či nižšiu teplotu, resp. neuvedomuje si tepelný stav vnútorného prostredia. V takomto prostredí je zachovaný stav, ktorý vytvára predpoklad optimálnych pracovných či relaxačných podmienok ľudí využívajúcich daný priestor budovy. Je zrejmé, že závislosti na veku, zdravotnom a psychickom stave môže byť vyjadrenie stavu tepelnej pohody značne subjektívne. Dôležitým faktorom pri posudzovaní tepelnej pohody pri rôznych činnostiach vykonávaných človekom je tepelná rovnováha medzi telesnou teplotou a teplotou vnútorného prostredia. To znamená, že tepelnú rovnováhu môžeme definovať ako teplotný stav vnútorného prostredia, ktoré dokáže odobrať z ľudského tela práve toľko tepla, koľko telo dokáže vyprodukovať (Pogran, 2006).

Rovnicu tepelnej pohody (tepelnej rovnováhy) možno vyjadriť vzťahom

$$\Phi = \Phi_v + \Phi_k + \Phi_s + \Phi_d + \Phi_p + \Phi_a \quad (4)$$

kde  $\Phi$  - vyprodukovaný tepelný tok ľudským telom vo W,

$\Phi_v$  - tepelný tok vedením vo W (väčšinou sa zanedbáva),

$\Phi_k$  - tepelný tok prúdením vo W,

$\Phi_s$  - tepelný tok sálaním vo W,

$\Phi_d$  - tepelný tok dýchaním vo W,

$\Phi_p$  - tepelný tok odparovaním potu vo W,

$\Phi_a$  - tepelný tok akumulovaný alebo chýbajúci v tele vo W (Pogran, 2006).

Ďalší kvalitatívny ukazovateľ posudzovania vnútorného prostredia vo vzťahu k tepelnej pohode je súčtová teplota miestnosti  $\theta_M$ , pričom

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_s \quad (5)$$

Hodnota súčtovej teploty charakterizuje stav vnútorného prostredia a pre obytné a občianske budovy, je daná vzťahmi:

pre zimné obdobie:  $\theta_M = \theta_{ai} + \theta_s \geq 38^\circ\text{C}$

pre letné obdobie:  $\theta_M = \theta_{ai} + \theta_s \leq 51^\circ\text{C}$  (Pogran, 2006).

Orientačné určenie optimálnych podmienok vnútorného prostredia v oblasti tepelnej pohody s trvalým pohybom ľudí určuje STN 73 0540-3.

## 1.2 Základné spôsoby šírenia tepla

Teplo sa môže šíriť v akomkoľvek prostredí len vtedy, keď na rôznych miestach tohto prostredia sú rozdielne teploty, pričom z miest s vyššou teplotou vzduchu prechádza teplo do miest s nižšou teplotou, a tak dochádza k vyrovnaniu teplôt určitého prostredia (Řehánek, Janouš, 1986).

Teplo sa šíri tromi základnými spôsobmi:

- ✓ vedením (kondukciou),
- ✓ prúdením (konvekciou),
- ✓ sálaním (radiáciou).

### 1.2.1 Šírenie tepla vedením

Vedením sa šíri teplo najmä v tuhých látkach, kým v kvapalinách a plynch len za určitých podmienok. Vedenie tepla je v podstate odovzdávanie kinetickej energie molekulám telesa pri ich dotyku. Stavebné látky majú zväčša pórovitú štruktúru. V póroch sa teplo šíri aj inak ako vedením, ale pri tepelnotechnických vlastnostiach sa prevažne opierame o úkazy, ktoré vyplývajú z vedenia tepla (Řehánek, Janouš, 1986).

V procese vyrovnania teplôt rôzne zohriatych častí telesa vzniká tok tepla v dôsledku tepelnej vodivosti. Teória tepelnej vodivosti vo všeobecnosti uvažuje zmeny teploty v rozličných častiach telesa v závislosti od času. Vzťah (6) udáva závislosť medzi hustotou tepelného toku  $q$  a tepelným gradientom  $d\theta/dx$ . Tepelný gradient v smere poklesu teploty sa nazýva tepelný spád (so záporným znamienkom)

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (6)$$

kde:  $q$  – hustota tepelného toku,  $\text{W}\cdot\text{m}^2$

$\lambda$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

$\theta$  – teplota,  $^{\circ}\text{C}$

$x$  – smer prúdenia tepelného toku, m.

Súčiniteľ tepelnej vodivosti  $\lambda$  charakterizuje schopnosť látky viesť teplo.

### 1.2.2 Šírenie tepla prúdením

Prúdením sa teplo šíri len v kvapalinách a v plynných látkach. Lokálne zohriatie alebo ochladenie vzduchu vyvoláva premiestnenie častíc, takže sa vyrovná teplota vzduchu nielen na úkor vodivosti, ale aj na úkor prenášania tepla zohriatymi alebo ochladenými časticami.



Prirodzený pohyb vzduchu pri jeho lokálnom zohrievaní, alebo ochladzovaní má ohraničenú rýchlosť a preto je intenzita výmeny tepla prúdením za predpokladu prirodzeného toku pomerne malá. Na zvýšenie intenzity výmeny tepla prúdením treba použiť umelý pohyb vzduchu pomocou ventilátorov. Výmena tepla prúdením medzi povrchom telesa kvapalným, alebo plynným prostredím sa nazýva prestup tepla (Řehánek, Janouš, 1986).

Keď prúdi vzduch okolo povrchu telesa vytvára sa tzv. oblasť vonkajšieho prúdenia a oblasť, v ktorej sa v dôsledku vlhkosti vzduchu mení rýchlosť prúdenia spojitou od nulovej hodnoty na povrchu telesa prakticky až do rýchlosti vonkajšieho prúdu.

Podľa Newtonovho zákona prestupu tepla pri prúdení je daný vzťahom

$$q_k = h_k \cdot (\theta_{si} - \theta_{ai}) \quad (7)$$

kde  $q_k$  - hustota tepelného toku prúdiaceho medzi vzduchom a konštrukciou,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

$h_k$  - súčiniteľ prestupu tepla pri prúdení,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

$\theta_{si}$  - teplota vnútorného povrchu konštrukcie,  $^{\circ}\text{C}$

$\theta_{ai}$  - teplota vnútorného vzduchu,  $^{\circ}\text{C}$ .

### 1.2.3 Šírenie tepla sálaním

Predstavuje osobitný druh šírenia tepla. Pri šírení tepla sálaním ide v podstate o prenos elektromagnetických vln s dĺžkou 760 až 3000 nm, ktoré sa šíria v priestore rýchlosťou svetla. Tepelné sálanie rozličných telies je určené ich teplotným stavom. Energia, ktorá je sálavá telesom, môže byť čiastočne pohlcovaná okolitým prostredím, môže dopadávať na iné telesá a rozptyľovať sa v okolitom priestore. Táto energia je na obr. 6 (Řehánek, Janouš, 1986).

Celková žiarivá energia dopadajúca na teleso sa vyjadruje vzťahom:

$$Q_o = Q_A + Q_R + Q_T \quad (8)$$

kde  $Q_A$  - časť pohlcovania telesom,

$Q_R$  - časť odrezaná telesom,

$Q_T$  - časť prechádzajúca telesom.

#### 1.2.4. Zákony sálania

Stefanov-Boltzmannov zákon tvorí základ na technické výpočty tepelných tokov šírených sálaním. Určuje, že hustota žiarivého toku je úmerná štvrtej mocnине absolútnej teploty

$$q_{\zeta} = C_{\zeta} \cdot T^4 \quad (9)$$

kde  $C_{\zeta}$  je súčiniteľ sálania čierneho telesa, t. j.  $C_{\zeta} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ,

$T$  – termodynamická teplota čierneho telesa v K.

V skutočnosti sa čierne telesá nevyskytujú. Sivé telesá vyžarujú pri rovnakej teplote menšie množstvo energie než absolútne čierne teleso. Emisia je proces, pri ktorom sa teplo premieňa na elektromagnetické vlny. Emisné vlastnosti skutočných materiálov sa hodnotia vo vzťahu k čiernemu telesu umiestnenému v rovnakých teplotných podmienkach. Tieto vlastnosti všeobecne závisia od štruktúry a druhu povrchu telesa a menia sa v závislosti od vlnovej dĺžky, smeru emisie a povrchovej teploty. Pomer medzi hustotou žiarivého toku sivého telesa  $q_s$  a intenzitou žiarivého toku čierneho telesa  $q_{\zeta}$  je emisivita

$$\varepsilon = \frac{q_s}{q_{\zeta}} \quad (10)$$

Emisivita je vždy menšia ako 1 ( $\varepsilon < 1$ ). Hustota žiarivého toku sivých telies je daná rovnicou

$$q_s = \varepsilon \cdot q_{\zeta} = \varepsilon \cdot C_{\zeta} \cdot T^4 \quad (11)$$

Vzťah medzi pomernou pohltivosťou žiarenia  $\alpha$  a emisivitou žiarenia  $\varepsilon$  udáva Kirchohoffov zákon. Vyjadruje rovnosť spektrálnej smerovej emisivity a pohltivosti pre každú vlnovú dĺžku  $\lambda$  a pre každý smer šíriaceho sa sálania  $\Omega$  vysielaného alebo prijímaného povrchom pri danej teplote  $T$  (smerová emisivita a pohltivosť pri danej teplote sú rovnaké). Telesá s veľkou pohltivosťou dobre vyžarujú a naopak telesá s veľkou odrazivosťou a malou pohltivosťou (napr. lesklé kovy) veľmi málo sálajú. Súčiniteľ sálania skutočného (sivého) telesa je

$$C = \varepsilon \cdot C_{\zeta} \quad (12)$$

Keďže emisivita žiarenia  $\varepsilon$  je od 0 do 1, súčiniteľ sálania skutočných telies sa mení v rozpätí  $C = 0$  až  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ .

Lambertov zákon prihliada na vplyv smerového rozloženia sálania plošného elementu. Sálajúca elementárna plôška  $dA$  vysiela tepelné lúče všetkými smermi do polpriestoru nad svojou rovinou. Maximálny sálavý tok je v smere normály  $q_n$ . V smere odchýlenom od normálu o uhol  $\omega$  sa sálavý tok znižuje podľa Lambertovho zákona

$$q_s = q_n \cdot \cos \omega \quad (13)$$

### *1.3 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných látok*

Tepelnotechnické vlastnosti stavebných látok ovplyvňujú:

- ✓ teplotný stav vnútorného prostredia budov,
- ✓ teplotu vnútorných povrchov,
- ✓ možnosť kondenzácie vodných pár v konštrukciách alebo na ich povrchoch,
- ✓ spotrebu energie na vykurovanie (Halahyja a kol. 1998).

#### *1.3.1 Súčiniteľ tepelnej vodivosti*

Súčiniteľ tepelnej vodivosti vyjadruje schopnosť látky zmeniť teplotu v určitom mieste v materiáli vzhľadom na zmenu teploty na povrchu. Čím je súčiniteľ tepelnej vodivosti vyšší, tým rýchlejšie sa mení teplota v materiáli vzhľadom na zmeny teploty na povrchu materiálu. Súčiniteľ tepelnej vodivosti teda vyjadruje rýchlosť vyrovnávania teplôt v telese (Chmúrny, 2003).

Tepelnoizolačnú schopnosť stavebného materiálu udáva súčiniteľ tepelnej vodivosti  $\lambda$ . Súčiniteľ tepelnej vodivosti vystupuje ako hlavný parameter pri šírení tepla vedením. Čím je táto hodnota nižšia, tým má daný materiál lepšie tepelnoizolačné vlastnosti. Závisí od celého radu rôznych vplyvov, z ktorých najvýraznejšie sú:

- ✓ merná a objemová hmotnosť, pórovitosť,
- ✓ vlhkosť,
- ✓ smer tepelného toku neizotropných látok,

- ✓ chemické zloženie,
- ✓ teplota (Halahyja a kol., 1998).

### 1.3.2 Tepelný odpor konštrukcie

Tepelný odpor je veličina, ktorou sa zabezpečuje požadovaná tepelná ochrana stavebných konštrukcií stien, striech a podláh. Táto hodnota sa v našich aj zahraničných technických normách posudzuje ako kritériálna veličina. Kvalitatívna hodnota tejto veličiny sa predpisuje v technickej norme alebo v smernici pre projektovanie (Chmúrny, 2003).

Hustotu tepelného toku určíme zo vzťahu (14). Hustota tepelného toku prúdiaceho jednovrstvovou konštrukciou je priamo úmerná rozdielu teplôt na vonkajšom a vnútornom povrchu konštrukcie a nepriamo úmerná tepelnému odporu konštrukcie (Halahyja a kol., 1998).

$$q = \lambda \frac{(\theta_{si} - \theta_{se})}{d} \quad (14)$$

Odpor konštrukcie sa vyjadrí vzťahom

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (15)$$

kde  $d$  – hrúbka konštrukcie, m

$\lambda$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti,  $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$\theta_{si}$  - teplota vnútorného povrchu konštrukcie, °C

$\theta_{se}$  - teplota vonkajšieho povrchu konštrukcie, °C.

Zo vzorca pre výpočet odporu konštrukcie vyplýva, že čím je hrúbka konštrukcie väčšia a hodnota tepelnej vodivosti nižšia, tým je tepelný odpor väčší. Pri viacvrstvovej konštrukcii je tepelný odpor súčtom tepelných odporov jednotlivých vrstiev

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (16)$$

kde  $d_j$  - sú hrúbky jednotlivých vrstiev, m

$\lambda_j$  - súčiniteľ tepelnej vodivosti látok jednotlivých vrstiev,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

### 1.3.3 Prestup tepla

Prestup tepla na vnútornom alebo vonkajšom povrchu konštrukcie určuje výmenu tepla medzi povrchom stavebnej konštrukcie a okolitým vzduchom. Súčiniteľ prestupu tepla je definovaný podielom hustoty tepelného toku a rozdielu teplôt medzi povrchom konštrukcie a okolitým vzduchom. Súčiniteľ prestupu tepla je vyjadrený súčtom súčiniteľov prestupu tepla sálaním (radiáciou) a prúdením (konvenciou) (Šternová, 2002).

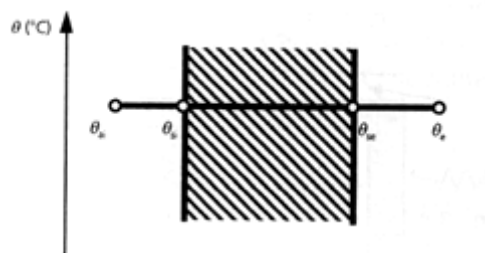
$$h = \frac{q}{\Delta\theta} \quad (17)$$

kde  $h$  – súčiniteľ prestupu tepla,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

$q$  – hustota tepelného toku,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

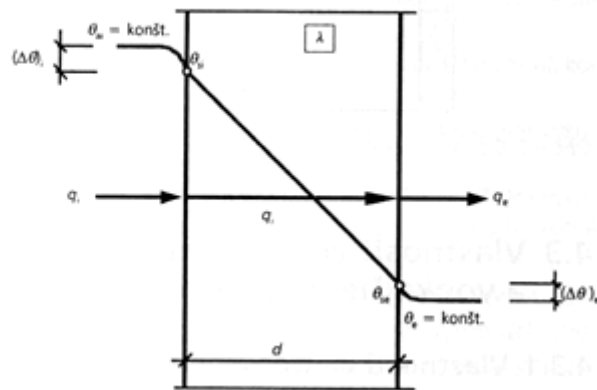
$\Delta\theta$  - teplotný rozdiel, K.

Výmena tepla medzi povrchom konštrukcie a okolitým vzduchom sa nazýva prestup tepla. Prestup tepla nenastáva (obr. 3), ak sú teploty vzduchu a povrchu konštrukcie vyrovnané. Prestup tepla vzniká, ak sú vytvorené teplotné podmienky na šírenie tepla (obr. 4) (Chmúrny, 2003).



Obrázok 3: Rovnovážny teplotný stav bez prestupu tepla

Zdroj: Chmúrny, 2003



Obrázok 4: Prestup tepla na vnútornej a vonkajšej strane konštrukcie

Zdroj: Chmúrny, 2003

Na vnútornej strane konštrukcie vzniká:

- ✓ prúdenie vzduchu, keďže vo vyšších polohách je vzduch teplejší a v nižších polohách chladnejší,
- ✓ sálanie ako dôsledok výmeny tepla danej konštrukcie so všetkými ostatnými konštrukciami miestnosti.

