

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA

V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

**Tepelná stabilita vnútorných priestorov v zimnom a letnom
období**

Diplomová práca

Študijný program: Spoľahlivosť a bezpečnosť technických systémov

Študijný odbor: 5.2.57 Kvalita produkcie

Školiace pracovisko: Katedra stavieb

Školiteľ: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

Bc. Tomáš Blaško

Nitra 2010

ABSTRAKT

Tomáš Blaško blasko.tomas.86@gmail.com 2010 „Tepelná stabilita vnútorných priestorov v letnom a zimnom období“ [Diplomová práca] Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Technická fakulta, Katedra stavieb. Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

V mojej diplomovej práci som sa zaoberal otázkami tepelnej stability poľnohospodárskych výrobných budov a administratívnych budov. V časti prehľad o riešenej problematike sú spísané v niekoľkých kapitolách informácie súvisiace s tepelnou bilanciou a energetickou hospodárnosťou poľnohospodárskych budov a administratívnych budov v slovenskej republike. V práci je možné nájsť niekoľko zaujímavých výsledkov, ktoré úzko súvisia tepelnou stabilitou poľnohospodárskych a administratívnych budov.

Problematika tepelnej stability a energetickej náročnosti je veľmi aktuálna. Najmä u obytných budov. Ale postupne sa začína zapracovávať aj do legislatívy a noriem ošetrojúcich ju v našej republike aj pre poľnohospodárske a priemyselné budovy. Potreba znižovania energetickej náročnosti súvisí najmä s vysokými emisiami CO₂ a neustále sa zvyšujúcimi cenami energií. Taktiež ale súvisí s vytváraním prijateľných hygienických a prevádzkových podmienok v podnikoch, čo súvisí s ich ekonomikou.

Diplomová práca je aplikovaná na ustajňovací objekt pre hovädzí dobytok a pre kancelársku miestnosť v administratívnej budove. K dosiahnutiu výsledkov je potrebné postupovať podľa metodiky práce.

Kľúčové slová: Energetická hospodárnosť, Tepelná stabilita, Súčiniteľ tepelnej vodivosti, Súčiniteľ prechodu tepla, Leto, Zima

ABSTRACT

Tomáš Blaško blasko.tomas.86@gmail.com 2010 „Thermal stability of inside in summer and winter time.“ [Thesis] Slovak Agricultural University in Nitra. Faculty of Engineering, Department of buildings. Supervisor: doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

This thesis deals with issues concerning the thermal balance of agricultural production buildings and office buildings. The section “Overview of the solved issues” consists of several chapters dedicated to information regarding the thermal balance and energy efficiency of agricultural and office buildings in the Slovak republic. This dissertation contains a number of interesting findings which closely relate to the thermal balance of agricultural buildings.

The concerns of the thermal balance and energy demand are of increasing importance; especially in regards to residential buildings. As a result, these issues are gradually being incorporated into Slovak legislation and standards which are valid also for agricultural and industrial buildings. The need for decreasing energy consumption is related mainly to the amount of the CO₂ emissions released into the atmosphere as well as continually growing energy prices. In addition, it is connected with the creation of feasible hygiene and operating conditions in enterprises which is also associated with their economic goals.

The solutions provided in this dissertation are applied to the cattle stall. It is necessary to follow the methodology of work in order to achieve the desired results.

Key words: Energy efficiency, Thermal stability, Thermal conductivity coefficient, Thermal transition coefficient, Summer, Winter,

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

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

Bošany

.....

podpis autora DP

POĎAKOVANIE

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

Bošany

.....

podpis autora DP

Zoznam použitých skratiek

a_1, a_2, a_3	Konštanty
b_{xi}	Redukčný faktor tepelných strát
c	Merná tepelná kapacita ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
c_a	Merná tepelná kapacita vzduchu ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
d	Hrúbka konštrukcie (m)
m_z	Hmotnosť jedného zvieraťa (kg)
str.	Strana
z	Počet ustajnených zvierat (ks)
ČSN	Československá norma
EN	Európska norma
H_T	Merná tepelná strata ($W.K^{-1}$)
ISO	Medzinárodná norma
MKS	Montovaný keramický systém
M_v	Požadovaný prietok čerstvého vzduchu ($kg.s^{-1}$)
Q_c	Zdanlivá produkcia citeľného tepla (W)
Q_p	Tepelná strata prestupom (W)
Q_t	Výkon vykurovacieho zariadenia (W)
Q_{tg}	Výkon plynového vykurovania (kW)
Q_v	Tepelná strata vetraním (W)
R	Tepelný odpor ($m^2.K.W^{-1}$)
R_{se}	Odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie ($m^2.K.W^{-1}$)
R_{si}	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie ($m^2.K.W^{-1}$)
R_0	Odpor konštrukcie pri prechode tepla ($m^2.K.W^{-1}$)
STN	Slovenská technická norma
Tab.	Tabuľka
U	Súčiniteľ prestupu tepla ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
U_m	Priemerný súčiniteľ prestupu tepla ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
U_n	Normovaná hodnota súčiniteľa prechodu tepla ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
Δt_e	Rozdiel teplôt (K)
θ_e	Vonkajšia teplota ($^{\circ}C$)
θ_i	Vnútorná teplota ($^{\circ}C$)
θ_{si}	Povrchová teplota konštrukcie z vnútornej strany ($^{\circ}C$)

θ_x	Teplota v ľubovoľnom mieste stavebnej konštrukcie ($^{\circ}\text{C}$)
λ	Súčiniteľ tepelnej vodivosti ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
ρ	Objemová hmotnosť v suchom stave ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
ρ_i	Hustota vzduchu v interiéri ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK.....	6
ÚVOD	11
1 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	13
1.1 Základné definície	13
1.1.1 Teplo	13
1.1.2 Teplota.....	13
1.2 Základné spôsoby šírenia tepla	14
1.2.1 Šírenie tepla vedením	14
1.2.2 Šírenie tepla prúdením.....	15
1.2.3 Šírenie tepla sálaním	16
1.3 Základné klimatické podmienky.....	18
1.3.1 Výpočtové teploty vonkajšieho vzduchu v zimnom období.....	19
1.3.2 Výpočtové hodnoty vonkajšieho vzduchu v letnom období.....	20
1.3.3 Pasívny solárny zisk	22
1.3.4 Tepelná rovnováha na vonkajšom povrchu konštrukcie.....	24
1.3.5 Rýchlosť vetra	26
1.4 Tepelná stabilita	27
1.4.1 Tepelná stabilita v letnom období	27
1.4.2 Tepelná stabilita miestností zimnom období.....	31
1.5 Tepelná pohoda	35
1.5.1 Veličiny pri posudzovaní tepelného stavu prostredia	38
1.5.1.1 Teplota vzduchu	38
1.5.1.2 Stredná radiačná teplota.....	38
1.5.2 Lokálna tepelná nepohoda.....	38
1.5.3 Vnútrotná výpočtová teplota	39
1.6 Stavebná tepelná technika.....	40
1.6.1 Ustálený teplotný stav	40
1.6.2 Tepelný odpor	40
1.6.3 Odpor konštrukcie pri prechode tepla	41
1.6.4 Súčiniteľ prechodu tepla a priemerný súčiniteľ prechodu tepla	42
1.6.5 Priebeh teploty v stavebnej konštrukcii.....	43
1.7 Tepelno-technické vlastnosti stavebných materiálov	43
1.7.1 Objemová hmotnosť	44

1.7.2 Súčiniteľ tepelnej vodivosti.....	44
1.7.3 Merná tepelná kapacita.....	45
2 CIEĽ PRÁCE	46
3 METODIKA PRÁCE	47
3.1 Stavebný prieskum.....	47
3.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu	47
3.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu.....	48
3.4 Stanovenie tepelných odporov konštrukcií.....	48
3.5 Tepelná stabilita v zimnom období.....	48
3.6 Tepelná stabilita v letnom období.....	48
4 VLASTNÁ PRÁCA	49
4.1 Stavebný prieskum.....	49
4.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu	50
4.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu.....	51
4.4 Stanovenie tepelných odporov konštrukcií.....	51
4.5 Tepelná stabilita v zimnom období.....	52
4.5.1 Výpočtová teplota vonkajšieho vzduchu θ_e (°C).....	52
4.5.2 Výpočtová teplota vnútorného vzduchu θ_{int} (°C).....	52
4.5.3 Objem vzduchu v miestnosti V_m (m ³).....	53
4.5.4 Intenzita výmeny vzduchu n (h ⁻¹).....	53
4.5.5 Tepelná strata vetraním H_V (m ³ .h ⁻¹)	53
4.5.6 Tepelná strata prechodom tepla H_T (W.K ⁻¹).....	53
4.5.6.1 Tepelné straty priamo do exteriéru $H_{T,ie}$ (W.K ⁻¹).....	53
4.5.6.2 Tepelné straty cez zeminu $H_{T,ig}$ (W.K ⁻¹).....	53
4.5.6.3 Tepelné straty pre priestory vykurované na iný teplotu $H_{T,ij}$ (W.K ⁻¹).....	54
4.5.7 Tepelná strata miestnosti ϕ (kW).....	54
4.5.8 Tepelná energia akumulovaná konštrukciami miestnosti W (kW.h ⁻¹).....	54
4.5.9 Teplota vnútorného vzduchu $\theta_{ai}(t)$ (°C).....	55
4.5.10 Objemový tok vzduchu Vm m3. s – 1	55

4.5.11 Výsledná teplota $\theta_v(t)$ ($^{\circ}\text{C}$)	56
4.5.12 Pokles výslednej teploty miestnosti v zimnom období $\Delta\theta_v(t)$ (K).....	56
4.6 Tepelná stabilita v letnom období.....	56
4.6.1 Plocha plášťovej konštrukcie S ($\text{m}^2 \cdot \text{ks}^{-1}$).....	56
4.6.2 Súčiniteľ prechodu tepla U ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)	56
4.6.3 Teplota vo vnútri plášťovej konštrukcie θ ($^{\circ}\text{C}$).....	57
4.6.4 Merný prietok vetracieho vzduchu v letnom období $\text{mv kg} \cdot \text{s} - 1 \cdot \text{kg} - 1$	57
4.6.5 Stredná intenzita globálneho slnečného žiarenia J_m ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$).....	57
4.6.6 Výpočtové stavy charakterizujúce produkciu citeľného tepla od ustajnených zvierat $A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}$	57
4.6.7 Priemerná teplota vnútorného vzduchu θ_{aim} ($^{\circ}\text{C}$)	58
4.6.8 Teplotný útlm konštrukcie v (bezrozmerný)	58
4.6.9 Fázový posun teplotných kmitov v konštrukciách ψ	59
4.6.10 Prírastok tepelnej energie vplyvom konštrukcie Δw_e ($\text{kJ} \cdot \text{ks}^{-1}$)	59
4.6.11 Prírastok tepelnej energie vplyvom priesvitných konštrukcií Δw_r ($\text{kJ} \cdot \text{ks}^{-1}$)	60
4.6.12 Prírastok tepelnej energie vplyvom vetrania Δw_v ($\text{kJ} \cdot \text{ks}^{-1}$).....	61
4.6.13 Prírastok vnútornej dennej teploty $\Delta\theta_{\text{ai}(t)}$ (K).....	61
4.6.14 Najväčší vzostup teploty vnútorného vzduchu $\Delta\theta_{\text{ie,max}}$ (K)	61
5 ZÁVER.....	62
6 POUŽITÁ LITERATÚRA	64

Úvod

Zvyšujúce sa hodnoty CO₂ a skleníkových plynov v ovzduší majú za následok ako je už dnes preukázané neodvratné globálne otepľovanie. Kjótsky protokol spolu s vysokými cenami energetických surovín nás núti zamýšľať sa nad úsporami energií vo všetkých sférach nášho života. Toto je v súčasnosti veľmi dôležitou témou legislatívnych rokovaní európskej únie a medzinárodného spoločenstva a medzinárodných organizácií. Preto aj každý z nás by mal pristupovať k šetreniu energetických zdrojov zodpovedne.

Jedným zo spôsobov ako konzumná spoločnosť môže k tomu prispieť je budovanie energeticky nenáročných budov alebo znižovanie energetickej náročnosti už jestvujúcich budov ich rekonštrukciou. Aj keď energetická náročnosť obytných a občianskych budov je už v súčasnej dobe legislatívne a normatívne ošetrovaná aj v našej republike, pri výrobných, poľnohospodárskych a rôznych iných budovách je tento proces ešte len na začiatku svojej cesty. Spotreba energie v budovách je v rozhodujúcej miere predurčená vhodným riešením budovy s cieľom dosahovať optimálny energetický režim počas celého obdobia využívania budovy. Zabezpečovanie normami stanovených energetických požiadaviek vyžaduje komplexné riešenie navrhovania budov už pri riešení urbanistického návrhu. Zameriava sa hlavne na nové prístupy k riešeniu funkčného usporiadania územia z hľadiska racionálneho využívania nových energetických zdrojov pri maximálne možnom dodržiavaní ekologických kritérií. V prípade ak sa jedná o novú veľkú budovu je potrebné aby bola posúdená aj technická, enviromentálna a ekonomická využiteľnosť alternatívnych energetických systémov v mieste výstavby.

K úsporám energie je nevyhnutné pristupovať koncepčne. Z začať je potrebné už pri lokalizácii stavby vhodným výberom budúceho staveniska, premyslenou orientáciou k svetovým stranám a prevládajúcim vetrom a osadením do terénu vo vzťahu k tvarovému riešeniu budovy. Týmto spôsobom môžeme do značnej miery eliminovať negatívne vplyvy vonkajšieho prostredia a zároveň je možné vytvárať podmienky pre maximálne využitie druhotných energií hlavne vplyvu slnka, teploty pôdy a spodných vôd. Na takto pripravený architektonický koncept musí priamo nadväzovať stavebno-konštrukčné a dispozičné riešenie optimalizované tepelnotechnicky.

Je treba mať na pamäti aj to, že čím väčšia plocha obalu budovy je v styku s okolitým prostredím, tým väčšie sú naše energetické straty a preto je vhodné navrhovať jednoduché

kompaktné budovy s racionálne minimalizovaným pomerom ochladzovanej plochy obalového plášťa. Veľmi dôležitou časťou pri posudzovaní energetickej náročnosti budov je určenie tepelného príkonu budovy. Cieľom je špecifikovať dávku potrebného množstva tepla na zabezpečenie dosiahnutia požadovanej vnútornej výpočtovej teploty pri definovaných výpočtových podmienkach.

Veľmi preukaznou požiadavkou je najmä tlak na zabezpečenie energetických certifikátov budov. V zmysle tejto požiadavky musia členské štáty EU zabezpečiť, aby pri výstavbe, predaji alebo prenájme budovy bol vystavený energetický certifikát. Ten bude obsahovať aj referenčné bodu ako sú súčasné právne normy a štandardy aby sa tak umožnilo spotrebiteľom porovnať a posúdiť energetickú hospodárnosť prevádzkovej budovy.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

1.1 Základné definície

1.1.1 Teplo

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

(Chmúrmy, 2003)

1.1.2 Teplota

Teplota je mierou kinetickej energie molekúl. Je to stavová veličina. Jednotkou termodynamickkej teploty je kelvin (K), ktorý predstavuje $1/273,16$ časť termodynamickkej teploty trojného bodu vody.

Okrem termodynamickkej teploty T sa používa aj Celziova teplota θ . Jednotkou Celziovej teploty je stupeň Celzia, značka $^{\circ}\text{C}$. Celziova teplota θ je definovaná ako rozdiel $\theta = T - T_0$ medzi dvoma termodynamickými teplotami T a T_0 , kde $T_0 = 273,16$ K. Interval alebo rozdiel teplôt môže byť vyjadrený buď v kelvinoch, alebo v stupňoch Celzia. Jednotka stupeň Celzia sa presne rovná jednotke kelvin. Približné a veľmi hrubé kvalitatívne určenie teploty udávajú naše zmysly.

Presnejšie kvantitatívne údaje o teplote dosiahneme meraním teplomermi. Teplomerné je vlastne nesprávne pomenovaný prístroj. Správne by sa mal volať teplotomer, lebo meria

teplotu. Meranie tepla je oveľa zložitejšie. V anglosaských krajinách sa na vyjadrenie teploty používa Fahrenheitova stupnica, ktorá využíva fixné body 32°F, prípadne 212°F.

(Chmúrmy, 2003)

Prevod potom je:

$$\theta_f = \frac{9}{5} \cdot \theta + 32 \quad (1)$$

Kde:

θ_f - teplota vo Fahrenheitových stupňoch (°F)

1.2 Základné spôsoby šírenia tepla

Teploto sa môže šíriť v akomkoľvek prostredí, keď sú na rôznych miestach tohto prostredia rozdielne teploty, pričom z miest s vyššou teplotou prechádza teplo do miest s nižšou teplotou, a tak nastáva vyrovnávanie teplôt určitého prostredia. Prenos tepla zahŕňa javy, pri ktorých systém teplo príjma alebo vydáva. Podľa toho, v akom prostredí a na akých fyzikálnych základoch sa tento pohyb tepelnej energie uskutočňuje, rozoznávame šírenie tepla:

- Vedením (kondukciou)
- Prúdením (konvekciou)
- Sálaním (radiáciou)

Pojem šírenie tepla označuje prenos energie vedením tepla, prúdením tepla, sálaním tepla alebo ich vzájomnou kombináciou. Obyčajne sa šírenie tepla nerealizuje len jedným z týchto spôsobov, ale často bývajú rôzne navzájom kombinované. Napríklad prúdenie spolu so sálaním sa vyskytuje na vnútornom a vonkajšom povrchu stavebných konštrukcií. Všetky tri spôsoby šírenia tepla sa uplatnia pri šírení tepla v plynových vrstvách. Navonok sa šírenie tepla javí ako jediný proces, a preto sa v praxi často s výhodou aj početne takto vyjadruje.

