

**SLOVENSKÁ POĽHOSPODÁRSKA UNIVERZITA**

**V NITRE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

2113111

**TVORBA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA VÝROBNÝCH  
OBJEKTOV**

**2011**

**Ľuboš Kleštinec, Bc.**

**SLOVENSKÁ POĽHOSPODÁRSKA UNIVERZITA**

**V NITRE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

2113111

**TVORBA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA VÝROBNÝCH  
OBJEKTOV**

**Diplomová práca**

Študijný program: Poľnohospodárska technika a komerčné činnosti  
Študijný odbor: 4112800 Poľnohospodárska a lesnícka technika  
Školiace pracovisko: Katedra stavieb  
Školiteľ: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.  
Konzultant (nepovinný): Ing. Jana Lendelová, PhD.

**2011**

**Ľuboš Kleštinec, Bc.**

## **Abstract**

A work includes a view on a parts of building indoor environment.

First part contains an information about building construction characteristics and construction technical standarts information.

In the secound part, there was selected an industrial agricultural building and accumulated its building system characteristics. Temperatures surfaces of inside wall, roof plate and floor were registered for 24 hours by using metering device with eight analysers. Temperatures data are displayed in a graphic chart.

Selected agricultural building was analyzing by using technical standarts. Some of building constructions was interpretation as inconvenient for generation an valid indoor enviroment. Therefore was projected a new construction types for an advance indoor enviromental condition. New state of agricultural building was analyzing by technical standart also and compare with authentic building state.

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Ľuboš Kleštinec vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Tvorba vnútorného prostredia výrobných objektov“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Leopoldove 26. marca 2011

**Ľuboš Kleštinec**

## **Pod'akovanie**

Vyslovujem pod'akovanie vedúcemu diplomovej práce pánovi docentovi Štefanovi Pogranovi za konzultácie a odporúčania pri spracovaní práce. Ďalej ďakujem pani inžinierke Márii Rusnákovej za sprístupnenie projektovej dokumentácie objektov a za poskytnutie priestoru a času na vykonanie stavebného prieskumu v areály poľnohospodárskeho družstva Zavar.

## Zoznam použitých označení

A	plocha, $m^2$
a	zrýchlenie, $m.s^{-2}$
$A_n, A_z$	aerodynamické tlakové súčinitele
B	tepelná príjímavosť podlahy, $W.s^{0,5}.m^{-2}.K^{-1}$
b	tepelná príjímavosť stavebnej látky, $(W^2.s)/(m^4.K^2)$
$B'$	charakteristický rozmer budovy
$B_1$	tepelná príjímavosť horného povrchu vrstvy podlahy, $W.s^{0,5}.m^{-2}.K^{-1}$
$B_{mat,1}$	tepelná príjímavosť hornej vrstvy podlahy, $W.s^{0,5}.m^{-2}.K^{-1}$
$B_{mat,j}$	tepelná príjímavosť materiálu j-tej vrstvy podlahy, $W.s^{0,5}.m^{-2}.K^{-1}$
$b_N$	normová hodnota tepelnej príjímavosti podlahových konštrukcií, $W.s^{0,5}.m^{-2}.K^{-1}$
C	tepelná kapacita, $J.K^{-1}$
$c_1$	merná tepelná kapacita materiálu najvyššie položenej vrstvy podlahy, $J.kg^{-1}.K^{-1}$
$c_s$	špecifická tepelná kapacita suchej látky, $J.kg^{-1}.K^{-1}$
$c_u$	špecifická tepelná kapacita vlhkej látky, $J.kg^{-1}.K^{-1}$
d	hrúbka vrstvy stavebnej konštrukcie, m
D	počet dennostupňov
f	absolútna vlhkosť vzduchu, $g.m^{-3}$
$f_{max}$	absolútna vlhkosť vzduchu nasýteného vodnou parou, $g.m^{-3}$
g	gravitačné zrýchlenie, $m.s^{-2}$
$g_{dA}$	hustota difúzneho toku, ktorý uniká z miesta kondenzácie, $kg.m^{-2}.s^{-1}$
$g_{dB}$	hustota difúzneho toku, ktorý uniká z miesta kondenzácie, $kg.m^{-2}.s^{-1}$
$g_k$	ročné množstvo skondenzovanej pary, $kg.m^{-2}.rok^{-1}$
$g_v$	ročné množstvo vyparenej vodnej pary, $kg.m^{-2}.rok^{-1}$
h	nadmorská výška, m n.m.
$h_e$	súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšej strane konštrukcie, $W.m^{-2}.K^{-1}$
$h_i$	súčiniteľ prestupu tepla na vnútornej strane konštrukcie, $W.m^{-2}.K^{-1}$ zeminy, $W.K^{-1}$
$i_{LV}$	súčiniteľ škárovej prievzdušnosti, $m^3.m^{-1}.s^{-1}.Pa^{-m}$
$I_{str}$	stredná intenzita slnečného žiarenia pre strechy a zvislé steny orientované

	na západ, $W.m^{-2}$
$K_1$	súčiniteľ určujúci zvýšenie (zníženie) tepelnej prijímovosti
$k_d$	súčiniteľ prechodu vodnej pary, $s.m^{-1}$
$K_j$	súčiniteľ určujúci zvýšenie (zníženie) tepelnej prijímovosti povrchu vrstvy
$n$	intenzita výmeny vzduchu, $h^{-1}$
$N$	tepelná difúzna funkcia, $s^{-1}$
$n_{50}$	intenzita výmeny vzduchu za hodinu, ktorý vzniká pri rozdiel tlakov 50 Pa
$n_{min}$	minimálna intenzita výmeny vzduchu za hodinu, $h^{-1}$
$n_N$	požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu, $h^{-1}$
$p''_d$	čiasočný tlak nasýtenej vodnej pary, Pa
$p_a$	atmosférický tlak, Pa
$p_b$	celkový tlak vlhkého vzduchu, Pa
$p_d$	čiasočný tlak vodnej pary, Pa
$p_{de}$	čiasočný tlak vodnej pary vo vonkajšom vzduchu, Pa
$p_{di}$	čiasočný tlak vodnej pary vo vnútornom vzduchu, Pa
$p_{dpi}, p_{dpe}$	čiasočné tlaky vodnej pary na vnútornom a vonkajšom povrchu konštrukcie, Pa
$p_v$	čiasočný tlak suchého vzduchu, Pa
$q$	hustota tepelného toku, $W.m^{-2}$
$Q$	tepelný tok, W
$q_{  }$	tepelný tok rovnobežne s vláknami, $W.m^{-2}$
$q_{\perp}$	tepelný tok kolmo na vlákna, $W.m^{-2}$
$q_x$	hustota tepelného toku konštrukcie v mieste x, $W.m^{-2}$
$R$	tepelný odpor konštrukcie, $m^2.K.W^{-1}$
$R_d$	difúzny odpor, $m.s^{-1}$
$R_{dA}$	difúzny odpor konštrukcie od vnútorného povrchu po bod A, $m.s^{-1}$
$R_{dB}$	difúzny odpor konštrukcie vonkajšej časti konštrukcie od bodu B po vonkajší povrch, $m.s^{-1}$
$R_{de}$	odpor pri prestupe vodnej pary na vonkajšej strane konštrukcie, $m.s^{-1}$
$R_{di}$	odpor pri prestupe vodnej pary na vnútornej strane konštrukcie, $m.s^{-1}$
$R_x$	tepelný odpor od vnútorného povrchu konštrukcie po bod x, $m^2.K.W^{-1}$
$t$	čas, s
$T$	Kelvinova teplota, K

$t_j$	početnosť výskytu teplôt vonkajšieho vzduchu pri jasnej oblohe, s
$t_z$	početnosť výskytu teplôt vonkajšieho vzduchu pri zamračenej oblohe, s
$U$	súčiniteľ prechodu tepla, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
$U_k$	súčiniteľ prechodu tepla stavebnej konštrukcie, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
$u_m$	hmotnostná vlhkosť, %
$V_{inf}$	objemový tok vzduchu, $m^3 \cdot s^{-1}$
$V_{inf, i}$	objemový tok vzduchu infiltráciou vykurovaného priestoru, $m^3 \cdot h^{-1}$
$V_m$	objem vzduchu v miestnosti, $m^3$
$\alpha_{de}$	súčiniteľ prestupu vodnej pary na vonkajšej strane konštrukcie, $s \cdot m^{-1}$
$\alpha_{di}$	súčiniteľ prestupu vodnej pary na vnútornej strane konštrukcie, $s \cdot m^{-1}$
$\delta$	súčiniteľ difúzie vodných pár, s
$\delta_p$	súčiniteľ difúzie vodných pár, s
$\varepsilon_i$	výškový korekčný faktor
$\varepsilon_m$	súčiniteľ hmotnostnej vzduchovej priepustnosti, $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$
$\theta$	Celziova teplota, °C
$\theta_{ae}$	teplota vonkajšieho vzduchu, °C
$\theta_{ae,m}$	priemerná denná teplota vonkajšieho vzduchu v letnom období, °C
$\theta_{ai}$	teplota vnútorného vzduchu, °C
$\theta_{dp}$	teplota rosného bodu, °C
$\theta_e$	vonkajšia výpočtová teplota, °C
$\theta_{int, i}$	vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru, °C
$\theta_{me}$	priemerná ročná vonkajšia teplota, °C
$\theta_n$	začiatočná teplota povrchu nohy, °C
$\theta_{se}$	teplota na vonkajšom povrchu konštrukcie, °C
$\theta_{si}$	teplota na vnútornom povrchu konštrukcie, °C
$\theta_{si,80}$	kritická povrchová teplota na vznik plesní, °C
$\theta_{si,m}$	vnútorná povrchová teplota tepelného mosta, °C
$\theta_{si,N}$	najnižšia vnútorná povrchová teplota, normová hodnota, °C
$\theta_{si,ok}$	vnútorná povrchová teplota výplne otvoru, °C
$\theta_{si,ok,N}$	požadovaná normová hodnota vnútornej povrchovej teploty výplne otvorov, °C
$\theta_{sip}$	začiatočná teplota povrchu podlahy, °C
$\lambda$	súčiniteľ tepelnej vodivosti, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$\lambda_1$	súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu najvyššie položenvej vrstvy



	podlahy, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$\lambda_o$	súčiniteľ tepelnej vodivosti pri $0^\circ C$
$\lambda_s$	súčiniteľ tepelnej vodivosti látky v suchom stave, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$\lambda_u$	súčiniteľ tepelnej vodivosti látky vo vlhkom stave, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$\mu$	faktor difúzneho odporu
$\rho$	hustota látky, $kg \cdot m^{-3}$
$\rho_e, \rho_i$	objemová hmotnosť vzduchu exteriéru / interiéru, $kg \cdot m^{-3}$
$\varphi$	relatívna vlhkosť vzduchu %

# Obsah

1.	Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky .....	13
1.1	Charakter prostredia.....	13
1.1.1	Teplota vzduchu.....	13
1.1.1.1	Výpočtová teplota vzduchu v zimnom období	13
1.1.1.2	Výpočtová teplota vzduchu v letnom období	15
1.1.2	Intenzita vetrov .....	16
1.1.3	Vlhkosť vzduchu.....	16
1.2	Požiadavky na vnútorné prostredie.....	17
1.2.1	Hygienické požiadavky na prostredie.....	17
1.3	Zložky prostredia .....	18
1.3.1	Tepelno - vlhkosťná mikroklíma.....	18
1.3.2	Tepelný odpor stavebnej konštrukcie .....	19
1.3.3	Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie .....	22
1.3.4	Súčiniteľ prechodu tepla okna .....	23
1.3.5	Povrchová teplota stavebnej konštrukcie.....	26
1.3.6	Tepelná príjímavosť podlahovej konštrukcie .....	31
1.3.7	Vzduchová priepustnosť škár a stykov stavebných konštrukcií.....	34
1.3.8	Šírenie vlhkosti v konštrukcii .....	39
1.3.8.1	Príčiny vlhkosti v stavebných konštrukciách .....	39
1.3.8.2	Vlhkosť vzduchu .....	40
1.3.8.3	Teplota rosného bodu .....	42
1.3.8.4	Výpočtové parametre vnútorného vzduchu .....	44
1.3.8.5	Kondenzácia vodných pár na povrchu konštrukcie .....	44
1.3.8.6	Šírenie vlhkosti v konštrukcii .....	45
1.3.8.7	Prechod vodnej pary stavebnými konštrukciami .....	47
1.3.8.8	Kondenzácia vodnej pary vo vnútri konštrukcie .....	50
1.3.8.9	Ročná bilancia skondenzovanej a vyparenej vlhkosti .....	52
1.3.8.10	Funkčné požiadavky .....	54
2.	Ciele práce .....	55
3.	Materiál a metódy .....	56
3.1	Výber objektu .....	56

3.2	Popis objektu.....	56
3.3	Tepelný odpor a priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu .....	59
3.3.1	Výpočet.....	59
3.3.2	Tepelný odpor a súčiniteľ prechodu tepla.....	62
3.3.3	Priemerný súčiniteľ prechodu tepla .....	62
3.4	Posúdenie objektu .....	63
3.4.1	Posúdenie z hľadiska priemerného súčiniteľa prechodu tepla.....	63
3.4.2	Posúdenie odporu konštrukcií prostredníctvom vnútornej povrchovej teploty.....	63
3.5	Návrh opatrení .....	64
3.5.1	Alternatíva 1 .....	64
3.5.2	Alternatíva 2 .....	66
3.6	Meranie teplôt v objekte .....	68
4.	Prehľad výsledkov práce.....	73
5.	Diskusia .....	75
6.	Návrh na využitie výsledkov .....	79
7.	Záver .....	80
8.	Literatúra.....	81

## Úvod

Objekt svojimi ohraničujúcimi konštrukciami vytvára vnútorný priestor, k môžeme popísať parametrami, definovateľné konkrétnymi hodnotami. Vytvorené vnútorné prostredie je ovplyvnené geografickým umiestnením objektu, ale hlavne jeho konštrukčným, materiálovým a technickým riešením. Jedna z úloh, ktoré musí projektant pri návrhu objektov a tvorbe jeho dokumentácie splniť, je správne vytvorenie tohto priestoru (prostredia), ktorý musí do maximálnej miery rešpektovať účel a celkovú funkčnosť objektu.

Je veľmi veľa vplyvov, ktoré ovplyvňujú prostredie objektu a veľa ovplyvniteľných zložiek prostredia, ktoré sú v neustálej vzájomnej interakcii. Aj preto je tvorba prostredia náročná úloha a vyžaduje komplexný pohľad na problematiku tvorby vnútorného prostredia.

Práca sa sústreďuje na objasnenie základných zložiek prostredia, na ich požiadavky z pohľadu technických noriem a vyhlášok.

Práca ďalej posudzuje poľnohospodársky výrobný objekt z hľadiska stavebno-technického riešenia vplývajúce na jeho vnútorné prostredie a predstavuje návrhy na zlepšenie uvedeného prostredia.

# 1. Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

## 1.1 Charakter prostredia

Prostredie je tvorené zložkami, ktoré označujeme pojmovo – definujeme ich názov (teplota, farebnosť, ...) a pre účely ich hodnotenia a porovnávaní ich následne kvantifikujeme, t.j. vyjadříme ich číselnú hodnotu.

Vytvorené prostredie objektu je ovplyvnené najmä lokalitou, ktorá je prezentovaná svojimi pôsobiacimi činiteľmi (klimatické faktory). Inou intenzitou budú tieto vplyvy pôsobiť na objekt a ním vytvorený priestor v lokalite nachádzajúcej sa v teplých južných oblastiach a inak v chladných severných oblastiach, kde je podnebie diametrálne odlišné.

Podnebie Slovenskej republiky sa vyznačuje pomerne značnými dennými a nočnými teplotnými výkyvmi. Kolísanie teploty vonkajšieho vzduchu, zrážkovej činnosti a sily vetrov je silne ovplyvnené terénnymi nerovnosťami a nadmorskou výškou. (Pogran, 2006)

Medzi najdôležitejšie klimatické faktory ovplyvňujúce prostredie budov patria :

- teplota vzduchu,
- intenzita slnečného žiarenia,
- intenzita vetrov,
- intenzita zrážkovej činnosti, vlhkosť vzduchu,
- kvalita ovzdušia a životného prostredia. (Pogran, 2006)

### 1.1.1 Teplota vzduchu

#### 1.1.1.1 Výpočtová teplota vzduchu v zimnom období

Vonkajšia výpočtová teplota vzduchu v zimnom období  $\theta_e$  je považovaná za dominantný faktor ovplyvňujúci návrh obalových stavebných konštrukcií objektov a tým aj nimi vytvoreného vnútorného prostredia budov.

Hodnoty výpočtových teplôt sa v podmienkach Slovenska určujú pre vybranú lokalitu budovy nasledovne :

- a) v závislosti od zemepisnej polohy podľa mapy teplotných oblastí

- (príloha č.1) , v súčinnosti s nadmorskou výškou danej lokality (tab. 1),  
 b) priamym spôsobom pre vybrané lokality (tab.2).

K základnej hodnote oblastnej teploty sa pripočíta súčin výškového teplotného gradientu  $\Delta\theta_e$  a počtu stoviek metrov nad základnou výškou 100 m n.m. Výpočtová teplota  $\theta_e$  sa zaokrúhľuje na celé čísla smerom k nepriaznivejšej (nižšej) hodnote. (Pogran, 2006; STN 730540, 2002)

Tab. 1 Teplotné oblasti Slovenska v zimnom období a výškový gradient  $\Delta\theta_e$  (STN 730540, 2002)

Teplotná oblasť	Výpočtová teplota $\theta_e$ pre 100 mmm, °C	Gradient $\Delta\theta_e$ nad 100 mmm, K
1	-10,0	-1,0
2	-12,0	-0,5
3	-14,0	-0,3
4	-16,0	-0,2
5	-18,0	-0,2
0	-9,5	-0,6

Tab. 2 Určenie výpočtovej teploty  $\theta_e$  v zimnom období a veterných oblastí vo vybraných lokalitách Slovenska, skrátaná tabuľka (STN 730540, 2002)

Obec	Nadmorská výška, m n.m.	Teplotná oblasť	Vonkajšia výpočtová teplota $\theta_e$ , °C	Veterná oblasť
Banska Bystrica	370	3	-15	1
Bardejov	270	3	-15	2
Bratislava	140	1	-11	2
Brezno	500	3	-16	1
Ilava	260	2	-13	2
Kežmarok	630	3	-16	1
Košice	210	2	-13	2
Levice	160	1	-11	1
Lučenec	190	2	-13	1
Martin	400	3	-15	1

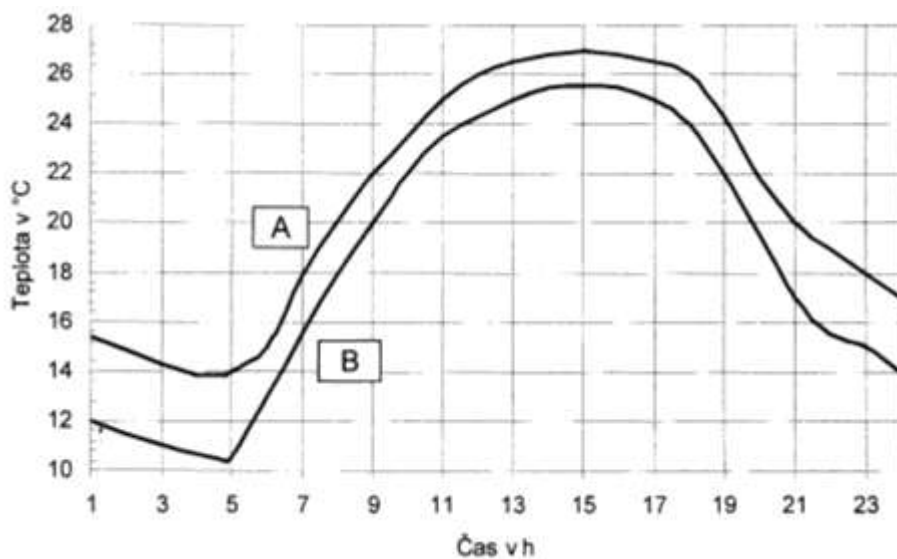
Nitra	190	1	-11	2
Nové Zámky	120	1	-11	2
Poprad	680	3	-16	2
Ružomberok	500	3	-16	1
Senec	140	1	-11	2
Svidník	220	3	-15	2
Trnava	150	1	-11	2
Žilina	350	3	-15	1

### 1.1.1.2 Výpočtová teplota vzduchu v letnom období

Priemerná denná teplota vonkajšieho vzduchu v letnom období  $\theta_{ae,m}$  sa v teplotných výpočtoch uvažuje bez vplyvu priameho slnečného žiarenia. Hodnoty sa určujú v zmysle prílohy č.2 v dvoch teplotných oblastiach – A, B, pričom platí :

- teplotná oblasť A  $\theta_{ae,m} = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- teplotná oblasť B  $\theta_{ae,m} = 18,2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Uvádzané hodnoty sa využívajú pri hodnotení miestností budov z hľadiska ich tepelnej stability v letnom období. (Pogran, 2006; STN 730540, 2002)



Obr. 1

Denný priebeh priemernej teploty vonkajšieho vzduchu pre teplotnú oblasť A a B

### 1.1.2 Intenzita vetrov

Vnútorne prostredie objektu je tiež ovplyvnené prúdením vzduchu v danej lokalite. Prúdenie vzduchu vzniká pôsobením tlakových a teplotných rozdielov vzduchových vrstiev atmosféry. Značná premenlivosť v intenzite prúdenia vzduchu v prízemných vrstvách atmosféry je daná rozmanitosťou reliéfu Slovenska. Veterné oblasti sú určované v zmysle prílohy č.3 a tabuľy 3. (Pogran, 2006; STN 730540, 2002)

Tab. 3 Rozdelenie Slovenska na veterné oblasti

Veterná oblasť	Rýchlosť vetra , m.s <sup>-1</sup>
1	< 2,0
2	Od 1,0 do 5,0
Poznámka: Vyvýšené svahové a horské hrebeňové oblasti ( 100 m nad rovinou, dolinou, kotlinou) v > 5,0 m.s <sup>-1</sup>	

### 1.1.3 Vlhkosť vzduchu

Pri navrhovaní konštrukcií objektu, ktorý tvorí svoje vnútorné prostredie, je dôležité taktiež uvažovať s hodnotou vlhkosti vzduchu. Je určovaná obsahom vodných pár v ovzduší. Najvyššie hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu sú spravidla nad ránom a najnižšie popoludní, čo znamená, že denný priebeh relatívnej vlhkosti vzduchu má opačnú tendenciu ako priebeh teploty vzduchu.

