

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ  
RODINNÉHO DOMU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

MARTIN REK

3 – BS – 2023



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rek** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **492468**  
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
 Studijní program: **Strojírenství**  
 Studijní obor: **Technika životního prostředí**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Klimatizace a větrání rodinného domu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Air Conditioning and Ventilation of a Family House**

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii klimatizace a větrání pro konkrétní rodinný dům v několika variantách použitého větracího a klimatizačního systému. Porovnejte jednotlivé varianty.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 15 665 Větrání budov – stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov  
 Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby včetně 266/2021 Sb. 323/2017 Sb. 20/2012 Sb

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


**Ing. Miloš Lain, Ph.D. ústav techniky prostředí FS**


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **20.03.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.06.2023**

Platnost zadání bakalářské práce:

  
 Ing. Miloš Lain, Ph.D.  
 podpis vedoucí(ho) práce


  
 doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
 podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
 doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
 podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

20.3.2023  
 Datum převzetí zadání

  
 Podpis studenta

## **ANOTACE**

V této bakalářské práci bylo mým cílem vypracovat studii klimatizace a větrání pro konkrétní rodinný dům v několika variantách použitého větracího a klimatizačního systému a následně tyto varianty porovnat. Nejprve jsem navrhl větrací zařízení, následně napočítal tepelné zátěže a na základě tohoto výpočtu jsem mohl začít s návrhem klimatizačních systémů. U výpočtů tepelných zátěží jsem uvažoval dvě varianty řešení – varianta s venkovními žaluziemi a varianta bez venkovních žaluzií. Klimatizační systémy pro rodinný dům jsem zvolil čtyři (Ventilátorové konvektory, chladivové systémy split a multisplit, chladicí stropy a VAV systém). Všechny varianty klimatizačních systémů byly navrženy pro obě varianty tepelných zátěží. V závěru jsem všechny tyto varianty porovnal a vyhodnotil, která by byla pro tento rodinný dům ideální.

## **SUMMARY**

The aim of this bachelor's thesis was to develop a study on air conditioning and ventilation for a specific family house, considering several variants of ventilation and air conditioning systems, and subsequently comparing these variants. First, I designed the ventilation equipment, then calculated the heat loads, and based on these calculations, I could proceed with the design of the air conditioning systems. For the calculations of heat loads, I considered two solution variants - one with external blinds and one without external blinds. I selected four air conditioning systems for the family house (Fan coil units, split and multisplit refrigeration systems, chilled ceilings, and VAV system). All the variants of air conditioning systems were designed for both heat load scenarios. In conclusion, I compared and evaluated all these variants to determine which one would be ideal for this family house.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „**Klimatizace a větrání  
rodinného domu**“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D., s použitím literatury uvedené v seznamu použité literatury na konci bakalářské práce.

V Praze 14. 6. 2023

Martin Rek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miloši Lainovi, Ph.D. za vedení, cenní rady, připomínky a trpělivost při konzultacích.

## Obsah

ÚVOD .....	- 12 -
TEORETICKÁ ČÁST .....	- 13 -
1. VĚTRÁNÍ RODINNÝCH DOMŮ .....	- 13 -
1.1. Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí .....	- 14 -
1.2. Stanovení množství větracího vzduchu .....	- 15 -
1.3. Vzduchovody .....	- 16 -
1.4. Vyústky .....	- 16 -
1.4.1. Obdélníkové mřížky .....	- 17 -
1.4.2. Vířivé anemostaty .....	- 17 -
1.4.3. Talířové ventily .....	- 17 -
1.5. Zpětné získávání tepla .....	- 18 -
1.5.1. Deskové rekuperační výměníky .....	- 19 -
1.6. Celkové nucené větrání rodinného domu .....	- 20 -
2. TEPELNÉ ZÁTĚŽE .....	- 21 -
2.1. Výpočet tepelných zátěží .....	- 22 -
2.1.1. Teplota venkovního vzduchu .....	- 22 -
2.1.2. Geometrie slunečního záření .....	- 23 -
2.1.3. Intenzita sluneční radiace .....	- 27 -
2.1.4. Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí .....	- 32 -
2.1.5. Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů tepla .....	- 35 -
2.1.6. Tepelná zátěž klimatizované zóny .....	- 36 -
3. KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY .....	- 37 -
3.1. Třídění klimatizačních systémů .....	- 38 -
3.2. Větrání s variabilním průtokem vzduchu .....	- 39 -
3.3. Ventilátorový konvektor .....	- 40 -
3.4. Chladicí stropy .....	- 42 -
3.4.1. Návrh chladících stropů .....	- 43 -
3.5. Chladivové klimatizační systémy .....	- 44 -
3.5.1. Split systém .....	- 45 -
3.5.2. Multisplit systém .....	- 45 -
PRAKTICKÁ ČÁST .....	- 46 -
4. INFORMACE O BUDOVĚ .....	- 46 -
4.1. Vizualizace objektu .....	- 46 -
4.2. Stavební materiály .....	- 47 -
4.3. Zasklení .....	- 47 -

4.3.1.	Venkovní žaluzie .....	- 47 -
4.4.	Seznam místností .....	- 48 -
4.5.	Půdorys objektu .....	- 49 -
4.5.1.	Půdorys prvního nadzemního podlaží.....	- 49 -
4.5.2.	Půdorys druhého nadzemního podlaží.....	- 50 -
5.	VÝPOČET TEPELNÝCH ZÁTĚŽÍ .....	- 51 -
5.1.	Obecné informace a vstupní údaje.....	- 51 -
5.2.	Výpočet tepelné zátěže pro místnost 2.04.....	- 51 -
5.2.1.	Vstupní parametry.....	- 51 -
5.2.2.	Výpočet polohy slunce.....	- 52 -
5.2.3.	Intenzita sluneční radiace.....	- 52 -
5.2.4.	Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením .....	- 53 -
5.2.5.	Výpočet teploty venkovního vzduchu .....	- 53 -
5.2.6.	Výpočet tepelné zátěže okny konvekci.....	- 53 -
5.2.7.	Osluněný povrch .....	- 54 -
5.2.8.	Výpočet tepelné zátěže okny radiací .....	- 54 -
5.2.9.	Tepelné zisky od lidí.....	- 54 -
5.2.10.	Tepelná zátěž od elektronických zařízení .....	- 54 -
5.2.11.	Celková tepelná zátěž místnosti 2.04 .....	- 54 -
5.3.	Souhrnná tabulka tepelných zátěží.....	- 55 -
6.	NÁVRH VĚTRÁNÍ .....	- 56 -
6.1.	Návrh nuceného rovnotlakého větrání s centrální jednotkou .....	- 56 -
6.1.1.	Návrhové hodnoty pro větrání .....	- 56 -
6.1.2.	Stanovení průtoku vzduchu .....	- 57 -
6.2.	Potrubní síť .....	- 57 -
6.3.	Větrací jednotka .....	- 58 -
6.3.1.	Popis zařízení.....	- 59 -
6.4.	Distribuční elementy .....	- 60 -
6.4.1.	Přívodní výustě .....	- 60 -
6.4.2.	Odtahové elementy .....	- 60 -
6.5.	Regulační zařízení.....	- 61 -
6.6.	Energetická náročnost.....	- 61 -
7.	VARIANTY ŘEŠENÍ KLIMATIZACE .....	- 63 -
7.1.	Chlazení ventilátorovými konvektory.....	- 63 -
7.1.1.	S venkovními žaluziemi.....	- 65 -
7.1.2.	Bez venkovních žaluzií.....	- 66 -
7.2.	Chlazení chladivovým systémem Split a Multisplit .....	- 67 -

7.2.1.	S venkovními žaluziemi.....	- 70 -
7.2.2.	Bez venkovních žaluzií.....	- 71 -
7.3.	Chlazení chladicími stropy .....	- 72 -
7.3.1.	S venkovními žaluziemi.....	- 73 -
7.3.2.	Bez venkovních žaluzií.....	- 74 -
7.4.	Chlazení větráním s variabilním průtokem vzduchu .....	- 75 -
7.4.1.	S venkovními žaluziemi.....	- 76 -
7.4.2.	Bez venkovních žaluzií.....	- 77 -
8.	ZÁVĚR.....	- 78 -
9.	SEZNAM LITERATURY A PŘÍLOH .....	- 82 -
9.1.	Seznam použité a doporučené literatury .....	- 82 -
9.2.	Seznam příloh .....	- 83 -



## Soupis použitého značení

Značení	Veličina	Jednotka
$\alpha$	Sklon plochy	[°]
$(t_e - t_i)$	Rozdíl teplot vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím	[K]
$\varnothing$	Zeměpisná šířka místa	[°]
$A$	Amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu	[K]
$a$	Azimut plochy	[°]
$c$	Hloubka okna vzhledem k horní stínící desce	[m]
$C$	Konstanta dle konstrukce chladícího stropu	[-]
$c_0$	Korekce na čistotu atmosféry	[-]
$D$	Dávka vzduchu na osobu	[m <sup>3</sup> /h]
$d$	Hloubka okna vzhledem k boční stínící desce	[m]
$E$	Teplota přívodního čerstvého vzduchu	[°C]
$e_1$	Délka stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů – vodorovný směr	[m]
$e_2$	Délka stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů – svislý směr	[m]
$f$	Odstup vodorovné části okna od slunolamů	[m]
$g$	Odstup svislé části okna od slunolamů	[m]
$h$	Výška slunce nad obzorem	[°]
$H$	Výška zasklené části okna	[m]
$h_e$	Výpočtová letní entalpie	[kJ/kg]
$Ch$	Tepelný výměník – chladič	[-]
$Ch_1$	Teplota přívodní chlazené vody	[°C]
$Ch_2$	Teplota odvodní chlazené vody	[°C]
$I$	Intenzita větrání	[1/h]
$I_0$	Solární konstanta	[W/m <sup>2</sup> ]
$i_0$	Počet oken	[-]
$I_{0C}$	Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_C$	Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu celková	[W/m <sup>2</sup> ]

$I_{\check{c}}$	Intenzita sluneční radiace při průchodu čistou atmosférou	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_D$	Intenzita sluneční radiace dopadající přímá	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_d$	Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu difúzní	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_{DS}$	Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu přímá	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_O$	Intenzita sluneční radiace procházející oknem	[W/m <sup>2</sup> ]
$Kp$	Konstanta prostoru	[-]
$L$	Délka potrubí	[m]
$L$	Šířka zasklené části okna	[m]
$M$	Číslo měsíce	[-]
$n$	Počet osob	[-]
$n$	Normála plochy	[-]
$n$	Exponent dle konstrukce chladícího stropu	[-]
$n_L$	Počet lidí	[-]
$n_n$	Počet ostatních zařízení v provozu	[-]
$n_p$	Počet počítačů v provozu	[-]
$n_T$	Počet tiskáren v provozu	[-]
$O$	Objem místnosti	[m <sup>3</sup> ]
$Ob$	Teplota oběhového vzduchu	[°C]
$Oh$	Tepelný výměník – ohřívač	[-]
$P$	Teplota přiváděného vzduchu	[°C]
$Q_{EZ}$	Tepelné zisky od elektronického vybavení	[W]
$Q_L$	Tepelné zisky od lidí	[W]
$Q_L$	Tepelné zisky od lidí	[W]
$q_m$	Měrná tepelná zátěž	[W/m <sup>2</sup> ]
$Q_n$	Výkon ostatních zařízení v provozu	[W]
$q_N$	Normalizovaný měrný výkon chladícího stropu	[W/m <sup>2</sup> ]
$Q_{ok}$	Prostup tepla oknem	[W]
$Q_{ok}$	Prostup tepla oknem	[W]
$Q_{or}$	Prostup tepla oknem radiací	[W]
$Q_{or}$	Prostup tepla oknem radiací	[W]
$Q_p$	Tepelný výkon jednoho počítače v provozu	[W]

