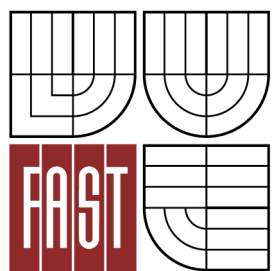




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

TEORIE VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ THE THEORY OF INTERNAL ENVIRONMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. KLÁRA BLAŽKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ALEŠ RUBINA, PH.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Klára Blažková

Název Teorie vnitřního prostředí

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2012

Datum odevzdání diplomové práce 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012




prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi ?

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozsahu studie projektu: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, silnoproud, MaR) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.

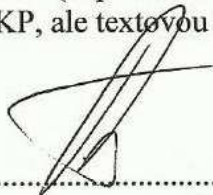
C. Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

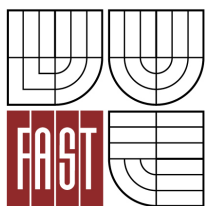
Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná část VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Autor práce Bc. KLÁRA BLAŽKOVÁ

Škola Vysoké učení technické v Brně
Fakulta Stavební
Ústav Ústav technických zařízení budov
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Teorie vnitřního prostředí
Název práce v anglickém jazyce The theory of internal environment
Typ práce Diplomová práce
Přidělovaný titul Ing.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze

Anotace práce Cílem diplomové práce je najít optimální řešení po stránce stínících součinitelů okna při utváření vnitřního prostředí v interiéru. V rámci této práce byl využit počítačový program Teruna pro vytvoření matematického modelu zadané místnosti v experimentální části. Teoretická část se zabývá teorií vnitřního prostředí. V projektové části se zabývám aplikací a návrhu dvou variant matematického modelu místnosti kanceláře v prostorách výrobní haly.

Anotace práce v anglickém jazyce The aim of master's thesis is to find an optimal solution in terms of window shielding factors in shaping the internal environment in the interior. In terms of this work there was used a computer program Teruna to create mathematical model of entered room in the experimental section. The theoretical part works with the theory of the internal environment. The project takes into account design and application of a mathematical model of two variants room office in the premises of the factory building.

Klíčová slova teorie vnitřního prostředí, matematický model, počítačový program Teruna, vzduchotechnika, stínící součinitel

Klíčová slova v anglickém jazyce theory of the internal environment, a mathematical model, a computer program Teruna, air-conditioning system, shading coefficient

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

BLAŽKOVÁ, Klára. *Teorie vnitřního prostředí*. Brno, 2012. 83 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Klára Blažková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce.

OBSAH:

Úvod.....	10
-----------	----

A ANALÝZA TÉMATU

1 Úvod do problematiky	15
2 Vnitřní prostředí	15
3 Kvalita vnitřního vzduchu	15
3.1 Tepelně vlhkostní složka prostředí.....	16
3.1.1 Tepelná bilance člověka.....	16
3.1.2 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu	17
3.1.3 Faktory tepelně vlhkostního mikroklimatu.....	18
3.2 Oděrové mikroklima	19
3.3 Toxické mikroklima	19
3.4 Aerosolové mikroklima.....	21
3.5 Mikrobiální mikroklima	21
3.6 Ionizační mikroklima	22
3.7 Elektrostatické mikroklima	22
3.8 Elektromagnetické mikroklima	23
3.9 Akustické mikroklima	23
3.10 Psychické mikroklima	23
3.11 Světelné mikroklima	24
4 Monitorování a měření parametrů vnitřního prostředí budov	24
4.1 Parametry mikroklimatu.....	24
4.1.1 Zákony	25
4.1.2 Vyhlášky a Nařízení vlády.....	25
4.1.3 Normy	25
4.2 Hodnocení tepelného stavu prostředí	28
4.2.1 Ukazatel PMV.....	29

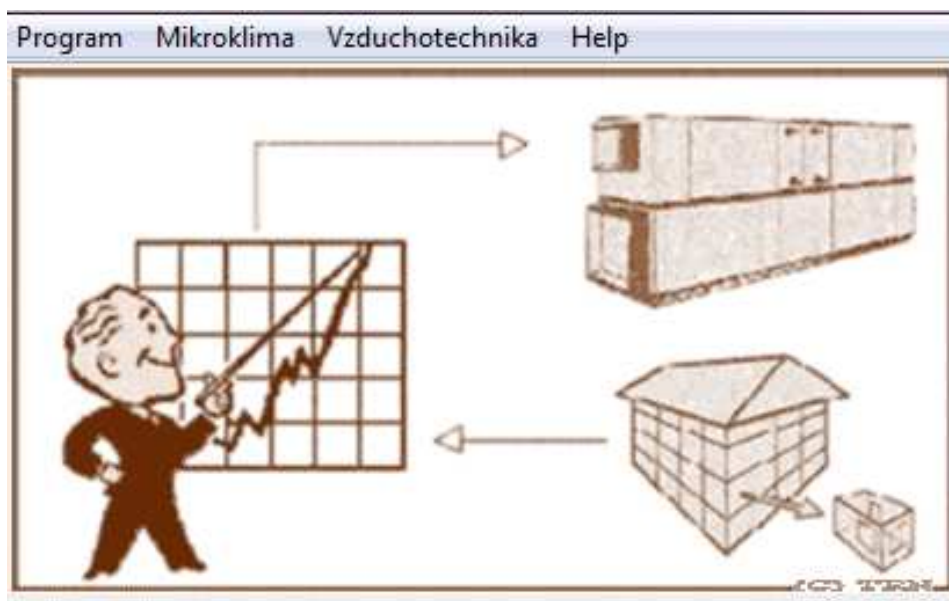
4.2.2	Ukazatel PPD	30
4.2.3	Místní tepelný diskomfort.....	31
4.2.4	Kategorie tepelného prostředí.....	32
4.3	Měření parametrů mikroklimatu	33
4.3.1	Teplota	34
4.3.2	Měření vlhkosti vzduchu	35
4.3.3	Měření rychlosti proudění vzduchu	35
5	Syndrom nezdravých budov – SBS	36
5.1	Příčiny SBS	37
5.2	Jak omezit rizika.....	37
6	Závěr.....	38
B APLIKACE TÉMATU		
1	Úvod.....	41
2	Koncepční řešení	42
2.1	Výpočet tepelných ztrát a zisků	42
2.2	Průtoky vzduchu.....	43
3	Distribuční prvky	44
3.1	Vířivé vyústky s pevnými lamelami.....	44
3.2	Talířové ventily	46
4	VZT jednotka.....	47
5	Varianty návrhu	49
5.1	Varianta č. 1	49
5.2	Varianta č. 2	49
6	Posouzení jednotlivých variant.....	50
7	TECHNICKÁ ZPRÁVA	51
C TEORETICKÉ ŘEŠENÍ		
1	Cíl teoretického řešení	62

2	Analýza objektu	63
2.1	Skladba obvodových a vnitřních konstrukcí	63
3	Analýza měřicího přístroje	65
3.1	Technické parametry přístroje – podklady od výrobce [18]	66
3.1.1	Parametry měření:	66
3.1.2	Parametry přístroje:	66
4	Matematický model	67
5	Grafický výstup naměřených dat	68
6	Grafický výstup ze softwaru TERUNA	69
6.1	Varianta č. 1	69
6.2	Varianta č. 2	71
6.3	Varianta č. 3	72
6.4	Výpočet stínícího součinitele	74
7	Výsledky – porovnání variant	76
8	Závěr	77
	Závěr	78
	Seznam použitých zdrojů	79
	Seznam použitých zkratk a symbolů	80
	Seznam příloh	82
	Přílohy	83

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je teorie vnitřního prostředí. V současné době je toto téma velmi aktuální, zejména kvalita vnitřního vzduchu. Vnitřní prostředí budov je část životního prostředí vymezená stavebními konstrukcemi. Člověk stráví většinu svého života v interiérech budov, které mají významný vliv na lidské zdraví, v těsné součinnosti s technikou prostředí.

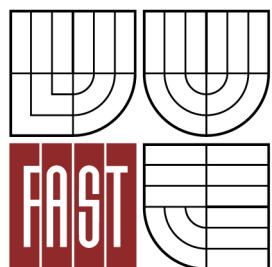
V mé diplomové práci jsem se snažila sjednotit problematiku vnitřního prostředí do uceleného celku a především najít optimální řešení po stránce stínícího součinitele okna pro konkrétní zadání místnosti v experimentální části této práce.



Obr. 1: Výpočetní program TERUNA [11]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A) ANALÝZA TÉMATU TEORIE VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ THE THEORY OF INTERNAL ENVIRONMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. KLÁRA BLAŽKOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ALEŠ RUBINA, PH.D.

BRNO 2013

A ANALÝZA TÉMATU

Interní mikroklima je základním kvalitativním parametrem, utvářejícím tepelnou pohodu a rovnováhu pro člověka a nejen jeho. Důležitou funkcí budovy je ochrana před nepříznivými vlivy vnějšího prostředí. Kvalita vnitřního mikroklimatu je jedním ze základních uživatelských parametrů stavby. Určeno pro dlouhodobý pobyt osob a jedná se nejen o prostředí pracovní ale i obytné. Jde o několik složek popsané fyzikálními a chemickými veličinami, jejich podmínkou je udržení hranic mezí v definovaném rozmezí pro funkčnost budovy a vytvoření zdravého prostředí. Případně prostředí optimální pro náročnější technologické procesy.

V posledních letech došlo k novelizaci původních hygienických předpisů a tvorbě některých nových předpisů a nařízení. Při jejich tvorbě byly respektovány kritéria a požadavky stanovené Evropskou unií a Světovou zdravotnickou organizací WHO.

Normové a legislativní podklady

- Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. – Podmínky ochrany zdraví při práci, novelizace
- ČSN EN ISO 7730 – Ergonomie tepelného prostředí (2006)
- ČSN 73 0540 díl 2 – Tepelná ochrana budov
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže

1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je najít optimální řešení po stránce stínících součinitelů okna na konkrétní zadané místnosti při utváření vnitřního prostředí v interiéru. Pro účely měření byla vybrána místnost v rodinném domku ve Velkém Meziříčí. Měření sloužilo pro porovnání vytvořeného matematického modelu v počítačovém softwaru se skutečnými naměřenými hodnotami v daném prostředí místnosti. V návaznosti na tyto zjištěné informace je potom možné provést opatření na straně stavební konstrukce pro vytvoření optimálního prostředí v interiéru.

2 Zvolené metody řešení

Matematický model místnosti byl řešen ve třech variantách. Jako místnost pouze se standartním dvojitým zasklením okna. Místnost je vybavena vnitřním zařízením a větraná pouze infiltrací. Další varianty řešení: normované tabulkové hodnoty stínících součinitelů a jejich kombinace a hodnoty stínícího součinitele reálně naměřené a převzaté od kolegyně Hany Dvořákové. Pro zvolené dny z experimentálního měření byl vytvořen matematický model dané místnosti a v ní aplikované varianty řešení. Výsledky simulace jsou za vybraná období v grafické podobě a porovnány s naměřenými hodnotami.

OBSAH:

ANLÝZA ZADANÉHO TÉMATU

1 Úvod do problematiky	15
2 Vnitřní prostředí	15
3 Kvalita vnitřního vzduchu	15
3.1 Tepelně vlhkostní složka prostředí.....	16
3.1.1 Tepelná bilance člověka.....	16
3.1.2 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu	17
3.1.3 Faktory tepelně vlhkostního mikroklimatu.....	18
3.2 Oděrové mikroklima	19
3.3 Toxické mikroklima	19
3.4 Aerosolové mikroklima.....	21
3.5 Mikrobiální mikroklima	21
3.6 Ionizační mikroklima	22
3.7 Elektrostatické mikroklima	22
3.8 Elektromagnetické mikroklima	23
3.9 Akustické mikroklima	23
3.10 Psychické mikroklima	23
3.11 Světelné mikroklima	24
4 Monitorování a měření parametrů vnitřního prostředí budov	24
4.1 Parametry mikroklimatu.....	24
4.1.1 Zákony	25
4.1.2 Vyhlášky a Nařízení vlády	25
4.1.3 Normy	25
4.2 Hodnocení tepelného stavu prostředí	28
4.2.1 Ukazatel PMV.....	29
4.2.2 Ukazatel PPD	30

4.2.3	Místní tepelný diskomfort.....	31
4.2.4	Kategorie tepelného prostředí.....	32
4.3	Měření parametrů mikroklimatu	33
4.3.1	Teplota	34
4.3.2	Měření vlhkosti vzduchu	35
4.3.3	Měření rychlosti proudění vzduchu	35
5	Syndrom nezdravých budov – SBS	36
5.1	Příčiny SBS	37
5.2	Jak omezit rizika.....	37
6	Závěr.....	38

1 Úvod do problematiky

Vnitřní prostředí budov je část životního prostředí vymezená stavebními konstrukcemi. V dnešní době člověk stráví většinu svého života v interiérech budov, které mají významný vliv na lidské zdraví, v těsné součinnosti s technikou prostředí. A to tak, aby měl člověk pocit tepelné pohody. Cílem této části životního prostředí je člověkem uměle vytvořit nebo přiměřeně zmenšit vliv vnějšího prostředí na osoby. S kvalitou prostředí je spojován výskyt alergií a chorob dýchacích cest. Jeho poškozování a znehodnocování dosáhlo koncem 20. století globálního charakteru. Při utváření vnitřního prostředí se vytvářejí příznivé tepelné poměry důležité z hlediska fyziologické termoregulace člověka.

2 Vnitřní prostředí

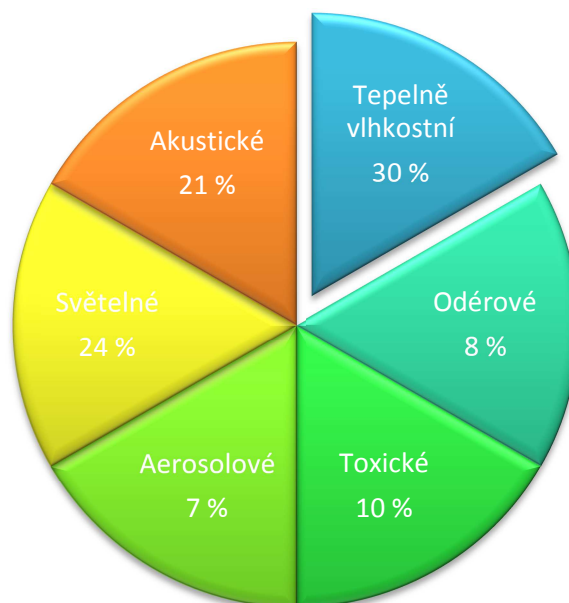
Utváření vnitřního klimatu budov charakterizují jednotlivé klimatické faktory. Mezi ně patří

- čistota venkovního vzduchu,
- klimatické podmínky,
- hluk,
- teplota vzduchu,
- vlhkost vzduchu,
- rychlost proudění vzduchu,
- oděrové,
- aerosolové
- mikrobiální složky

Z těchto faktorů se jako nejvýznamnější jeví tepelně vlhkostní parametry. Nejdůležitějším faktorem je kvalita vzduchu. Většinu těchto složek prostředí ovlivňujeme větráním.

3 Kvalita vnitřního vzduchu

V současné době je toto téma velmi aktuální. Kvalita vzduchu je závislá na mnoha faktorech. Ve většině případů je kvalita vzduchu v interiérech horší než ve venkovním prostředí. Do budov přivádíme venkovní vzduch větráním, který zásadně ovlivní vnitřní kvalitu vzduchu v budově. Zhoršená kvalita venkovního vzduchu je výsledek především spotřeby energie v dopravě, průmyslu a užívání budov. Je nutné brát zřetel na to, že kvalita venkovního prostředí je horší ve městě než na venkově. Pro stejnou kvalitu vnitřního vzduchu ve městech je potřeba přivést více vzduchu a lépe ho čistit, přesto se tento fakt nebere v úvahu.



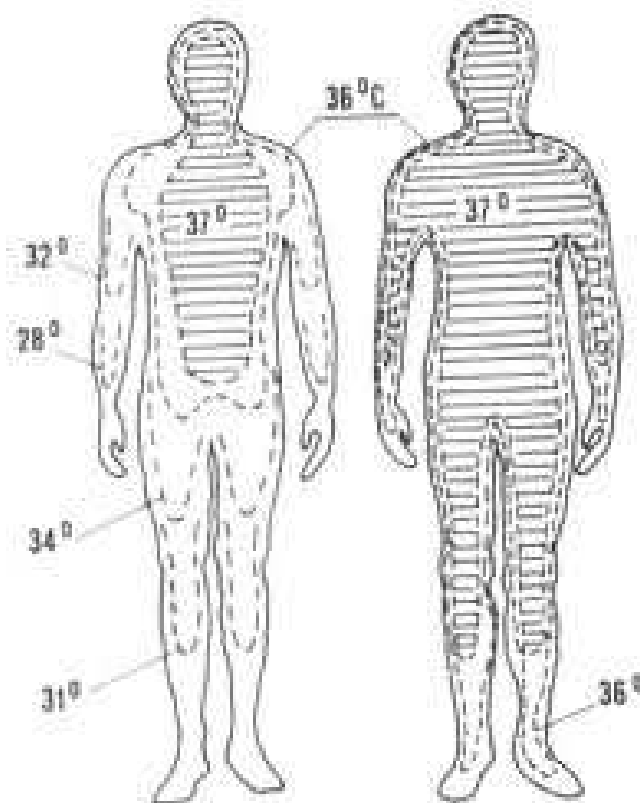
Obr. 2: Průměrné podíly jednotlivých složek na stavu interního mikroklimatu [1]

3.1 Tepelně vlhkostní složka prostředí

Tepelně vlhkostní pohodu prostředí vytvářejí tepelné a vlhkostní toky (teplo a vodní pára) v interiéru, které působí na člověka a spoluvytvářejí tak jeho celkový stav [1].

3.1.1 Tepelná bilance člověka

Člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Stav, kdy v rámci uzavřené soustavy (neprobíhá žádná výměna mezi soustavou a jejím okolím) jsou teploty vyrovnané. Prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik právě produkuje, označujeme jako tepelné rovnováha. Člověk by tedy neměl cítit v daném prostředí nepříjemné teplo ani chladno, člověk se cítí příjemně (*Cihelka*). Teplota uvnitř lidského těla je okolo 37 °C. Zatímco teplota kůže je odlišná, může se pohybovat v rozmezí 31 až 34 °C, podle okolního prostředí. Rozdíly vznikají v průběhu času (denní doba), ale i podle částí lidského těla. Základní tvorba tepla (bazální metabolismem a svalovým metabolismem, tzn. teplo při vykonané práci člověka) závisí především na pohlaví a věku. Z povrchu kůže je teplo odváděno sáláním, prouděním, vedením a vypařováním.



Obr. 3: Rozložení povrchové teploty člověka [1]

Na obr. 3 jsou dobře rozeznatelné rozdíly rozložení tělesné teploty za nízké (vlevo) a za vysoké (vpravo) okolní teploty prostředí. Při chladném okolí si člověk udržuje konstantní teplotu jádra 37°C (v jádra jsou soustředěny důležité orgány potřebné k životu) a jeho končetiny jsou chladnější. V teplém prostředí je teplo rozloženo rovnoměrněji po celém těle.

3.1.2 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu

Faktory, které ovlivňují tepelnou bilanci organismu (a tím zároveň i tepelnou pohodu), mohou být rozděleny do 3 skupin

- Subjektivní – tepelná rovnováha člověka, skutečný účinek agencií na člověka
- Objektivní – tepelný pocit člověka, vnímání prostředí
- Předpisové – hygienické předpisy (zákony, normy)

Tepelný pocit člověka závisí na tepelné rovnováze těla jako celku. Tuto rovnováhu ovlivňuje tělesná činnost, oděv, parametry prostředí:

- Teplota vzduchu t_a – je teplota vzduchu v interiéru bez vlivu sálání z okolních povrchů
- Střední radiační teplota t_r – je rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný jako ve skutečnosti. Teplota bude zcela jiná v těsné blízkosti a ve velké vzdálenosti od chladné či horké stěny

- Teplota výsledná t_g – je teplota změřená kulovým teploměrem, která zahrnuje vliv teploty vzduchu a teploty okolních stěn
- Operativní teplota (vypočtená veličina) t_o – je jednotná teplota uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo konvekci a radiací stejné množství tepla, jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí
- Teplota efektivní t_{ef} – je teplota prostoru při relativní vlhkosti 50 %, která způsobí stejné celkové tepelné ztráty z pokožky jako ve skutečném prostředí
- Rychlost proudění vzduchu – ovlivňuje přenos tepla prouděním a odpařováním vlhkosti z pokožky. Může však způsobit i pocit průvanu
- Vlhkost vzduchu – nejčastěji je používána relativní vlhkost RH [%], která udává nasycení vzduchu vodní parou nebo měrná vlhkost x [g/kg], což je hmotnostní množství vodní páry v 1 kg suchého vzduchu

Oblečení je jeden z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolí. Pro účely studia tepelné pohody byla zavedena jednotka *clo*. 1 *clo* odpovídá izolační hmotě s tepelným odporem $R = 0,155 \text{ m}^2\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$). 1 *clo* je izolační hodnota pro běžný pánský oblek s bavlněným spodním prádlem.

3.1.3 Faktory tepelně vlhkostního mikroklimatu

Primárním faktorem utvářejícím tepelně vlhkostní mikroklima v budovách jsou:

- Venkovní klimatické podmínky – v závislosti na stavebním řešení plášťových i vnitřních konstrukcí budovy, projevují se ve vnitřním prostoru
- Tepelně technické vlastnosti konstrukcí obvodového pláště – význam je značný, dominantní vliv má prosklení
- Vnitřní zdroje tepla a vodní páry – kromě člověka se na vlhkostní bilanci podílí o rostliny, vodní plochy v bazénech, vaření a koupání

Tyto okolnosti se zahrnují do výpočtů tepelné zátěže a tepelných ztrát. Což jsou výchozí hodnoty pro návrh klimatizace nebo teplovzdušného vytápění.

Všechny tepelné a vlhkostní toky z vnějšího i vnitřního prostředí mají neustálý charakter, a v důsledku toho charakteristické parametry tepelně vlhkostní složky prostředí podléhají změnám a kolísání v denním i ročním cyklu [2].

Veličiny teplotně vlhkostního parametru mají pro člověka stěžejní význam, protože ovlivňují výdej tělesného tepla do prostředí, čímž se podílí na utváření tepelné rovnováhy, která je základní podmínkou optimálního prostředí pro pobyt lidí. Vlhkost vzduchu by měla

po celý rok zůstat v rozmezí 30 až 70 %, při hodnotách nad 70 % je zde riziko vzniku a šíření plísní, roztočů, což může vést při dlouhodobém působení k chronickým onemocněním dýchacích cest. Nízká vlhkost vzduchu podporuje šíření prachu a částic pylu, které mohou být původcem alergií.

3.2 Odérové mikroklima

Odérové mikroklima je složka prostředí tvořená odéry. Odéry jsou plynné složky ovzduší vnímané jako vůně nebo zápachy (pachy), produkované člověkem nebo jeho činností, příp. uvolňované ze stavebních konstrukcí. Spoluvytvářejí tak jeho celkový stav. Jsou to anorganické nebo organické látky. Do interiéru budov se odéry z venkovního prostoru dostávají přívodem čerstvého vzduchu (větráním). Z vnitřního prostředí odéry vnikají např. ze zařizovacích předmětů, ze vzduchotechnických zařízení a hlavně z činnosti člověka. Mimo běžné odéry (kouření, příprava jídla) se v interiéru vyskytují i formaldehydy uvolňovaný z nábytku, rozpouštědla z nátěrů. Mnohé odérové látky jsou současně toxické (cigaretový kouř). V interiéru vzniká při pobytu lidí oxid uhličitý CO_2 a tělesné pachy. Dodržením limitních hodnot pro CO_2 je zároveň zajištěno dodržení limitů dalších sloučenin, jejichž měření je na rozdíl od CO_2 obtížné.

Koncentrace CO_2 se stanovuje jako: *průměrná hodnota CO_2* (stanovená během 24 hodin; na předepsanou hodnotu 1 000 ppm (1 800 mg/m^3) je potřeba navrhovat vzduchotechnická zařízení pro obytné budovy; nutný přívod čerstvého vzduchu minimálně 30 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{os}$) a *nejvyšší přípustná hodnota CO_2* (hodnota 1 200 ppm (2 160 mg/m^3) by neměla být nikdy překročena).

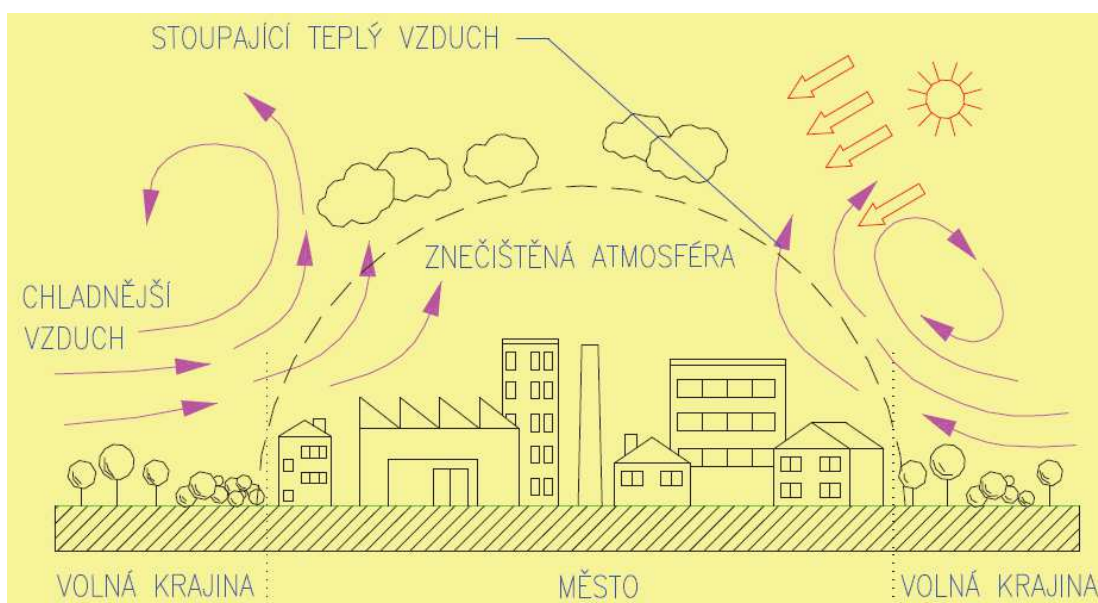
3.3 Toxické mikroklima

Toxické mikroklima je složka prostředí tvořená aerosolovými toky v ovzduší, mohou být organické i anorganické. Do interiéru budov se toxické látky z venkovního prostředí dostávají přímo v důsledku činností člověka nebo uvolňováním ze stavebních materiálů a vybavení budovy.