Početnosť trvania vonkajšej výpočtovej teploty  $\theta_e$ , relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu  $\varphi_e$  a príslušná hodnota čiastočného tlaku vodnej pary vonkajšieho vzduchu  $p_{de}$  je uvedená v tab. 7. (Vaverka, 2006; Pogran, 2006)

#### Výpočtové parametre vonkajšieho vzduchu

Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu v našich klimatických podmienkach sa mení v rozmedzí od 58 do 79% v letnom období a 80 až 85% v zimnom období. Vlhkosť vonkajšieho vzduchu určuje STN 73 0540, ktorá vyjadruje závislosť od teploty vonkajšieho vzduchu. (Pogran, 2006; STN 730540, 2002)



## 1.2 Požiadavky na vnútorné prostredie

Pri návrhu objektov, stavebných konštrukcií a priestorov vymedzených určeným stavom vnútorného prostredia bytových a nebytových budov je nevyhnutné splnenie kritérií, ktoré vo všeobecnosti môžeme rozdeliť do dvoch kategórií :

- Energetické požiadavky (kritériá)
- Hygienické požiadavky (kritériá)

### 1.2.1 Hygienické požiadavky na prostredie

Vnútorné prostredie musím spĺňať stanovené hygienické kritériá zložiek mikroklimatických parametrov, kladených na jednotlivé typy budov. Pocit tepelnej pohody osôb nachádzajúcich sa v miestnosti spájame s dvomi vplyvmi okolitého prostredia a to vzduchovým a sálavým. Interakcia oboch vplyvov predstavuje najvýznamnejšiu časť kvalitatívnych ukazovateľov vnútorného prostredia budov. (Pogran, 2006) Hlavným kritériom pri hygienickom hodnotení vnútorného prostredia je fyziologická reakcia užívateľa na daný stav mikroklimy. Pre pohodu užívateľa je mimo teploty okolitého vzduchu dôležité aj posúdenie intenzity tepelného kolísania a vzájomný pomer prijímania a odovzdávania tepla počas sledovaného časového obdobia. Vhodné vnútorné prostredie umožňuje udržiavanie konštantnej teploty tela, čo je základným predpokladom pre základné životné a pohybové aktivity užívateľov. (Halahyja, 2000; Pogran 2006)

Hygienické požiadavky na prostredie môžeme definovať ako súbor hygienických predpisov, ktorý vychádza z lekárskeho výskumu. Definuje hygienicky únosné a doporučené parametre prostredia, v ktorom sa ľudia zdržiavajú počas pobytu v obytnom, alebo pracovnom prostredí. (Kupilík, 1994)

Týmito parametrami najčastejšie sú :

- tepelno - vlhkostná mikroklima
- toxická mikroklima
- hlučnosť a vibrácie
- osvetlenie
- prašnosť
- tlakové podmienky a prúdenie

- ostatné zložky prostredia

Okrem uvádzaných základných zložiek obytného a pracovného prostredia treba venovať pozornosť i ďalším zložkám, ktoré sú nie tak dôsledne legislatívne sledované, ale ich podcenenie môže výrazne zhoršiť zdravotné podmienky v príslušnom prostredí.

Sú to nasledovné zložky :

- Mikrobiológia
- Radón
- Aeroionty
- Elektromagnetické polia
- Statická elektrina (Kupilík, 1994)

### **1.3 Zložky prostredia**

#### **1.3.1 Tepelno - vlhkostná mikroklíma**

Základné veličiny na hodnotenie tepelno-vlhkostnej mikroklímy vo vnútornom prostredí sú teplota vzduchu, operatívna teplota, výsledná teplota guľového teplomeru, relatívna vlhkosť vzduchu a rýchlosť prúdenia vzduchu. Ďalej sa podľa potreby určuje teplota povrchu a ďalšie potrebné veličiny.

V priestoroch určených na dlhodobý pobyt ľudí sa zabezpečujú optimálne podmienky tepelno-vlhkostnej mikroklímy v teplom aj chladnom období roka. Predpoklady na optimálne mikroklimatické podmienky má vytvoriť stavebné riešenie budovy. Tam, kde to stavebné riešenie budovy neumožňuje, treba tieto podmienky zabezpečiť technickým zariadením. V priestoroch s dlhodobým pobytom ľudí, v ktorých nemožno vytvoriť optimálne mikroklimatické podmienky, sa zabezpečia prípustné mikroklimatické podmienky s výnimkou mimoriadne chladných a mimoriadne teplých dní. (Vaverka, 2006)

Optimálne a prípustné podmienky tepelnovlhkostnej mikroklímy sú určené konkrétnymi hodnotami veličín podľa vykonávaných činností. Hodnoty veličín sú zadefinované vo Vyhláske Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky z 18. júna 2008 o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.

Tepelnovlhkostná mikroklima je ovplyvnená hlavne klimatickými podmienkami príslušnej lokality, typom prevádzky v objekte a konštrukciami, konkrétne ich materiálovou bázou.

Konštrukcie, z hľadiska vytvorenia požadovaného prostredia, sú prezentované svojimi tepelnotechnickými vlastnosťami. Tepelnotechnickými vlastnosťami sa zaoberá odbor tepelná technika. (Halahyja, 2000; Chmúrny, 2006)

Požadované tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov sú zabezpečené veličinami:

- tepelný odpor stavebnej konštrukcie,
- súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie,
- vnútorná povrchová teplota stavebnej konštrukcie,
- množstvo skondenzovanej a vyparenej vodnej pary v stavebnej konštrukcií za rok,
- vzduchová priepustnosť škár a stykov stavebných konštrukcií,
- tepelná príjímavosť podlahovej konštrukcie,
- spotreba energie na vykurovanie,
- tepelná stabilita miestnosti. (STN 73540, 2002)

### 1.3.2 Tepelný odpor stavebnej konštrukcie

Pre hustotu tepelného toku v ustálenom teplotnom stave platí:

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} = \lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\frac{d}{\lambda}} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R}, \text{ W.m}^{-2} \quad (1)$$

kde  $d\theta$  – zmena teploty, K

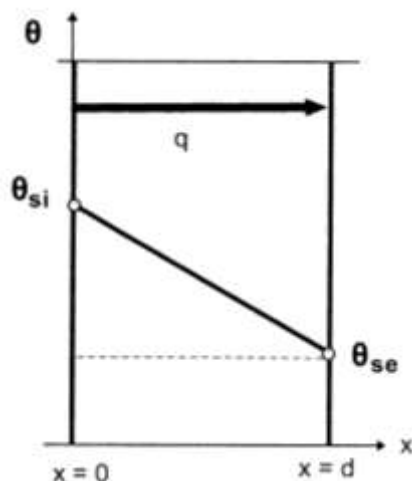
$dx$  – zmena polohy (zmena súradnice  $x$ ), m

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

$\theta_{si}$  – teplota na vnútornom povrchu konštrukcie, K

$\theta_{se}$  – teplota na vonkajšom povrchu konštrukcie, K

$R$  – tepelný odpor konštrukcie,  $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$



Obr. 2

Jednovrstvová konštrukcia – okrajové podmienky

Hustota tepelného toku šíriaceho sa jednovrstvovou konštrukciou v ustálenom teplotnom stave je priamoúmerná rozdielu teplôt na vnútornom a vonkajšom povrchu a nepriamoúmerná tepelnému odporu konštrukcie. (Pogran, 2006; Chmúrny 2006)

Z uvedeného vyplýva, že tepelný odpor konštrukcie vyjadrím vzťahom :

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad , \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad (2)$$

kde  $d$  – hrúbka vrstvy stavebnej konštrukcie, m

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

Ak sa vyžaduje určitá hodnota tepelného odporu konštrukcie, jej hrúbka bude tým väčšia , čím vyššia je hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti. (Vaverka, 2006; Chmúrny 2006)

Zaužívalo sa označovanie vrstiev konštrukcie v smere tepelného toku v zimnom období, teda zvnútra smerom von. Tepelný odpor viacvrstvovej konštrukcie sa určí súčtom tepelných odporov jednotlivých vrstiev. (Halahyja, 1998)

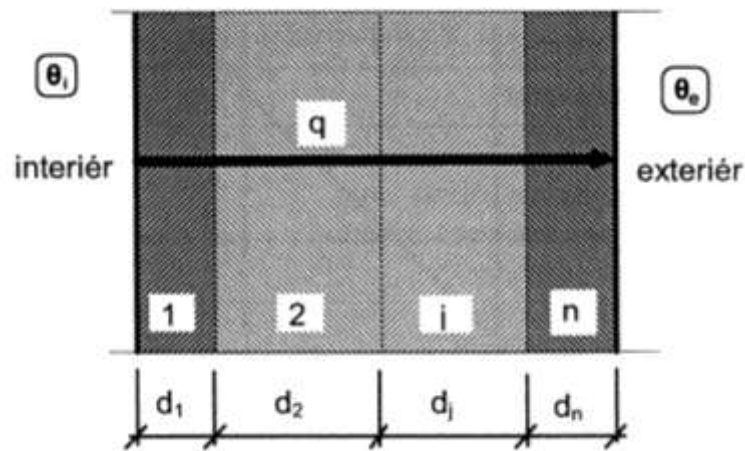
$$R = \sum_{j=1}^n R_j = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad , \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad (3)$$

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad , \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad (4)$$

kde  $n$  – počet vrstiev konštrukcie

$d$  – hrúbka vrstvy konštrukcie, m

$\lambda$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu danej vrstvy,  $W.m^{-1}.K^{-1}$

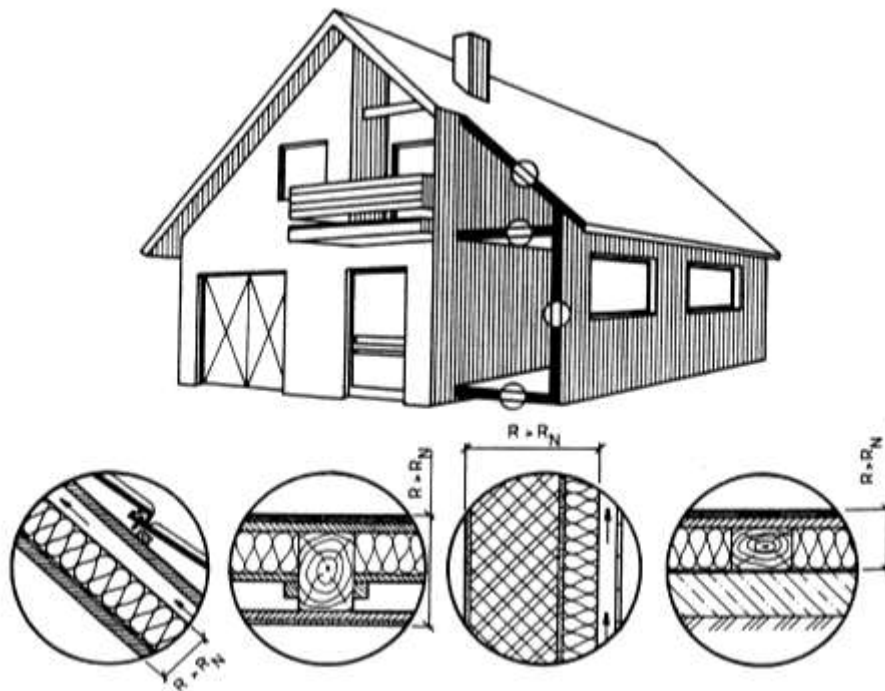


Obr. 3

Viacvrstvová konštrukcia v jednorozmernom šírení tepla

Na výpočet odporu niektorých stavebných konštrukcií platia tieto pravidlá:

- tepelný odpor podláh na prírodnom teréne sa stanoví z vrstiev uložených nad hydroizoláciou proti zemnej vlhkosti



Obr. 4

Uvažované vrstvy na výpočet tepelného odporu konštrukcie

- tepelný odpor konštrukcie s odvetranou vzduchovou vrstvou sa stanoví z vrstiev nachádzajúcich sa medzi vnútorným povrchom a odvetranou vzduchovou vrstvou. (STN 730540, 2002)

### 1.3.3 Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie

Keď sa teplo šíri z vnútorného prostredia cez konštrukciu do vonkajšieho prostredia, môžeme pre hustotu tepelného toku napísať rovnicu rovnováhy tepelných tokov:

$$q_i = q = q_e \quad , \text{W.m}^{-2} \quad (5)$$

Vyjadrením jednotlivých tepelných tokov dostaneme:

$$q = \alpha_i \cdot (\theta_i - \theta_{si}) = \frac{(\theta_i - \theta_{si})}{R_{si}} \quad , \text{W.m}^{-2} \quad (6)$$

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot (\theta_{si} - \theta_{se}) = \frac{(\theta_{si} - \theta_{se})}{R} \quad , \text{W.m}^{-2} \quad (7)$$

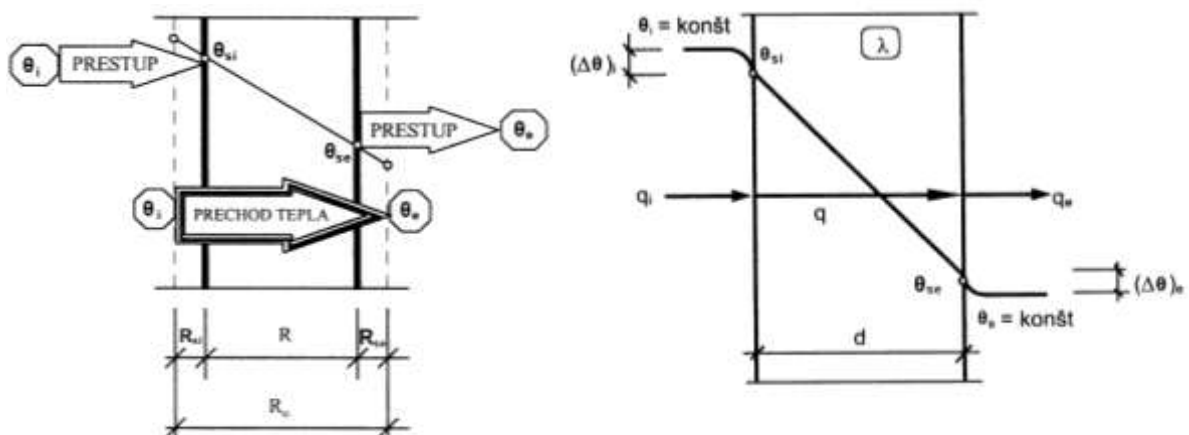
$$q = \alpha_e \cdot (\theta_{se} - \theta_e) = \frac{(\theta_{se} - \theta_e)}{R_{se}} \quad , \text{W.m}^{-2} \quad (8)$$

Z uvedeného vyplýva :

$$\theta_{si} - \theta_{se} = q \cdot (R_{si} + R + R_{se}) = q \cdot R_o \quad (9)$$

Veličina  $R_o$  sa nazýva odpor konštrukcie pri prechode tepla. Určuje sa zo vzťahu :

$$R_o = R_{si} + R + R_{se} \quad , \text{m}^2 \cdot \text{K.W}^{-1} \quad (10)$$



Obr. 5

Prestup a prechod tepla a priebeh teploty pri šírení tepelného toku rovinnou stenou medzi dvomi rovnobežnými plochami

Ak je konštrukcia viacvrstvová, vzťah má tvar:

$$R_o = R_{si} + \sum_{j=1}^n R_j + R_{se} \quad , m^2 \cdot K \cdot W^{-1} \quad (11)$$

Prevrátená hodnota odporu konštrukcie pri prechode tepla je súčiniteľ prechodu tepla:

$$U = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad , W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (12)$$

Keď poznáme teploty na obidvoch stranách konštrukcie, hodnotu súčiniteľa prechodu tepla určiť nasledovne:

$$U = \frac{Q}{A \cdot (\theta_{si} - \theta_{se})} \quad , W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (13)$$

kde  $A$  – plocha konštrukcie,  $m^2$

$Q$  – tepelný tok,  $W$

(Halahyja, 1998; Vaverka 2006, Pogran, 2006)

#### 1.3.4 Súčiniteľ prechodu tepla okna

$$U_{ok} = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi \cdot l_g}{A_f + A_g} \quad , W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (14)$$

kde  $U_f$  – súčiniteľ prechodu tepla rámu,  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$U_g$  – súčiniteľ prechodu tepla zasklenia,  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$A_f$  – plocha rámu,  $m^2$

$A_g$  – plocha zasklenia,  $m^2$

$\Psi$  – prídavná tepelná strata,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

$l_g$  – obvod zasklenia v krídle okna,  $m$

#### Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia $U_g$ :

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum R_g + R_{se}} \quad , W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (15)$$

kde  $R_{si}$  – odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane zasklenia,  $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

$R_{se}$  – odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane zasklenia,  $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

$R_g$  – odpor vzduchovej vrstvy medzi zasklením,  $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

$d_j$  – hrúbka skla,  $m$

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

Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia môžeme tiež určiť priamo z normy STN 730540, Časť 3 : Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Norma definuje hodnotu na základe druhu zasklenia (výplne).

Súčiniteľ prechodu tepla rámu  $U_f$ :

Súčiniteľ prechodu tepla rámov a krídel sa určujú štandardizovaným postupom na základe:

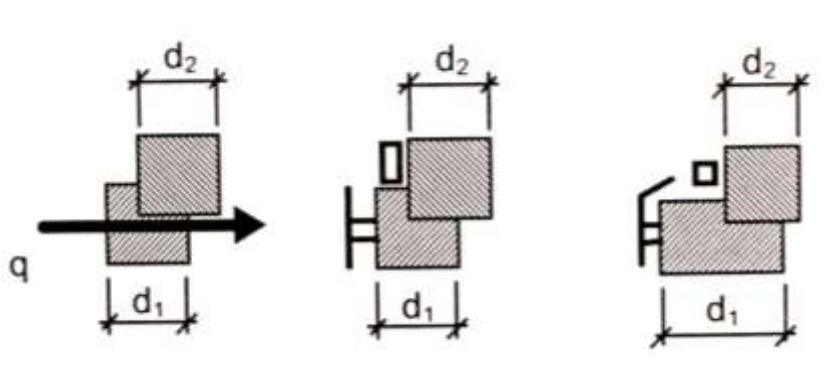
- meraní,
- výpočtom dvojrozmerných teplotných polí,
- z tabuliek a nomogramov pre typické konštrukčné riešenia.

Súčiniteľ prechodu tepla rámu na báze dreva, prípadne kombinovanej báze drevo-hliník závisí od hrúbky rámu  $d$  a od materiálu konštrukcie rámu a krídla.

Hrúbka rámu sa určí vzťahom :

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}, \text{ m} \tag{16}$$

kde  $d_1$  – hrúbka rámu okna, m  
 $d_2$  – hrúbka rámu krídla okna, m



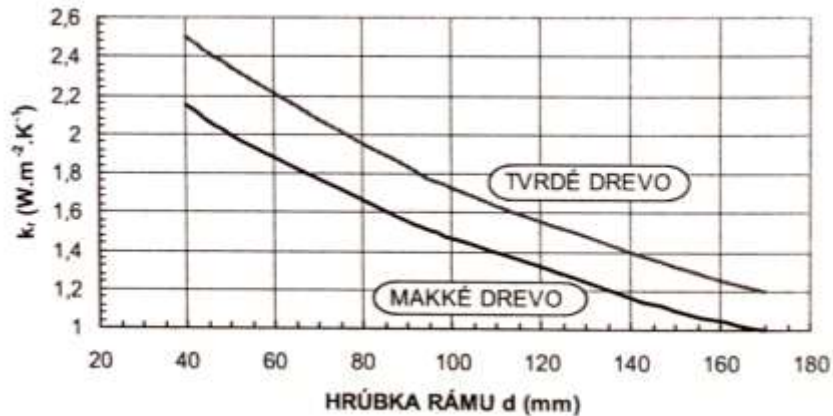
Obr. 6

Schéma na určenie hrúbky rámu

Na základe tejto hrúbky zistím z nomogramu pre drevené rámy hodnotu súčiniteľa prechodu tepla.

Súčiniteľ prechodu tepla plastových a kovových rámov určujem meraním, prípadne využitím nomogramov pre jednotlivé druhy rámov. (Halahyja, 1998; STN 730540, 2002)





Obr. 7

Nomogram pre určenie súčiniteľa prechodu tepla dreveného rámu

Súčiniteľ prechodu tepla rámu tiež priamo určím pomocou normy STN 730540, Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Norma definuje hodnotu na základe použitého materiálu rámu.

#### Prídavná tepelná strata $\Psi$

Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia  $U_g$  charakterizuje prechod tepla v strede zasklenia bez vplyvu styku okrajov zasklenia s rámom. Na druhej strane súčiniteľ prechodu tepla rámu  $U_f$  charakterizuje prechod tepla cez rámovú konštrukciu bez vplyvu zasklenia. Prídavná tepelná strata (lineárna tepelná priepustnosť)  $\Psi$  charakterizuje prídavný tepelný tok v dôsledku interakcie medzi rámom, zasklením a výplňou zasklenia.

Pre kovové dištančné profily a pre niektoré kombinácie zasklení a rámov sú uvedené hodnoty v tab. 4.

Tab. 4 Prídavná tepelná strata  $\Psi$  (W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>) (Halahyja, 1998)

Rám	Dvojsklo, trojsklo, číre sklá	Dvojsklo, trojsklo, sklá so selektívnymi vrstvami
Drevený, plastový	0,04	0,06
Kovový s prerušením	0,06	0,08
Kovový bez prerušenia	0	0,02

### Funkčné požiadavky na hodnoty tepelného odporu a súčiniteľa prechodu tepla

Tepelný odpor je veličina, ktorou sa zabezpečuje požadovaná tepelná ochrana stavebných konštrukcií stien, striech a podláh. Táto hodnota sa v našich aj zahraničných normách požaduje ako kritériálna hodnota, ktorá sa môže v technickej norme, smernici pre projektovanie požadovať ako :

- záväzná hodnota  $R_N$
- doporučená hodnota  $R_N$

Stavebná konštrukcia vyhovuje z hľadiska tepelného odporu, ak vypočítaná hodnota tepelného odporu je väčšia, nanajvýš rovná požadovanej hodnote  $R_N$  ( $R \geq R_N$ ). Keď platí nerovnosť  $R < R_N$ , konštrukcia nevyhovuje z hľadiska tepelného odporu.