$q_{skut}$	Skutečný měrný výkon chladícího stropu	[W/m <sup>2</sup> ]
$q_{str}$	Potřebný měrný výkon chladícího stropu	[W/m <sup>2</sup> ]
$q_{sv}$	Příkon od osvětlení (udává výrobce)	[W/m <sup>2</sup> ]
$Q_T$	Tepelný výkon jedné tiskárny v provozu	[W]
$Q_{TZ}$	Celková tepelná zátěž	[W]
$s$	Stínící součinitel	[-]
$S_0$	Plocha okna včetně rámu	[m <sup>2</sup> ]
$S_0$	Plocha okna včetně rámu	[m <sup>2</sup> ]
$S_{dis}$	Dispoziční plocha chladícího stropu	[m <sup>2</sup> ]
$S_{os}$	Osluněný povrch okna	[m <sup>2</sup> ]
$S_{osv}$	Plocha osvětlené plochy	[m <sup>2</sup> ]
$S_{pld}$	Dispoziční plocha místnosti	[m <sup>2</sup> ]
$T_1$	Teplota přívodní otopné vody	[°C]
$T_2$	Teplota odvodní otopné vody	[°C]
$t_a$	Teplota vzduchu v místnosti	[°C]
$T_D$	Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace etalonem (standardní čiré sklo)	[-]
$T_d$	Celková propustnost difusní sluneční radiace standardním sklem	[-]
$t_e$	Teplota venkovního vzduchu	[°C]
$t_{e1}$	Teplota venkovního nasávaného vzduchu	[°C]
$t_{e2}$	Teplota vzduchu za výměníkem ZZT	[°C]
$t_{emax}$	Maximální teplota v příslušném měsíci	[°C]
$t_i$	Výpočtová teplota vnitřního vzduchu	[°]
$t_l$	Tloušťka cihly	[m]
$t_{o1}$	Teplota vzduchu odváděného z prostoru	[°C]
$t_{ws}$	Střední teplota vody	[°C]
$U$	Součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> K]
$U_0$	Součinitel prostupu tepla oknem	[W/m <sup>2</sup> K]
$V_e$	Objemový průtok větracího vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]
$V_E$	Množství přiváděného čerstvého vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]
$V_{Ob}$	Množství oběhového vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]
$V_P$	Množství přiváděného vzduchu do místnosti	[m <sup>3</sup> /h]

$w_{0max}$	Maximální rychlost proudění volnou plochou vyústky	[m/s]
$z$	Součinitel znečištění atmosféry	[-]
$\gamma$	Azimut slunce	[°]
$\delta$	Deklinace	[°]
$\Delta t_p$	Pracovní rozdíl teplot	[K]
$\theta$	Úhel dopadu slunečního záření	[°]
$\tau$	Sluneční čas	[h]
$\Phi_e$	Teplotní faktor	[-]

## ÚVOD

S rostoucí výstavbou rodinných, bytových domů a administrativních budov rostou také požadavky na kvalitu vnitřního prostředí. V 21. století tráví člověk až 90% času ve vnitřním prostředí. Je to dáno změnou životního stylu, kdy narůstá čas strávený ve vzdělávacích institucích a změnou na pracovním trhu. Příkladem může být práce z domu (home-office), práce v kancelářích, v obchodech. Dalším faktorem je, že člověk tráví daleko více svůj volný čas v domácím prostředí. S pobytem člověka ve vnitřním prostředí narůstá produkce škodlivin, které sám člověk produkuje. Proto je nutné zajistit kvalitní vnitřní prostředí, aby se lidé v daném prostředí cítili příjemně.

Kvalita vnitřního prostředí má zásadní vliv na zdraví člověka, ale také jeho produktivitu. Dosažení příznivých parametrů vnitřního klima je však mnohdy složité. S rostoucími cenami za energie je důležité vyvážit navrhovaný systém tak, aby byl ekonomicky a energeticky výhodný. Tato bakalářská práce se zabývá studií větrání a klimatizace rodinného domu.

Cílem bylo navrhnout, porovnat a vybrat vhodný klimatizační systém, který bude splňovat vhodné parametry pro návrh. Mezi tyto parametry se řadí vysoká efektivita, nízká energetická, ekologická a ekonomická náročnost a v neposlední řadě vhodné architektonické řešení. Bohužel tato kombinace není vždy možná a musejí se při návrhu hledat kompromisy.

## TEORETICKÁ ČÁST

### 1. VĚTRÁNÍ RODINNÝCH DOMŮ

Větrání slouží k úpravě vnitřního prostředí pro pobyt osob. Hlavním úkolem větrání je zajistit dostatečnou kvalitu vzduchu ve vnitřním prostředí. Větrání zajišťuje přívod čerstvého venkovního vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu. Ovlivňuje zdraví a produktivitu člověka. Větrací systémy mohou být řešeny přirozeným nebo nuceným oběhem vzduchu.

Běžné přirozené větrání bytů a domů můžeme najít ve starších zástavbách. Přirozené větrání je zajištěno infiltrací spárami v oknech, otevíráním oken, větracími otvory a světlíky. Při rekonstrukcích těchto starších zástaveb se mění stará netěsná okna za nová velmi těsná okna, která zabraňují infiltraci spárami. To má za důsledek tvorbu plísní a neumožnění přívodu spalovacího vzduchu pro plynové spotřebiče instalované v těchto bytech. Proto je nutné zajistit výměnu vzduchu v místnosti jiným způsobem. Nejčastěji se volí nucené větrání.

Modernější varianta je zajištění výměny vzduchu ve vnitřním prostředí pomocí nuceného větrání. U této varianty se můžeme setkat s několika možnostmi, jak danou problematiku vyřešit. Můžeme mít pro danou místnost celkové nucené větrání, kdy bude použita lokální či centrální větrací jednotka se zpětným získáváním tepla. Další možnost je použití hybridního podtlakového větrání, kdy bude použito odsávání vzduchu z místností, kde je zapotřebí znehodnocený vzduch odvádět (koupelny, toalety, kuchyně) a úhrada vzduchu bude řešena větrací štěrbinou v obvodové zdi či malou lokální rekuperační jednotkou do zdi. [1]

## 1.1. Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí

V obytných místnostech se větráním upravuje klima ovzduší, tepelný a vlhkostní stav ovzduší. Tyto prostory jsou zatěžovány produkcí látkových škodlivin, vlhkostí a tepelné energie z vnitřních zdrojů a z venkovních zdrojů. Díky těmto škodlivinám vznikly následující požadavky na kvalitu vnitřního prostředí:

- Hygienické – z hlediska činnosti lidského organismu
- Technologické – pro funkci výrobních procesů
- Biologické – v zemědělství pro ustájení zvířat
- Mikrobiologické – ve zdravotnictví
- Bezpečnostní – pro ochranu před výbuchem hořlavých látek
- Požární – ochrana proti šíření požáru, zařízení pro odvod tepla [1]

### Hygienické požadavky

Hygienickými požadavky se rozumí hygienicky optimální tepelný a vlhkostní stav prostředí. Z ekonomických důvodů jsou převážně v prostředí větraných i klimatizovaných prostorech objektů udržovány vyhovující podmínky. Požadavky na čistotu ovzduší jsou vždy limitní. Přípustné koncentrace nesmí být překročeny.

Základní hygienické požadavky na tepelný a vlhkostní stav prostředí a čistoty ovzduší jsou v ČR formulovány v zákonných předpisech a normách ČSN. [1]

### Podklady pro návrh

- Obsazenost – počet osob a jejich činnost – produkce tepla a vodní páry
- Produkce uvolňovaných látek – škodlivin
- Produkce tepla – příkony strojů, jejich využití a současnost provozu
- Produkce vodní páry – kuchyně, bazény. [1]

## 1.2. Stanovení množství větracího vzduchu

Základní úlohou větrání je stanovení větracího průtoku vzduchu pro odvod škodlivin z prostoru. Stanovení množství větracího vzduchu se určuje dle ČSN EN 15665.

**Dle množství vzduchu na osobu[1] :**

$$\dot{V}_e = D \cdot n \quad [m^3/h] \quad (1.1)$$

Kde:

- $\dot{V}_e$  Objemový průtok větracího vzduchu [ $m^3/h$ ];  
 $D$  Dávka vzduchu na osobu dle Tab. 1.1 [ $m^3/h$ ];  
 $n$  Počet osob [-].

**Dle intenzity větrání:[1]**

$$\dot{V}_e = O \cdot I \quad [m^3/h] \quad (1.2)$$

Kde:

- $\dot{V}_e$  Objemový průtok větracího vzduchu [ $m^3/h$ ];  
 $O$  Objem místnosti [ $m^3$ ];  
 $I$  Intenzita větrání dle Tab. 1.1 [1/h].