(Chmúrmy, 2003)

1.2.1 Šírenie tepla vedením

Vedením sa teplo šíri v tuhých látkach, kvapalinách a plynoch. Vedenie tepla je v podstate postupné odovzdávanie kinetickej energie molekulám telesa pri ich dotyku. Pri matematickom vyjadrovaní zákonov pre vedenie tepla sa neberie do úvahy molekulová skladba látok, lebo ich pokladá za kontinuum. Telesa sa uvažujú ako homogénne a izotropné,

ak to nebude uvedené inak. Prenos tepla vedením je výmena tepla medzi susednými, tesne na seba nadväzujúcimi časticami telesa. Šírenie tepla vedením sa realizuje, ak je v rôznych miestach telesa určité rozdelenie teplôt, teda teplotné pole.

(Chmúrmy, 2003)

1.2.2 Šírenie tepla prúdením

Prúdením sa teplo šíri v kvapalných a plynných látkach tak, že sa častice látok pohybujú a zároveň prenášajú teplo. Pritom principiálne nastávajú dva javy:

- Teplo sa odvádza vedením z častice na časticu,
- Pohybujúce častice prenášajú svoju vnútornú energiu z miesta na miesto prúdením

Keď vzduch prúdi okolo povrchu tuhého telesa (napr. povrchu konštrukcie), vytvára sa oblasť tzv. vonkajšieho prúdenia a oblasť, v ktorej sa v dôsledku väzkosti (viskozity) vzduchu mení rýchlosť prúdu spojito od nulovej hodnoty na povrchu telesa až do rýchlosti vonkajšieho prúdu. Táto oblasť sa nazýva medzná vrstva. Vzduch sa v nej môže pohybovať laminárne aj turbulentne.

Tekutina (plyn) lokálnym zohriatím vyvoláva premiestňovanie častíc vplyvom ich rozdielnej mernej hmotnosti. Ľahšie častice stúpajú, ťažšie klesajú a premiešavajú sa s ostatnou tekutinou. Vzniká prirodzené prúdenie vyvolané iba rozdielom teplôt. Pohyb častíc možno vyvolať aj vonkajšími vplyvmi (čerpadlom, ventilátorom) a spôsobiť tak vynútené prúdenie tepla. Pri veľmi silnom vynútenom prúdení zaniká vplyv prirodzeného prúdenia a pri šírení tepla už nie je rozhodujúci teplotný rozdiel, ale iba rýchlosť prúdenia plyn, prípadne kvapaliny. Výmena tepla prúdením medzi povrchom telesa a kvapalným prostredím sa nazýva prestup tepla. Prestup tepla pri prúdení zo vzduchu do povrchu stavebnej konštrukcie (alebo opačne) je podľa Newtonovho zákona daný vzťahom

$$q_s = h_c \times (\theta - \theta_s) \quad (2)$$

Kde:

q_c – hustota tepelného toku pri prúdení (W/m^2)

h_c – súčiniteľ prestupu tepla pri prúdení ($W/(m^2 \cdot K)$)

θ – teplota vzduchu ($^{\circ}C$)

θ_s – teplota povrchu konštrukcie ($^{\circ}C$)

Súčiniteľ prestupu tepla pri prúdeení nie je veličina stála, ale závisí od mnohých parametrov charakterizujúcich stav a pohyb vzduchu, tvar a umiestnenie konštrukcie. Určuje sa na základe experimentálnych meraní. Rozlišuje sa pri prirodzenom a vynútenom prúdeení.

(Chmúrmy, 2003)

1.2.3 Šírenie tepla sálaním

Sálaním sa označuje elektromagnetické žiarenie vyslané z povrchu nepriepustného telesa alebo zvnútra polopriepustného prostredia. Sálanie sa zvyšuje s teplotou sálajúceho telesa a s jeho sálavými vlastnosťami, pričom z tepelného hľadiska je rozhodujúca vlnová dĺžka, ktorá je v rozsahu od 0,1 do 100 μm . Šírenie tepla sálaním je výmena energie medzi navzájom oddelenými telesami prostredníctvom elektromagnetických vln. Táto výmena sa uskutočňuje, keď sú telesá navzájom oddelené vákuom, priepustným alebo polopriepustným prostredím. Pri hodnotení tejto výmeny zároveň treba poznať, akým spôsobom nepriepustné a polopriepustné telesá vysielajú, pohlcujú a prepúšťajú žiarenie v závislosti od ich vlastností, vzájomnej polohy a teploty.

Pri šírení tepla sálaním ide o prenos elektromagnetických vln, ktoré sa šíria v priestore rýchlosťou svetla 99,7925.10³ km/s. Sálanie je vysielanie a prenos energie vo forme elektromagnetických vln alebo hmotných častíc. Sálanie je jediným spôsobom šírenia tepla vo vákuu, vďaka čomu slnečná energia dopadá na Zem.

(Chmúrmy, 2006)

Tabuľka 1 - Spektrum elektromagnetického žiarenia 1nm = 10⁻⁹ m

Vlnová dĺžka λ (nm)	Oblasť spektra, ktoré obsahuje:
$\lambda < 10^{-2}$	Kozmické žiarenie, gama lúče
10^{-2} až 10^2	Röntgenové žiarenie
100 až 380	UV žiarenie (horské slnko)
380 až 780 280 až 3000 nm slnečné žiarenie	Viditeľné žiarenie: <ul style="list-style-type: none"> • Fialová 380 až 436 nm • Modrá 436 až 495 nm • Zelená 495 až 566 nm • Žltá 566 až 589 nm • Oranžová 589 až 627 nm • Červená 627 až 780 nm
100 až 10^5	Tepelné sálanie
700 až 10^6	Infračervené žiarenie

Tepelným sálaním sa rozumie žiarenie v rozsahu vlnových dĺžok od 100nm do 10^5 nm, t. j. v infračervenej časti spektra. Tepelné žiarenie sa od iných žiarení líši iba dĺžkou vlny, ktorá je charakteristickou veličinou pre každé žiarenie. Tepelné ako aj svetelné žiarenie Slnka považujeme za elektromagnetické vlnenie, ktoré vysiela sálajúce teleso a šíri sa priamočiario. Pri dopade na iné teleso sa mení na teplo. Tepelné sálanie rozličných telies sa určuje ich teplotným stavom. Pri rovnakej teplote je sálavá schopnosť jednotlivých povrchov stavebných materiálov rozličná. Ideálne teleso, ktoré má pri danej teplote maximálnu sálavú schopnosť, sa nazýva čierne teleso (dokonalý žiarič, Planckov žiarič). Pohlcuje všetko žiarenie, ktoré naň dopadá, t. j. sálanie všetkých vlnových dĺžok, smerov a polarizácií. Pretože sú presne definované zákony jeho sálania, sálanie skutočných telies sa porovnáva s týmto čiernym telesom. Sálavá schopnosť reálnych konkrétnych telies predstavuje len určitú časť energie sálania čierneho telesa pri rovnakej teplote.

Energia vyžarovaná telesom môže byť čiastočne pohlcovaná okolitým prostredím, môže dopadať na iné telesá a rozptyľovať sa v okolitom priestore. Schopnosť pohlcovania rôznych telies nie je rovnaká. Teplo sálajú a absorbujú predovšetkým tuhé telesá a kvapaliny. Sálanie kvapalín sa riadi rovnakými zákonmi ako sálanie tuhých telies. Určitou výnimkou je čiastočná priepustnosť niektorých kvapalín pre lúče určitých vlnových dĺžok.

Intenzita výmeny tepla sálaním je pri rozličných telesách rôzna a závisí od ich teploty, schopnosti sálať, pohlcovať a odrážať teplo, od ich tvaru, rozmerov a vzájomnej polohy ožiarených konštrukcií. Celkový tepelný tok vyvolaný sálaním (sálavý tok) ϕ vo W dopadajúci na teleso je

$$\phi = \phi_{\alpha} + \phi_{\rho} + \phi_{\tau}; (W) \quad (3)$$

Kde:

ϕ_{α} – časť pohlcovaná telesom (W)

ϕ_{ρ} – časť odrazená telesom (W)

ϕ_{τ} – časť prechádzajúca telesom (W)

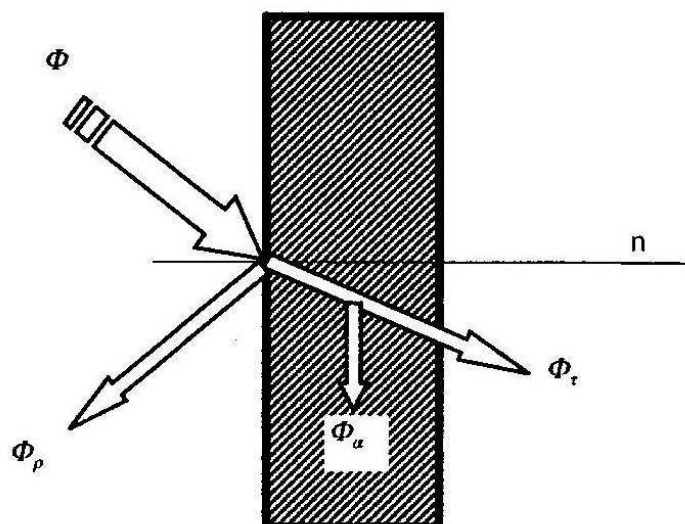
$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (4)$$

Kde:

α – pohltivosť sálania (-)

ρ – odrazová schopnosť (-)

τ – priepustnosť sálania (-)



Obrázok 1 - Schéma rozdelenia sálavej energie dopadajúcej na konštrukciu

1.3 Základné klimatické podmienky

Z analýzy faktorov, ktoré ovplyvňujú energetickú náročnosť budov patria klimatické faktory. Významný je vplyv prírodného prostredia na fyzikálny stav vnútorného prostredia budov a na možnosti využitia kladných a potlačenia záporných vplyvov pri vytváraní architektonickej a stavebno-konštrukčnej koncepcie budov. Najdôležitejšie meteorologické faktory, ktoré ovplyvňujú tepelnú bilanciu budov sú:

- Teplota vzduchu
- Slnéčné žiarenie
- Prúdenie vzduchu
- Atmosférické zrážky

Všetky tieto faktory pôsobia väčšinou komplexne. Ich vplyv je tak významnejší, ako keď sa berie do úvahy len pôsobenie jedného faktora. Je známe, že pôsobenie vonkajšieho prostredia na sídla a budovy je veľmi zložitá a rôznorodá a klimatické faktory sa v komplexnom prejave ťažko dajú zohľadniť vo výpočtových metódach. Zostavenie súboru klimatických údajov závisí od účelu výpočtovej metódy a charakteru posúdenia tepelnotechnických vlastností konštrukcie a budovy. Vonkajšie klimatické podmienky musia rešpektovať predpoklady zostavenia výpočtových modelov uplatnených v európskych normách, ale sú určité na národnej úrovni s ohľadom na špecifiká a klimatické podmienky danej lokality.

(Chmúrny, 2003)

1.3.1 Výpočtové teploty vonkajšieho vzduchu v zimnom období

Pri určovaní výpočtových teplôt vonkajšieho vzduchu pre navrhovanie a posudzovanie obvodových konštrukcií vykurovaných budov sa v celosvetovom meradle pristupovalo z pozície poznania extrémnych klimatických situácií. Určujúcim kritériom bolo splnenie fyziologických požiadaviek užívateľa budovy a splnenie požiadaviek zabezpečujúcich vhodné fyzikálne vlastnosti konštrukcií aj pri extrémnych klimatických podmienkach. Vonkajšia výpočtová teplota v zimnom období sa určí pre miesto budovy v závislosti od zemepisnej polohy podľa Obrázok 2 - Mapa teplotných oblastí Slovenska v zimnom období alebo podľa normy STN 73 0540-3 [90].



Obrázok 2 - Mapa teplotných oblastí Slovenska v zimnom období

Tabuľka 2 - Teplotné oblasti Slovenska v zimnom období a výškový gradient $\Delta\theta_e$ v STN 73
0540-3 [90]

Teplotná oblasť	Výpočtová teplota θ_e pre 100 m n. m. °C	Gradient $\Delta\theta_e$ nad 100 m n. m. 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
0 –vyvýšené svahové a horské hrebeňové oblasti (50 m nad rovinou, dolinou alebo kotlinou)		

K základnej hodnote oblastnej teploty sa pripočíta súčin výškového teplotného gradientu $\Delta\theta_e$ z posledného stĺpca tabuľky 2 a počtu stoviek metrov nad základnou výškou 100 m n. m. výpočtová teplota sa zaokrúhľuje na celé čísla smerom k nepriaznivejšej (nižšej) hodnote.

Hodnoty vonkajšej výpočtovej teploty sa určili ako dvojdňové priemery teploty vonkajšieho vzduchu $\theta_{2D,m}$ s priemernou dobou opakovania jedenkrát za rok a vypočítali sa z nameraných hodnôt v období rokov 1961 až 1999. Metodiku určuje EN ISO 15927-5 [100].

(Chmúrmy, 2003)

1.3.2 Výpočtové hodnoty vonkajšieho vzduchu v letnom období

Územie Slovenska sa rozdelilo na teplotné oblasti Obrázok 3 - Hranice teplotných oblastí v letnom období a určili sa tieto hodnoty priemernej dennej teploty vonkajšieho vzduchu v letnom období:

$\theta_{ae,m} - 20,5$ °C v teplotnej oblasti A

$\theta_{ae,m} - 18,2$ °C v teplotnej oblasti B

Amplitúdy kolísania teploty sa uvažujú:

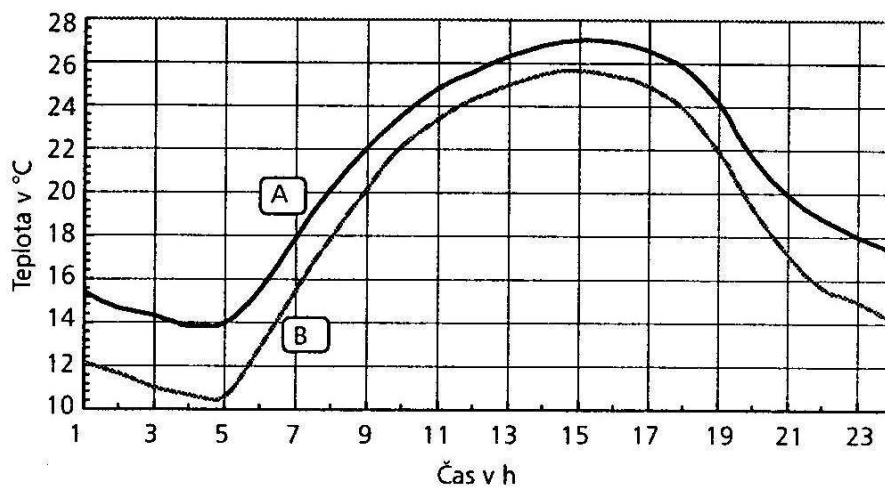
$A_e - 6,7$ K v teplotnej oblasti A

$A_e - 7,7$ K v teplotnej oblasti B



Obrázok 3 - Hranice teplotných oblastí v letnom období

Na Obrázok 4 - Denný chod priemernej dennej teploty vonkajšieho vzduchu pre teplotnú oblasť A a B je uvedený charakteristický priebeh teploty vonkajšieho vzduchu v letnom období. Výpočtové teploty vonkajšieho vzduchu v letnom období s uvedenými hodnotami sa v STN 73 0540 používajú na hodnotenie miestností z hľadiska tepelnej stability miestnosti v letnom období.



Obrázok 4 - Denný chod priemernej dennej teploty vonkajšieho vzduchu pre teplotnú oblasť A a B

1.3.3 Pasívny solárny zisk

Solárny tepelný zisk sa vypočíta podľa metodických zásad STN EN 832 [76] z nasledujúceho vzťahu

$$Q_s = \sum_j I_{sj} \sum_n A_{snj} \quad (5)$$

Kde:

I_{sj} – celková energia slnečného žiarenia na jednotku plochy s nasmerovaním počas výpočtového obdobia

A_{snj} – solárna účinná kolektorová plocha povrchu A_n s nasmerovaním j

Účinná kolektorová plocha zasklenej časti obvodového plášťa sa zistí takto

$$A_s = A \times F_s \times F_c \times F_w \times g_w \quad (6)$$

Kde:

A – plocha otvoru kolektorovej plochy (napr. plocha okna)

F_s – faktor tienenia

F_c – znižujúci faktor protisľnečných clôn

F_f – faktor rámov, ktorý sa rovná pomeru transparentnej plochy k celkovej ploche zasklenej jednotky

g_w – celková priepustnosť slnečnej energie

Faktor tienenia vyjadruje len trvalé zatienenie, ktoré sa nemení v závislosti od solárneho tepelného zisku alebo od vnútornej teploty. Používateľmi meniteľné alebo automatické protisľnečné zariadenia sú implicitne zahrnuté vo faktore využitia tepelného zisku.