Na vonkajšej strane konštrukcie vzniká:

- ✓ prúdenie vzduchu zväčša pozdĺž konštrukcie vplyvom vetra,
- ✓ sálanie medzi daným povrchom konštrukcie a oblohou, medzi okolostojacimi budovami a terénom (Chmúrny, 2003).

### 1.3.4 Súčiniteľ prechodu tepla

Podľa hrúbky jednotlivých stavebných materiálov a tepelného odporu na ich povrchových plochách možno určiť hodnotu súčiniteľa prechodu tepla konštrukciou výpočtom. Súčiniteľ prechodu tepla stavebnej konštrukcie sa stanoví ako prevrátená hodnota odporu konštrukcie pri prechode podľa vzťahu

$$U = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_e} \quad (18)$$

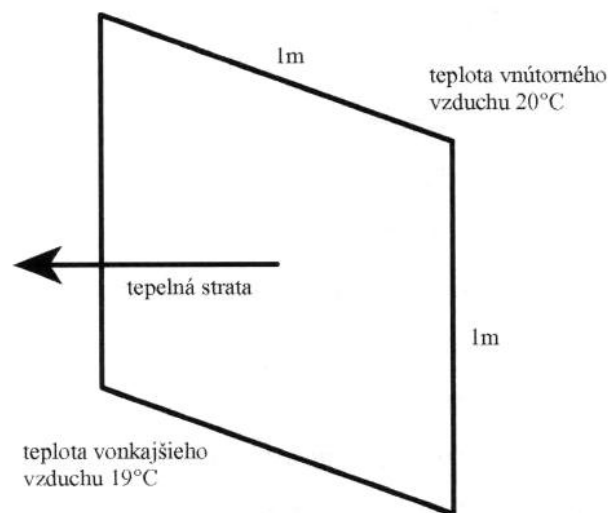
kde  $R_0$  je odpor konštrukcie pri prechode tepla,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

$R_i$  je tepelný odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

$R_e$  je tepelný odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

$R_j$  je tepelný odpor pri prestupe tepla jednotlivých vrstiev konštrukcie,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

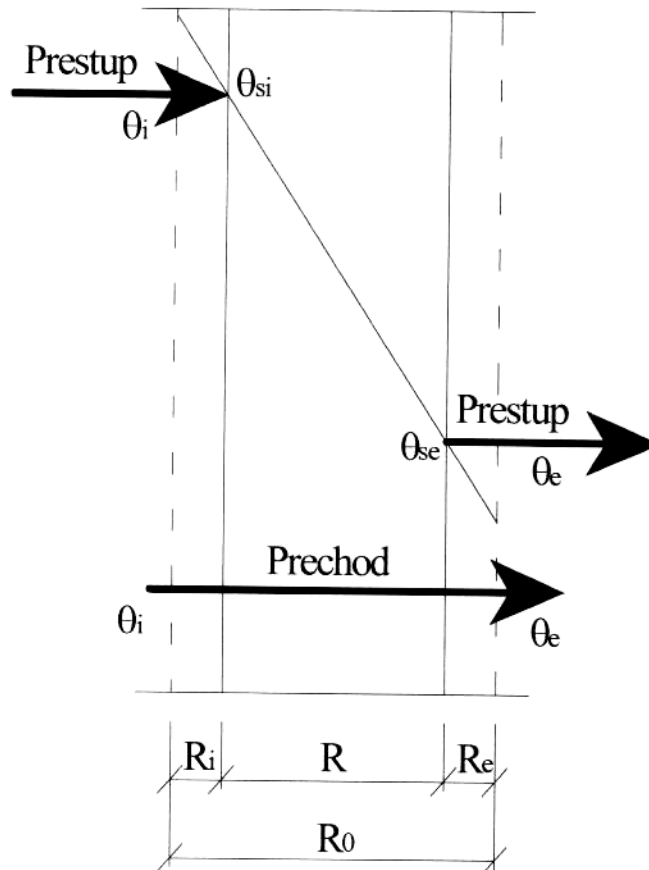
Hodnota súčiniteľu prechodu tepla  $U$  udáva, že množstvo tepelnej energie sa stráca cez  $1 \text{ m}^2$  plochy stavebnej konštrukcie pri rozdielne teplôt o  $1^\circ\text{C}$  medzi vonkajším a vnútorným prostredím. Čím nižšia je hodnota  $U$ , tým menšie tepelné straty zapríčiňuje príslušný stavebný prvok.



Obrázok 5: Grafické znázornenie prechodu tepla konštrukciou

Zdroj: Hauskrecht, 1982

Energetickú náročnosť budov, ako aj optimálnu tepelnú pohodu v interiéri budov určujú tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií. Požiadavky na tepelnoizolačné vlastnosti jednotlivých stien, striech, okien, ... sa už nebudú vyjadrovať prostredníctvom hodnôt tepelných odporov konštrukcií  $R_N$ , ale pomocou hodnôt súčiniteľov prechodu tepla  $U_N$ . Tento prístup súvisí s preberaním nových výpočtových a skúšobných európskych noriem, čím sa zvýši porovnateľnosť našich požiadaviek s národnými požiadavkami väčšiny krajín Európskej únie (Nagy, 2002). Prestup a prechod tepla, odpor pri prestupe tepla a odpor pri prechode tepla podľa Halahyju a kol. (1998) udáva obr. 6.



Obrázok 6: Prestup a prechod tepla, odpor pri prestupe tepla a odpor pri prechode tepla

Zdroj: Halahyja a kol., 1998

### 1.3.5 Učenie teploty v konštrukcii

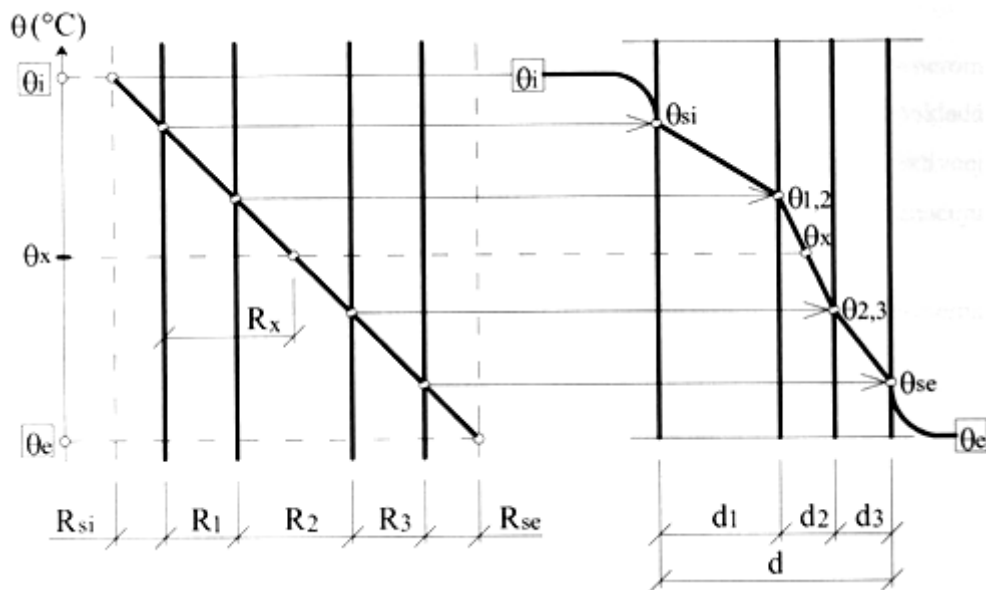
Aby sa mohla konštrukcia posúdiť z tepelnotechnického hľadiska, musíme poznať nielen jej tepelný odpor, ale aj jej teplotu na vnútornom a vonkajšom povrchu a teploty na rozhraniach jednotlivých vrstiev. Z priebehu teploty v konštrukcii sa určuje možnosť kondenzácie vodnej pary vnútri konštrukcie. Na základe vnútornej povrchovej teploty sa posúdi konštrukcia z hľadiska výskytu kondenzácie vodnej pary na vnútornom povrchu. Priebeh teploty v konštrukcii určíme, ak poznáme teplotu vnútorného a vonkajšieho vzduchu a tepelnotechnické vlastnosti konštrukcie (Chmúrny, 2003). Pri numerickom určení teploty v stavebnej konštrukcii na porovnanie a hodnotenie podľa európskych noriem treba používať vzťahy, v ktorých sú veličiny  $R_{si}$  a  $R_{se}$ , lebo sú dohodnuté a určujúce v európskych normách. Pri uvažovaní jednorozmerného šírenia tepla v stavebnej konštrukcii sa určí teplota v konštrukcii podľa vzťahu (Halahyja a kol., 1998)



$$\theta_x = \theta_i - U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot (R_{si} - R_x) = \theta_i - \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_0} \cdot (R_{si} - R_x) \quad (19)$$

kde  $R_x$  je tepelný odpor konštrukcie od vnútorného povrchu po miesto  $x$ ,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Niekedy je výhodné grafické určovanie priebehu teploty v konštrukcii. Pri grafickom riešení sa využíva lineárna závislosť teploty v konštrukcii od tepelného odporu (obr. 7).

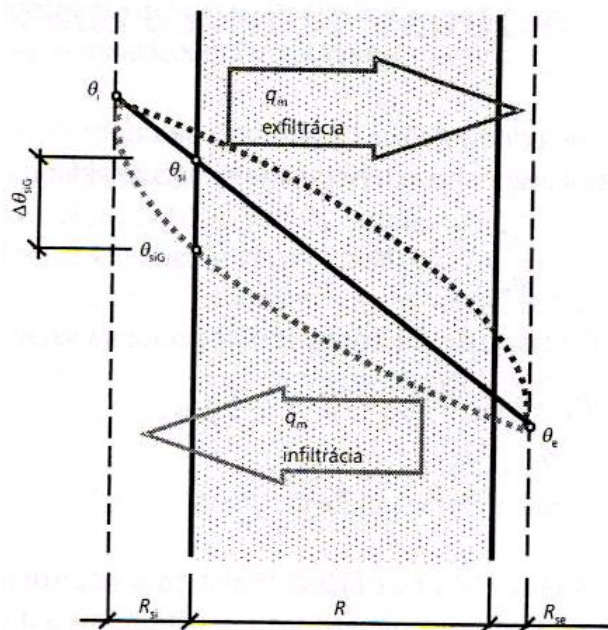


Obrázok 7: Grafické určovanie priebehu teploty v konštrukcii

Zdroj: Chmúrny, 2003

#### 1.4. Vplyv vzduchovej priepustnosti na teplotu konštrukcie

Pri prúdení vzduchu cez konštrukciu je teplota konštrukcie funkciou nielen tepelného toku, ale aj toku vzduchu. Keď vzduch má teplotu odlišnú od teploty konštrukcie, časť tepelného toku sa spotrebuje na zahriatie (prípadne ochladenie) prúdiaceho vzduchu, čo sa prejaví na poklese (prípadne stúpaní) teploty konštrukcie.



Obrázok 8: Zníženie vnútornej povrchovej teploty konštrukcie pri infiltrácii

Zdroj: Chmúrny, 2003

Keď vzduch prúdi z vonkajšieho prostredia do vnútorného cez konštrukciu, tento jav sa nazýva infiltrácia, opačný smer prúdenia vzduchu je exfiltrácia. Pri navrhovaní konštrukcií je zaujímavý pokles teploty konštrukcie vplyvom chladného infiltrovaného vzduchu, ktorý vyvoláva zmenu teplotného poľa konštrukcie a zvýšenie tepelných strát konštrukciou. Čím väčší tok infiltrovaného chladného vzduchu prúdi konštrukciou, tým nižšia je teplota v konštrukcii, a teda aj na vnútornom povrchu. Preto treba stavebnú konštrukciu navrhovať tak, aby sa prúdenie vzduchu celkom vylúčilo alebo obmedzilo na minimum. Všeobecne možno konštatovať, že väčšina stavebných konštrukcií má vyhovujúce vlastnosti z hľadiska vzduchovej priepustnosti (Chmúrny, 2003).

## 1.5 Tepelné mosty a kúty

### 1.5.1 Tepelné mosty

Tepelný most je miesto v konštrukcii, kde dochádza k väčším tepelným tokom ako v jeho okolí. V praxi sa potom prejavuje chladnejším povrchom konštrukcie v interiéri (pokiaľ je exteriér chladnejší ako interiér a dochádza k preštupu tepla iba vedením). Tento obecný pojem tepelných mostov potom môžeme ešte rozdeliť na tepelné mosty vznikajúce vo

vlastnej konštrukcii (rôzne kotvy, nosný rám či skelet, maltové ložisko tehiel, atď) a na tepelné mosty vznikajúce napojením dvoch konštrukcií (styk dvoch stien, styk okna so stenou a pod.). Druhý typ tepelných mostov je možné nazvať tepelnými väzbami, pretože ide v podstate o vzájomné ovplyvňovanie tepelných tokov v dvoch rôznych konštrukciách v mieste ich styku (Šubrt, R., Volf M., 2003)

Tepelnými mostmi sa nazývajú miesta v konštrukcii, ktorá sa v porovnaní s rovnakou konštrukciou bez tepelného mosta odlišuje:

- a) zmenou hustoty tepelného toku,
- b) zmenou vnútornej povrchovej teploty.

Tepelný tok sa môže na konkrétnych miestach stavebnej konštrukcie líšiť do tej miery, že na ich vnútornej ploche klesne teplota až pod kritickú povrchovú teplotou. Vzduch, ktorý je v ich tesnej blízkosti, zvýši svoju relatívnu vlhkosť na tzv. kritickú. Pri poklese teploty pod kritickú povrchovú teplotu dochádza k riziku možného vzniku kondenzácie. To môže viesť k vlhnutiu a zanášaniam týchto miest prachom, ďalej potom ku vzniku plesní, nebezpečných pre ľudské zdravie.

Vplyv tepelného mostu sa zohľadňuje pri výpočte tepelného odporu konštrukcie  $R$  a súčiniteľa postupu tepla  $U$ . Tepelný most významne ovplyvňuje tepelné vlastnosti stavebnej konštrukcie, stanovené výpočtom alebo meraním. Postupy použité pre výpočet tepelných tokov a vnútornej povrchovej teploty sú podobné, ale nie sú identické.

Tepelný most môžeme klasifikovať z hľadiska vyhodnotenia nerovnakosti konštrukcie ako:

- lineárni – s rovnakými rezmi v jednom smere,
- bodový – bez rovnakých rezov v ľubovoľnom smere.

Tepelné mosty vyvolávajú tri alebo dvojrozmerné tepelné toky, ktoré môžu byť stanovené numerickými výpočtovými metódami. V mnohých prípadoch poskytujú dostatočne presné výsledky numerické metódy, založené na riešení dvojrozmerného tepelného toku, a tiež niektoré zjednodušené metódy, ktoré sú síce menej presné, ale podstatne jednoduchšie (Vaverka J a kol., 2006).

Tepelné mosty môžeme definovať ako časť obvodovej konštrukcie budovy, kde sa jednorozmerný tepelný tok výrazne zmení vplyvom

- ✓ úplného alebo čiastočného prieniku stavebných materiálov s rôznou tepelnou vodivosťou do obvodovej konštrukcie budovy,
- ✓ zmenou hrúbky stavebnej konštrukcie,
- ✓ rozdielnej veľkosti vnútornej plochy, ktorá teplo prijíma, a vonkajšej plochy, ktorá teplo odovzdáva, ako sú kúty stien, podláh a pod.

Tepelné mosty sa zvyčajne vyskytujú na každom mieste styku medzi časťami stavebných konštrukcií alebo na miestach, kde sa mení skladba materiálov stavebných konštrukcií. Podľa tejto definície môžeme medzi tepelné mosty zaradiť aj kúty (Chmúrny, 2003).

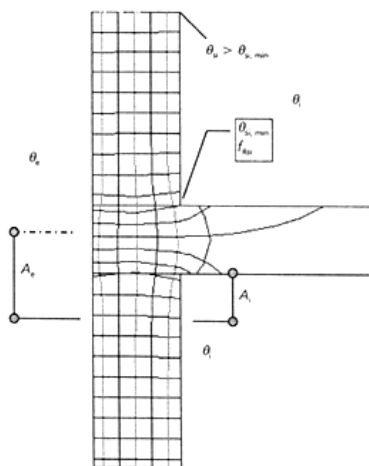
Tepelné mosty delíme:

- ✓ geometrické (kúty)
- ✓ materiálové
- ✓ kombinované.