Tab. 1.1 - Požadavky na větrání dle ČSN EN 15665/Z1

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita Větrání [ $h^{-1}$ ]	Dávka vzduchu na osobu [ $m^3/h.os$ ]	Kuchyně [ $m^3/h$ ]	Koupelna [ $m^3/h$ ]	WC [ $m^3/h$ ]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50



### 1.3. Vzduchovody

Vzduchovod je potrubní rozvod, kterým se dopravuje vzduch do daných míst. Průřezy vzduchovodů dělíme na kruhové a čtyřhranné. Kruhové průřezy jsou výhodné z hlediska aerodynamiky proudění vzduchu v potrubí, méně se zanášejí a spotřeba materiálu je při shodném průřezu nižší. Čtyřhranné průřezy se lépe přizpůsobí objektu. Z aerodynamického hlediska se doporučuje, aby poměr stran dosahoval nejvýše poměru 1:4. [1]

Vzduchovody se nejčastěji vyrábějí z ocelového pozinkovaného plechu o tloušťce  $t = 0,5$  až 3 mm. Čtyřhranné potrubí se vyrábějí s tabule plechu. Jejich délky se vyrábějí v řadách  $L = 500$  mm,  $L = 1000$  mm,  $L = 1500$  mm. Kruhové potrubí se vyrábí z plechu vinutého (tzv. spiro potrubí) o výrobní délce  $L = 3000$  mm.[1]

### 1.4. Vyústky

Požadovaný stav ovzduší zajišťuje proudění vzduchu. Struktura výsledného proudění závisí na primárních proudech z přívodních vyústí a na přirozených konvekčních proudech od zdrojů tepla. [1]

U příváděcích otvorů je rozhodující dosah proudů, který je výrazně větší než dosah odvádějících proudů. [1]

Rozptýlení vzduchu ve větrané místnosti můžeme zajistit mísením, vytěšňováním a zaplavováním. Mísení je hlavní a nejčastější případ rozptýlení vzduchu. Principem směšování vzduchu je přívod vzduchu stěnovou vyústí, dýzou štěrbinou a stropním anemostatem. Smísením primárního vzduchu se vzduchem v prostoru dochází k vyrovnání rychlostí, teplot i koncentrací v proudovém poli. [1]

#### **1.4.1. Obdélníkové mřížky**

Jsou tvořeny rámečkem v němž jsou umístěny nastavitelné lamely, jimiž lze upravovat tvar a směr proudu vzduchu. Mohou být v průmyslovém nebo komfortním provedení. Lze je instalovat přímo na vzduchovody ale i do stěn. Mohou být jednořadé nebo dvouřadé. Regulace probíhá pomocí protiběžných listů nebo náběhových listů. Průtoky vzduchu mohou činit až 1100 m<sup>3</sup>/h. U obdélníkový vyústí lze v letním období pro chlazení uvažovat pracovní rozdíl teplot  $\Delta t_p \leq 6$  K. [1]

#### **1.4.2. Vířivé anemostaty**

Slouží pro přívod vzduchu do místnosti. Jedná se o stropní vyústku kruhového nebo čtvercového tvaru s přípojovacím boxem. Anemostaty jsou tvořeny soustavou pevných profilovaných lamel. Lamely mohou být buď nastavitelné nebo pevné. Dochází k intenzivnímu směšování přiváděného vzduchu se vzduchem v místnosti. Lze je umístit do místnosti s výškou od 2,6 m do 6 m. Průtoky vzduchu mohou činit až 1500 m<sup>3</sup>/h. Jsou určeny pro prostory s vysokou tepelnou zátěží, jelikož jejich pracovní rozdíl teplot může činit až  $\Delta t_p \leq 12$  K. [1]

#### **1.4.3. Talířové ventily**

Slouží pro přívod i odvod vzduchu. Mohou být plastové nebo kovové. Používají se primárně pro odvod vzduchu z hygienických zázemí. Jsou určeny pro malé průtoky do 200 m<sup>3</sup>/h. [1]

## 1.5. Zpětné získávání tepla

Obecně se jedná o využití energie z odváděného vzduchu opouštějícího budovu. Odebírá teplo ze vzduchu odváděného a předává ho do čerstvého přiváděného. Za zpětné získávání tepla (ZZT) se nepovažuje využití oběhového vzduchu. [1]

Zpětným získáváním tepla získáváme především teplo citelné. Entalpijní výměníky však umožňují současný přenos citelného i vázaného tepla. Výměníky ZZT rozlišujeme na rekuperační a regenerační výměníky.[1]

**Rekuperační výměníky** mají přímou výměnu tepla přes teplosměnnou plochu (deskové výměníky). Mohou mít také výměnu tepla přes pomocnou kapalinu (lamelové výměníky).[1]

**Regenerační výměníky** mají akumulaci hmoty, která mění polohu a směr vzduchu je stálý (rotační výměníky).[1]

### Teplotní faktor:

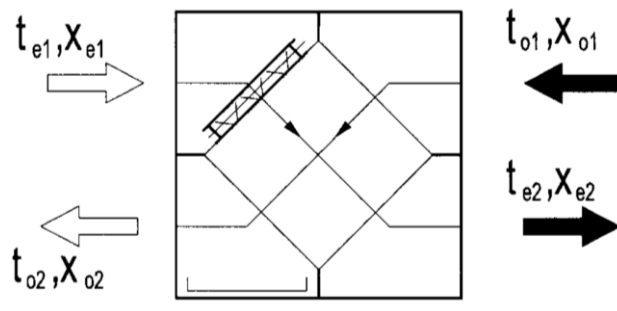
Je definován jako „*poměr teplotního rozdílu na dané straně výměníku (ohřívávaného vzduchu) k maximálnímu rozdílu teplot (teoreticky možnému)*“ [1] Definice umožňuje stanovit teplotu ohřívávaného venkovního vzduchu za výměníkem  $t_{e2}$ . [1]

Je dán podle vzorce [1]:

$$\Phi_e = \frac{\Delta t_e}{\Delta t_{max}} = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{o1} - t_{e1}} \quad (1.3)$$

Kde:

$\Phi_e$	Teplotní faktor [-];
$t_{e1}$	Teplota venkovního nasávaného vzduchu [°C];
$t_{e2}$	Teplota vzduchu za výměníkem ZZT [°C];
$t_{o1}$	Teplota vzduchu odváděného z prostoru [°C].



Obr. 1.1 - Schéma výměníku zpětného získávání tepla

### 1.5.1. Deskové rekuperační výměníky

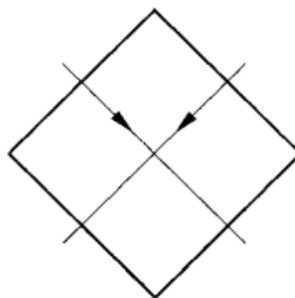
Jsou určeny pro menší průtoky vzduchu. Je to dáno omezením z hlediska velikosti výměníku. Odváděný a přiváděný vzduch jsou od sebe odděleny teplosměnnou plochou v podobě profilovaných kanálů, přes které se předává teplo. Výměník je vyroben nejčastěji z kovu. Velikost závisí na předpokládaném znečištění vzduchu. Teplotní faktor závisí na velikosti teplosměnné plochy. [1]

Výměník nelze přímo vypnout nebo regulovat. Proto se tyto výměníky vybavují obtokem (by-passem) s uzavírací klapkou. [1]

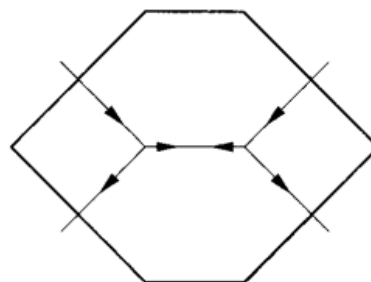
Výměníky mohou být křížové s kolmým křížením proudu nebo křížové protiproudé. Kdy výměník křížový s kolmým křížením proudů má teplotní faktor  $\Phi = 40$  až  $60\%$  a křížový protiproudý výměník má teplotní faktor  $\Phi =$  až  $95\%$ . [1]

Na výměníku vzniká kondenzace vodní páry z odváděného vzduchu. Tu je nutno odvádět, jelikož poté mohou výměníky namrzat. Proti námraze lze výměník ochránit přehřevem venkovního vzduchu. Další možností je odmrazování odváděným (vnitřním) vzduchem nebo „by-pass“ řešením. [1]

Deskový výměník je nutné vždy vybavit odvodem kondenzátu se zápachovou uzávěrkou a napojit jej na kanalizaci. [1]



Obr. 1.2 - Výměník ZTT s kolmým křížením proudu



Obr. 1.3 - Výměník ZTT s protiproudým křížením proudu

## 1.6. Celkové nucené větrání rodinného domu

Slouží k rovnoměrnému provětrání pásma pobytu osob, nebo jinak definovaného prostoru čerstvým venkovním vzduchem. Používá se především tam, kde nevýrazné zdroje škodlivin jsou v prostoru rovnoměrně rozmístěny. V obytných objektech se stále více prosazuje nucené větrání, jelikož při této variantě větrání lze využít zpětného získávání tepla. Celkové nucené větrání se navrhuje pro zimní a pro letní provoz. [1]

Podle tlakových podmínek rozlišujeme podtlaková zařízení, přetlaková zařízení a rovnotlaká zařízení. [1]

Podtlaková zařízení slouží k omezení průniku vnitřního vzduchu do okolních prostorů. Množství přiváděného vzduchu je menší než množství odváděného vzduchu. Velikost podtlaku bývá 15 až 30 Pa. [1]

Přetlaková zařízení zabraňují vnikání vzduchu z okolí do větraného prostoru. Množství přiváděného vzduchu je větší než množství odváděného vzduchu. Velikost přetlaku bývá minimálně 15 Pa. Využití primárně u místností s požadavkem na čisté prostory, např. operační sály. [1]

Rovnotlaká zařízení omezují proudění netěsnostmi mezi větraným prostorem a okolím. Množství přiváděného vzduchu je rovno množství odváděného vzduchu. [1]

Správně navržený systém nuceného větrání zajišťuje:

- Přívod venkovního čerstvého vzduchu;
- Filtraci přiváděného vzduchu;
- Ohřev nebo chlazení přiváděného vzduchu;
- Odvod znehodnoceného vzduchu;
- Odlučování znečišťujících látek.[1]

## 2. TEPELNÉ ZÁTĚŽE

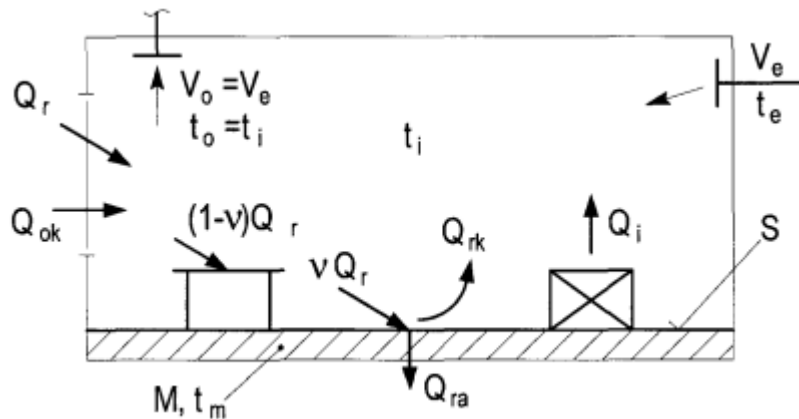
Stanovení tepelných zátěží je klíčové pro návrh klimatizačních systémů budov. Návrh zařízení se provádí pro extrémní venkovní klimatické podmínky, které mohou v dané oblasti nastat. [1]

Tepelnou zátěž tvoří vnitřní zátěž a venkovní zátěž. Vnitřní tepelná zátěž je citelný tepelný tok, který vzniká a uvolňuje se do prostoru. Tvoří ji toky tepla od strojů, elektroniky, osvětlení a osob. Ve většině případů jsou tyto toky konstantní.

Venkovní tepelná zátěž je rovněž citelný tepelný tok, který ale vzniká ve venkovním prostoru a do vnitřního prostoru proniká. Jedná se o tepelný tok z venkovního prostoru působením sluneční radiace a teploty venkovního vzduchu.

U objektů, ve kterých je vnitřní klima ovlivňováno vnějšími tepelnými zisky, je nutno respektovat denní periodické kolísání venkovních zisků. Část venkovních zisků prostupují do prostoru sluneční radiací prosklenými plochami. Zbytek venkovních tepelných zisků se akumuluje do konstrukce budovy.