Celková priepustnosť slnečnej energie g_w v rovnici (6) je časovo priemerná hodnota prepustenej časti žiarenia dopadajúceho na nezatienu stavebnú konštrukciu. Pre okná a ostatné zasklené časti obvodového plášťa STN EN 410 [82] uvádza postup na určenie solárnej priepustnosti žiarenia kolmého na plochu zasklenia. Táto hodnota g je trochu väčšia ako časovo priemerná hodnota celkovej priepustnosti slnečnej energie. Preto sa musí zaviesť korekčný faktor f_w .

Na výpočty po mesiacoch sa vyžaduje priemerná hodnota pre všetky uhly dopadu žiarenia.

Faktor F_w sa definuje približne takto: $F_w = 0,9$

Závisí od typu skla, zemepisnej šírky, klímy a orientácie plochy.

Faktor tienenia F_s , ktorého hodnoty sa pohybujú od 0 do 1, znamená redukciu dopadajúceho slnečného žiarenia vplyvom trvalého zatienenia daného povrchu, ak má niektorú z týchto príčin:

- zatienenie inou budovou,
- zatienenie terénymi danosťami (pahorok, stromy atď.),
- presahujúce konštrukcie,
- zatienenie inými časťami vlastnej budovy,
- poloha okien k vonkajšej ploche obvodovej steny.

Faktor tienenia je definovaný podľa

$$F_s = \frac{I_{s,ps}}{I_s} \quad (7)$$

Kde:

$I_{s,ps}$ – celkové slnečné žiarenie, ktoré prijíma kolektorová plocha so zreteľom na trvalé zatienenie počas vykurovacieho obdobia

I_s – celkové slnečné žiarenie, ktoré by kolektorová plocha prijala bez zatienenia

Zmenšujúci faktor protislnečných clôn sa líši od hodnoty 1, len ak pôsobí trvalo. Definuje sa ako pomer priemernej solárnej energie, ktorá sa dostane do budovy s protislnečnými zariadeniami, a solárnej energie, ktorá sa dostane do budovy bez protislnečných zariadení. Podiel slnečného žiarenia, ktoré prejde protislnečným zariadením umiestneným v budove a v ňom sa premení na teplo, započíta sa ako teplo, ktoré vniklo do budovy.

Priepustnosť energie slnečného žiarenia cez transparentné plochy závisí od typu zasklenia.

Celková priepustnosť slnečnej energie g_{\perp} podľa STN EN 410 sa určuje pri žiarení dopadajúcom kolmo na plochu zasklenia.

Tabuľka 3 - Typická celková priepustnosť slnečnej energie najpoužívanějších typov zasklenia

Typ zasklenia	g_{\perp}
Jednoduché zasklenie	0,85
Dvojsklo, zdvojené zasklenie	0,75
Dvojsklo s nízkoemisnou vrstvou	0,67
Trojsklo	0,7
Pri iných typoch zasklenia treba použiť overené hodnoty	-

Faktor tienenia možno vypočítať takto:

$$F_s = F_h \times F_0 \times F_f \quad (8)$$

Kde:

F_h – čiastkový faktor tienenia horizontu

F_0 – čiastkový faktor tienenia presahmi zhora

F_f – čiastkový faktor tienenia bočnými presahmi

(Chmúrmy, 2003)

1.3.4 Tepelná rovnováha na vonkajšom povrchu konštrukcie

Medzi najdôležitejšie klimatické činitele, ktoré pôsobia na vonkajší povrch, patria:

- denné kolísanie teploty vonkajšieho vzduchu,
- denný priebeh intenzity slnečného žiarenia,
- prúdenie vzduchu,
- relatívna vlhkosť vzduchu.

Súhrnné pôsobenie všetkých týchto činiteľov je pomerne zložité. Tepelný tok pohlcovaný vonkajším povrchom konštrukcie vplyvom dopadajúceho slnečného žiarenia je

$$q_s = \alpha \times l \quad (9)$$

Kde:

α – je pohltivosť slnečného žiarenia vonkajšieho povrchu

l – intenzita globálneho slnečného žiarenia (W/m^2)

Pohltená tepelná energia sa šíri neprievitnou konštrukciou k jej vnútornému povrchu vedením tepla podľa Fourierovho zákona. Množstvo tepla, ktoré sa odovzdá vonkajšiemu povrchu, je výsledkom pôsobenia tepelných tokov šírených krátkovlnným slnečným žiarením, konvekciou a dlhovlnným vyžarovaním povrchu a sálaním oblohy.

Platí rovnica rovnováhy tepelných tokov

$$q = h_e(\theta_{ae} - \theta_{se}) + \alpha \times l - q_0 \quad (10)$$

Kde:

q – hustota tepelného toku odovzdaná z vonkajšieho prostredia povrchu konštrukcie ($W.m^{-2}$)

θ_{ae} – teplota vonkajšieho vzduchu ($^{\circ}C$)

h_e – súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšom povrchu vo ($W.m^{-2}.K^{-1}$)

θ_{se} – vonkajšia povrchová teplota konštrukcie v ($^{\circ}C$)

q_0 – tepelný tok vplyvom sálania oblohy a povrchu konštrukcie ($W.m^{-2}$)

Vzťah môžeme zjednodušiť zavedením slnečnej teploty vzduchu θ_{sol} . Definuje sa ako fiktívna teplota vzduchu pri danom povrchu konštrukcie (s uvažovaním slnečného žiarenia, sálania konštrukcie a oblohy a konvektívnej výmeny tepla), s ktorou si bude povrch konštrukcie vymieňať rovnaké množstvo tepla.

$$h_e(\theta_{sol} - \theta_{se}) = h_e(\theta_{ae} - \theta_{se}) + \alpha \times l - q_0 \quad (11)$$

Vyjadrením slnečnej teploty vzduchu z tejto rovnice rovnováhy dostaneme výraz

$$\theta_{sol} = \theta_{ae} + \frac{\alpha \times l}{h_e} - \frac{q_0}{h_e} \quad (12)$$

Slnečná teplota vzduchu teda vyjadruje integrálny vplyv teploty vonkajšieho vzduchu, slnečného žiarenia, prúdenia a sálania pri vonkajšom povrchu konštrukcie.

Výraz $\alpha \times l/h_e$ sa nazýva ekvivalentná teplota. Keďže v tomto výraze vystupuje intenzita slnečného žiarenia, ktorej denný chod závisí od orientácie uvažovanej konštrukcie, potom aj ekvivalentná teplota bude závisieť od orientácie plochy. Pri zvislých povrchoch sa hodnota výrazu q_0/h_e zanedbáva, čiže neberie sa do úvahy vplyv dlhovlnného vyžarovania atmosféry. Pri horizontálnom povrchu vonkajšej konštrukcie (napr. pri plochej streche) sa zníži slnečná teplota v letnom období v našich klimatických podmienkach o 3 až 4 K vplyvom dlhovlnného vyžarovania atmosféry. Účinok vzájomného žiarenia (sálania) zemskeho povrchu a atmosféry je dobre známy z každodennej skúsenosti (napr. rosa). Na vonkajšom povrchu konštrukcie sa môže prejaviť krátkodobým poklesom vonkajšej povrchovej teploty počas jasných nocí v zimnom období pod teplotu vzduchu.

V Tabuľka 4 - Výsledná teplotná amplitúda A_v a čas jej maxima t_{max} v STN 73 0540-3 [89] sú uvedené teplotné amplitúdy vonkajšieho prostredia v letnom období. Určili sa pomocou slnečnej teploty vzduchu (teda ako vektorový súčet amplitúdy teploty vonkajšieho vzduchu a amplitúdy slnečného žiarenia podľa orientácie). Tieto hodnoty predstavujú pôsobenie vonkajšej klímy na vonkajší povrch stavebnej konštrukcie a použijú sa pri výpočte tepelnej stability miestnosti v letnom období.

(Chmúrmy, 2003)

Tabuľka 4 - Výsledná teplotná amplitúda A_v a čas jej maxima t_{max} v STN 73 0540-3 [89]

$\alpha(-)$	Teplotná oblasť	V	JV	J	JZ	Z	SZ	S	SV	H	
0,40	A	A_v (K)	14,5	15,7	17,0	20,1	21,2	17,1	8,6	9,5	20,5
		t_{max} (h)	9,8	11,2	13,1	14,7	15,7	16,2	15,8	9,5	12,9
	B	A_v (K)	14,7	16,3	17,9	21,0	22,2	18,0	9,6	9,7	21,4
		t_{max} (h)	10,0	11,4	13,2	14,7	15,7	16,2	15,7	9,9	13,0
0,50	A	A_v (K)	17,8	18,8	19,8	23,4	24,9	19,7	9,1	11,8	24,2
		t_{max} (h)	9,4	10,9	12,9	14,6	15,7	16,4	15,9	9,0	12,8
	B	A_v (K)	18,0	19,3	20,6	24,4	25,9	20,7	10,1	11,9	25,0
		t_{max} (h)	9,6	11,1	13,0	14,7	15,7	16,3	15,8	9,3	12,8
0,60	A	A_v (K)	21,3	22,0	22,6	26,7	28,5	22,4	9,6	14,3	27,9
		t_{max} (h)	9,2	10,7	12,8	14,6	15,8	16,4	15,9	8,9	12,7
	B	A_v (K)	21,4	22,4	23,4	27,7	29,5	23,4	10,6	14,2	28,8
		t_{max} (h)	9,4	10,8	12,9	14,6	15,8	16,4	16,0	8,6	12,7
0,70	A	A_v (K)	24,8	25,2	25,4	30,1	32,2	25,1	10,2	16,8	31,7
		t_{max} (h)	9,0	10,5	12,7	14,6	15,7	16,4	15,9	8,9	12,7
	B	A_v (K)	24,8	25,6	26,3	31,1	33,2	26,1	11,1	16,7	32,5
		t_{max} (h)	9,2	10,7	12,8	14,6	15,8	16,4	16,1	8,6	12,6
0,80	A	A_v (K)	28,4	28,4	28,3	33,4	35,9	27,9	10,7	19,4	35,5
		t_{max} (h)	8,9	10,4	12,6	14,6	15,8	16,5	16,3	8,2	12,5
	B	A_v (K)	28,4	28,8	29,1	34,4	36,9	28,8	11,7	19,2	36,3
		t_{max} (h)	9,0	10,5	12,7	14,6	15,8	16,5	16,1	8,4	12,6
0,90	A	A_v (K)	32,0	31,7	31,1	36,8	39,5	30,6	11,3	22,0	39,2
		t_{max} (h)	8,8	10,3	12,6	14,6	15,8	16,6	16,3	8,0	12,5
	B	A_v (K)	31,9	32,0	31,9	37,8	40,5	31,5	12,2	21,8	40,0
		t_{max} (h)	8,9	10,4	12,7	14,6	15,8	16,5	16,2	8,2	12,5

1.3.5 Rýchlosť vetra

Vietor je najpremenlivejší prvok v prízemnej vrstve atmosféry. Orograficky zložitú územie Slovenska vytvára na prúdenie vzduchu rôzne podmienky, ktoré sa odrážajú v rozmanitosti veterných pomerov na území Slovenska. Na celkové prúdenie vzduchu vplýva reliéf terénu. Na Slovensku vplývajú na celkové prúdenie tri najvýznamnejšie orografické celky:

- pohorie centrálnych Karpát,
- pohoria flyšového pásma Spišská Magura, Levočské vrchy,
- pohoria vulkanického pásma Kremnické vrchy, Vtáčnik, Poľana, Vihorlat.

Z rozboru priemerných denných rýchlostí vetra sa územie Slovenska v STN 73 0540-3 [89] rozdelilo na dve oblasti. Rýchlosť vetra vo veternej oblasti 1 je $v < 2,0$ m/s a vo veternej

oblasti 2 je $v = 2$ až 5 m/s. Pri vyvýšených svahových a horských hrebeňových oblastiach 100 m nad rovinou, dolinou, kotlinou sa uvažuje $v > 5,0$ m/s. Tieto údaje sú podkladom pri určení tepelných strát infiltráciou a vetraním.

(Chmúrny, 2003)



Obrázok 5 - Hranice veterných oblastí Slovenska v zimnom období

1.4 Tepelná stabilita

Na charakterizovanie tepelnotechnických vlastností miestnosti sa používa pojem tepelná stabilita miestnosti. Vyjadruje schopnosť systému konštrukcií miestnosti zachovávať svoj teplotný stav v definovanom teplotnom intervale. Táto vlastnosť sa prejavuje v neustálom teplotnom stave. Pri hodnotení tepelnej stability miestností sa spravidla uvažujú dve extrémne obdobia v roku, a to zimné a letné. V zimnom období sa hodnotí pokles teploty a v letnom období vzostup teploty.

1.4.1 Tepelná stabilita v letnom období

Pri návrhu a projektovaní budov pri uvažovaní určitých extrémnych klimatických situácií v letnom období treba dodržať v interiéroch budov podmienky tepelnej pohody prijateľné na pobyt a činnosť ľudí v exploatovaných interiéroch. V tepelnotechnických analýzach sa tento problém rieši hodnotením najvyššieho denného vzostupu teploty vnútorného vzduchu v letnom období. Miestnosť možno považovať za tepelne stabilnú vtedy, ak jej teplotný stav počas insolácie zostáva v určitom dovolenom rozpätí, ktorý uvádza STN

73 0540-2 [89]. Neustály teplotný stav miestnosti v letnom období sa prejaví vzostupom teploty vnútorného vzduchu, ktorý ovplyvňuje najmä:

- Teplota vonkajšieho vzduchu
- Slnéčné žiarenie dopadajúce na obvodové konštrukcie a prepustené zasklením miestnosti
- Rýchlosť a smer prúdenia vetra
- Vnútorné zdroje tepla z osvetlenia, od ľudí a z technológie
- Výmena vzduchu a spôsob vetrania
- Tepelná zotrvačnosť konštrukcií miestností

Pri formulovaní normatívnych požiadaviek v STN 73 0540-2(89) sa vychádzalo z týchto podmienok

$$\theta_{ai} + \theta_s \leq 51^\circ\text{C} \quad (13)$$

Pri uvažovaní ohraničujúcich podmienok

$$\varphi_i = 35 \text{ až } 50 \% \quad (14)$$

$$v_i = \frac{0,1\text{m}}{\text{s}} \quad (15)$$

Kde:

θ_{ai} – teplota vnútorného vzduchu ($^\circ\text{C}$)

θ_s – priemerná vnútorná povrchová teplota miestností ($^\circ\text{C}$)

φ_i – relatívna vlhkosť vzduchu (%)

v_i – rýchlosť prúdenia vzduchu (m/s)

Ak pripustíme zjednodušenie, že najvyššia teplota vnútorného vzduchu v miestnosti

$$\theta_{ai,\max} = \theta_{s,\max} = 25,5^\circ\text{C} \quad (16)$$

Najvyššia teplota vzduchu v miestnosti teda nemá byť vyššia ako $25,5^\circ\text{C}$. Tepelná stabilita miestností sa hodnotí pomocou najvyššieho denného vzostupu teploty vnútorného vzduchu v letnom období. Predpokladá sa harmonický a periodický teplotný stav a priebehy teploty vonkajšieho a vnútorného vzduchu. Po niekoľkých dňoch sa teploty ustália a jednodenný priebeh teploty vnútorného vzduchu je charakterizovaný minimálnou a maximálnou hodnotou. Najvyšší denný vzostup teploty vnútorného je definovaný rozdielom maximálnej a minimálnej teploty vzduchu podľa

$$\Delta\theta_{ai,\max} = \theta_{ai,\max} - \theta_{ai,\min} \quad (17)$$

Za predpokladu, že minimálna teplota vzduchu sa rovná približne priemernej teplote vonkajšieho vzduchu v letnom období, dá sa odvodiť najvyšší denný vzostup teploty vnútorného vzduchu pri uvážení podmienok tepelnej pohody podľa rovnice:

$$\Delta\theta_{ai,max}^N = \theta_{ai,max} - \theta_{ai,min} = 25,5 - 20,5 = 5,0 \text{ K} \quad (18)$$

V teplotnej oblasti A

$$\Delta\theta_{ai,max}^N = \theta_{ai,max} - \theta_{ai,min} = 25,5 - 18,2 = 7,3 \text{ K} \quad (19)$$

V teplotnej oblasti B

Najvyšší denný vzostup teploty vnútorného vzduchu v miestnosti $\Delta\theta_{ai,max}$ v K sa určí zo vzťahu

$$\Delta\theta_{ai,max} = 24 \left(1 - e^{-\frac{Q}{W}} \right) \quad (20)$$

Kde:

Q – trvalý tepelný zisk miestnosti (kWh.deň⁻¹)