Ak je v konštrukcii tepelný most, možno predpokladať, že jeho teplota v zimnom období na vnútornom povrchu  $\theta_{si,min}$  bude nižšia ako teplota v bežnom mieste  $\theta_{si}$ . Na vonkajšom povrchu materiálového tepelného mosta platí, že teplota na vonkajšom povrchu tepelného mosta  $\theta_{se,max}$  bude vyššia ako teplota v bežnom mieste. Je to dôsledok toho, že v mieste tepelného mosta má konštrukcia vyššiu tepelnú vodivosť (tepelnú priepustnosť) ako v bežnom mieste (Chmúrny, 2003).

### 1.5.2 Kúty

Kúty miestností sú z tepelnotechnického hľadiska veľmi citlivé miesta. Na obr. 9 vidieť, ako prebiehajú izotermy vo vonkajšom kúte homogénnej obvodovej steny. Izotermy vo vzdialenejšej časti konštrukcie od vonkajšieho kúta idú rovnobežne s jej povrchom, tak ako sa to predpokladá pri rovinnnej konštrukcii. V týchto miestach ide o jednorozmerné šírenie tepla. V miestach bližšie k vonkajšiemu kútu konštrukcie izotermy postupne uhýbajú k jeho vnútornej strane. To znamená, že teplota kúta konštrukcie klesá (Chmúrny, 2003).



Obrázok 9: Izotermy pri kúte vytvorenom vonkajšou a vnútornou konštrukciou

Zdroj: Chmúrny, 2003

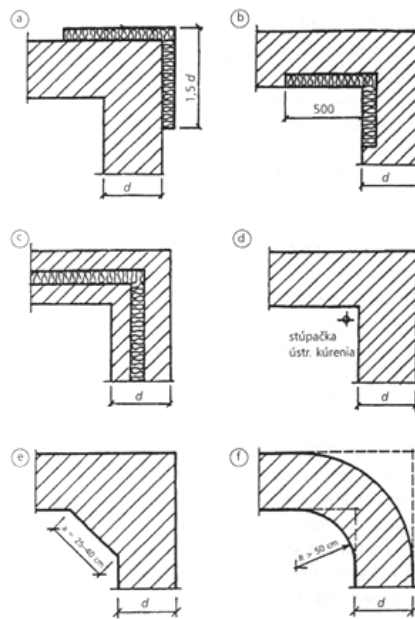
Oblasť deformácie teplotného poľa (od kúta) zvyčajne býva vymedzená oblasťou 2- až 3-krát väčšou, ako je hrúbka konštrukcie. Deformácia teplotného poľa nastáva v dôsledku nerovnakých plôch  $A_e > A_i$ . Plocha  $A_e$  teplo odovzdáva na vonkajšej strane (v rohu) a na vnútornej strane plocha  $A_i$  teplo prijíma. Nastáva intenzívnejšie ochladzovanie kúta a teda pokles vnútornej povrchovej teploty. Pri rovinnej konštrukcii sú obidve plochy rovnaké  $A_e = A_i$ . Podobná situácia nastáva aj pri kúte tvorenom vonkajšou a vnútornou konštrukciou (Chmúrny, 2003).

Súčiniteľ prestupu tepla na vnútornej strane kúta miestnosti je menší ako na povrchu rovinnej konštrukcie. Vyplýva to z toho, že intenzita prúdenia vzduchu v kúte miestnosti je nižšia ako na povrchu rovinnej konštrukcie a nižší je aj súčiniteľ prestupu tepla pri sálaní, čím sa znižuje aj teplota vnútorného povrchu konštrukcie kúta. Uvažuje sa, že pokles súčiniteľa prestupu tepla nastáva v oblastiach 100 mm od kúta.

Hodnota poklesu vnútornej povrchovej teploty v kúte závisí

- ✓ od tvaru a konštrukcie kúta (zníženie teploty tupého kúta bude menšie ako zníženie teploty ostrého kúta),
- ✓ od hodnoty tepelného odporu konštrukcie  $R$ ; ak sa zväčší  $R$ , zmenší sa pokles teploty,

- ✓ od rozdielu teplôt vnútorného a vonkajšieho vzduchu; hodnota poklesu teploty v kúte rastie priamo úmerne s hodnotou  $\theta_i - \theta_e$ ,
- ✓ od hodnoty odporu pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie  $R_{si}$ ; ak sa zväčší hodnota  $R_i$ , zväčší sa pokles teploty v kúte,
- ✓ hodnota poklesu teploty nezávisí od hrúbky konštrukcie (Chmúrny, 2003).



Obrázok 10: Rôzne možnosti úprav vonkajšieho kúta

Zdroj: Chmúrny, 2003

### 1.5.3 Styk pri vyložení balkónovej konštrukcie

Tepelné mosty sa vyskytujú všade tam, kde sú železobetónové dielce predsadených konštrukcií prepojené s nosnými konštrukciami v budove. Táto situácia nastáva najmä pri balkónových konštrukciách, prípadne pri zvislých konštrukciách lodžiových stien. Tento tepelný most spôsobuje výrazný pokles vnútornej povrchovej teploty a vznik prídavnej tepelnej straty, čo v konečnom dôsledku zvyšuje tepelnú stratu v mieste styku a náklady na vykurovanie budov. Deformácia teplotného poľa v mieste vyloženia konzoly sa zvyšuje v prípadoch, ak sa zvýši tepelný odpor steny. Tento tepelný most možno eliminovať nosníkom s prerušeným tepelným mostom. Prerušuje sa tepelný most medzi balkónovou

konzolou a stropnou konštrukciou pri splnení statických požiadaviek. Izolačný účinok je založený na použití vložky z extrudovaného polystyrénu (Chmúrny, 2003).

#### *1.5.4 Ostenie*

Výrobca jednovrstvového muriva často deklaruje vysoké tepelnoizolačné vlastnosti výrobku v zabudovanom stave. Aj výrobca otvorovej konštrukcie dosiahne vysoký tepelný odpor a nízku hodnotu súčiniteľa prechodu tepla. Tieto údaje sú pravdivé pri ideálnej konštrukcii bez ich vzájomného styku. Pri konštrukcii v ich styku sa tieto hodnoty nedajú použiť. Ostenie je tepelný most. Novšie zdvojené okná a jednoduché okná s dvojsklom sú pomerne subtílné, nedosahujú hrúbku rámu ani 80 mm. Pri osadení takéhoto okna do jednovrstvového muriva bez ďalšej úpravy prekonáva tepelný tok v oblasti okenného ostenia iba minimálnu prekážku. Tepelný tok obchádza okenný rám murivom iba na hrúbke tohto rámu. Teda tepelný odpor muriva v oblasti okenného ostenia sa rovná iba zodpovedajúcej hrúbke rámu, teda je podstatne menší ako pri bežnom plošnom fragmente steny (Chmúrny, 2003).

Okenné ostenie treba zatepl'ovať zatepl'ovacím systémom, pri ktorom sa používajú buď minerálnovláknité, alebo penoplastické tepelné izolácie. Prípadné vynechanie tepelnej izolácie v tejto oblasti treba preukazovať riešením plošného teplotného poľa, ktoré zároveň ukáže dôsledky takéhoto prístupu. Vhodným tepelnoizolačným materiálom na zateplenie okenného ostenia je vytlačaný polystyrén. Výhodná je jeho tuhosť, odolnosť proti vode a o niečo vyššia tepelnoizolačná schopnosť pri menšej hrúbke, lebo okolo okenného rámu zvyčajne nebýva veľa miesta. Problémy pri ostení a parapete sa pri moderných murovacích tvárniciach eliminujú vybraním pre tepelný izolant, do ktorého sa vkladá tepelný izolant (extrudovaný polystyrén XPS s hrúbkou 30 mm) (Chmúrny, 2003).

#### *1.5.5 Atika*

Styk obvodovej steny a plochej strechy je veľmi citlivým miestom z hľadiska deformácie teplotného poľa. Atika je „nos“ budovy. Predstavuje časť konštrukcie, ktorá sa viac ochladzuje v dôsledku zvýšeného vonkajšieho povrchu. Je miestom, kde je zároveň zvýšená hustota tepelného toku oproti bežnému miestu. Kontroluje sa minimálna povrchová teplota v bode K a lineárny stratový súčiniteľ sa určí z rozdielu celkového tepelného toku do

vymedzeného detailu a jednorozmerného tepelného toku cez stenu a strechu. Tepelný most pri okraji strechy sa eliminuje účinnou tepelnou izoláciou po celom obvode (Chmúrny, 2003).

### *1.5.6 Eliminácia tepelných mostov*

V budovách vždy vznikajú tepelné mosty, ktoré spravidla spôsobujú pokles vnútornej povrchovej teploty a zvýšenie tepelného toku. Obvodný plášť budovy musí chrániť celú budovu tak, aby sa vylúčil alebo aspoň obmedzil vplyv tepelných mostov. Tepelné mosty vznikajú najmä pri nadokenných a nad dverových prekladoch, atikách, napojeniach stropných nosných prvkov a balkónoch. Vo všetkých miestach s tepelnými mostami treba tepelný most prekryť efektívnym tepelnoizolačným materiálom s takou hrúbkou, aby pokles vnútornej povrchovej teploty bol čo najnižší a v nijakom prípade nedosiahol hranicu rizika vzniku plesní (Chmúrny, 2003).

### *1.6 Obalové plášte budov*

Obalové plášte chránia vnútorný priestor budovy pred priamymi účinkami vonkajšieho prostredia. Tvorí ho:

- ✓ obvodový plášť (obvodové steny),
- ✓ strešný plášť (strešná alebo stropno-strešná konštrukcia),
- ✓ podlaha (na teréne alebo nad nevykurovaným priestorom).

#### *1.6.1 Tepelnoizolačné materiály obalových plášťov*

Základnou úlohou tepelnoizolačných materiálov obalových plášťov je spomalenie odovzdávania tepla v čase. Toto je nevyhnuté k vytvoreniu vnútornej klímy priaznivej pre život a činnosť ľudí, zabezpečenie chodu výroby a pod.

Tepelnoizolačné materiály sú charakterizované najmä nízkym súčiniteľom tepelnej vodivosti a malou objemovou hmotnosťou. Hodnota tepelnej vodivosti závisí aj od teploty a najmä vlhkosti stavebného materiálu. Prakticky najnižší súčiniteľ tepelnej vodivosti má suchý



vzduch. Z toho vyplýva, že stavebné materiály s veľkým množstvom malých uzavretých dutín – teda s malou objemovou hmotnosťou majú aj nízku tepelnú vodivosť. S tepelnou vodivosťou, objemovou hmotnosťou a merným teplom stavebných materiálov úzko súvisia tepelnoakumulačné vlastnosti. Tieto nám určujú akú schopnosť prijímať a postupne odovzdávať teplo má obalový plášť pri prerušovanom vykurovaní (Pogran, 2006).

V prípade poddimenzovania hrúbky tepelnoizolačných materiálov, resp. jej nesprávneho umiestnenia v obalovom plášti, hrozí nielen nebezpečenstvo značných energetických strát, ale vplyvom difúzie vodných pár aj kondenzácia vodnej pary na vnútornom povrchu (s následnou tvorbou plesní), ako aj kondenzácia vo vnútri konštrukcie. Toto je najčastejšou príčinou deštrukcie nosných konštrukčných častí pri opakovaných zmrazovacích a rozmrazovacích cykloch navlhnutých stavebných materiálov či značného zníženia životnosti budovy v porovnaní s projektovanými predpokladmi (Pogran, 2006).

Tepelné izolácie sa podľa tvaru delia na:

- ✓ liate (penobetón, škarobetón, perlitový betón),
- ✓ vláknové rohože – výrobky na báze sklenených, čadičových a minerálnych vlákien,
- ✓ doskové a tvarované výrobky (platne z ľahkých betónov, z penového skla, z penového polystyrénu),
- ✓ sypké – zrnité materiály, expandovaný perlit, guľôčky napeneného polystyrénu, kremelina, škvara.

Tepelné izolácie podľa materiálovej bázy, z ktorej boli vyrobené, delíme na:

- ✓ anorganické látky – minerálne vlákna, penové sklo, expandovaný perlit,
- ✓ organické látky – ľahčené plasty (polystyrén, polyuretán, polyetylén), korok, drevná vlna, papier,
- ✓ kombinované látky – penový polystyrén nalepený na aglomerované drevo a pod. (Pogran, 2006).

## 1.7 Požiadavky a kritériá pre navrhovanie konštrukcií a budov

Podľa požiadaviek a kritérií stavebnej tepelnej techniky sa navrhujú tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Požiadavky a kritériá sa vecne formulujú v príslušných STN podľa druhu budov. Normatívne požiadavky a kritériá zjednocujú postup pri navrhovaní tepelnotechnických vlastností konštrukcií a budov. Požiadavky odzrkadľujú stav techniky, technológií a možnosti ekonomicky primeranej životnosti. Historický vývoj požiadaviek na tepelnotechnické vlastnosti konštrukcií spôsobil, že dnes sú v prevádzke budovy navrhované podľa rôznych kritérií, ktoré platili v rôznych obdobiach výstavby. Pre bytové a občianske budovy platili v rôznych obdobiach požiadavky noriem podľa tab. 4.

Tabuľka 1: Tepelnotechnické normy v rôznych obdobiach výstavby

Budovy	Obdobie výstavby
postavené z plnej pálenej tehly	pred rokom 1962
postavené podľa ČSN 73 0540: 1962, 1964 [59]	v rokoch 1962 až 1983
postavené podľa ČSN 73 0540: 1977 [60]	od roku 1984 do 1. 5. 1992
postavené podľa STN 73 0540: Zmena 4 [69]	od 1. 5. 1992 do 1. 3. 1997
postavené podľa STN 73 0540: Zmena 5 [61]	od 1. 3. 1997 do 1. 10. 2002
navrhované podľa STN 73 0540-2 [89]	od 1. 10. 2002

Zdroj: Chmúrny, 2003

### 1.7.1 Technické normy

Technická norma obsahuje pravidlá, usmernenia, charakteristiky alebo výsledky činností, ktoré sú zamerané na dosiahnutie najvhodnejšieho usporiadania v danej oblasti a pri všeobecnom a opakovanom použití. Technická norma je

- medzinárodná norma, ktorú prijala medzinárodná organizácia pre normalizáciu (ISO) a ktorá je verejne prístupná,
- európska norma, ktorú prijala európska organizácia pre normalizáciu (CEN) a ktorá je verejne prístupná,
- slovenská technická norma, ktorá je verejne prístupná.

Medzinárodné normy a európske normy sa vydávajú v SR iba ako slovenské technické normy a sú súčasťou sústavy STN. Pri ich preberaní sa využívajú všetky formy preberania, a to

prekladom, prevzatím originálu, prevzatím v jazyku člena CEN a vyhlásením na priame používanie (Chmúrny, 2003).

### *1.7.2 Medzinárodná technická normalizácia v tepelnej ochrane budov*

Technická normalizácia v oblasti energetických vlastností budov zahŕňa šírenie tepla cez stavebné konštrukcie a tepelné izolácie technických zariadení budov. Spracúva sa v CEN TC89 Thermal performance of buildings and building components a obsahuje:

- ✓ pravidlá na vyjadrenie dôležitých tepelnotechnických vlastností a požiadaviek,
- ✓ výpočtové a skúšobné metódy,
- ✓ vstupné údaje vrátane vyjadrenia klimatických podmienok,
- ✓ vplyvy prenosu látky, ako je vlhkosť a vzduch.

Jednotlivé normy platia pre overovanie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií, konštrukčných detailov, miestností (priestorov) a celej budovy. Niektoré normy však platia iba pre špeciálne konštrukcie, napr. okná a dvere.

Viedenská dohoda upravuje spoluprácu medzi CEN a ISO technickými komisiami pracujúcimi v rovnakých oblastiach. Cieľom je vyhnúť sa duplicitným prácam na EN a ISO normách. Veľké množstvo noriem sa preto zostavuje spoločne s ISO/TC 163 Thermal insulation. Staršie normy sa do CEN nepreberajú, ale ich revízie sa vykonávajú spoločne. Normy pripravené v spolupráci s ISO sa označujú EN ISO xxx (Chmúrny, 2003).