(Pogran, 2006; STN 730540, 2002)

Norma STN 730540, v časti Funkčné požiadavky, uvádza pre bytové a nebytové priestory nasledovné požiadavky:

$$U \leq U_N \quad , \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \quad (17)$$

respektíve

$$R \geq R_N \quad , \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1} \quad (18)$$

kde  $U_N$  – normová hodnota súčiniteľa prechodu tepla,  $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

$R_N$  – normová hodnota tepelného odporu,  $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$

Uvedená norma pre ostatné objekty vyžaduje maximálnu hodnotu súčiniteľa prechodu tepla konštrukcie  $U$ , respektíve minimálnu hodnotu tepelného odporu  $R$  tak, že pri ich návrhu (alebo posúdení) požaduje vylúčenie povrchovej kondenzácie vodnej pary.

#### 1.3.5 Povrchová teplota stavebnej konštrukcie

Aby sme mohli posúdiť konštrukciu z hľadiska tepelnotechnického, musíme poznať nielen jej tepelný odpor, ale aj jej teplotu na vnútornom a vonkajšom povrchu a teploty na rozhraniach jednotlivých vrstiev. Z priebehu teplôt v konštrukcií sa určuje množstvo kondenzácie vodnej pary vo vnútri konštrukcie. Na základe vnútornej povrchovej teploty sa posúdi konštrukcia na výskyt kondenzácie vodnej pary na vnútornom povrchu. (Chmúrny, 2006; Halahyja, 1998)

Priebeh teploty v konštrukcií určíme, ak poznáme teplotu vnútorného a vonkajšieho vzduchu a tepelnotechnické vlastnosti konštrukcie.

Priebeh teploty v konštrukcií určíme z rovnosti hustoty tepelných tokov, pričom vychádzame z predpokladu ustáleného teplotného stavu :

$$q_i = q \quad (19)$$

Na vnútornom povrchu platí rovnosť tepelných tokov :

$$h_i \cdot (\theta_i - \theta_{si}) = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (20)$$

Úpravou tejto rovnice dostaneme vzťah na výpočet vnútornej povrchovej teploty :

$$\theta_{si} = \theta_i \frac{U \cdot (\theta_i - \theta_e)}{h_i} \quad , \text{ } ^\circ\text{C} \quad (21)$$

Tento vzťah možno napísať v tvare:

$$\theta_{si} = \theta_i - \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_o} R_{si} \quad , \text{ } ^\circ\text{C} \quad (22)$$

Pre teplotu na vonkajšom povrchu konštrukcie môžeme napísať:

$$q_e = q \quad (23)$$

$$h_e \cdot (\theta_{se} - \theta_e) = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (24)$$

Úpravou rovnice dostaneme :

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{U \cdot (\theta_i - \theta_e)}{h_e} \quad , \text{ } ^\circ\text{C} \quad (25)$$

prípadne

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_o} R_{se} \quad , \text{ } ^\circ\text{C} \quad (26)$$

Teplotu v ľubovoľnom mieste konštrukcie vypočítame z rovnosti tepelných tokov

$$q_x = q \quad (27)$$

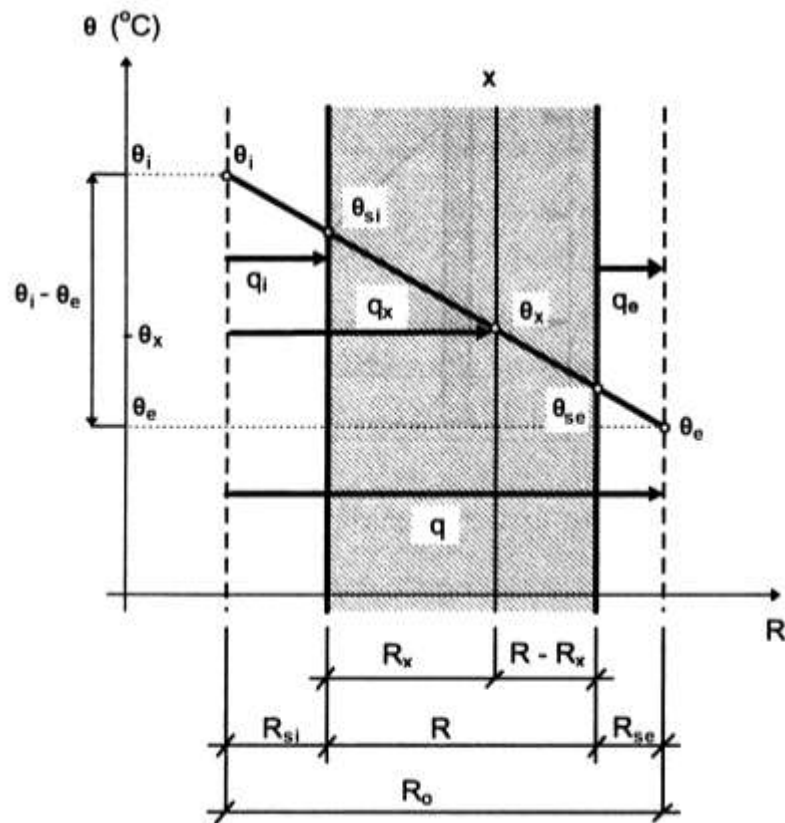
kde  $q_x$  – hustota tepelného toku konštrukcie v mieste x,  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

Môžeme teda napísať

$$\frac{(\theta_i - \theta_x)}{R_{si} + R_x} = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_o} \quad (28)$$

Úpravou dostaneme vzťah pre teplotu  $t_x$

$$\theta_x = \theta_i - \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_o} \cdot (R_{si} - R_x) \quad , \text{ } ^\circ\text{C} \quad (29)$$



Obr. 8

Schéma na výpočet teploty v ľubovoľnom mieste x konštrukcie

Iné vyjadrenie sa dá napísať nasledovne

$$\theta_x = \theta_i - U(\theta_i - \theta_e) \cdot (R_{si} - R_x) \text{ , } ^\circ\text{C} \quad (30)$$

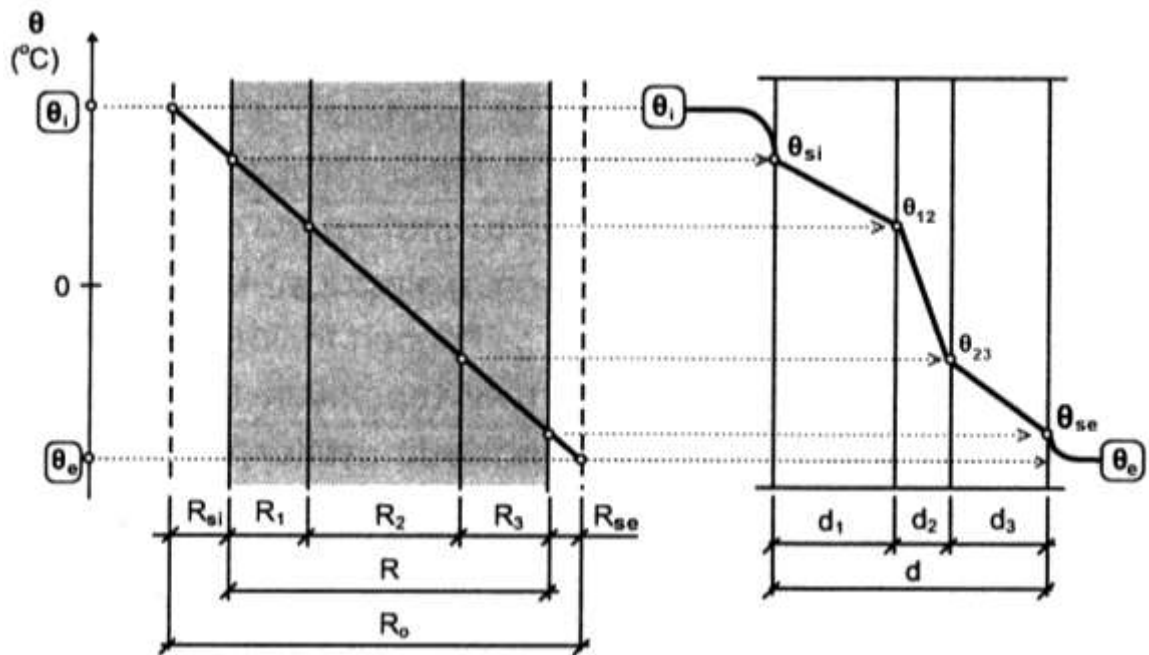
kde  $R_x$  – tepelný odpor od vnútorného povrchu konštrukcie po miesto konštrukcie, v ktorom stanovujeme teplotu,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Grafické určenie priebehu teplôt v konštrukcii je na nasledovnom obrázku. (Vaverka, 2006; Halahyja, 2000)

### Funkčné požiadavky na povrchovú teplotu konštrukcie

Funkčné požiadavky na povrchové teploty konštrukcií sú uvedené v STN 73 0540, časť 2: Funkčné požiadavky.

Podľa uvedeného zdroja musia steny, stropy a podlahy v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i \leq 80\%$  mať na každom mieste vnútorného povrchu teplotu  $\theta_i$  vyjadrenú v  $^\circ\text{C}$ , ktorá je bezpečne nad teplotou rosného bodu a vylučuje riziko vzniku plesní.



Obr. 9

Grafické určenie priebehu teploty v konštrukcii

Pre teplotu vnútorného povrchu platí :

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} = \theta_{si,80} + \Delta\theta_{si} \quad (31)$$

kde  $\theta_{si,N}$  – najnižšia vnútorná povrchová teplota, ktorá sa stanoví pre najmenej priaznivé vzájomné spolupôsobenie materiálovej skladby a geometrie stavebnej konštrukcie vrátane tepelných mostov

$\theta_{si,80}$  – 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 vzduchu  $\varphi_i$  ; pre normové podmienky vnútorného vzduchu podľa STN 730540-3 pri teplote vnútorného vzduchu  $\theta_{ai} = 10^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_i = 80\%$  je  $\theta_{si,80} = 10^\circ\text{C}$

$\Delta\theta_{si}$  – bezpečnostná prirážka zohľadňujúca spôsob vykurovania miestnosti a spôsob užívania miestnosti (tabuľka v norme)

Tab. 5 Výpočtové hodnoty kritickej povrchovej teploty na vznik plesní  $\theta_{si,80}$  (časť tabuľky) (STN 730540, 2002)

$\theta_a$ [°C]	Kritická povrchová teplota na vznik plesní $\theta_{si,80}$ [°C] pri relatívnej vlhkosti $\varphi_a$						
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
0	-17,63	-12,75	-9,15	-6,29	-3,89	-1,82	0,00
1	-16,77	-11,85	-8,23	-5,34	-2,92	-0,84	1,00
2	-15,91	-10,96	-7,31	-4,39	-1,95	0,15	2,00
3	-15,06	-10,07	-6,38	-3,44	-0,99	1,13	3,00
4	-14,21	-9,17	-5,46	-2,50	-0,02	2,12	4,00
5	-13,35	-8,28	-4,54	-1,55	0,95	3,10	5,00
6	-12,50	-7,39	-3,62	-0,61	1,91	4,09	6,00
7	-11,65	-6,50	-2,69	0,34	2,88	5,07	7,00
8	-10,79	-5,60	-1,77	1,29	3,85	6,05	8,00
9	-9,94	-4,71	-0,85	2,23	4,81	7,04	9,00
10	-9,09	-3,82	0,07	3,18	5,78	8,02	10,00
11	-8,24	-2,93	0,99	4,12	6,74	9,01	11,00
12	-7,39	-2,04	1,91	5,07	7,71	9,99	12,00
13	-6,54	-1,15	2,83	6,01	8,68	10,97	13,00
14	-5,69	-0,26	3,75	6,96	9,64	11,96	14,00
15	-4,84	0,63	4,67	7,90	10,61	12,94	15,00
16	-4,00	1,52	5,59	8,85	11,57	13,93	16,00

Pre konštrukcie ako sú rámy, nepriesvitné a priesvitné výplne otvorov v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i \leq 50\%$  musia mať na každom mieste povrchovú teplotu  $\theta_{si,ok}$  v °C nad teplotou rosného bodu  $\theta_{dp}$ .

Pre teplotu vnútorného povrchu uvedených konštrukcií platí vzťah:

$$\theta_{si,ok} > \theta_{si,ok,N} = \theta_{dp} \quad (32)$$

kde  $\theta_{si,ok,N}$  – požadovaná normová hodnota vnútornej povrchovej teploty výplne otvorov, °C

$\theta_{dp}$  – teplota rosného bodu v °C zodpovedajúca výpočtovej teplote vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_i$

$\theta_{si,ok}$  – vnútorná povrchová teplota výplne otvoru zodpovedajúca výpočtovej teplote vnútorného vzduchu pozdĺž výplne otvoru  $\theta_{ai,ok}$  (tabuľka v norme)

Pre steny, stropy a podlahy v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i > 80\%$  a pre rámy, nepriesvitné a priesvitné výplne otvorov v priestoroch s relatívnou vlhkosťou vzduchu  $\varphi_i > 50\%$  sa navrhujú a posudzujú pri požadovanom vylúčení povrchovej kondenzácie.

V ostatných prípadoch treba zabezpečiť bezchybnú funkciu konštrukcií pri povrchovej kondenzácii vodnej pary. (STN 730540, 2002)

### 1.3.6 Tepelná príjímavosť podlahovej konštrukcie

Tepelná príjímavosť stavebnej látky je definovaná vzťahom:

$$b = \lambda \cdot \rho \cdot c \quad , (W^2 \cdot s) / (m^4 \cdot K^2) \quad (33)$$

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

$\rho$  – objemová hmotnosť v stave definovanej vlhkosti,  $kg \cdot m^{-3}$

$c$  – merná tepelná kapacita,  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

Tepelná príjímavosť podlahy  $B$  vyjadruje kontaktný ochladzovací účinok podlahy na živý organizmus a stanoví sa zo vzťahu:

$$B = B_1 \quad (34)$$

kde  $B$  - tepelná príjímavosť podlahy,  $W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$B_1$  - tepelná príjímavosť horného povrchu najvyššie položenej vrstvy podlahy,

$$W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

Pre tepelnú príjímavosť horného povrchu najvyššie položenej vrstvy podlahy platí vzťah:

$$B_1 = B_{mat,1} \cdot (1 + K_1) \quad , W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (35)$$

kde  $B_{mat,1}$  – tepelná príjímavosť materiálu najvyššie položenej vrstvy podlahy,

$$W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

$$B_{mat,1} = \sqrt{\lambda_1 \cdot \rho_1 \cdot c_1} \quad , W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (36)$$

kde  $\lambda_1$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu najvyššie položenej vrstvy podlahy,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

$\rho_1$  – objemová hmotnosť v stave definovanej vlhkosti materiálu najvyššie položenej vrstvy podlahy,  $kg \cdot m^{-3}$

$c_1$  – merná tepelná kapacita materiálu najvyššie položenej vrstvy podlahy,  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

$K_1$  – bezrozmerný súčiniteľ určujúci zvýšenie (zníženie) tepelnej príjímavosti

horného povrchu vrstvy oproti tepelnej prijímovosti materiálu tejto vrstvy pri zohľadnení tepelnej prijímovosti nižšie položených vrstiev, ktorý sa stanoví postupným výpočtom zo súčiniteľa jednotlivých nižších vrstiev  $K_j$  a im odpovedajúcich tepelných prijímovostí horných povrchov jednotlivých vrstiev  $B_j$ , vždy od najnižšej vrstvy k vrstve najvyššej

Tepelná prijímovosť horného povrchu j-tej vrstvy podlahy  $B_j$  sa stanoví zo vzťahu :

$$B_j = B_{mat,j} \cdot (1 + K_j) \quad , \quad W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (37)$$

kde  $B_{mat,j}$  – tepelná prijímovosť materiálu j-tej vrstvy podlahy,  $W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$$B_{mat,j} = \sqrt{\lambda_j \cdot \rho_j \cdot c_j} \quad (38)$$

$K_j$  – súčiniteľ určujúci zvýšenie (zníženie) tepelnej prijímovosti povrchu vrstvy oproti tepelnej prijímovosti materiálu vrstvy, pre najnižšiu vrstvu sa uvažuje hodnota  $K = 0$  a potom platí :

$$B_j = B_{mat,j}$$

(Halahyja, 1998; Vaverka, 2006) (39)

Teplotncké vlastnosti podlahových konštrukcií sú zabezpečené hodnotami:

- tepelného odporu – tepelný odpor podlahových konštrukcií je stanovený tak, aby minimálna povrchová teplota bola väčšia ako 17 °C
- tepelnej prijímovosti (Chmúrny, 2006)

Pri dotyku nohy s podlahovou konštrukciou sa môže citeľne noha ochladiť. Aby sa tomu zabránilo v čo najväčšej miere, treba zabezpečiť, aby podlahová konštrukcia mala požadovanú povrchovú teplotu. Ale ani povrchová teplota podlahovej konštrukcie nemusí odstrániť pocit chladu nôh. Závisí to od tepelnej prijímovosti podlahovej konštrukcie. Tepelná prijímovosť stavebnej látky vyjadruje schopnosť materiálu pri danej vlhkosti prijímať a uvoľňovať teplo. (Halahyja, 1998)

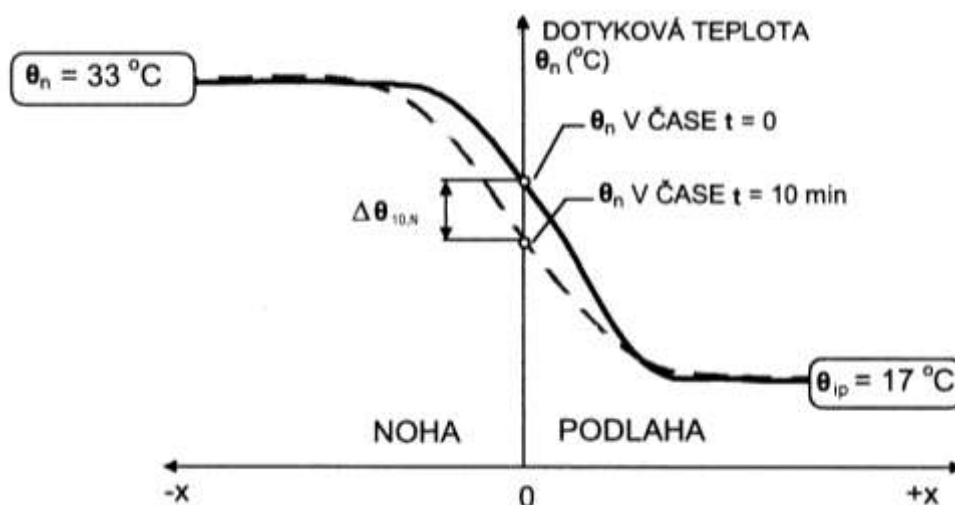
Tepelná prijímovosť podlahy je potrebná pre určenie poklesu dotykovej teploty. Pokles dotykovej teploty sa určuje pre zimné okrajové podmienky na základe neustáleného teplotného stavu daného:

- začiatočnou teplotou povrchu nohy  $\theta_n = 33 \text{ °C}$
- začiatočnou teplotou povrchu podlahy  $\theta_{sip} = 17 \text{ °C}$



- časom dotyku nohy a podlahovej konštrukcie  $t = 10 \text{ min}$

Pokles dotykovej teploty po čase  $t = 10 \text{ min}$  označujeme  $\Delta\theta_{10,N}$ .



Obr. 10

Schematické znázornenie dotyku nohy a podlahovej konštrukcie

Z hľadiska pocitu človeka je najvýhodnejší taký stav, pri ktorom je najmenší rozdiel počiatkovej teploty nohy a dotykovej teploty medzi nohou a podlahou, ktorý sa nastaví takmer okamžite po ich kontakte. Tento rozdiel závisí od rozdielu teploty nohy a podlahy a od tepelnej prijímovosti nohy a podlahy. To si však vyžaduje, aby tepelná prijímovosť podlahy bola čo najmenšia. Čím je tepelná prijímovosť podlahovej konštrukcie vyššia, tým viac tepla odoberie podlaha nohe a naopak. Z hľadiska tepelnej prijímovosti sú podlahové konštrukcie tým výhodnejšie, čím majú menšiu hodnotu tepelnej prijímovosti. (Chmúrny, 2006; Halahyja, 1998)

#### Funkčné požiadavky na tepelnú prijímovosť podlahy

Najväčšia dovolená hodnota tepelnej prijímovosti podlahových konštrukcií  $b$  musí spĺňať podmienku :

$$b \leq b_N \quad (40)$$

kde  $b_N$  – normová hodnota tepelnej prijímovosti podlahových

konštrukcií,  $\text{W}\cdot\text{s}^{0,5}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

Normové hodnoty tepelnej prijímovosti podlahových konštrukcií sú uvedené v norme STN 730540 v časti Funkčné požiadavky. Hodnoty sú rozdelené podľa kategórií podláh.