W – Tepelná energia akumulovaná vnútornými konštrukciami miestnosti (kWh.deň⁻¹)

Do trvalého tepelného zisku miestnosti Q v kWh sa započíta pasívny solárny zisk Q_s , zisk od vnútorných zdrojov Q_i , zisk d ožiarených vonkajších nepriesvitných konštrukcií Q_e , teplo odvedené vetraním Q_v , podľa vzťahu:

$$Q = Q_s + Q_i + Q_e - Q_v \quad (21)$$

Pasívny solárny zisk Q_s miestnosti v kWh za deň sa určí podľa časti 1.3.3 Pasívny solárny zisk pričom sa uvažuje dostupná energia slnečného žiarenia podľa orientácie na svetové strany v letnom období s hodnotami podľa Zisk od vnútorných zdrojov Q_i v kWh za deň sa určí zo vzťahu:

$$Q_i = 0,024q_iA \quad (22)$$

Kde:

A – podlahová plocha miestnosti (m²)

q_i – tepelný výkon vnútorných zdrojov tepla vo W/m²

Tabuľka 5 - energia slnečného žiarenia v letnom období

Zisk od vnútorných zdrojov Q_i v kWh za deň sa určí zo vzťahu:

$$Q_i = 0,024q_iA \quad (22)$$

Kde:

A – podlahová plocha miestnosti (m²)

q_i – tepelný výkon vnútorných zdrojov tepla vo W/m²

Tabuľka 5 - energia slnečného žiarenia v letnom období

Orientácia	I _s v kWh.m ⁻² .deň ⁻¹	
	Teplotná oblasť A	Teplotná oblasť B
Sever	1,737	1,711
Východ a západ	3,030	2,779
Juh	2,792	2,603
Horizontálna orientácia	5,579	5,125
Juhovýchod a juhozápad	3,089	2,691
Severovýchod a severozápad	2,344	2,245

Teplo odvedené vetraním Q_v v kWh.deň⁻¹ sa určí zo vzťahu

$$Q_v = 0,361nV(\theta_{ai} - \theta_{ae,m}) \frac{t}{1000} \quad (23)$$

Kde:

n – intenzita výmeny vzduchu v 1/h

V – objem vzduchu v miestnosti v m³

t – čas v hodinách, kde platí $\theta_{ai} > \theta_{ae,m}$, odporúča sa $t \leq 8$ hodín a predpokladá sa v nočných hodinách, $\theta_{ai} - \theta_{ae,m} \leq 4K$ počas predpokladanej nočnej periódy $t \leq 8$ hodín

Ak platí $\theta_{ai} > \theta_{ae,m}$ mení sa znamienko pred Q_v čo sa v tejto metóde predpokladá pri $t > 8$ hodín. To znamená, že vetraním sa môže zvýšiť tepelný zisk miestnosti a v tomto zmysle ho treba započítať v rovnici (21).

Intenzita výmeny vzduchu v letnom období sa určí pomocou počtu okien. Rozlišuje sa

- Okno len na jednej strane
- Okná na dvoch fasádach (umožňujúce priečne prevetrávanie)

Pre otvorené okná len na jednej fasáde je intenzita výmeny vzduchu n = 0,5 až 3,0 1/h

Pre otvorené okná na dvoch fasádach je intenzita výmeny vzduchu n = 2,0 až 7,0 1/h

Tepelný zisk nepriesvitnými vonkajšími konštrukciami Q_e v kWh sa určí zo súčtu tepelného zisku jednotlivých konštrukcií zo vzťahu

$$Q_e = \sum 0,012 \frac{A \cdot A_v}{R_0} \quad (24)$$

Kde:

A – plocha vonkajšej nepriesvitnej konštrukcie v m^2

R_0 – odpor pri prechode tepla v $m^2 \cdot K/W$

A_v – výsledná teplotná amplitúda vonkajšieho prostredia v K určená podľa Tabuľka 4 -
Výsledná teplotná amplitúda A_v a čas jej maxima t_{max} v STN 73 0540-3 [89]

Teplo akumulované konštrukciami miestnosti W v kWh sa určí zo vzťahu

$$W = \sum_i A_i \sum_j \frac{c_{i,j} \rho_{i,j} d_{i,j} \theta_{i,j}}{3,6} \cdot 10^6 \quad (25)$$

Kde:

A – plocha konštrukcie v m^2

c – merná tepelná kapacita v $J/(kg \cdot K)$

ρ – objemová hmotnosť kg/m^3

d – hrúbka vrstvy v m

Vzťah (25) sa použije pri výpočtoch v letnom období tak, že:

- prvá suma sa vzťahuje iba na vnútorné konštrukcie miestnosti,
- druhá suma zahŕňa iba vrstvy do polovice celkovej hrúbky konštrukcie a iba po vrstvu tepelnej izolácie, pričom maximálne do vzdialenosti 0,1m do vnútorného povrchu,

$$\theta_{i,j} = \theta_{ae,m} = 20,5^\circ C \text{ v teplotnej oblasti A}$$

$$\theta_{i,j} = \theta_{ae,m} = 18,2^\circ C \text{ v teplotnej oblasti B}$$

(Chmúrmy, 2003)

1.4.2 Tepelná stabilita miestnosti zimnom období

Pri určovaní dovoleného rozpätia zmeny teplotného stavu miestnosti sa vychádza z toho, že v priebehu určitej časti dňa sa prerušuje vykurovanie, t.j. prerušuje sa prívod tepla na krytie tepelnej straty miestnosti a v dôsledku toho klesá teplota vzduchu a povrchové teploty konštrukcií miestností – miestnosť chladne.

Tepelná stabilita miestnosti v zimnom období sa hodnotí pomocou chladnutia miestnosti po prerušení vykurovania. Pri obytných budovách sa predpokladá v čase vykurovania súčtová teplota miestnosti:

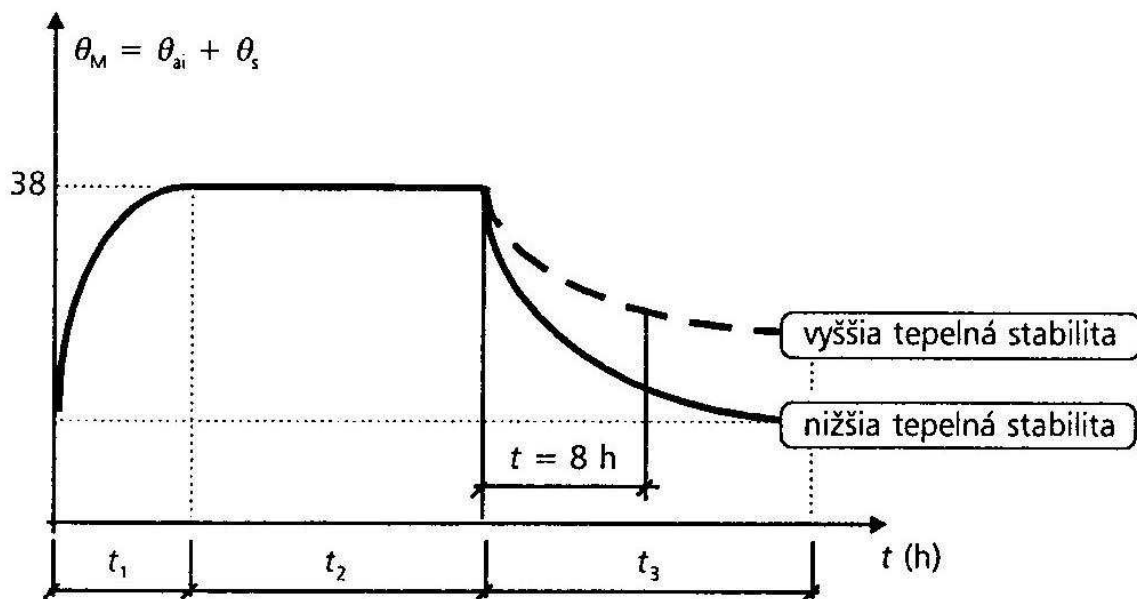
$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_s \geq 38^\circ\text{C} \quad (26)$$

Kde:

θ_{ai} – je teplota vzduchu v $^\circ\text{C}$,

θ_s – priemerná teplota vnútorných plôch miestnosti v $^\circ\text{C}$

Teplota vnútorného vzduchu v čase vykurovania sa predpokladá 20°C . Pri prerušovanom spôsobe vykurovania je charakter priebehu teploty vnútorného vzduchu podľa Obrázok 6 - Charakter priebehu súčtovej teploty miestnosti pri prerušovanom spôsobe vykurovania. Časť krivky v intervale t_1 predstavuje zakúrenie, časť t_2 ustálené vykurovanie a časť t_3 chladnutie.



Obrázok 6 - Charakter priebehu súčtovej teploty miestnosti pri prerušovanom spôsobe vykurovania

Za vyhovujúci stav sa považuje, keď súčtová teplota miestnosti na konci vykurovacej prestávky dosahuje hodnotu

$$\theta_M^N(t) = \theta_{ai}(t) + \theta_s(t) \geq 32^\circ\text{C} \quad (27)$$

Kde:

t – dĺžka prerušenia vykurovania v h

Dĺžka vykurovacej prestávky (čas chladnutia miestnosti) sa uvažuje pri normatívnom posúdení $t = 8h$, pričom sa po celý čas chladnutia predpokladá konštantná teplota vonkajšieho vzduchu θ_e . Ak nie je splnená podmienka (27) miestnosť nevyhovuje z hľadiska tepelnej stability v zimnom období.

Pokles výslednej teploty miestnosti v zimnom období $\Delta\theta_v(t)$ v K počas chladnutia miestnosti v čase t sa určí zo vzťahu

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_i - \theta_v(t) \quad (28)$$

Kde:

θ_i – je vnútorná výpočtová teplota na začiatku chladnutia, teda v čase $t = 0$, keď platí $\theta_i = \theta_v(0)$ v °C,

$\theta_v(t)$ – výsledná teplota pri overovaní v čase chladnutia t v °C

t – čas chladnutia v h, určený dĺžkou vykurovacej prestávky $t = 8h$ podľa STN 73 0540-2(89)

Výsledná teplota $\theta_v(t)$ v °C sa určí zo vzťahu

$$\theta_v(t) = \theta_{ai}(t) - \dot{V} \frac{\theta_{ai}(t) - \theta_e}{\sum \frac{A_i}{R_{si}}} \quad (29)$$

Kde:

$\theta_{ai}(t)$ – teplota vnútorného vzduchu v miestnosti kde v čase t v °C , určená vzťahom 14.13

\dot{V} - objemový tok vzduchu do miestnosti v m³/s určený zo vzťahu $\dot{V} = nV_m/3600$

N – intenzita výmeny vzduchu v miestnosti v 1/h

V_m – objem vzduchu v miestnosti v m³

θ_e – vonkajšia výpočtová teplota v °C určená podľa STN 73 0540-3 [90]

$\sum A_i/R_{si}$ – súčet podielov plôch konštrukcií miestnosti a odporov pri prestupe tepla na vnútornom povrchu

Teplota vnútorného vzduchu $\theta_{ai}(t)$ v miestnosti v čase t v $^{\circ}\text{C}$ sa určí zo vzťahu

$$\theta_{ai}(t) = \theta_e + \frac{(\theta_{ai} - \theta_e)}{\exp\left(\frac{\phi t}{W}\right)} \quad (30)$$

Kde:

θ_{ai} – teplota vnútorného vzduchu v $^{\circ}\text{C}$ na začiatku chladnutia v ustálenom stave, ktorá sa určí podľa STN 73 0540-3(90),

ϕ – celková tepelná strata miestnosti v kW,

W – teplo v kWh, ktoré sa kumuluje v konštrukciách tvoriacich miestnosť, určí sa zo vzťahu (25)

Vzťah sa použije pri výpočtoch v zimnom období tak, že:

- Prvá suma sa vzťahuje na vonkajšie a vnútorné konštrukcie miestnosti
- Druhá suma zahŕňa pri vnútorných konštrukciách iba vrstvy do polovice hrúbky vnútornej konštrukcie
- $\theta_{i,j}$ je stredná teplota j-tej vrstvy pri i-tej konštrukcii miestnosti v čase ustáleného vykurovania na začiatku chladnutia miestnosti; pri všetkých vnútorných konštrukciách miestnosti sa uvažuje hodnota θ_{ai} a pri vonkajších konštrukciách sa určí zo vzťahu:

$$\theta_{i,j} = \theta_{ai} \left(R_{si} + \sum R_{i,m,j} \right) (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (31)$$

Kde:

$R_{i,m,j}$ – súčet tepelného odporu vrstiev i-tej vonkajšej konštrukcie až do polovice j-tej vrstvy v $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Tepelná strata miestnosti ϕ v kW sa určí so vzťahu

$$\phi = 10^{-3}(\theta_i - \theta_e)(H_T + H_V) \quad (32)$$

Kde:

H_T – merná tepelná strata prechodom tepla vo W/K,

θ_i – vnútorná výpočtová teplota v $^{\circ}\text{C}$

$$H_V = 0,33nV_m \quad (33)$$

Kde:

n – intenzita výmeny vzduchu v 1/h

V_m – objem vzduchu v miestnosti v m^3

(Chmúrmy, 2003)

1.5 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda sa najčastejšie definuje ako pocit spokojnosti s tepelným stavom prostredia, pri ktorom človek nepocit'uje ani chlad, ani zvýšenú teplotu. Táto definícia znamená, že užívateľ prostredia si neželá ani teplejšie, ani chladnejšie prostredie. Podľa Fangera je to „stav, v ktorom najväčšie percento osôb zo skupiny uvádza pohodu prostredia". Pohoda prostredia všeobecne je súhrn podmienok, keď si subjekt neuvedomuje stav prostredia. Pohodu dosiahneme vtedy, keď prostredie nevzbudzuje v obyvateľoch potrebu snažiť sa o zmenu. Tepelná pohoda človeka závisí jednak od fyzikálnych podmienok okolitého prostredia a jednak od fyziologických, psychických a iných vplyvov, ktoré môžu pôsobiť na ľudský organizmus. Tepelno-technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov majú vplyv najmä na podmienky, ktoré pôsobia na výmenu tepla medzi ľudským telom a okolitým prostredím. Pri určení optimálnych hodnôt stavu vnútorného prostredia treba poznať faktory pohody z fyziologického hľadiska človeka.

Tepelná pohoda človeka závisí od mnohých činiteľov, z ktorých niektoré (aklimatizácia na určité tepelné veličiny, vek a zdravie človeka, psychické vplyvy) môžu byť u rozličných ľudí rôzne. Vyjadrenie tepelného pocitu človeka je do určitej miery individuálne a subjektívne. Všeobecným a nevyhnutným predpokladom tepelnej pohody je rovnováha tepelného režimu človeka, nevyhnutná na udržanie stálej teploty tela. Dôležitým faktorom je šírenie tepla z povrchu tela do okolia, ktoré sa riadi presnými fyzikálnymi zákonitosťami. Tie sa vyjadrujú rovnicami rovnováhy. Tepelná rovnováha je stav, pri ktorom okolie odoberá ľudskému telu toľko tepla, koľko človek práve produkuje. To je prvý a nevyhnutný predpoklad tepelnej pohody.

Ľudské telo sa ochladzuje rovnako ako každé iné teleso, ktorého teplota je vyššia ako teplota okolia, vedením, prúdením a sálaním a okrem toho ešte vyparovaním potu a dýchaním. Tepelná strata vyparovaním môže byť veľmi rozdielna, lebo vyparovanie potu je dôležitým nástrojom termoregulácie človeka v prípadoch, keď hrozí porušenie tepelnej rovnováhy (napr. pri namáhavej práci). Pri danej fyzickej námahe sa až do určitej najvyššej teploty okolia odvádza vyparovaním stála a pomerne malá časť produkovaného tepla (20 až 30 %). Väčšia časť sa odvádza prúdením a sálaním. To je *suché ochladzovanie* tela. Dosiahnutie tepelnej rovnováhy pri suchom ochladzovaní (bez nadmerného potenia) je druhým predpokladom tepelnej pohody človeka.

Ak stúpne teplota okolia nad určitú hranicu alebo keď sa pri fyzickej námahe zvýši produkcia tepla, nestačí suché ochladzovanie. Aby sa zabezpečila tepelná rovnováha, zvýši sa vylučovanie potu a nadbytočné teplo sa odvádza mokrým vyparovaním - mokré ochladzovanie tela.

Produkcia tepla v ľudskom tele závisí predovšetkým od vykonávanej činnosti a od jeho hmotnosti. V Tabuľka 6- Produkcia tepla ľudským telom sú uvedené hodnoty produkovaného tepla pri rôznej činnosti človeka vysokého 175 cm, s hmotnosťou 75 kg a s povrchom tela $A = 1,9 \text{ m}^2$.