### *1.7.3 Národné normy*

Zhodnotenie kritérií pre navrhovanie stavebných konštrukcií a budov z hľadiska tepelnej ochrany je predpokladom vytvorenia ucelenej štruktúry normatívnej technickej dokumentácie Slovenskej republiky, nadväzujúcej na systém európskych noriem. Pri harmonizácii s európskymi normami ide nielen o preberanie jednotlivých EN, ale aj o tvorbu nových národných noriem, ktoré musia nadväzovať na súvisiace EN. Ide predovšetkým o požiadavky, ktorými sa určujú kritériá na posudzovanie tepelnotechnických vlastností a budov. Takéto požadované hodnoty európske normy nepredpisujú a každá krajina si ich

predpisuje so zreteľom na vlastné podmienky vo svojich národných normách (Chmúrny, 2003).

#### 1.7.4 Požiadavky podľa STN 73 0540:2002

Funkčné požiadavky zohľadňujú šírenie tepla, vlhkosti a vzduchu stavebnou konštrukciou, tepelnú stabilitu miestnosti a spotrebu energie. Pri návrhu stavebných konštrukcií a priestorov vymedzených určeným stavom vnútorného prostredia bytových a nebytových budov sa požaduje splnenie požiadaviek na stavebné konštrukcie a budovou. STN 73 0540: 2002 stanovuje štyri kritéria:

- kritérium minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebnej konštrukcie (maximálnej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla konštrukcie  $U$ ),
- kritérium výmeny vzduchu (minimálnej priemernej výmeny vzduchu v miestnosti),
- hygienické kritérium (minimálnej teploty vnútorného povrchu),
- energetické kritérium (maximálnej mernej potreby tepla na vykurovanie).

#### 1.7.5 Hygienické kritérium

Steny, stropy a podlahy v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i \leq 80\%$  musia mať na každom mieste teplotu vnútorného povrchu  $\theta_{si}$  (°C), ktorá je bezpečne nad teplotou rosného bodu a vylučuje riziko vzniku plesní

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} = \theta_{si,80} + \Delta\theta_{si} \quad (20)$$

kde  $\theta_{si,N}$  - je najnižšia teplota vnútorného povrchu, ktorá sa stanoví pre najmenej priaznivé vzájomné spolupôsobenie materiálovej skladby a geometrie stavebnej konštrukcie vrátane tepelných mostov (°C);

$\theta_{si,80}$  - kritická povrchová teplota na vznik plesní zodpovedajúca 80 % relatívnej vlhkosti vzduchu v tesnej blízkosti vnútorného povrchu stavebnej konštrukcie pri teplote vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_i$ ; pre normalizované podmienky vnútorného vzduchu podľa STN 73 0540-3 pri teplote vnútorného vzduchu  $\varphi_i = 50\%$  je  $\theta_{si,80} = 12,6\text{ °C}$ ;

$\Delta\theta_{si}$  - bezpečnostná prirážka zohľadňujúca spôsob vykurovania miestnosti a spôsob užívania miestnosti (tab. 2)

Na stanovenie bezpečnostnej prirážky pre kúty sa uvažuje  $h_l < 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Tab.2 Hodnoty  $\Delta\theta_{si}$  [106]

Spôsob vykurovania	Súčiniteľ prestupu tepla na vnútornom povrchu konštrukcie $h_i \text{ (W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$	$\Delta\theta_{si}(\text{K})$
nepreťušované	$h_i \geq 8,0$	0,2
	$h_i < 8,0$	0,5
tlmené, resp. preťušované, s poklesom teplôt vnútorného vzduchu $\theta_{ai}$ do 5 K	$h_i \geq 8,0$	0,5
	$h_i < 8,0$	1,0
preťušované, s poklesom teploty vnútorného vzduchu $\theta_{ai}$ do 10 K	$h_i \geq 8,0$	1,0
	$h_i < 8,0$	1,5
preťušované, s poklesom teploty vnútorného vzduchu $\theta_{ai}$ nad 10 K		1,5

Nomogram na určenie kritickej teploty rastu plesní v závislosti od teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v miestnosti je uvedený v tabuľke č. 11. Prevenciou proti rastu plesní je zabezpečenie vyššej teploty na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie, ako je kritická teplota.

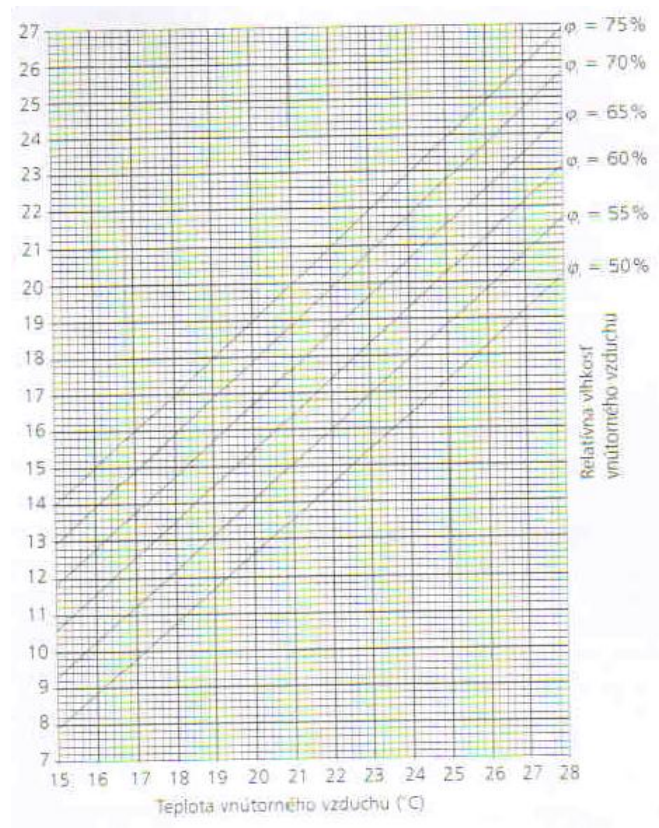
Rámy, nepriesvitné a priesvitné výplne otvorov v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i \leq 50 \%$  musia mať na každom mieste povrchovú teplotu  $\theta_{si,ok}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) nad teplotou rosného bodu

$$\theta_{dp} \theta_{si,ok} > \theta_{si,ok,N} = \theta_{dp} \quad (21)$$

kde  $\theta_{si,ok,N}$  je požadovaná normová hodnota teploty vnútorného povrchu výplne otvorov ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$\theta_{dp}$  – teplota rosného bodu ( $^{\circ}\text{C}$ ) zodpovedajúca výpočtovej teplote vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_i$  ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$\theta_{si,ok}$  – vnútorná povrchová teplota výplne otvoru zodpovedajúca výpočtovej teplote vnútorného vzduchu pozdĺž výplne otvoru  $\theta_{ai,ok}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).



Obrázok 11: Nomogram na určenie kritickej teploty rizika rastu plesní v závislosti od teploty relatívnej vlhkosti vzduchu v miestnosti

Zdroj: Sternová, 2006

Zabezpečením vyššej teploty na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie, ako je teplota rosného bodu, sa vylúči vznik povrchovej kondenzácie.

### 1.7.6 Posúdenie tepelných mostov podľa technických noriem a súvisiacich predpisov

Tepelné mosty ovplyvňujú tepelný tok v danom výseku stavebnej konštrukcie, ale spôsobuje aj nárast tepelných strát. Vplyv tepelných mostov sa výpočtovo zisťuje normalizovanými metódami hodnotenia, ktoré určujú aj podmienky posúdenia.

### 1.7.7 Vnútoraná povrchová teplota

Pri určovaní a hodnotení vnútornej povrchovej teploty je najdôležitejšie zistenie miesta s najnižšou povrchovou teplotou. Minimálna vnútoraná povrchová teplota sa vypočíta pre vybraný detail stavebnej konštrukcie pri jeho modelovom zobrazení. Pre výpočet sú charakteristické detaily budovy, ako napr. nárožie (kút), styky obvodového plášťa s vnútornými konštrukciami, styk obvodového a strešného plášťa (pri atike), styk otvorovej konštrukcie a obvodového plášťa (ostenie, nadpražie), ale aj styk obvodového plášťa v styku so základom (so zohľadnením vplyvu zemského podlažia). Zisťuje sa vplyv tepelného mosta vyplývajúceho z konštrukčného riešenia napr. v uložení balkóna na vnútornú povrchovú teplotu v danom mieste.

Na zistenie poklesu teploty v mieste tepelného mosta sa používa bezrozmerná veličina teplotný faktor [102], [103]

$$f_{Rsi}(x, y) = \frac{\theta_{si}(x, y) - \theta_e}{(\theta_i - \theta_e)} \quad (22)$$

kde  $f_{Rsi}(x, y)$  je teplotný faktor v bode  $(x, y)$  na vnútornom povrchu,

$\theta_{si}(x, y)$  - teplota v bode  $(x, y)$  na vnútornom povrchu,

$\theta_i$  - vnútoraná teplota,

$\theta_e$  - teplota vonkajšieho vzduchu.

Známa hodnota teplotného faktora  $f_{Rsi}$  sa môže použiť na určenie teploty vnútorného povrchu pre ľubovoľnú vnútornú teplotu a teplotu vonkajšieho vzduchu, čiže pri ľubovoľnom teplotnom rozdieli  $(\theta_i - \theta_e)$ , podľa vzťahu

$$\theta_{si} = f_{Rsi}(\theta_i - \theta_e) + \theta_e \quad (23)$$

Pre určenie teploty vnútorného povrchu sa berie do úvahy vplyv odporu pri prestupe tepla na vnútornej strane stavebnej konštrukcie  $R_{si}$ . Čím viac sa teplotný faktor približuje k hodnote 1, tým menší je pokles teploty vnútorného povrchu v mieste posudzovaného tepelného mosta (Chmúrny, 2003).

### *1.7.8 Technické pravidlá navrhovania tepelnej ochrany budovy*

Navrhovanie a dimenzovanie z hľadiska tepelnej ochrany budov má vytvárať čo najkvalitnejšie vnútorné prostredie pri nízkej prevádzkovej energetickej náročnosti a primerane nízkej záťaži životného prostredia v lokálnom, regionálnom a globálnom meradle, a to po celý životný cyklus budovy. K tomu významne prispievajú správne aplikované poznatky tepelnej ochrany budov (Chmúrny, 2003).



## ***2 Cieľ práce***

Cieľom práce bolo vykonať stavebný prieskum kritických stavebných detailov, diagnostiku tepelných mostov, so zameraním na posúdenie plnenia hygienického kritéria vybraných obytných budov. V druhej časti práce spracovať tepelnotechnické posúdenie súčasného stavu vybraných stavebných detailov vo vzťahu k plneniu normatívne záväzných kritérií a predložiť možné spôsoby čiastočnej sanácie resp. úplného odstránenia identifikovaných tepelných mostov.

### ***3 Metodika práce***

Vychádzajúc z cieľa diplomovej práce sa metodický postup delí do týchto nadväzujúcich častí:

1. Výber sledovaných objektov - k stavebnému prieskumu budú vybrané dve obytné budovy a jeden výrobný objekt určený pre živočíšnu výrobu. Všetky vybrané stavebné objekty sú z hľadiska posudzovania v zimnom období lokalizované v prvej teplotnej oblasti
2. Stavebný prieskum vybraných objektov - vizuálna časť stavebného prieskumu bude realizovaná v zimnom období počas pretrvávajúcich záporných teplôt vonkajšieho vzduchu so zameraním na sledovanie viditeľných znakov charakteristických pre tepelné mosty (tvorba plesní, celoplošnej či lokálnej kondenzácie na povrchu stavebných konštrukcií)
3. Diagnostika zistených tepelných mostov - diagnostika vybraných častí stavebných konštrukcií bude realizovaná z podkladov získanej výkresovej časti projektovej dokumentácie, resp. aj termovíznou technikou
4. Vykreslenie charakteristických detailov diagnostikovaných tepelných mostov
5. Návrh variantných riešení eliminácie tepelných mostov a ich tepelnotechnické posúdenie

## ***4 Vlastná práca***

V zmysle stanovenej metodiky práce bol vykonaný výber dvoch obytných budov a jedného objektu určeného pre živočíšnu výrobu. Vybrané objekty sú špecifikované v kapitole 4.1 až 4.3. Stavebný prieskum bol zameraný na vonkajšie prejavy kondenzácie vodných pár na vnútornom povrchu stavebných konštrukcií s dôrazom na problémové detaily v rohoch a kútoch miestností. Rozhovor s užívateľmi objektov bol cieľený najmä na ich skúsenosti a pozorovanie vzniku plesní v problémových častiach stavebných detailov v priebehu celoročného cyklu. Prípadný vznik povrchovej kondenzácie má negatívny vplyv na celkovú životnosť nosných konštrukčných prvkov (prvky dlhodobej životnosti) aj na životnosť vnútornej povrchovej úpravy stavebných konštrukcií (prvkov krátkodobej životnosti). V prípade výskytu kondenzácie vo vnútri stavebnej konštrukcie hrozí mimo skrátenia životnosti aj podstatné zhoršenie tepelnoizolačných vlastností.

Mimo vizuálnej obhliadky, rozhovorov s užívateľmi budov a analýz získanej projektovej dokumentácie, bola v prípade objektu 1 a 3 k identifikácii tepelných mostov využitá aj termovízna technika.

### ***4.1 Obytná budova v lokalite intravilánu obce - objekt č.1***

Stavebným prieskumom objektu č. 1 (rodinný dom), so zameraním na diagnostiku tepelných mostov boli zistené nasledovné závady a poruchy:

- 1) Tepelný most v mieste nadokenného prekladu v sledovanom období spôsobil vznik kondenzátu na vnútornom povrchu obvodových stien. Pôsobenie vlhkosti zapríčinilo lokálne opadávanie omietky s tendenciou vzniku plesní. Pre sledované obdobie možno vysloviť záver, že v danej časti obvodovej steny je vysoký predpoklad nesplnenia záväzného hygienického kritéria (obr. 12).
- 2) Priebežné celoročné vetranie vlhkého priestoru kúpeľni okenným otvorom spôsobilo tvorbu kondenzátu na vonkajšom povrchu obvodovej steny. Účinkom dlhodobého zvýšeného transportu vlhkosti na vonkajší povrch steny bolo v navlhnutom mieste diagnostikované zvýšenie tepelných strát (obr. 13).
- 3) Lokálna tvorba kondenzátu bola zistená aj na vnútornom povrchu stopno-strešnej konštrukcie. Zo získanej projektovej dokumentácie vyplynul predpoklad nedostatočnej tepelnoizolačných vlastností strešného plášťa. Následný tepelnotechnický výpočet

tento predpoklad aj potvrdil (viď kap. 4.4.1). V týchto častiach sa preukázalo, že nebolo splnené záväzné hygienické kritérium.

#### 4.2 *Obytná budova v lokalite intravilánu obce - objekt č.2*

Stavebným prieskumom objektu č. 2 (rodinný dom), so zameraním na diagnostiku tepelných mostov boli zistené nasledovné závady a poruchy:

- 1) Tepelný most v mieste nadokenného prekladu, spôsobil v sledovanom období vznik kondenzátu na vnútornom povrchu obvodových stien. Pôsobenie povrchovej vlhkosti v mieste nadokenného prekladu zapríčinilo lokálne opadávanie omietky s tendenciou vzniku plesní. Pre sledované obdobie možno vysloviť záver, že v danej časti obvodovej steny nebolo splnené záväzné hygienické kritérium. Z obrázku č. 14 je zrejmý aj rozdielny tepelný odpor obvodovej steny na prízemí a prvom poschodí obytnej budovy.

Na vnútornom povrchu steny (v mieste styku s podlahou) nebola v mieste obvodového stužujúceho venca zistená povrchová kondenzácia či tendencia k tvorbe hygienických problémov.

- 2) Podobné tepelnotechnické závady ako sú uvedené v prípade nadokenného prekladu, boli diagnostikované aj v mieste vyloženia balkónovej konzoly. Schéma detailu a tepelnotechnický výpočet sú spracované v kap. 4.4.3.
- 3) V projektovej dokumentácii bol identifikovaný tepelný most v obvodovej stene (obr. 25). Výpočtom bol tento predpoklad potvrdený.