Charakteristickými toxickými látkami jsou zejména

- Oxidy síry (SO_2 , SO_3) – vzniká při spalování paliv obsahující síru
- Oxid uhelnatý (CO) – produkován hlavně benzínovými motory, v topeništích s nedokonalým spalováním anebo z kouření cigaret. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem
- Oxidy dusíku (NO_x) – vzniká při hoření za vyšších teplot z atmosférického dusíku v naftových motorech, kotelnách a průmyslových i domácích při hoření plynu

- Ozon (O_3) – váže se na oxidovatelné organické látky. V kancelářských budovách jsou významným zdrojem ozónu laserové tiskárny a fotokopírky.
- Smog – vniká v důsledku chemického znečištění atmosféry způsobený lidskou činností
- Formaldehyd – uvolňuje se ze stavebních konstrukcí, např.: dřevotřískové desky, nátěrové hmoty, laky)
- Amoniak – bezbarvý plyn velmi štiplavý plyn, má dráždivé účinky
- Tabákový a cigaretový kouř – řadí se mezi jedovaté plyny, a to především přijímaný z pasivního kouření



Obr. 4: Znečištění atmosféry v blízkosti velkých měst ve dne [7]



Obr. 5: Znečištění atmosféry v blízkosti velkých měst v noci [7]

3.4 Aerosolové mikroklima

Aerosolové mikroklima je složka prostředí formovaná pevným a kapalným aerosolem v ovzduší a spoluvytvářejí jeho celkový stav. Pevný aerosol se běžně označuje jako prach a kapalný aerosol jako mlha rozptýlené v ovzduší. Prach většinou vyvolává alergickou reakci, nejvíce roztoči a pyly. Pohyb většiny prachových částic v ovzduší je ovlivněn jeho elektrickým nábojem. Nevyšší koncentrace aerosolů po výšce fasády jsou v úrovni 1,0 až 1,5 m, kam je prach dopravován teplem výfukových plynů od projíždějících aut. Proto není vhodné umisťovat v této úrovni otvory pro sání čerstvého vzduchu. V interiéru vzniká pevný aerosol působením člověka, například regenerace kůže. Jemný respirační aerosol je pro člověka zvláště nebezpečný, protože při velikosti částic pod 1 μm proniká do plic. Speciálním problémem ve stavebnictví je azbestový prach. Prach bývá často nositelem mikrobů.

Ve zdravotnictví a v technologických provozech s předepsaným počtem částic (tzv. čisté prostory) je nutná vícestupňová filtrace vzduchu doplněná o koncové HEPA a ULPA filtry na distribučních prvcích.

3.5 Mikrobiální mikroklima

Mikrobiální mikroklima je složka prostředí vyznačovaná přítomností a působením mikrobů, bakterií, virů, plísní a jejich sporů nacházející se v ovzduší. Zásadní význam této složky se uplatní ve zdravotnictví, farmaceutického, elektrického, fotooptického průmyslu. Vyloučením kondenzace vodní páry minimalizujeme počty mikrobů v interiérech. Vysoká koncentrace mikrobů v budovách je jedním z typických znaků SBS (syndrom nemocných budov). Osoby pobývající v těchto budovách vykazují až dvojnásobně vyšší četnost onemocnění přenášející vzduchem (rýma, chřipka, tuberkulóza).

Člověk je většinou sám zdrojem mikrobů, od kterého se mikroby dostávají do vzduchu a jsou pak dále distribuovány i vzduchotechnickým zařízením. Pokud není vzduchotechnika správně udržována, jako je častá výměna filtrů nebo používání zvlhčování, se může stát zdrojem a transportní cestou znečištění velkého rozsahu. Při silném znečištění potrubí a vzduchotechnického zařízení je jediným východiskem rekonstrukce VZT zařízení a současné čištění potrubí pomocí robotu, který se pohybuje v potrubí.

Největším problémem v obytném prostředí jsou plísně. Nejúčinnějším způsobem, jak snížit ohrožení zdraví mikroby, je kvalitní filtrace přiváděného vzduchu. Ohrožení zdraví není dáno přímo koncentrací spíše druhem mikroorganismů.

3.6 Ionizační mikroklima

Ionizační mikroklima je složka prostředí charakteristická toky ionizujícího záření z přírodních radioaktivních látek a umělých zdrojů. Ionizující záření je produkováno zejména uranem, jeho rozpadem vzniká radon a následným rozpadem radonu jeho dceřiné produkty (celý rozpad končí neaktivním olovem), ale také některými diagnostickými přístroji (rentgen). V zemské kůře se uran vyskytuje ve stopovém množství.

Podle hodnocení ASHRAE by v interiéru neměla být překročena koncentrace 74 Bq/m^3 . V České republice jsou vyhláškou č. 184/1997 Sb. stanoveny směrné hodnoty a nutná opatření (zesílení přirozeného větrání nebo až vyloučení osob z objektu).

Radon není lidskými smysly rozeznatelný a z hlediska zdravotního rizika je proto nebezpečný. Radon má na svědomí asi 1/3 plicních karcinomů (za předpokladu 25 % kouřící populace).

3.7 Elektrostatické mikroklima

Elektrostatické mikroklima je složka prostředí tvořená elektrostatickým nábojem na materiálech. Rychleji se elektrostatický náboj vybíjí u vodivých (kovových) materiálech než u nevodivých (plastových materiálů). Při vzájemném pohybu a oddělování částic s různou i stejnou dielektrickou konstantou se vytváří elektrostatický náboj. Nejčastěji vzniká při chůzi v botách s pryžovými podrážkami po podlaze z izolačního materiálu (asfalt, linoleum, PVC), pohyb člověka ve vlněném oděvu, pročesávání vlasů hřebenem, stažení ubrusu. S nízkou vlhkostí vzduchu se stupňují problémy spojené se statickou elektřinou nebo také při rozprašování vody.

Nebezpečí výbuchu statické elektřiny nastane, překročí-li elektrostatický náboj minimální zápalnou energii, závisí na koncentraci výbušné směsi a obsahu kyslíku. Prach se nejčastěji usazuje na plochách s opačnou polaritou, například na tapetách.

Použití antistatických (vodivých) povrchových úprav je vhodné i z hlediska hygienického efektu, protože nepřitahuje prach. S antistatickou úpravou se vyrábějí například koberce nebo odkládací desky, která spočívá ve zvýšení vodivosti. Antistatické uzemnění se realizuje vetkáním kovových vláken nebo nanesením povrchové vodivé vrstvy.

Zásahem do pole přenosu je vhodné zvýšením relativní vlhkosti vzduchu na hodnotu 60 až 70 %, při které se snižuje tvorba statické elektřiny na minimum. Zvýšením na 80 % hranici nevzniká vůbec.

3.8 Elektromagnetické mikroklima

Elektromagnetické mikroklima je složka prostředí tvořená elektromagnetickým polem, která odpovídá míře působení elektrické a magnetické síly v prostoru. Elektromagnetické vlny o frekvenci od 30 kHz do 30 GHz.

Zdrojem elektromagnetických vln jsou:

- Vnější – vysílače, vedení VN, výboje při bouřích, rozvodné silové sítě, základové stanice GPS,...
- Vnitřní – mikrovlnky, transformátory, trafostanice, mobilní telefony, televizory, WiFi, počítače, různé dálkové ovladače, elektrické sporáky, mrazničky, ledničky,...

Nejcitlivěji působí elektromagnetické vlny na pohlavní orgány, způsobují poruchy spermiogeneze, nervový systém a oči, riziko vzniku mozkového nádoru, snížení imunity.

Optimální eliminace elmg. vlnění je odstranění zdroje nebo stínění uzemněným CU nebo Al plechem tloušťky 0,5 mm ve stěnách a střepech.

3.9 Akustické mikroklima

Akustické mikroklima je složka prostředí vyznačující se především projevem většího počtu zvukových zdrojů působící neperiodickým průběhem a širokým spektrem frekvencí. Člověk sluchem rozlišuje intenzitu zvuku a také výšku danou frekvencí. Negativním projevem zvuku je hluk, který působí rušivě či škodlivě zvláště na člověka.

Základní veličiny tvořící hladiny akustického výkonu, tlaku, intenzity zvuku slouží k hodnocení akustického vnitřního i vnějšího stavu prostředí. Využívá se logaritmická stupnice a uplatňují se tzv. decibelové veličiny, jež jsou odvozeny ze slyšitelnosti lidského ucha (interval 16 Hz až 20 kHz) a akustického tlaku. Citlivost člověka na zvuk závisí zejména na frekvenci. Největší citlivost se pohybuje v pásmu 2 000 až 5 000 Hz. Zavedením váhových filtrů zvukoměru se koriguje skutečná hlasitost zvuku na hlasitost vnímání lidského ucha. Pro běžné případy v oblasti tvorby IM vyhoví k analýze hluku v celém frekvenčním rozsahu filtr A. Filtry řadíme do skupin A, B, C, D. K hodnocení hluku je výchozí nařízení vlády č. 148/2006 Sb.

3.10 Psychické mikroklima

Na psychické mikroklima mají vliv všechny složky mikroklimatu (tepelně vlhkostní – vedro, nesoustředěnost, nachlazení; oděrové – pachy; atd....). Psychický účinem mohou mít zejména:

- Velikost prostoru – půdorysné i výškové rozměry, vhodnost dispozice, stíněnost, nedostatek soukromí
- Barevnost prostoru – teplé barvy podněcující k činnosti a zvyšuje metabolismus člověka, studené podporují duševní soustředění a zpomalují metabolismus
- Pohyb vzduchu – průvan, rychlost, směr vzduchu
- Kvalita provedení staveb – vady, poruchy, křivost stěn, oken, podlah
- Ostatní lidé

Optimální eliminace psychického mikroklimatu je vhodná orientace budovy kolmo na směr převládajících větrů a seskupení budov do uzavřených celků. V místnostech s okny na sever volíme světlé a teplé odstíny barev, v malých prostorech používáme bílou barvu a velké zrcadla, prosklené dveře umisťovat v jedné ose a nezavírat, hodně svítidel. Dodržování minimálních rozměrů, prostoru. Nutné zvyšovat odolnost člověka proti stresu, např. ochrana proti stresu pomocí vitamínů a správný životní styl.

3.11 Světelné mikroklima

Světelné mikroklima je složka prostředí tvořená geometrickými rozměry prostoru, typem světelných zdrojů, druhem a rozmístěním svítidel, hladinami osvětleností a jejich rovnoměrností v různých rovinách, tedy rozložením jasů v prostoru, dále rozmístěním potřebného zařízení, barevnou úpravou prostoru a veškerého vybavení i barevným podáním a plastickým vzhledem všech předmětů a lidí v prostoru.

Z toho vyplývá, že pod pojmem zraková pohoda rozumíme příjemný psychologický stav, při němž celý zrakový systém plní optimálně své funkce a při kterém člověk i po delším pobytu má pocit, že dobře vidí, ale také se cítí psychicky dobře v prostředí, v němž se nachází. Je mu vzhledově příjemné. Zraková nepohoda tedy vede k narušení zrakových funkcí, a tím k oční únavě, projevuje se nepříznivě v celkové kondici i náladě člověka a v jeho výkonnosti.

4 Monitorování a měření parametrů vnitřního prostředí budov

4.1 Parametry mikroklimatu

Parametry mikroklimatu jsou stanoveny na základě typu vnitřního prostoru. Odvíjejí se od činnosti člověka, kterou v daném prostředí vykonává. Požadavky na parametry vnitřního prostředí vycházejí z následujících zákonů, vyhlášek, nařízeních vlády a především ze státních norem ČSN.

4.1.1 Zákony

- Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon a související předpisy
- Zákon č. 258/2000 Sb. – O ochraně veřejného zdraví
- Zákon č. 262/2006 Sb. – Zákoník práce
- Zákon č. 318/2012 Sb. – kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií od 1.1. 2013

4.1.2 Vyhlášky a Nařízení vlády

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. – O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. – Podmínky ochrany zdraví při práci, novel. NV č. 93/2012 Sb.
- Vyhláška č. 6/2003 Sb. – Mikroklimatické parametry a limity znečištěného vnitřního prostředí pobytových místností některých staveb
- Vyhláška č. 148/2007 Sb. – O energetické náročnosti budov
- Vyhláška č. 268/2009 Sb. – O technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 277/2007 Sb. – O kontrole klimatizačních systémů

4.1.3 Normy

- ČSN EN ISO 7730 – Ergonomie tepelného prostředí
- ČSN EN 15665 – Větrání budov
- ČSN 73 0540 díl 2 – Tepelná ochrana budov

Tab. 1: Hygienické předpisy v ČR pro pracovní prostředí [2]

Třída práce	M [W/m ²]	Operativní teplota t _o [°C]			v _a [m/s]	RH [%]
		t _{o min}	t _{o opt}	t _{o max}		
I	≤ 80	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 70
II a	81 až 105	18	20 ± 2	27	0,1 až 0,2	
II b	106 až 130	14	16 ± 2	26	0,2 až 0,3	
III a	131 až 160	10 ⁺	12 ± 2	26 ⁺	0,2 až 0,3	
III b	161 až 200	10 ⁺⁺	12 ± 2	26 ⁺⁺	0,2 až 0,3	

Legenda:

t _{o min}	platná pro tepelný odpor oděvu 1 clo (zima)
t _{o opt}	platná pro tepelný odpor oděvu 0,75 clo
t _{o max}	platná pro tepelný odpor oděvu 0,5 clo (léto)
v _a	rychlost proudění vzduchu
RH	relativní vlhkost vzduchu
t _o	stanovaná pro 60 % relativní vlhkost vzduchu
M	celkový průměrný energetický výdej

Tab. 2: Hygienické předpisy v ČR pro pracovní prostředí dle platné normy [15]

Třída práce	M [W/m ²]	t _{o min}	t _{o max}	v _a [m/s]	RH [%]
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
II a	81 až 105	18	26	0,01 až 0,2	
II b ³⁾	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3	
III a	131 až 160	10	30	0,05 až 0,3	
III b	161 až 200	10	26	0,1 až 0,5	
IV a ¹⁾	201 až 250	10	24	0,1 až 0,5	
IV b ²⁾	251 až 300	10	20	0,1 až 0,5	
V	301 a více	10	20	0,1 až 0,5	

Legenda:

Hodnoty t_{o max} nebo t_{g max} pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 0,5 clo.

Hodnoty t_{o min} nebo t_{g min} pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 1,0 clo.

V případě, že v_a na pracovišti je ≤ 0,2 m/s platí, že t_o = t_g.

- 1) Práce třídy IV b není pro ženy celosměnově přípustná z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže, režimová opatření je nutno aplikovat i při t_o ≤ 10 °C.
- 2) Práce třídy V není pro ženy z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže přípustná; pro muže není celosměnově z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže přípustná, režimová opatření je nutno aplikovat i při t_o ≤ 10 °C.
- 3) U prací zařazených do třídy práce II b až V musí být současně dodrženy přípustné limity pro krátkodobě a dlouhodobě přípustnou zátěž z hlediska energetické náročnosti práce.

Tab. 3: Parametry mikroklimatu v pobytových zónách dle normy [1]

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota t_g [°C] v ročním období	
	Léto	Zima
Ubytovací zařízení	24 ± 2	22 ± 2
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	$24 \pm 1,5$	22 ± 2
Haly kulturních a sportovních zařízení	$24 \pm 1,5$	22 ± 2
Učebny	$24 \pm 1,5$	22 ± 2
Ústavy sociální péče	24 ± 2	22 ± 2
Zdravotnická zařízení	24 ± 2	22 ± 2
Výstaviště	$24,5 \pm 2,5$	22 ± 3
Stavby pro obchod	23 ± 2	19 ± 3

4.2 Hodnocení tepelného stavu prostředí

Používané jsou dvě hlavní metody pro hodnocení tepelné pohody lidí [1]:

- Dotazníky, kdy dotazovaní subjektivně odpovídají na otázky týkající se převážně vnímání teploty a současně se měří parametry vzduchu v místnosti. Tato metoda se používá hlavně v interiérech běžně obydlených lidmi (tedy v konkrétní budově, při běžném provozu).
- Měřením fyziologických změn člověka, jako je pocení, vlhkost pokožky nebo její teplota. Měří se v laboratořích (v klimatické komoře).

Nejpoužívanější jsou dvě, a to stupnice zkonstruovaná Bedfordem nebo ASHRAE stupnice. Porovnání obou metod v tab. 4.

Tab. 4: Měřítka tepelné pohody [1]

ASHRAE		Bedford
Horko	3	Velmi teplo
Teplo	2	Teplo
Teppleji	1	Příjemně teplo
Neutrálně	0	Příjemně
Chladněji	-1	Příjemně chladno
Chladno	-2	Chladno
Zima	-3	Velmi chladno

Člověk vnímá teplotu především pocitově. Záleží na jeho rozlišovacích schopnostech, a jak tepelné impulsy společně ovlivňují pohodu. Jde především o spokojenost lidí s uměle vytvořeným mikroklimatem. Bohužel ne vždy jsou všichni spokojeni. Někdo má rád tepleji a někdo zase chladněji.

4.2.1 Ukazatel PMV

PMV je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit na základě odevzaných hlasů velké skupiny osob, které hodnotí svůj pocit pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů (viz tab. 1) založené na tepelné rovnováze lidského těla. V mírném prostředí se termoregulační systém člověka automaticky pokusí modifikovat teplotu kůže a vylučováním potu udržovat tepelnou rovnováhu. V ukazateli je fyziologická odpověď termoregulačního systému statisticky vztažena k výsledkům posouzení vlastního tepelného pocitu.

PMV lze vypočítat pro různé kombinace metabolismu, izolace oděvu, teploty vzduchu, střední radiační teploty, střední radiační teploty, rychlosti vzduchu a vlhkosti vzduchu.

Ukazatel PMV lze použít pro hodnoty v rozmezí od -2 do +2, a tehdy je-li šest hlavních parametrů uvnitř následujícího rozmezí:

M	46 W/m ² až 232 W/m ² (0,8 met až 4 met)
I_{cl}	0 m ² K/W až 0,310 m ² K/W (0 clo až 2 clo)
t_a	10 °C až 30 °C
$\bar{t}_r$	10 °C až 40 °C
v_{ar}	0 m/s až 1 m/s
p_a	0 Pa až 2700 Pa

Pozn.: Při lehké práci vykonávané převážně vsedě může být střední rychlost proudění vzduchu v_{ar} uvnitř tohoto rozmezí pocíťována jako průvan [norma].

Hodnocení pomocí ukazatele PMV je vhodné k [2]:

- Ověření, že dané tepelné prostředí odpovídá kritériím pohody
- Vytvoření širších mezí přijatelnosti v prostorách s nižšími požadavky na pohodu
- Předpovědi kombinace činnosti, oděvu a podmínek prostředí, které vyvolají tepelně neutrální pocit ($PMV = 0$)

Následujícími způsoby se stanoví ukazatel PMV:

- Výpočet pomocí rovnice (viz (1)) a počítače
- Přímo z přílohy ČSN EN ISO 7730
- Přímým měřením pomocí integrovaného čidla (ekvivalentní a operativní teploty)

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - p_a] \\ -0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) \\ -0,0014M(34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl}[(f_{cl} + 273)^4 \\ (f_{cl} + 273)^4] - (\bar{t}_r + 273)^4 - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a) \end{array} \right\} \quad (1)$$

Ukazatel využijeme k ověření, zda dané tepelné prostředí odpovídá kritériím komfortu a ke stanovení požadavků pro různé úrovně přijatelnosti.

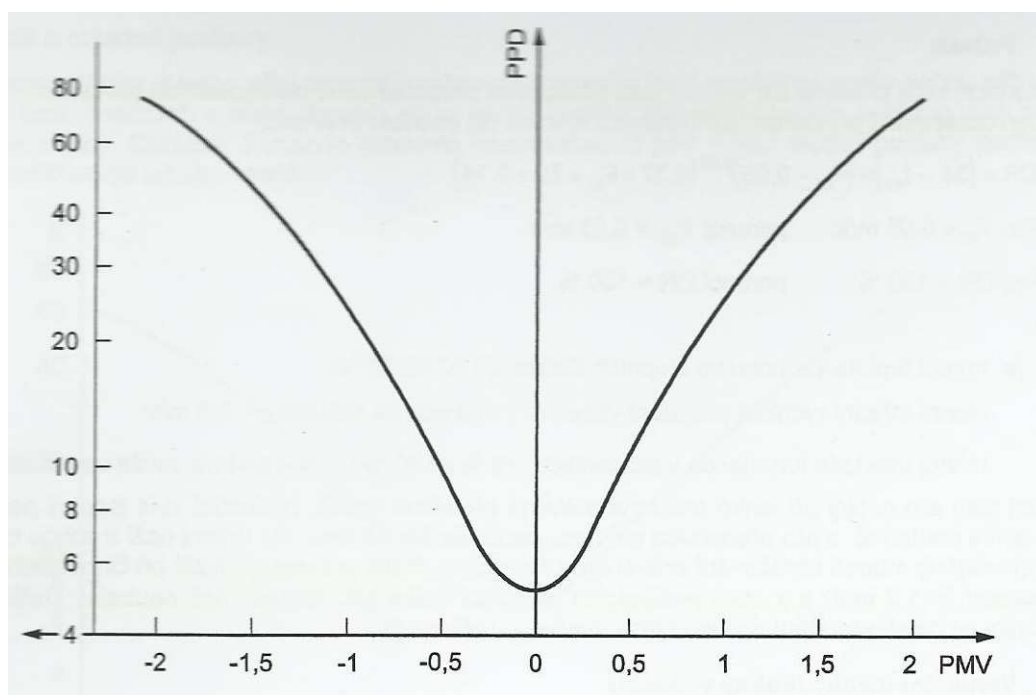
4.2.2 Ukazatel PPD

Ukazatel PPD předpovídá kvantitativní procentuální podíl nespokojených osob s tepelným prostředím ve skupině lidí, které pociťují jako příliš chladné nebo příliš teplé. Stanovit hranice tepelné pohody tak, aby vyhovovaly všem, je prakticky nemožné. Předpokládá se procento nespokojených osob, které udává oblast tepelné pohody v letním a zimním období. A také, že člověk je oblečen typicky pro dané období s mírnou aktivitou (1,2 met), s předpokladem 10 % nespokojených osob. Pocit průvanu může být způsobený fluktuací rychlosti projevující se turbulentí. Při nízkých rychlostech proudění je narušována mezní vrstva a tím jsou drážděny nervové buňky v kůži, které jsou citlivé na teplotu.

Člověk je nejméně citlivý na vlhkost vzduchu, připouští se relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 30 až 70 %.

Je-li určena hodnota PMV, lze vypočítat PPD pomocí rovnice (2)

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (2)$$



Legenda:

PMV předpověď středního tepelného pocitu

PPD předpověď procentuálního podílu nespokojených, %

Obr. 6: PPD jako funkce PMV [15]

4.2.3 Místní tepelný diskomfort

Nespokojenost s tepelným prostředím může být také způsobena nežádoucím místním oteplováním nebo ochlazováním částí lidského těla (nazýváme místním diskomfortem). Nejběžnější příčina místního diskomfortu je například průvan. Diskomfort může být také způsoben vysokým vertikálním rozdílem teplot mezi hlavou a kotníky a příliš teplou nebo chladnou podlahou nebo vysokou asymetrií radiační teploty.

Lidé jsou zvláště citliví k místnímu diskomfortu při lehké práci vsedě. Při vyšší úrovni aktivity jsou lidé méně citliví, a proto je riziko diskomfortu nižší.

Předpověď procenta osob obtěžovaných průvanem lze vypočítat jako stupeň obtěžování průvanem (DR) pomocí rovnice (3).