Tabuľka 6- Produkcia tepla ľudským telom

Činnosť	Produkcia tepla $\langle P(W)$
Dokonalý pokoj (hlboký spánok)	80
Sedenie	90 až 95
Čítanie v sede potichu, bez opory	115
Čítanie nahlas v sede, opierajúc sa o stôl	120 až 125
Práca v laboratóriu	140 až 160
Prednáška vo veľkej posluchárni	160 až 300
Veľmi ľahká práca (krajčírky, kresliči)	140
Ľahká práca (nástrojár, mechanik, zvärač)	140 až 200
Stredne ťažká práca (kováč, valciar, zlievač)	200 až 255
Ťažká práca (nosič bremien, práca lopatou)	255 až 315

$$\Phi = \Phi_v + \Phi_k + \Phi_s + \Phi_d + \Phi_p + \Phi_a \quad (34)$$

Kde:

φ – vyprodukovaný tepelný tok ľudským telom vo W

φ_v – tepelný tok vedením vo W, ktorý sa väčšinou zanedbáva

φ_k – tepelný tok prúdením vo W

φ_s – tepelný tok sálaním vo W

φ_d – tepelný tok dýchaním vo W

φ_p – tepelný tok odparovaním potu vo W

φ_a – tepelný tok akumulovaný alebo chýbajúci v tele vo W

Tepelná strata prúdením tepla závisí od teploty vnútorného vzduchu a od rýchlosti prúdenia vzduchu. Tepelná strata sálaním závisí od povrchových teplôt okolitých plôch (od účinnej teploty okolitých plôch).

Tepelná strata odparovaním potu závisí od čiastočného tlaku vodnej pary v okolitom vzduchu. Pretože čiastočný tlak vodnej pary sa určuje na základe teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu, možno konštatovať, že tepelná strata odparovaním potu závisí od teploty a relatívnej vlhkosti okolitého vzduchu. Z prehľadu uvedených závislostí je zrejmé, že tepelnú rovnováhu človeka v miestnosti možno zabezpečiť vhodnou:

- teplotou vnútorného vzduchu,
- teplotou vnútorných povrchov stavebných konštrukcií,
- relatívnou vlhkosťou vnútorného vzduchu,
- rýchlosťou prúdenia vnútorného vzduchu.

V tepelnotechnických normách pre navrhovanie a posudzovanie stavebných konštrukcií a budov sa pri odvodzovaní kritérií a požiadaviek považovali za vhodné hodnoty veličín so zreteľom na zabezpečenie tepelnej rovnováhy človeka v zimnom období podľa Tabuľka 7 - Hodnoty veličín na zabezpečenie tepelnej rovnováhy človeka v zimnom období.

Tabuľka 7 - Hodnoty veličín na zabezpečenie tepelnej rovnováhy človeka v zimnom období

Druh budovy		e, (°C)	e _M (°C)	φ(%)	v (m/s)
Obytná a občianska		20	38	40 až 60	< 0,1
výrobná podľa druhu práce	veľmi ľahká	18 až 20	36	50 až 60	< 0,15
	ľahká	16 až 18	32 až 36	50 až 60	< 0,15
	stredne ťažká	Maž 16	26 až 32	50	< 0,2
	ťažká	12 až 14	20 až 26	45	< 0,2

Súčtovou teplotou miestnosti θ_M sa rozumie súčet teploty vnútorného vzduchu θ_{ai} a priemernej povrchovej teploty vnútorných plôch stavebných konštrukcií tvoriacich miestnosť θ_s

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_s \quad (35)$$

Priemerná teplota okolitých plôch sa určí zo vzťahu

$$\theta_s = \frac{\theta_{si1} \times A_1 + \theta_{si2} \times A_2 + \dots + \theta_{sin} \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (36)$$

Kde:

$\theta_{si1}, \theta_{si2}, \theta_n$ – teploty na vnútornom povrchu jednotlivých stavebných konštrukcií v °C,

A_1, A_2, A_n – plochy konštrukcií v m²

(Chmúrmy, 2003)

1.5.1 Veličiny pri posudzovaní tepelného stavu prostredia

V praxi je väčšinou snaha vyjadriť tepelný stav prostredia jedinou, ľahko merateľnou veličinou. Z celého počtu známych komplexných posudzovaní tepelného stavu vnútorného prostredia budov sa dajú vybrať metódy a veličiny, ktorých aplikácia je na vykurované, vetrané a klimatizované budovy z hľadiska tepelnej pohody postačujúca.

1.5.1.1 Teplota vzduchu

Na prvé orientačné posudzovanie tepelného stavu prostredia v miestnostiach možno použiť teplotu vzduchu θ_{ai} , meranú v oblasti pobytu človeka, zvyčajne vo výške 1,5 m nad podlahou. Teplota vzduchu je uspokojivým meradlom tepelného stavu prostredia tam, kde je pokojný vzduch ($v < 0,1$ m/s) a kde teplota okolitých plôch sa len nepatrne líši od teploty vzduchu.

Teplota vzduchu väčšinou nie je v celej miestnosti rovnaká. Dôležitá je najmä vertikálna nerovnomernosť teploty vzduchu vo vykurovaných miestnostiach, ktorá vzniká vplyvom nerovnomerného (lokálne obmedzeného) prívodu tepla a nerovnomerného ochladzovania jednotlivých stien miestnosti. Vertikálny gradient teploty je tým väčší, čím vyššia je povrchová teplota vykurovanej plochy.

1.5.1.2 Stredná radiačná teplota

Stredná radiačná teplota (účinná teplota) okolitých plôch miestnosti $\theta_{r,m}$ (vrátane vykurovacích plôch) je rozhodujúcim činiteľom pri ochladzovaní ľudského tela a teda aj pre tepelnú pohodu človeka. Definuje sa ako spoločná teplota všetkých okolitých plôch, pri ktorej by bol celkový tepelný tok sálaním rovnaký, ako je v skutočnosti. Je to teda teplota fiktívneho uniformného prostredia s absolútne čiernymi povrchmi, s ktorými by si subjekt vymieňal rovnaké množstvo energie sálaním ako so skutočným prostredím.

(Chmúrmy, 2003)

1.5.2 Lokálna tepelná nepohoda

Okrem požiadaviek tepelnej neutrality musí platiť, že ani jedna časť tela sa nadmerne neotepľuje, prípadne neochladzuje. Preto treba definovať ďalšie požiadavky na stav tepelnej pohody, ktoré by vylúčili možnosť vzniku lokálnej tepelnej nepohody na ľubovoľnej časti ľudského tela, ktorú môžu zapríčiniť tieto skutočnosti:

- asymetrické tepelné sálanie,
- vertikálny teplotný gradient vzduchu,

- teplá alebo chladná podlaha,
- prúdenie vzduchu.

1.5.3 Vnútoraná výpočtová teplota

Vnútoraná výpočtová teplota je výpočtový ukazovateľ stavu vnútorného prostredia. Preddefinované hodnoty vnútornej výpočtovej teploty sú v Tabuľka 8 - Vnútoraná výpočtová teplota. Požiadavky na vnútornú výpočtovú teplotu sa určujú aj podľa prevádzkových požiadaviek alebo podľa požiadaviek investora. Na základe vnútornej výpočtovej teploty sa určuje návrhový tepelný príkon vykurovacích systémov v budovách podľa výpočtového postupu v STN EN 12831 [102].

Tabuľka 8 - Vnútoraná výpočtová teplota

Druh vykurovaného priestoru	θ_i (°C)
1. Obytné budovy	
• obývacie miestnosti, t. j. obývacie izby, spálne, jedálne, jedálne s kuchynským kútom, pracovne, detské izby	20
• kuchyne	20
• kúpeľne	24
• záchody	20
• vykurované vedľajšie miestnosti (predsieň, chodba)	15
• vykurované schodiská	10
2. Administratívne budovy	
• kancelárie, veľkopriestorové kancelárie, čakárne, zasadacie siene, jedálne	20
• vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, hlavné schodisko, záchody a iné)	15
• vykurované vedľajšie schodiská	10
3. Školské budovy	
• prednáškové sály, učebne, kresliarne, rysovne, kabinety, laboratóriá, jedálne	20
• učebné dielne	18
• telocvične	15
• šatne pri telocvičniach	20
• sprchy a prezliekarne	24
• ordinácie a ošetrovne	24
• vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodiská, záchody, šatne len na vonkajší odev a iné)	15
• materské školy, jasle	
○ učebne, herne, spálne	22
○ šatne pre deti	20
○ umývame pre deti	24
○ izolačné miestnosti	22

(Chmúrny, 2003)

1.6 Stavebná tepelná technika

Stavebná tepelná technika sa zaoberá tepelnou ochranou budov pred nepriaznivými účinkami vonkajšieho prostredia v zimnom a letnom období..

1.6.1 Ustálený teplotný stav

Obalový plášť je dôležitým pasívnym technickým prostriedkom, ktorým môžeme do značnej miery ovplyvniť kvalitu vnútorného prostredia. Pri tepelno-technickom navrhovaní a posudzovaní budov môžeme zisťovať nasledovné charakteristiky :

- Tepelný odpor
- Prechod tepla stavebnou konštrukciou
- Tepelnú pohltivosť podlahových konštrukcií
- Tepelnú stabilitu priestorov
- Množstvo skondenzovanej vodnej pary a vyparenej vlhkosti
- Vzduchovú priepustnosť konštrukcií škár a stykov

1.6.2 Tepelný odpor

Tepelný odpor R ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$) je veličina, ktorou sa zabezpečuje požadovaná tepelná ochrana stavebných konštrukcií podláh, stien a striech a v súčasnom období sa stanovuje v zmysle STN 730540 a STN ISO 6946. Tepelný odpor stavebných konštrukcií určuje kvalitatívnu úroveň tepelno-izolačných vlastností jednotlivých častí obalového plášťa budov. Je priamo úmerný hrúbke a nepriamo úmerný tepelnej vodivosti použitých stavebných hmôt. Čím je hodnota tepelného odporu väčšia, tým je vyššia povrchová teplota stavebnej konštrukcie a tým aj menej tepla konštrukciou uniká.

$$R = \frac{d}{\lambda}; (m^2 \cdot K \cdot W^{-1}) \quad (37)$$

Kde:

λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti použitého materiálu ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

d – hrúbka konštrukcie (M)

Pre n-vrstvovú konštrukciu potom platí:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n; (m^2 \cdot K \cdot W^{-1}) \quad (38)$$

Kde:

$R_1 R_2 R_3 \dots R_n$ – sú tepené odpory jednotlivých vrstiev konštrukcie v ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Pri posudzovaní takto zistených tepelných odporov vychádzame z porovnávania normových R_N a vypočítaných tepelných odporov, kde:

$$R_N \leq R \quad (39)$$

Aj keď v obytných či občianskych budovách sú odporúčané hodnoty tepelných odporov stavebných konštrukcií dostatočne známe a priebežne upravované, tak v poľnohospodárskych objektoch sú z dôvodu značnej zložitosti pôsobiacich vplyvov konkrétne odporúčané hodnoty ešte stále iba predmetom intenzívneho skúmania.

(Š. Pogran, 2006)

1.6.3 Odpor konštrukcie pri prechode tepla

Odpor Konštrukcie pri prechode tepla R_0 ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) je celkový tepelný odpor, zabraňujúci výmenu tepla medzi prostrediami oddelenými od seba stavebnou konštrukciou s tepelným odporom R

$$R_0 = R_{si} + R + R_{se} \quad (40)$$

Kde:

R_{si} – odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

R_{se} – odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

Pre R_{si} a R_{se} možno použiť výpočtové hodnoty uvedené v Tabuľka 9 - Odpory pri prestupe tepla

Tabuľka 9 - Odpory pri prestupe tepla

Odpor pri prestupe tepla	Smer tepelného toku		
	nahor	vodorovne	nadol
R_{si} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)	0,10	0,13	0,17
R_{se} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)	0,04	0,04	0,04

Pozn.: Pre odvetranú vzduchovú vrstvu $R_{se}=0,08$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

(Š. Pogran, 2006)

1.6.4 Súčiniteľ prechodu tepla a priemerný súčiniteľ prechodu tepla

Súčiniteľ prechodu tepla:

Pomocou súčiniteľa prechodu tepla U ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) určuje celkovú výmenu medzi prostrediami oddelenými od seba stavebnou konštrukciou s tepelným odporom R . Vyjadruje sa prevrátenou hodnotou odporu konštrukcie pri prechode tepla.

$$U = \frac{1}{R_0}; (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}) \quad (41)$$

S ohľadom na plnenie podmienok tepelnej pohody pre vnútorné prostredie budov v zimnom období, ako aj na plnenie energetických požiadaviek odporúča sa aby jednotlivé časti obalového plášťa spĺňali podmienku:

$$U \leq U_N \quad (42)$$

Kde:

U – Súčiniteľ prechodu tepla

U_N – Normovaná hodnota súčiniteľa prechodu tepla

Priemerný súčiniteľ prechodu tepla:

Je váženým priemerom súčiniteľov prechodu tepla a prislúchajúcich plôch obalového plášťa t.j. tepelno-výmenného obalu budovy (steny, strecha, okná, dvere, strop nad nebytovým priestorom a podlaha na teréne). Jedná sa teda o tie stavebné časti, ktoré bezprostredne oddeľujú vykurovaný priestor od vonkajšieho prostredia, resp. od vedľajšieho nevykurovaného prostredia.

(Š. Pogran, 2006)

Je definovaný vzťahom:

$$U_m = \frac{H_T}{\sum A_i} = \frac{\sum b_{xi} U_i A_i + \Delta U \sum A_i}{\sum A_i}; (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}) \quad (43)$$

Kde:

H_T – merná tepelná strata určená podľa STN ISO 13789

b_{xi} – redukčný faktor tepelných strát cez konštrukciu podľa STN ISO 13789

ΔU – zvýšenie súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov podľa STN ISO 1021 – 1

1.6.5 Priebek teploty v stavebnej konštrukcii

Hodnotu teploty v ľubovoľnom mieste stavebnej konštrukcie θ_x v prípade jednorozmerného šírenia tepla možno určiť podľa vzťahu:

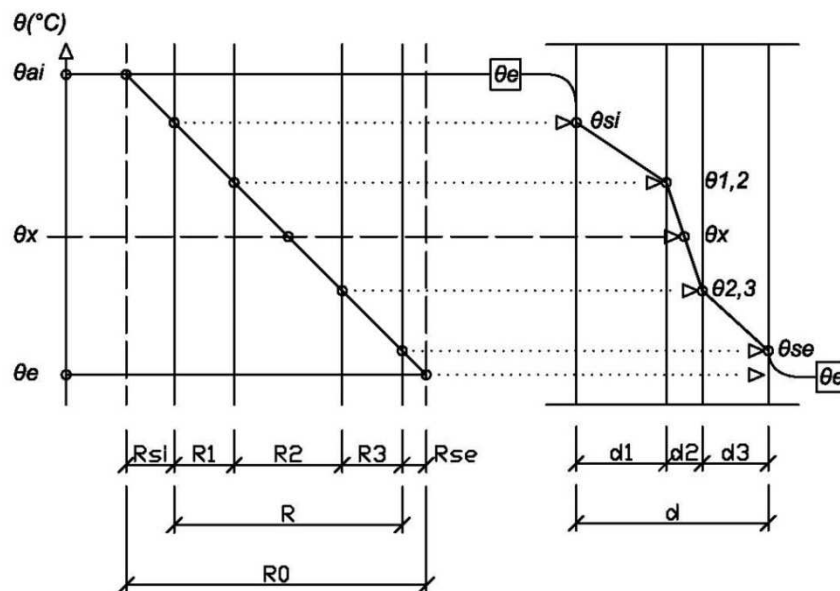
$$\theta_x = \theta_i \times \frac{\theta_i - \theta_e}{R_0} \times (R_{si} + R_x); (\text{°C}) \quad (44)$$

Kde:

R_x – Tepelný odpor konštrukcie od vnútorného povrchu po miesto x ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

V zmysle predchádzajúceho vzťahu vieme odvodiť aj povrchovú teplotu z vnútornej strany stavebnej konštrukcie.

$$\theta_{si} = \theta_i - \frac{\theta_i - \theta_e}{R_0} \times R_{si}; (\text{°C}) \quad (45)$$



Obrázok 7 - Priebek teploty v stavebnej konštrukcii

1.7 Tepelno-technické vlastnosti stavebných materiálov

Poznanie tepelno-technických vlastností stavebných materiálov je nevyhnutnou podmienkou pri vykonávaní všetkých tepelno-technických výpočtov. Medzi najvýznamnejšie tepelno-technické vlastnosti patrí objemová hmotnosť, súčiniteľ tepelnej vodivosti, merná tepelná kapacita a faktor difúzneho odporu .

1.7.1 Objemová hmotnosť

Objemová hmotnosť ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) je podiel hmotnosti suchého stavebného materiálu k jeho objemu a je definovaná vzťahom:

$$\rho = \frac{m}{V}; (\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}) \quad (46)$$

1.7.2 Súčiniteľ tepelnej vodivosti

Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) vyjadruje mieru schopnosti homogénneho stavebného materiálu viesť teplo a je podielom hustoty tepelného toku (q) a teplotného spádu ($-\text{grad } \theta$).

$$\lambda = \frac{q}{-\text{grad}\theta}; (\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}) \quad (47)$$

Je to skalár ktorého veľkosť závisí od fyzikálnych vlastností telesa akými sú : hustota, objemová hmotnosť, pórovitosť, vlhkosť, smer tepelného toku, chemické zloženie, teploty a iné, pričom najmä zvýšený obsah vlhkosti spôsobuje značné rozptyly. Z tohto dôvodu je určenie správnej hodnoty λ stavebných látok značne obťažné a zdĺhavé. Často sa počíta iba s niektorými činiteľmi a iné sa neberú do úvahy. V takomto prípade sa môže stať, že uvažované hodnoty nebudú zodpovedať skutočnosti.