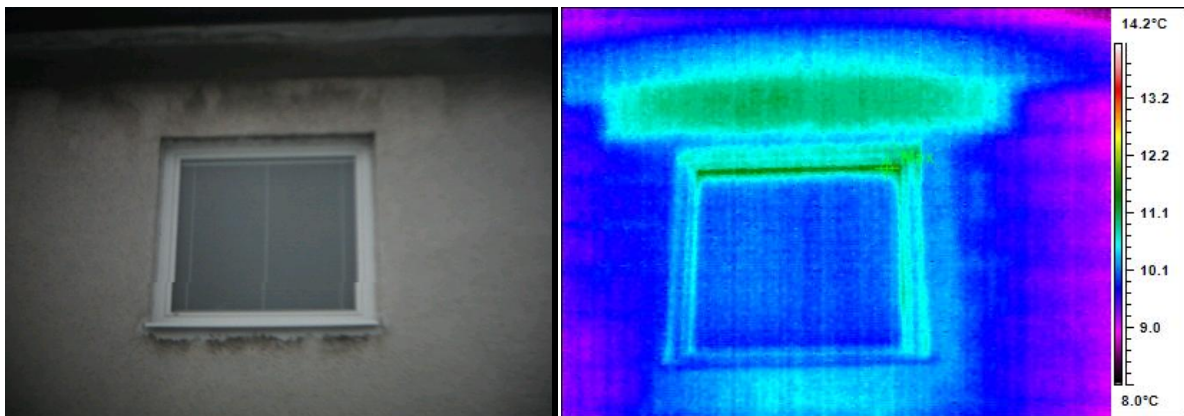
#### 4.3 *Výrobná budova v lokalite extravilánu obce - objekt č.3*

Stavebným prieskumom objektu č. 3 (dojáreň), so zameraním na diagnostiku tepelných mostov boli zistené nasledovné závady a poruchy:

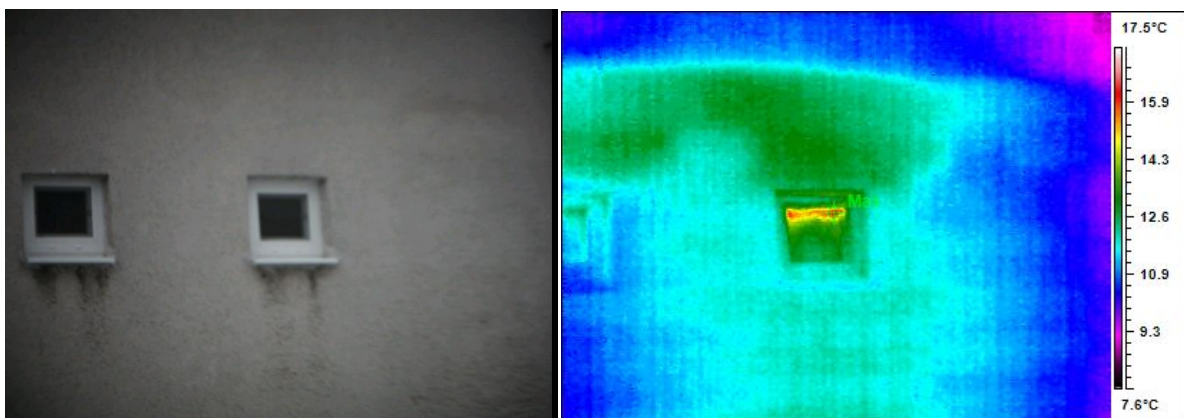
- 1) Identifikované boli tepelné mosty v mieste soklového muriva (obr. č. 15). Príčinou je navlhnuté murivo od vnútornej povrchovej vody ako aj zvýšenej relatívnej vlhkosti pri jej priamom kontakte s obvodovými stenami (nutnosť umývania podlahy dojárne od exkrementov po každom dojení). V tomto prípade navrhované opatrenie spočíva iba v odstránení zdroja vlhkosti.

Lokálne zvýšenie vlhkosti soklového muriva v styku so susednou budovou je spôsobené nevhodným odtokom dažďovej vody rínou zo strešnej krytiny (voda steká priamo na povrch v bezprostrednej blízkosti budovy).

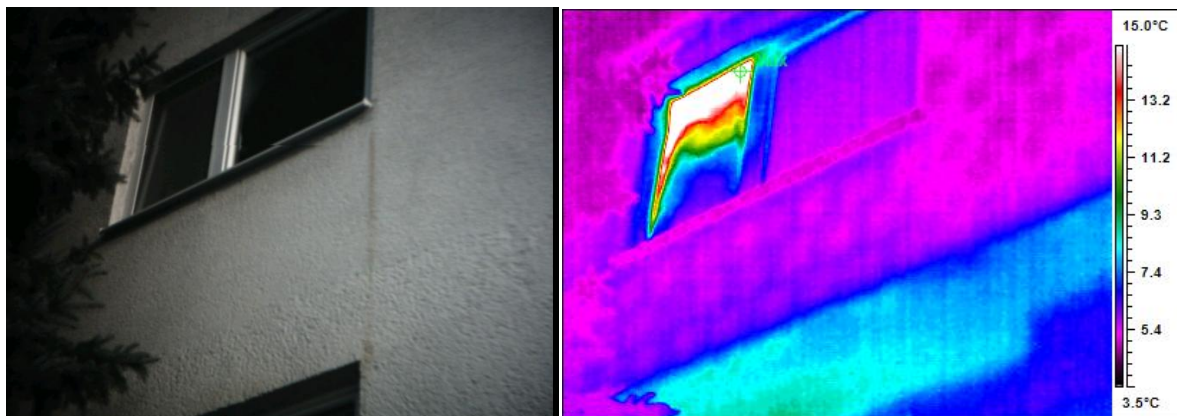
- 2) Termovíznou technikou boli identifikované aj lokálne miesta tepelných mostov v mieste stužujúceho obvodového venca v styku muriva so stropno-strešnou konštrukciou. Značné tepelné straty sú viditeľné najmä v miestach bočných vetracích otvorov, či strešných výparníkov.



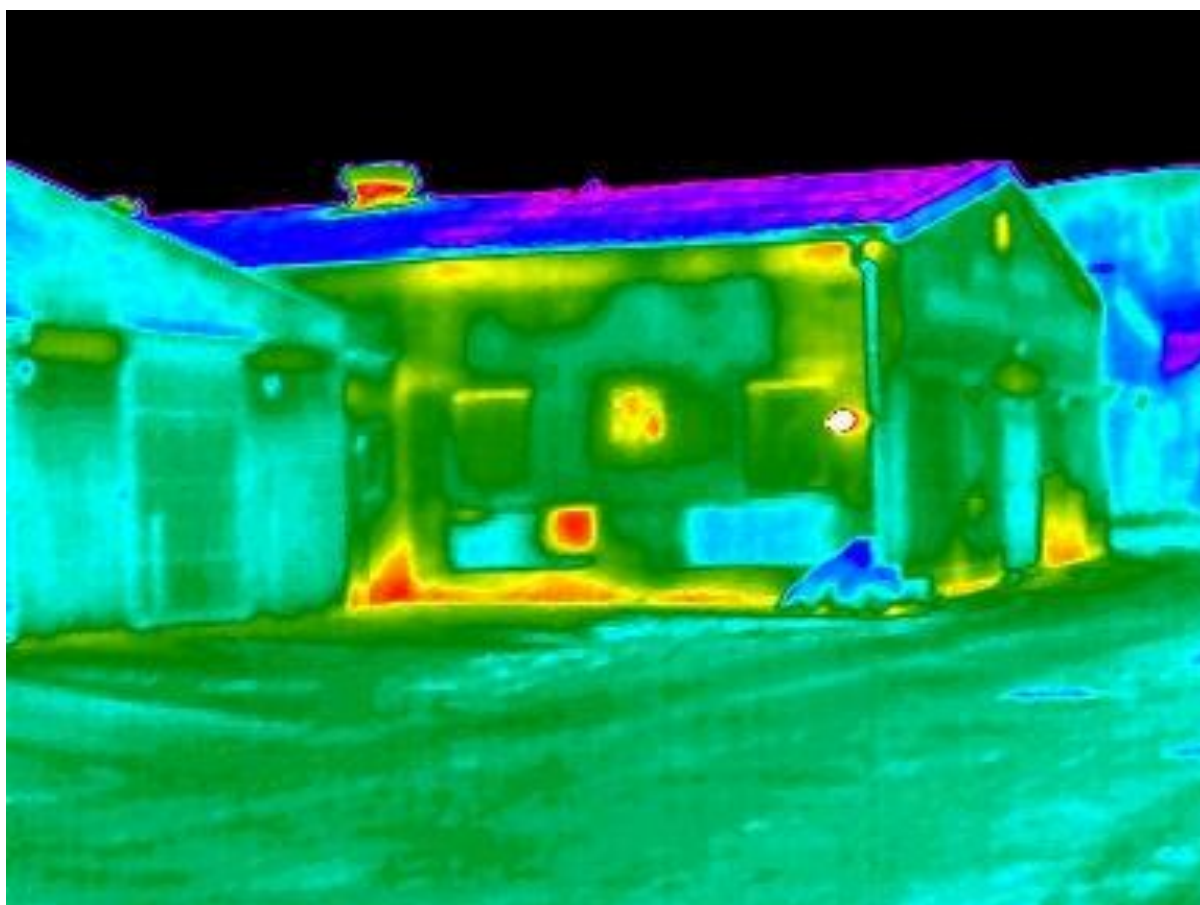
Obrázok 12: Identifikovaný tepelný most v mieste nadokenného prekladu - objekt č.1



Obrázok 13: Postupné znižovanie lokálnych tepelnoizolačných vlastností obvodovej steny, z dôvodu zrážania sa vlhkého vzduchu, pri priebežnom celoročnom vetraní kúpeľni okenným otvorom - objekt č.1



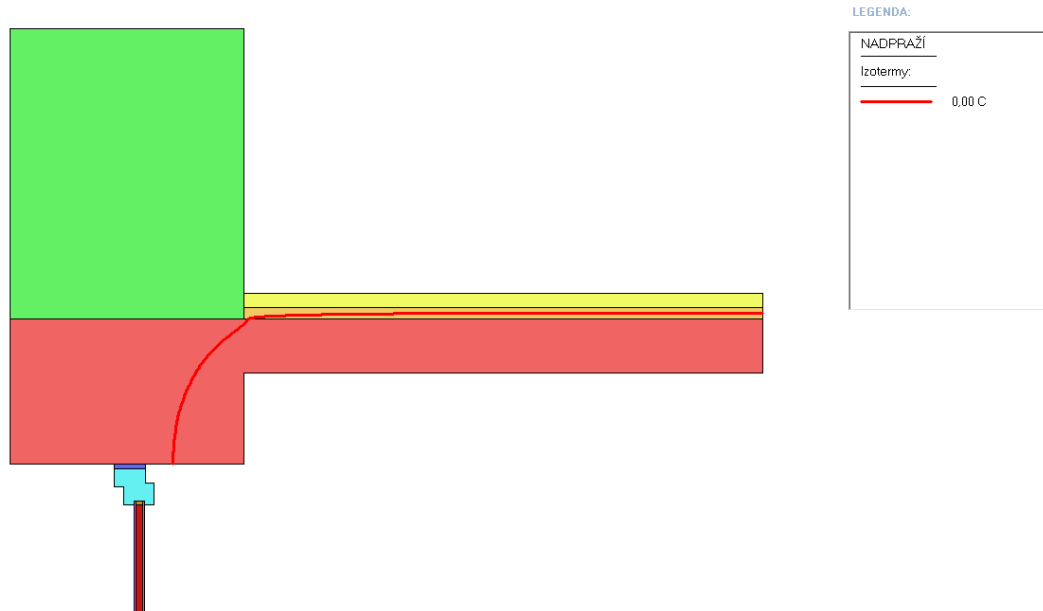
Obrázok 14: Identifikovaný tepelný most v mieste nadokenného prekladu a v mieste obvodového stužujúceho venca (vid'. spodnú časť obrázku) - objekt č.2



Obrázok 15: Identifikovaný tepelný most v mieste soklového muriva - objekt č.3

## 4.4 Výpočet diagnostikovaných tepelných mostov

### 4.4.1 Diagnostikovaný tepelný most v mieste nadokenného prekladu (objekt č. 1)



Obrázok 16 : Pôvodný stav so zakreslením „nulovej“ izotermy

Tento typ konštrukcií sa používal v časoch, keď pre používateľov nebola úspora energie dominantná. V tomto prípade som zistil, že v mieste tepelného mostu je len železobetón. Problém tohto detailu je absencia tepelnej izolácie z vonkajšej strany, kde dochádza k premŕzaniu konštrukcie vplyvom čoho sa povrch na vnútornej strane ochladzuje, a tým dochádza k zníženiu povrchovej teploty až pod kritickú hodnotu rosného bodu. Vplyvom toho dochádza k zrážaniu vodných pár na vnútornom povrchu konštrukcie, čo má za následok vznik plesni. Na základe toho dochádza k zvýšenej vlhkosti konštrukcie, čím sa znižuje tepelný odpor a tým je väčší úbytok energií.

Begin, Area 2007

#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

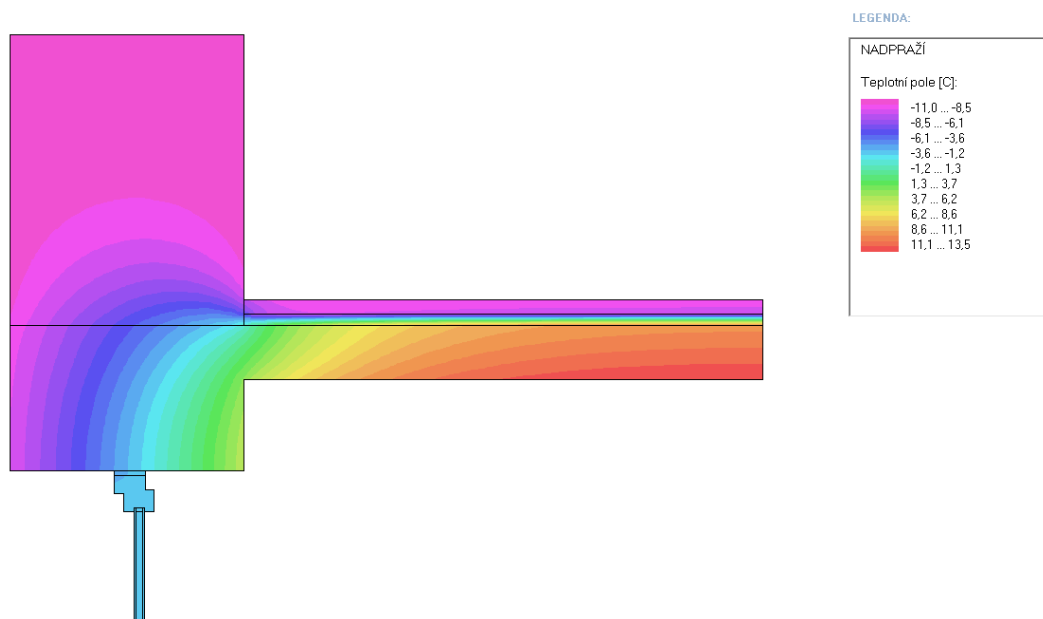
Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	21.0	0.25	50	3.82	53.816	1.682
2	-11.0	0.04	84	-11.00	-53.815	1.682

#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	3.82	0.463	ANO	32	34.7
2	-12.93	-11.00	0.000	nie	---	---

STOP, Area 2007

Z výpočtov je zrejmé, že povrchová teplota konštrukcie je 3,82°C a teplota rosného bodu je 10,18°C, z toho vyplýva, že podmienka na tvorbu rosného bodu je splnená.