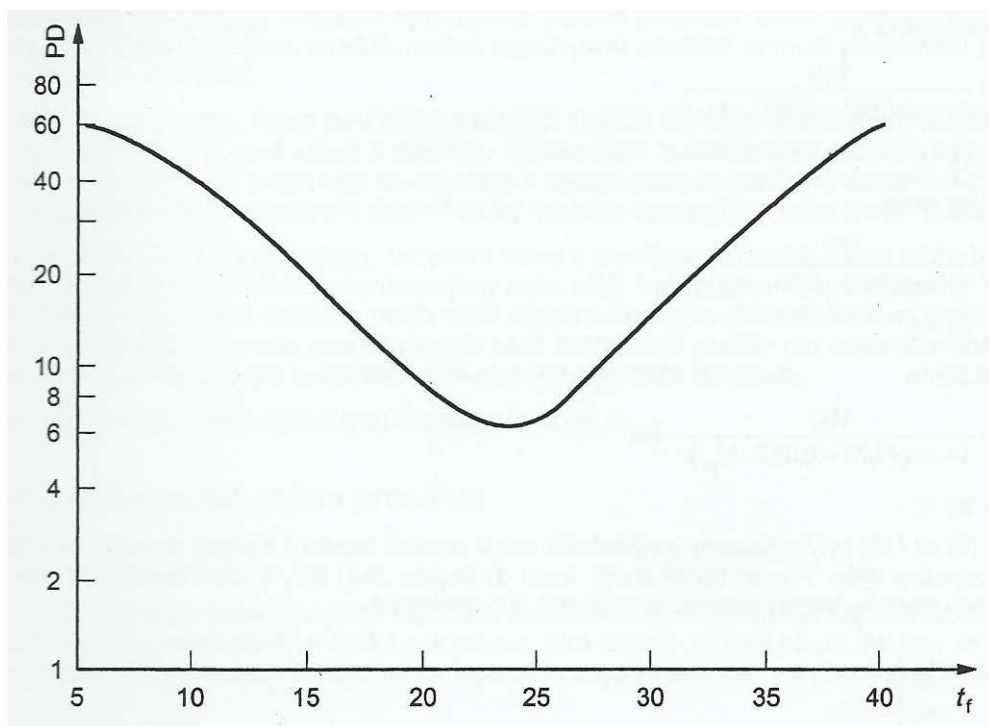
$$DR = (34 - t_a)(\bar{v}_{a,i} - 0,05)^{0,62}(0,37 \cdot \bar{v}_{a,i} \cdot Tu + 3,14) \quad (3)$$

Pro $\bar{v}_{a,i} < 0,05$ m/s pomocí $\bar{v}_{a,i} = 0,05$ m/s

Pro $DR > 100$ % pomocí $DR = 100$ %

Kde

Tu místní intenzita turbulence v %



Legenda:

DP procento nespokojených, %

t_f teplota podlahy, °C

Obr. 7: Místní tepelný diskomfort způsobený teplými nebo chladnými podlahami [15]

4.2.4 Kategorie tepelného prostředí

Tepelné prostředí pro daný prostor může být vybráno mezi třemi kategoriemi A, B a C dle tab. 5.

Tab. 5: Kategorie tepelného prostředí [15]

Kategorie	Tepelný stav těla jako celku		Místní diskomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % způsobený		
				Vertikálním rozdílem teploty vzduchu	Teplou nebo chladnou podlahou	Asymetrií radiace
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Každá kategorie stanovuje maximální procento nespokojených osob celkově (PPD) a PD pro každý ze 4 druhů místního diskomfortu. Některým požadavkům je těžké v praxi vyhovět. Rovnováhu mezi míněním několika osob nespokojených s prostředím vyjadřující různá procenta a tím, co je prakticky dosažitelné použitím současné technologie. Kategorie uvedené v tabulce 5 se vtahují k prostorům, v nichž jsou osoby vystavené stejnému tepelnému prostředí. Individuální kontrola místní teploty vzduchu, střední radiační teploty nebo rychlosti proudění vzduchu může přispět k vyrovnání rozdílů mezi jednotlivými požadavky a následkem toho vést k menšímu počtu nespokojených osob. K vyrovnání rozdílu může taktéž přispět vhodná volba oděvu.

4.3 Měření parametrů mikroklimatu

Stav vnitřního prostředí lze monitorovat přístrojovou technikou, které tvoří aktuální automatizované systémy s možností zpracování dat. Typické přístroje k posouzení stavu jsou:

- Kulový teploměr – měří globeteplotu pomocí kapalinového teploměru
- Psychrometr – měří suché a mokré teploty vzduchu, pro zjištění vlhkosti vzduchu; existují dva druhy psychrometrů (Assmanův a Augustův)
- Anemometr – snímá rychlosti proudění vzduchu
- Analyzátor interního mikroklimatu – umožňuje sledovat ukazatele PMV a PPD



Obr. 8: Kulový teploměr [18]



Obr. 9: Assmanův psychrometr [18]



Obr. 10: Augustův psychrometr [18]



Obr. 11: Lopátkový anemometr [18]

4.3.1 Teplota

Teplotu v interiéru měříme pomocí teploměru se sondou, která je vložena do kulové baňky z polyuretanu o průměru 100 až 150 mm. Teplota naměřená uvnitř této baňky je tzv. výsledná teplota t_g [°C] (vyjadřuje působení teploty vzduchu, teplotu okolních ploch a rychlost proudění vzduchu. Z výsledné teploty z měření v úrovni hlavy, břicha a kotníků je stanovena střední teplota (střední radiační teplota).

4.3.2 Měření vlhkosti vzduchu

Pro stanovení vnitřní vlhkosti vzduchu se používá měření relativní vlhkosti (poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ku množství par ve vzduchu, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení). Hodnota RH se udává v procentech. Pro měření se nejčastěji využívají kapacitní vlhkoměry.



Obr. 12: Kapacitní vlhkoměr [18]

4.3.3 Měření rychlosti proudění vzduchu

K měření rychlosti vzduchu se využívají lopatkové anemometry nebo žárové anemometry. Tyto zařízení jsou schopny měřit i malé rychlosti vzduchu (0,05 až 0,5 m/s). Lopatkový anemometr využívá mechanických účinků proudícího vzduchu a žárový anemometr měří rychlost proudění na základě ochlazování elektricky žhavého elementu. Nejvhodnější a ideálním řešením při měření rychlosti proudění vzduchu je využít měřící anemometr pomocí všesměrové sondy. Naměřená rychlost není závislá na směru proudění a měří rychlost již od 0,05 m/s.



Obr. 13: Anemometr s všesměrnou sondou [18]



Obr. 14: Žhavicí anemometr [18]

5 Syndrom nezdravých budov – SBS

Většinu času tráví člověk v uzavřeném prostoru, až 18 hodin denně a trend stále stoupá. Dlouhodobým pobytem v uzavřených prostorech si lidé mohou přivodit více či méně závažné nemoci a zdravotní potíže. Může za to tzv. syndrom nemocných budov. V roce 1984 oznámila Světová zdravotnická organizace, že 30 % obyvatel ve vyspělých zemích trpí nemocí SBS. V roce 2002 je postiženo už 60 % obyvatel. Syndrom nemocných budov souvisí se špatnou kvalitou vnitřního vzduchu (některé parametry se ocitnou mimo vyhovující meze). Uvnitř budovy je až 10x prašnější ovzduší než ve venkovním prostředí. Lidé často pociťují příznaky

podobné nachlazení, dále pak může způsobovat bolest hlavy (migrény), potíže se zrakem (pálení očí, slzení), problémy horních a dolních cest dýchacích (rýma, pálení nosu) a kožní potíže (svědění, podráždění,...). Toto týká se především nových budov.

5.1 Příčiny SBS

Nejčastější příčiny SBS jsou často vyvolány chybným návrhem topení, větráním a klimatizací bez další možnosti přirozeného větrání. Klimatizace upravuje venkovní vzduch a těmito úpravami vniká vzduch fyzikálně odlišný od venkovního prostředí. Další hlavní příčinou SBS může být kombinace oxidu uhličitého, případně oxidu uhelnatého s nedostatkem kyslíku. Také množství elektronických přístrojů nebo dlouhodobá práce na počítači má vliv na naše zdravotní komplikace.

Za syndrom nezdravých budov nemůže pouze stavební konstrukce nebo klimatizace, ale často také nábytek nebo jiné předměty v budově. V ohrožení jsou především lidé pracující ve výrobních halách, administrativních budovách a nákupních centrech. Problémy mohou způsobit například nedostatečný úklid, špatná údržba budovy nebo syntetické podlahové krytiny. Dále velké množství používaných chemických prostředků, bakterie, prach nebo plíseň v klimatizačním zařízení.

5.2 Jak omezit rizika

V přírodě se ve vzduchu nachází přirozená určitá dávka elektrické energie (atmosférických iontů), které mají blahodárný účinek na lidský organismus. Bohužel je do budov přiváděn čistý neutrální vzduch a v něm atmosférické ionty nenajdeme. Elektroiontové klima ovlivňuje fyzické zdraví i duševní pohodu a zvyšuje mentální i fyzickou odolnost. Také zlepšuje koordinaci, snižuje riziko onemocnění některou z civilizačních chorob. Pro člověka jsou důležité záporné ionty, tzv. vzdušné vitamíny. Nejčastěji bývají v ovzduší obsaženy po bouřce nebo v horských oblastech, u řeky, u moře, v lese. Díky nim se v těchto oblastech cítíme skvěle.

Zdravému prostředí pomůže například správná vlhkost vzduchu, která je na ni závislá. Kvalitu ovzduší zlepšíme přidáním pokojových rostlin do místnosti či kanceláře. Zpříjemníme si tím pracovní prostředí. Přívodem slunečního světla a hlavně časté větrání odstraní nebo zmenší rizika spojené se zdravotními potížemi. V zimních měsících je přísun čerstvého vzduchu dosti obtížný, z obav unikání zbytečného tepla, proto větrání v chladném období často šidíme. A přitom stačí větrat zhruba 5 až 10 minut třikrát až čtyřikrát denně. Na jaře a

na podzim se může interval prodloužit na 15 až 30 minut. Záleží na místnosti a způsobu větrání, kde chceme vyměnit vzduchu. Tam, kde trávíme nejvíce času, je potřeba větrat častěji.

V moderních kancelářských budovách je někdy větrání nemožné, proto je občas jediným řešením, jak eliminovat dopady SBS, například čističkou a pračkou vzduchu, ionizátory nebo již zmiňované zelené rostliny. Čističky dodají do ovzduší ionty, které se vykytují jen v přírodě.

6 Závěr

Utváření interního mikroklimatu není vždy jednoduché. V požadavcích na parametry vnitřního prostředí staveb (předpisy a nařízení) není lehké se orientovat. Jedním ze způsobů jak si ověřit parametry prostředí je experimentálním měřením. V kapitole 4 jsem se zaměřila na rozdíly v normě při utváření ergonomie tepelného prostředí v pracovním prostředí. Změna je patrná v tabulkách 1 a 2. Je novelizace nařízení vlády tím správným krokem vpřed? Nebo jde jen znesnadnění projektantům jejich práce. V novelizaci již není uvedena optimální teplota v pracovním prostředí. Mezi minimální a maximální teplotou je celkem velký teplotní rozdíl, a to až v rozsahu cca 15 K.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B) APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. KLÁRA BLAŽKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ALEŠ RUBINA, PH.D.

BRNO 2013

OBSAH:

B APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

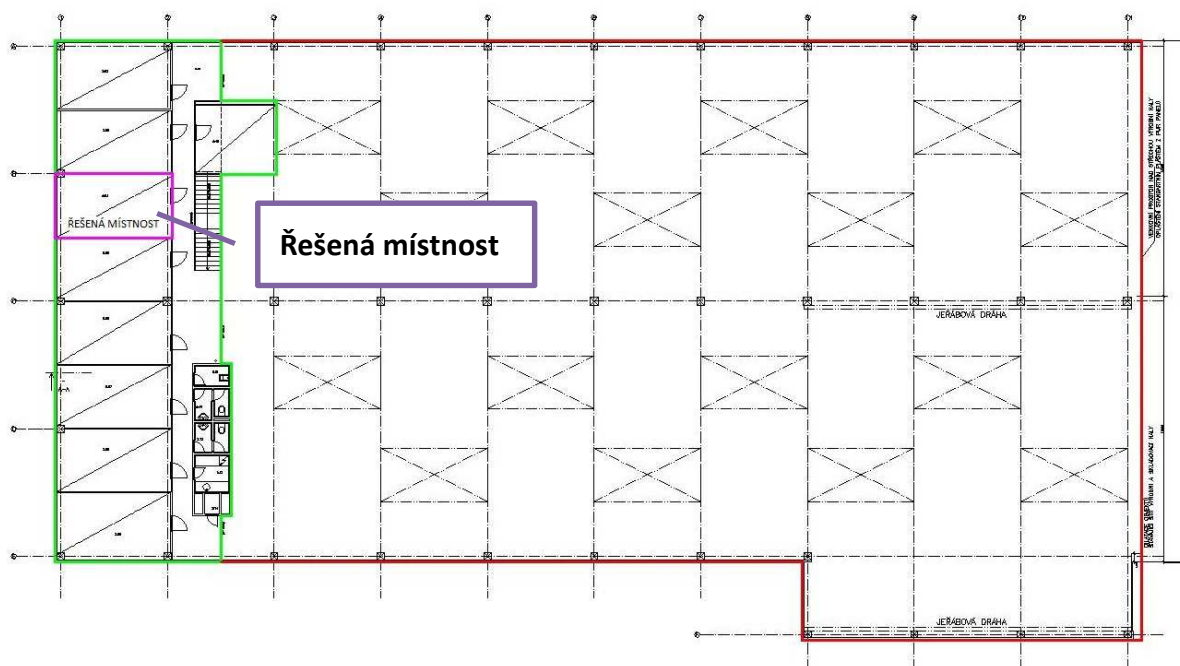
1	Úvod.....	41
2	Koncepční řešení.....	42
2.1	Výpočet tepelných ztrát a zisků.....	42
2.2	Průtoky vzduchu.....	43
3	Distribuční prvky.....	44
3.1	Vířivé vyústky s pevnými lamelami.....	44
3.2	Talířové ventily.....	46
4	VZT jednotka.....	47
5	Varianty návrhu.....	49
5.1	Varianta č. 1.....	49
5.2	Varianta č. 2.....	49
6	Posouzení jednotlivých variant.....	50
7	Technická zpráva.....	51

1 Úvod

Pro aplikaci problematiky byla použita budova výrobní haly, kterou jsem řešila ve své bakalářské práci.

Pro využití modelu z teoretické části byla namodelována zadána místnost kanceláře ve výpočetním programu Teruna. Místnost se nachází ve 2NP a slouží ke každodenní práci zaměstnanců výrobní haly. Kancelář je orientována na sever, a proto zde není tak výrazná tepelná zátěž.

Na základě analýzy zadané místnosti jsem navrhla dvě varianty



Obr. 15: Půdorysné schéma 2NP

2 Koncepční řešení

2.1 Výpočet tepelných ztrát a zisků

Výpočet tepelných ztrát																	Blansko; t _e = - 15°C	
Diplomová práce ZS 2012 Vypracovala: Klára Blažková		1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Místnost		Tepelná ztráta stěnou							Tepelná ztráta oknem				Tepelná ztráta větráním					
Označení	Teplota	Souč. prost. tepła U	Přírůžka k součiniteři	Rozdíl teplot Δt	Plocha stěn	Tepel. ztráta stěnou	Souč. prost. tepła U	Plocha otvorů	Rozdíl teplot Δt	Tepel. ztráta oknem	Průtok vzduchu	Objem místnosti	p · c	Rozdíl teplot Δt	Tepel. ztráta větráním	Celk. tepel. ztráta Q _o		
[-]	[°C]	[W/m²K]	[-]	[K]	[m²]	[W]	[W/m²K]	[m²]	[K]	[W]	[m³/h]	[m³]	[J/m³ K]	[K]	[W]	[kW]		
201	20	0,18	0,02	35	14,04	98	-	-	-	-	299,5	149,76	1300	35	3786	3,884		
202	20	0,18	0,02	35	9,62	67	1,2	1,8	35	76	121,8	60,92	1300	35	1540	1,683		
203	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	118,6	59,28	1300	35	1498	1,638		
204	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	110,8	55,38	1300	35	1400	1,539		
205	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	112,8	56,42	1300	35	1426	1,565		
206	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	116,0	57,98	1300	35	1466	1,605		
207	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	121,2	60,58	1300	35	1531	1,671		
208	20	0,18	0,02	35	9,1	64	1,2	1,8	35	76	114,9	57,46	1300	35	1452	1,592		
209	20	0,18	0,02	35	9,72	68	1,2	1,8	35	76	122,7	61,33	1300	35	1550	1,694		

Výpočet tepelných zisků												Blansko; t _e = - 15°C	
Diplomová práce ZS 2012 Vypracovala: Klára Blažková		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Místnost		Tepelný zisk oknem										Další tepelné zisky	
Označení	Teplota	Plocha otvorů	Sluneční záření	Propustnost okna	Stínící prvek	Tepel. ztráta oknem	Počet osob	Zisk od lidí	Zisk od svítidel	Zisk od spotřebičů	Celk. tepel. zátěž Q _o		
[-]	[°C]	[m²]	[W/m²]	[-]	[-]	[W]	[-]	[W]	[W]	[W]	[W]		
202	20	1,8	141	0,8	0,2	40,61	3	210	147	240	638		
203	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	3	210	0	240	655		
204	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	4	280	0	320	805		
205	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	4	280	0	320	805		
206	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	4	280	0	320	805		
207	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	3	210	0	240	655		
208	20	9,1	141	0,8	0,2	205,30	3	210	0	240	655		
209	20	1,8	141	0,8	0,2	40,61	3	210	147	240	638		

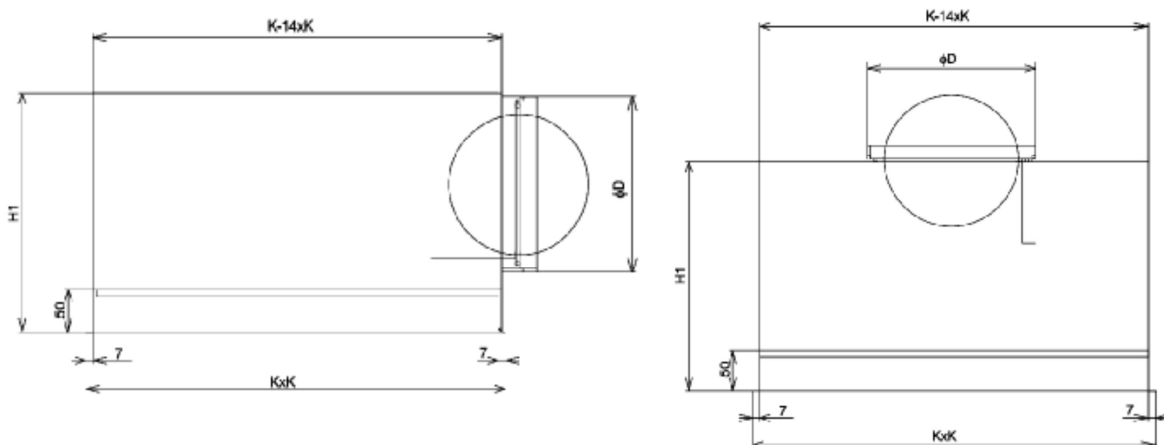
2.2 Průtoky vzduchu

Průtoky vzduchu										Blansko t _e = -15°C													
ZADANÉ HODNOTY										VÝPOČTENÉ HODNOTY													
Č. ZARÍZENÍ	Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA(m ²)	OBJEM(m ³)	POČET OSOB	VZD/OSOB (m ³ /h)	léto		zima		g/s	(W)		přívod						odvod			
							t(°C)	φ(%)	t(°C)	φ(%)		VODNÍ ZISKY	TEP. ZISKY	TEP. ZTRÁTY	Č. ZARÍZENÍ	VZD NA KRYTÍ T. ZISKŮ (m ³ /h)	VZD NA KRYTÍ T. ZTRÁT (m ³ /h)	ČER. VZDUCH	LÉTO t(°c)	ZIMA t(°C)	VÝMĚNA (h ⁻¹)	Č. ZARÍZENÍ	VZD (m ³ /h)
Zařízení č. 1 - Teplovzdušné vytápění a klimatizace prostoru výrobní haly																							
1	201	CHODBA	57,6	149,8	-	5x	25	-	20	-	-	-	3884	1	-	307	700	-	24	4,7	1	350	
1	202	KANCELÁŘ	23,43	60,9	3	50	25	-	20	-	-	638	1683	1	-	133	150	-	25	2,5	1	150	
1	203	KANCELÁŘ	22,8	59,3	3	50	25	-	20	-	-	655	1638	1	-	130	150	-	25	2,5	1	150	
1	204	KANCELÁŘ	21,3	55,4	4	50	25	-	20	-	-	805	1539	1	-	122	200	-	25	3,6	1	200	
1	205	KANCELÁŘ	21,7	56,4	4	50	25	-	20	-	-	805	1565	1	-	124	200	-	25	3,5	1	200	
1	206	KANCELÁŘ	22,3	58,0	4	50	25	-	20	-	-	805	1605	1	-	127	200	-	25	3,4	1	200	
1	207	KANCELÁŘ	23,3	60,6	3	50	25	-	20	-	-	655	1671	1	-	132	150	-	25	2,5	1	150	
1	208	KANCELÁŘ	22,1	57,5	3	50	25	-	20	-	-	655	1592	1	-	126	150	-	25	2,6	1	150	
1	209	KANCELÁŘ	23,59	61,3	3	50	25	-	20	-	-	638	1694	1	-	134	150	-	25	2,4	1	150	
1	210	ÚKLIDOVÁ KOMORA	2,0	5,2	-	30	25	-	20	-	-	-	17	1	-	30	0	-	25	0,0	1	50	
1	211	WC MUŽI	3,3	8,6	-	30;50	25	-	20	-	-	-	28	1	-	80	0	-	25	0,0	1	100	
1	212	WC ŽENY	3,3	8,6	-	30;50	25	-	20	-	-	-	28	1	-	80	0	-	25	0,0	1	100	
1	213	KUCHYŇKA	3,6	9,4	-	5x	25	-	20	-	-	-	30	1	-	42	0	-	25	0,0	1	50	
1	214	ARCHIV	0,9	2,3	-	1x	25	-	20	-	-	-	8	1	-	11	0	-	25	0,0	1	50	
1	215	MISTR	17,6	45,8	1	50	25	-	20	-	-	-	148	1	-	205	200	-	25	4,4	1	200	
															Σ =		2 250	Σ =		2 250	Σ =		2 250

3 Distribuční prvky

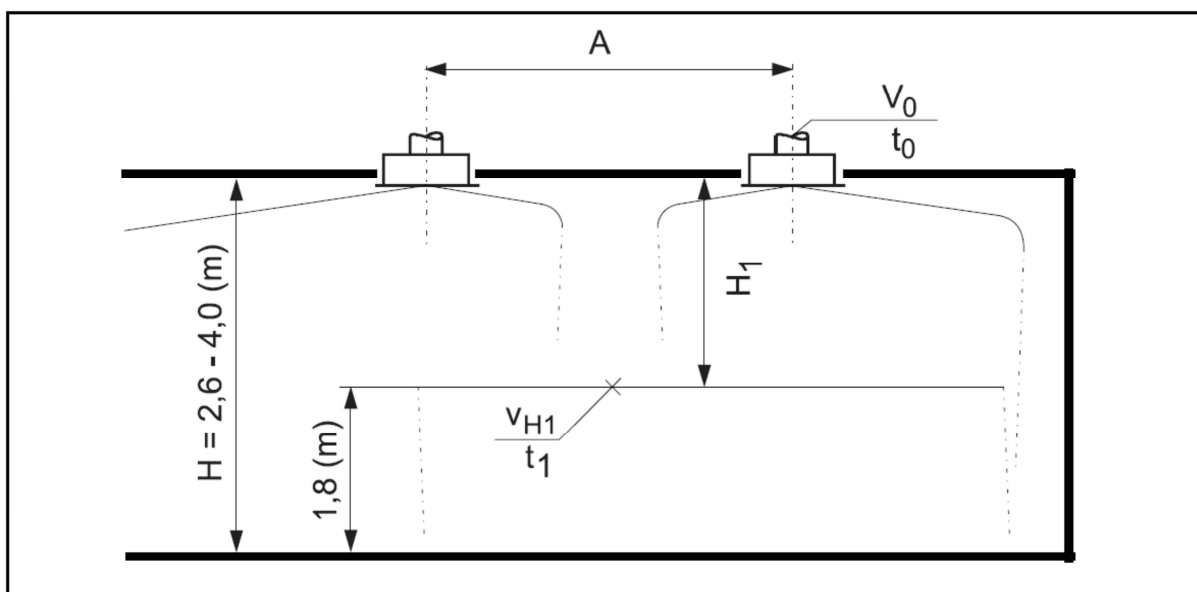
3.1 Vířivé vyústky s pevnými lamelami

IMOS VVKR/300; IMOS VVKR/400

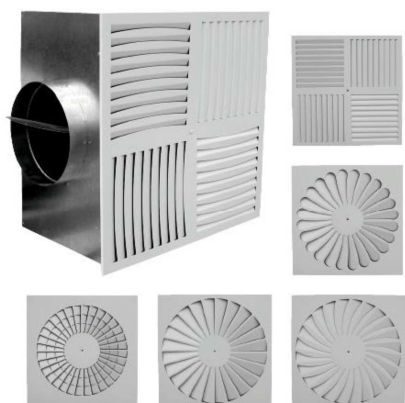


Obr. 16:Krabice čtyřhranná pro čtyřhrannou čelní desku [17]