Aj keď sa predpokladá, že zloženie základnej látky jedného druhu stavebných látok je konštantné, môže sa veľkosť vnútorných štruktúr meniť v pomerne širokých medziach. Pri určovaní súčiniteľu tepelnej vodivosti treba pamätať na to, že na stavebné prvky sú vystavené tak účinkom vonkajšieho prostredia ako aj vnútorného. Ďalším významným vplyvom sú účinky zabudovanej vlhkosti, ktoré môžu stavebné prvky nadobudnúť pri výrobe, doprave a montáži. Ak s týmito vplyvmi uvažujeme takýto súčiniteľ označujeme za výpočtový.

Tepelná vodivosť vyjadruje schopnosť látky vo väčšej alebo menšej miere prenášať teplo vedením. Tepelná vodivosť je najvýznamnejší ukazovateľ vlastností stavebných látok z hľadiska stavebnej techniky. Tepelná vodivosť sa pohybuje v rôznych stavebných látkach v širokom intervale. (Š. Pogran, 2006)

1.7.3 Merná tepelná kapacita

Merná tepelná kapacita c ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) vyjadruje teplo, ktoré je potrebné dodať materiálu s hmotnosťou m , aby sa jeho teplota zvýšila o jeden stupeň. Môže sa určiť podľa vzťahu:

$$c = \frac{\Delta Q}{m(\theta_1 - \theta_2)}; (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \quad (58)$$

Kde:

ΔQ – dodávané teplo (J)

m – hmotnosť stavebného materiálu (kg)

$(\theta_1 - \theta_2)$ – teplotný rozdiel (K)

(Š. Pogran, 2006)

2 CIEĽ PRÁCE

Na charakterizovanie tepelno-technických vlastností miestnosti sa používa pojem tepelná stabilita miestnosti.

Pri návrhu a projektovaní budov treba dodržať v interiéroch budov podmienky tepelnej pohody prijateľné na pobyt a činnosť ľudí v exploatovaných interiéroch. Riešením pre stanovenie tepelnej stability v letnom období je hodnotenie najvyššieho denného vzostupu teploty vnútorného vzduchu. Pomocou času chladnutia miestnosti po prerušení vykurovania v zimnom období vieme stanoviť výsledný pokles teploty v miestnosti v zimnom období.

Cieľom tejto diplomovej práce je určiť a posúdiť vnútorné priestory vybraných objektov z hľadiska tepelnej stability v letnom – poľnohospodársky objekt MKS- stajňa, a zimnom období – administratívna budova – kancelária.

3 Metodika práce

3.1 Stavebný prieskum

Stavebný prieskum poskytuje informácie o budove.

S ohľadom na to, že stavebný prieskum je veľmi obširny proces jeho podrobné vykonanie by si vyžadovalo veľké množstvo času. Je postačujúce aby sa v prípade tejto bakalárskej práce pozornosť zamerala na tie časti stavebného prieskumu, ktoré priamo súvisia s cieľom práce.

1. Určenie polohy objektu a jeho umiestnenie v krajine. Tím je namysli, kde sa objekt nachádza a aké je jeho začlenenie v okolitej zástavbe resp. teréne a orientácia k svetovým stranám.
2. Určenie vonkajších rozmerov objektu, následne ich porovnanie s projektom ak je k dispozícií.
3. Určenie vnútorných rozmerov a plôch stavebných konštrukcií
4. Konštrukčné a dispozičné usporiadanie.
5. Prieskum konštrukčných prvkov budovy s ohľadom na ich tepelno-technické vlastnosti
6. Určiť prevádzkové podmienky a kapacitu objektu

3.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu

Určenie vonkajších výpočtových stavov je dôležitou časťou pri určovaní tepelno-technických a energetických vlastností budov. Preto je dôležité aby sa zahrnulo aj v tejto práci.

Vonkajšia výpočtová teplota θ_e (°C) sa určuje na základe:

1. Zemepisnej polohy podľa mapy teplotných oblastí s ohľadom na nadmorskú výšku podľa normy EN 12831
2. Priamym spôsobom pre vybrané lokality podľa normy EN 12831

Ďalším korok je určenie výpočtových hodnôt vonkajšieho vzduchu podľa ČSN 73 0543-2, kde sa stanoví napr.: merná vlhkosť vzduchu, relatívna vlhkosť vzduchu a iné.

3.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu

Výpočtová hodnota vnútornej teploty θ_i stajňového vzduchu, pri ktorých sa posudzuje tepelná stabilita, sú rozdelené pre jednotlivé druhy a kategórie zvierat a stanovujú sa podľa normy ČSN 73 0543-2 v prílohe A tabuľkách A.1 až A.9

Výpočtová hodnota vnútornej teploty θ_i pre administratívne priestory v zimnom období na výpočet tepelnej stability sa určí podľa normy STN EN 12831 NA. Tab. 2

3.4 Stanovenie tepelných odporov konštrukcií

Prvým krokom pri určovaní tepelnej stability je určenie tepelných odporov jednotlivých stavebných konštrukcií. Tie môžu byť stanovené výrobcom resp. dodávateľom, ak nie sú postupujeme podľa vzťahov časti 1.6.3 Odpor konštrukcie pri prechode tepla a podľa časti 1.6.4 Súčiniteľ prechodu tepla a priemerný súčiniteľ prechodu tepla. Ďalším krokom je určenie súčiniteľov prechodu tepla jednotlivých stavebných konštrukcií. Určia sa podľa vzťahu 5. V niektorých prípadoch sú vopred známe.

3.5 Tepelná stabilita v zimnom období

Tepelnú stabilitu v zimnom období budeme posudzovať pre kancelársku miestnosť v administratívnej budove, ktorá sa nachádza v areály poľnohospodárskeho podniku. Na stanovenie tepelnej stability miestnosti v zimnom období musíme najskôr vypočítať niektoré ďalšie veličiny.

3.6 Tepelná stabilita v letnom období

Tepelnú stabilitu v letnom období budeme posudzovať pre poľnohospodársky objekt. Aby sme mohli posúdiť tepelnú stabilitu musíme určiť priemernú teplotu vnútorného vzduchu a kolísanie vnútornej teploty. To si vyžaduje sa sme určili aj ďalšie veličiny a to prírastok vnútornej teploty, ktorý sa skladá z:

- Prírastok tepelnej energie vplyvom konštrukcie
- Prírastok tepelnej energie vplyvom otvorovej výplne
- Prírastok tepelnej energie vplyvom vetrania

4 Vlastná práca

4.1 Stavebný prieskum

Lokalizácia vybraných objektov:

Vybrané objekty sa nachádzajú v katastri mesta Nitra.

Orientácia svetových strán pri poľnohospodárskom objekte je s ohľadom na prevládajúci rozmer objektu v smere JUH – SEVER.

Výsledky stavebného prieskumu:

Budova MKS nie je napojená na žiadne okolité budovy.

Skutočné vonkajšie rozmery objektu sú v súlade s projektovou dokumentáciou, vid' v.č.1,2

Skutočné vnútorné rozmery sú taktiež v súlade s projektovou dokumentáciou a plochy jednotlivých stavebných konštrukcií sú uvedené v Tabuľka 10 - Budova MKS - stajňa, podľa v.č.1,2.

Nosnú konštrukciu tvoria obvodové a vnútorné stojky votknuté do pätiiek. Stĺpy majú ocel'obetónové jadro, ich obalová konštrukcia je z keramických tvaroviek. V pozdĺžnom smere sú na obvodových stojkách s rozšírenou hlavicom uložené rímsové nosníky tvaru L a na vnútorných stĺpoch železobetónové prievlaky. Rímsové nosníky sú staticky uvažované ako spojité. Obvodový plášť je z keramických panelov vytvorených z dutinových tvaroviek a kombinovaný s polystyrénovou vrstvou. Strešný plášť je vytvorený z predpätych keramických panelov dĺžky 12m a hrúbky 30cm. Zateplenie strešného plášťa sa robí pomocou polystyrénu, na ktorý sa kladú odvetrávacie tvarovky.

Spád strechy je 5% a strecha je projektovaná pre zaťaženie snehom do 1,5KNm⁻².

Osvetlenie haly sa zabezpečuje stenovými oknami a priečnymi svetlíkmi. Stenové okná majú rozmer 800 x 800 mm a je ich 54 ks. Strešné svetlíky sú rozmerov 2066 x 12000 mm a je ich 6 ks. Objekt má 14 ks maštalných vrát.

Objekt je riešený ako dvojpodlažný s priečnym rozporom lode 12m. V pozdĺžnom smere je zložený s 12 modulov a dĺžka jedného modulu je 4,5m.

Objekt je riešený pre dojnice s voľným ustajnením. Kapacita objektu je 111ks pri šírke ležiskového boxu 1200mm a 1245mm. Ako podstielka je použitá pšeničná slama. Priemerná hmotnosť ustajnených zvierat je 500kg a priemerná ročná úžitkovosť mlieka je 4000 l/ks.

Vybraná kancelárska miestnosť sa nachádza v administratívnej budove, v areáli poľnohospodárskeho objektu. Budova má jedno nadzemné podlažie a žiadne podzemné. Konštrukcie strechy je plochá. Výška okolitého terénu je na úrovni nultej výšky podlahy v budove. Miestnosť je situovaná medzi ďalšími dvoma kancelárskymi miestnosťami, ktoré sú vykurované na rovnakú teplotu ako vybraná miestnosť. Ďalej miestnosť susedí s chodbou. Táto chodba je vykurovaná na nižšiu teplotu ako kancelárske priestory. Obvodový plášť budovy je zložený z pórobetónových tvárnic, ich šírka je 380mm. Vnútorné nenosné konštrukcie sú tvorené z tehliel pri šírke 140mm. V miestnosti sa nachádza

jedno okno, ktorého rozmery sú 2400 x 1500 mm. Okno je plastovej konštrukcie s izolačným dvoj sklom. Ďalej sa tu nachádzajú typizované drevené dvere o šírke 800mm.

Tabuľka 10 - Budova MKS - stajňa

P.č.	Názov konštrukcie	A (m ²)
1	Stenový panel	221
2	Štítový panel	87,1
3	Dvere	121,2
4	Podlahy – ležisko	352,08
5	Podlahy - ostatné	943,92
6	Strecha	1194,84
7	Svetlík	148,32
8	Okná	34,6

Tabuľka 11 - Administratívna budova - kancelária

Názov konštrukcie	A (m ²)
Obvodová stena	7,6
Strecha	17,6
Podlaha	17,6
Vnútorne konštrukcie	9,624
Okno	3,6

4.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu

Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu sme stanovili pre letné obdobie a pre zimné obdobie.

Pre letné obdobie sme postupovali podľa normy STN 12831 Tab.NA.1 Výpočtové hodnoty vonkajšieho vzduchu v letnom období . Pre tepelnú oblasť A : θ_e (°C) = 20,5°C

Pre zimné obdobie sme vonkajšiu výpočtovú teplotu určili podľa normy STN EN 12831 národná príloha, tab. Na.1 pre geografická zóna: Nitra

Tabuľka 12 – výber z STN EN 12831 NA.Tab.NA1

Geografická zóna	θ_e (°C)	$\theta_{m,e}$ (°C)
Námestovo	-18	-
<i>Nitra</i>	<i>-11</i>	<i>9,6</i>
Nové Mesto nad Váhom	-11	-

4.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu

Výpočtové stavy vnútorného vzduchu sme stanovovali samostatne pre:

1. Poľnohospodársky objekt MKS – stajňa

Pre poľnohospodársky objekt sme postupovali podľa normy ČSN 73 0546-2, pre dojnice s voľným ustajnením s vekom nad 6 mesiacov a s priemernou hmotnosťou 500 kg.

Tabuľka 13 – výber z Výpočtové hodnoty stavu vzduchu v objektoch pre hovädzí dobytok ČSN 73 0543-2, príloha A, Tabuľka A.1

P. č.	Kategória (technológia ustajnenia)	Vek τ (mesiace)	Hmotnosť m (kg)	Teplota θ_i (°C)	Relatívna vlhkosť φ (%)
	Dojnice	nad 6	450 - 700		
09	- <i>Voľné ustajnenie</i>			6	80
10	- <i>Väzné ustajnenie</i>			10	85

2. Administratívna budova – kancelária

Vnútnú výpočtovú teplotu pre miestnosť kancelária, ktorá sa nachádza v administratívnej budove v objekte poľnohospodárskeho podniku sme stanovili na základe normy STN EN 12831, NA. Tab. NA.2

Tabuľka 14 – výber z STN EN 12831 NA. Tab. NA.2 Vnútná výpočtová teplota

Typ budovy/ priestoru	$\theta_{int,i}$ (°C)
2, Administratívne budovy	
- <i>Kancelárie, čakárne, zasadacie siene, jedálne</i>	20
- Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, záchody, hlavné schodisko)	15
- Vykurované vedľajšie schodiská	10

4.4 Stanovenie tepelných odporov konštrukcií

Tepelné odpory konštrukcií a súčinitele prechodu tepla pre oba objekty sme stanovovali podľa časti 1.6.3 Odpor konštrukcie pri prechode tepla a podľa časti 1.6.4 Súčiniteľ prechodu tepla a priemerný súčiniteľ prechodu tepla.

Tabuľka 15 - Tepelné odpory a súčinitele prechodu tepla konštrukcií pre budovu MKS -
stajňa

P.č.	Názov konštrukcie	U (W.m ⁻² .K ⁻¹)	R (m ² .K.W ⁻¹)
1	Stenový panel	0,54	1,69
2	Štítový panel	0,54	1,69
3	Dvere	2,56	0,22
4	Podlahy – ležisko	0,54	1,66
5	Podlahy - ostatné	1,3	0,603
6	Strecha	0,32	2,933
7	Svetlík	0,99	0,862
8	Okná	1,5	0,496
9	Výmurovka	0,52	1,76

Tabuľka 16 - Tepelné odpory a súčinitele prechodu tepla pre administratívnu budovu -
kancelária

P.č.	Názov konštrukcie	U (W.m ⁻² .K ⁻¹)	R (m ² .K.W ⁻¹)
1	Strecha	0,2751	3,5162
2	Obvodová stena	0,410258	2,26749
3	Podlaha	0,965497	0,825736
4	Vnútorne konštrukcie	2,23812	0,24874
5	Okno	1,1	0,73

4.5 Tepelná stabilita v zimnom období

Tepelná stabilita v zimnom období určí pre Administratívnu budovu – kancelária.