Ako príklad si uvedme kategóriu III – studené podlahy. Do tejto kategórie patria tiež podlahy v priemyselných budovách s trvalými pracovnými miestami bez tepelnoizolačnej podložky. Normová hodnota tepelnej prijímavosti podlahových konštrukcie je v tomto prípade  $b_N = 701$  až  $850 \text{ W}\cdot\text{s}^{0,5}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . (STN730540, 2002)

### 1.3.7 Vzduchová priepustnosť škár a stykov stavebných konštrukcií

#### Priepustnosť vzduchu

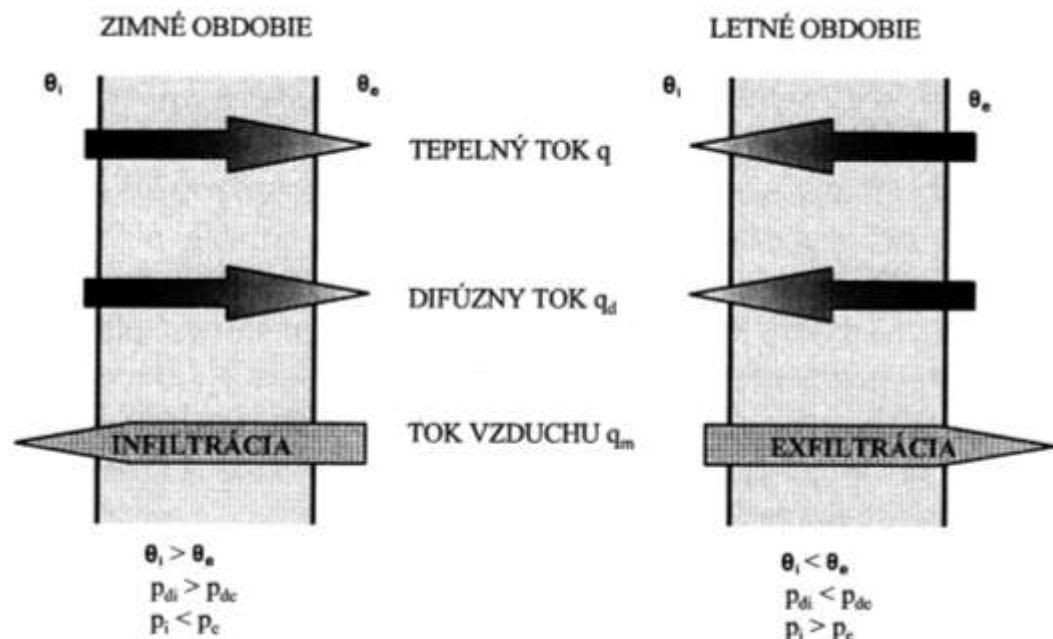
Ak konštrukcia oddeľuje vzduchové prostredia s nerovnakým tlakom, dochádza k prúdeniu vzduchu smerom od vyššieho tlaku k nižšiemu, za predpokladu, že:

- látka, z ktorej je konštrukcia vyrobená, je pórovitá, pričom póry sú vzájomne prepojené,
- styky a škáry, ktoré sú v konštrukciách a prepúšťajú vzduch sú netesné.

Príčiny rôznych tlakov na oboch stranách konštrukcie sú:

- vplyv rôznych teplôt vnútorného a vonkajšieho vzduchu (rôzna hustota vzduchu), čiže vplyv gravitácie,
- pôsobenie vetra.

Priepustnosť vzduchu treba odlišovať od difúzie vodných pár, ktorá prebieha vtedy, keď sú na oboch stranách konštrukcie rozdielne čiastočné tlaky vodnej pary. To znamená,



Obr. 11

Schematické znázornenie prechodu tepla, difúzie vodných pár a šírenia vzduchu cez pórovitú konštrukciu.

že vodná para môže prenikať konštrukciou aj vtedy, keď je celkový tlak vnútorného a vonkajšieho vzduchu rovnaký.

Príčinou prenikania vzduchu cez konštrukciu sú rozdielne parciálne tlaky ostatných plynov, z ktorých sa vzduch skladá. Pričom parciálne tlaky týchto plynov na vonkajšej strane konštrukcie v zimnom období bývajú vyššie ako čiastočný tlak vodnej pary. (Vaverka, 2006)

Rozdiel tlaku vzduchu vyvolaný gravitáciou sa určí zo vzťahu :

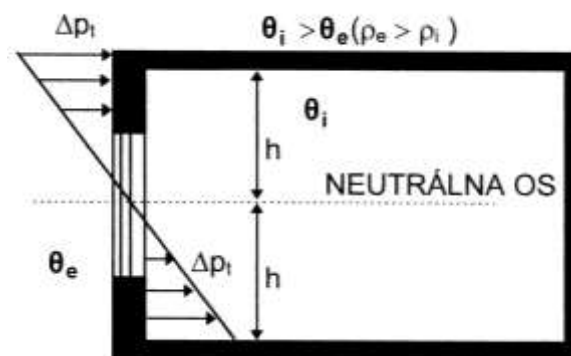
$$\Delta p_t = h \cdot (\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad , \text{ Pa} \quad (41)$$

kde  $\Delta p_t$  – rozdiel tlaku medzi vonkajším a vnútorným vzduchom vyvolaný gravitáciou, Pa

$h$  – vzdialenosť od neutrálnej osi, m (obr. 12)

$g$  – gravitačné zrýchlenie ,  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

$\rho_e, \rho_i$  – objemová hmotnosť vzduchu exteriéru / interiéru,  $\text{kg.m}^{-3}$



Obr. 12

Rozdelenie tlakov z rozdielu teplôt vzduchu v zimnom období v zvislom reze okenného otvoru

Hodnoty rozdielu tlaku vyvolaného gravitáciou sa pohybujú od 0 do 18 Pa v závislosti od uvažovaného teplotného rozdielu a vzdialenosti, na ktorej vzniká tlakový rozdiel. Táto vzdialenosť predstavuje výšku medzi vstupným a výstupným miestom, na ktorej sa tlakový rozdiel uplatňuje. (Halahyja, 1998)

Rozdiel tlaku vyvolaný vetrom sa určí zo vzťahu :

$$\Delta p_v = (A_n - A_z) \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_e \quad , \text{ Pa} \quad (42)$$

kde  $\Delta p_v$  – rozdiel tlaku medzi vonkajším a vnútorným vzduchom vyvolaný vetrom, Pa  
 $A_n, A_z$  – aerodynamické tlakové súčinitele  
 $v$  – rýchlosť vetra,  $\text{m.s}^{-1}$

### Súčiniteľ hmotnostnej vzduchovej priepustnosti

Hustota hmotnostného toku pri infiltrácií (prípadne exfiltrácií) sa určí zo vzťahu :

$$q_m = \varepsilon_m \frac{(p_i - p_e)}{d} = \varepsilon_m \frac{\Delta p}{d} \quad , \text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (43)$$

kde  $\varepsilon_m$  – súčiniteľ hmotnostnej vzduchovej priepustnosti,  $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$   
 $\Delta p = (p_i - p_e)$  – rozdiel tlaku medzi vonkajším a vnútorným vzduchom, Pa  
 $d$  – hrúbka konštrukcie, m

Hmotnostný tok vzduchu cez stavebnú konštrukciu sa určí :

$$Q_m = \varepsilon_m \frac{\Delta p}{d} . A \quad , \text{kg.s}^{-1} \quad (44)$$

kde  $Q_m$  – hmotnostný tok vzduchu,  $\text{kg.s}^{-1}$   
 $A$  – plocha konštrukcie,  $\text{m}^2$

Súčiniteľ hmotnostnej vzduchovej priepustnosti sa udáva ako základná teplototechnická vlastnosť stavebnej látky. Fyzikálne udáva hmotnostný tok vzduchu, ktorý sa šíri stenou kocky s hranou 1m (teda cez plochu  $1 \text{ m}^2$ ), keď medzi dvoma protiľahlými stenami je tlakový rozdiel 1 Pa a ostatné steny kocky sú dokonale utesnené. (Halahyja, 2000; Vaverka, 2006)

### Prechod vzduchu konštrukciami

Keď sa predpokladá laminárne prúdenie vzduchu konštrukciou, hustotu hmotnostného toku vzduchu v ustálenom stave možno vyjadriť vzťahom :

$$q_m = \frac{\Delta p}{R_m} \quad , \text{Pa.s.m}^{-1} \quad (45)$$

kde  $R_m$  – odpor pri hmotnostnej vzduchovej priepustnosti,  $\text{m.s}^{-1}$   
 $\Delta p$  – celkový tlakový rozdiel spôsobený gravitáciou a pôsobením vetra, Pa

Pre jednovrstvovú konštrukciu sa odpor pri hmotnostnej vzduchovej priepustnosti stanovuje vzťahom :

$$R_m = \frac{d}{\varepsilon_m} \quad , \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1} \quad (46)$$

Pre viacvrstvovú konštrukciu sa používa vzťah :

$$R_m = \sum R_{m,j} = R_{m1} + R_{m2} + \dots + R_{mn} = \frac{d_1}{\varepsilon_{m1}} + \frac{d_2}{\varepsilon_{m2}} + \dots + \frac{d_n}{\varepsilon_{mn}} \quad , \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1} \quad (47)$$

Najmenší odpor pri hmotnostnej vzduchovej priepustnosti majú vláknité materiály. Z betónov majú najväčší odpor betóny s plastifikátormi. Pomerne vysoký odpor dosahujú omietky. (Halahyja, 1998)

### Infiltrácia vzduchu škárami a stykmi vo vonkajších konštrukciách

Styky a škáry vo vonkajších konštrukciách môžu výrazne ovplyvniť tepelnú bilanciu vykurovaných budov a stav vnútorného prostredia v dôsledku infiltrácie vzduchu. Na kvantifikáciu vzduchovej priepustnosti škár a stykov, ktorá sa vyjadruje pomocou objemového toku vzduchu cez škáru (prípadne styk), sa používa vzťah:

$$V_{\text{inf}} = i_{LV} \cdot l \cdot \Delta p^m \quad , \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (48)$$

kde  $V_{\text{inf}}$  – objemový tok vzduchu,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$i_{LV}$  – súčiniteľ škárovej prievzdušnosti,  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-m}$

$\Delta p$  – rozdiel tlaku medzi vonkajším a vnútorným vzduchom, Pa

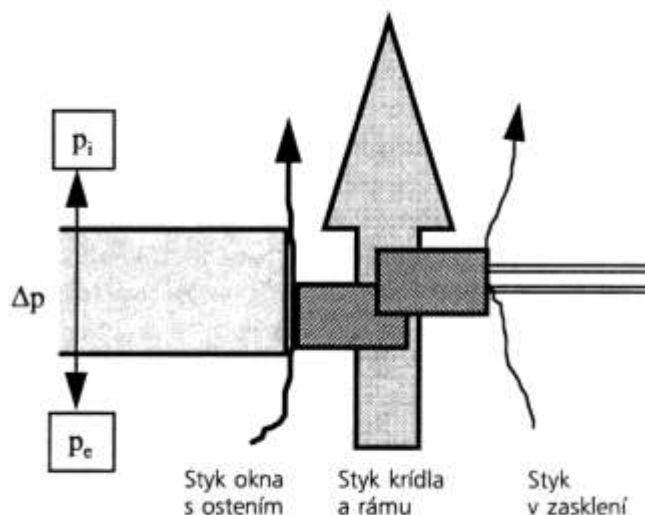
$m$  – exponent, ktorý sa určuje meraním

Súčiniteľ škárovej prievzdušnosti udáva objemový tok vzduchu, ktorý sa šíri škárou dĺžkou 1 m pri tlakovom rozdieli 1 Pa. Exponent  $m$  sa určuje meraním. Pohybuje sa v intervale  $0,5 < m < 0,85$ . Býva funkciou tesniaceho profilu vetrovej prekážky v styku. Orientačne sa môže použiť hodnota  $2/3$ . (Vaverka 2006, Halahyja, 1998)

### Prechod vzduchu škárami okien a dverí

Prirodzene vetranie interiérov budov ako dôsledok infiltrácie vzduchu sa môže realizovať cez :

- styk okna s ostením,
- styk krídla a rámu,
- styk v zasklení.



Obr. 13

### Infiltráciu vzduchu cez otvorovú konštrukciu

Objemové toky infiltrovaného vzduchu cez tieto styky môžu byť v rôznych konkrétnych situáciách rozlične veľké. Stanoviť ich kvantitatívne množstvá, prípadne vzťah medzi nimi v komplexnom vyjadrení je prakticky nemožné.

Keď konštrukciou okna infiltruje určité množstvo vzduchu, vyvoláva to výmenu vzduchu v miestnosti. Na charakterizovanie výmeny vzduchu v miestnosti pri infiltráciách sa zavádza veličina intenzita výmeny vzduchu  $n$ .

$$n = \frac{3600 \cdot V_{\text{inf}}}{V_m} = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot l) \Delta p^m}{V_m}, \text{ h}^{-1} \quad (49)$$

kde  $n$  – intenzita výmeny vzduchu pri infiltráciách,  $\text{h}^{-1}$

$V_m$  – objem vzduchu v miestnosti,  $\text{m}^3$

Intenzita výmeny vzduchu pri infiltráciách udáva koľkokrát sa vymení vzduch v miestnosti vonkajším vzduchom za časový interval 1 hodina. Pomocou tejto veličiny sa formulujú hygienické a technologické požiadavky na výmenu vzduchu v miestnostiach budovy. (Székelyová, 2001; Danielis, 2003)

Jednou zo základných požiadaviek na vyhovujúci stav vnútorného prostredia je výmena vzduchu v miestnostiach. Zo skúseností je známe, že v uzavretých a nedostatočne vetraných miestnostiach sa vzduch znehodnocuje. Spôsobené je to zvyšujúcou sa koncentráciou  $\text{CO}_2$  a vodnej pary vydychovanej ľuďmi, výparmi, uvoľňovanie škodlivín pri niektorých procesoch, atď. (Székelyová, 2001; Danielis, 2003)

## Funkčné požiadavky

Norma STN 73 0540 definuje nasledovné požiadavky :

- výplne otvorov oddelujúce schodiská a zádveria od vonkajšieho prostredia musia spĺňať požiadavku :

$$i_{LV} \leq 0,5 \cdot 10^{-4} \quad , \quad \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-2/3} \quad (50)$$

kde  $i_{LV}$  – súčiniteľ škárovej prievzdušnosti výplní otvorov,  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-2/3}$

- intenzita výmeny vzduchu v miestnosti  $n$  vyhovuje, ak sa škárovou prievzdušnosťou stykov a škár výplní otvorov (prirodzenou infiltráciou) splní podmienka :

$$n \geq n_N \quad (51)$$

kde  $n_N$  – požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu ,  $\text{h}^{-1}$

Ak nie je splnená požiadavka na intenzitu výmeny vzduchu v miestnosti prirodzenou infiltráciou, treba zabezpečiť výmenu vzduchu iným spôsobom.

Vo všetkých vnútorných priestoroch bytových a nebytových budov je priemerná hodnota  $n_N=0,5 \text{ h}^{-1}$  kritériom minimálnej výmeny vzduchu, ak hygienické predpisy a prevádzkové podmienky nevyžadujú iné hodnoty. Vo vnútorných priestoroch ostatných budov je priemerná hodnota výmeny vzduchu  $n_N \geq 0,3 \text{ h}^{-1}$  , ak hygienické predpisy, prevádzkové a technologické podmienky, nevyžadujú iné hodnoty.

Požadované hodnoty  $n_N$  sú odvodené z požiadaviek na nízku spotrebu energie na vetranie budov, pričom hygienické požiadavky sa považujú za prioritné. Hygienicky požadované hodnoty s vyššou intenzitou výmeny vzduchu sa obyčajne zabezpečujú vzduchotechnikou, alebo klimatizáciou. V týchto prípadoch sa odporúča v rámci technického zariadenia budov riešiť rekuperáciu tepla. (STN 73 0540, 2002)

### 1.3.8 Šírenie vlhkosti v konštrukcii

#### 1.3.8.1 Príčiny vlhkosti v stavebných konštrukciách

Zdroje vlhkosti v konštrukciách sú :

- Stavebná vlhkosť, ktorá sa dostáva do konštrukcie pri murovaní, omietaní, kladení betónových vrstiev podláh, z vlhkosti, ktorá pôsobí pri jej realizovaní (atmosférické zrážky). Z tohto hľadiska je tradičná technológia menej výhodná ,

lebo konštrukcie vytvárané mokkými technológiami majú vysokú zabudovanú vlhkosť. Budova potom musí dlhší čas vysychať, kým sa odovzdá do užívania.

- Zemná vlhkosť, ktorá môže vniknúť do konštrukcie zo zeminy, alebo obklopujúcej konštrukcie. Veľmi problematická býva v starších budovách, kde obvykle chýba hydroizolácia. Vplyv zemnej vlhkosti v nových objektoch môžeme vylúčiť kvalitnými hydroizoláciami.
- Meteorologická vlhkosť, ktorá môže vniknúť do konštrukcie pri zrážkach (dážď, sneh, námrazy). Táto forma vlhkosti sa obmedzuje obkladmi z trvanlivých materiálov, oplechovaním vodorovných plôch na vonkajších stenách, povrchovými úpravami, hydrofobizačnými nátermi, atď.
- Sorbčná vlhkosť, vnikajúca do konštrukcie následkom sorpčných vlastností látky, z ktorej je konštrukcia vytvorená. Sorpčnú vlhkosť prijímajú látky z ovzdušia v dôsledku hygroskopických vlastností. Jej vplyv je tým väčší, čím viac a častejšie kolíše relatívna vlhkosť vzduchu.
- Kondenzovaná vlhkosť zo vzduchu sa môže dostať na povrch konštrukcie, alebo do vnútra konštrukcie. Býva často jedinou príčinou zvýšenia vlhkosti konštrukcie a veľmi vplýva na jej tepelnotechnický režim.
- Prevádzková vlhkosť, ktorá vniká do konštrukcie pri používaní budovy z mokkých procesov priemyselnej výroby. V takýchto prípadoch sa vniknutiu vlhkosti do konštrukcie zabraňuje obkladmi, vodotesnými nátermi a vodotesnou izoláciou podláh. (Sternova, 1999; Halahyja, 1998)

#### 1.3.8.2 Vlhkosť vzduchu

Atmosferický vzduch možno považovať za zmes suchého vzduchu a vodnej pary, ktorá sa označuje ako vlhký vzduch.

Celkový tlak zmesi plynu je daný súčtom čiastočných (parciálnych) tlakov jednotlivých zložiek :

$$p_b = p_v + p_d \quad , \text{ Pa} \quad (52)$$

kde  $p_b$  – celkový tlak vlhkého vzduchu, Pa

$p_v$  – čiastočný tlak suchého vzduchu, Pa

$p_d$  – čiastočný tlak vodnej pary, Pa

Absolútna vlhkosť vzduchu vyjadruje hmotnosť vodnej pary v objemovej jednotke :

$$f = m/V \quad , \text{ g.m}^{-3} \quad (53)$$



kde  $m$  – množstvo vodnej pary, g

$V$  – objem vzduchu,  $m^3$

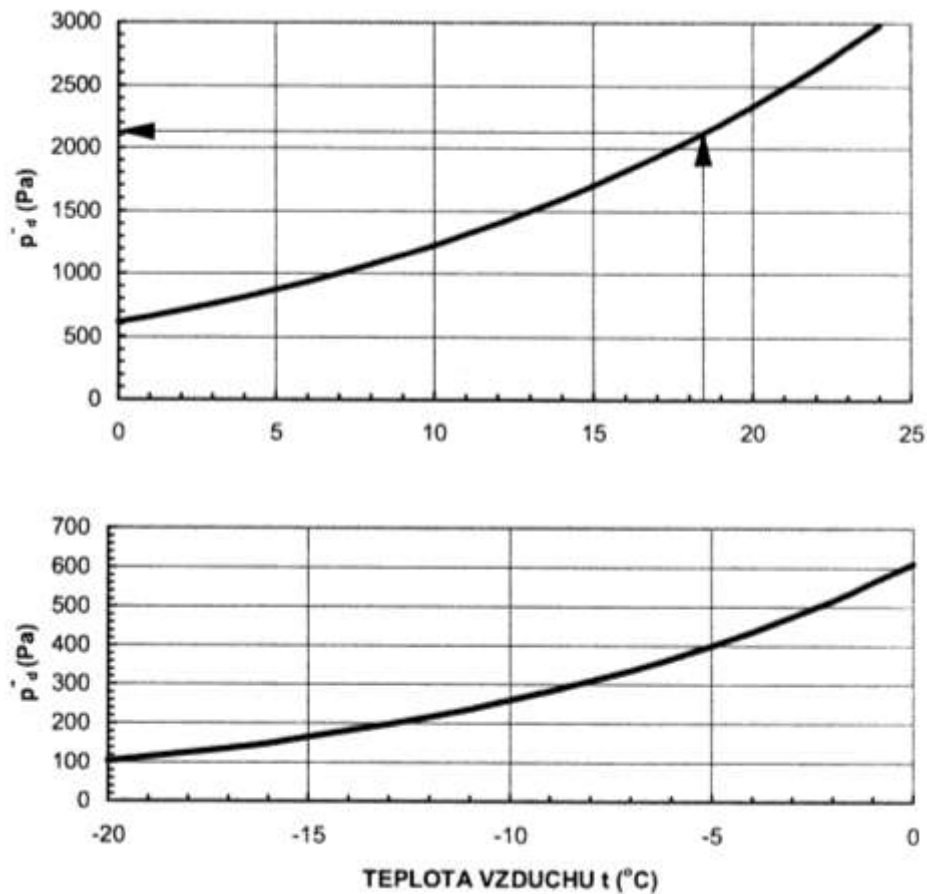
Relatívna vlhkosť vzduchu vyjadruje stupeň nasýtenia vzduchu vodnou parou :

$$\varphi = \frac{f}{f_{\max}} \cdot 100 = \frac{p_d}{p''_d} \cdot 100 \quad , \% \quad (54)$$

kde  $f_{\max}$  – absolútna vlhkosť vzduchu nasýteného vodnou parou ,  $g \cdot m^{-3}$

$p_d$  – čiastočný tlak vodnej pary, Pa

$p''_d$  – čiastočný tlak nasýtenej vodnej pary, Pa



Obr. 14

Závislosť čiastočného tlaku nasýtenej vodnej pary od teploty

Čiastočný tlak nasýtenej vodnej pary zodpovedá maximálnemu nasýteniu vzduchu vodnou parou. Čím je teplota vzduchu vyššia, tým väčšia je hodnota  $p''_d$ . Akékoľvek

množstvo vodnej pary vo vzduchu s teplotou  $\theta$  , ktoré by malo prevyšovať  $f_{\max}$ , alebo  $p''_d$ , sa vylučuje vo forme kondenzátu – vody. (Vaverka, 2006, Halahyja, 2000)

Pre numerické výpočty možno túto poloempirickú závislosť vyjadriť v rozsahu  $-20^{\circ}\text{C} \leq \theta < 0^{\circ}\text{C}$  vzťahom :

$$p_d'' = 4,689 \left( 1,486 \frac{\theta}{100} \right)^{12,30}, \text{ Pa} \quad (55)$$

V rozsahu teplôt  $0^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 30^{\circ}\text{C}$  platí :

$$p_d'' = 288,68 \left( 1,098 + \frac{\theta}{100} \right)^{8,02}, \text{ Pa} \quad (56)$$

### 1.3.8.3 Teplota rosného bodu

Ak je  $p_d = p''_d$  (prípadne  $f = f_m$ ) vtedy je relatívna vlhkosť vzduchu  $\varphi = 100\%$  , vzduch bude nasýtený vodnou parou. Teplota , pri ktorej vznikne tento stav sa nazýva teplota rosného bodu  $\theta_{dp}$ . Teda teplota rosného bodu je tá teplota, pri ktorej je vzduch úplne nasýtený vodnou parou, čiže mení sa na tekutú fázu. (Chmúrny, 2006; Halahyja, 2000)

