

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**PROVOZ KLIMATIZACE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY  
V ZIMĚ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KAREL NOSEK

č. 16–BS–2016



## **Anotace**

Cílem této bakalářské práce je řešení problematiky klimatizace v kancelářském prostoru administrativní budovy Skanska Opatov v zimním období. V zimě je problém s vnitřními zisky kanceláře, proto jsou zpracovány tepelné bilance, do kterých je také zahrnuto i zpětné získávání tepla a větrání. Ve vybraných zimních dnech probíhalo měření a následná analýza hodnot.

## **Annotation**

The aim of this bachelor thesis is solving the problems of air-conditioning of the office space of the Skanska Opatov in winter. There is a problem with internal balances in winter period. It also includes recovery heat and ventilation. The dates were measured and analyzed in chosen winter days.

## **Prohlášení o samostatném vypracování práce**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Provoz klimatizace administrativní budovy v zimě“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 22. 6. 2016

Karel Nosek

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu J. Selingerovi z firmy Skanska facility a.s. za poskytnutí podkladů, ochotu a čas při spolupráci na této bakalářské práci. Dále především svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Milošovi Lainovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

# 1 OBSAH

<b>1</b>	<b>OBSAH .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>HISTORIE.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ A KLIMATIZACE.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>10</b>
4.1.1	POŽADAVKY.....	10
<b>4.2</b>	<b>KLIMATIZACE .....</b>	<b>10</b>
4.2.1	VZDUCHOVÉ .....	11
4.2.2	VODNÍ .....	11
4.2.3	KOMBINOVANÉ .....	12
4.2.4	CHLADIVOVÉ.....	13
<b>5</b>	<b>TEPELNÉ ZTRÁTY A ZISKY .....</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>TEPELNÉ ZTRÁTY .....</b>	<b>15</b>
5.1.1	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA .....	15
5.1.2	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM.....	15
5.1.3	TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM .....	17
<b>5.2</b>	<b>TEPELNÉ ZISKY.....</b>	<b>18</b>
5.2.1	TEPELNÉ ZISKY OD OSOB .....	18
5.2.2	TEPELNÉ ZISKY OD OSVĚTLENÍ.....	18
5.2.3	TEPELNÉ ZISKY OD TECHNOLOGIE .....	19
5.2.4	TEPELNÉ ZISKY OD ELEKTRONICKÉHO ZAŘÍZENÍ .....	19
<b>6</b>	<b>POPIS ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY OPATOV.....</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>SITUACE BUDOVY.....</b>	<b>20</b>
<b>6.2</b>	<b>KONSTRUKCE.....</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>OTOPNÝ SYSTÉM OBJEKTU .....</b>	<b>21</b>
<b>6.4</b>	<b>CHLADÍCÍ SYSTÉM OBJEKTU.....</b>	<b>22</b>
<b>6.5</b>	<b>VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>23</b>
<b>6.6</b>	<b>MIKROKLIMATICKÉ PARAMETRY .....</b>	<b>25</b>
6.6.1	VÝPOČTOVÉ PARAMETRY VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ.....	25
6.6.2	NÁVRHOVÉ PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	25

---

<b><u>7</u></b>	<b><u>VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....</u></b>	<b><u>26</u></b>
7.1	VSTUPNÍ DATA (SEVERNÍ FASÁDA) .....	26
7.2	VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM .....	27
7.3	VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM .....	28
<b><u>8</u></b>	<b><u>VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ .....</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
9.1	MĚŘENÍ TEPLoty A VLHKOSTI .....	30
9.2	MONITORING .....	31
<b><u>10</u></b>	<b><u>ANALÝZA PROVOZU ZISKY X ZTRÁTY .....</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b><u>11</u></b>	<b><u>ZÁVĚR .....</u></b>	<b><u>36</u></b>
	<b><u>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</u></b>	<b><u>37</u></b>
	<b><u>SEZNAM PŘÍLOH NA PŘILOŽENÉM CD .....</u></b>	<b><u>38</u></b>

## 2 SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

I	intenzita větrání (1/h)	$c_2$	zbytkový součinitel (-)
O	objem ( $m^3$ )	$c_3$	součinitel zatížení stroje (-)
Q	tepelné zisky (W)	$q_{sv}$	měrný tepelný tok od osvětlení ( $W/m^2$ )
$Q_c$	celková tepelná ztráta (W)	$n_L$	počet osob (-)
$Q_o$	základní tepelná ztráta (W)	p	tlak (Pa)
$Q_L$	tepelné zisky od osob (W)	$p_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn (-)
$Q_p$	tepelná ztráta prostupem (W)	$p_2$	přirážka na urychlení zátoku (-)
$Q_v$	tepelná ztráta větráním (W)	$p_3$	přirážka na světovou stranu (-)
N	štítkový výkon elektromotoru (W)	q	měrný tepelný tok ( $W/m^2$ )
$S_j$	plocha ( $m^2$ )	$t_a$	teplota vzduchu ( $^{\circ}C$ )
$S_{osv}$	osvětlená plocha ( $m^2$ )	$t_i$	vnitřní výpočtová teplota ( $^{\circ}C$ )
P	příkon (W)	$t_e$	venkovní oblastní teplota ( $^{\circ}C$ )
T	termodynamická teplota (K)	$t_r$	střední radiační teplota ( $^{\circ}C$ )
$U_c$	průměrný součinitel prostupu tepla ( $W/m^2 K$ )	w	rychlost proudění vzduchu (m/s)
$U_j$	součinitel prostupu tepla ( $W/m^2 K$ )	$\alpha$	součinitel přestupu tepla ( $W/m^2 K$ )
$V_e$	objemový průtok venkovního vzduchu ( $m^3/s$ )	$\eta$	účinnost (-)
$V_v$	objemový průtok větracího vzduchu ( $m^3/s$ )	$\varphi$	relativní vlhkost vzduchu (%)
$c_1$	součinitel současnosti (-)		



### 3 HISTORIE

Už v dávných dobách lidé chtěli komfort pro své pohodlí. Zpočátku využívali především přirozené principy proudění vzduchu a přenos tepla. Jako první si ve svých přístřešcích rozdělávali ohně, aby přežili i ty největší mrazy. Ovšem spaliny z něj museli bezpečně odvádět do okolí, jinak by se udusili oxidem uhelnatým. Postupem času se systémy vytápění, větrání a další úprava vzduchu začala zdokonalovat společně s vývojem a mentalitou člověka.

V dobách prvních technických objevů, kterým byl například parní stroj či později elektrický motor, byl vyvinut ventilátor, který byl poháněn ručně, vodními nebo větrnými koly.

První záznam o komfortní klimatizaci, kde bylo využito chlazení a větrání vzduchu je od lékaře Dr. Johna Gorrie, kdy vycházel ze zkušeností úpravy vzduchu kvůli malárii, která ohrožovala Floridu. Proto bylo roku 1844 navrženo a postaveno první klimatizované nemocniční oddělení.

Ovšem první zmínka a zavedení pojmu „air conditioning“ byla až v textilním průmyslu v USA roku 1907. <sup>[1]</sup>

## 4 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ A KLIMATIZACE

### 4.1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ

Slouží pouze jako odvod vnitřního znečištěného vzduchu za přívod čerstvého venkovního vzduchu. Tento děj se může opakovat v časových intervalech (*občasné větrání*), nebo jako děj spojitý (*větrání trvalé*). K výpočtu přiváděného čerstvého vzduchu se použije vztah pro intenzitu větrání  $I = V_e / O$  [ $1/h$ ], kde  $V_e$  [ $m^3/h$ ] je objemový průtok venkovního vzduchu a  $O$  [ $m^3$ ] je celkový vnitřní objem místnosti. Dle normy ČSN EN 15 665/Z1 musí při trvalém přívodu venkovního vzduchu pro obytné prostory (obývací místnosti, ložnice, apod.) být zajištěna minimální intenzita větrání 0,3 1/h. <sup>[2]</sup>

#### 4.1.1 POŽADAVKY

Požadavky na větrání a klimatizaci jsou především kladeny na čistotu, teplotu a vlhkost vnitřního ovzduší.

- *Teplota vzduchu  $t_a$  [ $^{\circ}C$ ]*
- *Střední radiační teplota  $t_r$  [ $^{\circ}C$ ]*
- *Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  [%]*
- *Rychlost proudění vzduchu  $w$  [m/s]*

### 4.2 KLIMATIZACE

**Klimatizace** je proces úpravy teploty, čistoty, proudění a vlhkosti přiváděného vzduchu do vnitřních prostorů a to po celý rok.