4.5.1 Výpočtová teplota vonkajšieho vzduchu θ_e (°C)

Sa určí podľa časti 4.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu pre Administratívnu budovu – kancelária. $\theta_e = - 11$ °C ; $\theta_{m,e} = 9,6$ °C

4.5.2 Výpočtová teplota vnútorného vzduchu θ_{int} (°C)

Sa určí podľa časti 4.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu pre Administratívnu budovu – kancelária . $\theta_{int,i} = 20$ °C

4.5.3 Objem vzduchu v miestnosti V_m (m^3)

Sa vypočíta pre rozmery miestnosti kancelária podľa prílohy č.1

$$V_m = A_p \times \text{svetlá výška} = 17,6 \times 2,54 = 44,7m^3$$

4.5.4 Intenzita výmeny vzduchu n (h^{-1})

Intenzita výmeny vzduchu sa stanoví podľa normy STN EN 12831 NA.6 pre miestnosť kancelária. $n = 1,0 h^{-1}$

4.5.5 Tepelná strata vetraním H_v ($m^3 \cdot h^{-1}$)

$$H_v = 0,33 \times n \times V_m = 0,33 \times 1 \times 44,704 = 14,752 m^3 \cdot h^{-1}$$

kde:

n – intenzita výmeny vzduchu podľa časti 4.5.4

V_m – objem vzduchu v miestnosti podľa časti 4.5.3

4.5.6 Tepelná strata prechodom tepla H_T ($W \cdot K^{-1}$)

$$H_T = H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 11,892 + 2,82 + 3,71 = 18,42 W \cdot K^{-1}$$

4.5.6.1 Tepelné straty priamo do exteriéru $H_{T,ie}$ ($W \cdot K^{-1}$)

$$H_{T,ie} = \sum_i A_i \times U_i \times b_x = 11,8917 W \cdot K^{-1};$$

kde:

b_x – korekčný faktor podľa STN EN 12831 D. 4.1

P. č.	Konštrukcia	Plocha A_i (m^2)	U_i ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Faktor b_x	$H_{T,ie}$ ($W \cdot K^{-1}$)
1	Strecha	17,6	0,27351	1	4,813776
2	Obvodová stena	7,6	0,410258	1	3,1179608
3	Okno	3,6	1,1	1	3,96

4.5.6.2 Tepelné straty cez zeminu $H_{T,ig}$ ($W \cdot K^{-1}$)

$$H_{T,ig} = f_{g1} \times f_{g2} \times A \times U_{equiv} = 1,45 \times 0,335 \times 17,6 \times 0,33 = 2,821236 W \cdot K^{-1}$$

kde:

f_{g1} – korekčný faktor podľa STN EN 12831 D. 4.3

f_{g2} – korekčný faktor podľa vzťahu: $f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = 0,335$

A – plocha konštrukcie podľa Tabuľka 11 – Administratívna budova – kancelária

U_{equiv} – podľa normy STN EN 12831 7.1.3

4.5.6.3 Tepelné straty pre priestory vykurované na iný teplotu $H_{T,ij}$ ($W.K^{-1}$)

$$H_{T,ij} = f_{ij} \times A \times U = 0,1613 \times 9,624 \times 2,38812 = 3,7072 \text{ W.K}^{-1}$$

kde:

$$f_{ij} - \text{teplotný redukčný faktor podľa vzťahu: } f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{susediaci priestor}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = 0,1613$$

A – plocha konštrukcie podľa Tabuľka 11 – Administratívna budova – kancelária

$\theta_{\text{susediaci priestor}}$ – teplota susediaceho priestoru podľa prílohy č. 1

4.5.7 Tepelná strata miestnosti ϕ (kW)

$$\phi = 10^{-3} \times (\theta_i - \theta_e) \times (H_T + H_V) = 10^{-3} \times (20 - 10) \times (14,75 + 18,42) = 1,03 \text{ kW}$$

kde:

θ_i – vnútorná teplota podľa 4.3 Výpočtové stavy vnútorného vzduchu

θ_e – vonkajšia teplota podľa 4.2 Výpočtové stavy vonkajšieho vzduchu

H_T – Tepelná strata prechodom podľa 4.5.6

H_V – Tepelná strata vetraním podľa 4.5.5

4.5.8 Tepelná energia akumulovaná konštrukciami miestnosti W (kW.h⁻¹)

$$W = \frac{\sum_i A_i}{3,6 \times 10^6} \sum_j c_{ij} \times \rho_{ij} \times d_{ij} \times \theta_{ij} = \frac{80,664}{3,6 \times 10^6} \times 23639280 = 529,68 \text{ kW.h}^{-1}$$

kde:

Konštrukcia	A (m ²)	d (m)	ρ (kg.m ⁻³)	c (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
Strecha	17,6	-	-	-
Železobetón		0,15	2400	1,58
Trosková pemza		0,05	600	0,16
Čadičová vlna		0,15	175	0,049
Hydroizolácia		0,01	1400	0,21
Obvodová stena	7,6	-	-	-
Vápenná omietka		0,015	1600	0,88
Pórobotón		0,38	450	0,17
Vápenocem. omietka		0,015	2000	0,99

Konštrukcia	A (m ²)	d (m)	ρ (kg.m ⁻³)	c (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
Podlaha	17,6	-	-	-
PVC		0,003	1400	0,16
Cementový poter		0,04	2000	1,02
Lepenka		0,001	1400	0,16
Minerálna vlna		0,03	175	0,045
Železobetón		0,15	2400	1,58
Vnútorne konštrukcie	34,26	-	-	-
Vápenná omietka		0,015	1600	0,7
Tehlové murivo		0,140	1200	0,68
Vápenná omietka		0,015	1600	0,7
Okná	3,6			

4.5.9 Teplota vnútorného vzduchu $\theta_{ai}(t)$ (°C)

$$\theta_{ai}(t) = \theta_e + \frac{(\theta_i - \theta_e)}{\exp(\frac{\phi t}{W})} = -11 + \frac{(20 - (-11))}{\exp(1,03 \frac{8}{529,66})} = -11 + \frac{31}{1,016} = 19,69^\circ\text{C}$$

kde:

θ_e – výpočtová teplota vonkajšieho vzduchu podľa časti 4.2

θ_i – výpočtová teplota vnútorného vzduchu podľa časti 4.1

ϕ – tepelná strata miestnosti podľa časti 4.5.7

W – teplo akumulované konštrukciami podľa časti 4.5.8

t – čas chladnutia v hodinách, t = 8h

4.5.10 Objemový tok vzduchu \dot{V}_m (m³.s⁻¹)

$$\dot{V}_m = n \times \frac{V_m}{3600} = 1 \times \frac{44,704}{3600} = 0,0124 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

n – intenzita výmeny vzduchu podľa 4.5.4

V_m – objem vzduchu v miestnosti podľa 4.5.3

4.5.11 Výsledná teplota $\theta_v(t)$ ($^{\circ}\text{C}$)

$$\theta_v = \theta_{ai}(t) - 650 \times \dot{V}_m \times \frac{\theta_{ai}(t) - \theta_e}{\sum_i \frac{A_i}{R_{si}}} = 19,69 - 650 \times 0,0124 \times \frac{19,69 - (-11)}{439,681}$$
$$= 19,135 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

kde:

$\theta_{ai}(t)$ – teplota vnútorného vzduchu podľa časti 4.5.9

\dot{V}_m – objemový tok vzduchu podľa časti 4.5.10

θ_e – vonkajšia výpočtová teplota podľa časti 4.2

$\sum_i \frac{A_i}{R_{si}}$ – pomer plôch konštrukcií a ich odporov na vnútornom povrchu

4.5.12 Pokles výslednej teploty miestnosti v zimnom období $\Delta\theta_v(t)$ (K)

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_i - \theta_v(t) = 20 - 19,135 = 0,865\text{K}$$

θ_i – vnútorná výpočtová teplota podľa časti 4.3

$\theta_v(t)$ – výsledná teplota podľa časti 4.5.11

4.6 Tepelná stabilita v letnom období

Tepelná stabilita v letnom období sa určí pre poľnohospodársky objekt MKS – stajňa.

4.6.1 Plocha plášťovej konštrukcie S ($\text{m}^2 \cdot \text{ks}^{-1}$)

Tabuľka 17 - Plocha plášťovej konštrukcie S ($\text{m}^2 \cdot \text{ks}^{-1}$)

Názov konštrukcie	S ($\text{m}^2 \cdot \text{ks}^{-1}$)
stenový panel	1,990990991
štitový panel	0,784684685
strecha	10,76432432
podlahy (ležisko)	3,171891892
podlahy (ostatné)	8,503783784
svetlík	1,336216216
okná	0,311711712
dvere	1,091891892

4.6.2 Súčiniteľ prechodu tepla U ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcií sa určí podľa Tabuľka 15 - Tepelné odpory a súčinitele prechodu tepla konštrukcií pre budovu MKS - stajňa.

4.6.3 Teplota vo vnútri plášťovej konštrukcie θ ($^{\circ}\text{C}$)

Teplota vo vnútri plášťovej konštrukcie sa určí podľa normy ČSN 73 0543-1 a jej častí 6.4.4 až 6.4.8.

Tabuľka 18 - Teplota vo vnútri plášťovej konštrukcie

θ_{eum} ($^{\circ}\text{C}$)	20,5
$\theta_{\text{eu,ev}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	39,6
θ_{gru} ($^{\circ}\text{C}$) - ležisko	17
θ_{gru} ($^{\circ}\text{C}$) - ostatné	10

4.6.4 Merný prietok vetracieho vzduchu v letnom období \dot{m}_v ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Merný prietok vetracieho vzduchu v letnom období sa určí podľa normy ČSN 73 0543-2.

$$\dot{m}_v = b \times m_z^d \times 10^{-3} = 0,95 \times 500^{0,74} \times 10^{-3} = 0,0944 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

kde:

b, d – konštanty podľa ČSN 73 0543 – 2 tab. A14

m_z – hmotnosť jedného zvieratá v kg

4.6.5 Stredná intenzita globálneho slnečného žiarenia J_m ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

Tabuľka 19 - Stredná intenzita globálneho slnečného žiarenia sa určí podľa normy

STN EN 12831 tab. A2

	S	V	J	Z	H
J_m	83,2	186,8	185,3	186,8	309,0

4.6.6 Výpočtové stavy charakterizujúce produkciu citeľného tepla od ustajnených zvierat A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{14}

$$A_{11} = (a_{1,q} \times f - 2,5 \times a_{1,m} \times o) m_z^d = 809,8329$$

$$A_{12} = (a_{2,q} \times f - 2,5 \times a_{2,m} \times o - 0,00236 \times a_{1,m} \times o) m_z^d = -11,085$$

$$A_{13} = (a_{3,q} \times f - 2,5 \times a_{3,m} \times o - 0,00236 \times a_{2,m} \times o) m_z^d = -0,45278$$

$$A_{14} = 0,00236 \times a_{3,m} \times o \times m_z^d = 0,000422$$

kde:

m_z – hmotnosť jedného zvieratá v kg

d – konštanta podľa ČSN 73 0543 – 2 tab. A. 11

f, o – korekcia na produkciu tepla a vodnej pary podľa ČSN 73 0543 – 2 tab. A. 12

$a_{1,q}, a_{2,q}, a_{3,q}, a_{1,m}, a_{2,m}, a_{3,m}$ – konštanty podľa ČSN 73 0543 – 2 tab. A. 11

$a_{1,q}$	$a_{2,q}$	$a_{3,q}$	$a_{1,m}$	$a_{2,m}$	$a_{3,m}$
9,8	-0,05	0	0,55	0,02	0,0015

4.6.7 Priemerná teplota vnútorného vzduchu θ_{aim} (°C)

$$\theta_{aim} = \frac{A_{11} \times \sum(S \times U \times \theta) \times \dot{m}_v \times c_a \times \theta_{eum} \times \sum(S_{os} \times J_m \times T)}{\sum(S \times U) + \dot{m}_v \times c_a - A_{12} - A_{13} \times \theta_0 + A_{12} \times \theta_0^2} = 26,93^\circ\text{C}$$

kde:

S – plocha konštrukcie podľa časti 4.6.1

U – Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie podľa časti 4.6.2

θ – teplota vo vnútri plášťovej konštrukcie podľa časti 4.6.3

\dot{m}_v – merný prietok vetracieho vzduchu podľa časti 4.6.4

c_a – merná tepelná kapacita vzduchu; $c_a = 1010 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

S_{os} – plocha priesvitnej konštrukcie podľa časti 4.6.1

J_m – stredná intenzita slnečného žiarenia podľa časti 4.6.5

T – priepustnosť slnečného žiarenia podľa ČSN 73 0540

– 3 tab. C. 2; pre jednoduché zasklenie obyčajné $T = 0,9$

$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}$

– výpočtové hodnoty charakterizujúce produkciu citeľného tepla podľa časti 4.6.6

θ_0 – teplota v °C, pre naše potreby $\theta_0 = 23^\circ\text{C}$

4.6.8 Teplotný útlm konštrukcie v (bezrozmerný)

$$v = 0,7 \times \exp\left(\frac{D}{\sqrt{2}}\right) \times \frac{s_1 \times H_0}{s \times H_1} \times \frac{s_2 \times H_1}{s_2 \times H_2} \dots \frac{s_n \times H_{n-1}}{s_n \times H_n} \times \frac{\frac{1}{R_{se}} + H_n}{\frac{1}{R_{se}}}$$

kde:

$$D = \sum (R_j \times s_j)$$

$$s_j = 0,008528 \times \sqrt{c_j \times \rho_j \times \lambda_j}$$

$$H_0 = \frac{1}{R_{si}}$$

H_j – tepelná pohlivosť j – tej vrstvy konštrukcie sa určí pre:

$$1. R_j \times s_j \geq 1 \gggg H_j = s_j$$

$$2. R_j \times s_j < 1 \gggg H_j = \frac{R_j \times s_j^2 + H_{j-1}}{1 + R_j \times H_{j-1}}$$

Tabuľka 20 - Teplotný útlm konštrukcie

Konštrukcia	v
Strecha	1008,689
Stena	744,478
Okno	0,7711
Svetlík	0,7711

4.6.9 Fázový posun teplotných kmitov v konštrukciách ψ

$$\psi = 2,4 \times D$$

kde:

D – sa určí podľa časti 4.6.8

Pre konštrukcie so zanedbateľnou akumulácnou schopnosťou: $\psi = 0$

Tabuľka 21 - Fázový posun teplotných kmitov v konštrukciách

Konštrukcia	ψ
Strecha	13,241
Stena	24,33
Okno	0
Svetlík	0

4.6.10 Prírastok tepelnej energie vplyvom konštrukcie Δw_e ($\text{kJ} \cdot \text{ks}^{-1}$)

$$\Delta w_e = 3,6 \times S \times H_i \times \frac{1}{v} \times \frac{C_{(\tau)}}{C_{(\tau)}^2 + \omega^2} (P_{1e} + P_{3e})$$

kde:

$$P_{1e} = A_e \times [\sin(\omega \times (\tau + \alpha_e - \psi)) - P_{2e}]$$

$$P_{2e} = \frac{\omega}{C_\tau} \times \cos(\omega \times (\tau + \alpha_e - \psi))$$

$$P_{3e} = \frac{S_p}{15} \times A_j \times [\sin(\omega \times (\tau + \alpha_j - \psi)) - P_{4e}]$$

$$P_{4e} = \frac{\omega}{C_\tau} \times \cos(\omega \times (\tau + \alpha_j - \psi))$$

S – plocha (m²) konštrukcie podľa bodu 4.6.1

H_i – súčiniteľ prechodu tepla (W. m⁻². K⁻¹) na vnútornej strane konštrukcie podľa ČSN 73 0543 – 1 tab. A5

ω – úhlová frekvencia (h⁻¹); $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$; kde τ = 24h

υ – teplotný útlm konštrukcie podľa časti 4.6.8

τ – fázový posun tepelných kmitov podľa časti 4.6.9

A_e, α_e – teplotná amplitúda v (K) a fázový posun teplotnej vlny vdychu vnútry konštrukcie sa stanovujú podľa normy ČSN 73 0543 – 1 B. 2.2

A_j, α_j – amplitúda intenzity globálneho slnečného žiarenia (W. m⁻²) a fázový posun vlny (h) podľa ČSN 73 0543 – 1 tab. A. 2

S_p – pohlivosť slnečného žiarenia podľa ČSN 73 0540 – 3

Tabuľka 22 - Hodnoty prírastku tepelnej energie vplyvom konštrukcie

Konštrukcia	Δw _e
Strecha	0,0035
Stena – západ	0,0135
Stena – východ	0,002
Stena – juh	0,0019
Stena – sever	0,001

4.6.11 Prírastok tepelnej energie vplyvom priesvitných konštrukcií Δw_r (kJ.ks⁻¹)

$$\Delta w_e = 3,6 \times S_{os} \times T \times \frac{C_{(\tau)} \times A_j \times (P_{1r} - P_{2r})}{C_{(\tau)}^2 + \omega^2}$$

kde:

$$P_{1e} = \sin(\omega \times (\tau + \alpha_j))$$

$$P_{2e} = \frac{\omega}{C_\tau} \times \cos(\omega \times (\tau + \alpha_j))$$

$\omega, \tau, \alpha_j, C_\tau, A_j$ – sú podľa časti 4.6.10

T – priepustnosť slnečného žiarenia priesvitnou koštrukciou podľa ČSN 73 0540 – 3

S_{os} – plocha priesvitných koštrukcií podľa časti 4.6.1

Tabuľka 23 - Prírastky tepelnej energie vplyvom priesvitných koštrukcií

Koštrukcia	Δw_r
Svetlík	0,225
Okná – západ	0,025
Okná - východ	0,027

4.6.12 Prírastok tepelnej energie vplyvom vetrania Δw_v (kJ.ks⁻¹)

$$\Delta w_e = 3,6 \times \dot{m}_v \times c_a \times \frac{C_{(\tau)} \times A_e \times (P_{1v} - P_{2v})}{C_{(\tau)}^2 + \omega^2} = 16,58 \text{ kJ. ks}^{-1}$$

kde:

$$P_{1e} = \sin(\omega \times (\tau + \alpha_e))$$

$$P_{2e} = \frac{\omega}{C_\tau} \times \cos(\omega \times (\tau + \alpha_e))$$

$\omega, \tau, \alpha_j, C_\tau, A_j$ – sú podľa časti 4.6.10

\dot{m}_v – merný prietok vetracieho vzduchu v letnom období podľa časti 4.6.4

c_a – merná tepelná kapacita vzduchu; $c_a = 1010 \text{ J. kg}^{-1}. \text{ K}^{-1}$

4.6.13 Prírastok vnútornej dennej teploty $\Delta \theta_{ai(\tau)}$ (K)

$$\Delta \theta_{ai(\tau)} = \frac{1020}{v_m \times c_a \times \rho_a} \times \left(\sum \Delta w_e + \sum \Delta w_r + \Delta w_v \right) = 0,355 \text{ K}$$

4.6.14 Najväčší vzostup teploty vnútorného vzduchu $\Delta \theta_{ie,max}$ (K)

$$\Delta \theta_{ie,max} = \theta_{aim} + \Delta \theta_{ai(\tau)} - 23 = 4,286 \text{ K}$$

5 Záver

Prísne kvóty na vypúšťanie CO₂ a skleníkových plynov, ktoré majú za následok globálne otepľovanie spolu so zvyšujúcimi sa cenami energií a energetických surovín núti priemyselných ale aj poľnohospodárskych výrobcov zamýšľať sa nad energetickou náročnosťou a efektívnym čerpaním energií svojich objektoch a prevádzkach.