Teplotu rosného bodu môžeme určiť:

- Pomocou tabuľky čiastočného tlaku nasýtenej vodnej pary v závislosti od teploty. Uvedená tabuľka je v norme STN 73 0540. Najskôr zadefinujeme teplotu vnútorného vzduchu  $\theta_i$  a relatívnu vlhkosť vnútorného vzduchu  $\varphi_i$ . Podľa tabuľky určíme hodnotu čiastočného tlaku nasýtenej vodnej pary  $p''_{di}$ . Potom z definičného vzťahu pre relatívnu vlhkosť vzduchu určíme čiastočný tlak vodnej pary :

$$p_{di} = \frac{\varphi_i \cdot p''_{di}}{100}, \text{ Pa} \quad (57)$$

Pre teplotu rosného bodu platí :

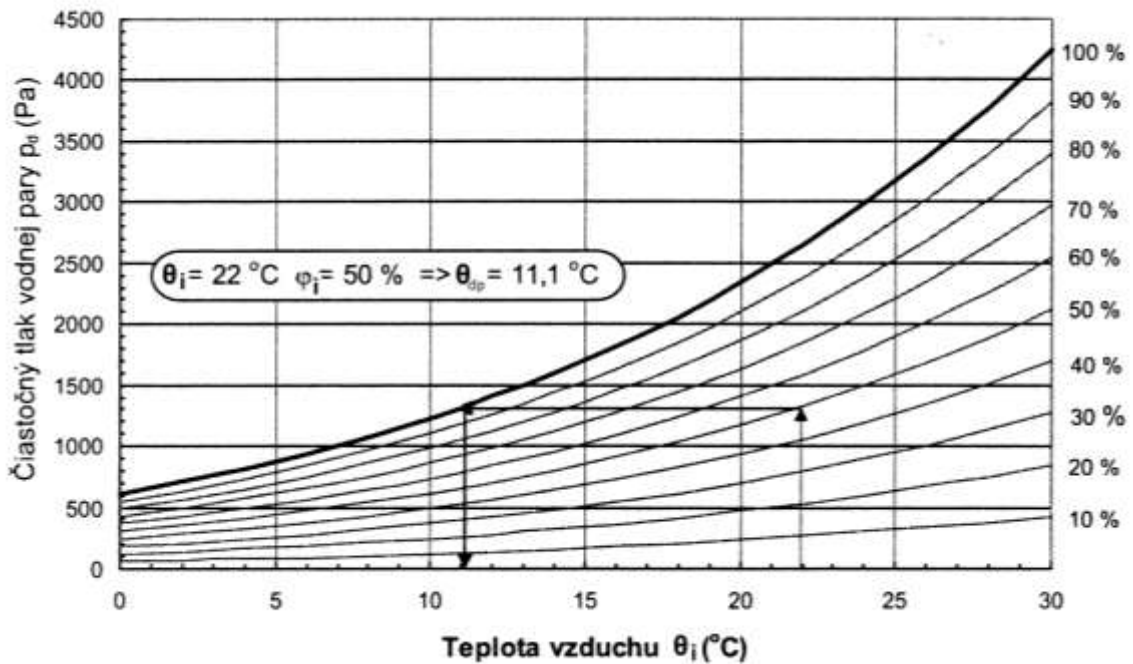
$$p_{di} = p''_{di} \quad (58)$$

$$\varphi_i = 100\%$$

Podľa tabuľky tlakov nasýtenej vodnej pary nájdeme zodpovedajúcu hodnotu teploty pre hodnotu  $p_{di} = p''_{di}$ . Graficky je tento spôsob znázornený na nasledujúcom obrázku.

- Pomocou tabuľky teplôt rosných bodov v závislosti od teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu.

Teplota rosného bodu je funkciou teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu  $\theta_{dp} = f(\theta_i, \varphi_i)$ . Tabuľka je uvedená v norme STN 73 0540.



Obr. 15

Čiastočný tlak nasýtenej vodnej pary a čiastočný tlak vodnej pary v závislosti od teploty a relatívnej vlhkosti

- Pomocou poloempírických vzťahov

Tab. 6 Výpočtové hodnoty teploty rosného bodu  $\theta_{dp}$  (časť tabuľky) (STN 730540, 2002)

$\theta_i$ [°C]	Teplota rosného bodu $\theta_{dp}$ pri relatívnej vlhkosti $\varphi_a$							
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
0	-18,22	-13,86	-10,68	-8,16	-6,06	-4,26	-2,68	-1,27
1	-17,45	-13,07	-9,87	-7,33	-5,22	-3,40	-1,82	-0,40
2	-16,69	-12,28	-9,05	-6,50	-4,37	-2,55	-0,95	0,54
3	-15,92	-11,49	-8,24	-5,67	-3,54	-1,70	-0,09	1,52
4	-15,16	-10,70	-7,43	-4,85	-2,70	-0,85	0,87	2,51
5	-14,40	-9,91	-6,63	-4,03	-1,86	0,00	1,84	3,50
6	-13,64	-9,12	-5,82	-3,21	-1,03	0,95	2,82	4,49
7	-12,88	-8,34	-5,02	-2,39	-0,20	1,91	3,79	5,48
8	-12,13	-7,56	-4,22	-1,57	0,72	2,87	4,77	6,46
9	-11,38	-6,78	-3,42	-0,75	1,66	3,83	5,74	7,45
10	-10,62	-6,00	-2,62	0,07	2,60	4,79	6,71	8,44
11	-9,87	-5,22	-1,82	0,99	3,54	5,75	7,69	9,42
12	-9,13	-4,45	-1,03	1,91	4,48	6,70	8,66	10,41
13	-8,38	-3,68	-0,24	2,83	5,42	7,66	9,63	11,40
14	-7,64	-2,91	0,63	3,75	6,36	8,62	10,61	12,39

#### 1.3.8.4 Výpočtové parametre vnútorného vzduchu

Vlhkosť vzduchu je dôležitým parametrom. Normálna relatívna vlhkosť sa pohybuje od 40% do 60%. V stavebnej tepelnej technike sa zaoberáme predovšetkým vplyvom vlhkosti, ktorá sa dostáva do konštrukcie zo vzduchu. Preto je potrebné poznať výpočtové hodnoty vlhkého vzduchu. Tieto hodnoty uvádza norma STN 73 0540 a sú určené vzťahom :

$$p_{di} = \frac{\varphi_i \cdot p'_{di}}{100} \quad , \text{ Pa} \quad (59)$$

V normatívnych výpočtoch sa vychádza zo stavu vnútorného prostredia budov definovaného vlastnosťami vlhkého vzduchu. Podľa STN 73 0540 musia sa pre vonkajšie konštrukcie budov, v ktorých je  $p_{di} > 1402 \text{ Pa}$  , zväčšiť výpočtové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti najmenej o 10%. Týmto sa umožňuje využitie hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti uvedených v STN 73 0540 pre vlhké prevádzky a poľnohospodárske budovy.

#### 1.3.8.5 Kondenzácia vodných pár na povrchu konštrukcie

Pri ochladení vnútorného povrchu konštrukcií miestnosti začne na ňom kondenzovať vodná para za predpokladu, že povrchová teplota konštrukcie je nižšia ako teplota rosného bodu vnútorného povrchu. Kondenzovaná vodná para, ktorá sa vytvorí na vnútornom povrchu konštrukcie , začne do nej vsakovať a pritom postupne zvyšuje jej vlhkosť. Pri kondenzácii vodnej pary na vnútornom povrchu obvodových konštrukcií sa môžu vyskytnúť prípady :

- Kondenzácia na celom vnútornom povrchu obvodovej konštrukcie, keď platí

$$\theta_{si} < \theta_{dp} \quad (60)$$

- Kondenzácia len na povrchu tepelného mosta, prípadne kúta a ostatné povrchy sú bez kondenzácie

$$\theta_{si} > \theta_{dp} > \theta_{se} \quad (61)$$

- Periodická kondenzácia spojená so znížením teploty vnútorného povrchu konštrukcie v dôsledku jej nedostatočnej tepelnej zotrvačnosti

$$\theta_{si} > \theta_{dp} > \theta_{si,m} \quad (62)$$

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

$\theta_{dp}$  – teplota rosného bodu, °C

$\theta_{se}$  – teplota vnútorného povrchu konštrukcie – v kúte, °C

$\theta_{si,m}$  – vnútorná povrchová teplota tepelného mosta, °C  
(Chmúrny, 2006; Kupilík, 1994)

#### 1.3.8.6 Šírenie vlhkosti v konštrukcii

Vodné pary obsiahnuté vo vzduchu majú podobnú schopnosť prechádzať stavebnými konštrukciami ako tepelný tok. Ak k objasneniu toku tepla potrebujeme gradient teploty, potom k objasneniu toku vodných pár je nevyhnutný gradient čiastočných tlakov vodných pár. Jav, pri ktorom medzi dvoma prostrediami s rôznymi parciálnymi tlakmi vodných pár oddelenými pórovitou látkou dôjde k transportu vlhkosti, nazývame difúzia. Difundujúce vodné pary sa pohybujú z miest s vyšším tlakom do miest, kde je tlak vodných pár nižší. (Pogran, 2006; Vaverka 2006)

Konštrukcia oddeľuje dve prostredia s rôznymi teplotami a rôznymi relatívnymi vlhkosťami vzduchu. V zimnom období býva potom rozdiel medzi čiastočným tlakom vodnej pary na jednej a druhej strane konštrukcie. Tento rozdiel čiastočných tlakov spôsobuje, že vodná para preniká (difunduje) cez konštrukciu smerom z vnútornej strany k vonkajšej strane konštrukcie. Takto difunduje vodná para v zimnom období, v lete je to naopak (ak je v miestnosti podstatne chladnejší vzduch). Pri difúzií vodnej pary cez konštrukciu vzduch bude prenikať v opačnom smere. Príčinou prenikania vzduchu budú rozdielne parciálne tlaky ostatných plynov, z ktorých sa atmosféra skladá. Pričom parciálne tlaky týchto plynov na vonkajšej strane konštrukcie bývajú vyššie ako skutočný tlak vodnej pary. V tom je teda hlavný rozdiel medzi difúziou vodnej pary a prenikaním vzduchu cez konštrukciu pri infiltrácií. (Halahyja, 1998)

Za určitých tlakových a teplotných podmienok môže v materiály dôjsť ku kondenzácií vodných pár. V jednovrstvovom materiály býva účinok kondenzácie vodných pár obvykle zanedbateľný. V konštrukciách viacvrstvových je výskyt kondenzácie nebezpečnejší a jeho dôsledkom môže byť i znehodnotenie materiálu a hygienické nedostatky prejavujúce sa napríklad tvorbou plesní. (Halahyja, 1998; Kupilík, 1994)

Plyn alebo vodná para preniká každou látkou, ktorej medzimolekulárne priestory sú väčšie ako stredná voľná dráha molekúl plynu. Stredná voľná dráha vodnej pary je  $2,78 \cdot 10^{-10}$  m.

V stavebných materiáloch sa vyskytujú :

- makrokapiláry, mikrokapiláry.

V makrokapilárach, ktoré majú rozmer  $d > 10^{-7}$  m, nenastáva kapilárna kondenzácia. Vodné pary sa pohybujú podľa zákona difúzie (samovoľné prenikanie z oblasti vyššej koncentrácie do oblasti koncentrácie nižšej), pretože voľná dráha ich molekúl je menšia ako priemer pórov. Tepelnoizolačné materiály majú priemer pórov rádovo desať krát väčší ako je stredná voľná dráha molekúl, preto je u nich difúzia vodných pár vlastne difúzia vzduchom.

V mikrokapilárach s rozmerom  $d < 10^{-7}$  m nastáva kapilárna kondenzácia. Podľa zákona efúzie (pohyb plynu malými otvormi – vypúšťanie plynu pod určitým tlakom kapilárou) je stredná voľná dráha molekúl vodnej pary rovnaká, alebo väčšia ako je priemer pórov. (Vaverka, 2006; Halahyja, 1998)

Pre hodnotenie vlhkostného stavu v stavebných konštrukciách sa pracuje s difúznymi konštantami :

- súčiniteľ difúzie vodných pár  $\delta_p$ , vyjadruje schopnosť materiálu prepúšťať vodnú paru difúziou,
- faktor difúzneho odporu  $\mu$ , vyjadruje relatívnu schopnosť materiálu prepúšťať vodné pary difúziou. Je pomerom difúzneho odporu materiálu a difúzneho odporu vrstvy vzduchu rovnakej hrúbky, pri definovaných podmienkach. (Halahyja, 1998)

Pre prevod medzi oboma používanými súčiniteľmi platí vzťah :

$$\mu = \frac{1}{N \cdot \delta_p} \quad (63)$$

kde  $\mu$  – faktor difúzneho odporu  
 $N$  – tepelná difúzna funkcia,  $s^{-1}$   
 $\delta_p$  – súčiniteľ difúzie vodných pár, s

Tepelná difúzna funkcia  $N$  a jej hodnota sa určí zo vzťahu:

$$N = \frac{5,25 \cdot 10^6 \cdot p_a}{T^{0,81}} \quad , Pa \cdot K^{-1} \quad (64)$$

kde  $p_a$  – atmosférický tlak, Pa  
 $T$  – absolútna teplota j-tej vrstvy konštrukcie, K

Veľkosť atmosférického tlaku je možno určiť zo vzťahu:

$$p_a = \frac{101700 \cdot (16300 - h)}{16300 + h} \quad , Pa \quad (65)$$

kde  $h$  – nadmorská výška, m n.m.

Absolútna teplota j-tej vrstvy konštrukcie sa obvykle stanoví ako aritmetický priemer hraničných teplôt zo vzťahu:

$$T = 273,15 + \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}, \text{ K} \quad (66)$$

kde  $\theta_1, \theta_2$  – teploty na hraniciach vrstvy materiálu v stavebnej konštrukcii, °C

Pri strednej teplote 10°C, pri ktorej sa stanoví súčiniteľ difúznej vodivosti, sa používajú nasledovné prevodné vzťahy :

$$\mu = \frac{1,8821 \cdot 10^{-10}}{\delta_p} \quad (67)$$

$$\delta_p = \frac{1,8821 \cdot 10^{-10}}{\mu} \quad (68)$$

V stavebnej tepelnej technike sa tiež používa parameter – ekvivalentná difúzna hrúbka  $s_d$ . Vyjadruje sa vzťahom:

$$s_d = \mu \cdot d_{mat}, \text{ m} \quad (69)$$

kde  $\mu$  - faktor difúzneho odporu

$d_{mat}$  – hrúbka materiálu, m

(Chmúrny, 2006; Vaverka, 2003; Halahyja, 1998)

#### 1.3.8.7 Prechod vodnej pary stavebnými konštrukciami

Hustotu difúzneho toku vodnej pary v stacionárnych podmienkach cez rovinnú konštrukciu z jednej látky môžeme vyjadriť:

$$g_d = \frac{\delta}{d} (p_{dpi} - p_{dpe}) = \frac{p_{dpi} - p_{dpe}}{R_d}, \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \quad (70)$$

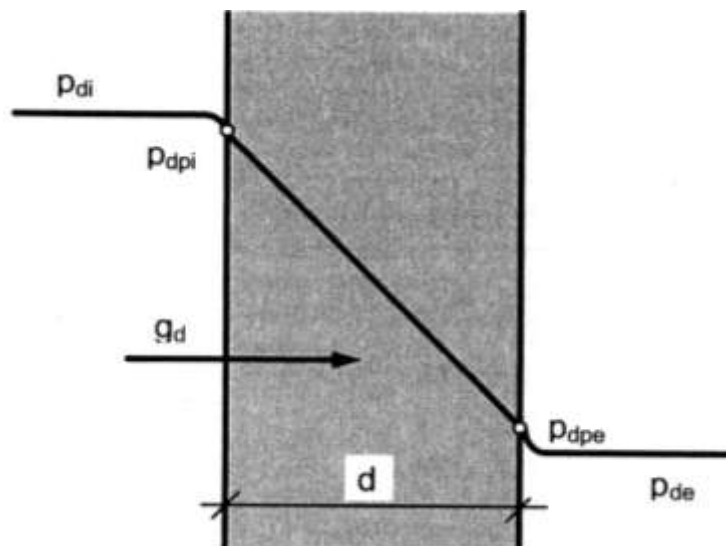
kde  $\delta$  – súčiniteľ difúzie vodných pár, s

$p_{dpi}, p_{dpe}$  – čiastočné tlaky vodnej pary na vnútornom a vonkajšom povrchu konštrukcie, Pa

$d$  – hrúbka konštrukcie, m

$R_d$  – difúzny odpor,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Difúzií vodnej pary kladie každá konštrukcia odpor, ktorý je analogický tepelnému odporu  $R$ , nazýva sa difúzny odpor  $R_d$ . Pre jednovrstvovú konštrukciu sa určí



Obr. 16

Schematické znázornenie prechodu vodnej pary konštrukciou v ustálenom stave.

vzťahom:

$$R_d = \frac{d}{\delta}, \text{ m.s}^{-1}, \text{ m.s}^{-1} \quad (71)$$

Pre viacvrstvovú konštrukciu sa určí pomocou difúzných odporov jednotlivých vrstiev:

$$R_d = \sum_{j=1}^n R_{d,j} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \dots + \frac{d_n}{\delta_n}, \text{ m.s}^{-1} \quad (72)$$

Súčiniteľ prestupu vodnej pary  $\alpha_d$  predstavuje hustotu difúzneho toku vodnej pary, ktorý difunduje rovinným rozhraním vzduchu a konštrukcie v ustálenom stave, pri rozdielnej čiastočnej tlaku vodnej pary vo vzduchu a na povrchu konštrukcie 1 Pa.

Rozoznávame :

- súčiniteľ prestupu vodnej pary na vnútornej strane konštrukcie  $\alpha_{di}$ ,  $\text{s.m}^{-1}$
- súčiniteľ prestupu vodnej pary na vonkajšej strane konštrukcie  $\alpha_{de}$ ,  $\text{s.m}^{-1}$

Obrátená hodnota súčiniteľ prestupu vodnej pary je odpor pri prestupe vodnej pary :

- odpor pri prestupe vodnej pary na vnútornej strane konštrukcie

$$R_{di} = \frac{1}{\alpha_{di}}, \text{ m.s}^{-1} \quad (73)$$

- odpor pri prestupe vodnej pary na vonkajšej strane konštrukcie

$$R_{de} = \frac{1}{\alpha_{de}}, \text{ m.s}^{-1} \quad (74)$$

(Vaverka, 2006; Halahyja, 2000)



Odpor konštrukcie pri prestupe vodnej pary určím nasledovne:

$$R_{do} = R_{di} + \sum \frac{d_j}{\delta_j} + R_{de} \quad , \text{ m.s}^{-1} \quad (75)$$

Súčiniteľ prechodu vodnej pary predstavuje hodnotu výrazu :

$$k_d = \frac{1}{R_{do}} \quad , \text{ s.m}^{-1} \quad (76)$$

Potom difúzny tok , ktorý bude difundovať cez rovinnú konštrukciu :

$$q_d = k_d (p_{di} - p_{de}) \quad , \text{ Pa.s.m}^{-1} \quad (77)$$

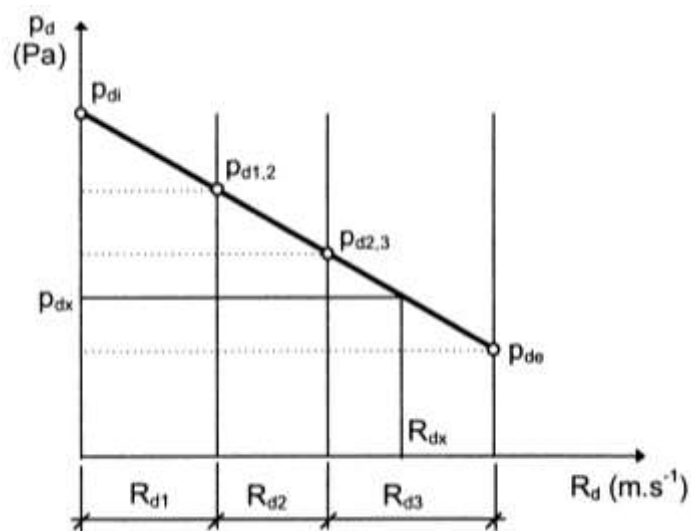
kde  $p_{di}$  – čiastočný tlak vodnej pary vo vnútornom vzduchu, Pa

$p_{de}$  – čiastočný tlak vodnej pary vo vonkajšom vzduchu, Pa

Pri praktickom posudzovaní konštrukcií sa uplatňuje predpoklad :

$$p_{di} = p_{dpi} \quad (78)$$

$$p_{de} = p_{dpe} \quad (79)$$



Obr. 17

Priebeh čiastočného tlaku vodnej pary v konštrukcií

Čiastočný tlak vodnej pary v ľubovľnom mieste konštrukcie sa určí :

$$p_{dx} = p_{di} - \frac{p_{di} - p_{de}}{R_{do}} (R_{di} + R_{dx}) \quad , \text{ Pa} \quad (80)$$

alebo

$$p_{dx} = p_{di} - \frac{p_{di} - p_{de}}{R_d} R_{dx} \quad , \text{ Pa} \quad (81)$$

(Halahyja, 1998)

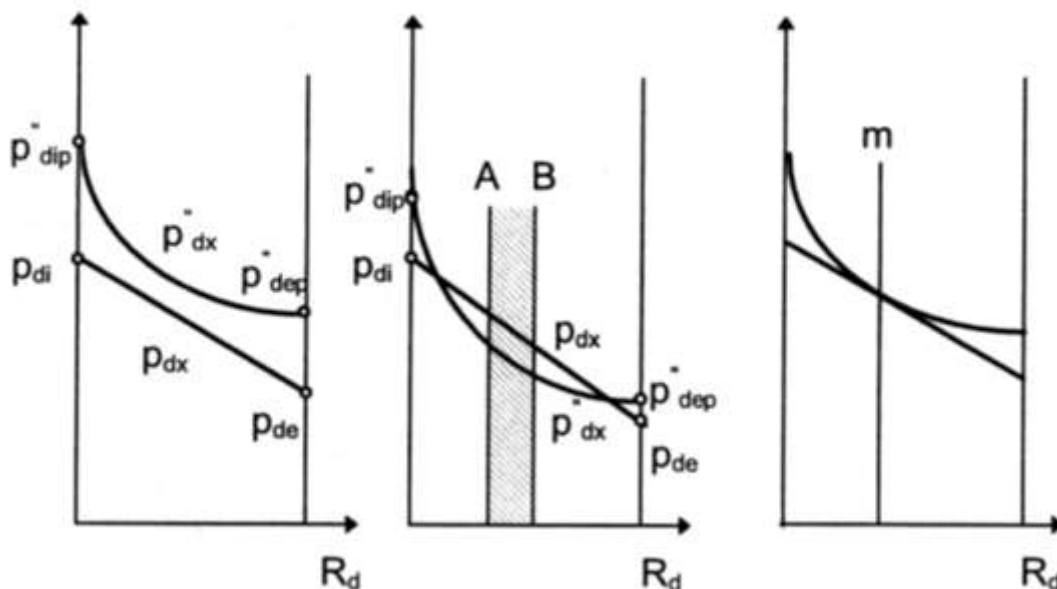
### 1.3.8.8 Kondenzácia vodnej pary vo vnútri konštrukcie

Na určenie, či vnútri konštrukcie kondenzuje vodná para, musíme poznať:

- priebeh teplôt v konštrukciách  $\theta_x$ ,
- priebeh čiastočného tlaku vodnej pary  $p_{dx}$ ,
- priebeh čiastočného tlaku nasýtenej vodnej pary  $p''_{dx}$ .