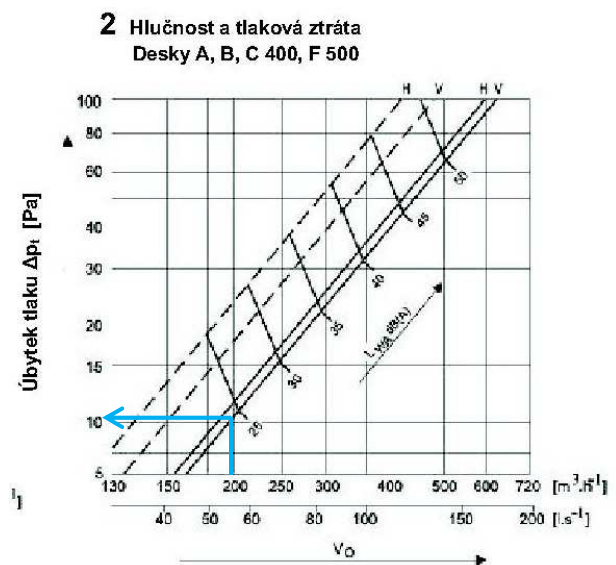
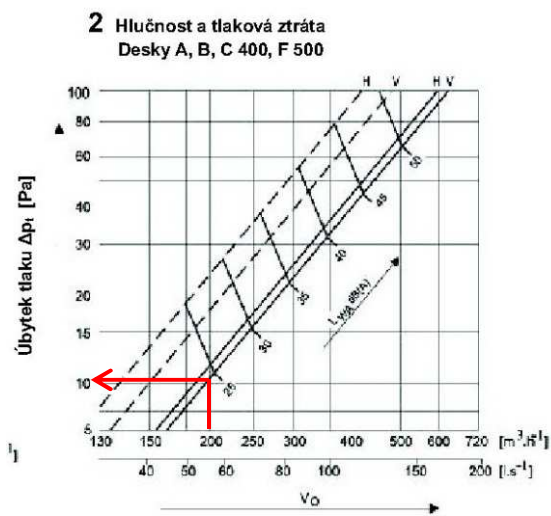
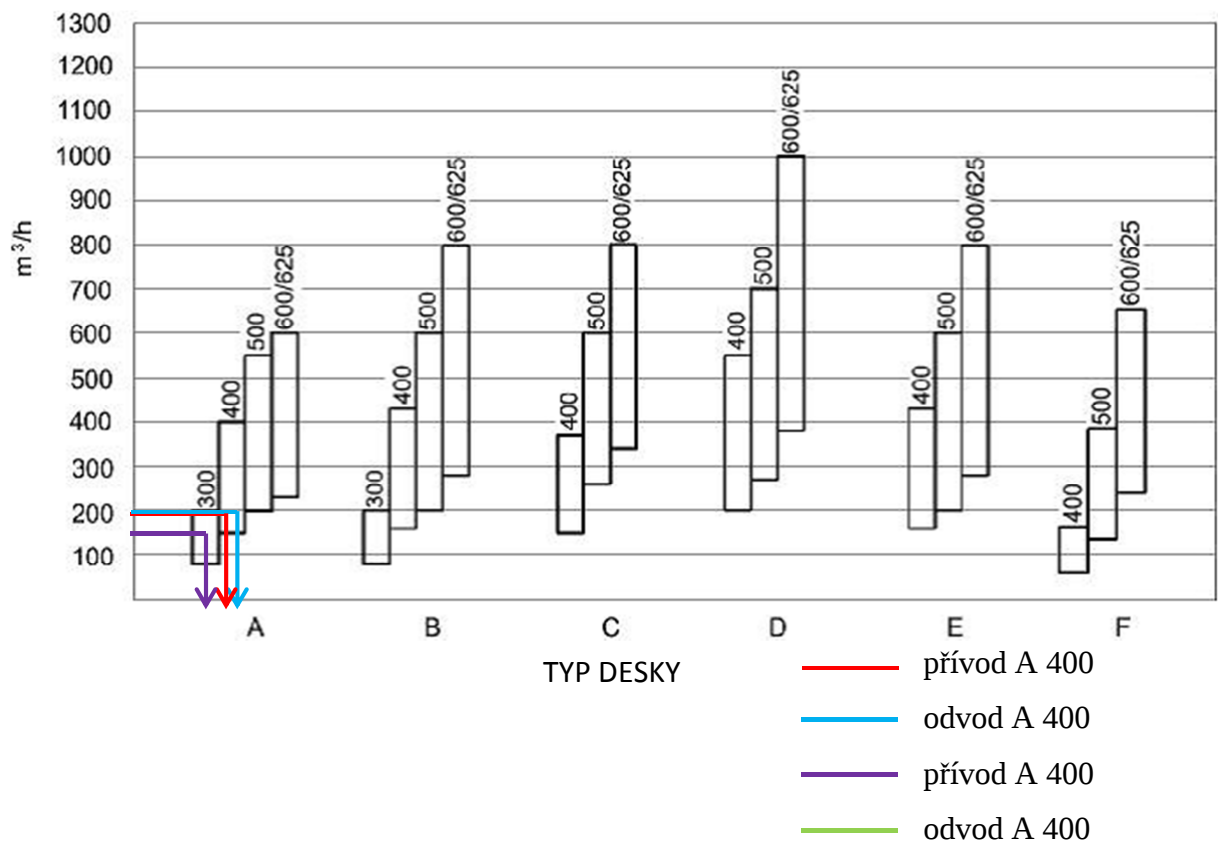
NÁVRH VÍŘIVÝCH VYÚSTEK S PEVNÝMI LAMELAMI



Obr. 17:Parametry pro výpočet vzduchového výkonu [17]

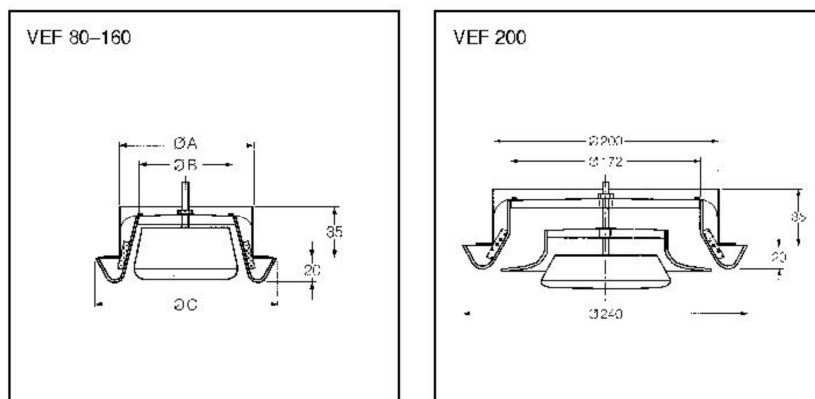


Obr. 18:Obrázek vířivé vyústky s pevn. lamelami [17]



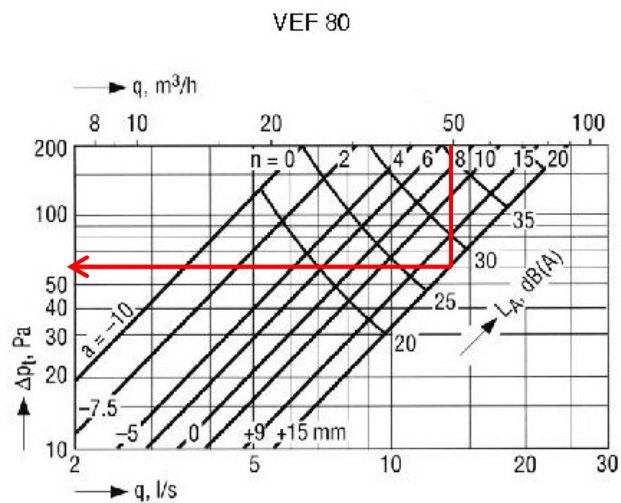
3.2 Talířové ventily

Talířové ventily odvodní VEF - 100



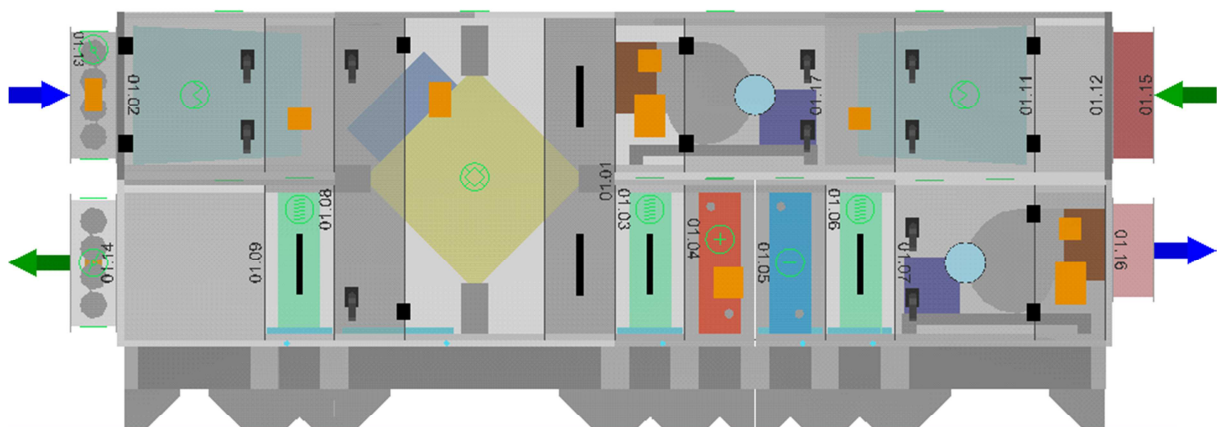
Typ	A	B	C	hmotnost [kg]
VEF 80	80	45	120	0,09
VEF 100	100	70	145	0,12
VEF 125	125	95	160	0,15
VEF 160	160	115	195	0,20

Obr. 19: Rozměry talířových ventilů [17]



Obr. 20: Dimenzování talířových ventilů odvodních [17]

Zařízení č. 1



Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)			
Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-12 / 29	Teplota z místnosti [°C]	20 / 25
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / 37	Relativní vlhkost z místnosti [%]	45 / 65
Tlak vzduchu [kPa]	99 / 99		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)			
Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	2250 / 2250	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	369 / 262
Rychlost v průřezu [m/s]	2.28 / 2.28	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	21 / 25
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	101 / 208	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	8 / 47
Rozdíl (k zaregulování) [Pa]	+1 / +108		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*			
Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátoru	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	14 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	1.04 / 1.04	Součtové výkony pro chlazení [kW]	2 / 0
Specifický výkon zařízení SFP _{E (W/m³·s)}	3312	Výkon zpětného získání tepla [kW]	13

*Návrh s vlivem kondenzace

Hlukové parametry zařízení									
Přívod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech L _{wa,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{wa} [dB(A)]								
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{wa}
Vstup	44.4	60.1	65.0	59.8	58.4	55.5	47.6	40.8	68.0
Výstup	47.8	64.6	71.6	70.6	74.3	75.5	72.6	66.8	80.6
Okolí	41.4	49.0	52.9	43.8	44.7	45.3	43.3	33.6	56.0

Odvod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech L _{wa,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{wa} [dB(A)]								
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{wa}
Vstup	47.4	64.1	71.0	68.8	71.4	70.5	66.6	60.8	77.3
Výstup	44.8	61.6	66.6	63.6	64.3	64.5	59.6	52.8	71.8
Okolí	41.4	49.0	52.9	43.8	44.7	45.3	43.3	33.6	56.0

Číslo zařízení	01	Název zařízení	Výrobní hala	Druh, rozměr	AeroMaster XP 22
				Model box	AMXP3

Soupis komponentů zařízení

Pozice	Název komponentu	Typové označení	ks	Hmotnost	Informace*		
					A	B	C
01.10	Klapka uzavírací	LK 1220-1170	1	19.5			
	Servopohon	SM 24A-SR	1				●
01.09	Sekce filtru	XPHO 22/D	1	130.5			
	Panel čelní - vstup	XPK 22/P	1				●
	Montážní sada panelu	XPK (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 22/5	1				●
	Snímač tlakové difference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				●
01.01	Sekce deskového rekuperátoru s by-passem	XPXQ 22/BP	1	657.1			
	Servopohon klapky obtoku	SM 24A	1				●
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOK 301	1				●
	Snímač namrzání	NS 120	1				
01.15	Sekce směšování	XPID 22/S	1	124.0			
01.04	Sekce eliminátoru	XPUO 22	1	62.5			
	Eliminátor kapek	XPNU 22	1				●
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 301	1				
01.06	Sekce ohříváč, chladič, eliminátor	XPQD 22/V	1	144.2			
	Vodní ohříváč	XPNC 22 ...	1				●
	Směšovací uzel	SUMX	1				
	Vodní chladič	XPND 22 ...	1				●
	Směšovací uzel chladiče	SUMX	1				
	Eliminátor kapek	XPNU 22	1				●
	Protimrazové čidlo	NS 130 R	1				●
	Doplňková protimrazová ochrana	CAP 3M	1				●
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 301	1				
01.07	Sekce ventilátoru	XPAA 22/P-D	1	249.7			
	Panel čelní - výtlak	XPK 22/A	1				●
	Montážní sada panelu	XPK (MSP)	1				
	Ventilátor	XPVA 22 ...	1				●
	Regulátor výkonu	XPFM	1				
	Servisní vypínač	XPSV	1				
	Snímač tlakové difference	P33 V (20 - 200 Pa)	1				●
	Kukátko/průhledítko	HLED 150	1				●
01.13	Tlumicí vložka	DV 780-780	1	5.0			
01.12	Tlumicí vložka	DV 1220-1170	1	7.7			
01.03	Sekce filtru	XPHO 22/D	1	130.5			
	Panel čelní - vstup	XPK 22/P	1				●
	Montážní sada panelu	XPK (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 22/5	1				●
	Snímač tlakové difference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				●
01.19	Sekce ventilátoru	XPAA 22/P-D	1	234.8			
	Panel čelní - výtlak	XPM 22/A	1				●
	Ventilátor	XPVA 22 ...	1				●
	Regulátor výkonu	XPFM	1				
	Snímač tlakové difference	P33 V (20 - 200 Pa)	1				●
01.14	Sekce směšování	XPID 22/R	1	138.0			
	Servopohon	NM 24A-SR	1				●
01.05	Sekce eliminátoru	XPUO 22	1	62.5			
	Eliminátor kapek	XPNU 22	1				●
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 301	1				
01.17	Sekce prázdná	XPJP 22/S	1	79.5			
	Panel čelní - výstup	XPK 22/P	1				●
	Montážní sada panelu	XPK (MSP)	1				
01.18	Klapka uzavírací	LK 1220-1170	1	19.5			
	Servopohon	SM 24A-SR	1				●
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS 22/M	6	48.0			
01.XX	Základový rám	XPR 22/1750-3	1	62.4			
01.XX	Základový rám	XPR 22/750-3	1	32.4			
01.XX	Základový rám	XPR 22/250-3	1	23.4			
01.XX	Základový rám	XPR 22/1840-3	1	64.0			
01.XX	Základový rám	XPR 22/250-3	1	23.4			
01.XX	Základový rám	XPR 22/1000-1	1	28.4			
01.XX	Základový rám	XPR 22/500-3	1	25.4			

Celková hmotnost zařízení

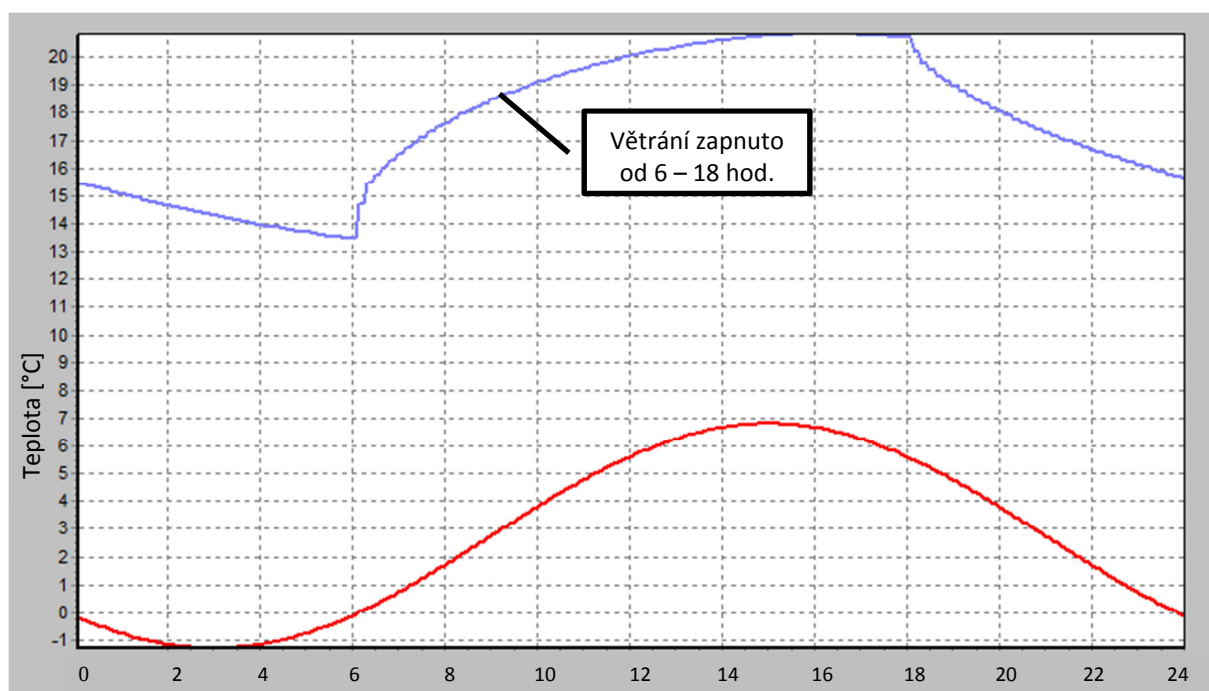
2372.4 kg

5 Varianty návrhu

Na základě analýzy objektu a zadané místnosti byly navrženy dvě varianty návrhu po stránce stínících součinitelů okna. Bude vytvořen matematický model z počítačového programu TERUNA a výstupem bude graf.

5.1 Varianta č. 1

Byla uvažována prosklená venkovní stěna a jedno otevírané okno (0,9 x 2000 mm) na severní straně. Byl proveden výpočet pro časový krok 300 s pro den 3.3.2012, jako z experimentálního měření (viz teoretická část). Tepelně technické vlastnosti byly uvažovány pro venkovní a vnitřní stěny. Pro postižení základního tepelného děje, byl výpočet realizován na modelu s pobývajícími osobami a osvětlení. V provozu byla VZT jednotka od 6 do 18 hodin po čas provozu ve výrobní hale. Okno má standartní dvojité zasklení s hliníkovým rámem.



Legenda:

- Teplota vnitřního vzduchu
- Teplota venkovního vzduchu

Osy:

- X čas [h]
- Y teplota [°C]

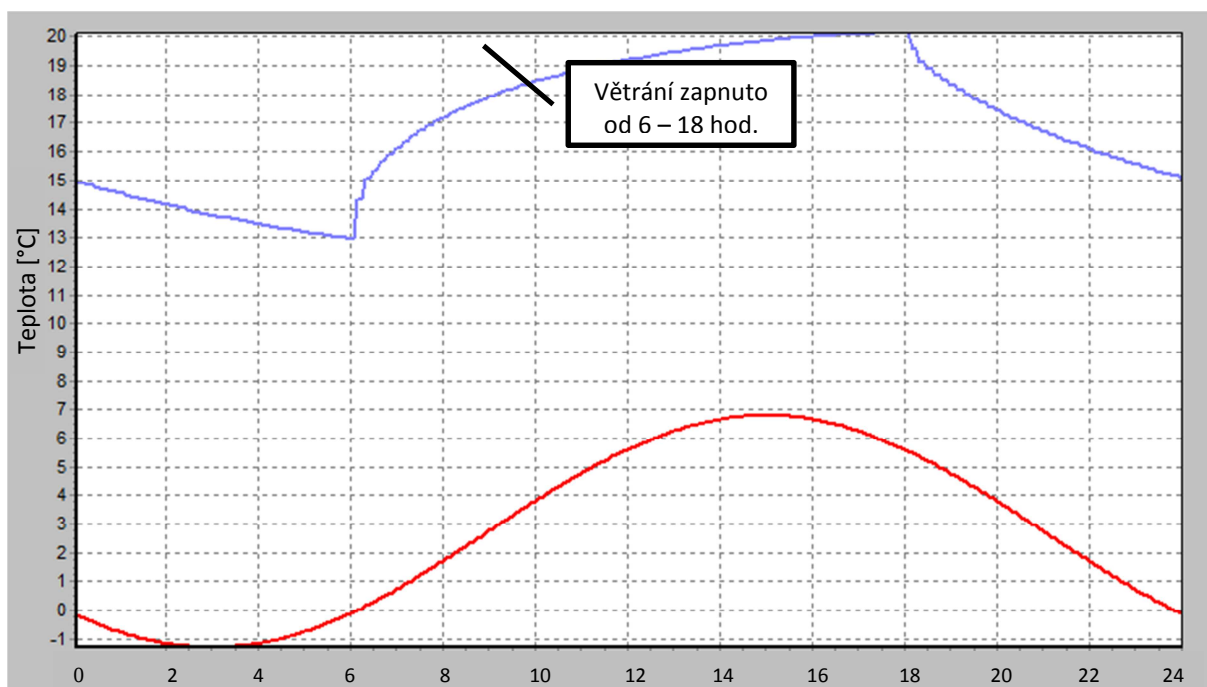
Graf 1: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna (pro 3.3.2012)

5.2 Varianta č. 2

Zadání bylo stejné jako v případě varianty č. 1, jen s tím rozdílem, že stínící součinitel okna byl změněn. V tomto případě byl stínící součinitel vypočítán kombinací několika stínících součinitelů okna.

$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot s_n = 0,9 \cdot 0,15 = 0,135$$

Uvažovala jsem použití vnějších žaluzií (hodnota 0,15) další stínící součinitele nebylo třeba, jelikož jde o kancelář orientovanou na severní stranu objektu.



Graf 2: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna a stínícím součiniteli 0,135 ze dne (3.3.2012)

6 Posouzení jednotlivých variant

Obě varianty návrhu vyhovují požadavkům prostředí.

Teplota vzduchu ve druhé variantě se snížila pouze o jeden stupeň, protože vnitřní teplotu v místnosti upravuje navržená VZT jednotka. Jelikož jsou kanceláře orientované na sever, není třeba uvažovat s dalšími kombinacemi stínících součinitelů okna nebo využití slunolamů. Výhodněji se jeví druhá varianta, jelikož při slunečním záření v létě je možné zastínit osluněnou část stěny. Přímé sluneční záření nepronikne do místnosti a neoslňuje osoby při práci. Jedním z dalších řešení je například vhodné uvažovat o výměně stávajících oken. Ekonomicky zajímavým řešením může být vestavba nových tepelněizolačních zasklení do existujících rámců. Tato opatření mohou (jsou-li správně navržena) vnést do objektu solární teplo a tím se sníží spotřeba na vytápění. Tato opatření ovšem nese i svá rizika. Příliš mnoho solárního tepla či světla vede v létě k přehřívání prostorů a ke zvýšení spotřeby energie pro klimatizační zařízení.

7 TECHNICKÁ ZPRÁVA

- 1 Úvod
- 2 Zásadní koncepční řešení
- 3 Popis technického řešení
- 4 Nároky na energie
- 5 Měření a regulace, protiúrazová ochrana
- 6 Protihluková a protidešťová opatření
- 7 Izolace a nátěry
- 8 Protipožární opatření
- 9 Nároky na sousední profese
- 10 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení
- 11 Závěr

1 Úvod

Předmětem této technické zprávy je návrh koncepce nuceného větrání a klimatizace prostorů kanceláří v objektu výrobní haly v Blansku, tak aby byly zajištěny předepsané hodnoty hygienických výměn výměny vzduchu a pohody prostředí v uvažovaných místnostech. Podrobně se budeme věnovat zařízení č.1.

1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování této technické zprávy jsou výkresy jednotlivých půdorysů a řezů stavební části, příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, české technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení, zejména:

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, novelizace č. 93/2012 Sb.
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN 73 05 48 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 12 70 10 – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 08 02 a ČSN 73 08 10 – požární bezpečnost staveb

- ČSN 73 08 72 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením

1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo:	Blansko
Nadmořská výška:	289,53 m n.m.
Výpočtová teplota vzduchu:	Léto: 29°C Zima: -15°C
Relativní vlhkost:	Léto: 37% Zima: 95%

2 Základní koncepční řešení

Na základě hygienických požadavků je uvažováno s teplovzdušným větráním a klimatizací kanceláří včetně zázemí. Výměna vzduchu v těchto provozech bude provedena nuceným systémem v souladu s příslušnými hygienickými, zdravotními, bezpečnostními, protipožárními předpisy a normami platnými na území České republiky, přitom implicitní hodnoty údajů ve výpočtech dále uvažovaných, jakož i předmětné výpočtové metody jsou převzaty zejména z výše uvedených obecně závazných předpisů a norem. V jednotlivých základních typech (viz. Analýza objektu).

2.1 Hygienické a stavební větrání

Hygienické větrání bude navrženo v úrovni nejméně hygienického minima ve smyslu obecně závazných předpisů. Přitom jako základní principy návrhu objektového řešení jsou přijaty následující podmínky:

- Podtlakové větrání je navrženo v místnostech hygienického vybavení a zázemí objektu (WC, sprchy, šatny)
- Úhrada vzduchu bude hrazena z okolního prostředí netěsnostmi ve stavebních konstrukcích nebo přes stěnové mřížky
- Odvětrávání bude vzhledem k obsluhovaným prostorům tvořit samostatně jednotlivé systémy podle stavební dispozice a podle potřeby nuceného větrání
- Výfuky znehodnoceného vzduchu budou vedeny na fasádu objektu pro zařízení teplovzdušného vytápění zázemí haly. Výfuky budou umístěny na střeše strojovny ve třetím podlaží.
- Nejvyšší přípustná maximální hladina vnějšího a vnitřního hluku

$L_{Amax}=40-55$ dB dle druhu provozu a účelu jednotlivých místností a bude zajištěna tlumiči hluku.

2.2 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT a chladících zařízení – rozvodná soustava 3+PEN, 50 Hz, 400V/230V.

Tepelná energie

Pro ohřev vzduchu v tepelném výměníku centrálních vzduchotechnických jednotek bude sloužit topná voda s rozsahem provozních teplot $t_{w1}/t_{w2} = 80/60^{\circ}\text{C}$. Výrobu teplé vody zajistí profese ÚT.

Pro chlazení vzduchu v centrálních jednotkách je uvažován systém nepřímého chlazení pomocí vzduchem chlazených kondenzátorů umístěných na střeše vedle strojovny vzduchotechniky. Pracovní rozsah $t_{w1}/t_{w2} = 7/13^{\circ}\text{C}$ s podílem nemrznoucí kapaliny 34%.

3 Popis technického řešení

3.1 Koncepce větracích zařízení

Návrh řešení větrání předmětných prostor vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima jednotlivých místností. V zásadě jsou větrány místnosti, které to nezbytně potřebují z hlediska hygienického, funkčního či technologického. Pro rozvod vzduchu se počítá s nízkotlakým systémem.

Výměny vzduchu v jednotlivých místnostech jsou navrženy podle hygienických předpisů a podle výměn všeobecně stanovených 361/2007 Sb. (viz. průtoky vzduchu). Navržená VZT zařízení jsou rozdělena do následujících funkčních celků.