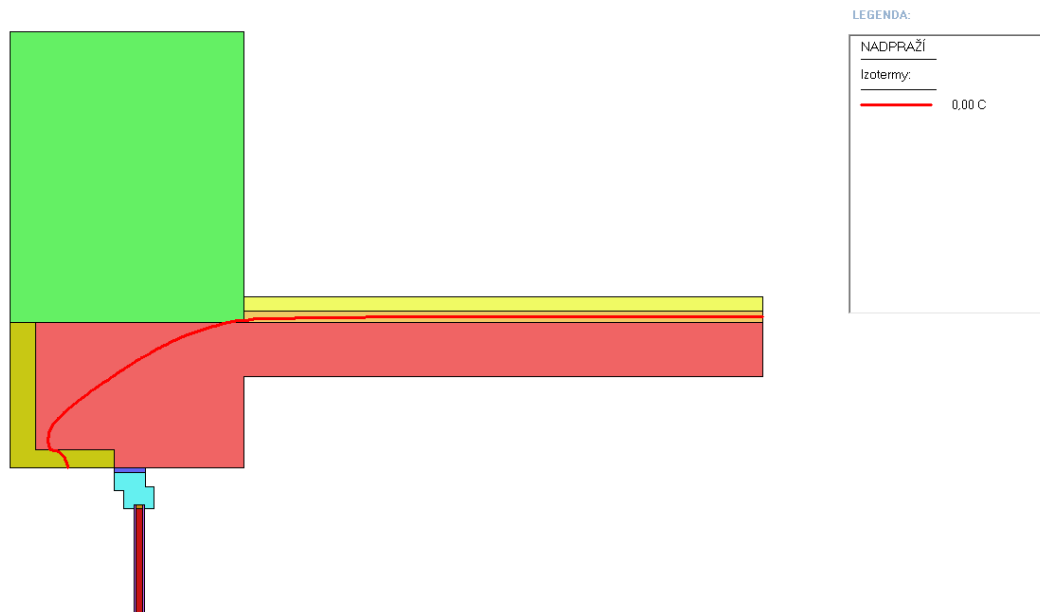


Obrázok 17: Pole teplôt pôvodný stav

### *VARIANTNÉ RIEŠENIE Č. 1*

Pri tomto type konštrukcie sa už vo výrobe vkladá tepelná izolácia z vonkajšej strany. Tento typ konštrukcie je v dnešnej dobe veľmi rozšírený a ľudia si omylom myslia, že je dostatočný. V našich podmienkach nevyhovuje približne 30 až 45 dní v roku, kedy pretrvávajú mrazy pod hranicou -10°C. Túto skutočnosť sme dokázali aj výpočtom, pri ktorom nám vyšla povrchová teplota 6,2°C. Táto teplota je nevyhovujúca, čo bude mať za následok tvorbu plesní a zrážania vody na konštrukcii.





Obrázok 18: Variantné riešenie č.1 so zakreslením „nulovej“ izotermy

Begin, Area 2007

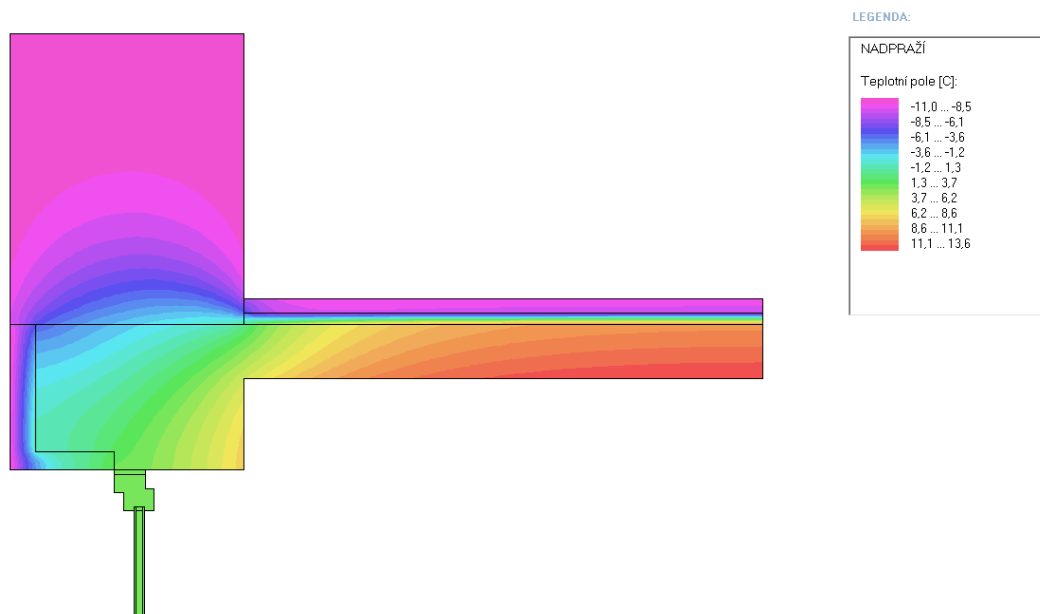
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSToty TEPELNÉHO TOKU:**

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	-11.0	0.04	84	-10.99	-48.949	1.530
2	21.0	0.25	50	6.20	48.949	1.530

**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:**

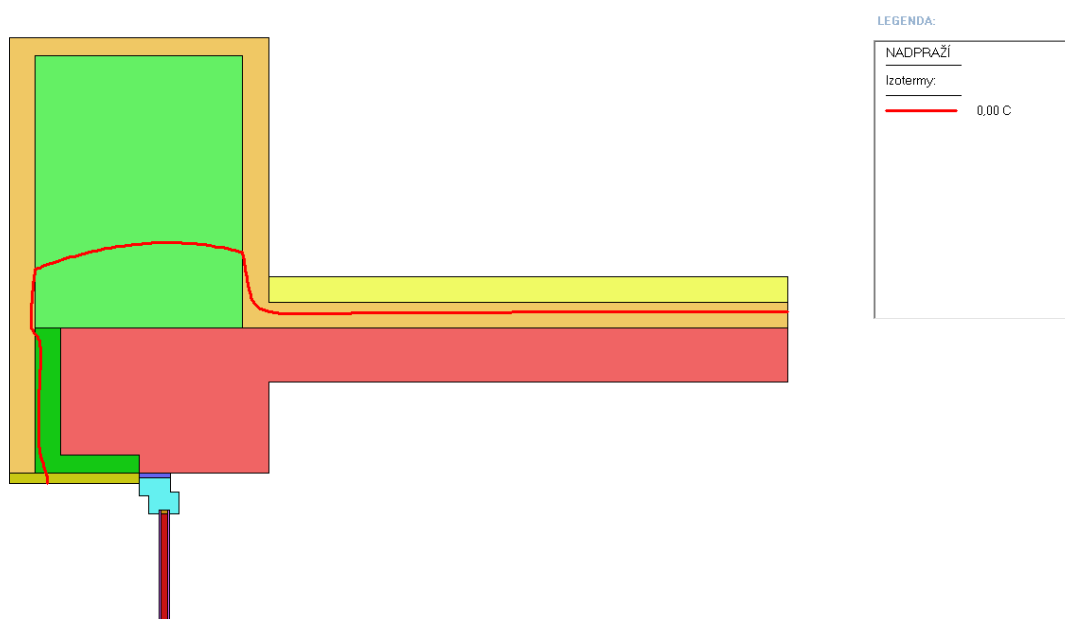
Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-12.93	-10.99	0.000	nie	---	---
2	10.18	6.20	0.537	ANO	38	28.4

STOP, Area 2007



Obrázok 19: Teplotne pole variantne riešenie č.1

*Variantné riešenie č. 2*



Obrázok 20: Variantné riešenie č.2 so zakreslením „nulovej“ izotermy

Begin,Area 2007

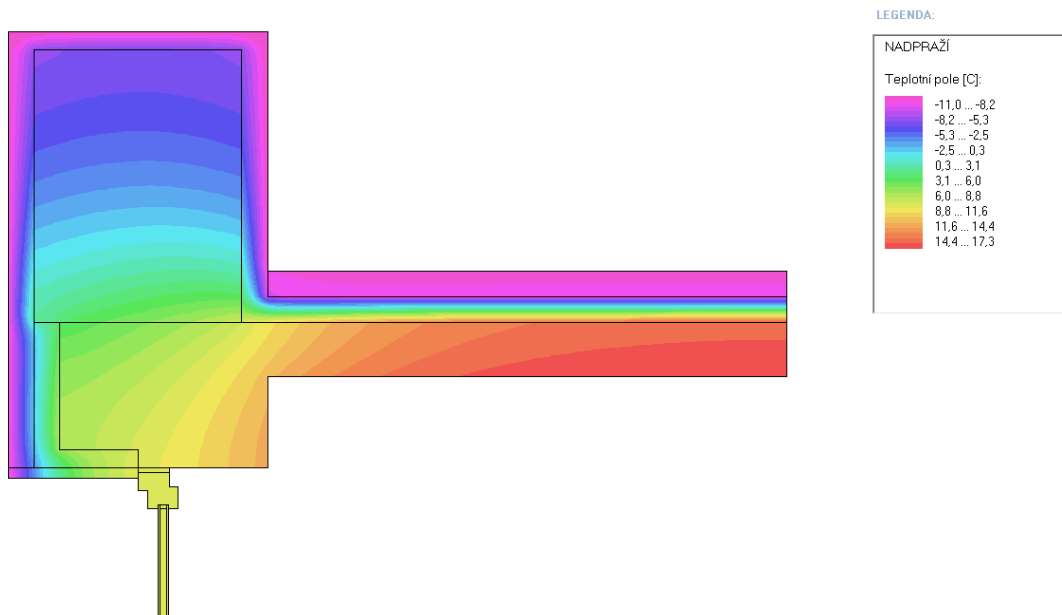
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:**

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	-11.0	0.04	84	-11.00	-27.488	0.859
2	21.0	0.25	50	12.07	27.486	0.859

**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:**

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-12.93	11.00	0.000	nie	---	---
2	10.18	12.07	0.721	nie	---	---

STOP, Area 2007

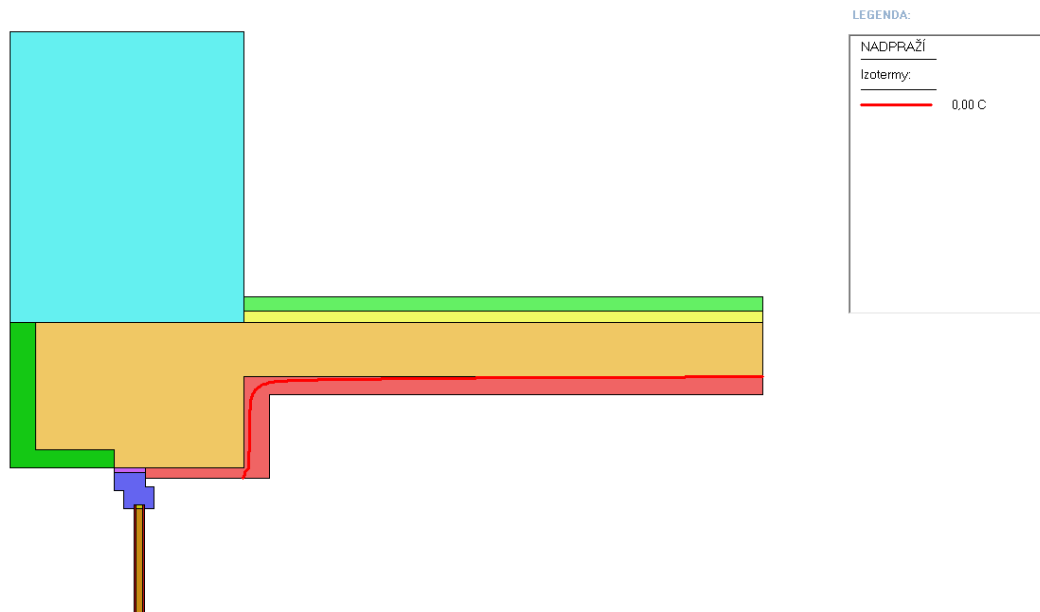


Obrázok 21: Teplotne pole variantne riešenie č.2

Daný typ konštrukcie vyhovuje z hľadiska tepelnotechnických parametrov. Povrchová teplota na vnútornej strane nám vyšla 12,07°C (vyhovuje). Prevedenie zateplenia pri tomto type je však nákladnejšie. Tepelná izolácia nadokenného prekladu nielenže zlepšuje tepelnotechnické parametre konštrukcie, ale aj bod mrznutia posúva do zateplovacieho materiálu. Táto skutočnosť predlžuje životnosť samotnej nosnej konštrukcie, pretože v nej nedochádza k zvetraníu vplyvom viacnásobného mrznutia a opätovnému rozmŕzaniu vlhkosti v konštrukcii.

### Variantné riešenie č. 3

Tento typ sa používa v prípadoch, kedy sa izolujú iba určité časti budov alebo ak sa nedohodnú vlastníci bytových komplexov. Izolovanie z vnútornej strany konštrukcie je lacnejšie o stavbu a prenájom lešenia. Tento typ má však nevýhodu, pretože dochádza k premŕzaniu konštrukcie, pričom sa zráža nadmerná vlhkosť v konštrukcii na styku s izoláciou.



Obrázok 22: Variantné riešenie č.3 so zakreslením „nulovej“ izotermy

Begin,Area 2007

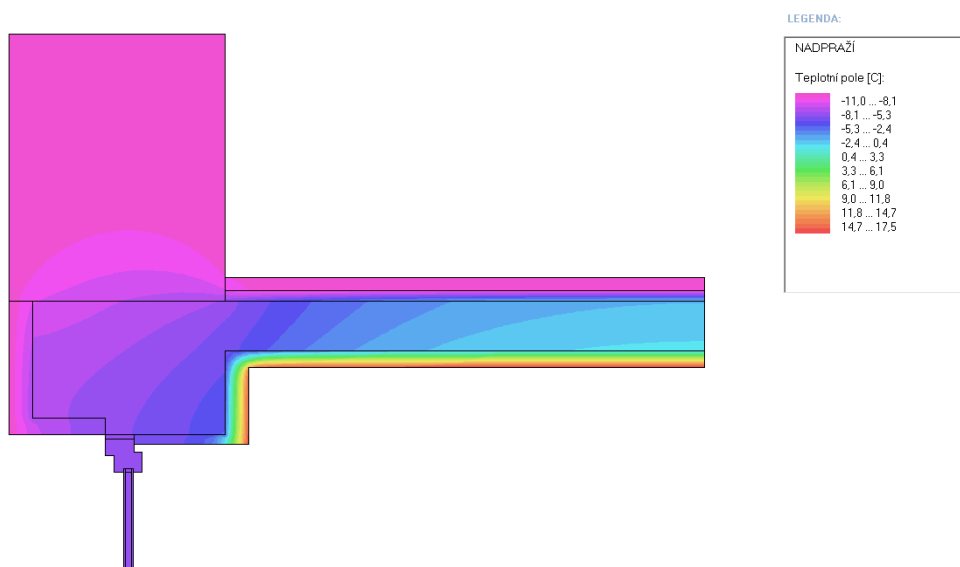
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:**

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	21.0	0.25	50	13.35	18.162	0.568
2	-11.0	0.04	84	-11.00	-18.162	0.568

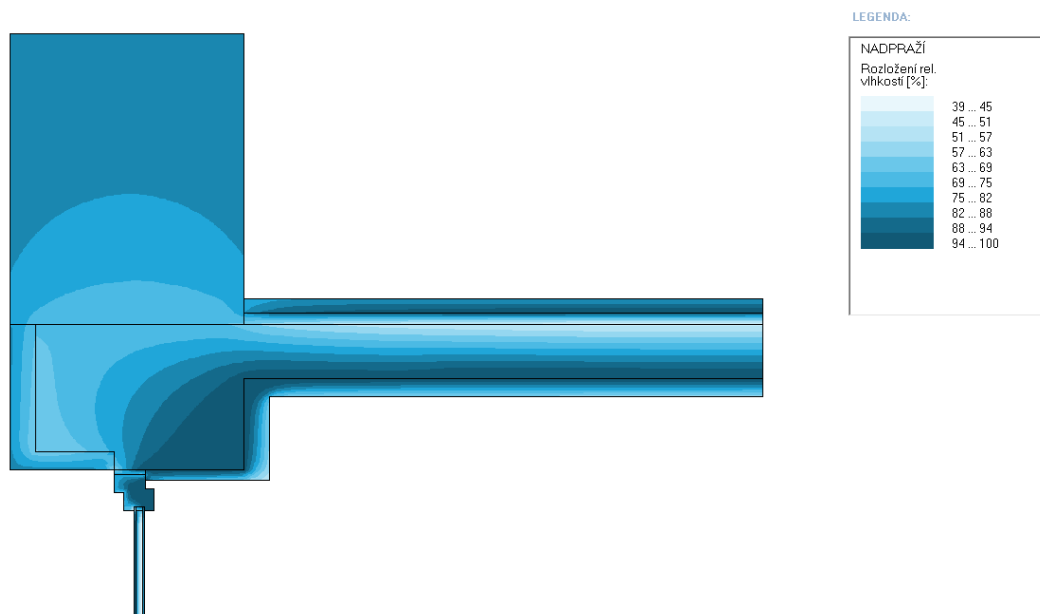
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:**