**Klimatizační systém** = soubor prvků pro úpravu vzduchu (čerstvého, venkovního, oběhového), distribuci chladu, tepla a vzduchu v daném objektu. Systém zahrnuje filtraci, chlazení, ohřev, směšování, vlčení a odvlhčování.

Klimatizační systémy můžeme třídit dle technologie systému na komfortní a technologické systémy. Komfortní jsou určeny pro úpravu hygienického

prostředí v pobytu osob, které není zatěžováno průmyslovými škodlivinami. Technologické jsou naopak určeny pro funkci technologií, kde převládá požadavek technologie nad požadavky osob.

Další kritérium třídění klimatizačních systémů je z hlediska kompaktnosti, mohou být buď jako samostatné klimatizační jednotky nebo jako ústřední klimatizační systémy. Klimatizační jednotky se používají pro úpravu vzduchu v jednotlivých místnostech. Rozměrově jsou daleko menší oproti ústředním klimatizačním systémům.

Dále klimatizační systémy třídíme dle přenášející teplotnosné látky chladu či tepla, kterou může být vzduch, voda, chladivo nebo jejich kombinace. Dle teplotnosné látky se klimatizační systémy třídí na vzduchové, vodní nebo chladivové. <sup>[3]</sup>

#### **4.2.1 VZDUCHOVÉ**

Vzduch je pro přenos chladu či tepla mezi zdrojem a místností rozváděn vzduchovodem. V klimatizovaném prostoru je systém zakončen vyústky nebo anemostaty, které zajišťují předání teplotné energie do místnosti. Nevýhodou vzduchových klimatizačních systémů je, že vzduch má malou tepelnou kapacitu, a proto je k přenosu energie potřeba větší průtok. K většímu průtoku je nutné zajistit velký průřez potrubní sítě a vyšší rychlost proudění vzduchu.

Z tohoto hlediska dělíme vzduchové systémy na nízkotlaké (s rychlostí v potrubí do 12 m/s) a vysokotlaké (s rychlostí proudění kolem 25 m/s). Nízkotlaké mohou být jednotkové, zónové, ústřední nebo speciální a vysokotlaké jsou jedno nebo dvoukanálové. <sup>[11]</sup>

#### **4.2.2 VODNÍ**

U těchto systémů zajišťuje chlazení a vytápění voda. Na dvoutrubkovou nebo čtyřtrubkovou vodní soustavu jsou připojeny ventilátorové konvektory (fan-coils), které jsou složeny z filtru, ohříváče, chladiče a ventilátoru. Systém pracuje jen se vzduchem oběhovým, případně fasádním otvorem nasává

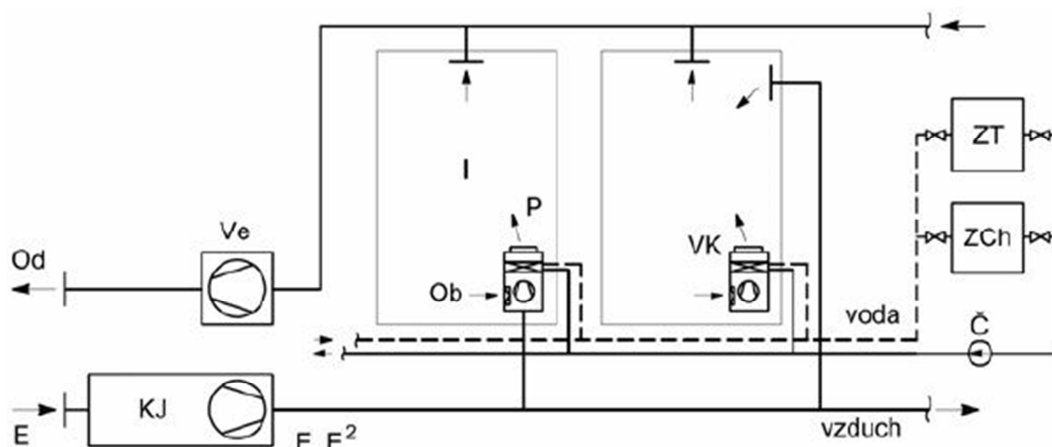
vzduch větrací. U těchto systémů jsou oproti vzduchovým nebo kombinovaným výhodou nízké náklady a provoz. Nevýhodou může být větší hlučnost konvektorů. <sup>[12]</sup>

### 4.2.3 KOMBINOVANÉ

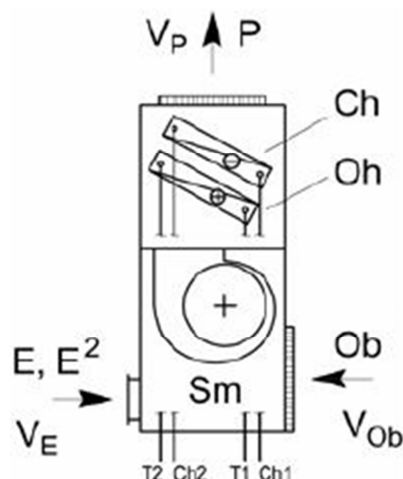
Přenos chladu nebo tepla zprostředkovává vzduch a voda. Daleko větší část chladu nebo tepla přenáší voda. Čerstvý upravený vzduch pro větrání klimatizovaných prostorů se dopraví potrubní sítí ze strojovny do jednotlivých koncových prvků klimatizovaných místností.

#### **Kombinované s ventilátorovými konvektory**

V Jednokanálovém klimatizačním zařízení se upraví venkovní vzduch dle hygienických požadavků. Tento upravený vzduch se v klimatizační jednotce smísí se vzduchem oběhovým a následně přivede do klimatizovaných místností pomocí vyústek. Teplota přiváděného vzduchu je rovna nebo hodně podobná vnitřní teplotě klimatizované místnosti. Pro úpravu teploty uvnitř jednotlivých místností slouží ventilátorové konvektory. Tyto konvektory jsou tvořeny filtrem, ventilátorem a výměníkem. Výměník je přímo napojen na centrální zdroj teplé či chladné vody. Rozvody vody mohou být dvoutrubkové nebo čtyřtrubkové. Dvoutrubkový nepřepínací rozvod slouží k rozvodu chladné vody pouze v létě, proto není často využíván. Dvoutrubkový přepínací rozvod může být využit v zimě pro vytápění i v létě pro chlazení. Problém u tohoto systému nastává v přechodném období, kde dochází při přepínání k energetickým ztrátám. Čtyřtrubkový rozvod je opatřen dvěma páry trubek, jeden pár trubek je určen pro rozvod teplé vody a druhý pro chladnou vodu. Při tomto způsobu rozvodu je možno v přechodném období místnosti dle potřeby chladit nebo ohřívat. U každé jednotky se provádí regulace tepelného výkonu řízením průtoku chladné či teplé vody dle termostatu v místnosti. <sup>[3]</sup>



Obr. 4.1 - Schéma vodního klimatizačního systému s ventilátorovými konvektory, dvoutrubkový rozvod, ZT – zdroj teplé vody, ZCh – zdroj chladné vody<sup>[3]</sup>



Obr. 4.2 - Schéma ventilátorového konvektoru, E, Ob, P – vzduch venkovní, oběhový, přiváděný, 1 – ohřivač, 2 – chladič, T, Ch – čtyřtrubkový rozvod teplé a chladné vody, Oh – ohřivač, Ch – chladič<sup>[3]</sup>

#### 4.2.4 CHLADIVOVÉ

Hlavní součást chladivového systému je venkovní jednotka, která je obvykle umístěna na střeše budovy, případně u systému split, na fasádě. Venkovní jednotka je složená z kompresorového chladicího zařízení, výměníku tepla chladivo/venkovní vzduch a ventilátoru venkovního vzduchu. Další nedílnou součástí chladivového systému je vnitřní jednotka. Ta je umístěna v místnostech a obsahuje filtr, ventilátor, výměník tepla chladivo/vnitřní vzduch a vyústku. Vnitřní ventilátor bývá dvoutáčkový.

### **Split systém**

V klimatizované místnosti je uložen výparník s ventilátorem a filtrem ve vnitřní klimatizační jednotce. Ve venkovní jednotce, která bývá často umístěna na fasádě nebo na střeše objektu, je uložen kondenzátor chlazený vzduchem, chladicí kompresor a škrťací ventil. Venkovní a vnitřní jednotky jsou společně propojeny chladivovým potrubím. K ovládání zařízení se využívají nejčastěji dálkové ovladače. Tyto systémy velmi často mohou využívat i reverzní chod, kdy začnou pracovat jako tepelné čerpadlo.