Zařízení č.1 – Větrání – klimatizace kanceláří včetně zázemí

Pro dodržení hygienických potřeb výměn vzduchu a pokrytí tepelné zátěže a tepelných ztrát v prostoru jídelny včetně zázemí je navržena centrální VZT jednotka, která zajistí jednostupňovou filtraci čerstvého a znehodnoceného vzduchu (filtr F5), rekuperaci pomocí deskového výměníku a také eliminaci kapek v odvodní i přívodní části jednotky. Snížení v mimopracovní době o 50% bude zajištěno pomocí frekvenčních měničů motoru přívodního a odvodního ventilátoru.

Jednotka bude umístěna ve strojovně VZT, která je přístupná z pochůzného střešního. Sání čerstvého a výfuk znehodnoceného vzduchu bude provedeno přímo ze strojovny tak, aby

nedošlo k nasátí znehodnoceného vzduchu. Výfuky a sání budou opatřeny protidešťovou žaluzií a krycí mřížkou.

Transport jednotky bude po jednotlivých komorách.

Filtrovaný, tepelně upravený vzduch bude do obsluhovaných prostorů transportován čtyřhranným potrubím z pozinkovaného plechu a ohebnými hadicemi. Jako koncové elementy budou sloužit přívodní vířivé anemostaty. Odvod znehodnoceného vzduchu bude také transportován čtyřhranným potrubím s osazenými koncovými elementy – vířivými odvodními anemostaty a v hygienickém zázemí talířovými odvodními ventily. Zařízení bude pracovat se 100% čerstvého přívodního vzduchu.

Systém větrání je navržen jako rovnotlakový.

Izolace na centrálním VZT systému bude v jednotlivých místnostech vedena v podhledu a zaizolována tepelnou izolací tl.40mm, která bude plnit funkci požární izolace - zabrání se tak kondenzaci vodní páry na potrubí v letním i zimním období. Potrubní rozvody v exteriéru bude izolováno tepelnou izolací s oplechováním tl.60mm. ve strojovně budou veškeré trubní rozvody izolovány tvrzenou protihlukovou izolací tl.60mm .

4 Nároky na energie

Součtové elektrické příkony ventilátorů:

$$1.01 \quad P_{V,přívod} = 5,02 \text{ kW}$$

$$P_{V,odvod} = 3,85 \text{ kW}$$

5 Měření a regulace, protimrazová ochrana

Navržený vzduchotechnický systém bude řízen a regulován samostatným systémem měření a regulace – profese MaR. Základní funkční parametry jsou:

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Zajištění tlumeného chodu konkrétních zařízení mimo pracovní dobu cca ½ max. výkonu , na přívodu i odvodu vzduchu , zajištění tlumeného chodu – frekvenční měniče.
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohřívače v zimním období
- Regulace teploty vzduchu nepřímo chlazeného chladiče ve VZT jednotce – Regulace výkonu výměníku rozdělováním – kvantitativní směšování
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavků
- Řízení účinnosti protimrazové ochrany deskového výměníku nastavováním obtokové klapky (na základě teploty odpadního vzduchu nebo tlakové ztráty)

- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vzduchu i vody. Při poklesu teploty 1.-výstupního ventilátoru, 2.-uzavření klapky, 3.-otevření třícestného ventilu, 4.-spuštění čerpadla
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátoru pomocí diferenčního snímače tlaku
- Měření a signalizace zanášení (tlakové ztráty) všech stupňů filtrace
- Poruchová signalizace
- Připojení regulace a signalizace stavu všech zařízení a velící centralizované stanoviště
- Zajištění požadované současnosti chodu jednotlivých zařízení v příslušných funkčních celcích
- Signalizace požárních klapky (Z/O) – podružná signalizace polohy na panel požárních klapky a systému EPS

6 Protihluková a protiotřesová opatření

Do rozvodných tras budou vloženy kulisové tlumiče hluku, které zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných místností a do okolní zástavby. Tyto tlumiče budou osazeny jak v přívodních, tak odvodních trasách vzduchovodů, kde by bez tlumiče nevyhověla hladina hluku dle nařízení vlády č.148/2006. Vzduchovody budou protihlukově izolovány od zdroje hluku za jednotlivé tlumiče jak na sání, tak i na výtlaku. Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) budou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi – stavitelné nohy budou podloženy rýhovanou gumou. Veškeré vzduchovody budou napojeny na jednotky přes tlumící vložky. Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací.

7 Izolace a nátěry

Jsou navrženy tvrzené izolace hlukové a tepelné. Ve výkresové části technické zprávy jsou uvažované izolace zobrazeny ve výkresech. Tepelná izolace tl.60mm a tl.40mm bude zároveň plnit funkci hlukové izolace. Potrubní rozvody ve strojovně vzduchotechniky budou izolovány tvrzenou izolací tl.60mm. potrubní rozvod v exteriéru bude izolován tepelnou izolací s oplechováním tl.60mm.

Tvrzené tepelné izolace – šířka izolace 40 a 60 mm	$\alpha_w=0,81$
Tvrzená tepelná izolace s oplechováním – š. 60 mm	$\alpha_w=0,81$
Tvrzená hluková izolace – š. 60 mm	$\alpha_w=0,81$

V případě použití jiného druhu izolací je nutné se řídit uvedenými parametry a dodržet hygienické a funkční parametry zařízení. Nátěry nejsou uvažovány. Všechny protidešťové žaluzie jsou tvořeny z pozinkového plechu – možnost nátěru.

8 Protipožární opatření

Všechny prostory vzduchovodních potrubí procházející přes požárně dělící konstrukce budou opatřeny požárně dělící konstrukce a budou opatřeny požárními ucpávkami. Do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky, zabráňující v případě požáru v některém požárním úseku jeho šíření do dalších úseků nebo na celý objekt. V případech, kdy nebude protipožární klapku možno osadit do požárně dělící konstrukce, bude potrubí mezi touto konstrukcí a požární klapkou opatřeno izolací s požadovanou dobou odolnosti. Osazené požární klapky budou v provedení teplotní a ruční spouštění se signalizací na 24V.

9 Nároky na spolusouvisející profese

9.1 Stavební úpravy

- Otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení sutě
- Obložení o dotěsnění prostupů VZT potrubí izolačními protidešťovými hmotami rámcí zapravení
- Dotěsnění a oplechování prostupů VZT
- Zajištění případných nátěrů VZT prvků na fasádě, či střeše objektu (architektonické ztvárnění)
- Zřízení prostorů strojovny VZT na střeše objektu.
- Zajištění povrchové úpravy podlahy pro bezprašný provoz a vyspádování podlahy k instalované vpusti
- Stavební, výpomocné práce
- Zřízení instalačních šachet pro vedení jednotlivých vzduchovodů
- Zřízení revizních otvorů pro přístup k ventilátorům, regulačním a požárním klapkám nerozebíratelných částí podhledu

9.2 Silová elektroinstalace

- Doplnění stávajícího rozvaděče u schodiště o jističe pro napájení vzduchotechnických jednotek a připojení těchto jednotek k elektrické síti 230,400V/50Hz

- Přivedení silového napájecího kabelu do prostor zázemí (místo přivedení bude upřesněno investorem). Silový napájecí kabel bude veden v plastové liště po zdi
- Provedení revize silového kabelu, popř. společně pro celý systém MaR
- Uzemnění všech zařízení

9.3 Měření a regulace

- Ovládání a řízení chodu
- Řízení chodu VZT
- Signalizace chodu provozních stavů a poruch
- Ovládání servopohonů a klappek
- Snímání čidel a manostatů
- Řízení přívodu teploty
- Zajištění požadavků chlazení
- Hlídání mrazové ochrany výměníku
- Regulace výkonu ventilátorů pomocí ovládání frekvenčních měničů

9.4 Zdravotní technika

Odvod kondenzátu od vzduchotechnických jednotek umístěných ve strojovně vzduchotechniky. Svod kondenzátu bude napojen na odpadní potrubí upřesnění dle investora.

9.5 Chlazení

10 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- Realizační firma v rámci své dodávky provede rozpis VZT potrubí pro výrobní a montážní účely (rozdělení vzduchovodů na jednotlivé roury a tvarovky včetně potřebných „rozměrů“) včetně kontroly technické zprávy ve smyslu úplnosti §55 obchodního zákoníku
- Realizační firma před naceněním provede prohlídku stávajících prostorů a stávající stav demontáží. Rozvody VZT budou instalovány před ostatními profesemi kvůli zjištění prostorových nároků
- Všechny dešťové žaluzie budou z pozinkovaného plechu připravené k případnému nátěru – architektonického řešení
- Při montáži požárních klappek budou zajištěny přístupy pro následné revize – nutná opětovná koordinace se stavební profesí v průběhu realizace výstavby

- Osazení VZT jednotek bude provedeno na podložky z rýhované gumy
- Při zaregulování systému VZT s motory ovládanými frekvenčními měniči je nutné nastavení požadovaných vzduchových výkonů koordinovat s profesí MaR – např. pomocí prandtlové trubice
- Montáž všech vzduchotechnických zařízení bude provedena odbornou montážní firmou. Navržená VZT zařízení budou montována podle montážních předpisů jednotlivých VZT prvků
- Všechny odbočky, rozbočky a nástavce na čtyřhranných potrubních rozvodech budou vybaveny náběhovými plechy – třetí stupeň regulace
- Připojení koncových elementů pro přívod i odvod vzduchu v zařízení č.1 bude provedeno pomocí Spiro potrubím. Připojení koncových elementů zařízení č.2 a 3 bude provedeno ohebnou hadicí ALUFLEX MI.
- Při montáži musí být dodržena veškerá bezpečnostní opatření dle platných předpisů
- Veškerá zařízení musí být po montáži vyzkoušena a zaregulována. Při zaregulování vzduchotechnických systémů bude postupováno v součinnosti s profesí MaR. Uživatel musí být řádně seznámen s funkcí, provozem a údržbou zařízení
- VZT zařízení, seřízená a odevzdaná do trvalého provozu, smí být obsluhována pouze řádně zaškolenými pracovníky, a to dle provozních předpisů dodavatelů VZT zařízení, pokud není v projektové dokumentaci uvedeno jinak. Při provozu odpovídá za bezpečnost práce provozovatel. Všechny podmínky pro bezpečnou práci musí být uvedeny v provozním řádu. Vypracování provozního řádu včetně zaškolení obsluhy zajistí dodavatel
- VZT zařízení musí být pravidelně kontrolována, čištěna a udržována stále v provozuschopném stavu. Okolí zařízení musí být vždy čisté a přístupné pro snadnou kontrolu a bezpečnou obsluhu nebo údržbu. Vizually bude hygienická účinnost provozu (filtrační část) jednotlivých VZT zařízení kontrolována nejméně jednou týdně, v rámci profese MaR bude kontrolováno zanášení jednotlivých stupňů filtrace (pomocí měření tlakové difference filtrů). O kontrolách a údržbě musí být veden záznam a jejich frekvence bude určena v provozním řádu – zajistí dodavatel
- Výměna dílčích prvků vzduchotechnických zařízení a následné nakládání s nimi bude prováděna podle předpisů jednotlivých výrobců.

- Navržená VZT zařízení budou řízena a regulována samostatným systémem měření a regulace – profese MaR. Údržbu a kontrolu nad chodem zařízení budou zajišťovat techničtí pracovníci, kteří jsou pro tuto činnost zaškolení.

11 Závěr

Navržená větrací zařízení splňují nároky kladené na provoz daného typu a charakteru. Zabezpečí v daných místnostech optimální pohodu prostředí požadovanou předpisy.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C) TEORETICKÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. KLÁRA BLAŽKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ALEŠ RUBINA, PH.D.

BRNO 2013

C TEORETICKÁ ČÁST

1	Cíl teoretického řešení.....	62
2	Analýza objektu.....	63
2.1	Skladba obvodových a vnitřních konstrukcí.....	63
3	Analýza měřicího přístroje.....	65
3.1	Technické parametry přístroje.....	66
3.1.1	Parametry měření.....	66
3.1.2	Parametry přístroje.....	66
4	Matematický model.....	67
5	Grafický výstup naměřených dat.....	68
6	Grafický výstup ze softwaru Teruna	69
6.1	Varianta č. 1.....	69
6.2	Varianta č. 2.....	71
6.3	Varianta č. 3.....	72
6.4	Výpočet stínícího součinitele.....	74
7	Výsledky.....	76
8	Závěr.....	77

1 Cíl teoretického řešení

Cílem teoretické části v této části diplomové práce je najít optimální řešení po stránce stínících součinitelů okna na konkrétním zadání a vytvoření matematického modelu zvolené místnosti (experimentální řešení). Dále pak srovnání se získanými naměřenými údaji z měřicího přístroje, který je určen pro záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu nejen ve vnitřním prostředí, ale i ve venkovním.

Měření bylo provedeno s kolegyní Hanou Dvořákovou, která hodnotila: Vliv prostředí na vnitřní mikroklima objektů. Měřicí zařízení bylo umístěno a připevněno na parapetu okna (v interiéru i v exteriéru) v dané místnosti.

Měření probíhalo v průběhu celého dne. Přerušovaně od listopadu 2011 do dubna 2012. Pro zpracování dat byl vybrán jeden den na jaře (3.3.2012) a jeden den na podzim (28.10.2011). Výsledkem měření je porovnání naměřených hodnot dané místnosti a její následné modelování pomocí matematického modelu v počítačovém programu TERUNA. Matematický model byl sestaven z naměřených hodnot pro dny 28.10.2011 a 3.3.2012.



Obr. 21: Letecký pohled na Jižní část objektu [www.mapy.cz]

2 Analýza objektu

Měření bylo provedeno na stávajícím objektu rodinného domu ve Velkém Meziříčí. Místnost se nachází ve 2NP. Venkovní stěna s oknem (o rozměrech 1 500 x 1 500 mm) je převážně orientovaná na JIH až JIHOVÝCHOD (spíše jih).



Obr. 22: Výřez z mapy s naznačenou orientací světové strany (www.mapy.cz)

2.1 Skladba obvodových a vnitřních konstrukcí

1. Skladba obvodového zdiva

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]
Omítka	10	0,99
Zdivo z cihel POROTHERM 44 P+D	440	0,149
Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	40	0,034
Omítka	10	0,99

2. Skladba vnitřního zdiva

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]
Omítka	10	0,99
Zdivo z cihel	100	0,860
Omítka	10	0,99

[1]

3. Skladba podlahy

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]
Vlasy	10	0,180
Betonová mazanina	50	0,250
Tepelná izolace	50	0,044
Hurdisk	250	0,105
omítka	10	0,99

4. Skladba střešní konstrukce

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]
Střešní krytina na latích	-	-
Kontralatě 40 x 60 mm	-	-
Hydroizolace	5	0,2
Tepelná izolace mezi krokvemi	240	0,095
Tepelná izolace pod krokvemi	40	0,095
Parotěsná zábrana – modifik. asf. pás	5	0,2
Konstrukce podhledu	20	0,22

3 Analýza měřicího přístroje

Pro měření stavu vnitřního prostředí byl využit měřicí přístroj DETALOGERR – S 3120 Teploměr-vlhkoměr.

Měřicí přístroj je určen pro záznam teploty a relativní vlhkosti. Záznam měření je prováděn do elektronické paměti, údaje lze kdykoli přenést do PC přes rozhraní USB. Naměřené hodnoty se ukládají do paměti v nastaveném časovém intervalu, např. při intervalu ukládání 15 minut bude hodnota uložena každou 15., 30., 45. a 00. minutu a nultou sekundu v každé hodině. Veškerá nastavování a ovládání záznamníku se provádějí pomocí počítače. Pro moje konkrétní měření byl zvolen časový krok 300 s (5 minut).



Obr. 23: Detalogger – S3120 Teploměr-Vlhkoměr [18]

3.1 Technické parametry přístroje – podklady od výrobce [18]

3.1.1 Parametry měření:

Teplota okolí	Odporový snímač Pt 1000/3850 ppm
Rozsah měření	- 30 až +70 °C
Rozlišení	0,1 °C
Přesnost	± 0,4 °C
Relativní vlhkost	Údaj je teplotně kompenzován v celém teplotním rozsahu
Rozsah měření	0 až 100 % RH
Rozlišení	0,1 % RH
Přesnost	± 2,5 % RH v rozsahu 5 až 95 % RH při 23 °C
Rosný bod	Veličina vypočtená z teploty a vlhkosti
Rozsah měření	- 60 až +70 °C
Rozlišení	0,1 °C
Přesnost	± 1,5 °C při okolní teplotě $T < 25\text{ °C}$ a $RH > 30\%$

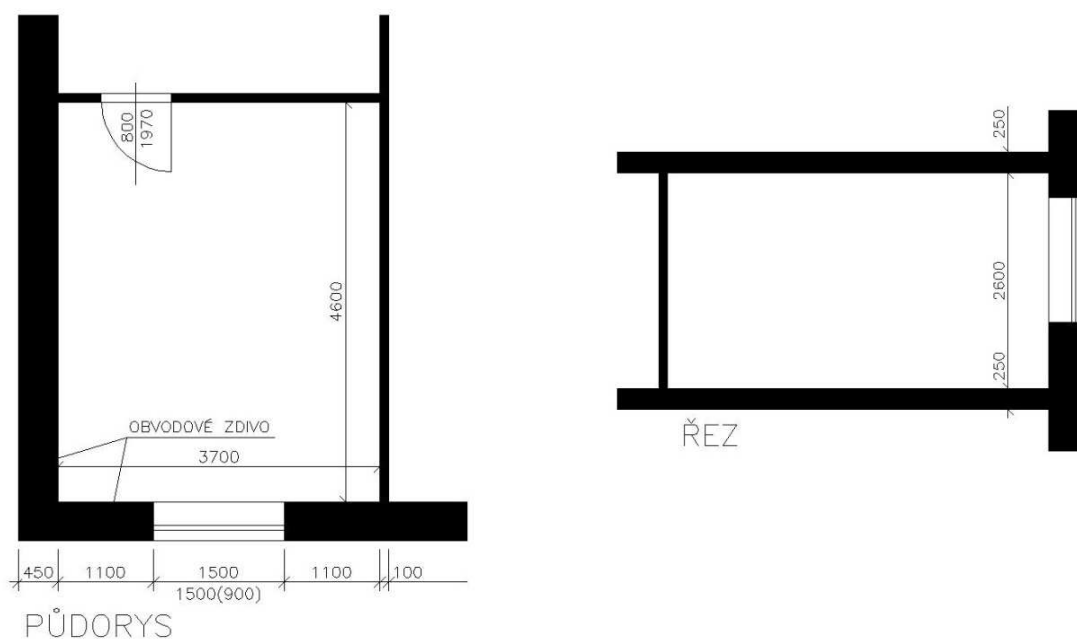
3.1.2 Parametry přístroje:

Interval záznamu	10 s až 24 hod
Kapacita paměti	32 000 hodnot
Volba typu záznamu	Necyklický – po zaplnění paměti se záznam zastaví
	Cyklický – po zaplnění se nejstarší hodnoty nahrazují novými
Napájení	Lithiová baterie 3,6 V; rozměr AA
Krytí přístroje	IP 67

4 Matematický model

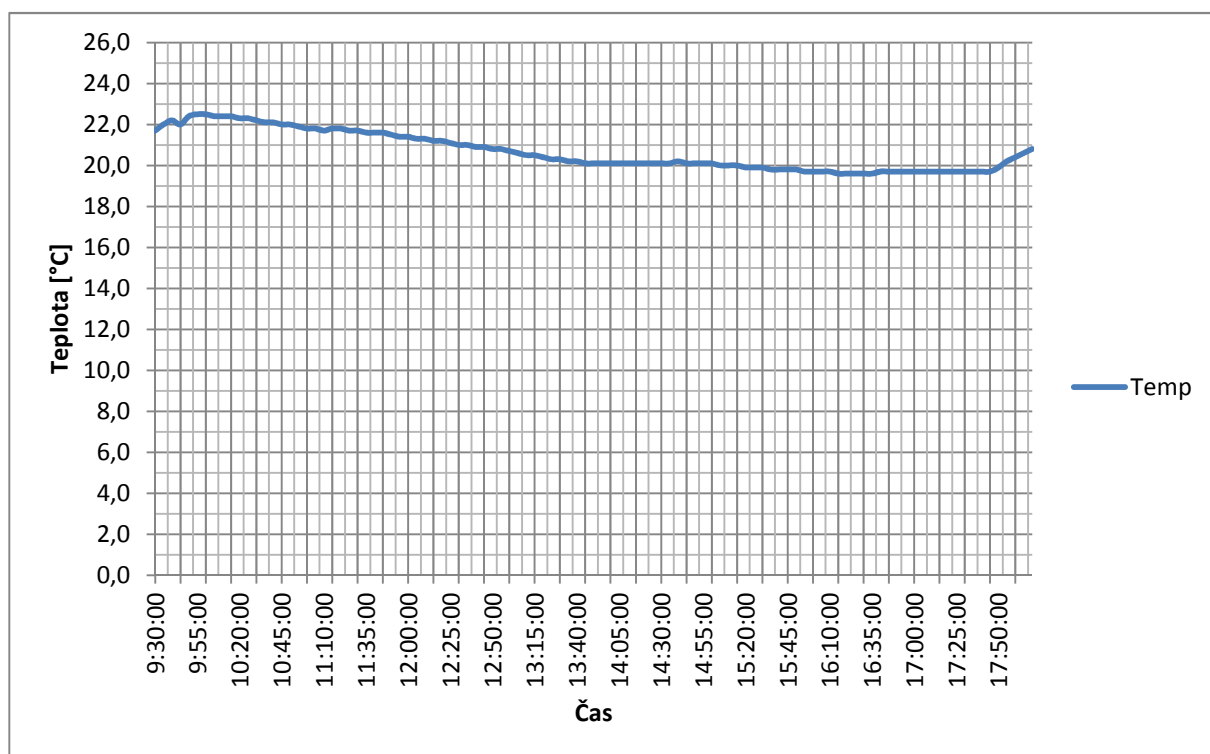
Matematický model dané místnosti byl vytvořen v počítačovém programu TERUNA. Byla zvolena obytná místnost se dvěma venkovními stěnami (půdorys a řez viz obr.). Ostatní stěny byly uvažovány (podlaha, vnitřní stěny) se shodnou teplotou v místnosti jako v zadané místnosti. Byl proveden výpočet pro časový krok 300 s. Tepelně technické vlastnosti byly uvažovány pro venkovní a vnitřní stěny (viz skladby konstrukcí). Pro postižení základního tepelného děje, byl výpočet realizován na modelu bez pobývajících osob a osvětlení. V provozu bylo otopné těleso umístěné pod oknem.

TERUNA je software vhodný pro modelování tepelného mikroklimatu budov a navrhování vzduchotechniky. Pomocí tohoto programu můžeme vytvořit model místnosti a zjišťovat její tepelné a vlhkostní poměry v čase, vyhodnotit tepelnou ztrátu a zátěž, zkoumat teplotní a vlhkostní poměry ve vzduchovodech podle tloušťky tepelné izolace, řešit psychrometrické úlohy spojené s jednotlivými úpravami vzduchu apod. [12].

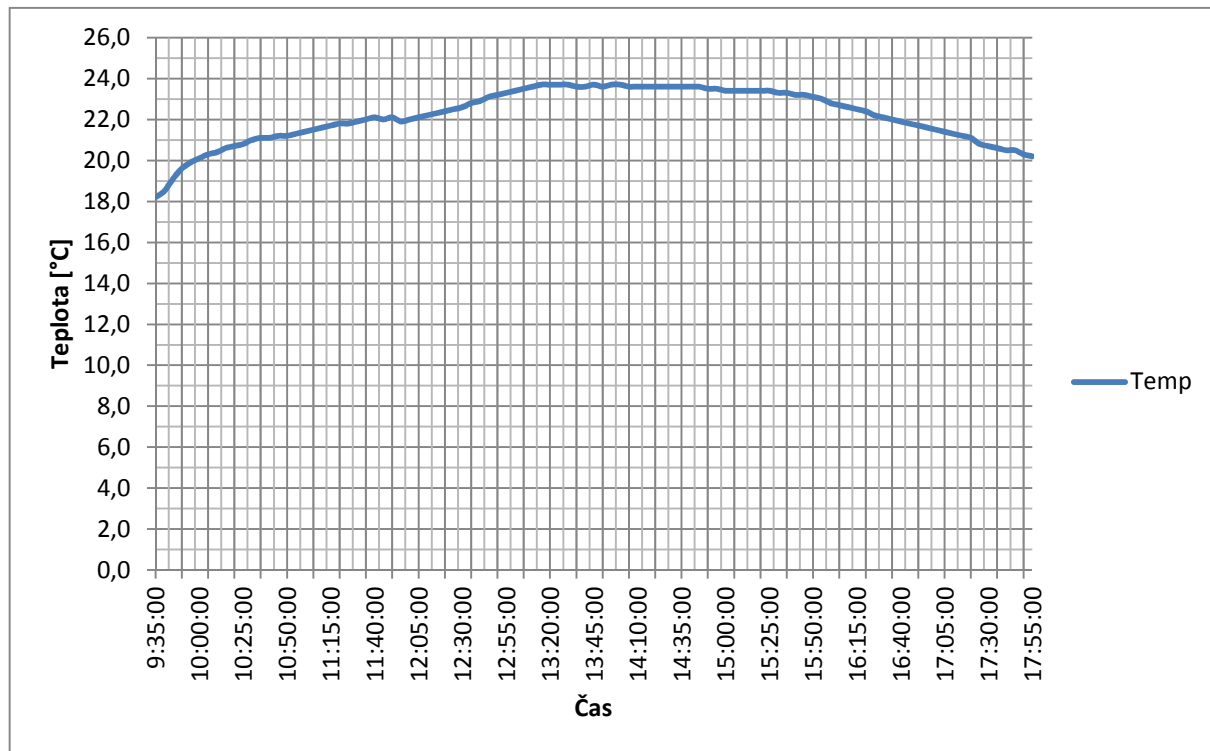


Obr. 24: Půdorys a řez řešené místnosti

5 Grafický výstup naměřených dat



Graf 3: Průběh teploty vnitřního vzduchu během dne 28.10.2011



Graf 4: Průběh teploty vnitřního vzduchu během dne 3.3.2012

6 Grafický výstup ze softwaru TERUNA

Na základě analýzy místnosti byly navrženy tři varianty návrhu především stínícího součinitele. Po podrobném zadání všech parametrů dané místnosti je výsledkem grafická podoba průběhu výsledné vnitřní teploty. V první variantě je uvažováno dvojité zasklení okna bez dalších stínících součinitelů. V dalších variantách je uvažováno s kombinací stínících součinitelů a součinitele spočítané z reálného měření pro konkrétní dny.