Ak sa čiary  $p_{dx}$  a  $p''_{dx}$  :

- nepretínajú, čiže v každom mieste konštrukcie platí  $p_{dx} < p''_{dx}$ , potom v konštrukcii nedochádza ku kondenzácii vodných pár
- pretínajú, čiže v určitej oblasti vo vnútri konštrukcie platí  $p_{dx} > p''_{dx}$ , potom v konštrukcii dochádza ku kondenzácii vodnej pary
- dotýkajú sa v jednej rovine a platí  $p_{dx} = p''_{dx}$ , potom nastáva teoretický hraničný stav nasýtenia v rovine m



Obr. 18

Priebehy čiastočných tlakov vodnej pary v konštrukciách pri difúzií vodnej pary bez kondenzácie a s kondenzáciou

V prípade kondenzácie vodnej pary v konštrukcie treba určiť kondenzačné pásmo A-B.

Body majú súradnice A ( $R_{dA}$ ,  $p''_{dA}$ ), B ( $R_{dB}$ ,  $p''_{dB}$ ).

Keď poznáme veľkosť a umiestnenie kondenzačného pásma, môžeme určiť hustotu difúzneho toku vodnej pary, ktorý difunduje vnútornou časťou bez kondenzácie k miestu kondenzácie, kde sa začína kondenzačné pásmo (k rovine prechádzajúcou bodom A) :

$$g_{dA} = \frac{p_{di} - p''_{dA}}{R_A} \quad , \text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (82)$$

kde  $R_{dA}$  – difúzny odpor konštrukcie od vnútorného povrchu po bod A,  $\text{m.s}^{-1}$

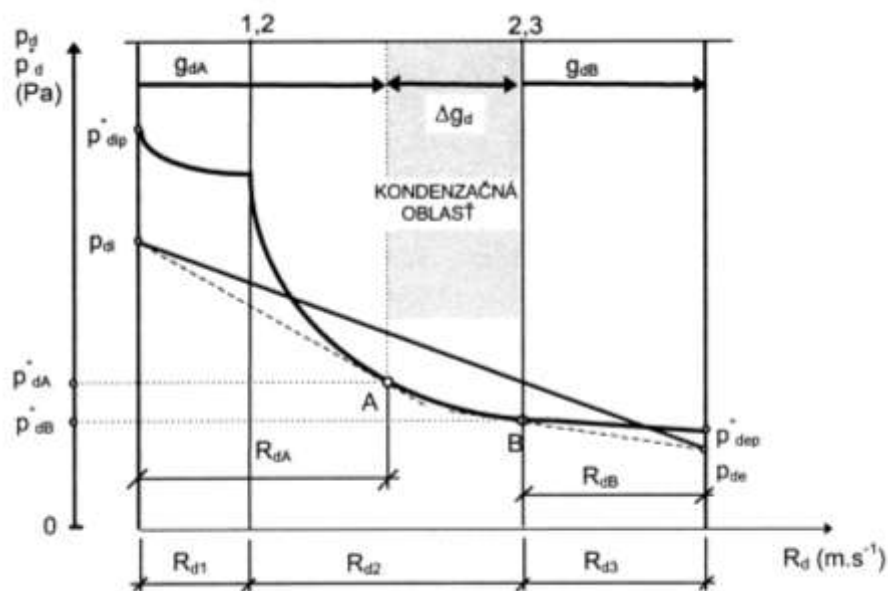
$g_{dA}$  – hustota difúzneho toku, ktorý uniká z miesta kondenzácie,  $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

Hustotu difúzneho toku vodnej pary, ktorá preniká od bodu B von z konštrukcie určíme :

$$g_{dB} = \frac{p_{dB} - p''_{de}}{R_B} \quad , \text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (83)$$

kde  $R_{dB}$  – difúzny odpor konštrukcie vonkajšej časti konštrukcie od bodu B po vonkajší povrch,  $\text{m.s}^{-1}$

$g_{dB}$  – hustota difúzneho toku, ktorý uniká z miesta kondenzácie,  $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$



Obr. 19

Grafické určenie kondenzačnej oblasti

Množstvo vodnej pary, ktorá skondenzuje v kondenzačnej zóne medzi bodmi A, B určíme vzťahom :

$$\Delta g_d = g_{dA} - g_{dB} \quad , \text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (84)$$

(Chmúrny, 2006; Vaverka, 2003; Halahyja, 1998)

### 1.3.8.9 Ročná bilancia skondenzovanej a vyparenej vlhkosti

Rozlišujeme výpočet ročnej bilancie vlhkosti:

- bez vplyvu slnečného žiarenia (pre vonkajšie steny a jednoplášťové nevetrané strechy, ktoré sú pred slnečným žiarením zatienené)
- s vplyvom slnečného žiarenia (pre jednoplášťové strechy, na ktoré dopadá slnečné žiarenie celý rok) (Vaverka, 2006; STN 730540, 2002)

#### Ročná bilancia vlhkosti bez vplyvu slnečného žiarenia

Postup výpočtu nasledovný:

- z tabuľky početnosti výskytu trvania teplôt, pre každú teplotu  $\theta_e$  (od  $-15^\circ\text{C}$  do  $+25^\circ\text{C}$ ) a zodpovedajúcu relatívnu vlhkosť vzduchu  $\varphi_e$  určí hodnotu výrazu

$$\Delta g_d = g_{dA} - g_{dB} = \frac{p_{di} - p''_{dA}}{R_{dA}} - \frac{p''_{dB} - p_{de}}{R_{dB}}, \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (85)$$

- hodnoty  $\Delta g_d$  sa prenasobia početnosťami výskytu  $t$  (pri zamračenej oblohe), čím určíme v konštrukcii pri danej  $\theta_e$  a  $t$  kondenzované množstvo vodnej pary ak

$$\Delta g_{d,t} > 0 \quad \text{a} \quad (86)$$

vyparené množstvo vodnej pary, ak

$$\Delta g_{d,t} < 0. \quad (87)$$

- ročné množstvo skondenzovanej pary sa určí súčtom kladných hodnôt

$$g_k = +\sum \Delta g_{d,t}, \text{ kg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1} \quad (88)$$

- ročné množstvo vyparenej vodnej pary sa určí súčtom záporných hodnôt

$$g_v = -\sum \Delta g_{d,t}, \text{ kg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1} \quad (89)$$

Posúdenie vyplýva z porovnania veličín  $g_k$  a  $g_v$ . Ak  $g_k < g_v$  je ročná bilancia vyhovujúca, skondenzovaná vodná para sa môže počas roka z konštrukcie odpariť. Ak  $g_k > g_v$ , potom viac vodnej pary skondenzuje, ako sa môže počas roka odpariť, čiže hrozí hromadenie vlhkosti v konštrukcii a teda konštrukcia nevyhovuje z hľadiska ročnej bilancie vlhkosti. (Halahyja, 1998; STN 730540, 2002)

#### Ročná bilancia vlhkosti s vplyvom slnečného žiarenia

Rozlišujeme početnosť výskytu teplôt vonkajšieho vzduchu pri oblohe

- zamračenej  $t_z$ , s
- jasnej  $t_j$ , s

Tab. 7 Početnosť trvania teploty, relatívnej vlhkosti vzduchu a strednej intenzity slnečného žiarenia na určenie ročnej bilancie vlhkosti. (STN 730540, 2002)

$\theta_e$ (°C)	$\varphi_e$ (%)	$p_{de}$ (Pa)	$\theta_e \leq 15^\circ\text{C}$			$\theta_e \geq 15^\circ\text{C}$			$I_m$ (W.m <sup>-2</sup> )
			Početnosť trvania vonkajšej výpočtovej teploty						
			v (s) pri oblohe						
Zamračenej $t_z \cdot 10^{-3}$	Jasnej $t_j \cdot 10^{-3}$	$(t_z + t_j)$ $\cdot 10^{-3}$	Zamračenej $t_z \cdot 10^{-3}$	Jasnej $t_j \cdot 10^{-3}$	$(t_z + t_j)$ $\cdot 10^{-3}$				
-20	85	88	-	-	-	151,2	21,6	172,8	70
-15	84	139	583,2	21,6	604,8	410,4	21,6	432,0	
-10	83	215	907,7	86,4	993,6	1404,0	64,8	1468,8	
-5	82	329	2440,8	151,2	2592,0	3283,2	129,6	3412,8	
0	80	489	5162,4	151,2	5572,8	5313,6	64,8	5702,4	140
				259,2			324,0		
5	79	689	5356,8	432,0	5788,8	5594,4	172,8	5961,6	302
				-			194,4		
10	76	933	5119,2	496,8	5616,0	5313,6	475,2	5788,8	430
15	73	1244	5162,4	345,6	5832,0	5011,2	-	5486,4	
				324,0			475,2		
20	68	1589	3758,4	345,6	4104,0	2808,0	129,6	2937,6	430
25	58	1566	367,2	64,8	432,0	172,8	-	172,8	
Súčty			28857,6	2678,4	31536,0	29462,4	2073,6	31536	-

Platí :

$$t = t_j + t_z \quad ,s \quad (90)$$

Časť výpočtu ročnej bilancie pri zamračenej oblohe sa robí podobne ako pri výpočte bez vplyvu slnečného žiarenia, len početnosť výskytu  $t_z$  je menšia. Časť výpočtu ročnej bilancie pri jasnej oblohe sa robí podobne s početnosťou výskytu  $t_j$ , ale vonkajšie teploty vzduchu sa zvyšujú o vplyv slnečného žiarenia. Použije sa slnečná teplota vzduchu, ktorá sa stanoví vzťahom:

$$\theta_{e,j} = \theta_e + \frac{A \cdot I_{str}}{h_e} \quad ,^\circ\text{C} \quad (91)$$

kde  $I_{str}$  – stredná intenzita slnečného žiarenia pre strechy a zvislé steny orientované na západ, W.m<sup>-2</sup>

Pre južnú orientáciu sa redukujú hodnotou 0,8 a pre východnú orientáciu 0,5

$h_e$  – súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšej strane konštrukcie ,  $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Pre teploty  $\theta_e \leq 15^\circ\text{C}$  sa odporúča  $h_e = 23 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  , pre  $\theta_e > 15^\circ\text{C}$  hodnota  $h_e = 23 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

Početnosť výskytu teplôt vzduchu je uvedená v tab. 7 spolu s dĺžkou časových úsekov, kedy je obloha zamračená a jasná.

Pre zamračenú oblohu sa určí hodnota výrazu :

$$\Delta g_{d,z} \cdot t_z = (g_{dA} - g_{dB}) \cdot t_z \quad (92)$$

Pre jasnú oblohu sa určí hodnota výrazu :

$$\Delta g_{d,j} \cdot t_j = (g_{dA} - g_{dB}) \cdot t_j \quad (93)$$

Ak je  $\Delta g_{d,j}$  , prípadne  $\Delta g_{d,z} > 0$  nastáva kondenzácia vodných pár. Ak je  $\Delta g_{d,j}$  , prípadne  $\Delta g_{d,z} < 0$  nastáva vyparovanie. Ročné množstvo skondenzovanej vodnej pary sa určí súčtom kladných hodnôt  $\Delta g_d$  a ročné množstvo odparenej vodnej pary sa určí súčtom záporných hodnôt  $\Delta g_d$ . (Halahyja, 1998; STN 730540, 2002)

#### 1.3.8.10 Funkčné požiadavky

Norma STN 730540 vyžaduje navrhnuté strechy, steny a stropy bez kondenzácie vodnej pary, ktorá by ohrozila ich požadovanú funkciu. Musí teda platiť :

$$g_k = 0 \quad ,\text{kg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1} \quad (94)$$

kde  $g_k$  – celoročné množstvo skondenzovanej vodnej pary v konštrukcii,  $\text{kg.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$

Ohrozenie požadovanej funkcie je obvyčajne podstatné skrátenie životnosti konštrukcie, zníženie vnútornej povrchovej teploty konštrukcie s rizikom vzniku plesní, objemové zmeny a výrazné zväčšenie hmotnosti konštrukcie nad rámec rezerv statického výpočtu, zvýšenie hmotnostnej vlhkosti materiálu na úroveň, ktorá spôsobuje jeho degradáciu.

(Kupilík, 1994; Chmúrny, 2006)

S obmedzenou kondenzáciou vodnej pary v konštrukcii , ktorá sa určí bez uvažovania vplyvu slnečného žiarenia, možno navrhnuť konštrukcie, v ktorých sú splnené podmienky :

- skondenzovaná voda neohrozí požadovanú funkciu konštrukcie,
- ročná bilancia skondenzovanej a vyparenej vody je priaznivá.

## 2. Ciele práce

Cieľom diplomovej práce je :

1. definovať pojem prostredia priemyselných objektoch, vytvoriť prehľad informácií o zložkách vnútorného prostredia objektov a vplyvoch, ktoré naň pôsobia,
2. vytvoriť prehľad informácií o požiadavkách na jednotlivé vlastnosti konštrukcií, ktoré ovplyvňujú vnútorné prostredie objektov a sú určené technickými normami,
3. výber priemyselného objektu, meranie a vyhodnotenie parametrov vnútorného prostredie daného objektu,
4. návrh opatrení na zlepšenie vnútorného prostredia posudzovaného objektu.

### 3. Materiál a metódy

#### 3.1 Výber objektu

Posudzovaný objekt je umiestnený v areály poľnohospodárskeho družstva v obci Zavar, 5 km od Trnavy. Pôvodným účelom bola farma pre výkrm ošípaných. V uvedenom objekte bol chov zrušený v roku 2009, po zrušení chovu bol zachovaný v pôvodnom stave vrátane technického vybavenia. Podľa informácií predstaviteľov družstva, v budúcnosti je v objekte plánované obnovenie chovu hospodárskych zvierat, čo však závisí od celkovej situácie na trhu s produktmi živočíšnej výroby.

Na základe stavebného prieskumu, štúdia zachovanej časti projektovej dokumentácie a informácií zamestnancov družstva môžeme farmu charakterizovať nasledovným popisom.



Obr. 20

Hodnotený objekt – farma na výkrm ošípaných, exteriér

#### 3.2 Popis objektu

##### Nosný systém

- drevené stĺpy, na ktorých sú umiestnené drevené lomené nosníky

##### Obvodový plášť

- na drevené stĺpy nosnej sústavy sú uchytené drevotriekové výplňové dosky, 3 vrstvy, celková hrúbka  $35\text{mm} \times 3 = 105\text{ mm}$





Obr. 21

Hodnotený objekt – farma na výkrm ošípaných, interiér

- na vnútornej strane je na doskách, do výšky 1200 mm, tepelná izolácia IZOMIN hrúbky 30 mm s ochrannou plastovou doskou hrúbky 8 mm
- z vonkajšej strany je vlnitý oceľový plech, hrúbka plechového panelu 80 mm, hrúbka plechu 0,5 mm
- steny interiéru sú upravené vápenným nástrekom

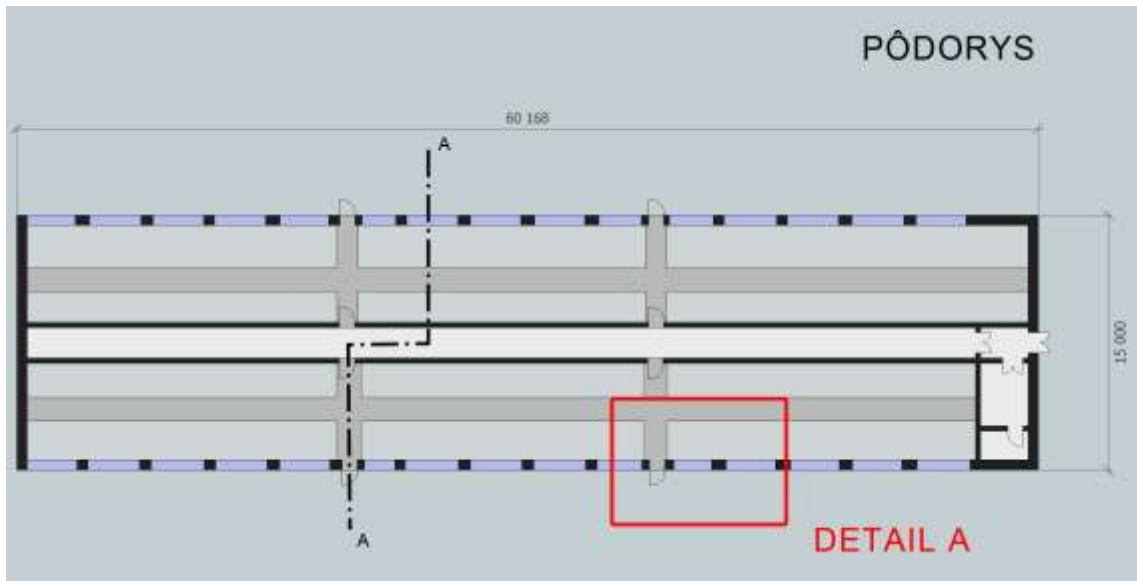
#### Strešný plášť, strop (podhľad)

Na šikmých nosníkoch je použitá ako krytina vlnitý oceľový plech, hrúbka plechového panelu je 80 mm. Strop (podhľad) je zavesený na šikmých drevených nosníkoch a je zložený z drevotrieskových dosák hrúbky 35 mm.

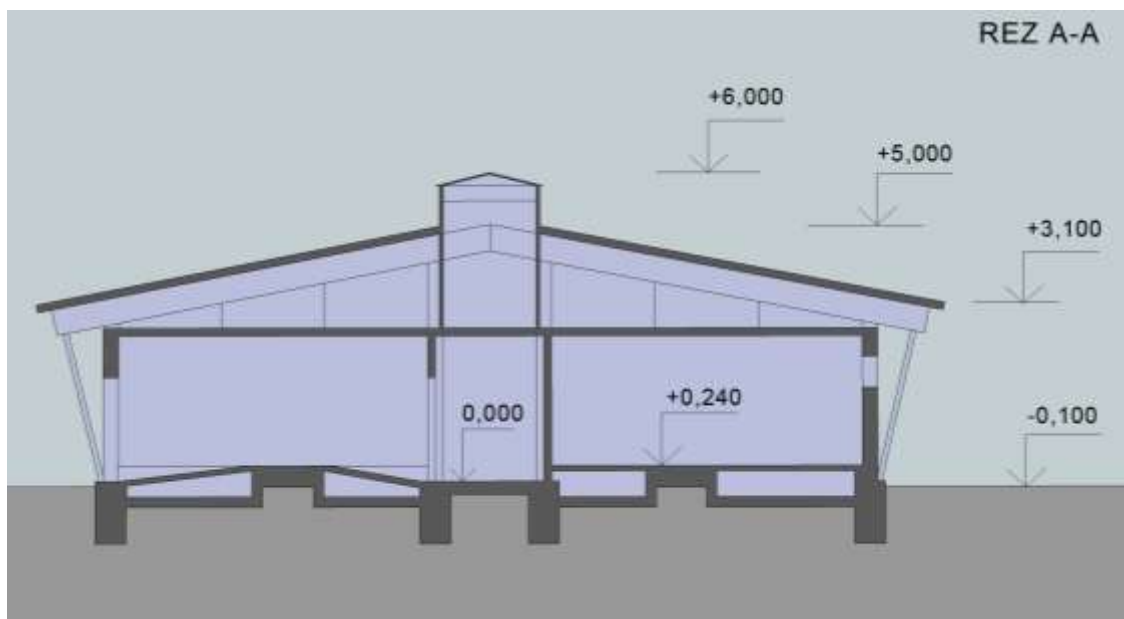
#### Podlaha

Pod celým pôdorysom objektu je umiestnená hydroizolácia hrúbky 3 mm uložená na podkladovej betónovej doske z nevystuženého betónu hrúbky 100 mm.

Vzhľadom na jeho členitosť, sa v ňom nachádzajú viaceré skladby podláh.



Obr. 22  
Schéma pôdorysu farmy



Obr. 23  
Schéma rezu farmy

Vrstvy podlahy sa nachádzajú nad hydroizoláciou a sú nasledovné:

- priestor chodby pre personál – podlaha je tvorená betónovou vrstvou
- z nevystuženého betónu hrúbky 100mm
- chodba v priestore výkrmu – na hydroizolácii je betónová doska z nevystuženého betónu hrúbky 100mm, štrkový násyp hrúbky 200 – 390 mm

(hrúbka je premenlivá z dôvodu vytvorenia sklonu časti chodníka vedúceho k dverám), vrchná vrstva je betónová doska z nevystuženého betónu hrúbky 100 mm

- priestor pre ošípané – na hydroizolácii je betónová doska z nevystuženého betónu hrúbky 100mm, ktorá tvorí dno kanála, kanál je zakrytý oceľovou roštovou podlahou hrúbky 40 mm

### 3.3 Tepelný odpor a priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu

#### 3.3.1 Výpočet

Poznámka:

Podľa ČSN 730565 je pre maštal'né objekty určené pre ošípané, pre zimné obdobie, hodnota  $R_{si} = 0,071 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Podľa STN 730540 je hodnota  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

#### Obvodový plášť

<u>vrstva</u>	<u>d (m)</u>	<u><math>\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})</math></u>	<u>R (<math>\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}</math>)</u>
drevotrieskové dosky	0,105	0,11	0,955
izolácia IZOMIN	0,030	0,04	0,750
plastová doska	0,008	0,16	0,050

Zateplená časť (tepelná izolácia s plastovou doskou je iba do výšky 1,2 m)

- tepelný odpor  $R = 1,755 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,536 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Nezateplená časť

- tepelný odpor  $R = 0,955 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,938 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Podlaha

Poznámka:

Pri výpočte tepelného odporu podlahovej konštrukcie sa berú do úvahy len vrstvy nad hydroizoláciou.