### **Multisplit systém s proměnným průtokem vzduchu**

Tyto systémy bývají často označovány jako VRV (Variable Refrigerant Volume) systémy. VRV je systém, kde několik vnitřních jednotek je připojeno na jednu venkovní jednotku. Pro nastavování průtoku chladiva jsou v každé místnosti zakomponovány škrťací ventily ve vnitřních jednotkách výměníků tepla. Venkovní jednotka s kompresorem je řízena s proměnnými otáčkami. <sup>[5]</sup>

## 5 TEPELNÉ ZTRÁTY A ZISKY

### 5.1 TEPELNÉ ZTRÁTY

Výpočet tepelných ztrát je nezbytně nutný pro návrh vytápěcích zařízení budovy v zimním období. Postup výpočtu je přesně popsán v normě ČSN 06 0210 „Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění“ nebo v evropské normě ČSN EN 12831 „Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“

#### 5.1.1 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

Celková tepelná ztráta  $Q_c$  je určena součtem tepelných ztrát prostupem stěnami a tepelných ztrát větráním a odečtením tepelných zisků

$$Q_c = Q_p + Q_v + (-Q_z) [W] \quad (1)$$

$Q_p [W]$  ... tepelná ztráta prostupem

$Q_v [W]$  ... tepelná ztráta větráním

#### 5.1.2 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

Tepelnou ztrátu prostupem stěnami určíme pomocí základní tepelné ztráty, ke které napočítáme přírážkové součinitele

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) [W] \quad (2)$$

$p_1 [-]$  ... přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn

$p_2 [-]$  ... přírážka na urychlení zátoku

$p_3 [-]$  ... přírážka na světovou stranu

$Q_o [W]$  ... základní tepelná ztráta

Určení základní tepelné ztráty pomocí následujícího vztahu

$$Q_o = \sum U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_e) [W] \quad (3)$$

$t_i [^\circ\text{C}]$  ... výpočtová výsledná teplota ve vytápěné místnosti

$t_e [^\circ\text{C}]$  ... venkovní oblastní výpočtová teplota

$U_j$  [ $W/m^2 K$ ] ... součinitel prostupu tepla

$S_j$  [ $m^2$ ] ... plocha stěny

Venkovní oblastní výpočtová teplota  $t_e$  je odvozena z průměru pěti nejchladnějších po sobě následujících dnů v roce pro jednotlivé oblasti ČR. Po dlouhodobém pozorování byly zvoleny tři základní venkovní výpočtové teploty:

$$t_e = -12^\circ\text{C}$$

$$t_e = -15^\circ\text{C}$$

$$t_e = -18^\circ\text{C}$$

Počítá se i s oblastmi s vyšší nadmořskou výškou než 400 m, kde se rozdíl teplot zvyšuje o 3K.

Tab. 6.1 - Zvětšení externí teploty s nadmořskou výškou

Nadmořská výška	Výpočtová oblast [ $^\circ\text{C}$ ]	$t_e$ [ $^\circ\text{C}$ ]
nad 400 m	-12	-15
nad 600 m	-15	-18
nad 800 m	-18	-21

Výpočtová výsledná teplota ve vytápěné místnosti  $t_i$  je teplota kontrolovaná kulovým teploměrem.

V místnosti, která je obklopena více ochlazujícími plochami je nutné pomocí přírážky na vyrovnání vlivu chladných stěn  $p_1$  zvýšit teplotu  $t_i$ , aby byla dosažena požadovaná výsledná teplota  $t_i$ , pro kterou se počítá tepelná ztráta  $Q_o$ . Velikost závisí na průměru součinitele prostupu tepla všech obklopujících stěn místnosti  $U_c$

$$U_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad (4)$$

Následně přírážku  $p_1$  určíme ze vztahu, který je dán jako 15% z průměrného součinitele prostupu tepla  $U_c$

$$p_1 = 0,15 \cdot U_c \quad (5)$$



S přírážkou na urychlení zátopu  $p_2$  počítáme pouze v případě, kdy nejsme schopni zajistit nepřerušované vytápění v nejnižších teplotách. V běžných případech se s touto přírážkou nepočítá, protože se v námi navrhovaných podmínkách předpokládá denní nepřerušovaný provoz. V případě přerušovaného chodu kotelny, kde je denní doba vytápění více než 16 hodin počítáme s přírážkou  $p_2 = 0,1$ , při kratším než 16 hodin činí hodnota přírážky  $p_2 = 0,2$ .

Přírážku na světovou stranu  $p_3$  určíme z polohy nejvíce ochlazované stěny. Pokud to připadne na více stěn, určuje polohu jejich vzájemný roh. Pokud jsou více jak dvě ochlazované stěny, tak se řídíme dle následující tabulky:

Tab. 6.2 - Přírážka  $p_3$  na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přírážka $p_3$ [-]	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

### 5.1.3 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM

Tepelnou ztrátu větráním musíme dohnat o teplo

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad (6)$$

$V_v$  [ $m^3/s$ ]... Objemový tok větracího vzduchu<sup>[5]</sup>

## 5.2 TEPELNÉ ZISKY

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla vznikají od:

- Osob
- Osvětlení
- Technologie
- Elektronického zařízení

### 5.2.1 TEPELNÉ ZISKY OD OSOB

Tepelné zisky od osob počítáme pouze s jejich citelným teplem, které je vázáno na intenzitu a druh činnosti osob, pohlaví a teplotě vzduchu. Při teplotě 26°C se u muže konajícího mírně aktivní práci u stolu uvažuje produkce citelného tepla 62W a 116 g/h vodní páry.

$$Q_L = 6,2n_L \cdot (36 - t_i) [W] \quad (7)$$

$n_L$  [-]... počet osob

$t_i$  [°C] ... vnitřní výpočtová teplota

### 5.2.2 TEPELNÉ ZISKY OD OSVĚTLENÍ

Norma ČSN 73 0548 se podrobně zabývá produkcí tepla od různých druhů osvětlení. Například v kancelářském prostoru je při osvětlení 100 luxů pomocí žárovek odpovídající tepelný výkon 25Wm<sup>-2</sup>.

$$Q_{SV} = q_{sv} \cdot S_{osv} [W] \quad (8)$$

$q_{sv}$  [W/m<sup>2</sup>] ... měrný tepelný tok od osvětlení

$S_{osv}$  [m<sup>2</sup>]... osvětlená plocha

### 5.2.3 TEPELNÉ ZISKY OD TECHNOLOGIE

Elektrický příkon technologických zařízení se přeměňuje na teplo. Při výpočtu musíme zohlednit skutečný příkon, účinnost motoru a současnost chodu.

$$Q = c_1 \cdot \sum \left( c_2 \cdot c_3 \cdot \frac{N}{\eta} \right) [W] \quad (9)$$

$c_1$  [-]... součinitel současnosti

$c_2$  [-]... zbytkový součinitel

$c_3$  [-]... součinitel zatížení stroje

$N$  [W] ...štitkový výkon elektromotoru

$\eta$  [%] ... účinnost elektromotoru

Pro jednotlivá zařízení součinitel  $c_1$  zohledňuje současnost provozu strojů. V případě, kdy se veškerý tepelný výkon nedostane do prostoru, ale část se odvede přímo (chlazením, odsáváním), tak se použije zbytkový součinitel  $c_2$ . Skutečnou provozní spotřebu zahrnuje součinitel zatížení  $c_3$ .

### 5.2.4 TEPELNÉ ZISKY OD ELEKTRONICKÉHO ZAŘÍZENÍ

Do této kategorie zařazujeme např. stolní počítače, monitory, notebooky, tiskárny, televizory apod. Tyto tepelné zisky můžeme zanedbat v případě, že celkový trvalý příkon zařízení není větší než 100 W. Například jeden osobní počítač s LCD monitorem produkuje přibližně 165 W tepelného výkonu.

$$Q = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P [W] \quad (10)$$

## 6 POPIS ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY OPATOV

### 6.1 SITUACE BUDOVY

Budova se nachází na adrese Líbalova 2348/1 v Praze 4. Je rozdělena na dva jednotlivé objekty A a B, které jsou propojeny vstupní halou a celoprosklenými lávkami. Budova má celkem 6 nadzemních podlaží a podzemní garáže, ve kterých se nachází veškeré technické zázemí budovy. Půdorysná plocha kancelářských prostor čítá 15 000m<sup>2</sup> na celkové zastavěné ploše 4400 m<sup>2</sup>.