Na Obr. 2.1 je znázorněn princip odvodu tepelné zátěže.



Obr. 2.1 - Princip odvodu tepelné zátěže [1]

**Popis obrázku** Obr. 2.1:

Tepelná zátěž vzniká vnitřními zdroji  $Q_i$  a vnějšími zdroji  $Q_r$  a  $Q_{ok}$  musí být odvedena. V tomto případě větracím vzduchem  $V_e$  o teplotě  $t_e$ . Tento vzduch musí mít parametry takové, aby byla dodržena vnitřní teplota  $t_i$  na požadované hodnotě. Z místnosti je následně odváděn znehodnocený vzduch  $V_o$  o teplotě  $t_o$ , která se rovná teplotě v místnosti  $t_i$ .

## 2.1. Výpočet tepelných zátěží

Všecké uvedené výpočty v této kapitole vycházejí z normy ČSN 73 0548 z roku 1985. Pro výpočet se předpokládá jasná obloha, 21. den příslušného měsíce (březen až říjen). Hledá se maximum během jednoho roku.[2]

### 2.1.1. Teplota venkovního vzduchu

Teplota venkovního vzduchu se určuje dle vztahu [1]:

$$t_e = t_{e,max} - A \cdot [1 - \sin(15 \cdot \tau - 135)] \quad (2.1)$$

Kde:

$t_e$  Teplota venkovního vzduchu [°C]

$\tau$  Sluneční čas [h]

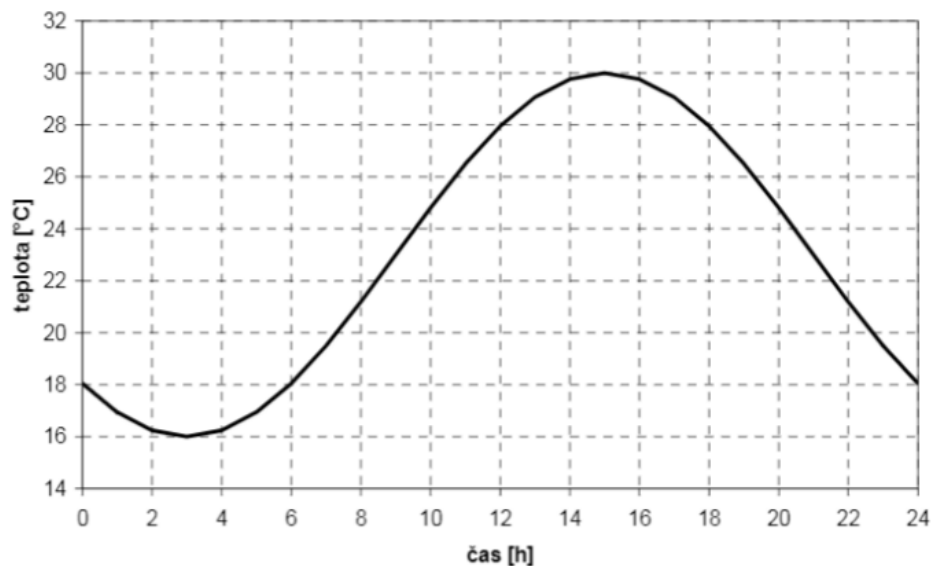
$A$  Amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu [K]

$t_{e,max}$  Maximální teplota v příslušném měsíci [°C]

Tab. 2.1 - doporučované maximální teploty vzduchu v jednotlivých měsících [3]

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
$t_{e,max}$ (°C)	19,0	22,0	26,5	28,5	30,0	30,0	27,5	23,5

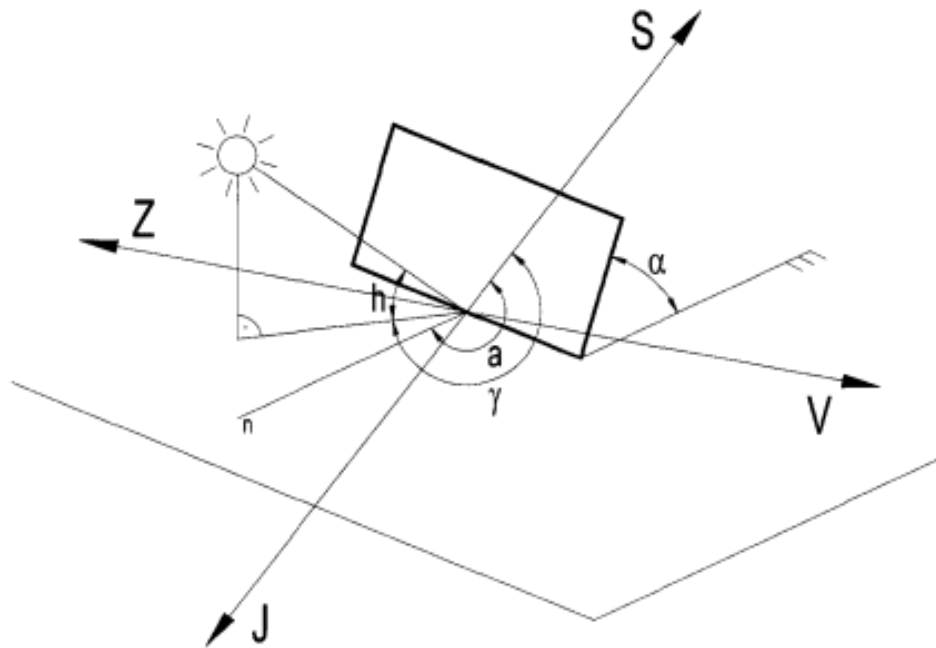
Teplota venkovního vzduchu má harmonický průběh:



Obr. 2.2 - průběh venkovních teplot během dne [1]

### 2.1.2. Geometrie slunečního záření

Pro určení vnějších tepelných zátěží je nutné určit polohu slunce na obloze. K tomu nám slouží geometrie slunečního záření.



Obr. 2.3 - Geometrie slunečního záření [1]

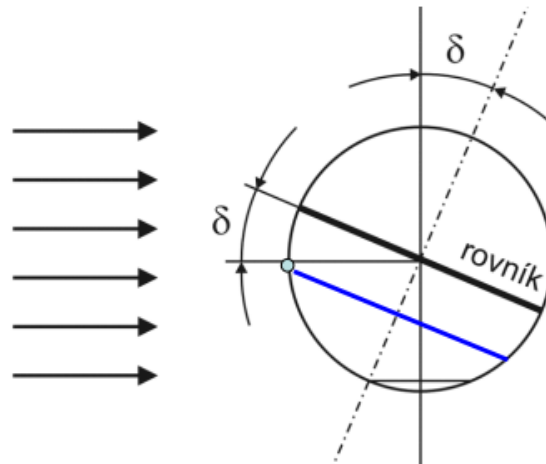
Kde:

- $\alpha$  Sklon plochy [°];
- $a$  Azimut plochy [°];
- $n$  Normála plochy;
- $h$  Výška slunce nad obzorem [°];
- $\gamma$  Azimut slunce [°].



## Deklinace

Deklinace  $\delta$  je úhel náklonu zemské osy vlivem precesního pohybu rotace Země. Jedná se konkrétně o úhel, který svírá spojnice středů Země a Slunce s rovinou zemského rovníku. [4]



Obr. 2.4 - Úhel deklinace  $\delta$  [4]

Výpočet deklinace se provádí dle pořadí měsíce v roce. Počítá se pro každý 21. den v měsíci dle vztahu [1]:

$$\delta = -23,5 \cos(30 \cdot M) \quad (2.2)$$

kde:

$M$  Číslo měsíce (1-12).

## Výška slunce nad obzorem

Určuje se pro 50° severní šířky (platí pro celou ČR). Jedná se o úhel sevřený spojnici plocha – Slunce s vodorovnou rovinou. Určuje se dle vztahu [1]:

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varnothing - \cos \delta \cdot \cos \varnothing \cdot \cos(15 \cdot \tau) \quad (2.3)$$

kde:

$\delta$  Deklinace pro daný měsíc [°];

$\varnothing$  Zeměpisná šířka místa [°];

$\tau$  Sluneční čas [h].

### Azimut slunce

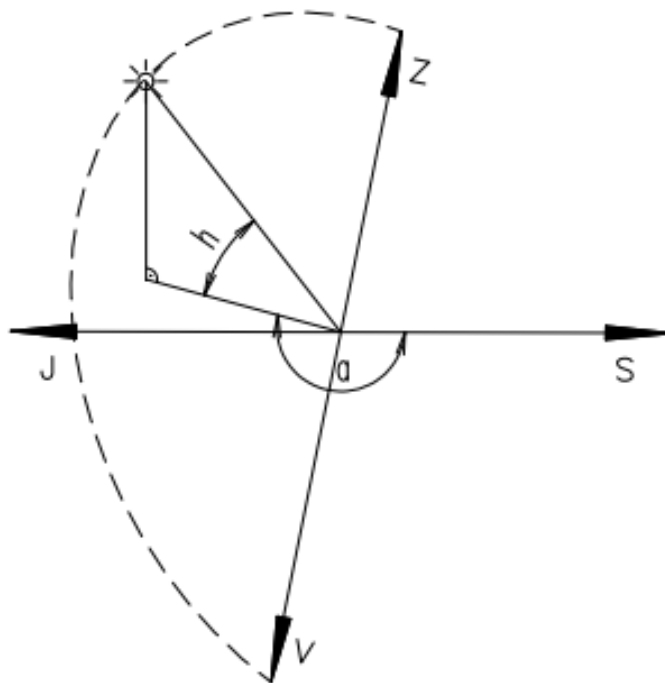
„Úhel, který svírá svislý průmět spojnice místa pozorovatele a zdánlivé polohy Slunce do vodorovné roviny v místě pozorovatele s přímkou směřující od místa pozorovatele k jihu (na severní polokouli) nebo k severu (na jižní polokouli); úhel se měří ve směru chodu hodinových ručiček na severní polokouli a proti směru chodu hodinových ručiček na jižní polokouli“. [ČSN 9488][5]

Tento úhel se určuje dle vztahu [1]:

$$\sin \gamma = \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (2.4)$$

Kde:

- $\gamma$  Azimut slunce [°];
- $\tau$  Sluneční čas [h];
- $\delta$  Deklinace pro daný měsíc [°];
- $h$  Výška slunce [°].