Podľa STN 730540 pri styku podlahy so zeminou je hodnota  $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Chodba	vrstva	d (m)	$\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$R (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1})$
	betónová doska	0,1	1,05	0,950

- tepelný odpor  $R = 0,950 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,979 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Výkrm - chodník	vrstva	d(m)	$\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$R (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1})$
	betónová doska	0,1	1,05	0,950
	štrk násyp	0,2	0,58	0,345
	betónová doska	0,1	1,05	0,950

- tepelný odpor  $R = 2,245 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,432 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Priestor pre ošípané	vrstva	d(m)	$\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$R (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1})$
	betónová doska	0,1	1,05	0,950

- tepelný odpor v nezateplenej časti  $R = 0,950 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,979 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

### Strop (podhl'ad)

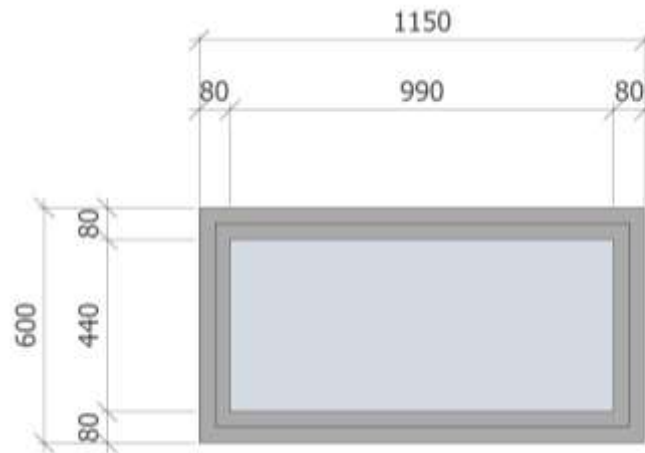
vrstva	d (m)	$\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$R (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1})$
drevotrieskové dosky	0,035	0,10	0,350

- tepelný odpor  $R = 0,350 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- súčiniteľ prechodu tepla  $U = 2,169 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

### Okná

- rozmer 1150 x 600 mm
- počet  $37 \times 2 = 74$
- plocha zasklenia  $A_z = 0,4356 \text{ m}^2$
- plocha rámu  $A_r = 0,2544 \text{ m}^2$

- hrúbka skla 4 mm
- vzduchová vrstva medzi sklami 15 mm
- obvod zasklenia v krídle okna  $l_z = 2,86$  m



Obr. 24

Rozmery okna (hodnoty v mm)

Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia  $U_g$  :

Hodnotu  $U_g$  určím pomocou normy STN 730540, časť 3.

$U_g = 2,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (zasklenie čírim dvojsklom, uzavretá vzduchová vrstva)

Súčiniteľ prechodu tepla rámu  $U_f$  :

Hodnotu  $U_f$  určím pomocou normy STN 730540, časť 3.

$U_g = 2,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (drevený rám)

Prídavná tepelná strata dreveného rámu pre číre dvojsklo je  $\Psi = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

$$U_{\text{ok}} = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi \cdot l_g}{A_f + A_g} = \frac{2,0 \cdot 0,2544 + 2,7 \cdot 0,4356 + 0,04 \cdot 2,86}{0,2544 + 0,4356} = 2,608 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

### Dvere

Dvere sú tvorené oceľovou zárubňou a oceľovým plechom hrúbky 0,5 mm.

Rozmeri dverí sú : 800 x 1970 mm (jednokrídlové – bočné dvere), 1600 mm x 1970 mm (dvojkridlové – hlavný vstup)

Súčiniteľ prechodu tepla :

$$U_{dv} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,071 + \frac{0,0015}{50} + 0,04} = 9,007 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

### 3.3.2 Tepelný odpor a súčiniteľ prechodu tepla

Tab. 8 Prehľad vypočítaných hodnôt tepelného odporu a súčiniteľa prechodu tepla

konštrukcia	tepelný odpor R, m <sup>2</sup> .K. W <sup>-1</sup>	súčiniteľ prechodu tepla U, W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
stena	1,755	0,536
	0,955	0,938
podlaha	2,245	0,432
	0,950	0,979
strop	0,350	2,169

### 3.3.3 Priemerný súčiniteľ prechodu tepla

Tab. 9 Výpočet priemerného súčiniteľa prechodu tepla

konštrukcia	plocha A, m <sup>2</sup>	súčiniteľ prechodu tepla U, W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>	súčin A.U
stena – zateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	165,580	0,536	88,751
stena – nezateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	124,170	0,938	116,471
strop	880,000	2,169	1908,720
okno	51,060	3,212	133,164
dvere	9,456	9,007	85,170
podlaha – komunikácie	118,530	0,432	51,205
podlaha – priestor pre ošípané	759,640	0,979	743,688
plocha spolu, m <sup>2</sup>	2 108,436	súčin A.U spolu	3127,170
<b>priemerný súčiniteľ prechodu tepla, W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup></b>			<b>1,483</b>

### 3.4 Posúdenie objektu

Vnútorne prostredie objektu posúdím prostredníctvom nasledovných metodík :

- Posúdenie z hľadiska priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa ČSN 73 0543 Vnitřní prostředí stájových objektů - Část 1: Tepelná ochrana.
- Posúdenie odporu konštrukcií cez vnútornú povrchovú teplotu konštrukcií podľa ČSN 73 0565 Tepelné technické vlastnosti stavebních konštrukcií a budov. Stájové objekty.

#### 3.4.1 Posúdenie z hľadiska priemerného súčiniteľa prechodu tepla

Podľa ČSN 730543-1 doporučená hodnota priemerného súčiniteľa prechodu tepla pri vykurovanom ustajňovacom priestore a vykurovanom manipulačnom priestore je  $U_{m,N} = 0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  , požadovaná hodnota  $U_{m,N} = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a prípustná hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  (Poznámka: Pôvodné označenie v norme je  $k_{m,N}$ ).

Hodnota vypočítaného priemerného súčiniteľa prechodu tepla  $U = 1,483 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  je väčšia ako hodnoty uvedené v norme – posudzovaný objekt nevyhovuje energetickému kritériu podľa uvedenej normy.

#### 3.4.2 Posúdenie odporu konštrukcií prostredníctvom vnútornej povrchovej teploty

Vstupné údaje:

$\theta_i = 10^\circ\text{C}$  (ošípané vo výkrme, podľa etapy výkrmu ošípaných je vnútorná výpočtová teplota 10-21°C, volím nepriaznivejšiu hodnotu)

$\theta_e = -11^\circ\text{C}$  (Posudzovaný maštal'ný objekt je lokalizovaný v obci Zavar, nadmorská výška 137 m n.m.)

Za povrchovú teplotu dosadím hodnotu teploty rosného bodu  $\theta_{dp} = 7,58^\circ\text{C}$  ( $\varphi_a=85\%$ ,  $\theta_a=10^\circ\text{C}$ )

Normový tepelný odpor:

$$R_N = R_{si} \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{dp}} - (R_{si} + R_{se}) = 0,071 \cdot \frac{10 - (-11)}{10 - 7,58} - (0,071 + 0,04) = 0,505 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$$

Posúdenie:

Podľa normy ČSN 730565 stenové , stropné a podlahové konštrukcie sú vyhovujúce ak  $R \geq R_N$ , v prípade  $R < R_N$ , konštrukcie sú nevyhovujúce.

Tab. 10 Vypočítaný, normový tepelný odpor

konštrukcia	vypočítaný tepelný odpor $R, m^2.K. W^{-1}$	normový tepelný odpor $R_N, m^2.K. W^{-1}$	vyhovuje / nevyhovuje
stena	1,755	0,505	vyhovuje
	0,955		vyhovuje
podlaha	2,245		vyhovuje
	0,950		vyhovuje
strop	0,350		<b>nevyhovuje</b>

### 3.5 Návrh opatrení

#### 3.5.1 Alternatíva 1

Keďže stropná konštrukcia je tvorená len drevotrieskovou doskou, ktorá je už v dezolátnom stave a vykazuje nízky tepelný odpor , uvažujme s jej zmenou. Konštrukcia bude nahradená obkladovými izolačnými panelmi hrúbky 0,050 m systému Isolpan AGRI (<http://www.izolacnepanely.sk/panely.php#isolpanagri>).

Jedná sa o samonosné sendvičové izolačné panely a sú určené pre použitie v poľnohospodárskych objektoch vyznačujúcich sa prítomnosťou poľnohospodárskych zvierat. Tieto panely majú povrchovú úpravu s UV stabilizátorom zabezpečujúcim odolnosť proti kyslému prostrediu, amoniaku, alkoholu, zásadám a žieravinám.

Hodnota tepelného odporu stropnej konštrukcie sa zmení z pôvodnej hodnoty  $0,350 m^2.K. W^{-1}$  na hodnotu  $2,521 m^2.K. W^{-1}$  a hodnota súčiniteľa prechodu tepla sa zmení z  $2,169 W.m^{-2}.K^{-1}$  na  $0,38 W.m^{-2}.K^{-1}$ .



Tab. 11 Porovnanie hodnôt pôvodného stavu a nového stavu

konštrukcia	tepelný odpor R, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		súčiniteľ prechodu tepla U, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	
	pôvodný stav	nový stav	pôvodný stav	nový stav
strop	0,350	2,521	2,169	0,380

Aplikovaním uvedeného stavebného riešenia sa zmení aj priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu. Výpočet je zachytený v nasledovnej tabuľke.

Tab. 12 Výpočet priemerného súčiniteľa prechodu tepla, alternatíva 1

konštrukcia	plocha A $m^2$	súčiniteľ prechodu tepla U $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	súčín A.U
stena – zateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	165,580	0,536	88,751
stena – nezateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	124,170	0,938	116,471
<b>strop</b>	<b>880,000</b>	<b>0,380</b>	<b>334,400</b>
okno	51,060	3,212	133,164
dvere	9,456	9,007	85,170
podlaha – komunikácie	118,530	0,432	51,205
podlaha – priestor pre ošípané	759,640	0,979	743,688
plocha spolu, $m^2$	2 108,436	súčín A.U spolu	1586,690
<b>priemerný súčiniteľ prechodu tepla, <math>W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}</math></b>			<b>0,751</b>

#### Posúdenie navrhnutých opatrení

- Podľa ČSN 730543-1 doporučená hodnota priemerného súčiniteľa prechodu tepla pri vykurovanom ustajňovacom priestore a vykurovanom manipulačnom priestore

je  $U_{m,N} = 0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , požadovaná hodnota  $U_{m,N} = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a prípustná hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  (Poznámka: Pôvodné označenie v norme je  $k_{m,N}$ ).

Hodnota vypočítaného priemerného súčiniteľa prechodu tepla objektu

$U = 0,751 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  je nižšia ako a prípustná normová hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Posudzovaný objekt, pri vykonaní zmien uvedených v alternatíve 1, vyhovuje energetickému kritériu podľa uvedenej normy.

- Podľa normy ČSN 730565 stenové, stropné a podlahové konštrukcie sú vyhovujúce ak  $R \geq R_N$ , v prípade  $R < R_N$ , konštrukcie sú nevyhovujúce.

Hodnota tepelného odporu pri uvažovaných zmenách v konštrukciách strechy je  $R = 2,521 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ , čo je hodnota väčšia ako vypočítaný normový tepelný odpor pôvodnej konštrukcie  $R_N = 0,505 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ , konštrukcia je z pohľadu normy vyhovujúca.

### 3.5.2 Alternatíva 2

V alternatíve č.2 uvažujem tiež so zmenou zloženia strešnej konštrukcie. Pôvodnú konštrukciu (drevotrievkové dosky) nahradím doskami tepelnej izolácie systému Styrofoam pre poľnohospodárske objekty (<http://building.dow.com/europe/cz/app/zemed/>).

Pôvodná konštrukcia bude nahradená izolačnými doskami hrúbky 0,100 m (doporučená hodnota výrobcom pre objekty chovu ošípaných).

Jedná sa o izolačné dosky z extrudovaného polystyrénu, kotevné pomocou tanierových rozperiek.

Týmto riešením dosiahneme zmenu tepelného odporu z pôvodnej hodnoty  $0,350 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$  na hodnotu  $3,704 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$  a hodnota súčiniteľa prechodu tepla sa zmení z  $2,169 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  na  $0,262 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

Tab. 13 Porovnanie hodnôt pôvodného stavu a nového stavu

konštrukcia	tepelný odpor R, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		súčiniteľ prechodu tepla U, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	
	pôvodný stav	nový stav	pôvodný stav	nový stav
strop	0,350	3,704	2,169	0,262

Realizovaním uvedenej zmeny sa zmení aj priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu. Výpočet je uvedený v nasledovnej tabuľke.

Tab. 14 Výpočet priemerného súčiniteľa prechodu tepla, alternatíva 2

konštrukcia	plocha A $m^2$	súčiniteľ prechodu tepla U $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	súčín A.U
stena – zateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	165,580	0,536	88,751
stena – nezateplená časť (v pôvodnom stave objektu)	124,170	0,938	116,471
<b>strop</b>	<b>880,000</b>	<b>0,262</b>	<b>230,560</b>
okno	51,060	3,212	133,164
dvere	9,456	9,007	85,170
podlaha – komunikácie	118,530	0,432	51,205
podlaha – priestor pre ošípané	759,640	0,979	743,688
plocha spolu, $m^2$	2 108,436	súčín A.U spolu	1479,850
<b>priemerný súčiniteľ prechodu tepla, <math>W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}</math></b>			<b>0,702</b>

#### Posúdenie navrhnutých opatrení

- Podľa ČSN 730543-1 doporučená hodnota priemerného súčiniteľa prechodu tepla pri vykurovanom ustajňovacom priestore a vykurovanom manipulačnom priestore je  $U_{m,N} = 0,6 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ , požadovaná hodnota  $U_{m,N} = 0,7 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  a prípustná hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  (Poznámka: Pôvodné označenie v norme je  $k_{m,N}$ ).

Hodnota vypočítaného priemerného súčiniteľa prechodu tepla objektu

$U = 0,702 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  je nižšia ako a prípustná normová hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Posudzovaný objekt, pri vykonaní zmien uvedených v alternatíve 2, vyhovuje energetickému kritériu podľa uvedenej normy.

- Podľa normy ČSN 730565 stenové, stropné a podlahové konštrukcie sú vyhovujúce ak  $R \geq R_N$ , v prípade  $R < R_N$ , konštrukcie sú nevyhovujúce.

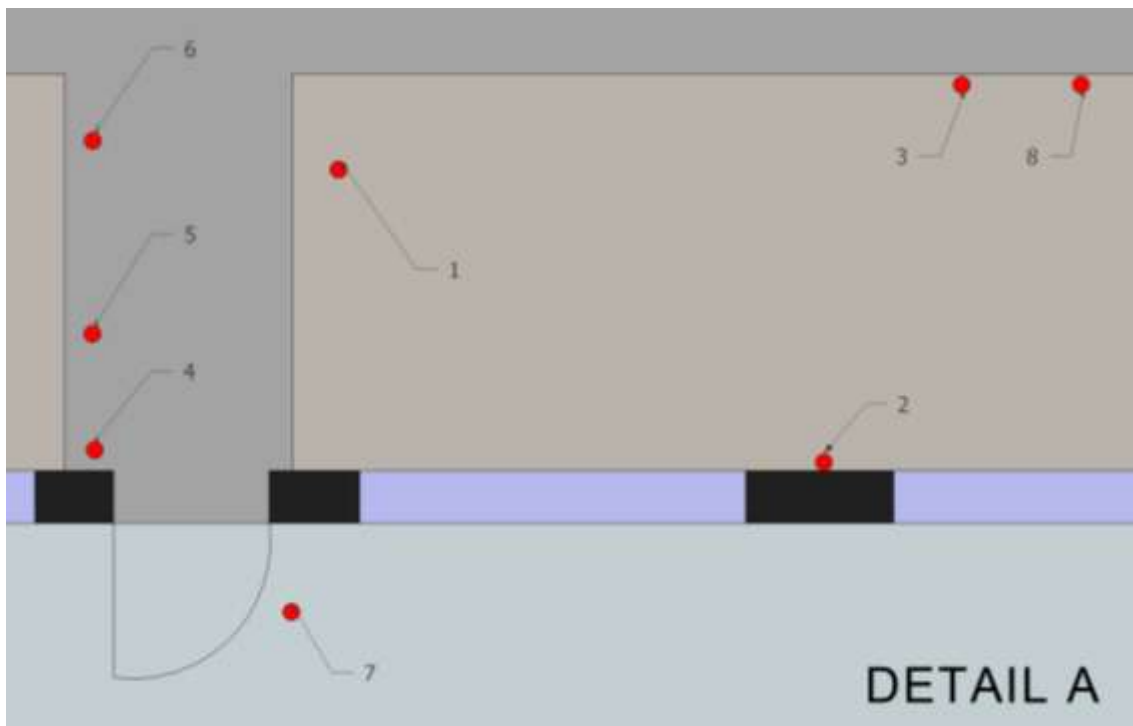
Hodnota tepelného odporu pri uvažovaných zmenách v konštrukciách strechy je  $R = 3,704 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ , čo je hodnota väčšia ako vypočítaný normový tepelný odpor pôvodnej konštrukcie  $R_N = 0,505 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ , konštrukcia je z pohľadu normy vyhovujúca.

### 3.6 Meranie teplôt v objekte

Teploty boli merané v ustajňovacej časti objektu pomocou elektronického snímacieho a zapisovacieho zariadenia. Teplota bola meraná počas 24 hodín, meranie začalo dňa 15.2.2011 o 16. hodine a bolo ukončené 16.2.2011 o 16. hodine. Obloha počas celého merania bola zamračená.

Bolo použitých 8 snímačov na nasledovných miestach :

- Snímač č. 1 – vnútorná povrchová teplota stropu (podhl'adu), vzdialenosť od obvodovej steny 1,9 m, výška od podlahy 2,3 m
- Snímač č. 2 – vnútorná povrchová teplota obvodovej steny, výška od podlahy 1,4 m
- Snímač č. 3 – vnútorná teplota vzduchu, vzdialenosť od obvodovej steny 2,5 m, výška od podlahy 0,5 m
- Snímač č. 4 – vnútorná povrchová teplota podlahy, vzdialenosť od obvodovej steny 0,1 m
- Snímač č. 5 – vnútorná povrchová teplota podlahy, vzdialenosť od obvodovej steny 1,0 m
- Snímač č. 6 – vnútorná povrchová teplota podlahy, vzdialenosť od obvodovej steny 2,0 m
- Snímač č. 7 – vonkajšia teplota vzduchu, vzdialenosť od obvodovej steny 0,3m, výška od terénu 1,5 m
- Snímač č. 8 – vnútorná teplota vzduchu, vzdialenosť od obvodovej steny 2,5 m, výška od podlahy 1,0 m



Obr. 25

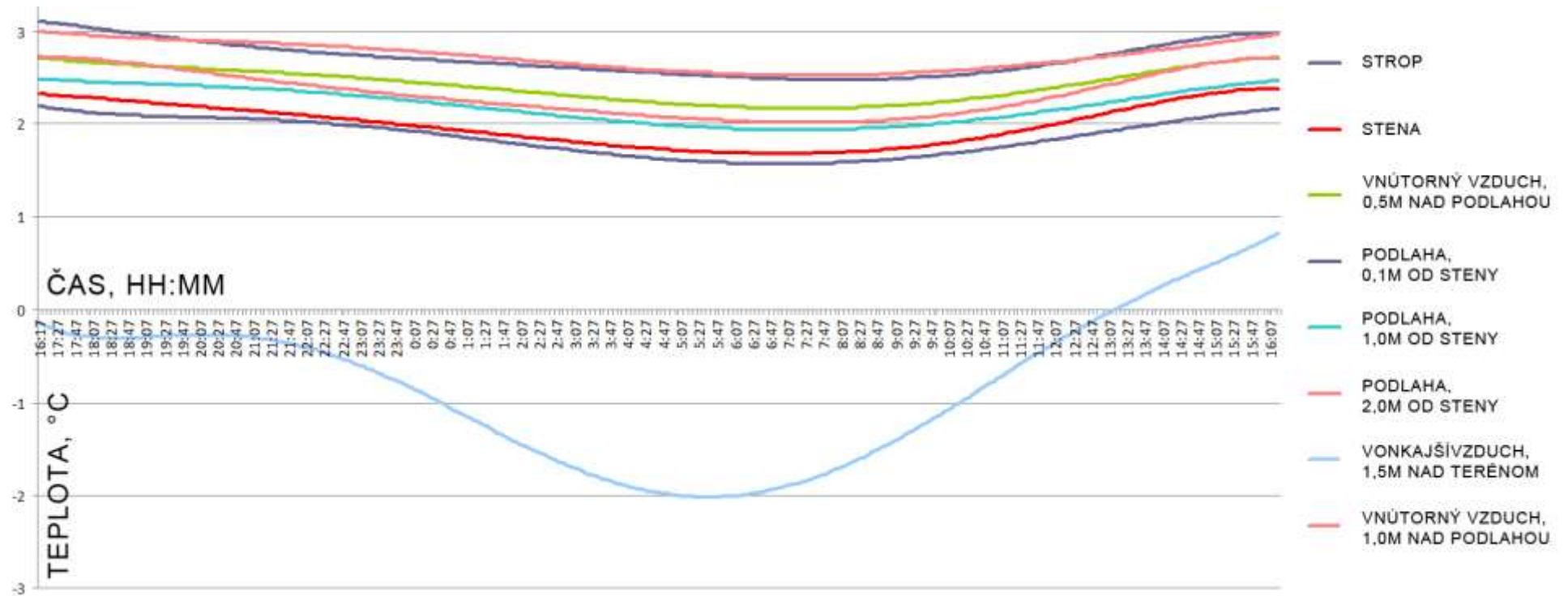
Detail A – rozmiestnenie snímačov v pôdoryse



Obr. 26

Meracie a zapisovacie zariadenie

Hodnoty nameraných teplôt v interiéri posudzovaného objektu sú na nasledovnom obrázku.