V celém objektu A sídlí firma Skanska Facility, v druhé části tedy objektu značený písmenem B se nacházejí zasedací místnosti, restaurace a o zbytek objektu se dělí několik menších firem.

Tato bakalářská práce se zabývá pouze objektem A, a pouze jen jednomu nadzemnímu podlaží. V našem případě se jedná o 2.NP. V celém tomto výřezu se nachází pouze kancelářské prostory typu „open space“.



Obr. 7.1 - Administrativní budova Opatov

## 6.2 KONSTRUKCE

Obvodové nosné stěny jsou z železobetonu o tloušťce 200 mm, vnitřní nosné sloupy jsou rovněž z železobetonu o průměru 400mm a fasáda je zateplena minerální vlnou o tloušťce 160 mm. Okna jsou klasická izolační dvojskla se součinitelem prostupu tepla  $U = 1,1 \text{ W/K.m}^2$ . [7]

## 6.3 OTOPNÝ SYSTÉM OBJEKTU

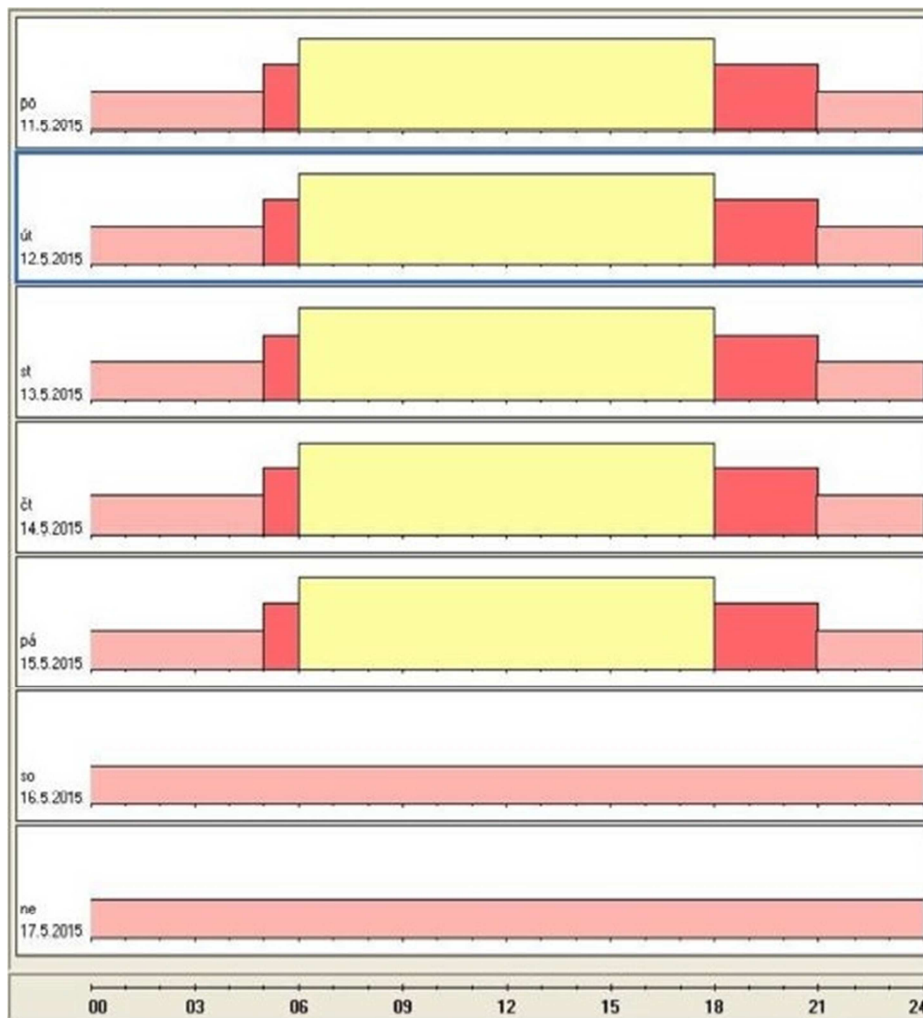
Jako zdroj tepla je kompaktní výměňková stanice KPS UT 1300kW TUV 119kW paralel o celkovém výkonu 1300 kW s připojením na horkovod s teplotním spádem 130/70 °C. Výměňková stanice je koncipována s přípravou TUV, s automatickým doplňováním upravené vody z primárního okruhu do otopné soustavy. Jednotlivé větve jsou osazeny oběhovými čerpadly, která jsou zdvojena pro zajištění 100% zálohy uzavíracími, vyvažovacími a měřícími armaturami a směšovacím trojcestným ventilem pro regulaci.

Vytápění kanceláří budovy je zajištěno teplovodním dvoutrubkovým systémem s nuceným oběhem topné vody a teplotním spádem 45/35 °C.

Tepelnou ztrátu ve většině vytápěných prostorů pokrývají podparapetní ventilátorové konvektory v kancelářích. Jednotka ventilátorového konvektoru je osazena kombinovanou armaturou Danfoss ABQM sloužící jako automatický vyvažovací a regulační ventil.

Ovládání a regulace všech akčních prvků pro vytápění zajišťuje systém MaR. Z následujícího obrázku je patrná otopná křivka ventilátorových konvektorů. Nastavení je na 3 základní režimy. Červená barva znázorňuje prekomfortní režim, v tomto případě se jedná o dvě časová pásma, ranní od 5.00 do 6.00 h a večerní 18.00 až 21.00 h. V těchto časových úsecích je nastavena teplota na 21 °C. Následuje přechod na pásmo žluté barvy, které je ohraničeno pracovní dobou (6.00 h až 18.00 h). V tomto pásmu je přednastaven komfortní režim s teplotou 23 °C. Růžové pásmo vyznačuje

mimopracovní dobu včetně víkendů, kdy je provoz v úsporném režimu. Úsporný režim je režim bez vytápění, pokud ovšem neklesne teplota pod 19 °C.



Obr. 7.2 - Křivka vytápění FCU

## 6.4 CHLADÍCÍ SYSTÉM OBJEKTU

Kompresorová chladicí jednotka RC Group MAXIMO.SCREW.A.XTR.R1354a 725.V.2.U12 (834 kW) je zdrojem chladu pro rozvody chlazené vody k jednotkám ventilátorových konvektorů objektu. Je to dvouokruhová jednotka se vzduchem chlazenými kondenzátory s integrovaným systémem volného chlazení (535kW při  $t_e=+5^{\circ}\text{C}$ ), hydraulickým modulem se zdvojeným čerpadlem a integrovanou akumulací nádobou.

Chladicí jednotka je umístěna na střeše objektu a je propojena potrubím vedeným instalační šachtou s deskovým výměníkem ve strojově chlazení nacházející se ve 2.PP. Celý okruh je naplněn nemrznoucí směsí (propylenglykol).

Další kompresorová chladicí jednotka RC GROUP GLIDER.HP440.V.2.Y2 (376 kW) je zdrojem chladu pro vodní chladiče vzduchotechnických jednotek. Tato jednotka je provedena jako tepelné čerpadlo. Klimatizační jednotka je určena k větrání a částečnému odvodu tepelné energie. Odvod většiny tepelné zátěže zajišťují ventilátorové konvektory.

Ze strojovny je veden páteřní rozvod pod stropem 1. suterénu do stoupaček. Patrové odbočky jsou vedeny podhledem k obvodové stěně, kde prostupují připravenými prostupy do vyššího podlaží a potrubí je dále vedeno v parapetu.