Obr. 2.5 - Azimut slunce a výška slunce [1]

### Úhel dopadu slunečního záření

Je to úhel mezi spojnicí středu slunečního kotouče a normálou plochy a určuje se dle vztahu [1]:

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\gamma - a) \quad (2.5)$$

Kde:

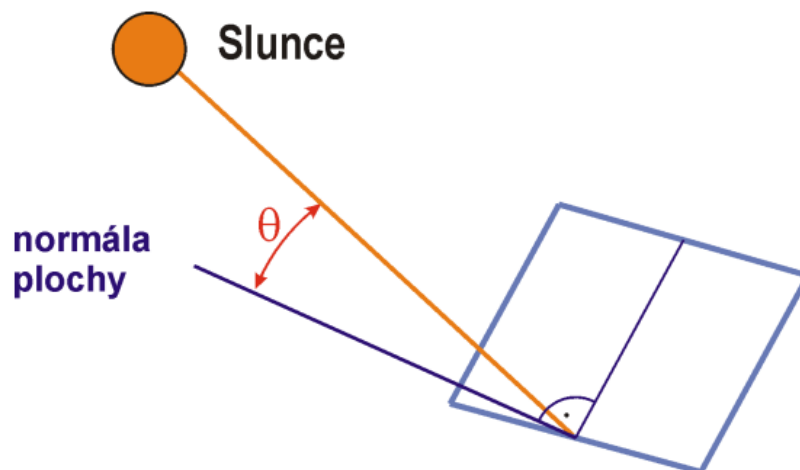
$\theta$  Úhel dopadu slunečního záření [°];

$a$  Azimut plochy [°];

$\alpha$  Sklon plochy [°];

$\gamma$  Azimut slunce [°];

$h$  Výška slunce [°].



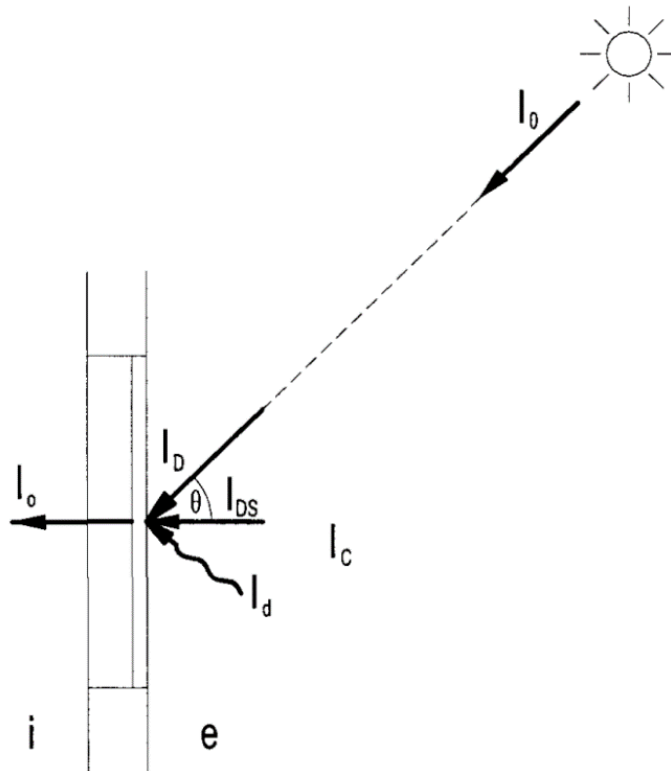
Obr. 2.6 - Úhel dopadu slunečního záření [4]

### 2.1.3. Intenzita sluneční radiace

Jedná se o intenzitu (hustotu) tepelného toku radiací na obecnou rovinu. Intenzitu sluneční radiace určuje poloha slunce k danému místu na zeměkouli. Sluneční radiace rozlišujeme na dva typy:

**Přímá sluneční radiace** – „je způsobena přímým zářením slunce a je směrová“ [1]

**Nepřímá (difúzní) sluneční radiace** – „vzniká rozptylem a odrazem přímé sluneční radiace od prachových částic ve vzduchu, od větších molekul a od oslněných povrchů. Je všesměrová.“ [1]



Obr. 2.7 - Vztah mezi sluneční radiací dopadající a procházející zasklením [1]

#### Popis k obr. 2.5:

- $I_0$  Solární konstanta [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];
- $I_D$  Intenzita sluneční radiace dopadající přímá [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];
- $I_{DS}$  Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu přímá [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];
- $I_d$  Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu difúzní [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];
- $I_c$  Intenzita sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu celková [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];
- $I_o$  Intenzita sluneční radiace procházející oknem [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

**Sluneční konstanta**

Intenzita sluneční radiace na hranici zemské atmosféry. Průměrná hodnota činí  $I_0 = 1350 \text{ W/m}^2$ . [1]

**Intenzita přímé sluneční radiace**

Intenzita přímé sluneční radiace je udávána pro 300 m nad mořem. Jedná se o průměr v České republice. Je dána vztahem [1]:

$$I_D = I_0 \cdot \exp[-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.6)$$

Kde:

$I_D$  Intenzita sluneční radiace dopadající přímá [ $\text{W/m}^2$ ];

$I_0$  Solární konstanta [ $\text{W/m}^2$ ];

$h$  Výška slunce [ $^\circ$ ];

$z$  Součinitel znečištění atmosféry [-].

**Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu**

Je dána vztahem [1]:

$$I_{DS} = I_0 \cdot \exp[-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] \cdot \cos \theta \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.7)$$

Kde:

$I_{DS}$  Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [ $\text{W/m}^2$ ];

$\theta$  Úhel dopadu slunečního záření [ $^\circ$ ];

$I_0$  Solární konstanta [ $\text{W/m}^2$ ];

$h$  Výška slunce [ $^\circ$ ];

$z$  Součinitel znečištění atmosféry [-].

**Intenzita difúzní sluneční radiace**

Je dána vztahem [1]:

$$I_d = \left[ 1350 - I_D - (1080 - 1,4 \cdot I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \frac{\sin h}{3} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (2.8)$$

Kde:

$I_d$  Intenzita difúzní sluneční radiace [W/m<sup>2</sup>];

$I_D$  Intenzita sluneční radiace dopadající přímá [W/m<sup>2</sup>];

$\alpha$  Sklon plochy [°];

$h$  Výška slunce [°];

**Součinitel znečištění atmosféry**

Součinitel, který udává, kolikrát by musela být čistá atmosféra hmotnější, aby měla stejnou propustnost pro sluneční radiaci, jako atmosféra znečištěná. Je udáván vztahem [1]:

$$z = \frac{\ln(I_D/I_0)}{\ln(I_{\check{c}}/I_0)} \quad (2.9)$$

Kde:

$I_0$  Solární konstanta [W/m<sup>2</sup>];

$I_d$  Intenzita difúzní sluneční radiace [W/m<sup>2</sup>];

$I_{\check{c}}$  Intenzita sluneční radiace při průchodu čistou atmosférou [W/m<sup>2</sup>];

Tab. 2.2 - doporučené hodnoty součinitele znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce [1]

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
Z [-]	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,0

**Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu**

Je dána vztahem [1]:

$$I_C = I_{DS} + I_d \quad [W/m^2] \quad (2.10)$$

Kde:

$I_C$  Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [ $W/m^2$ ];

$I_{DS}$  Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [ $W/m^2$ ];

$I_d$  Intenzita difúzní sluneční radiace [ $W/m^2$ ].

**Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením****Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním sklem**

Závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků a určuje se dle vztahu [1]:

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100}\right)^5 \quad (2.11)$$

Kde:

$\theta$  Úhel dopadu slunečního záření [ $^\circ$ ];

$T_D$  Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace etalonem (standardní čiré sklo) [-];

**Celková propustná difusní sluneční radiace standardním sklem**

Na úhlu dopadu slunečních paprsků je nezávislá a je konstantní [1]

$$T_d = 0,85 \quad (2.12)$$

Kde:

$T_d$  Celková propustnost difusní sluneční radiace standardním sklem [-].

### Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením

Je dána vztahem [1]:

$$I_{0C} = I_{DS} \cdot T_D + I_d \cdot T_d \quad [W/m^2] \quad (2.13)$$

Kde:

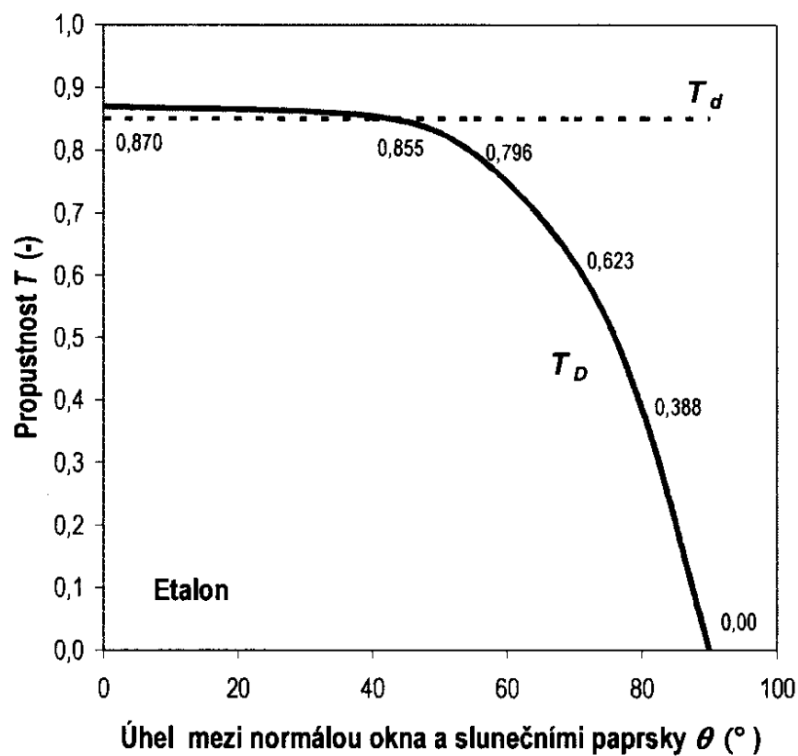
$I_{0C}$  Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [ $W/m^2$ ];

$I_{DS}$  Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [ $W/m^2$ ];

$I_d$  Intenzita difúzní sluneční radiace [ $W/m^2$ ];

$T_D$  Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace etalonem (standardní čiré sklo) [-];

$T_d$  Celková propustnost difusní sluneční radiace standardním sklem [-].



Obr. 2.8 - závislost propustnosti sluneční radiace  $T_D$  a  $T_d$  na úhlu dopadu slunečních paprsků pro etalon [1]



### 2.1.4. Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí

#### Tepelné zisky okny

##### Prostup tepla oknem

Je dán vztahem [1]:

$$Q_{ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) \text{ [W]} \quad (2.14)$$

Kde:

$Q_{ok}$  Prostup tepla oknem [W];

$U_0$  Součinitel prostupu tepla oknem [W/m<sup>2</sup>K];

$S_0$  Plocha okna včetně rámu [m<sup>2</sup>];

$(t_e - t_i)$  Rozdíl teplot vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím [K].

##### Prostup tepla radiací

Je dán vztahem [1]:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_{oc} \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_d] \cdot s \cdot i_0 \text{ [W]} \quad (2.15)$$

Kde:

$Q_{or}$  Prostup tepla oknem radiací [W];

$S_{os}$  Osluněný povrch okna [m<sup>2</sup>];

$I_{oc}$  Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m<sup>2</sup>];

$c_0$  korekce na čistotu atmosféry [-];

$S_0$  Plocha okna včetně rámu [m<sup>2</sup>];

$I_d$  Intenzita difúzní sluneční radiace [W/m<sup>2</sup>];

$s$  Stínící součinitel [-];

$i_0$  počet oken [-].