Pri určovaní dovoleného rozpätia zmeny teplotného stavu miestnosti sa vychádza z toho, že v priebehu určitej časti dňa sa prerušuje vykurovanie, t.j. prerušuje sa prívod tepla na krytie tepelnej straty miestnosti a v dôsledku toho klesá teplota vzduchu a povrchové teploty konštrukcií miestností – miestnosť chladne.

V tejto diplomovej práci sme sa zamerali na riešenie tepelnej stability zimnom období miestnosti, ktorá je využívaná ako kancelária. Táto miestnosť sa nachádza v administratívnej budove v areáli poľnohospodárskeho podniku. Postupnými krokmi, ktoré sme uskutočnili vo vlastnej práci sme zistili, že teplota miestnosti počas osem hodinovej vykurovacej prestávky klesne o 0,865 K čo nepredstavuje ani jeden °C. Miestnosť má dobrú polohu v rámci objektu, ktorá jej pomohla dosiahnuť takú priaznivú hodnotu. Dôležité je tiež spomenúť, že vedľajšie miestnosti, ktoré taktiež slúžia ako kancelárie sú v tejto práci uvažované bez vykurovacej prestávky. Konštrukcie susediace s týmito miestnosťami nezaznamenávajú tepelné straty ale práve naopak sú týmito miestnosťami vykurované.

Neustály teplotný stav miestnosti v letnom období sa prejaví vzostupom teploty vnútorného vzduchu, ktorý ovplyvňuje najmä:

- Teplota vonkajšieho vzduchu
- Slnčné žiarenie dopadajúce na obvodové konštrukcie a prepustené zasklením miestnosti
- Rýchlosť a smer prúdenia vetra
- Vnútorné zdroje tepla z osvetlenia, od ľudí a z technológie
- Výmena vzduchu a spôsob vetrania
- Tepelná zotrvačnosť konštrukcií miestností

Tepelnú stabilitu v letnom období sme riešili pre poľnohospodársky objekt MKS – stajňa. Objekt slúži na ustajnenie hovädzieho dobytku voľným ustajnením. Riešením tejto problematiky sa zaoberala norma ČSN 73 0565, avšak táto norma bola zrušená bez náhrady. Pri výpočtoch sme preto postupovali podľa ČSN 73 0543-1 a ČSN 73 0543-2. Postupnými

výpočtami sme dospeli k zisteniu, že teplota vnútorného vzduchu dosahuje teplotu 26,93°C. Táto teplota sa dosahuje pri extrémnych hodnotách vonkajšieho vzduchu v danom období. Najvyšší denný vzostup teploty vnútorného vzduchu sa rovná hodnote 4,286 K. V našich podmienkach sú tieto hodnoty nevyhovujúce. Hovädzí dobytok chovaný v našich podmienkach je plachtený zo severských typov dobytky preto začína pociťovať teplotný stres už pri hodnote 26°C. Vplyvom teplotného stresu sa znižuje úžitkovosť zvierat, preto je nevyhnutné prijať opatrenia na odstránenie tohto nepriaznivého stavu. Jedným z týchto riešení by mohlo byť rekonštrukcia obvodového plášťa budovy. Súčasná konštrukcia by sa nahradila látkami z agrotexílie a konštrukcia by sa stala variabilnejšou a lepšie vetrateľnou. Ďalším možným riešením je zaviesť ochladzovanie povrchu tela zvierat pomocou evaporácie. Evaporácia je rozstrekovanie vody vo forme hmly do prostredia, v ktorom sa pohybujú zvieratá. Jednou z možností je aj zavedenie systému núteného vetrania, ktoré by vháňalo veľké množstvo vzduchu do priestoru, kde sú ustajnené zvieratá. Systém evaporácie a núteného vetrania je možné variabilne nastavovať elektronickými systémami. Oba systémy pracujú so snímačmi teploty a vlhkosti vzduchu.

6 Použitá literatúra

1. ČSN 73 0543-1: 1998 Vnitřní prostředí stájových objektů – Část 1: Tepelná ochrana
2. ČSN 73 0543-2: 1998 Vnitřní prostředí stájových objektů – Část 2: Větrání a vytápění
3. DAHLSVEEN, Trond – PETRÁŠ, Dušan. 2003. Energetický audit budov. Bratislava: Jaga group 2003. ISBN 80-88905-85-0. 335 strán
4. HALAHYJA, M. a kolektív. 1985. Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie. Bratislava: ALFA 1985. 63-560-85. 752 strán
5. CHYBÍK, Josef – MEIXNER, Miloslav – VAVERKA, Jiří. 1995. Tepelná ochrana budov. Souhr fyzikálních veličin stavebních materiálů a výpočtů k ČSN 73 0540. Brno: PC-DIR 1995. ISBN 80-58895-03-x. 103 strán
6. JANOUŠ, Antonín – KUČERA, Petr – KUČERA, Vlastimil – ŘEHÁNEK, Jaroslav – VÁCLAVÍK, Vladimír. 2004. 4 x E o tepelnej izolácií budov. Praha: PB tisk 2004. ISBN 80-86769-25-9. 251 strán
7. JANOUŠ, Antonín – KUČERA, Petr – ŘEHÁNEK, Jaroslav – ŠAFRÁNEK, Jaroslav. 2002. Tepelné – technické a energetické vlastnosti budov. Praha: Grada Publishing 2002. ISBN 80-7169-582-3. 248 strán
8. KACLÍK, Ján – VALÁŠEK, Jaroslav. 1989. Racionálne využitie energie v rodinných domoch. Bratislava: ALFA 1989. ISBN 80-05-00066-9. 296 strán
9. KOTRBATÝ, Miroslav – PETRÁŠ, Dušan a kolektív. 2006. Vytápění velkoprostorových a halových objektů. Bratislava: Jaga group 2006 ISBN 80-8076-040-3. 205 strán
10. MACHOLDA, F. – SRDEČNÝ, K. 2005. Úspory energie v domě. Praha: Grada Publishing 2004. ISBN 80-247-0523-0. 112 strán
11. POGRAN, Š. 2006. Energetická náročnosť budov. Nitra: SPU 2003. 132 strán
12. STN 73 0540-3: 1994 Tepelná ochrana budov – Časť 3: Výpočtové hodnoty veličín pre navrhovanie a overovanie
13. STN EN 12831: 2003 Vykurovacie systémy v budovách – metóda výpočtu projektovaného tepelného príkonu

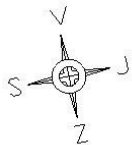
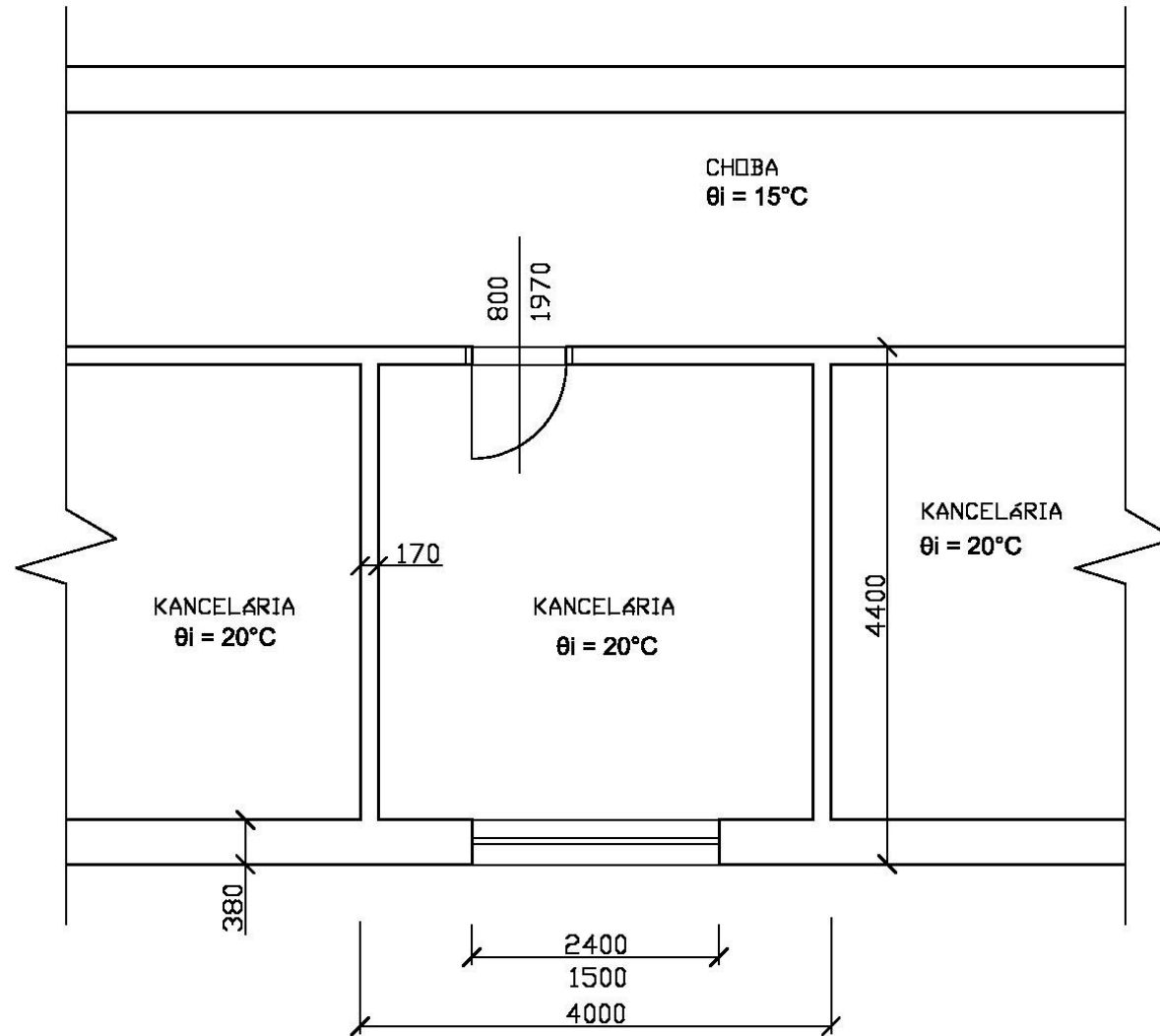
14. ŠUBRT, Roman – VOLF, Michal. 2003 Stavební detaily – tepelné mosty. Praha: Grada Publishing ISBN 80-247-0610-5. 152 strán
15. VAVERKA, Jiří a kolektiv. 2006. Stavebná tepelná technika a energetika budov. Brno: Vutiun 2006. ISBN 80-214-2910-0. 648 strán
16. CHMÚRNY, Ivan a kolektiv. 2003. Tepelná ochrana budov. Bratislava: Jaga group 2003. ISBN 80-88905-27-3. 214 strán

Prílohy

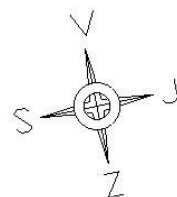
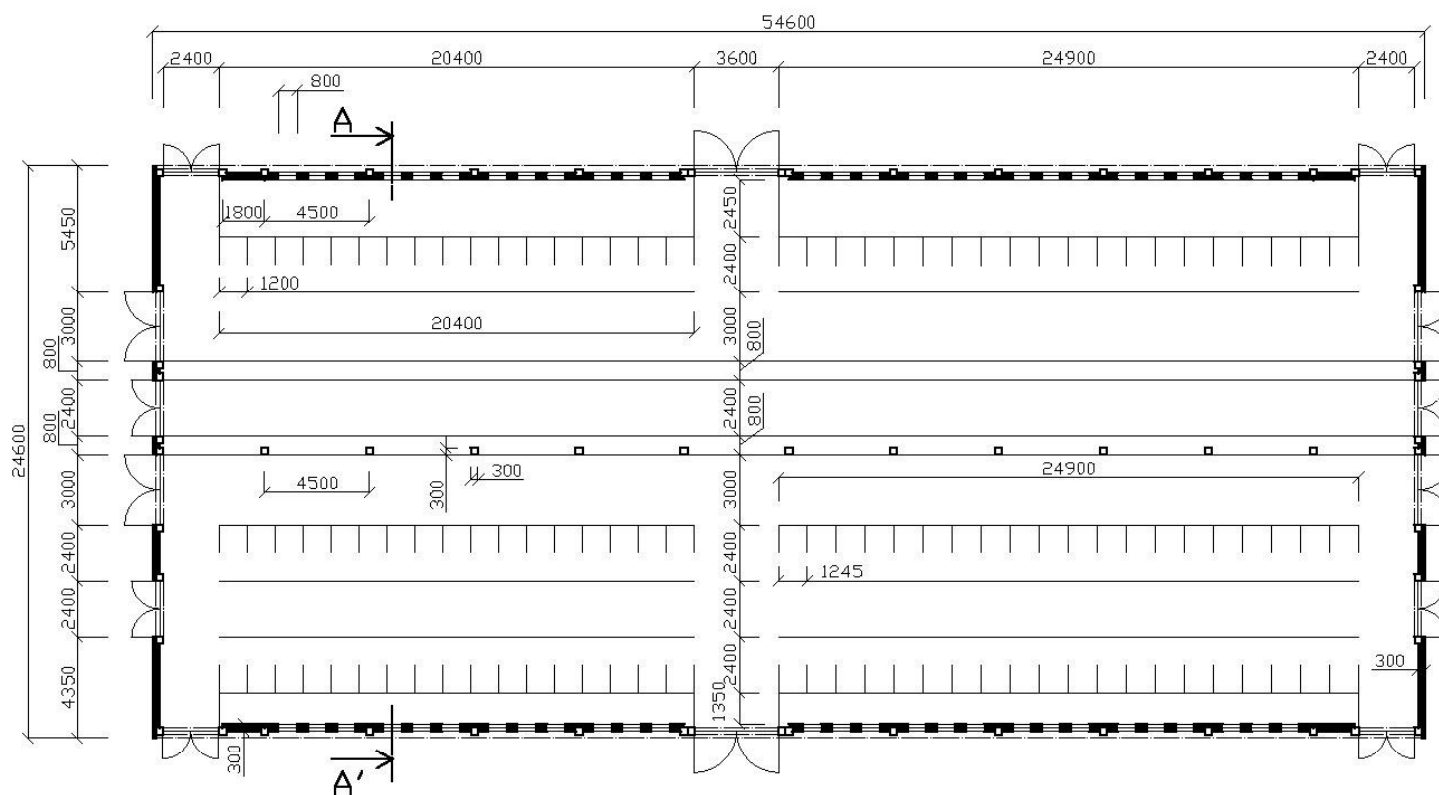
PRÍLOHA Č. 1

Svetlá výška 2,54m

Konštrukčná výška 2,9m

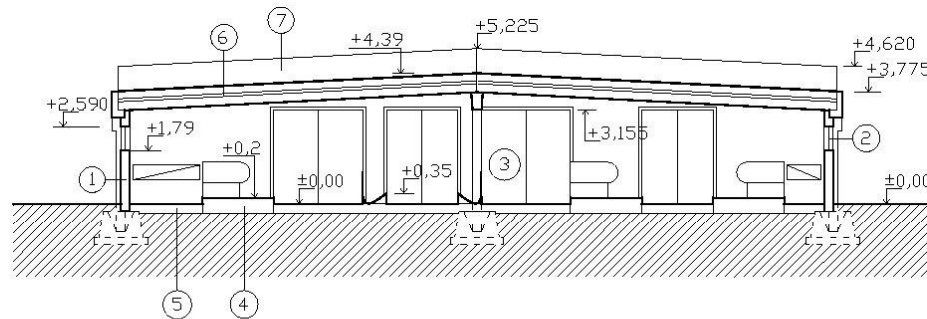


Príloha č. 2



Projektovateľ	Vypracoval	Kreslil	Kontroloval	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre	
	Tomáš Blaško	Tomáš Blaško		Formát	A3
				Dátum	4. 2007
Pôvodný stav					
Pôdorys				Mierka:	Výkr. č.
				1:200	1

Príloha č.2
REZ A - A'



Konštrukcia č. 1:
keramická tvarovka
Armatúra
Penový polystyrén
Keramická tvarovka

Konštrukcia č. 3:
Drevo

Konštrukcia č. 4:
Gumové matrace
Cem. poter s oceľovou sieťou
Lepenka
B - 105
Štrkopiesok

Konštrukcia č. 5:
Tvrdoľiaty asfalt
Betónová mazaňina
Podkladný betón
Štrkopiesok

Konštrukcia č. 6:
Povlakovaná krytina
Cementová malta
Odvetrávací tvarovka
Penový polystyrén
Strešný keramický panel

Konštrukcia č. 7:
Sklo jednoduché

Konštrukcia č. 2:
Sklo jednoduché

Projektovateľ	Vypracovateľ	Kreslil	Kontroloval	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre	
	Tomáš Blaško	Tomáš Blaško		Formát	A4
				Dátum	4. 2007
<h1>Pôvodný stav</h1>					
<h2>Zvislý rez</h2>				Mierka:	Výkr. č.
				<h1>1:200</h1>	