Na potrubí vedené v podhledu se napojí potrubí ke kazetovým jednotkám ventilátorových konvektorů, parapetní jednotky jsou napojeny na potrubí vedené v parapetu. Ventilátorová jednotka je osazena kombinovanou armaturou Danfoss ABQM, která slouží jako automatický vyvažovací ventil a jako regulační ventil, připojení je provedeno přes dva kulové kohouty pružným vlnovcem.<sup>[7]</sup>

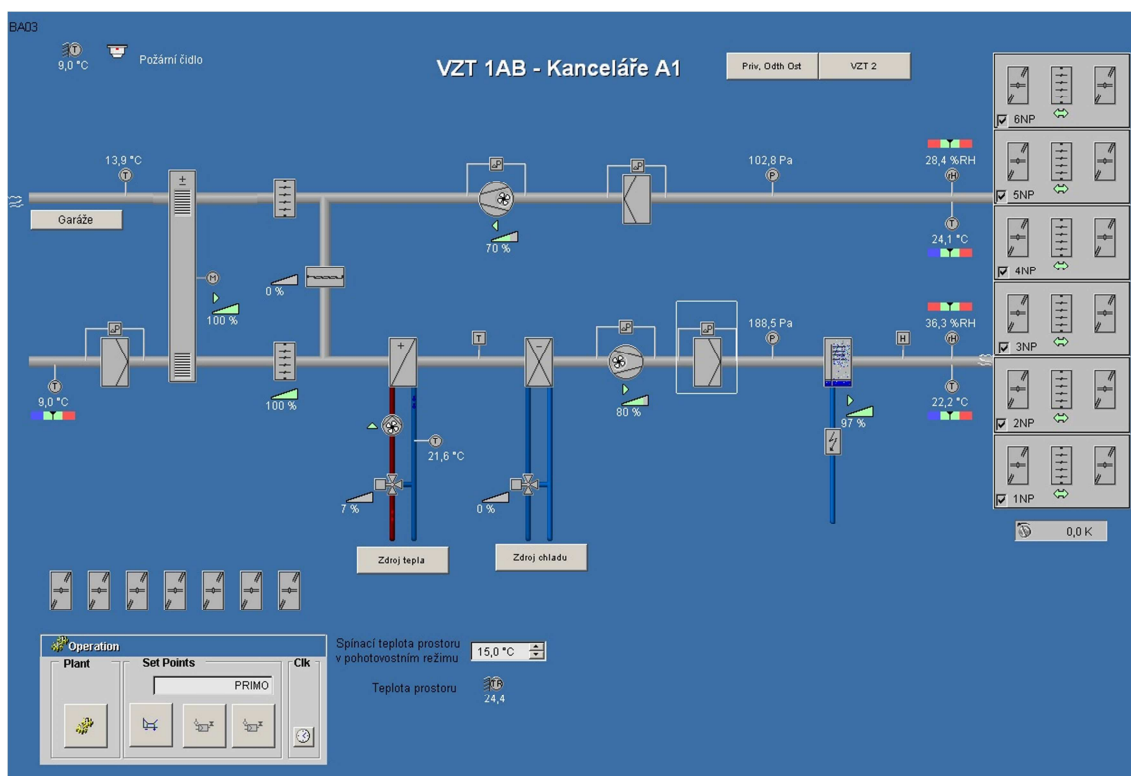
## 6.5 VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ

V celém objektu je nainstalováno hned několik vzduchotechnických zařízení. Tato bakalářská práce se zabývá pouze dvěma z nich, které jsou určené pro budovu A. V technickém listu jsou značeny jako vzduchotechnika 1AB a 2AB.

Vzduchotechnika 1AB je dimenzovaná pro 294 osob s množstvím větracího vzduchu na jednu osobu  $54 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vzduchotechnické zařízení se nachází ve strojově ve 3.PP na těžkém plovoucím základu. Sání čerstvého vzduchu je umístěno na fasádě v úrovni 1.PP a výfuk odpadního vzduchu na střeše objektu. Rozvod vzduchu od vzduchotechnické jednotky je veden vzduchotechnickými kanály do vertikálních instalačních šachet, ze kterých jsou

provedeny patrové odbočky. Do velkoplošných kanceláří je přívod vzduchu zajištěn vyústkami nebo talířovými ventily a odvod z jednoho místa vyústkou s regulací průtoku vzduchu.

Veškeré akční prvky vzduchotechnických jednotek ovládá systém MaR, který zároveň i monitoruje a zaznamenává teplotu a vlhkost přiváděného či odváděného vzduchu, venkovní teplotu, teplotu odpadního vzduchu nebo např. otáčky na rekuperačním výměníku. Rozmístění čidel, regulačních prvků a schéma klimatizační jednotky v MaR systému je znázorněno v následujícím obrázku. [7]



Obr. 7.3 - Vzduchotechnická jednotka 1AB v systému MaR



## 6.6 MIKROKLIMATICKÉ PARAMETRY

### 6.6.1 VÝPOČTOVÉ PARAMETRY VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Zima:

teplota vzduchu -12 °C

relativní vlhkost 95 %

Léto:

teplota vzduchu 32 °C

relativní vlhkost 45 %

### 6.6.2 NÁVRHOVÉ PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Zima:

teplota přiváděného vzduchu 22 °C

relativní vlhkost min. 30 %

Léto:

teplota přiváděného vzduchu 26 °C

relativní vlhkost max. 70 %

## 7 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Pro výpočet teplených ztrát prostupem a větráním 2.NP administrativní budovy Opatov byla použita norma ČNS 73 0548. Výpočet je názorně proveden pouze pro severní části fasády 2.NP. Zbylé části byly počítány stejným způsobem.



Obr. 8.1 - Půdorys 2.NP Administrativní budovy Opatov část A

### 7.1 VSTUPNÍ DATA (SEVERNÍ FASÁDA)

Značení fasád a prosklených otvorů bylo použito stejné jako ze stavební dokumentace.

Tab. 8.1 - Vstupní data severní fasády

Označení stěny	Plocha stěny			Základní tepelná ztráta
	Délka (l)	Šířka nebo výška (h)	Počet otvorů (n)	U
<b>Severní fasáda</b>				
fasáda	13,5	2,75	3	0,3
prosklení	10	2,5	0	1,1
OS5	0,9	2,75	0	1,1

## 7.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM

➤ Plocha (S):

$$\text{Fasáda} \quad S_{\text{fasáda}} = l \cdot h = 13,5 \cdot 2,75 = \mathbf{37,13m^2}$$

$$\text{Prosklení} \quad S_{\text{prosklení}} = l \cdot h = 10 \cdot 2,5 = \mathbf{25m^2}$$

$$\text{O5} \quad S_{\text{O5}} = l \cdot h = 0,9 \cdot 2,75 = \mathbf{2,48m^2}$$

➤ Plocha otvorů (S<sub>o</sub>):  $S_o = S_{\text{prosklení}} + S_{\text{O5}} = 25 + 2,48 =$

$$\mathbf{27,48m^2}$$

➤ Plocha bez otvorů (S<sub>b</sub>):  $S_b = S - S_o = 37,13 - 27,48 = \mathbf{9,65m^2}$

➤ Rozdíl teplot (Δt):  $\Delta t = t_i - t_e = 22 - (-12) = \mathbf{34^\circ C}$

$t_i$  ... vnitřní výpočtová teplota

$t_e$  ... venkovní (oblastní) výpočtová teplota

➤ Základní tepelná ztráta (Q<sub>o</sub>):

$$\text{Fasády} \quad Q_{o_{\text{fasády}}} = U \cdot S_b \cdot \Delta t = 0,3 \cdot 9,65 \cdot 34 = 98,5W$$

$$\text{Prosklení} \quad Q_{o_{\text{prosklení}}} = U \cdot S_{\text{prosklení}} \cdot \Delta t = 1,1 \cdot 25 \cdot 34 =$$

$$935W$$

$$\text{O5} \quad Q_{o_{\text{O5}}} = U \cdot S_{\text{O5}} \cdot \Delta t = 1,1 \cdot 2,48 \cdot 34 = 92,5W$$

Celková tepelná ztráta prostupem

$$Q_o = Q_{o_{\text{fasády}}} + Q_{o_{\text{prosklení}}} + Q_{o_{\text{O5}}} = 98,5 + 935 + 92,5$$

$$\mathbf{Q_o = 1126W}$$

Pro severní fasádu 2.NP administrativní budovy Opatov je spočtena základní tepelná ztráta  $\mathbf{Q_o = 1,1kW}$ . Stejným postupem byly počítány tepelné ztráty celého 2.NP administrativní budovy Opatov viz tab. 4