### Korekce na čistotu atmosféry

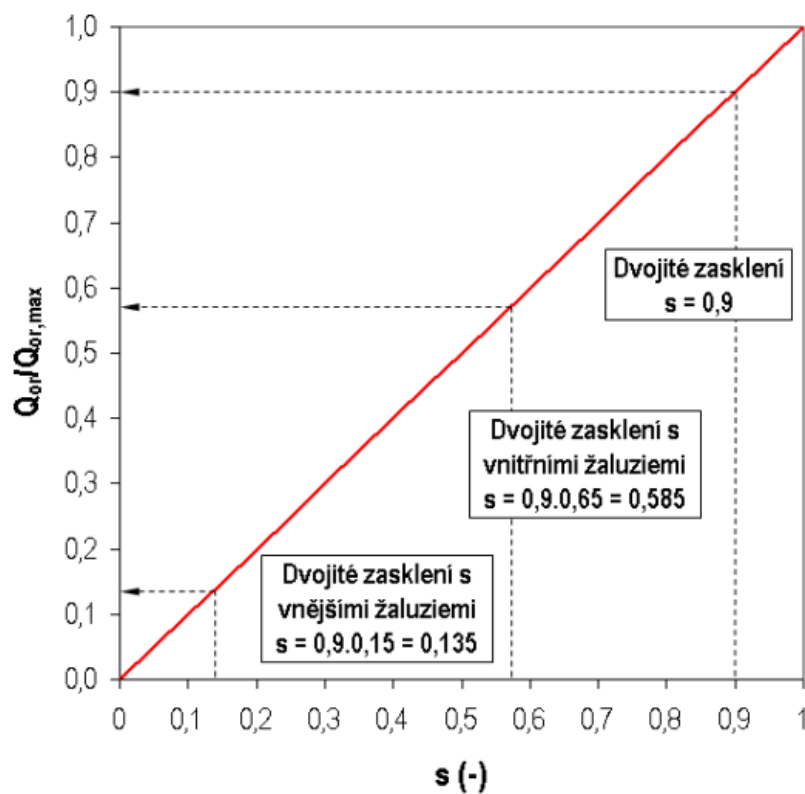
Volí se dle oblasti, kde se budova nachází. Pro venkovskou oblast se volí hodnota 1,15 a pro průmyslovou oblast se volí hodnota 0,85.

[1]

### Stínící součinitel

Je určen poměrem tepelného toku sledovanou průhlednou nebo průsvitnou plochou a tepelného toku standardním oknem za stejných podmínek radiace.[1]

$$\frac{Q_{or}}{Q_{or,max}} = \frac{s}{s_{max}} \quad (2.16)$$



Obr. 2.9 - Stínící součinitel [3]

Celkový stínící součinitel je dán součinem všech stínících součinitelů, co jsou přítomny u jednoho okna. [3]

$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n \quad (2.17)$$

### Osluněná povrch okna

Celá plocha okna nemusí být v danou chvíli osluněna vlivem stínění stavebních prvků budovy. Osluněná plocha se vypočítá dle vztahu [1]:

$$S_{OS} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] [m^2] \quad (2.18)$$

Kde:

- $S_{OS}$  Osluněná plocha okna [ $m^2$ ];
- $L$  Šířka zasklené části okna [ $m$ ];
- $H$  Výška zasklené části okna [ $m$ ];
- $f$  Odstup vodorovné části okna od slunolamů [ $m$ ];
- $g$  Odstup svislé části okna od slunolamů [ $m$ ];
- $e_1, e_2$  Délka stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů [ $m$ ];

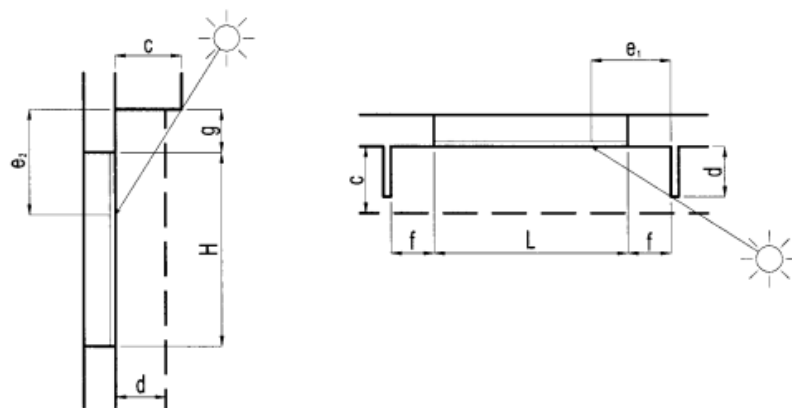
Délky stínů s okenním otvorem od okenního slunolamu se vypočítají takto [1]:

$$e_1 = d \cdot |\tan(\gamma - a)| [m] \quad (2.19)$$

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\tan h}{\cos(\gamma - a)} \right| [m] \quad (2.20)$$

Kde:

- $d$  Hloubka okna vzhledem k boční stínící desce [ $m$ ];
- $c$  Hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [ $m$ ];
- $h$  Výška slunce [ $^\circ$ ];
- $a$  Azimut plochy [ $^\circ$ ];
- $\gamma$  Azimut slunce [ $^\circ$ ].



Obr. 2.10 - Oslunění oken [1]

### 2.1.5. Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů tepla

K vnitřním zdrojům tepla patří především tepelný tok vznikající od lidí, svítidel, strojů, elektrických zařízení (počítače, monitory, tiskárny, atd.)

#### Tepelné zisky od lidí

Do tepelných zisků od lidí se zahrnuje pouze produkce citelného tepla, které závisí na intenzitě lidské činnosti, teplotě vzduchu a pohlaví. Určují se dle vzorce [1]:

$$Q_L = 6,2 \cdot n_L \cdot (36 - t_i) [W] \quad (2.21)$$

Kde:

$Q_L$  Tepelné zisky od lidí [W];

$n_L$  Počet lidí [-];

$t_i$  Výpočtová teplota vnitřního vzduchu [°].

Počet lidí vychází z obsazenosti. Pro administrativní budovy se uvádí dle normy ČSN EN 15251 pro velkoplošné kanceláře obsazenost: 15m<sup>2</sup>/os. A pro klasické kanceláře 10 m<sup>2</sup>/os. U rodinných domů je obsazenost dána dle zadání investora. Počet lidí se určí dle vzorce [1]:

$$n_L = \frac{S_{pdl}}{\text{Obsazenost}} [-] \quad (2.22)$$

Kde:

$S_{pdl}$  Dispoziční plocha místnosti [m<sup>2</sup>].

#### Tepelné zisky od osvětlení

Uvažuje se, že veškerý příkon se přemění na teplo. Oblast v místnosti 5 m od oken je osvětlena přirozeně. Určují se dle vztahu [1]:

$$Q_{sv} = q_{sv} \cdot S_{osv} [W] \quad (2.23)$$

Kde:

$q_{sv}$  Příkon od osvětlení (udává výrobce) [W/m<sup>2</sup>];

$S_{osv}$  Plocha osvětlené plochy [m<sup>2</sup>].

### Tepelné zisky od elektronického vybavení

Údaje o produkci tepla od elektrotechnického vybavení jsou dány výrobcem daného přístroje. Celkový tepelný zisk je dán vztahem [1]:

$$Q_{EZ} = n_p \cdot Q_p + n_T \cdot Q_T + \dots + n_n \cdot Q_n \quad [W] \quad (2.24)$$

Kde:

- $n_p$  Počet počítačů v provozu [-];
- $Q_p$  Tepelný výkon jednoho počítače v provozu [W];
- $n_T$  Počet tiskáren v provozu [-];
- $Q_T$  Tepelný výkon jedné tiskárny v provozu [W];
- $n_n$  Počet ostatních zařízení v provozu [-];
- $Q_n$  Výkon ostatních zařízení v provozu [W].

#### 2.1.6. Tepelná zátěž klimatizované zóny

Celková tepelná zátěž klimatizované zóny je dána součtem všech dílčích tepelných zisků uvedených v této kapitole. Obecně se dá říci, že je to součet vnitřních a vnějších tepelných zisků a určuje se dle tohoto vztahu [1]:

$$Q_{TZ} = Q_{ok} + Q_{or} + Q_L + Q_{EZ} \quad [W] \quad (2.25)$$

Kde:

- $Q_{TZ}$  Celková tepelná zátěž [W];
- $Q_{ok}$  Prostup tepla oknem [W];
- $Q_{or}$  Prostup tepla oknem radiací [W];
- $Q_L$  Tepelné zisky od lidí [W];
- $Q_{EZ}$  Tepelné zisky od elektronického vybavení [W].

### 3. KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Klimatizace je proces úpravy tepelného a vlhkostního stavu ovzduší, čistoty a proudění vzduchu pro obytné, společenské místnosti. V závislosti na změnách vnitřních a venkovních podmínek se zvyšují požadavky na automatizaci systémů. Systémy obecně dělíme na komfortní a technologické systémy. [6]

Klimatizace technologická obecně zajišťuje úpravu prostředí pro technologie. Úprava vzduchu zajišťuje správnou funkci výrobních procesů, strojů a biologických procesů. [6]

Klimatizace komfortní zajišťuje úpravu vnitřního prostředí z hygienických hledisek. Je tedy vždy spojena s přívodem čerstvého vzduchu. Tento typ klimatizace nalezneme v obytných místnostech. Jelikož se tato bakalářská práce zabývá studií větrání a klimatizace rodinného domu, budu se dále zabývat pouze klimatizací komfortní.

Klimatizačním systémem rozumíme koncepční soubor funkčních prvků pro úpravu vzduchu, distribuci tepla a chladu. Tyto systémy zajišťují filtraci, směšování, ohřev nebo chlazení, vlhčení nebo odvlhčování. [6]

Pro správný návrh klimatizačního zařízení je nutné znát výchozí údaje:

- Požadované parametry vnitřního ovzduší
- Vnitřní zdroje tepla
- Vlastnosti budovy
- Parametry venkovního prostředí
- Požadavky na větrání [6]

### 3.1. Třídění klimatizačních systémů

Klimatizační systémy se dělí následovně.