Matematický model byl zpracován pro den podzimní den 28.10.2011 a pro jarní den 3.3.2012.

Legenda:

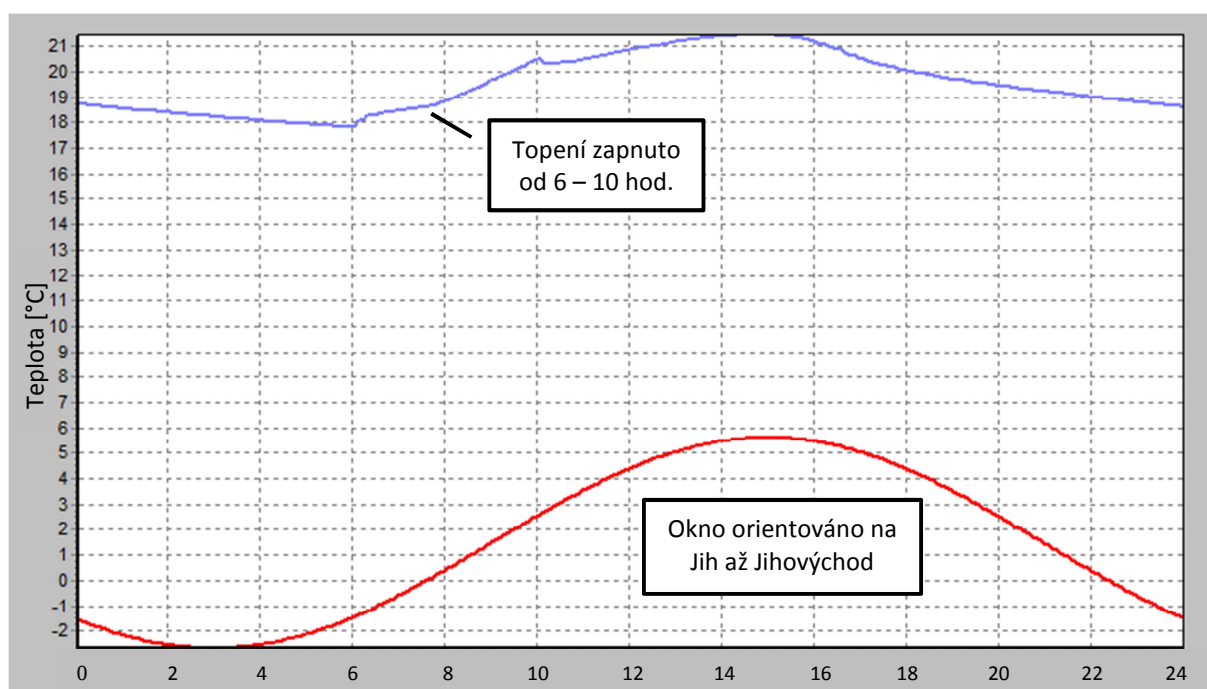
— Teplota vnitřního vzduchu
— Teplota venkovního vzduchu

Osy:

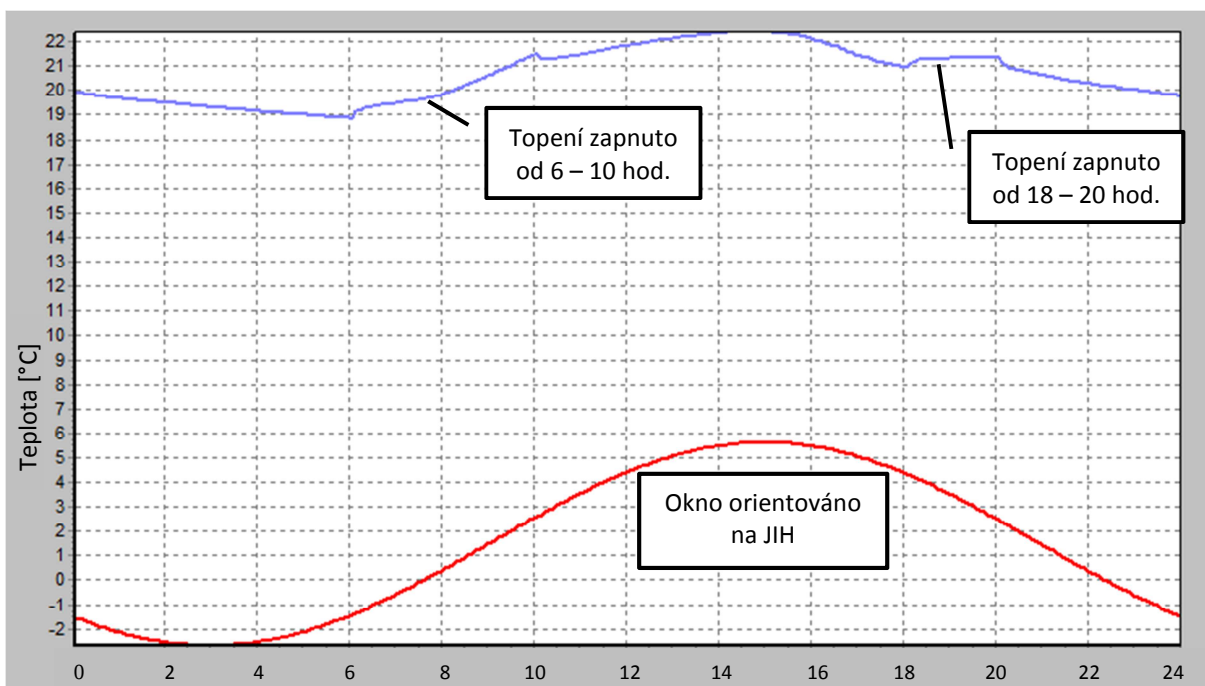
X čas [h]
Y teplota [°C]

6.1 Varianta č. 1

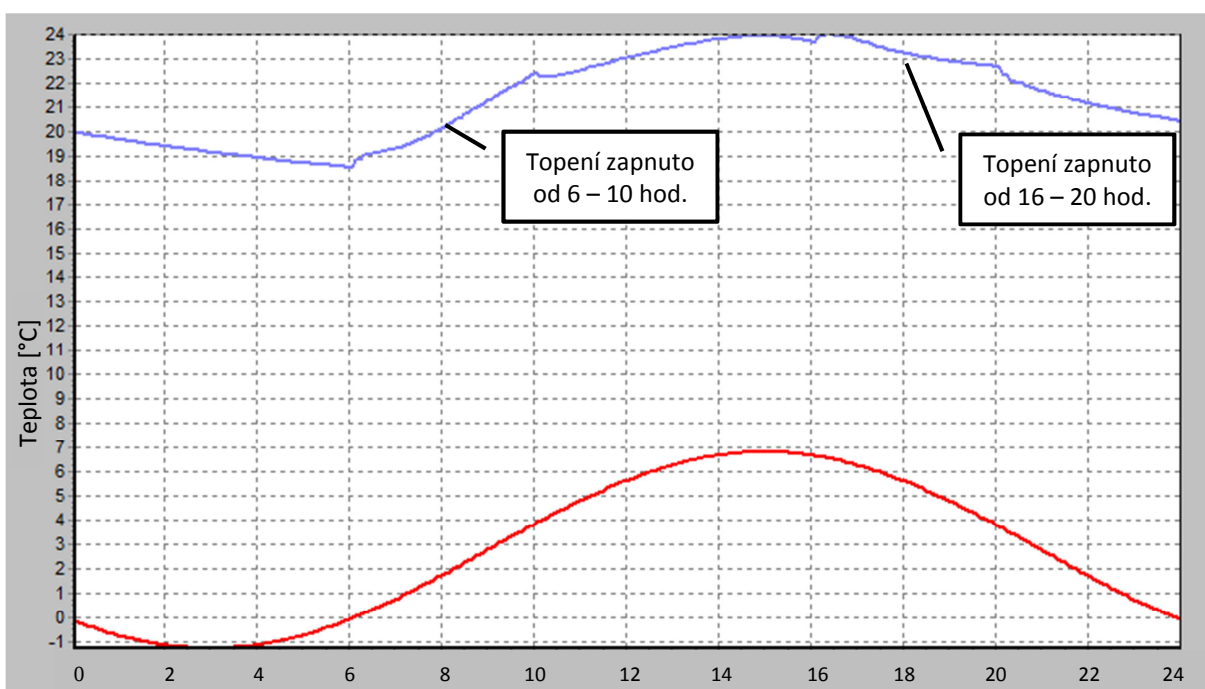
Bylo uvažováno standartní dvojité zasklení okna o rozměrech 1500 x 1500 mm na jižní až jihovýchodní straně. Ve dne 28.10.2011 byla zatažená obloha a ve dne 3.3.2012 bylo jasné počasí.



Graf 5: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna (28.10.2011)



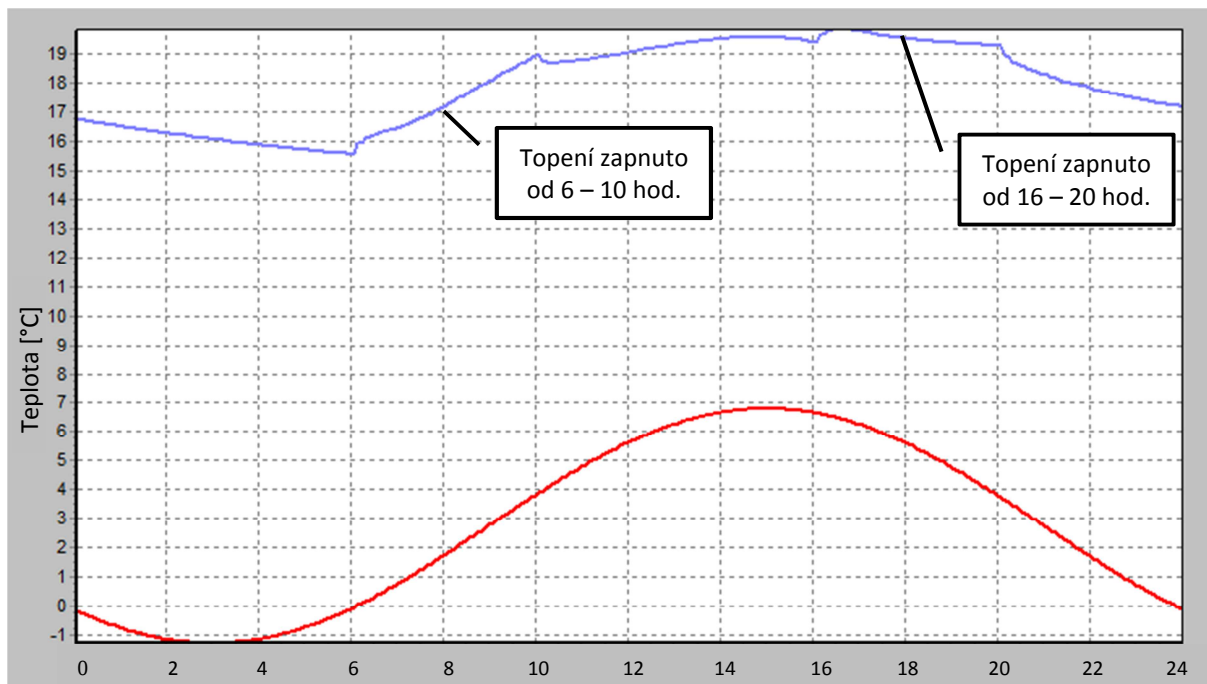
Graf 6: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna (28.10.2011) – zde bylo uvažováno se zapnutým otopným tělesem i ve večerních hodinách



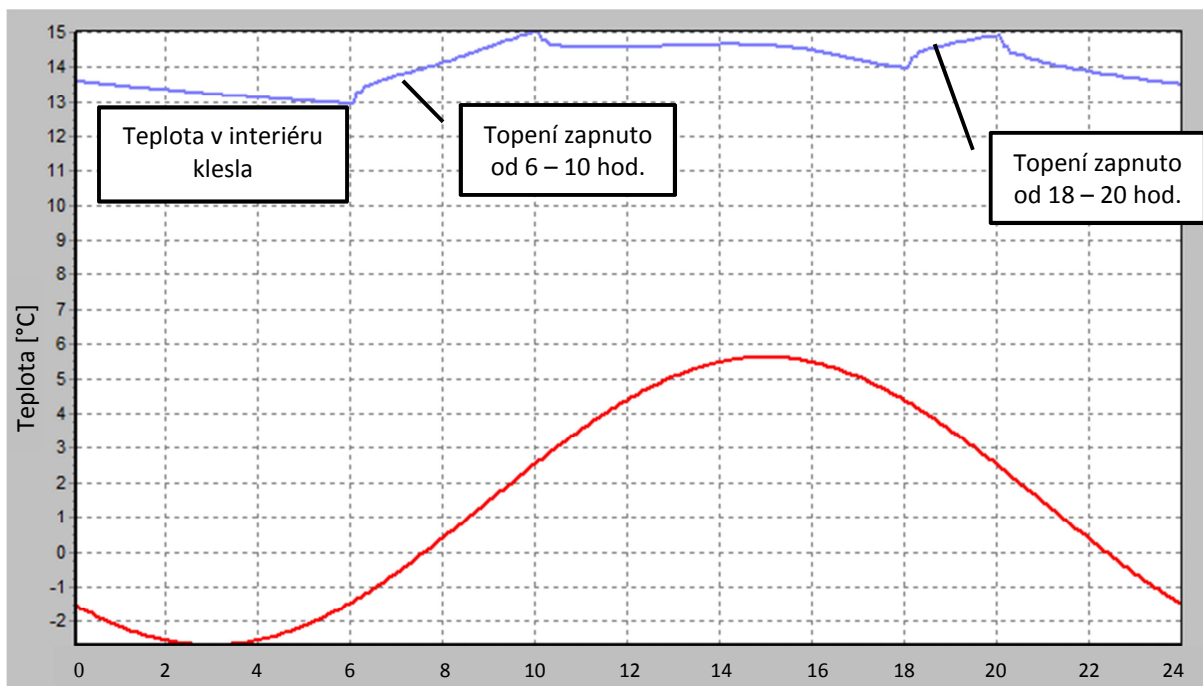
Graf 7: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna (3.3.2012)

6.2 Varianta č. 2

Zadání bylo stejné jako v případě varianty č. 1, jen s tím rozdílem, že stínící součinitel okna byl změněn na hodnotu 0,6 pro den 3.3.2012 (jarní den) a na hodnotu 0,3 pro den 28.10.2011 (podzimní den). Hodnota byla použita a převzata od kolegyně Hany Dvořákové, která tyto hodnoty spočítala na základě změřených dat pro dané dny.



Graf 8: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna a stínícím součiniteli 0,6_hodnota převzata od kolegyně Hany Dvořákové (3.3.2012)



Graf 9: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při stínícím součiniteli 0,3 (28.10.2011)

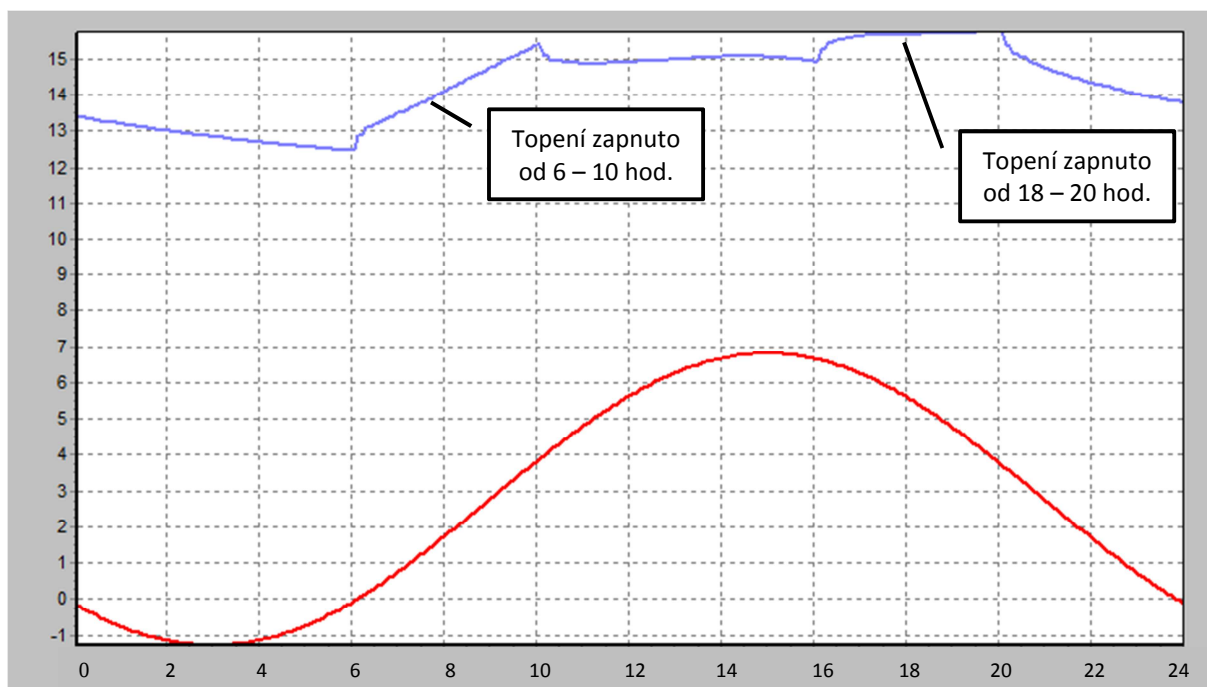
6.3 Varianta č. 3

V tomto případě byl stínící součinitel vypočítán kombinací několika stínících součinitelů okna. Bylo také uvažováno stínění pomocí clon.

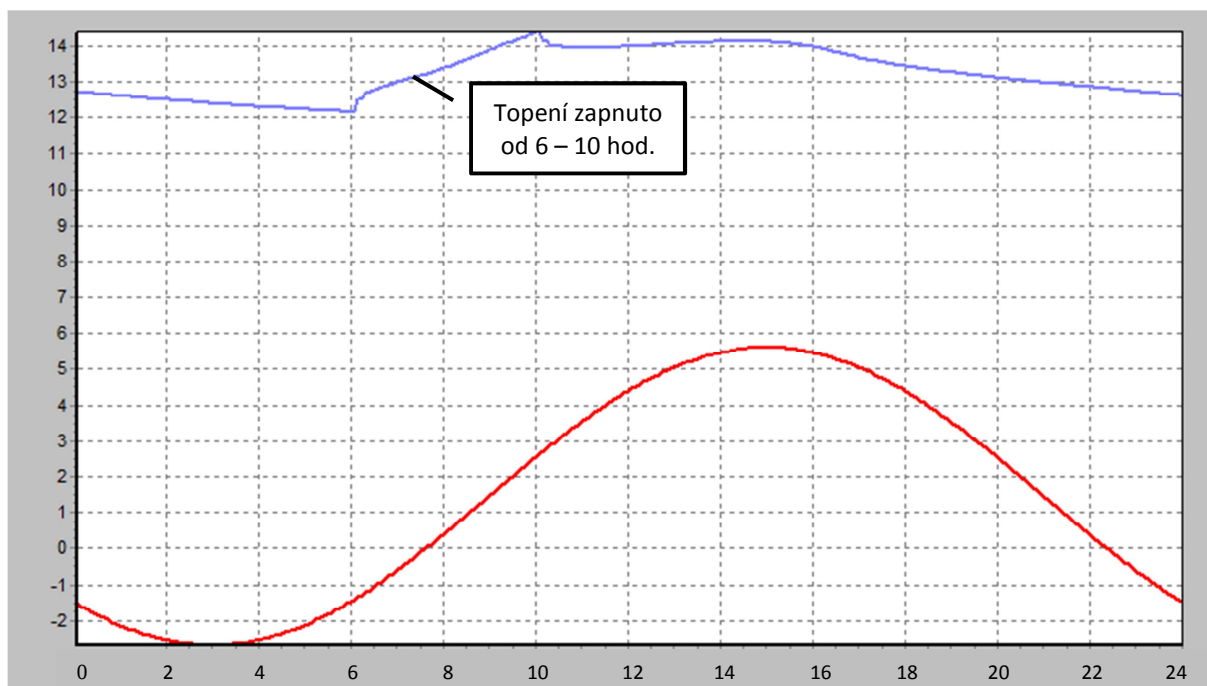
$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot s_n = 0,85 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,34$$

Uvažovala jsem s použitím meziokenních žaluzií (hodnota 0,5) a se závěsy (hodnota 0,8).

Žaluzie je stínící plocha, která se nejčastěji umísťuje před okna a dveře, tj. mezi zdroj slunečního záření a osálaný povrch. Jakékoli jiné umístění (např. na vnitřní stranu okna) má vliv na značné snížení jejich účinnosti. Projeví se též tzv. skleníkový efekt, kdy se průchod slunečního záření skleněnou tabulí transformuje na záření převážně dlouhovlnné. Toto záření již není dále schopno projít sklem do venkovního prostoru. Žaluzie také velmi účinně snižují tepelné zisky, ale i ztráty, zvláště v noci. Po zatažení vytvoří na povrchu okna další izolační vrstvu.

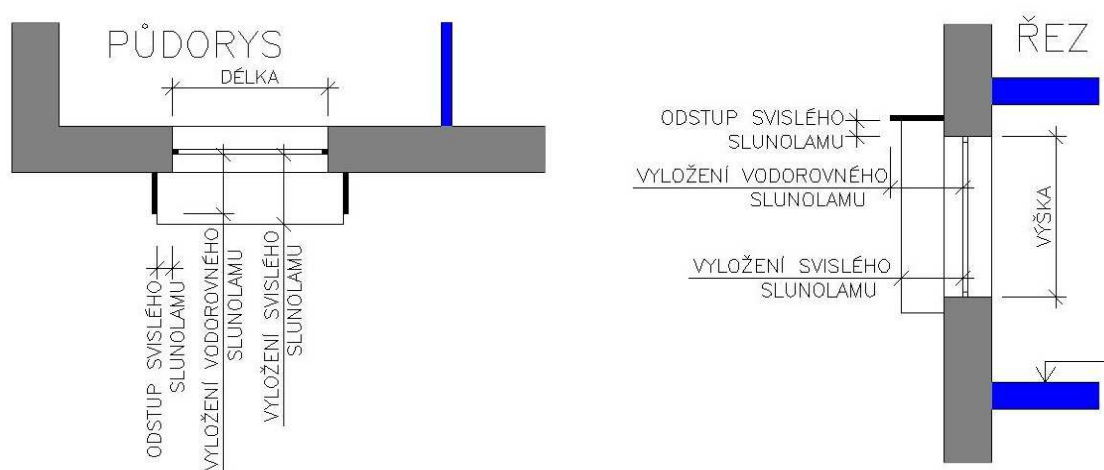


Graf 10: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna a stínícím součiniteli 0,34 ze dne (3.3.2012)

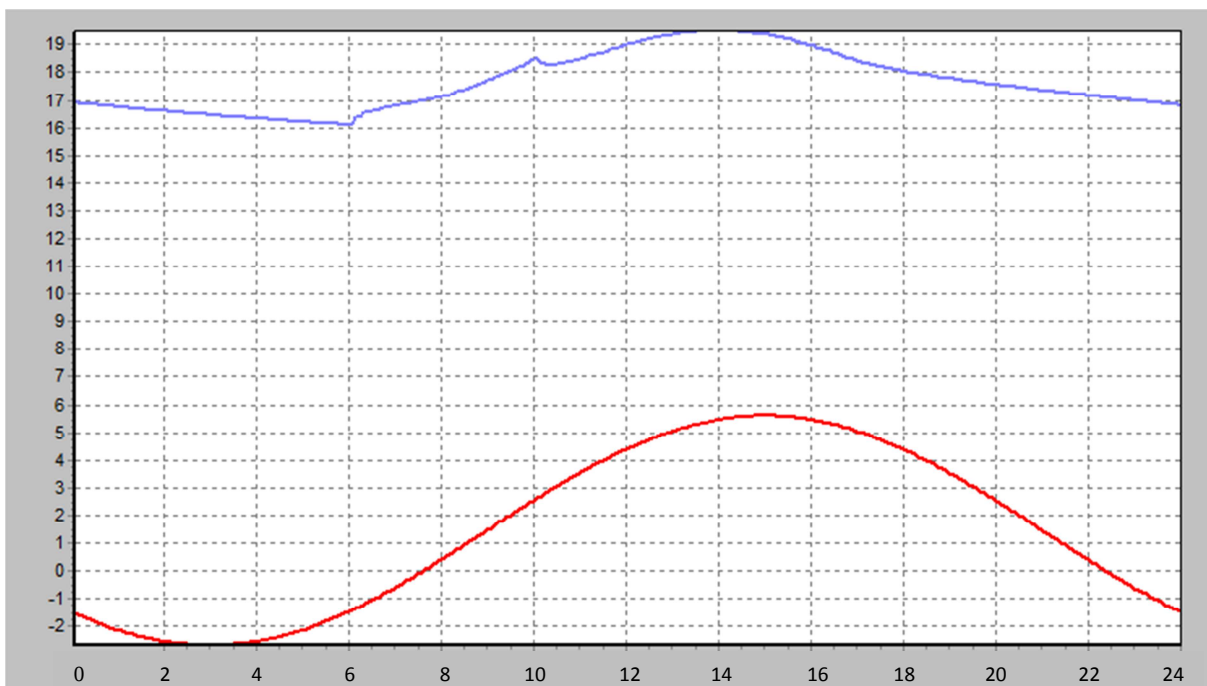


Graf 11: Výsledná teplota vnitřního vzduchu při dvojitém zasklení okna a stínícím součiniteli 0,34 ze dne (28.10.2011)

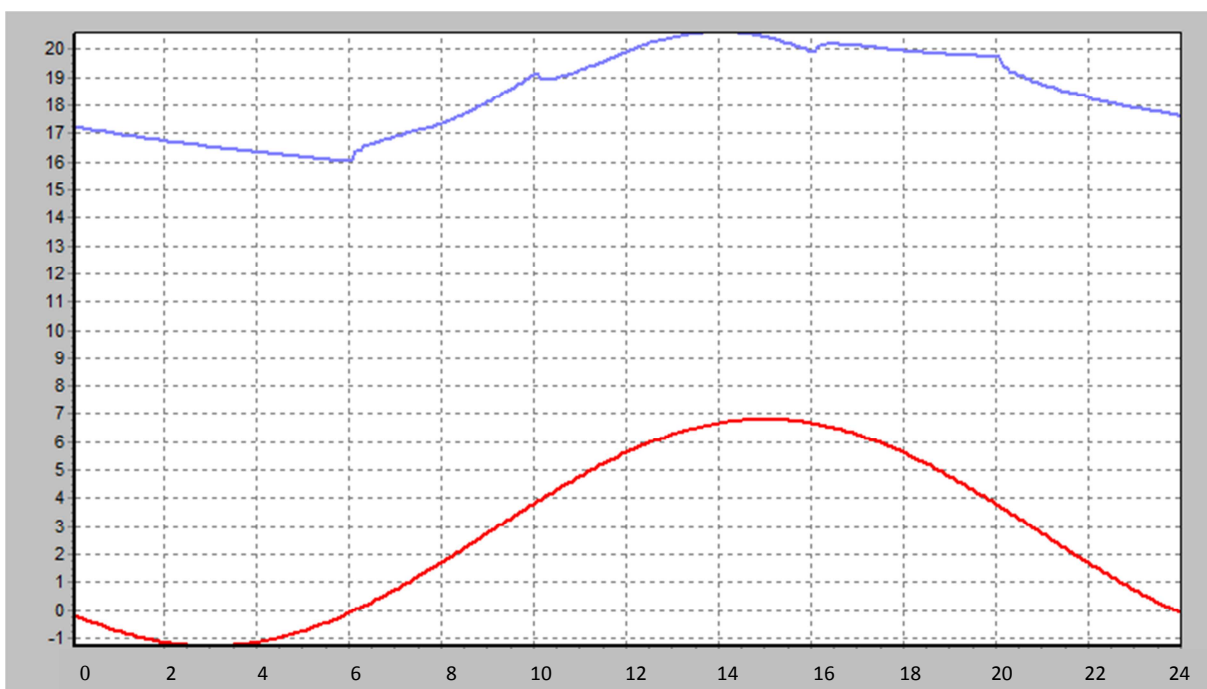
Ve výpočtu jsou uvažovány slunolamy svislé umístěné 150 mm nad oknem a délka slunolamu je 500 mm.