Tab. 8.2 - Celková tepelná ztráta prostupem 2.NP administrativní budovy Opatov

Označení stěny	Plocha stěny						Základní tepelná ztráta			
	Délka (l)	Šířka nebo výška (h)	Plocha (S)	Počet otvorů (n)	Plocha otvorů (S <sub>o</sub> )	Plocha a bez otvorů (S <sub>b</sub> )	U	Rozdíl teplot Δt	U·Δt	Základní tepelná ztráta Q <sub>o</sub>
	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	-	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	K	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
<b>blok A</b>										
<b>Západní fasáda</b>										
fasáda	92,01	2,75	253	26	109,8	143,3	0,3	34	10,2	1461,3285
prosklení O7	17,2	1,6	27,52	0	0	27,52	1,1	34	37,4	1029,248
prosklení O6	6,3	1,6	10,08	0	0	10,08	1,1	34	37,4	376,992
prosklení O2	45,1	1,6	72,16	0	0	72,16	1,1	34	37,4	2698,784
<b>Severní fasáda</b>										
fasáda	13,5	2,75	37,13	3	27,48	9,65	0,3	34	10,2	98,43
prosklení	10	2,5	25	0	0	25	1,1	34	37,4	935
OS5	0,9	2,75	2,48	0	0	2,475	1,1	34	37,4	92,565
<b>Východní fasáda</b>										
fasáda	84,67	2,75	232,8	14	80,87	152	0,3	34	10,2	1550,0991
prosklení O7	13,05	1,6	20,87	0	0	20,87	1,1	34	37,4	780,6128
prosklení O1	8	1,6	12,8	0	0	12,8	1,1	34	37,4	478,72
prosklení O2	28,7	1,6	45,92	0	0	45,92	1,1	34	37,4	1717,408
prosklení O6	0,8	1,6	1,28	0	0	1,28	1,1	34	37,4	47,872
										<b>11267,0594</b>
										<b>11,3kW</b>

### 7.3 VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM

$$Q_v = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{ztt}) = \frac{4590}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (22 - 7,2) = 22\,870 \text{ [W]}$$

$$t_{ztt} = \varphi \cdot (t_i - t_e) + t_e = 0,6 \cdot (22 - (-15)) + (-15) = 7,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 8 VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ

V těchto se uvažuje pouze s vnitřními tepelnými zisky. Zisky z oslunění byly zanedbány z důvodu výpočtu pro zimní provoz. Výpočet je uvažován pro plné obsazení osob (85) v kanceláři. Jedna osoba je producentem citelného tepla o výkonu 65W. Uvažuje se, že každé osobě náleží jeden stolní počítač o výkonu 150W. Na celou kancelář připadají 4 kopírky o celkovém výkonu 1600W. Osvětlení je vypočteno pro nutnou potřebu osvětlení v hloubce kanceláře 5m od okna v délce 70m s výkonem 25W/m. Celkové tepelné zisky pro celou kancelář 2.NP budovy A jsou vypočítány na 21 370W.

## 9 MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ

### 9.1 MĚŘENÍ TEPLoty A VLHKOSTI

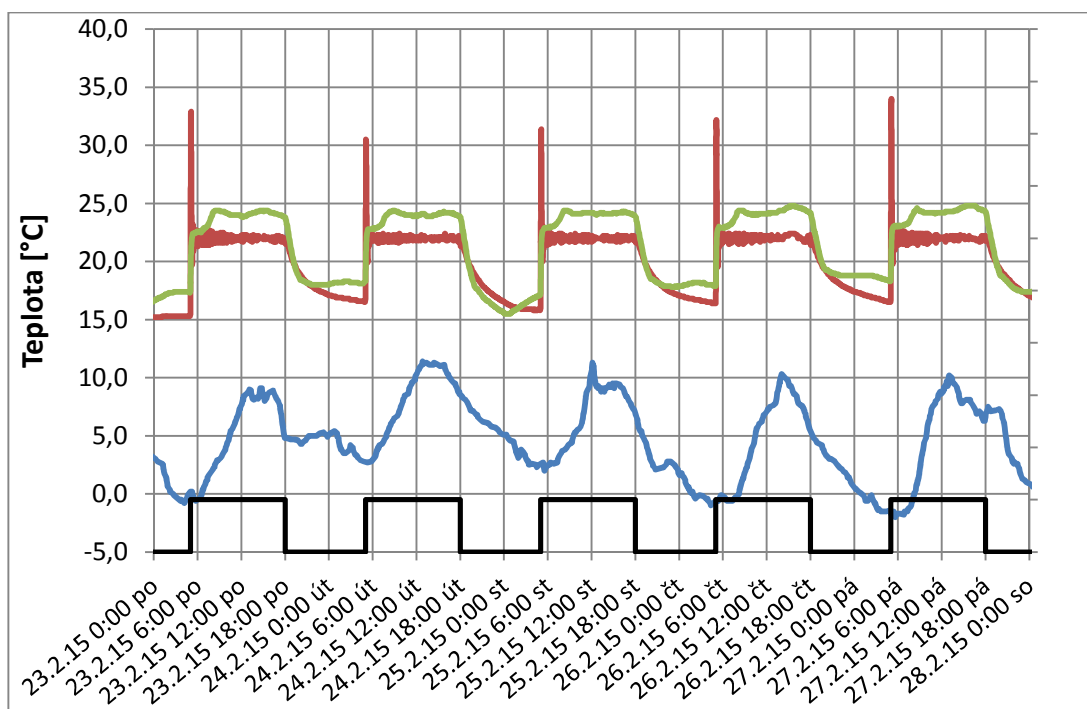
Měření teploty v kancelářích všech nadzemních podlaží vyjma 1.NP proběhlo 20. 2. 2015 v pracovní době v čase 9:40 - 10:30. Při měření byl použit univerzální měřicí přístroj typu Almemo 2590-4 Set se třemi různými čidly a snímači. Použito bylo kapacitní digitální čidlo teploty a vlhkosti typu FHAD36RS, dotykové teplotní čidlo přímé typu FTF109PH a vpichové teplotní čidlo FTA123L0100H. Měření bylo prováděno vždy ve dvou místech velkoplošné kanceláře. První místo bylo blíže k jižní fasádě objektu A, a druhé v severní části objektu A. Naměřené hodnoty teplot a vlhkostí jsou zaznamenány v následující tabulce. Průměrná naměřená teplota ze všech použitých přístrojů a všech měřených pater kanceláří byla většinou v rozmezí 24 – 25 °C a naměřená relativní vlhkost byla průměrně 30 %.

Tab. 10.1 - Naměřené teploty a vlhkosti v jednotlivých patrech

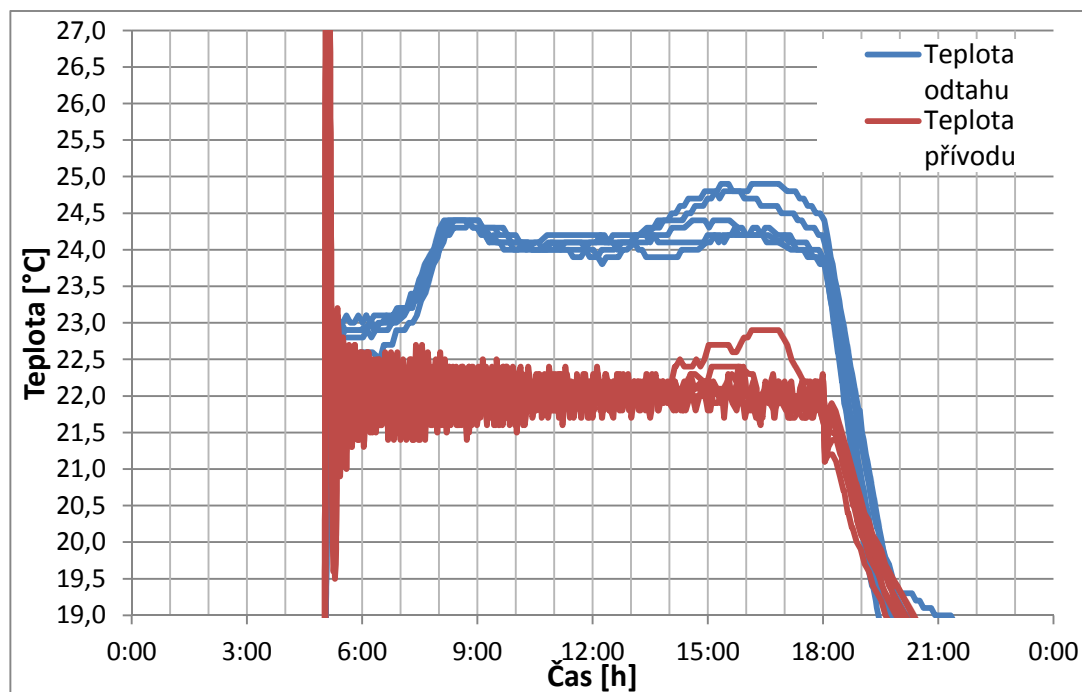
čidlo / patro	6.NP		5.NP		4.NP		3.NP		2.NP	
	JIH	SEVER	JIH	SEVER	JIH	SEVER	JIH	SEVER	JIH	SEVER
kapacitní čidlo FHAD36RS [°C]	25,10	25,25	25,70	25,58	26,06	26,18	25,85	26,02	25,20	25,35
vpichovací čidlo FTA123L0100H [°C]	23,60	23,90	24,20	24,10	24,40	24,50	24,50	24,30	23,30	23,90
dotykové čidlo FTF109PH [°C]	23,90	24,00	24,20	24,30	24,50	24,70	24,70	24,60	23,70	24,10
průměrná naměřená teplota [°C]	24,20	24,38	24,70	24,66	24,99	25,13	25,02	24,97	24,07	24,45
relativní vlhkost [%]	30,30	31,50	28,80	30,00	28,90	29,30	28,20	29,10	28,10	30,20