Dle teplotnosné látky:

- Vzduchové systémy
- Vodní systémy
- Kombinované systémy (voda/vzduch)
- Chladivové systémy [7]

Dle počtu zón, ve kterých klimatizační systém upravuje prostředí a ve kterých dochází k individuálním změnám tepelné a vlhkostní zátěže:

- Jednozónové
- Vícezónové [7]

Třídění dle typu sdílení tepla:

- Konvektivní
- Sálavé [7]

Hlavní typy klimatizačních systémů:

- Vzduchové jednozónové systémy
- Vzduchové vícezónové systémy
- Vodní vícezónové systémy
- Kombinované indukční systémy vzduch – voda, vícezónový s indukčními jednotkami
- Chladivové jednozónové systémy
- Chladivové vícezónové systémy [7]

### 3.2. Větrání s variabilním průtokem vzduchu

Vzduchové klimatizační systémy patří historicky k nejstarším klimatizačním systémům. Vzduchové systémy dělíme na:

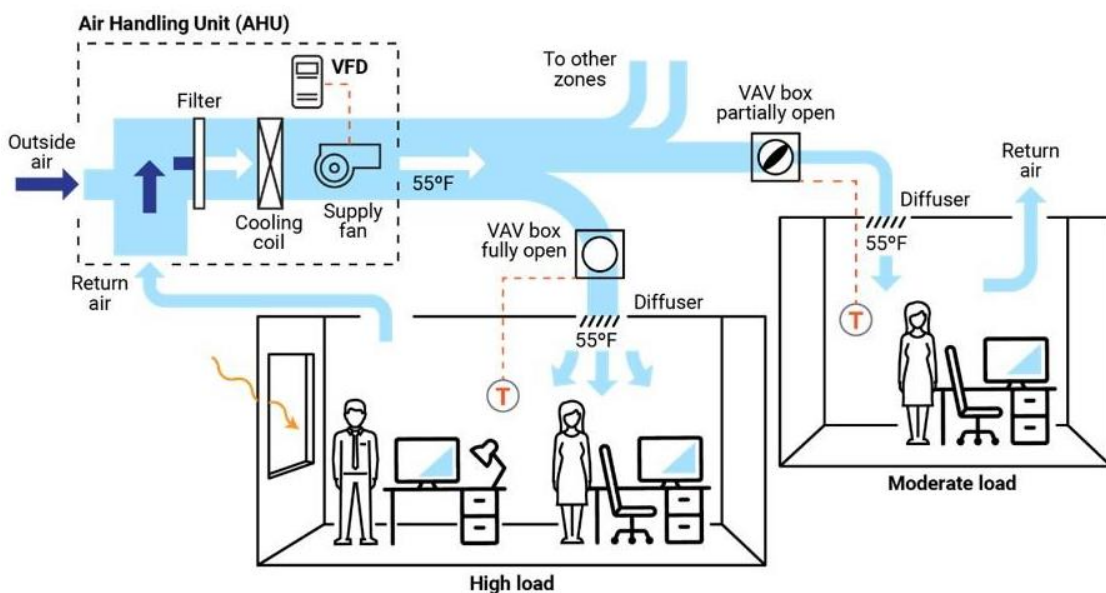
- Vzduchový jednokanálový jednozónový systém
- Vzduchový jednokanálový vícezónový systém s proměnným průtokem vzduchu
- Vzduchový dvoukanálový vícezónový systém [7]

#### Vzduchový jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu – VAV systém

Zkráceně VAV systém (Variable Air flow). Zpravidla je rozvod vzduchu vysokorychlostní (12 až 20 m/s). Vzduch je upravován v centrální jednotce a následně dopravován potrubím do požadovaných místností. Před každou vyústkou je vzduchovod opatřen regulátorem proměnného průtoku se servopohonem. Tento regulátor je řízen termostatem v dané místnosti. Pokud termostat zaznamená v místnosti odchylku od požadované teploty, vyšle signál do regulátoru a ten změní polohu škrťacího listu uvnitř regulátoru. Tím se změní průtok vzduchu do místnosti. Znehodnocený vzduch se z místností odvádí rovněž přes regulátory proměnného průtoku. [7]

Provoz centrální jednotky se řídí ústředním regulátorem, který vyhodnocuje potřebu chlazení v zónách. Tuto potřebu regulátor vyhodnocuje na základě údajů teplotních čidel v zónách a volí optimální provoz centrální jednotky. [7]

Regulace chladicího výkonu je kvantitativní, výkon se mění změnou průtoku vzduchu přiváděného do místností. Teplota vzduchu zůstává stejná. [7]



Obr. 3.1 - Princip VAV systému [8]



### 3.3. Ventilátorový konvektor

Jedná se o vodní vícezónový komfortní klimatizační systém, ve kterém sdílení tepla probíhá konvektivně. Tato zařízení se převážně nacházejí v kancelářských a hotelových objektech. Lze je ale také použít pro bytové a rodinné domy. Systém tvoří dvě samostatná nezávislá zařízení. [7]

Jak bylo řečeno v kapitole 3, je nutné do klimatizovaného prostoru zajistit přívod čerstvého vzduchu. Čerstvý vzduch o průtoku stanoveném dle hygienických potřeb pro osobu je upravován ve vzduchotechnické jednotce a následně přiváděn do klimatizované místnosti. Zde se směšuje se vzduchem oběhovým. [7]

Vzduch může být přiváděn samostatnou vyústkou do klimatizované místnosti, ve které se smíchá s oběhovým vzduchem ventilátorového konvektoru. Další variantou je, že čerstvý vzduch může být přiváděn do směšovací komory za tepelný výměník a zde se směšuje s upraveným oběhovým vzduchem a je přiváděn společnou vyústkou do místnosti. Poslední variantou je, že čerstvý vzduch je přiváděn před ventilátor ventilátorového konvektoru a je směšován s oběhovým vzduchem před tepelným výměníkem. Tento upravený vzduch je následně přiváděn společnou vyústkou do místnosti. [7]

Ventilátorové konvektory slouží k individuální úpravě vzduchu v místnosti. Jedná se o cirkulační zařízení, které je složené z filtrů, výměníku tepla a ventilátoru. Případnou součástí mohou být tlumiče hluku. Na výměník je napojen rozvod otopné/chlazené vody z centrálních zdrojů tepla/chladu. [7]

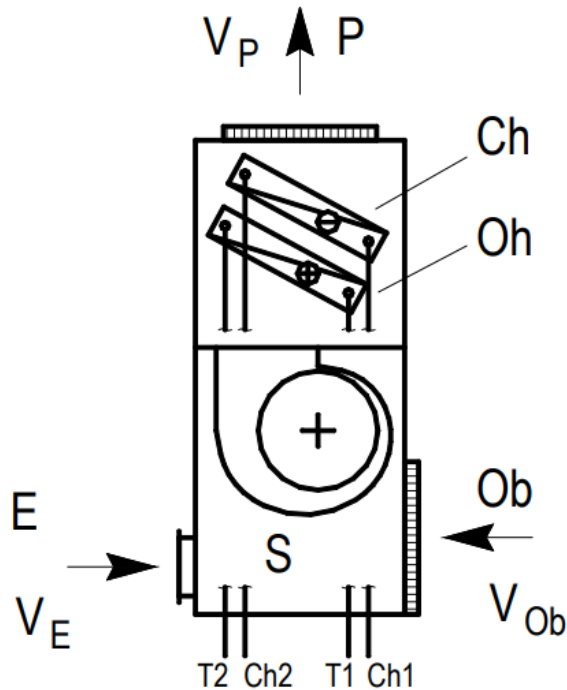
Rozvody otopné a chlazené vody jsou řešeny ve dvou variantách. Jedná se o dvoutrubkový rozvod nebo o čtyřtrubkový rozvod. Dvoutrubkový rozvod slouží pouze ke chlazení nebo pouze k vytápění. Tento systém je nevýhodný v přechodném období. U Čtyřtrubkového rozvodu jsou dvě trubky určeny pro rozvod otopné vody a dvě trubky pro rozvod chlazené vody. V přechodném období lze v místnostech chladit či vytápět dle potřeby a nedochází k energetickým ztrátám. [7]

Jelikož systém pracuje v letním období s nízkými teplotami vody ve výměníku tepla (většinou se uvádí  $t_1/t_2 = 6/12$  °C), je nutné zajistit odvod kondenzátu.

Ventilátorové konvektory obsahují ventilátor, u kterého je nutné zajistit elektrické napájení. Ventilátor způsobuje hluk. Zejména ve vyšších otáčkách ventilátoru.

Regulace tepelného či chladicího výkonu je realizována řízením průtoku otopné nebo chlazené vody dle termostatu v místnosti. Ventilátorové konvektory mají několika stupňové otáčky ventilátoru, což umožňuje další způsob regulace tepelného výkonu. [7]

### Princip ventilátorového konvektoru:



Obr. 3.2 - Schématické znázornění ventilátorového konvektoru [7]

Popis Obr. 3.2:

$V_P$	Množství přiváděného vzduchu do místnosti [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];
$V_E$	Množství přiváděného čerstvého vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];
$V_{Ob}$	Množství oběhového vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];
$Ch$	Tepelný výměník – chladič;
$Oh$	Tepelný výměník – ohřívač;
$T_1$	Teplota přívodní otopné vody [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$T_2$	Teplota odvodní otopné vody [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$Ch_1$	Teplota přívodní chlazené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$Ch_2$	Teplota odvodní chlazené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$P$	Teplota přiváděného vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$Ob$	Teplota oběhového vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$E$	Teplota přívodního čerstvého vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ].

### 3.4. Chladicí stropy

Jedná se o vodní vícezónový komfortní klimatizační systém, ve kterém sdílení tepla probíhá sálavě. Systém je vhodný pro administrativní budovy, společenské prostory bez vysokých nároků na distribuci vzduchu. Chladicí stropy jsou poměrně účinné klimatizační systémy z hlediska vytvoření tepelného komfortu. Pracují s relativně vysokou teplotou chladicí vody. Jedná se o systém s vysokoteplotním chlazením. Díky vysokému chladicímu účinku radiace lze udržovat vyšší teplotu vzduchu. Toto spojení vede k úsporám energie. [7]

Sálavé chladicí systémy dělíme na otevřené a uzavřené. Mezi otevřené systémy řadíme lamelové a perforované systémy. Mezi uzavřené řadíme lehké a masivní konstrukce. Do lehkých konstrukcí řadíme kontaktní panely, sendvičové panely a kapilární rohože. Do masivních konstrukcí řadíme potrubní, stropní, stěnové, podlahové a celoplošné systémy. [7]

Citelná zátěž prostoru je odváděna velkoplošnými vodou chlazenými panely. Tyto panely se instalují převážně do stropních konstrukcí, ale mohou být instalovány i do stěn, podlah. Na odvod vázané tepelné zátěže se do těchto místností instaluje větrací zařízení. Pokud instalovaný chladicí výkon stropu nepokrývá maximální citelnou tepelnou zátěž, doporučuje se doplnit chladicí výkon do větracího zařízení nebo místnost doplnit o další chladicí element (např. ventilátorový konvektor). [7]

#### Výhody:

- Kvalita tepelného komfortu (sálání)
- Nechozí k obtěžování hlukem
- „Samoregulační“ schopnost systému – výkon chladicího stropu závisí na teplotě okolí
- Nízká spotřeba energie
- Lze používat i pro vytápění
- Zdroje chladu s nižším potenciálem (vyšší teplota) [7]

#### Nevýhody:

- Riziko kondenzace
- Nelze odvádět teplo vázané v páře
- Omezení výkonu
- Přívod vzduchu je nutné zajistit samostatným zařízením – nelze řešit otevřením okna [7]

**3.4.1. Návrh chladících stropů****Letní provoz:**

Měrná tepelná zátěž [7]:

$$\dot{q}_M = \frac{Q_Z}{S} \quad [W/m^2] \quad (3.1)$$

Kde:

 $Q_Z$  Tepelná zátěž dané místnosti [W]; $S$  Plocha dané místnosti [m<sup>2</sup>].