Obr. 25: Schéma a návrh slunolamu [11]



Graf 12: Svislý slunolam umístěn nad oknem (28.10.2011)



Graf 13: Svislý slunolam umístěn nad oknem (3.3.2012)

6.4 Výpočet stínícího součinitele

Stínící součinitel vyjadřuje, jaká část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu. Hodnoty pro běžné prostředky, omezující sluneční radiaci

vnikající oknem do místnosti, jsou v tab. 4. Pro jiné druhy stínících prostředků je třeba hodnoty získat od jejich dodavatelů [16].

Okna a různá prosklení obvodového pláště mají na tepelnou bilanci místnosti významný vliv. Kombinace několika způsobů stínění se získá výsledná hodnota vynásobením hodnot dílčích.

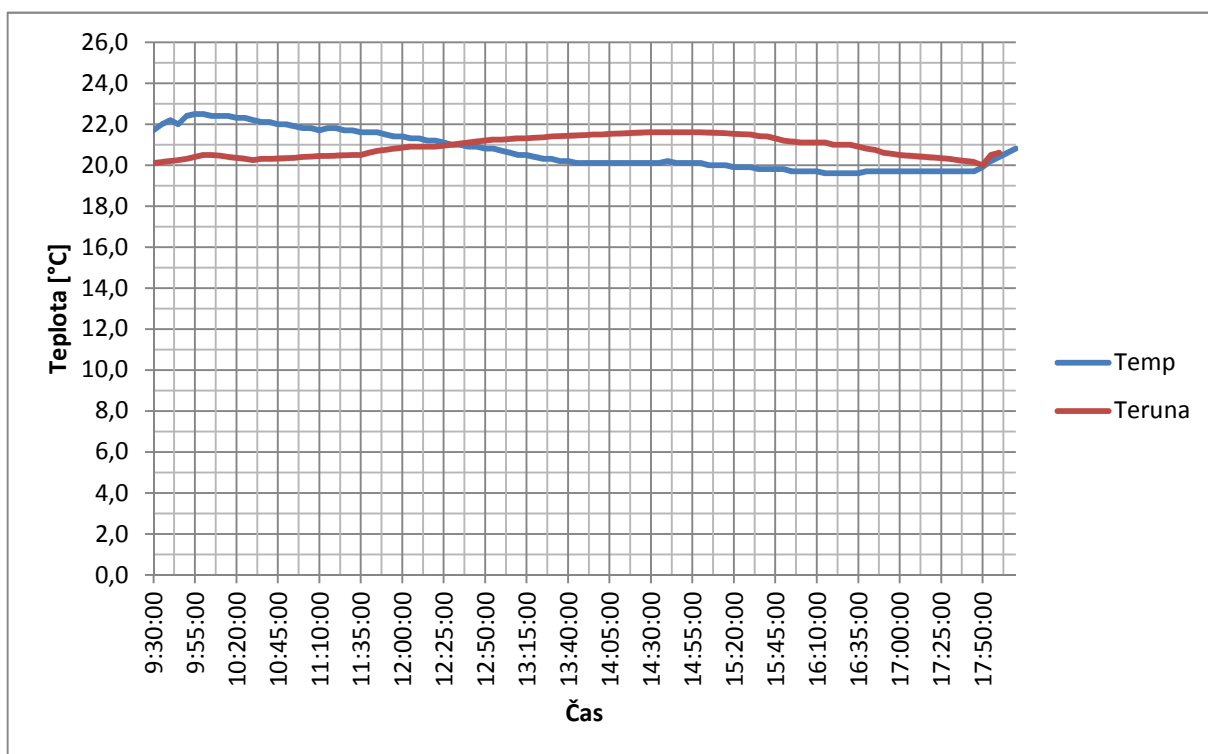
$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_n \quad (1)$$

Tab. 6: Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a různé druhy stínění [x]

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
Jednoduché sklo	1,00	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,56
Dvojité sklo	0,9	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, střední barvy	0,65
Jednoduché termální sklo	0,70	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé	0,75
Vnější termální sklo	0,60	Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,15
Reflexní sklo jednoduché, průměrná jakost	0,70	Vnější žaluzie, lamely 45°, ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
Reflexní sklo dvojité, špičkové výrobky	0,24	Vnější markýzy, meziprostor větrán	0,30
Vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	Meziokenní žaluzie, prostor nevětrán	0,50
Zdvojené reflexní sklo, dobré jakosti	0,30	Reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,60
Barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	Závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,80
Barevné vrstvy stříkané střední	0,70	Reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,70
Reflexní fólie tmavá	0,25		
Reflexní fólie tmavá	0,42		
Sklo s drátěnou vložkou	0,80		

7 Výsledky – porovnání variant

Výsledky simulace za vybrané období jsou v grafické podobě na grafech 5-13. Výsledná teplota z programu TERUNA pro variantu č. 1 je porovnána s reálným měřením.

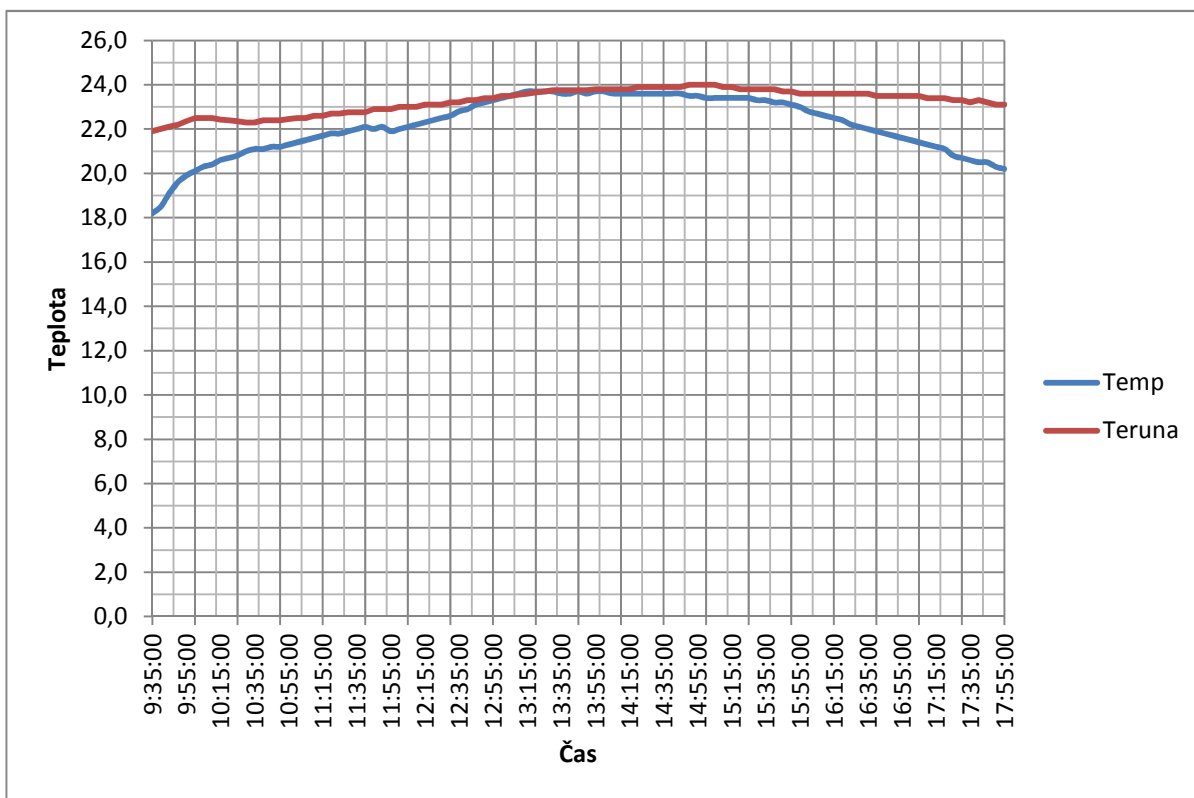


Graf 14: Porovnání vnitřních teplot z programu Teruna a první varianty návrhu (28.10.2011)

Teplota vzduchu ve druhé variantě (pro den 28.10.2011) se snížila pouze o dva stupně, protože stínící součinitel pro hodnotu 0,6 uvažuje jen s difúzním zářením slunce. Kdež to stínící součinitel pro den 3.3.2012 je výrazně nižší, kde se uvažuje jasná obloha.

Stínící součinitel definuje schopnost zasklení regulovat průchod telené energie. [19]

Použitím kombinací stínících součinitelů dojde ke snížení vnitřní teploty v místnosti a snížení prostupu tepla radiací. Prostup tepla okny má výrazný vliv na tepelnou zátěž místnosti a vzrůstá s rostoucí velikostí oken (prosklených ploch). Dále i orientace budovy má výrazný vliv na tepelnou pohodu v místnosti, je důležité těmto částem věnovat zvýšenou pozornost. Velikost stínícího součinitele závisí na druhu prosklení a použití stínění. Čím nižší hodnota stínícího součinitele, tím nižší teplota v interiéru.



Graf 15: Porovnání vnitřních teplot z programu Teruna a první varianty návrhu (3.3.2012)

8 Závěr

Vhodný stupeň prosklení obvodové konstrukce, tj. poměr okenních ploch k povrchu obvodového pláště, je důležitý činitel k utváření mikroklimatu v interiéru. Je to zvláště patrné u moderních budov s vysokým stupněm prosklení. Žaluzie jsou stínící plochy, které se nejčastěji umísťují před okna, tj. mezi zdroj a osálaný povrch. Jiné umístění, např. na vnitřní stranu okna, má za následek snížení její účinnosti. Projeví se tzv. skleníkový efekt, sluneční záření průchodem skleněnou tabulí se transformuje na záření převážně dlouhovlnné. Není již dále schopno projít sklem do venkovního prostoru. Žaluzie teplotu v interiéru nejen snižují, ale také zabraňují i tepelné ztrátě budovy. Zvláště v noci, kdy jsou ztráty největší, vytvářejí izolační vrstvu na povrchu okna.

ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem shrnula základní problematiku teorie vnitřního prostředí. Zaměřila jsem se především na vytvoření matematického modelu a následně jeho posouzení s reálnými hodnotami. V teoretické části jsem se podrobně seznámila s počítačovým programem Teruna a tyto poznatky jsem využila v aplikaci na zadané budově v diplomové práci. Navrhla jsem tři varianty návrhu v teoretické části a následně posoudila. Dále pak jsem navrhla dvě varianty návrhu v aplikaci a taktéž jsem je posoudila

Utváření interního mikroklimatu není vždy jednoduché. V požadavcích na parametry vnitřního prostředí staveb (předpisy a nařízení) není lehké se orientovat.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TZB-INFO.CZ/. Tzb.info.cz/ [online]. [cit. 2012-12-06]. Dostupné z internetu: <http://www.tzb-info.cz>
- [2] GEBAUER, G., RUBINOVÁ, O., HORKÁ, H., *Vzduchotechnika*. Nakladatelství Era, 2005 ISBN 978-80-7366-091-8
- [3] SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ, R., *Větrání a klimatizace*. Nakladatelství JAGA; Bratislava 2006 ISBN80-8076-037-3
- [4] JOKL, M., *Přirozená klimatizace*. Nakladatelství Era, 2004 ISBN 80-86517-84-5
- [5] CS.WIKIPEDIA.ORG/. cs.wikipedia.org/ [online] [cit. 2012-12-06]. Dostupné z internetu <http://cs.wikipedia.org>
- [6] BLAŽKOVÁ, Klára. *Vzduchotechnika výrobní haly: bakalářská práce*. Brno 2011. 94s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technického zařízení budov. Vedoucí bakalářské práce Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
- [7] RUBINOVÁ, O., *Technika prostředí*. Brno: VUT v Brně, FAST, Ústav technických zařízení budov, 2012. Přednášky
- [8] VRÁNA, J. a kol., *Technická zařízení budov v praxi*. Nakladatelství Grada, 2007 ISBN 978-80-247-1588-9
- [9] CASOPISSTAVEBNICTVI.CZ/. casopisstavebnictvi.cz/ [online] [cit. 2012-12-06]. Dostupné z internetu: <http://www.casopisstavebnictvi.cz>
- [10] REMAK a.s. *AeroCAD Ver.4.9.68.*, Počítačový program na návrh VZT jednotek.
- [11] TECHNIKABUDOV.CZ, *Teruna Ver. 1.4*, Počítačový program na modelaci.
- [12] TECHNIKABUDOV.CZ/. technikabudov.cz/ [online] [cit. 2012-12-08]. Dostupné z internetu: <http://www.technikabudov.cz>
- [13] ČSN EN ISO 7730 - Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu
- [14] Vyhláška č. 46/2003 Sb.
- [15] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. podmínky ochrany zdraví při práci
- [16] ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- [17] Katalog produktů. *VKV-Pardubice*. Dostupné z internetu: www.vkv-pardubice.cz
- [18] Podklady od výrobce
- [19] SAZOVSKY.CZ/ sazovsky.cz/ [online] [cit. 2013-01-03]. Dostupné z internetu: <http://www.sazovsky.cz>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
DP	místní diskomfort
f _{cl}	povrchový faktor oděvu (def. Jako poměr povrchu oděného člověka k povrchu nahého člověka)
h _c	součinitel přestupu tepla konvekcí [W/(m ² K)]
I _{cl}	tepelný odpor oděvu [m ² ·K/W]
L _{Amax}	hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti [W/m ²]
M	celkový průměrný energetický výdej
MaR	měření a regulace
NO _x	oxidy dusíku
NP	nadzemní podlaží
O ₃	ozón
p _a	parciální tlak vodní páry [Pa]
PMV	předpověď středního tepelného pocitu
PPD	předpověď procentuálního podílu nespokojených
R	tepelný odpor
RH	relativní vlhkost vzduchu [%]
s	stínící součinitel [-]
SBS	syndrom nezdravých budov
SO ₂ , SO ₃	oxidy síry
t _a	teplota vzduchu [°C]
t _{cl}	teplota povrchu oděvu [°C]
t _{ef}	efektivní teplota [°C]
t _f	teplota podlahy [°C]
t _g	výsledná teplota [°C]
t _{o max}	operativní teplota maximální [°C]
t _{o min}	operativní teplota minimální [°C]
t _{o opt}	operativní teplota optimální [°C]
t _o	operativní teplota [°C]
$\bar{t}_r$	střední radiační teplota [°C]
Tu	místní intenzita turbulence
v _a	rychlost proudění vzduchu [m/s]

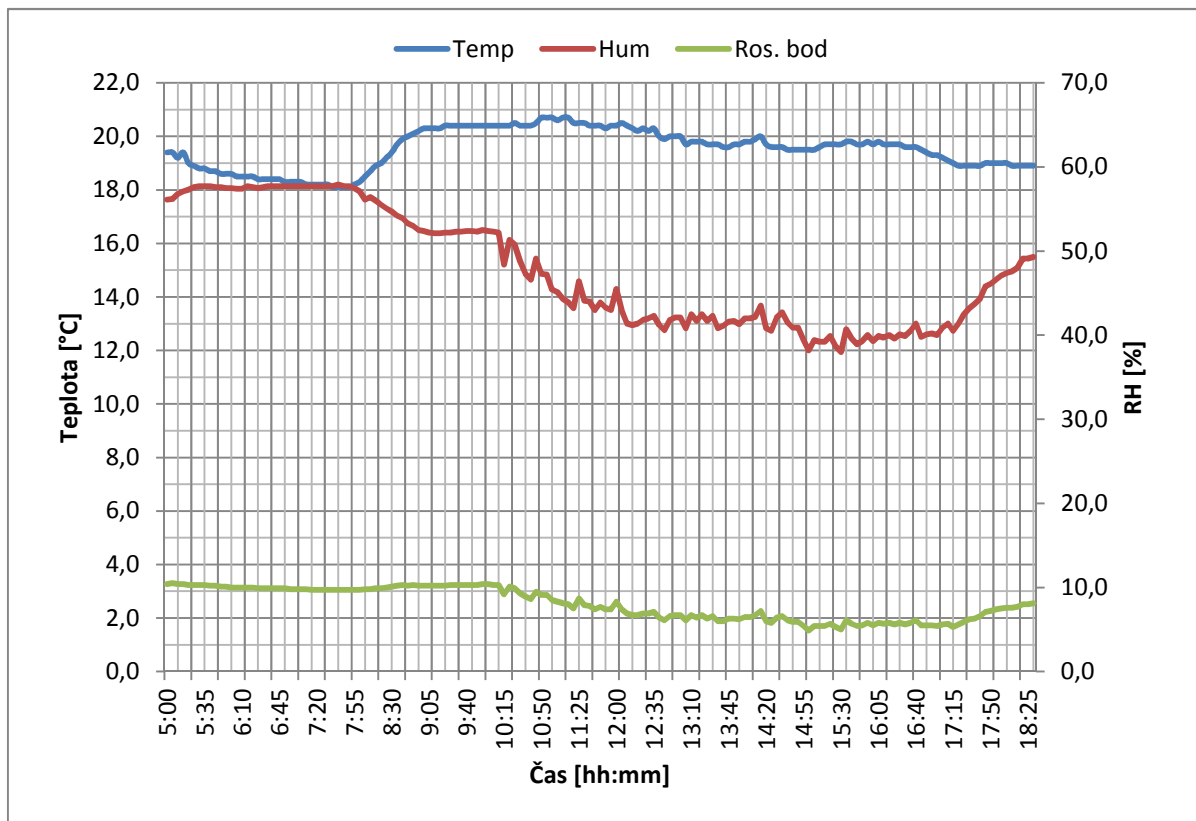
VZT	vzduchotechnika
W	užitečný mechanický výkon [W/m^2]
Δt	rozdíl teplot
λ	součinitel tepelné vodivosti