Obr. 27  
 Priebeh teplôt v interiéri farmy a v exteriéri



Obr. 28

Snímač č.1 – vnútorná povrchová teplota strechy



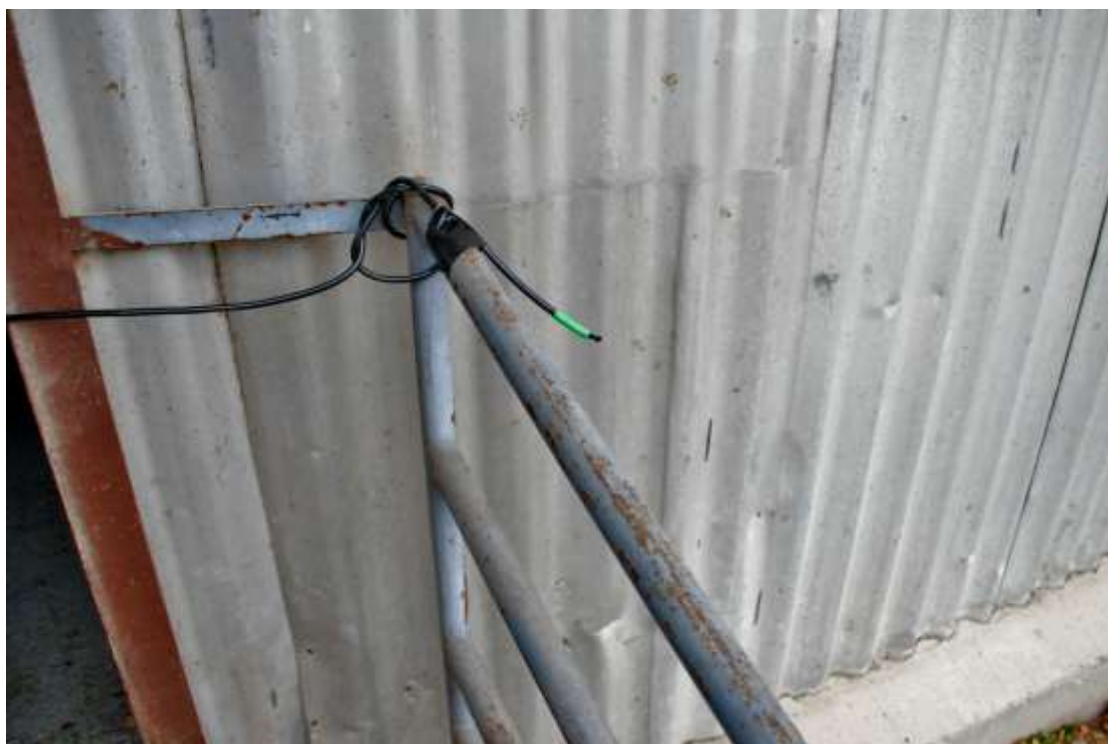
Obr. 29

Snímač č.2 – vnútorná povrchová teplota obvodovej steny



Obr. 30

Snímače č. 3, 4 – vnútorná povrchová teplota podlahy



Obr. 31

Snímače č. 7 – vonkajšia teplota vzduchu



## 4. Prehľad výsledkov práce

Bol vybraný objekt farmy ošípaných vo výkrme. Na základe vykonaného stavebného prieskumu boli zistené typy a zloženie konštrukcií.

Prostredníctvom zistených informácií bol vypočítaný tepelný odpor  $R$  a súčiniteľ prechodu tepla  $U$  jednotlivých konštrukcií a priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu. Prehľad hodnôt je uvedený v nasledovnej tabuľke.

Tab. 15 Prehľad hodnôt tepelného odporu, súčiniteľa prechodu tepla, priemerného súčiniteľa prechodu tepla objektu

konštrukcia	tepelný odpor $R$ , $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	súčiniteľ prechodu tepla $U$ , $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu $U$ , $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
stena	1,755	0,536	1,483
	0,955	0,938	
podlaha	2,245	0,432	
	0,950	0,979	
strop	0,350	2,169	

Objekt bol posúdený z hľadiska :

- priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa ČSN 73 0543,
- tepelného odporu konštrukcií cez vnútornú povrchovú teplotu konštrukcií podľa ČSN 73 0565.

Hodnota vypočítaného priemerného súčiniteľa prechodu tepla  $U = 1,483 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  je väčšia ako hodnoty uvedené v norme ČSN 730543 – posudzovaný objekt nevyhovuje energetickému kritériu podľa uvedenej normy.

Podľa normy ČSN 730565 stenové , stropné a podlahové konštrukcie sú vyhovujúce ak  $R \geq R_N$ , v prípade  $R < R_N$ , konštrukcie sú nevyhovujúce.

Prehľad hodnôt je v nasledovnej tabuľke.

Tab. 16 Vypočítaný, normový tepelný odpor

konštrukcia	Vypočítaný tepelný odpor $R, \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Normový tepelný odpor $R_N, \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	vyhovuje / nevyhovuje
stena	1,755	0,505	vyhovuje
	0,955		vyhovuje
podlaha	2,245		vyhovuje
	0,950		vyhovuje
strop	0,350		nevyhovuje

Ďalej boli navrhnuté opatrenia na zlepšenie vnútorného prostredia objektu, popísané v alternatíve 1 a 2. Prehľad hodnôt tepelného odporu a súčiniteľa prechodu tepla po uplatnení zmien sa nachádza v nasledovných tabuľkách.

Tab. 17 Porovnanie hodnôt pôvodného stavu a nového stavu, alternatíva 1

konštrukcia	tepelný odpor $R, \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$		súčiniteľ prechodu tepla $U, \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	
	pôvodný stav	nový stav	pôvodný stav	nový stav
strop	0,350	2,521	2,169	0,380

Tab. 18 Porovnanie hodnôt pôvodného stavu a nového stavu, alternatíva 2

konštrukcia	tepelný odpor $R, \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$		súčiniteľ prechodu tepla $U, \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	
	pôvodný stav	nový stav	pôvodný stav	nový stav
strop	0,350	3,704	2,169	0,262

Pri uvažovaných zmenách v alternatíve 1 sa hodnota vypočítaného priemerného súčiniteľa prechodu tepla objektu zmenila z pôvodnej hodnoty  $U = 1,483 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  na hodnotu  $U = 0,751 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , pri alternatíve 2 pôvodná hodnota sa zmenila na hodnotu  $U = 0,702 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Obidve hodnoty vyhovujú energetickému kritériu.

## 5. Diskusia

Vybraný posudzovaný objekt so svojim vnútorným prostredníctvom bol posúdený prostredníctvom priemerného súčiniteľa prechodu tepla  $U$  objektu a prostredníctvom tepelného odporu jednotlivých konštrukcií cez teplotu rosného bodu na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie.

Podľa ČSN 730543, doporučená hodnota priemerného súčiniteľa prechodu tepla je  $U_{m,N} = 0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , požadovaná hodnota  $U_{m,N} = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a prípustná hodnota pre rekonštrukcie  $U_{m,N} = 0,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  (Poznámka: Pôvodné označenie v norme je  $k_{m,N}$ ). Vypočítaná hodnota pre objekt je  $U = 1,498 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Táto hodnota nevyhovuje ani doporučenej normovej hodnote, ani požadovanej hodnote. Posúdenie ukázalo, že objekt nevyhovuje energetickému kritériu podľa ČSN 730543.

Vytvorené vnútorné prostredie objektu som ďalej zhodnotil podľa normy ČSN 730565, ktorá určuje nasledovnú podmienku – stenové, stropné a podlahové konštrukcie musia vykazovať vo všetkých miestach hodnotu tepelného odporu  $R_N$ ; vymenované konštrukcie s tepelným odporom  $R \geq R_N$  sú vyhovujúce, v prípade  $R < R_N$ , konštrukcie sú nevyhovujúce.

Tepelný odpor stavebných konštrukcií určuje kvalitatívnu úroveň tepelno-izolačných ich vlastností. Je priamo úmerný hrúbke a nepriamo úmerný tepelnej vodivosti použitých stavebných hmôt. Čím väčšia je hodnota tepelného odporu, tým vyššia je povrchová teplota stavebnej konštrukcie a tým aj menej tepla konštrukciou uniká. (Pogran, 2006).

A práve prostredníctvom vnútornej povrchovej teploty som tepelného odpor posudzovaných konštrukcií vyjadril. Túto hodnotu som uvažoval ako hodnotu teploty rosného bodu, teda teplotu, pri ktorej dochádza ku kondenzácii vodných pár na povrchu konštrukcií. Z výpočtu potom vyplynie hraničná hodnota tepelného odporu. Keďže vznik kondenzátu na povrchu konštrukcií je nežiaduci, hodnoty tepelných odporov konštrukcií, ktoré tvoria objekt, musia byť vyššie ako vypočítaná hraničná hodnota. Prehľad výsledkov ukazuje, že stropná konštrukcia posúdení nevyhovela.

Tieto negatívne výsledky sú zapríčinené najmä vekom budovy. Farma bola budovaná v osemdesiatych rokoch. V tomto období boli normové požiadavky na teplototechnické vlastnosti konštrukcií menej prísne ako sú dnes.

Ako návrh opatrení pre zlepšenie stavu objektu som navrhol dve alternatívne riešenia. V oboch sa jedná o zmenu strešnej konštrukcie. V alternatíve 1 nevyhovujúce drevotrieskové dosky podhl'ady boli nahradené obkladovými izolačnými panelmi hrúbky 0,050 m systému Isolpan AGRI. Realizovaním tejto úpravy bolo dosiahnuté zvýšenie odporu až na hodnotu  $21,521 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , ktorá podmienke posúdenia vyhovuje (bolo potrebné dosiahnuť tepelný odpor väčší ako  $0,505 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ). Taktiež touto úpravou bol zmenený priemerný súčiniteľ prechodu tepla objektu  $U=0,751 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Hodnoty vyhovuje energetickému kritériu pre rekonštrukcie. V alternatíve 2 som použil doskami tepelnej izolácie systému Styrofoam. Touto úpravou hodnota tepelného odporu stropu sa zmenila z pôvodnej hodnoty  $0,350 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$  na hodnotu  $3,704 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$  a hodnota súčiniteľa prechodu tepla sa zmení z  $2,169 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  na  $0,262 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Obe hodnoty sú taktiež vyhovujúce podľa uvedeného posúdenia.

Izolačný panel Isolpan AGRI, použitý v alternatíve 1, je tvorený oceľovým obalom z plechu 0,6 mm, ktorý zabezpečuje ochranu izolačného jadra tvoreného polyuretánovou penou hrúbky 0,050 m. Výhodou panelov ich využitie v poľnohospodárskych objektoch vyznačujúcich sa prítomnosťou poľnohospodárskych zvierat. Tieto panely majú povrchovú úpravu s UV stabilizátorom zabezpečujúcim odolnosť proti kyslému prostrediu, amoniaku, alkoholu, zásadám a žieravinám. Nevýhodou je vyššia hmotnosť ( $6,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), čo vyžaduje ďalšie opatrenia pre zosilnenie podpornej konštrukcie pre uchytenie panela a s tým spojené náklady na systém uchytenia panelov k podhl'adu (stropu).

V alternatíve 2 použitý izolačný systém Styrofoam určený pre poľnohospodárske objekty je tvorený doskou z extrudovaného penového polystyrénu, neobsahuje ochranný oceľový obal, ani inú ochrannú vrstvu. Výrobca deklaruje odolnosť povrchu dosky voči vysokej vlhkosti, poškodeniu nárazmi, pravidelnému čisteniu (vrátane čistenia tlakovou vodou), dezinfekcii, agresívnym kvapalinám atď.

Výhodou systému je jeho nízka plošná hmotnosť ( $3,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , pri hrúbke 0,100m), čo nevyžaduje zvýšené nároky na nosný systém uchytenia panela, v porovnaní s alternatívou 1. Výrobca tiež udáva, že pre zaistenie dlhej životnosti a funkčnosti povrch izolačných dosiek musí byť pravidelne istený a dezinfikovaný. Vzhľadom k tomu, že dosky sú nenasiakavé, normálne čistenie pomocou vody nespôsobuje žiadne

poškodenie alebo zníženie izolačnej schopnosti dosiek. Táto skutočnosť zvyšuje náklady na prevádzku objektu (potreba zariadenia čistenie dosiek a dezinfekčné prostriedky).

Z uvedených informácií vyplýva alternatíva 2 ako lepšie opatrenie pre zlepšenie stavu objektu. Výhodu vidím hlavne v zabezpečení lepších tepelnoizolačných vlastností konštrukcie stropu i celého objektu. Ďalšou jeho prednosťou je nižšia hmotnosť panelov a jednoduchý systém kotvenia pomocou tanierových rozperiek. Prevádzka takto upraveného objektu je z dôvodu potreby čistenia a dezinfekcie vyššia, počíta sa s návratnosťou finančných prostriedkov cez zvýšenie úžitkovosti v dôsledku vytvorenia výhodnejšieho prostredia.

Pre prípad farmy na výkrm ošípaných je hodnota relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_a$ , podľa etapy výkrmu, 70 – 85 %. Tieto hodnoty veľmi vysoké – t.j. riziko vzniku plesní na povrchu konštrukcií je veľmi vysoké. Pre zníženie rizika vzniku plesní v priestore objektu, by sme použili vetrací systém dimenzovaný na vlhkosťnú záťaž (Székelyová, 2001), ktorý by zabezpečoval odvádzanie vlhkosti.

Súčasťou práce bolo aj zmeranie priebehu teplôt v objekte a priebeh vonkajšej teploty počas 24 hodín. Z obrázku priebehu teplôt z jednotlivých snímačov vidíme, že teploty namerané v interiéri objektu sú o 1 až 3,5°C vyššie ako teplota vonkajšieho vzduchu. Aj keď objekt bol počas merania bez prevádzky, teda bez akýchkoľvek tepelných zdrojov, vnútorné teploty boli nižšie. Konštrukcie aj v tomto stave vykazujú teplotný útlm.

Kolísanie teploty vzduchu vyvoláva kolísanie teploty na vonkajšom povrchu konštrukcie, pričom sa smerom k vnútornému povrchu konštrukcie postupne znižujú amplitúdy kolísania (kmitov) a vznikne aj fázové posunutie teplotných kmitov. Aj na vnútornom povrchu konštrukcie sa predpokladá harmonický a periodický priebeh teploty. (Halahyja, 1998) Konštrukcia svojimi vrstvami, charakterizovanými teplo technickými vlastnosťami, ovplyvní teplotu na vnútornom povrchu konštrukcie, respektíve vo vnútornom vzduchu – dochádza k teplotnému útlmu. Teplotný útlm je bezrozmerná veličina a udáva koľkokrát je teplotná amplitúda na vnútornom povrchu menšia ako teplotná amplitúda na vonkajšom povrchu konštrukcie, prípadne teplotná amplitúda vonkajšieho prostredia.

V meranom objekte bol rozdiel vonkajšieho vzduchu a vnútornej povrchovej teploty obvodovej steny 1,5 – 3,5°C.

Útlm teplôt tiež spôsobuje vplyv zeminy. V zimnom období nízka teplota ovplyvní hmotu pôdy pod objektom len do určitej obmedzenej vzdialenosti (hĺbky) smerom do interiéru. Takto vznikne po obvode objektu (od obvodovej steny smerom do interiéru) určité pásmo (plocha), ktorá bude ochladzovať vnútorný priestor. Ostatná časť zeminy bude skôr pôsobiť na klímu objektu ako zdroj tepla a z časti utlmí teplotu vonkajšieho prostredia. Z tohto dôvodu je vhodné po obvode poľnohospodárskych objektov (v interiéri, pri obvodovej stene) budovať komunikácie pre obsluhu a plochy pre ustajnené hospodárske zvieratá posúvať ďalej od obvodovej steny.

Príklad ovplyvnenia teploty vnútorného prostredia objektu pôdou pod objektom vidíme aj na realizovanom meraní. Povrchová teplota podlahy vo vzdialenosti 0,1 m od obvodovej steny je oproti teplote vonkajšieho vzduchu o 1,5 až 3,5°C vyššia. Väčší rozdiel môžeme pozorovať pri porovnaní teploty vonkajšieho vzduchu s teplotou podlahy vo vzdialenosti 1,0 m od obvodovej steny. Tento rozdiel je 2 až 4°C. Najväčší rozdiel je pri porovnaní teploty vonkajšieho vzduchu s teplotou podlahy vo vzdialenosti 2,0 m od obvodovej steny. Rozdiel je 2,5 až 4,5°C.

## 6. Návrh na využitie výsledkov

Výsledky práce poukazujú na potrebu riešenia vnútorného prostredia objektov, ktoré vplýva, pozitívne i negatívne, na prevádzku v objekte . V poľnohospodárskych objektoch je potrebné zabezpečiť čo najoptimálnejšie parametre prostredia, ktoré priamo ovplyvňuje efektivitu celého výrobného procesu a tým úroveň ziskovosti spoločnosti. Stavebný prieskum posudzovaného objektov poukázal na problémy starších výrobných objektov týkajúce sa hlavne nedostatočných teplotných vlastností zastaraných konštrukcií. V dôsledku nevyhovujúcich konštrukcií boli navrhnuté opatrenia pre zlepšenie tepelnotechnických vlastností budovy.

Uvedené postupy a výsledky je možné aplikovať na ďalšie poľnohospodárske objekty určené pre chov hospodárskych zvierat. Treba však zohľadniť špecifikáciu jednotlivých druhov a kategórií zvierat, z čoho vyplývajú nároky na ich chov a výpočtové hodnoty jednotlivých parametrov vnútorného prostredia.

Výsledky je ďalej možné použiť aj pre priemyselné objekty nepoľnohospodárskeho zamerania. Tiež je potrebné vychádzať hlavne z požiadaviek výrobnej prevádzky na vnútorné prostredie a pri posudzovaní a hodnotení konštrukcií je potrebné riadiť sa príslušnými normami daného priemyselného odvetvia.

## 7. Záver

V práci boli zozbierané informácie o vnútornom prostredí výrobných objektov, o vplyvoch pôsobiacich na vnútorné prostredie. Ďalej práca obsahuje informácie o normových požiadavkách na jednotlivé vlastnosti konštrukcií, ktoré ovplyvňujú vnútorne prostredie objektov a sú určené technickými normami.

Na vybranom výrobnom objekte bol vykonaný stavebný prieskum a uskutočnené meranie priebehu teplôt povrchov konštrukcií vo vnútornom priestore objektu a teploty vnútorného a vonkajšieho vzduchu. Pre zlepšenie vnútorného prostredia objektu boli navrhnuté príslušné opatrenia.

Na základe uvedeného môžem vyhlásiť, že boli splnené ciele práce určené v bode 2.



## 8. Literatúra

POGRAN, Š. 2006. *Energetická náročnosť budov*. Nitra : SPU v Nitre, 2006. 131 s. ISBN 80-8069-699-3.

HALAHYJA, M. 2000. *Stavebná fyzika*. Bratislava : STU v Bratislave, 2000. 101 s. ISBN 80-227-1419-4.

CHMÚRNY, I. 2006. *Stavebná fyzika*. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 2006. 75 s. ISBN : 80-227-2345-2.

VAVERKA, J. 2006. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno : Vysoké učení technické, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.

HALAHYJA, M., CHMÚRNY, I., STERNOVA, Z. 1998. *Stavebná tepelná technika*. Bratislava : Jaga, 1998. 224 s. ISBN 80-88905-04-4.

KUPILÍK, V. 1993. *Konstrukce pozemních staveb. VI. díl. Zdravotní nezávadnost stavebních konstrukcí*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1993. 93 s. ISBN 80-01-01046-5.

JOKL, M. 1986. *Teorie vnitřního prostředí budov*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1986. 187 s.

JOKL, M. 2002. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. Praha : Academia, 2002. 264 s. ISBN 80-200-0928-0.

ŠENITKOVÁ, I., ŠTEVULOVÁ, N. 1997. *Vnútorné prostredie budov. Radón, formaldehyd, azbest*. Košice : Technická univerzita, 1997. 96 s. ISBN 80-7099-315-4.

STERNOVA, Z. 1999. *Škodliviny negatívne pôsobiace na zdravie. Budovy na bývanie*. Bratislava : Ministerstvo výstavby a verejných prác SR, 1999. 187 s. ISBN 80-88997-00-3.

DANIELIS, K. 2003. *Technika budov*. Bratislava : Jaga, 2003. 527 s. ISBN 80-88905-60-5.

SZÉKYOVÁ, M., IHRADSKÁ, J., LEIMBERGER, P., MIKUŠKA, P. 2001, *Technické zariadenie budov III*. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 2001. 272 s. ISBN 80-227-1590-5.

KUPILÍK, V. 1994. *Zdravotní nezávadnosť stavebných konštrukcií I. Vlhkosť a uvoľnenie škodlivín do ovzdušia*. Praha : Ústav stavebných informácií Praha, 1994. 47 s. ISBN : 80-85380-34-X.

STERNOVÁ, Z., BENDŽALOVÁ, J., RAKOVSKÝ, Š. 2002. *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov – Tepelná ochrana budov – Časť 1-4 – Komentár s STN 730540:2002*. Bratislava : Slovenský ústav technickej normalizácie, 2002. 112 s. ISBN 80-88971-12-8.

STN 73 0540 : 2002, *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov – Tepelná ochrana budov – Časť 1-4*.

ČSN 730565 : 1994, *Tepelné technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov - Stájové objekty*.

STN 730565 : 1998, *Tepelno-technické vlastnosti stavebných konštrukcií. Maštalné objekty*.

ČSN 730543 : 1998, *Vnitřní prostředí stájových objektů - Část 1-2*

*Zákon č. 259/2008 Z.z. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky z 18.júna 2008 o podrobnostiach a požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.*

Obec Zavar [online]. [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete : <http://www.mesta-obce.sk/trnavsky-kraj/okres-trnava/zavar/>

Tepelnoizolačné panely AVG [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupné na internete :  
<http://www.avg-group.com/avg.php?lang=sk&lnk=produkty&cast=panely>

Tepelnoizolačné panely ISOLPAN AGRI [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupné na internete : <http://www.izolacnepanely.sk/panely.php#isolpanagri>

Diagnostika prostredia a technických zariadení [online]. [cit. 2011-02-12]. Dostupné na internete: <http://www.sstp.sk/Diagnostika%20prostredia.htm>.

## **PRÍLOHY**



Mapa teplotných oblastí v zimnom období



Mapa teplotných oblastí v letnom období



Mapa veterných oblastí v zimnom období