## 9.2 MONITORING

Od 20. 2. 2015 do 3. 3. 2015 byly pomocí programu MaR zaznamenávány venkovní teploty, teploty na přívodu, na odvodu a výkon ventilátoru. Pro monitoring byly zahrnuty obě vzduchotechnické jednotky. Výstupy budou pouze z jedné vzduchotechniky označením 1AB, protože vzduchotechnika 2AB má téměř stejné průběhy. Naměřené hodnoty druhé vzduchotechnické jednotky jsou k nalezení v příloze 5 na přiloženém CD. V následujícím grafu je modře znázorněna venkovní teplota, červeně teplota na přívodu, žlutě teplota odtahu a černě výkon ventilátoru. Přívodní ventilátor pracuje skokově na 0 nebo 80% výkonu.



Obr. 10.1 - Průběh teplot vzduchotechnického zařízení 1AB celý pracovní týden



Obr. 10.2 - Průběh teplot vzduchotechnického zařízení 1AB v jeden pracovní den

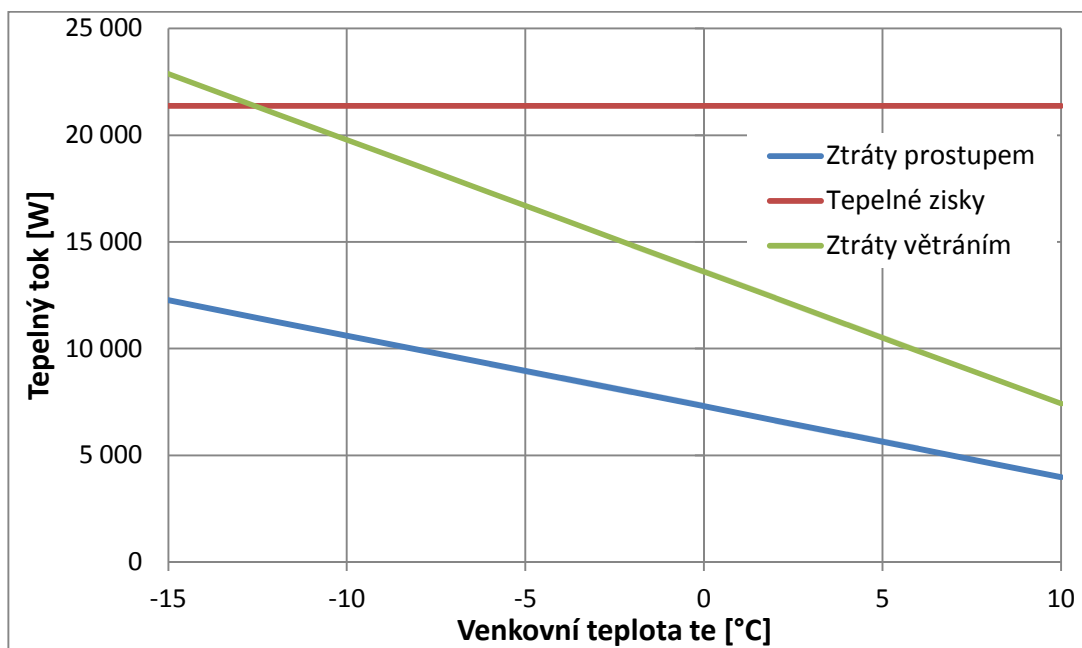
Z předchozího grafu, ve kterém jsou do jednoho pracovního dne proloženy všechny naměřené pracovní dny je vidět, že každý den má průběh přívodního a odpadního vzduchu stejný nezávisle na venkovní teplotě. V 5 hodin je vzduchotechnická jednotka v náběhu, zapíná se výparník a teplota přivádění do prostoru není reálná. Po několika minutách se přívodní teplota začíná vyrovnávat na běžnou teplotu 22 °C, která je udržována až do konce pracovní doby. Z teploty na odtahu je patrný nárůst mezi 8 – 9 ranní, kdy jsou na hodinu z největší pravděpodobností zapnuty ventilátorové konvektory určeny k vytápění. Bohužel tato skutečnost není dokázána a jedná se pouze o domněnku. Se začátkem pracovní doby (kolem 9 hodiny ranní) začínají přicházet do kanceláře pracovníci a zapínat výpočetní techniku. Teplota odtahu se drží stále nad teplotou přívodu. V odpoledních hodinách dochází k dalšímu nárůstu teploty na odtahu, pravděpodobně díky prohříváním jednotlivých konstrukcí. V 18 hodin se vzduchotechnika vypíná a přechází do útlumového režimu.



## 10 ANALÝZA PROVOZU ZISKY X ZTRÁTY

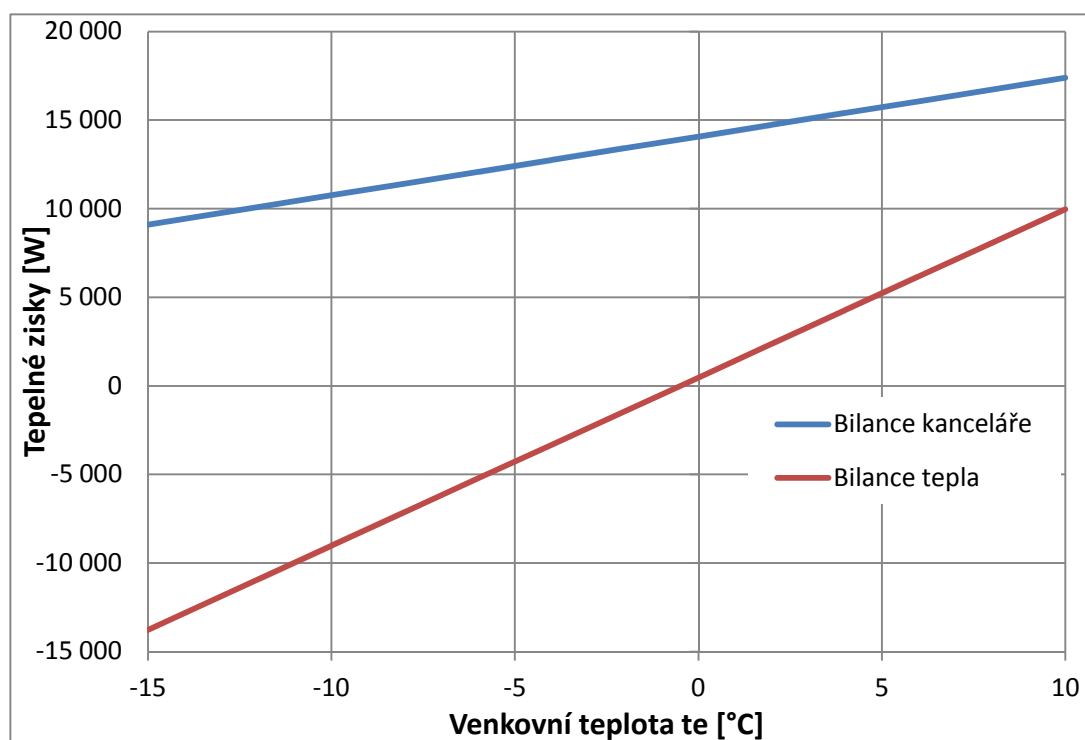
Trendem dnešní moderní výstavby administrativních budov je, že většina se staví z železobetonové konstrukce a celoproskleného obvodového pláště budovy. V takovýchto budovách dochází k častému tepelnému diskomfortu uvnitř kancelářských prostor, protože zde vzniká problém velkých vnitřních tepelných zisků oproti malým tepelným ztrátám prostupem. Proto je nutné mít kvalitně navržený klimatizační systém.