SEZNAM PŘÍLOH

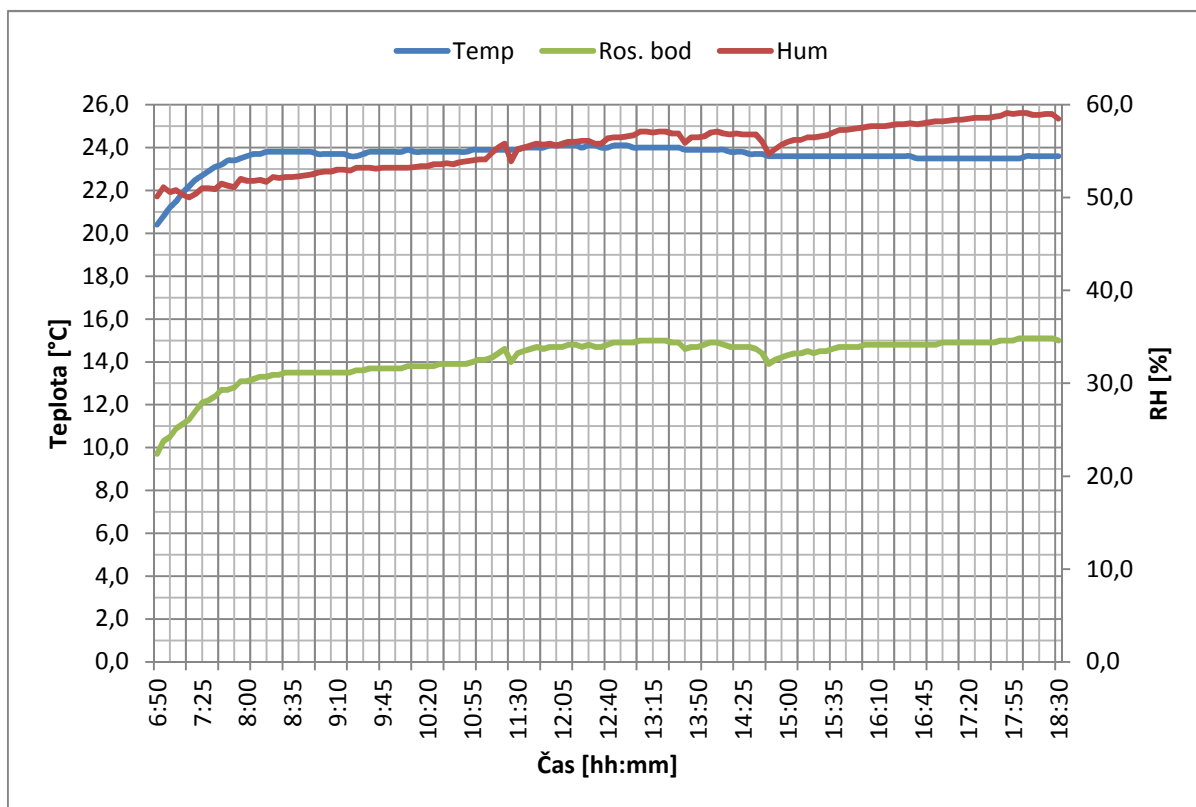
Experimentálně naměřené data..... 83

- VÝKRES Č. 1 PŮDORYS 2NP, M 1:100

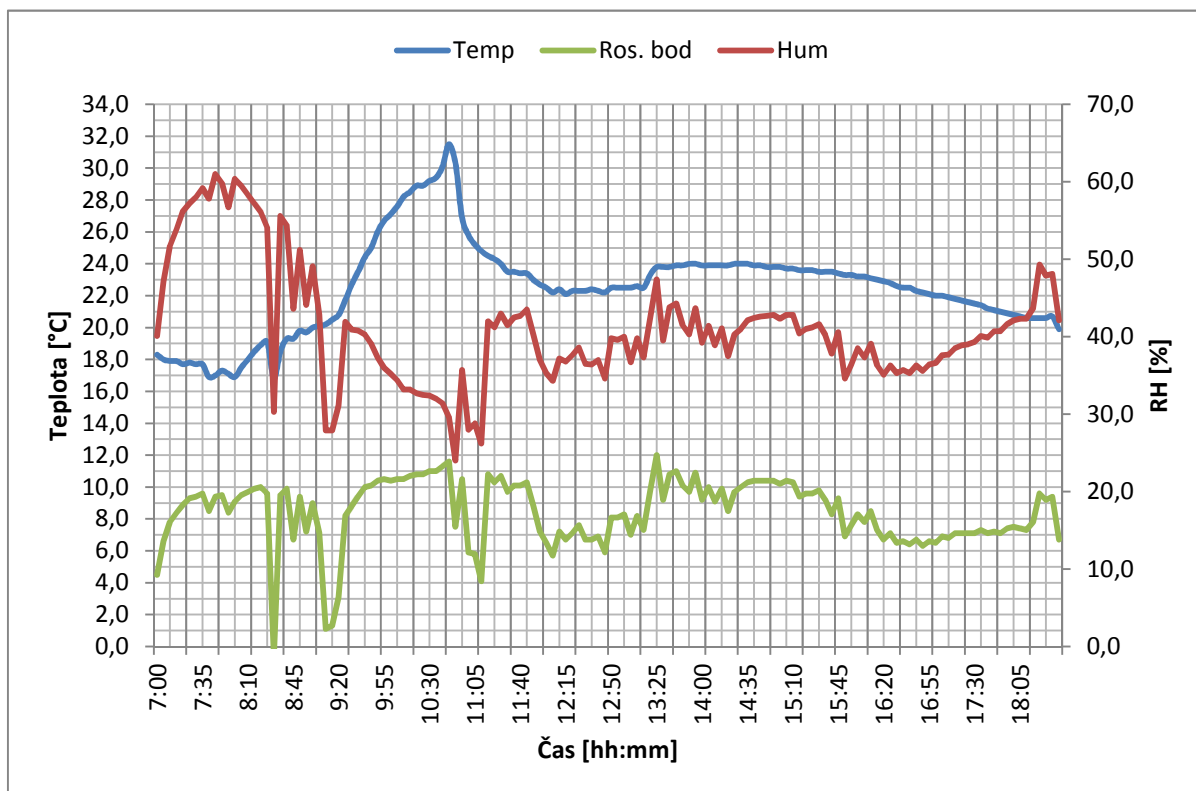
EXPERIMENTÁLNĚ NAMĚŘENÁ DATA



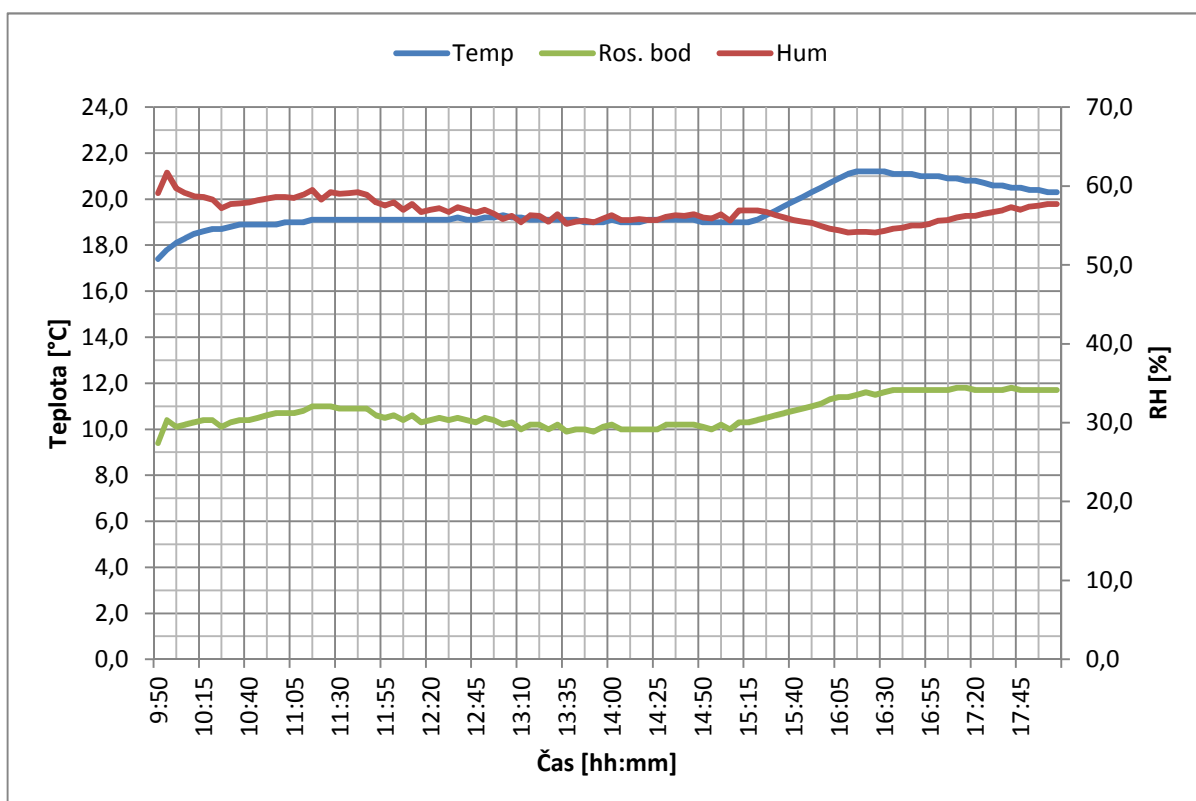
Graf 1: Naměřená data z 16.10.2011 (interval záznamu T = 5 min)



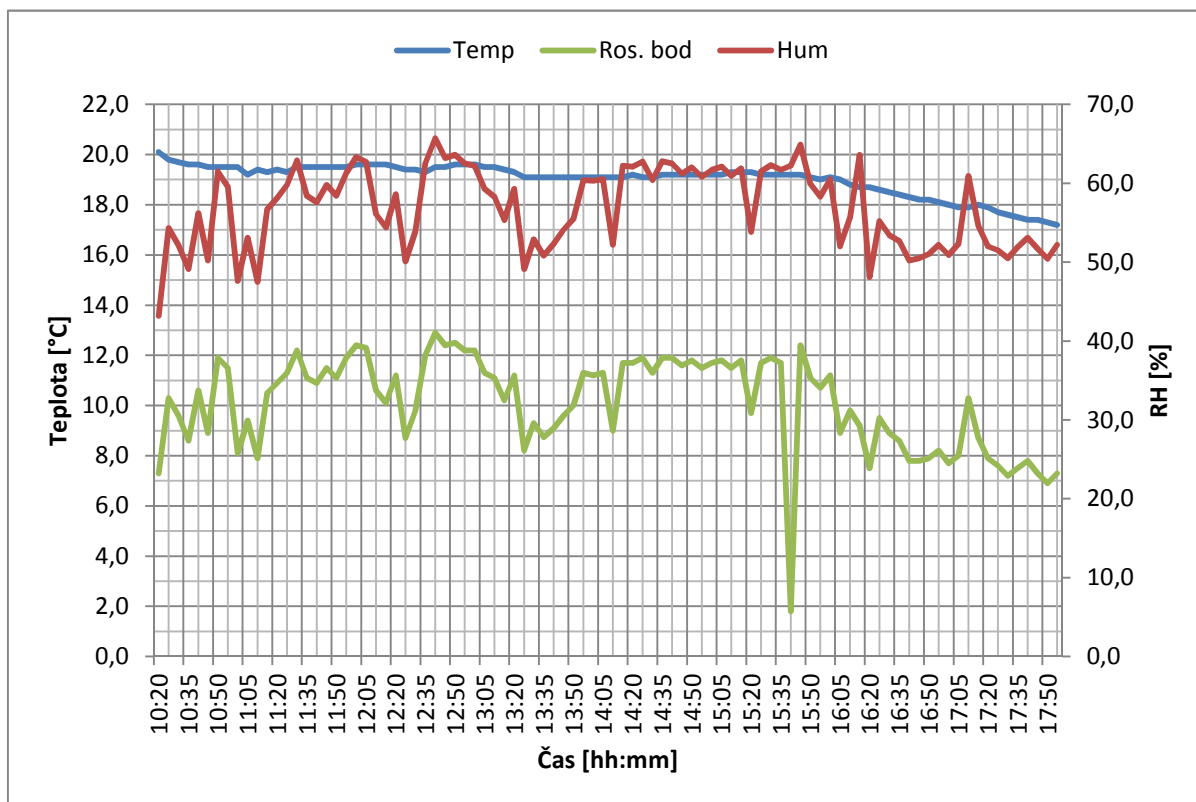
Graf 2: Naměřená data z 19.10.2011 (interval záznamu T = 5 min)



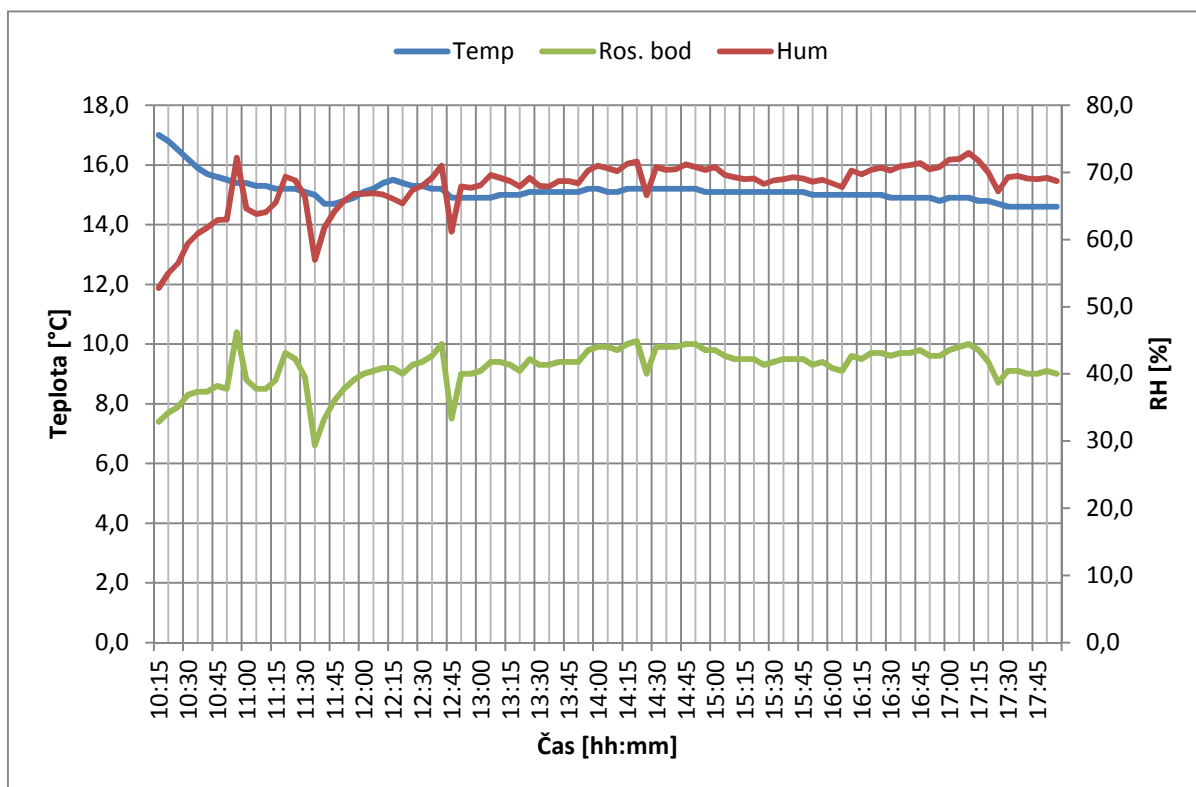
Graf 3: Naměřená data z 22.10.2011 (interval záznamu T = 5 min)



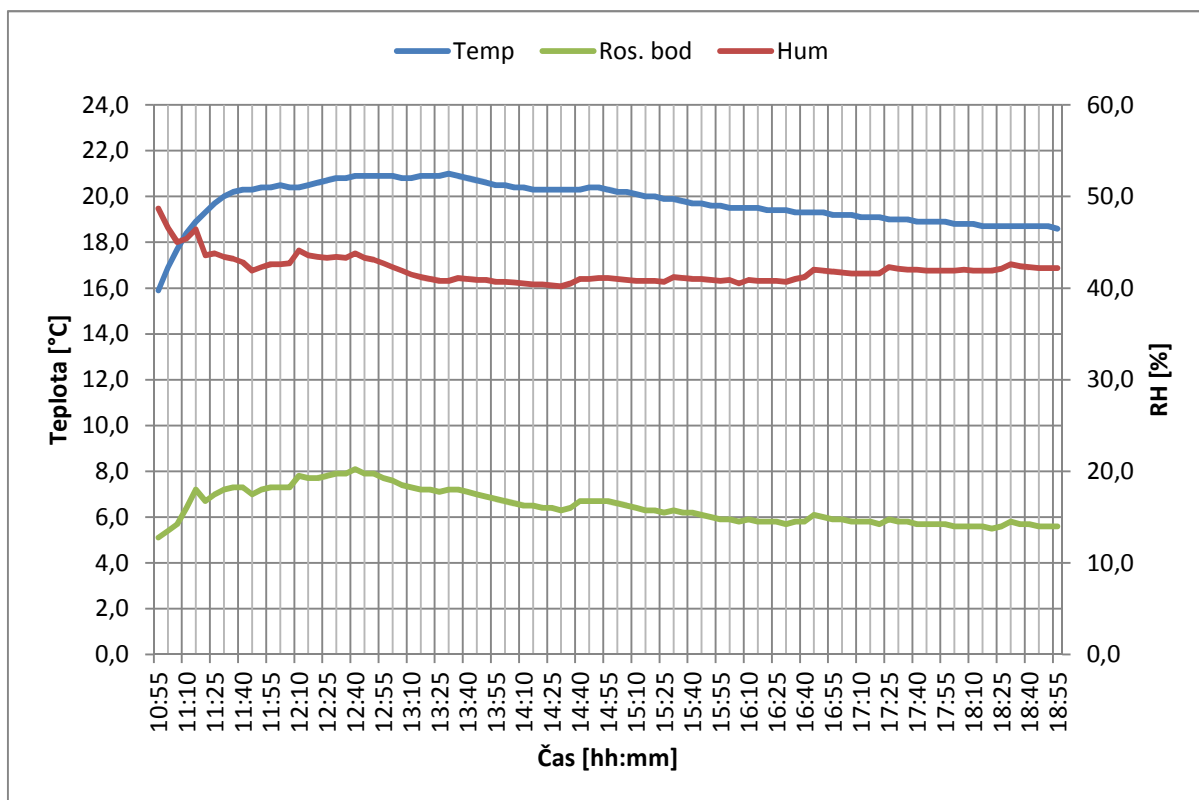
Graf 4: Naměřená data z 29.10.2011 (interval záznamu T = 5 min)



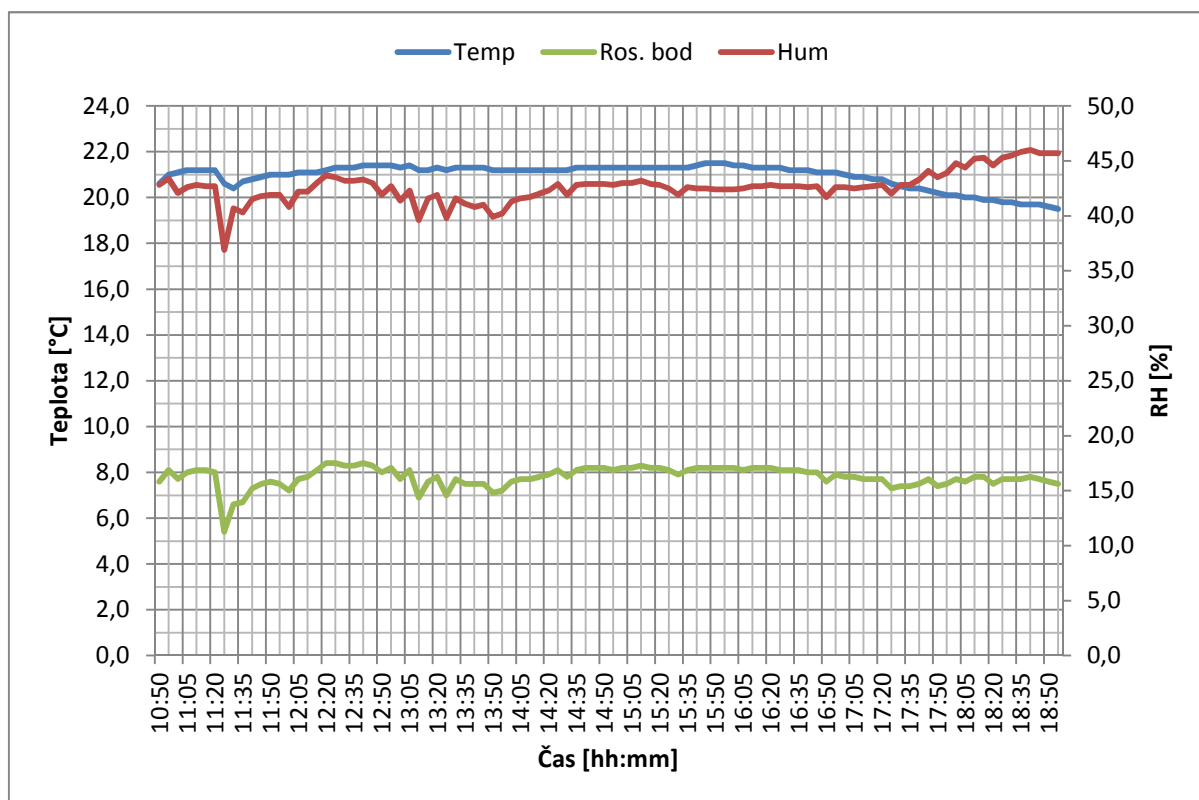
Graf 5: Naměřená data z 6.11.2011 (interval záznamu T = 5 min)



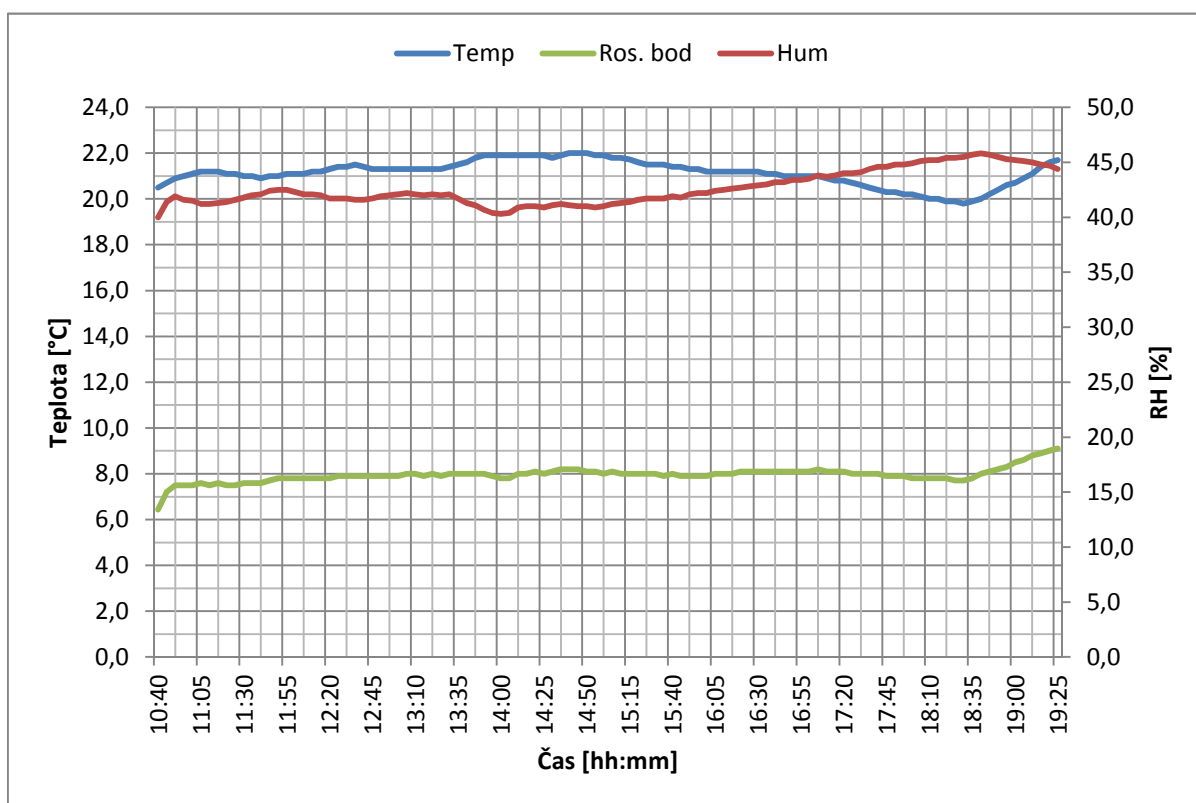
Graf 6: Naměřená data z 13.11.2011 (interval záznamu T = 5 min)



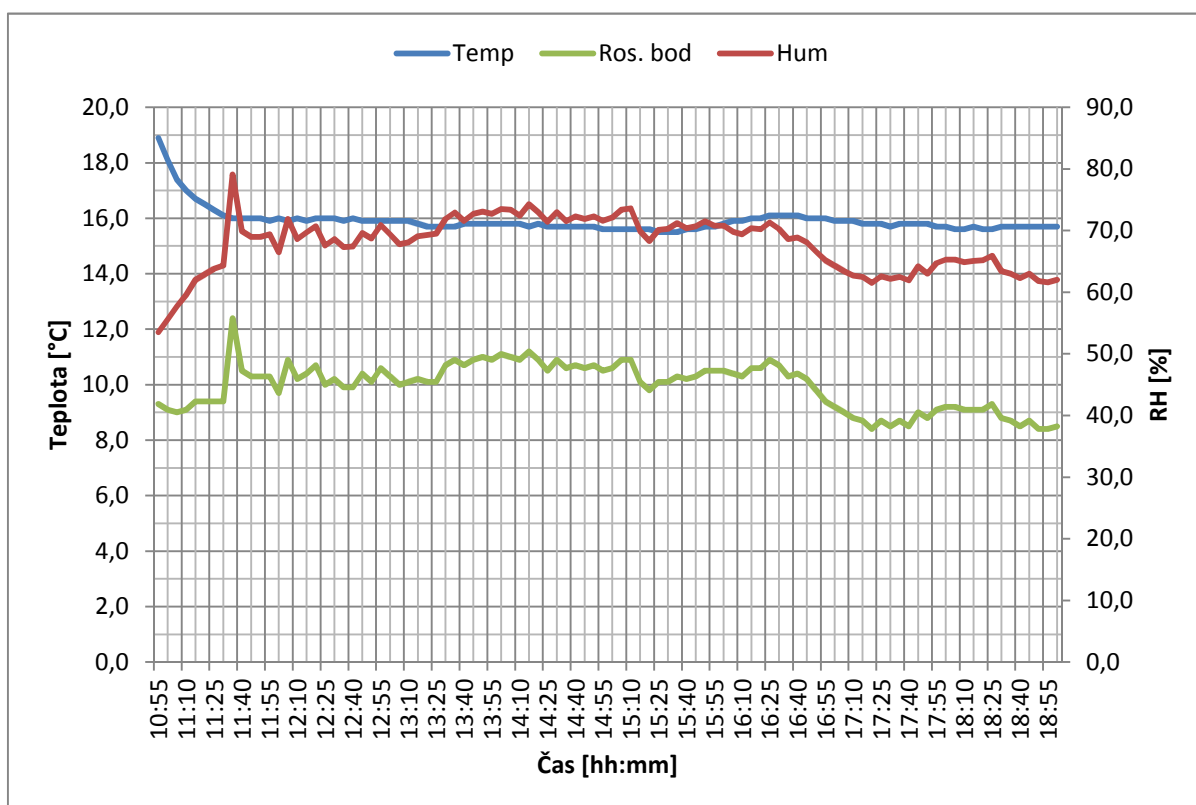
Graf 7: Naměřená data z 18.2.2012 (interval záznamu T = 5 min)



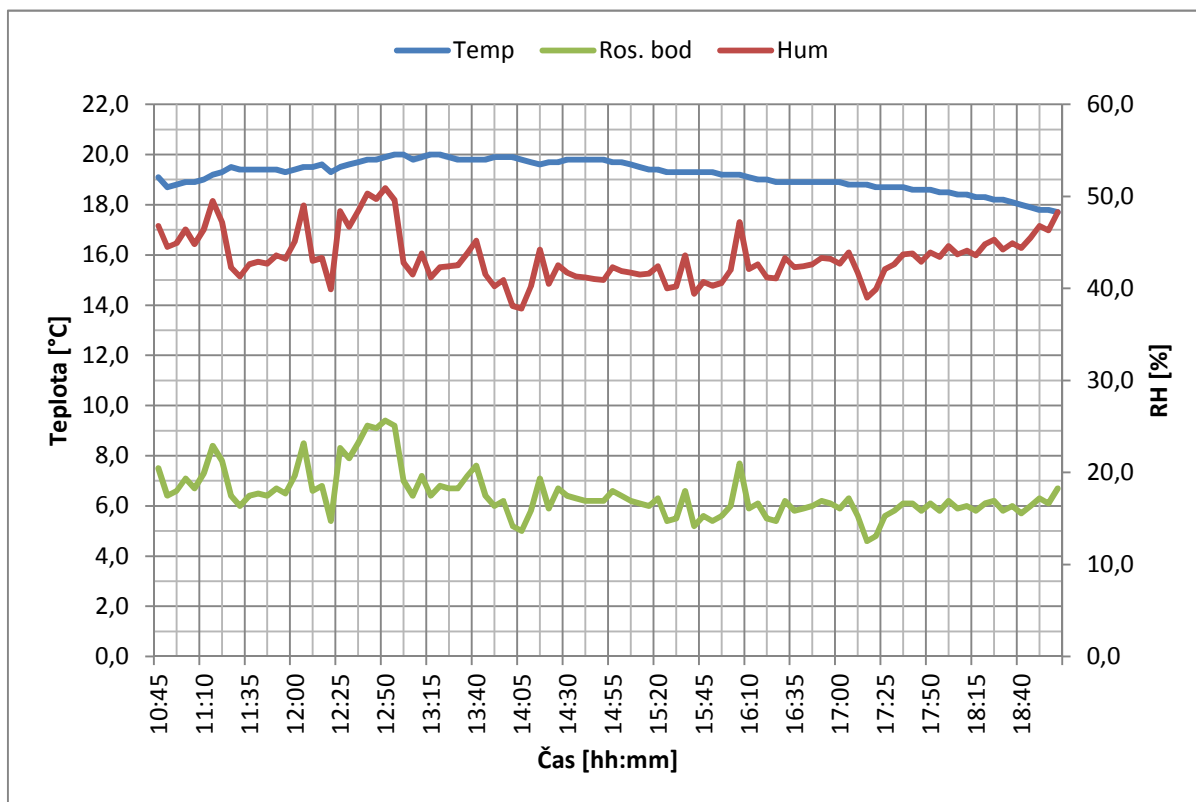
Graf 8: Naměřená data z 25.2.2012 (interval záznamu T = 5 min)



Graf 9: Naměřená data z 10.3.2012 (interval záznamu T = 5 min)



Graf 10: Naměřená data z 17.3.2012 (interval záznamu T = 5 min)



Graf 11: Naměřená data z 24.3.2012 (interval záznamu T = 5 min)