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	13.35	0.761	nie	---	---
2	-12.93	-11.00	0.000	nie	---	---

Stop,Area2007



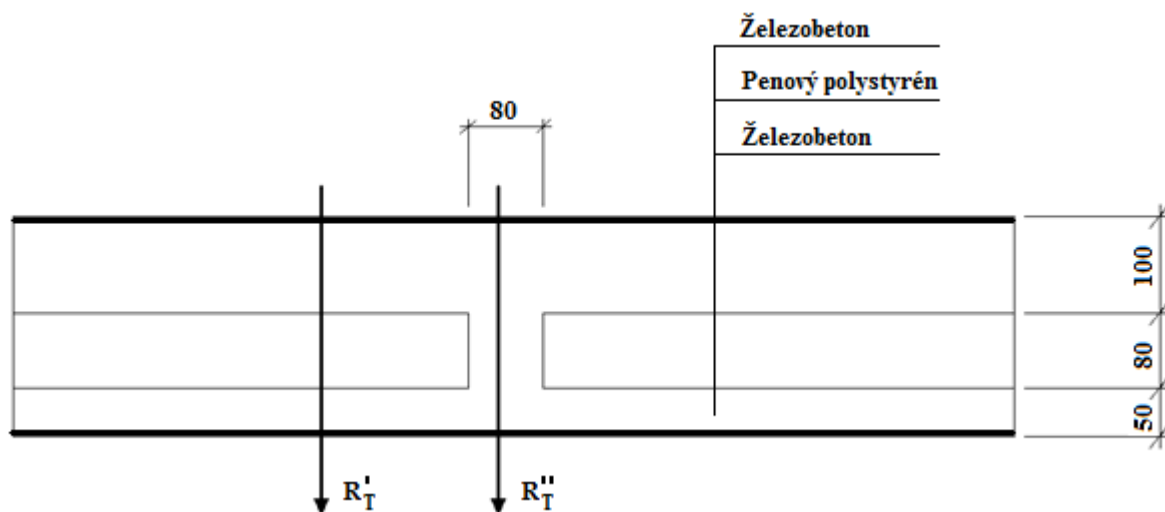
Obrázok 23: Teplotné pole variantne riešenie č.3



Obrázok 24: Pole relativnej vlhkosti variantne riešenie č.3

#### 4.4.2 Určenie vnútornej povrchovej teploty v mieste tepelného mosta stanovenej konštrukcie (objekt č. 2)

Zjednodušený výpočet



Obrázok 25: Schéma zloženia stenovej konštrukcie

Postup riešenia:

1. Posúdenie stavebného detailu
2. Výpočet tepelného odporu  $R'_T$  – mimo miesta tepelného mosta ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$  platné pre povrchové teploty)
3. Výpočet  $R''_T$  – v mieste tepelného mosta
4. Určenie teploty vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$
5. Určenie najnižšej vnútornej povrchovej teploty  $\theta_{si,min}$
6. Určenie normovej hodnoty  $\theta_{si,N}$
7. Posúdenie vypočítaných hodnôt

Tepelnotechnické charakteristiky použitých stavebných materiálov sú uvedené v tab. č. 3, ak návrhová vnútorná teplota  $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ , relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu  $\varphi_i = 50\%$ , návrhová teplota vonkajšieho vzduchu  $\varphi_e = - 11^\circ\text{C}$ ,  $R_{si} = 0,35 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$  a  $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Tabuľka č. 3: Tepelnotechnické charakteristiky stavebných materiálov

Vrstva	Materiál	Obj. hmotnosť kg/m <sup>3</sup>	Hrúbka m	Súč. tepelnej vodivosti W/(m.K)
1	Železobetón	2400	0,10	1,58
2	Penový polystyrén	20	0,08	0,044
3	Železobetón	2400	0,05	1,58

Postup výpočtu:

ad. 1 K výpočtu možno použiť približnú metódu určovania teploty na povrchu tepelného mosta. Daný prípad možno zaradiť do druhej skupiny tvarového riešenia. Celková plocha tepelných mostov danej steny je menšia ako 15%.

$$\begin{aligned} \text{ad. 2 } R'_T &= R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se} = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se} = \\ &= 0,25 + \frac{0,10}{1,58} + \frac{0,08}{0,044} + \frac{0,05}{1,58} + 0,04 = \mathbf{2,23 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}} \end{aligned}$$

$$\text{ad 3 } R''_T = 0,25 + \frac{0,23}{1,58} + 0,04 = \mathbf{0,436 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}}$$

ad 4  $\theta_{ai} = \theta_i + \Delta\theta = 20 + 1 = \mathbf{21^\circ C}$

$\Delta\theta = 1,0^\circ C$  – budova bola vyhotovená v priebehu rokov 1975 až 1995

ad 5  $\theta_{si,min} = \theta_{ai} - \frac{R'_T + \eta \cdot (R'_T - R''_T)}{R'_T \cdot R''_T} \cdot R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)$

kde  $\eta$  je súčiniteľ tvaru určený z pomeru  $\frac{m}{d} = \frac{0,08}{0,23} = 0,35 \Rightarrow \eta = 0,57$  (pre typ II.)

$\theta_{si,min} = 21 - \frac{0,436 + 0,57 \cdot (2,203 - 0,436)}{2,23 \cdot 0,436} \cdot 0,25 \cdot [21 - (-11)] = \mathbf{8,99^\circ C}$

ad 6  $\theta_{si,N} = \theta_{si,80} + \Delta\theta_{si} = 13,57 + 0 = \mathbf{13,57^\circ C}$  – kritická povr. teplota na vznik plesní

$\theta_{dp} = \mathbf{10,18^\circ C}$  - teplota rosného bodu

ad 7  $\theta_{si,min} > \theta_{si,N}$  – normová požiadavka

$\mathbf{8,99} < 13,57$  - normová požiadavka **nie je splnená**

$\theta_{si,min} > \theta_{dp}$  - normová požiadavka

$\mathbf{8,99} < 10,18$  - normová požiadavka **nie je splnená**

Nesplnením normovej požiadavky hrozí reálne nebezpečenstvo povrchovej kondenzácie a vzniku plesní. Z tohto dôvodu bude nevyhnutné vykonať dodatočné zateplenie stenovej konštrukcie.

K presnejšiemu určeniu hodnoty vnútornej povrchovej teploty je určený výpočtový postup metódou teplotného poľa.

*Prepočet vykonaný programom Area 2007*

Podľa STN EN ISO 10211-1 a STN 730540 - Metóda konečných prvkov

**Begin,Area 2007**

Názov úlohy : **Teplny most**  
Varianta

Spracovateľ : Finta  
 Zákazka :  
 Dátum : 24. 1. 2010

### KONTROLNÁ TLAČ VSTUPNÝCH HODNÔT :

#### Základné parametre úlohy :

##### Parametre pre výpočet teplotného faktora:

Teplota vzduchu v exteriéri: -11.0 C  
 Teplota vzduchu v interiéri: 21.0 C

#### Zadané materiály :

č.	Názov	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Železobetón 2	1.580	1.580	29	29	1	137	1	161
2	Penový polystyrén	0.044	0.044	50	50	1	65	33	97
3	Penový polystyrén	0.044	0.044	50	50	73	137	33	97

#### Zadané okrajové podmienky a ich rozmiestnenie :

číslo	1.uzol	2.uzol	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	Pd [kPa]	AlfaPd [s]
1	1	21897	21.00	0.25	1.24	10.00
2	161	22057	-11.00	0.04	0.20	20.00

#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	21.0	0.25	50	8.57	26.170	0.818
2	-11.0	0.04	84	-10.40	-26.175	0.818

#### Vysvetlivky:

T zadaná teplota v danom prostredí [C]  
 Rs zadaný odpor pri prestupe tepla v danom prostredí [m2K/W]  
 R.H. zadaná relatívna vlhkosť v danom prostredí [%]  
 Ts,min minimálna povrchová teplota v danom prostredí [C]  
 Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostredia [W/m]  
 (hodnota sa vzťahuje na 1m dĺžky tepelného mosta, kde strata je kladná a zisk záporný)  
 Priepust. L tepelná priepustnosť medzi daným prostredím a okolím [W/mK]  
 (je možné určiť len pre max. 2 prostredia; pre určité charakter. výseky je možné získať priemernú hodnotu súčiniteľa prechodu tepla vydelením hodnoty L šírkou hodnoteného výseku konštrukcie)

#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLTNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	8.57	0.612	ANO	44	23.6
2	-12.93	-10.40	0.019	nie	---	---

#### Vysvetlivky:

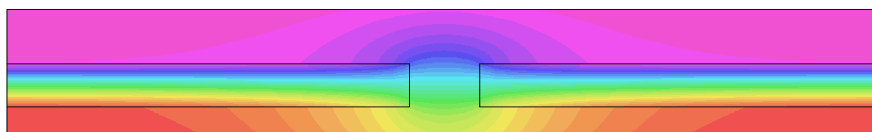
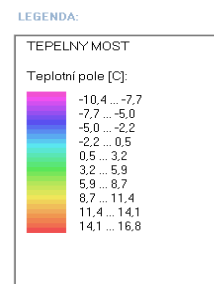
Tw teplota rosného bodu v danom prostredí [C] – je možné určiť len pre teploty do 100 C  
 Ts,min minimálna povrchová teplota v danom prostredí [C]  
 f,Rsi teplotný faktor podľa ČSN 730540, STN EN ISO 10211-1 a STN EN ISO 13788 [-]  
 [rozdiel minimálnej povrchovej teploty a vonkajšej teploty vydelený rozdielom vnútornej ( 21.0 C) a vonkajšej (-11.0 C) teploty - presne sa dá určiť len pre max. 2 prostredia a pre rozdielnú vnútornú a vonkajšiu teplotu, program však určuje orientačné hodnoty i pre viacej prostredí, pričom sa uvažuje vnútorná teplota podľa daného prostredia a konštantná vonkajšia teplota Te = -11.0 C]



KOND.	označuje vznik povrchovej kondenzácie
RH,max	maximálna možná relatívna vlhkosť pri zadanej teplote v danom prostredí, ktorá zabezpečí odstránenie povrchovej kondenzácie [%]
T,min	minimálna potrebná teplota pri danej absolútnej vlhkosti v danom prostredí, ktorá zaistí odstránenie povrchovej kondenzácie [C] - platí len pre prípad dvoch prostredí

Poznámka: Uvedené vyhodnotenie rizika kondenzácie nezodpovedá hodnoteniu ani podľa STN 730540, ani podľa STN EN ISO 13788 (neobsahuje bezpečnostné prírážky). Pre vyhodnotenie výsledkov podľa týchto noriem je nutné použiť postup podľa čl. 4 v STN 730540-2 alebo čl. 5 v STN EN ISO 13788.

## STOP, Area 2007



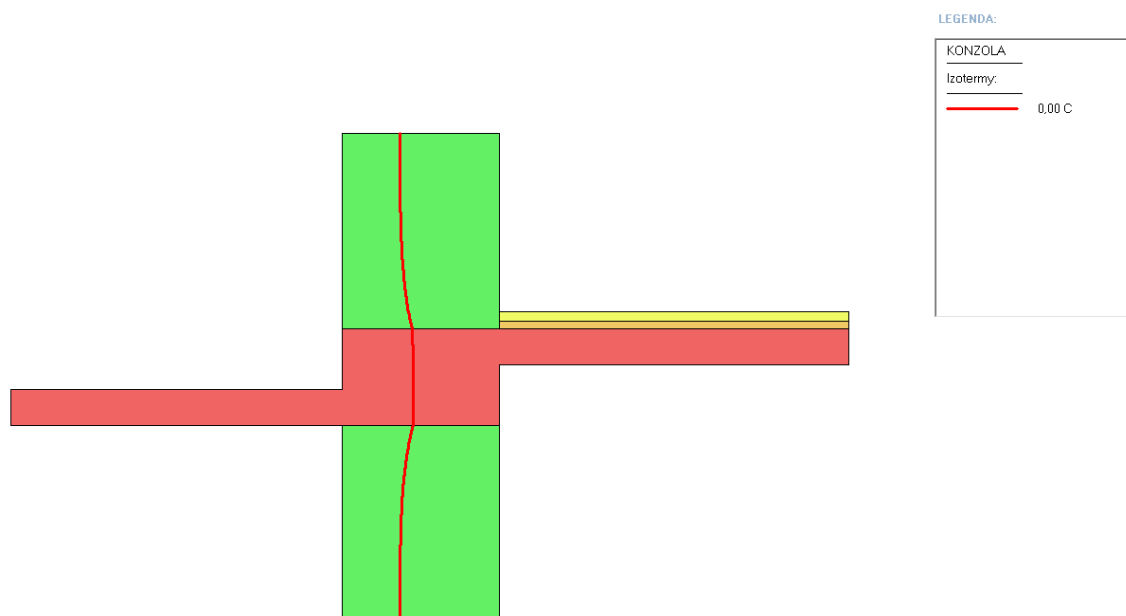
Obrázok 26: Teplotne pole stenovej konštrukcie

## Zhodnotenie výpočtov

Výsledné povrchové teploty sa od seba líšia iba nepatrne, čo môže byť spôsobené zaokrúhľovaním v ručnom prepočte. Program Area 2007 používa na výpočet zložité matematické operácie, ktoré by pri ručnom prepočte trvali dlhú dobu a mohlo by prísť k omylom. Tieto omyly môžu byť spôsobené veľkým počtom matematických operácií nadväzujúcich na seba. Výsledne hodnoty sme porovnali s tabuľkovými hodnotami, ktoré boli upravené o bezpečnostnú prírážku (viď. kapitola 1.7.5).