Pro posouzení zimního provozu byl měřen kancelářský prostor typu „open space“ ve 2. NP administrativní budovy Opatov sektor A. V kanceláři je uvažováno plné obsazení osob v počtu 85. Pro každou osobu je navržen průtok čerstvého vzduchu  $54 \text{ m}^3/\text{h}$ . Venkovní teplota je pro zimu uvažována v intervalu teplot od  $-15$  do  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  a vnitřní teplota vzduchu kanceláře je  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Z následujícího grafu tepelné bilance je vidět, že tepelné zisky jsou v kanceláři vyšší než ztráty prostupem i větráním do venkovní teploty  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ , která ovšem nastává jen pár dní v roce. Při vyšších teplotách, které jsou v drtivé většině zimního období, je patrné, že tepelné zisky jsou vyšší než tepelné ztráty.



Obr. 11.1 - Tepelná bilance kanceláře

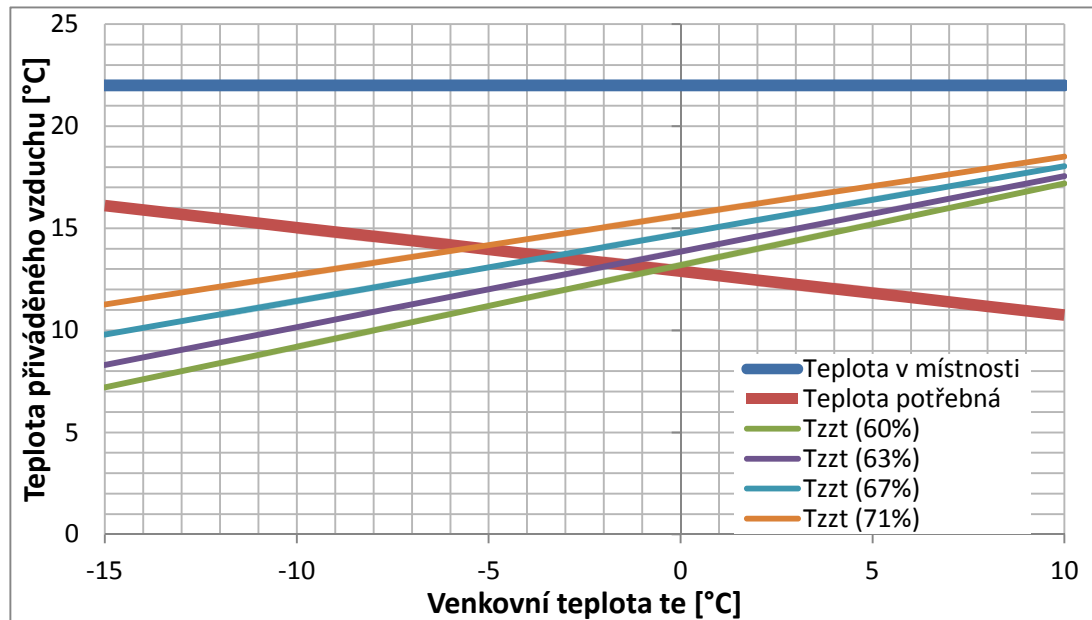
V zimě se teplota do kanceláře přivádí o stejné teplotě či nižší, ale max. do teplotního rozdílu 3 K. V tomto posuzovaném objektu je teplota přiváděná totožná s teplotou vzduchu kanceláře. Z obrázku 11.2 je patrné, že výsledná bilance je po celou zimu v kladných hodnotách a tepelné ztráty jsou menší než tepelné zisky. Tento systém vyžaduje teplo pouze pro ohřívání větracího vzduchu pod teplotou bilance (0 °C). Pokud jsou venkovní teploty vyšší, je zapotřebí snížit účinnost ZZT nebo dokonce chladit.



Obr. 11.2 - Výsledná bilance kanceláře

V dalším grafu jsou znázorněny výsledné tepelné bilance. Při navržené účinnosti 60 % je celková energetická bilance pro venkovní teploty vyšší než 0 °C kladná. Z toho vyplývá, že tepelné ztráty jsou nižší než tepelné zisky a kancelář není nutné vytápět. Ovšem teplota za ZZT se pohybuje v rozmezí 7 – 17 °C a to je příliš nízká teplota pro přívod vzduchu do místnosti. Při takto nízké teplotě je obtížná distribuce vzduchu do místnosti bez rizika průvanu. Tato přiváděná teplota roste s rostoucí venkovní teplotou vzduchu, kdežto potřebná teplota s rostoucí venkovní teplotou klesá. Průsečík obou přímek, kde jsou

tepelné ztráty a zisky stejné je teplota bilance, která se nachází při venkovní teplotě těsně pod bodem mrazu.



Obr. 11.3 - Výsledná bilance teploty přiváděného vzduchu

Pro názornost jsou v obrázku 11.3 zahrnuty další účinnosti ZTT dle Ekodesingu. Účinnosti ZTT 63, 67 a 71% by byly pro takto navrženou kancelář ještě více neefektivní, protože bod bilance se posouvá ještě hlouběji pod bod mrazu. Při účinnosti ZTT 71 % bychom se dostali až na hodnotu  $-5$  °C.

## 11 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení klimatizačního provozu jednoho podlaží části A administrativní budovy Skanska z pohledu tepelných zisků a ztrát. Úkolem bylo posoudit, zda je v této konkrétní budově potvrzen či vyvrácen fakt o problematice klimatizování kanceláře v zimním období. Dle naměřených a dat je výsledek ten, že během zimních dní jsou převážně tepelné zisky větší než tepelné ztráty a kancelář není potřeba vytápět.

Klimatizační systém v této budově je kombinovaný s konvektorovými ventilátory, kdy je hlavní klimatizační jednotkou přiváděn pouze čerstvý vzduch, který je ohřívám pomocí zpětného získání tepla při 60%, a podparapetní ventilátorové konvektory slouží k případnému dotápění jednotlivých částí kanceláře. Z výpočtů a přiložených grafů je zřejmé, že počítané 2.NP při takto nastavených parametrech není nutné vytápět, dokud venkovní teplota neklesne pod 0 °C. Pod tuto teplotu v našich klimatických podmínkách připadá jen několik málo dní v roce. Tento závěr byl potvrzen i měřením a analýzou dat pro vybrané časové období.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DRKAL, F. Vývoj klimatizace I, dostupné z <http://www.tzb-info.cz/2547-k-vyvoji-klimatizace-i>, publikované 6. 2. 2005
- [2] DRKAL, F., LAIN, M., SCHWARZER, J., ZMRHAL, V.: Vzduchotechnika. Praha, 2009.
- [3] DRKAL, F., LAIN, M., SCHWARZER, J., ZMRHAL, V.: Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika. Praha, 2009.
- [4] MATUŠKA, T.: Experimentální metody v technice prostředí. ČVUT Praha, 2005.
- [5] Nový, R. a kol. Technika Prostředí. ČVUT Praha, 2006.
- [6] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. 1985.
- [7] Projektová dokumentace Skanska a.s. ze dne 11. 11. 2014.
- [8] Redakce, Tepelné zisky od vnitřních zdrojů, dostupné z <http://www.tzb-info.cz/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>, publikované 15. 2. 2006.
- [9] JELÍNEK, V. Vliv obvodového pláště na tepelnou pohodu a návrh technického zařízení budov – část 3, dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/teorie-stavba/6665-vliv-obvodoveho-plaste-na-tepelnou-pohodu-a-navrh-technickeho-zarizeni-budov-cast-3>, publikované 26. 7. 2010.
- [10] DRKAL, F., ZMRHAL, V.: Větrání. ČVUT Praha, 2013.
- [11] HIRŠ, J., GUNTER G.: TZB – Vzduchotechnika, Modul BT02-08, Klimatizace, Brno, 2005.
- [12] JANOTKOVÁ, E.: Technika prostředí. VUT Brno, 2008.
- [13] LAIN, M.: Administrativní budova a její provoz jako alternativní zdroj tepla pro vytápění, konference alternativní zdroje 2014, Kroměříž, 3. 7. 2014

## SEZNAM PŘÍLOH NA PŘILOŽENÉM CD

Příloha 1: Půdorys 2.NP	(pdf)
Příloha 2: Měření vnitřní teploty a vlhkosti 20. 2. 2015	(xlsx)
Příloha 3: Výpočet tepelných ztrát a zisků Opatov	(xlsx)
Příloha 4: Vzduchotechnika 1AB	(xlsx)
Příloha 5: Vzduchotechnika 2AB	(xlsx)
Příloha 6: Bakalářská práce – elektronická podoba	(pdf)