#### 4.4.3 Diagnostikovaný tepelný most v mieste vyloženia balkónovej konzoly (objekt č. 2)

Súčasný stav



Obrázok 27 : Pôvodný stav so zakreslením „nulovej“ izotermy

#### Begin,Area 2007

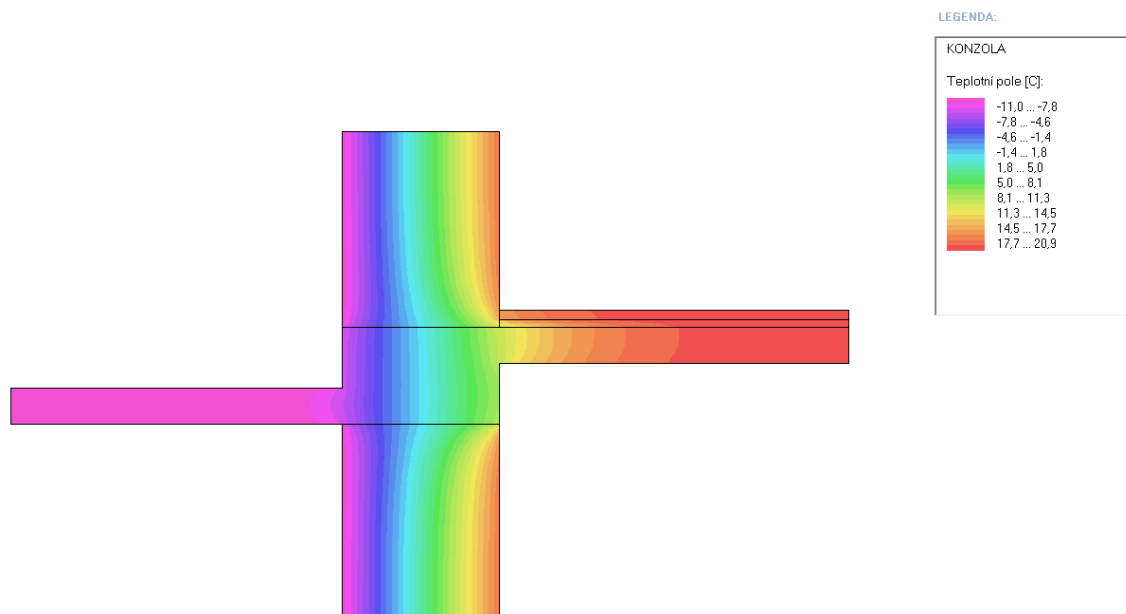
#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	-11.0	0.04	84	-11.00	-40.391	1.262
2	21.0	0.25	50	9.12	40.391	1.262

#### NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-12.93	-11.00	0.000	nie	---	---
2	10.18	9.12	0.629	ANO	46	22.7

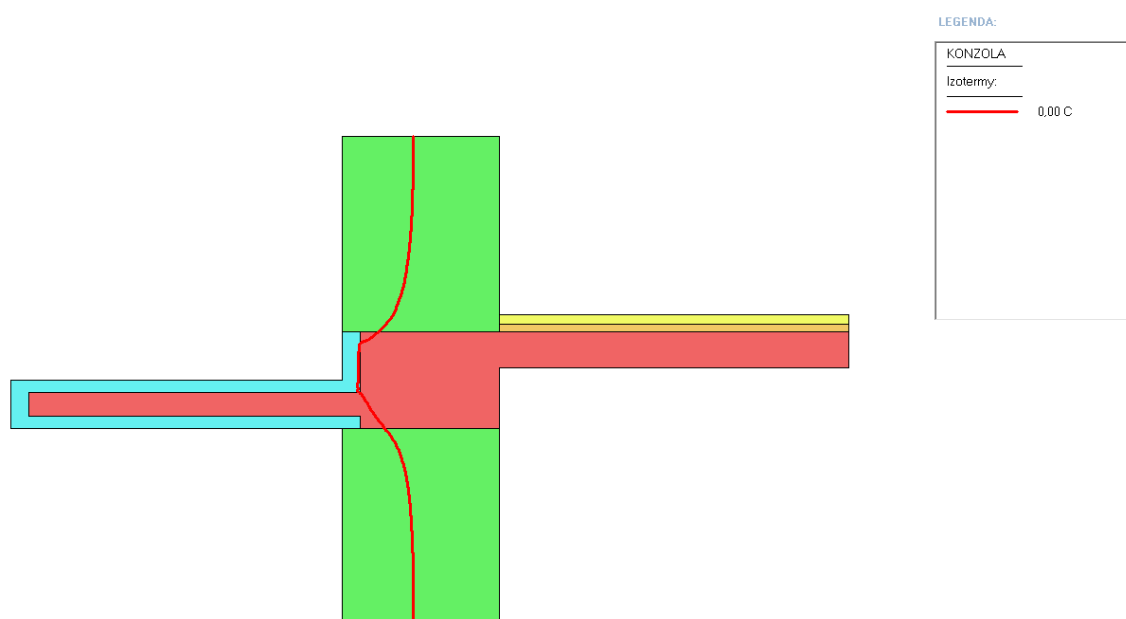
STOP, Area 2007



Obrázok 28: Pole teplôt pôvodný stav

V mieste styku stropnej konštrukcie s obvodovou stenou nám vyšla nedostatočná povrchová teplota, kde vzniká povrchová kondenzácia vodných pár. V druhom rohu v styku podlahy s obvodovou stenou je povrchová teplota vyššia ako kritická v tomto mieste dopomohlo k tomu aj prídavná izolácia položená pod podlahu.

### *VARIANTNÉ RIEŠENIE Č. 1*



Obrázok 29 : Variantné riešenie č.1 so zakreslením „nulovej“ izotermy

Begin, Area 2007

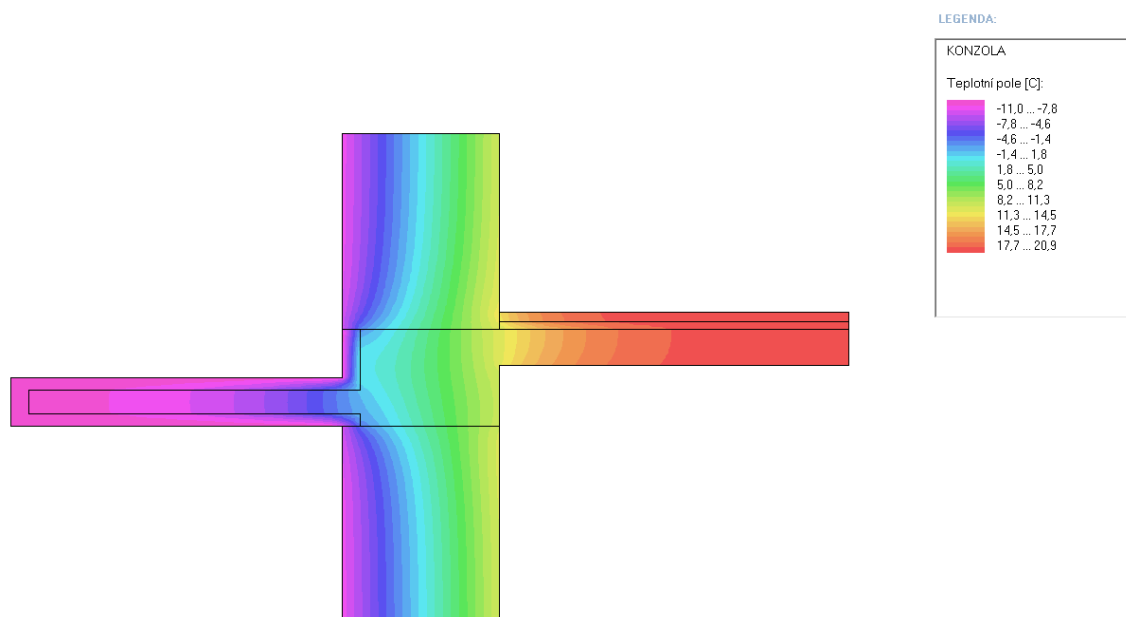
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:**

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	-11.0	0.04	84	-11.00	-80.295	2.509
2	21.0	0.25	50	10.73	80.294	2.509

**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKO KONDENZÁCIE:**

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-12.93	-11.00	0.000	nie	---	---
2	10.18	10.73	0.679	nie	---	---

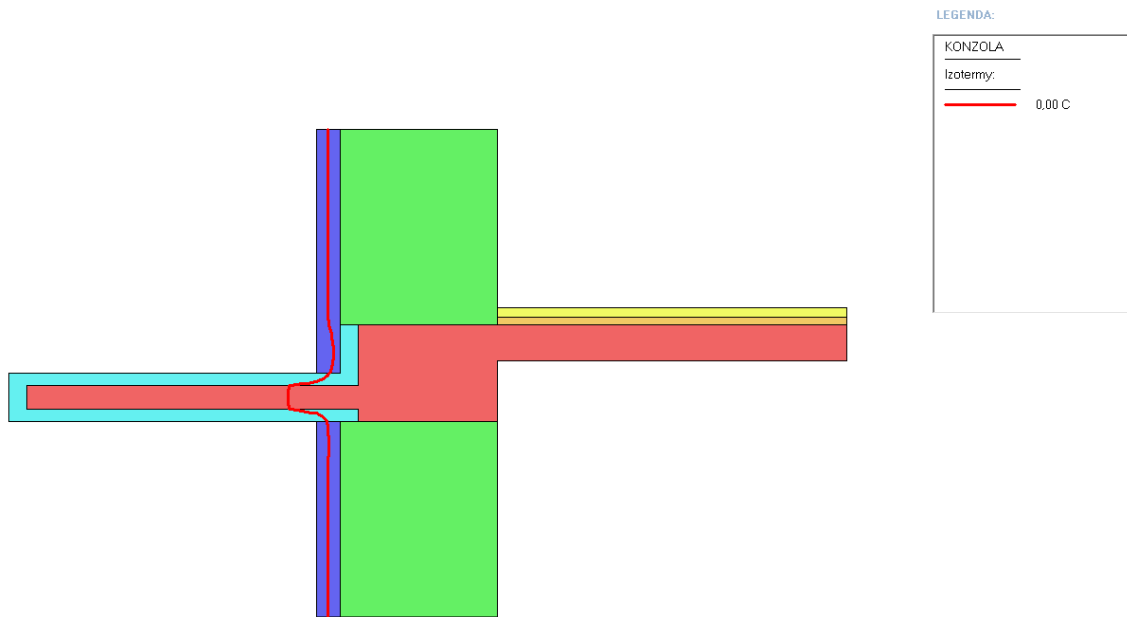
STOP, Area 2007



Obrázok 30: Teplotné pole variantné riešenie č.1

Táto konštrukcia vyhovuje z hľadiska hygienického kritéria. Takto upravená konzola má zvýšený tepelný odpor a tým lepšie tepelnotechnické vlastnosti.

Variantsé riešenie č. 2



Obrázok 31 : Variantsé riešenie č.2 so zakreslením „nulovej“ izotermy

Begin, Area 2007

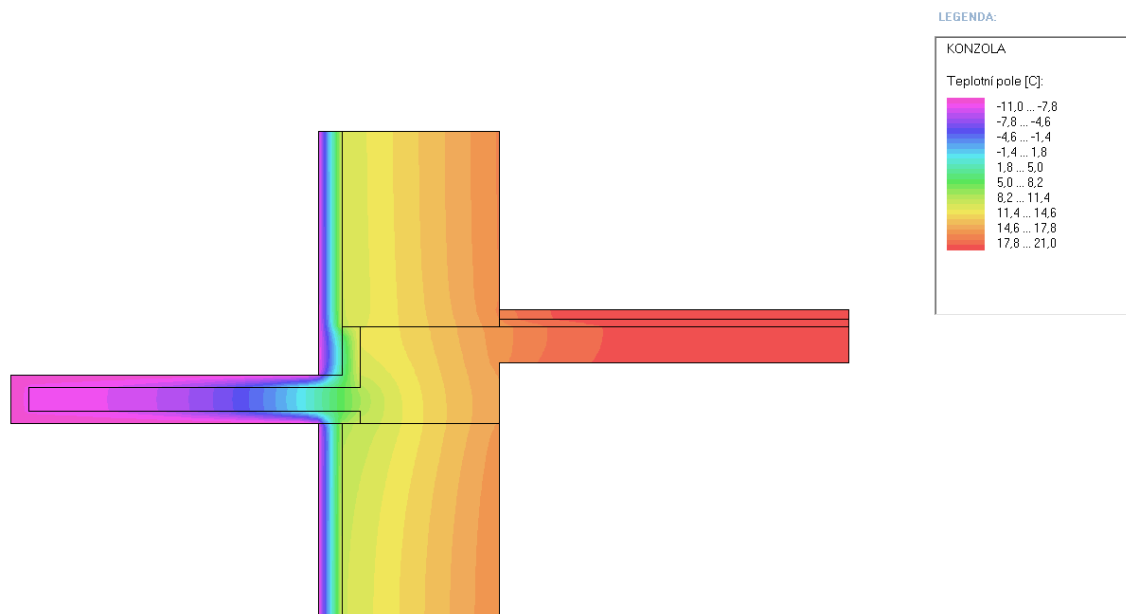
**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSToty TEPELNÉHO TOKU:**

Prostredie	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Priepust. L [W/mK]
1	21.0	0.25	50	16.59	29.529	0.923
2	-11.0	0.04	84	-11.00	-29.530	0.923

**NAJNIŽŠIE POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÉ FAKTORY A RIZIKo KONDENZÁCIE:**

Prostredie	Tdp [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	16.59	0.862	nie	---	---
2	-12.93	-11.00	0.000	nie	---	---

STOP, Area 2007



Obrázok 32: Teplotné pole variantné riešenie č.2

Tento spôsob sa používa najmä v prípadoch potreby vonkajšej renovácie pri predĺžení životnosti obvodových stien. Týmto sa obnoví aj vonkajší vzhľad budovy a použijú sa kvalitnejšie a trvácnejšie vonkajšie omietky.

#### 4.4.4 Diagnostikovaný tepelný most v mieste soklového muriva - objekt č.3

V tomto prípade vznikajú tepelné mosty vplyvom zvýšenej vlhkosti stavebnej konštrukcie, ktorá je spôsobená zatekaniu zo zvodových rúr a rín, čo má za následok priamy kontakt vody so stenou počas dažďa. Objekt je určený ako dojáreň, v ktorom z dôvodu vysokej vlhkosti vnútorného prostredia dochádza k navlhnutiu muriva priamym kontaktom aj sorbciou. V tomto prípade stačí opraviť poškodené zvody a ríny, doriešiť odtok vody v blízkosti soklového muriva a tým zamedziť prenikaniu vlhkosti do stien a podlahy.

## **5 Záver**

Tepelná ochrana budov je vedná disciplína, ktorá sa zaoberá šírením tepla a prenosom látky v stavebných konštrukciách a priestoroch budov. Metódami navrhovania a dimenzovania stavebných konštrukcií a budov sa pomocou požadovaných tepelnotechnických vlastností a kritérií zabezpečuje tepelná pohoda užívateľov, požadovaný teplotný a vlhkosťný stav konštrukcií a budov, nízka potreba tepla pri systémoch vykurovania, vetrania a klimatizácie, prevencia tepelnotechnických porúch konštrukcií a budov. Cieľom diplomovej práce bolo na základe dostupných a získaných informácií diagnostikovať a riešiť tepelné mosty vybraných objektov. Na zistené nedostatky boli navrhnuté opatrenia na odstránenie nedostatkov. Pre zistenie a následné prepočítanie navrhovaných úprav bol použitý program Area 2007, ktorý má zakúpený Technická fakulta, Katedra stavieb.

Pri výpočtoch som zistil, že sledované objekty v posudzovaných detailoch nevyhovujú z hľadiska hygienického kritéria. V zimnom období objekty nevyhovujú počas 30 až 45 dní v roku, kedy mrazy klesajú pod  $-10^{\circ}\text{C}$ . Na základe týchto zistení navrhujem použiť kvalitnejší zateplovací systém, aj napriek tomu, že to je jednorázovo finančne náročnejšie. Predpoklad vývoja cien energií je rastúci, takže v budúcnosti sa nám tieto náklady vrátia.

## ***Použitá literatúra***

1. Halahyja, M. – Chmúrny, I. – Sternová, Z. 1998. *Stavebná tepelná technika*, Bratislava: Jaga group, 1998, 260 s., ISBN 80-88905-04-4.
2. Hauskrecht, A. 1982. *Tepelná ochrana budov*. Bratislava: Alfa, 1982, 233 s.
3. Chmúrny, I. 2003. *Tepelná ochrana budov*. Bratislava : Jaga group, 2003, 214 s., ISBN 80-88905-27-3.
4. Nagy, E. 2002. *Nízkoenergetický ekologický dom*. Bratislava: Jaga group, 2002, 287 s., ISBN 80-88905-70-2.
5. Pogran, Š. 2006. *Energetická náročnosť budov*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006, 132 s., ISBN 80-8069-699-3.
6. Řehánek, J. – Janouš, A. 1986. *Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986, 182 s., ISBN 04-711-86.
7. STN 73 0540-1 : 2002. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, tepelná ochrana budov. 1. časť: Terminológia.
8. STN 73 0540-1 : 2002. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, tepelná ochrana budov. 2. časť: Funkčné požiadavky.
9. STN 73 0540-1 : 2002. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, tepelná ochrana budov. 3. časť: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov.
10. STN 73 0540-1 : 2002. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, tepelná ochrana budov. 4. časť: Výpočtové metódy.
11. STN 73 0565-1 : 2002. Teplotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov.
12. Šternová, Z. 2002. *Zateplovacie systémy obvodových plášťov budov*. Bratislava: EUROSTAV, 2002, 178 s., ISBN 80-968183-5.
13. ŠUBRT, Roman – VOLF, Michal. 2003 *Stavební detaily – tepelné mosty*. Praha: Grada Publishing ISBN 80-247-0610-5. 152 strán
14. VAVERKA, Jiří a kolektív. 2006. *Stavebná tepelná technika a energetika budov*. Brno: Vutiun 2006. ISBN 80-214-2910-0. 648 strán



15. JANOŮŠ, Antonín – KUČERA, Petr –ŘEHÁNEK, Jaroslav – ŠAFRÁNEK, Jaroslav. 2002. Tepelné – technické a energetické vlastnosti budov. Praha: Grada Publishing 2002. ISBN 80-7169-582-3. 248 strán
16. CHYBÍK, Josef – MEIXNER, Miloslav – VAVERKA, Jiří. 1995. Tepelná ochrana budov. Souhr fyzikálních veličin stavebních materiálů a výpočtů k ČSN 73 0540. Brno: PC-DIR 1995. ISBN 80-58895-03-x. 103 strán