Potřebný měrný výkon chladícího stropu [7]:

$$\dot{q}_{Str} = \frac{Q_Z}{S_{dis}} \quad [W/m^2] \quad (3.2)$$

Kde:

 $Q_Z$  Tepelná zátěž dané místnosti [W]; $S_{dis}$  Dispoziční plocha chladícího stropu – obvykle 70% plochy dané místnosti [m<sup>2</sup>].

Normalizovaný výkon chladícího stropu [7]:

$$\dot{q}_N = C \cdot (t_a - t_{ws})^n \quad [W/m^2] \quad (3.3)$$

Kde:

 $C$  Konstanta dle konstrukce stropu; $n$  Exponent dle konstrukce stropu; $t_a$  Teplota vzduchu v místnosti [°C]; $t_{ws}$  Střední teplota vody [°C];

Skutečný výkon stropu [7]

$$\dot{q}_{skut} = K_p \cdot \dot{q}_N \quad [W/m^2] \quad (3.4)$$

Kde:

 $K_p$  Konstanta prostoru; $\dot{q}_n$  Normalizovaný výkon chladícího stropu [W/m<sup>2</sup>].Podmínka návrhu:  $\dot{q}_{skut} > \dot{q}_{str}$

### 3.5. Chladivové klimatizační systémy

Chladivové klimatizační systémy jsou systémy co, využívají jako teplonosnou látku chladivo. Sdílení tepla probíhá konvektivně. Mohou být jak jednozónové tak vícezónové. Jejich účel může být komfortní (klimatizace obytných místností), ale také technologický (klimatizace datacenter).

Koncepce systému spočívá v propojení venkovní (kompresorové) a vnitřní jednotky chladivovým potrubím. Vnitřní jednotky poté mohou být provozované ve dvou režimech. V režimu vytápění se z vnitřní jednotky stane kondenzační jednotka. V režimu chlazení se z vnitřní jednotky stane výparníková jednotka. [7]

Chladivové systémy jsou vybaveny venkovní jednotkou s výměníkem vzduch–chladivo. Systémy typu split mají jednu vnitřní a jednu venkovní jednotku. Jsou to systémy jednozónové. Systému typu multisplit mají několik vnitřních jednotek napojených na jednu venkovní jednotku.[7]

#### Výhody:

- Vysoké hodnoty EER
- Minimální prostorové nároky na rozvody teplonosné látky (chladiva)
- Kompaktní zařízení (kompaktní okruh) [7]

#### Nevýhody:

- Riziko průvanu
- Těsnost potrubních rozvodů
- Kontroly těsnosti
- Odvod kondenzátu
- Hluk
- Hořlavost některých chladiv [7]

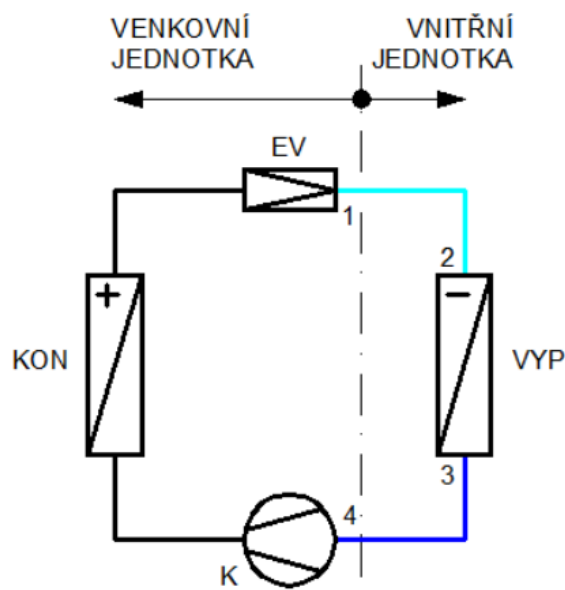
### 3.5.1. Split systém

Systém umožňuje chlazení nebo vytápění v jedné zóně (byt, kancelář, atd.). Základ tvoří venkovní a vnitřní jednotka. Tyto dvě jednotky jsou propojeny chladivovým potrubím (kapalina – plyn). [7]

### 3.5.2. Multisplit systém

Multisplit pracuje na stejném principu jako Split systém. Systém je určen pro chlazení nebo ohřev několika zón v bytech, kancelářích. Na jednu venkovní jednotku lze připojit až cca 5 vnitřních jednotek. Rozvod chladiva je dvoutrubkový.[7]

**Schématické znázornění okruhu pro Split a Multisplit systémy:**



Obr. 3.3 - Schéma provedení chladivového systému Split [7]

**Venkovní jednotka** obsahuje kompresorové chladicí zařízení, expanzní škrtkovací ventil, výměník tepla venkovní vzduch – chladivo a ventilátor venkovního vzduchu. Výměník tepla je v režimu chlazení provozován jako kondenzátor, při režimu vytápění jako výparník. [7]

**Vnitřní jednotka** obsahuje filtr, ventilátor, výměník tepla vzduch – chladivo a výústku pro distribuci vzduchu v místnosti. Při režimu chlazení je výměník provozován jako výparník, při režimu vytápění jako kondenzátor. Ventilátory vnitřních jednotek jsou vybaveny regulací průtoku vzduchu regulací otáček. Jelikož teplota na výparníku při režimu chlazení je pod teplotou rosného bodu, dochází ke kondenzaci. Vzniklý kondenzát je nutné odvést do odpadního potrubí.[7]

## PRAKTICKÁ ČÁST

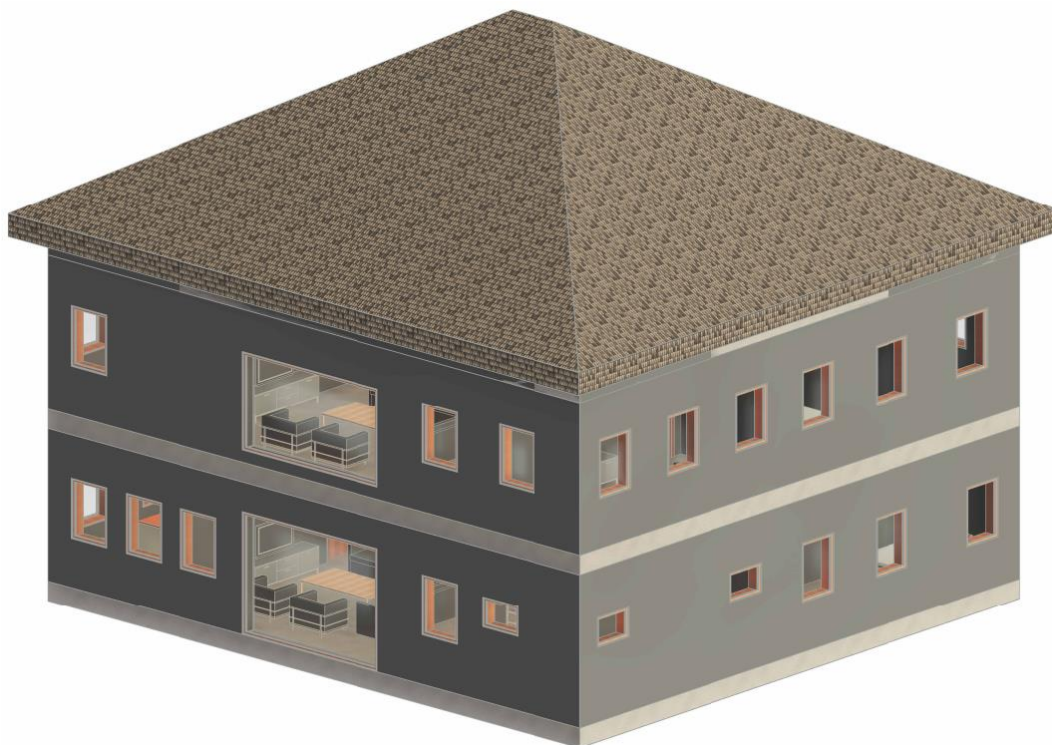
### 4. INFORMACE O BUDOVĚ

Objekt se nachází v obci Pyšely, okres Benešov v ulici Oblouková. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům. Objekt je brán jako vícegenerační rodinný dům. V objektu je počítáno s trvalým pobytem 6 osob, ale s ohledem na velikost objektu jsou počítáni pro rezervu 2 hosté.

V objektu se nacházejí dvě společenské místnosti s velkými francouzskými okny, tudíž je nutné počítat s tím, že v těchto místnostech bude tepelná zátěž vysoká. V přízemí se nachází kuchyně spojená s obývacím pokojem, sklad potravin, pokoj s vlastní koupelnou, ložnice s vlastní koupelnou, toaleta, která je přístupná z chodby.

První nadzemní podlaží je propojeno schodištěm s druhým nadzemním podlažím. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází šatna, ložnice, pracovna, koupelna, herna, pokoj pro hosty a společenská místnost.

#### 4.1. Vizualizace objektu



*Obr. 4.1 - Vizualizace objektu*

## 4.2. Stavební materiály

Důležitým krokem pro správnost návrhu budovy, je zvolení správné konstrukce budovy. Jednotlivé konstrukce musí splňovat předepsané hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2:2011.

Objekt bude postaven z cihlového systému od firmy Porotherm. Konkrétní typ zdiva byl zvolen Cihla Porotherm 30 T Profi - Tepelněizolační broušená. [9]

Hodnoty dle výrobce:

- Tloušťka cihly:  $t_l = 0,3 \text{ m}$
- Součinitel prostupu tepla:  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dle normy hodnota musí být hodnota součinitele prostupu tepla menší nebo rovna  $U_{rec} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Zvolená konstrukce má součinitel prostupu tepla roven  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , tudíž je tato podmínka splněna.

## 4.3. Zasklení

Do objektu jsou zvolena izolační dvojskla s hliníkovým rámečkem od výrobce **AGC Glass Europe**. [10]

Vlastnosti zasklení:

- Součinitel prostupu tepla:  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Stínící součinitel:  $s = 0,70$

### 4.3.1. Venkovní žaluzie

Do objektu jsou zvoleny hliníkové venkovní žaluzie s lamelami typu Z od výrobce **ŽALUZIE NEVA s.r.o.**. Do objektu byly zvoleny právě tyto venkovní žaluzie jelikož mají značnou řadu výhod. [11]

Výhody těchto žaluzií:

- maximální možnost regulace světla
- ochrana před sluneční radiací
- manuální nebo elektrické ovládání
- možnost automatické regulace s připojením na řídicí systémy
- dlouhá životnost

Vlastnosti žaluzií:

- Stínící součinitel:  $s = 0,15$



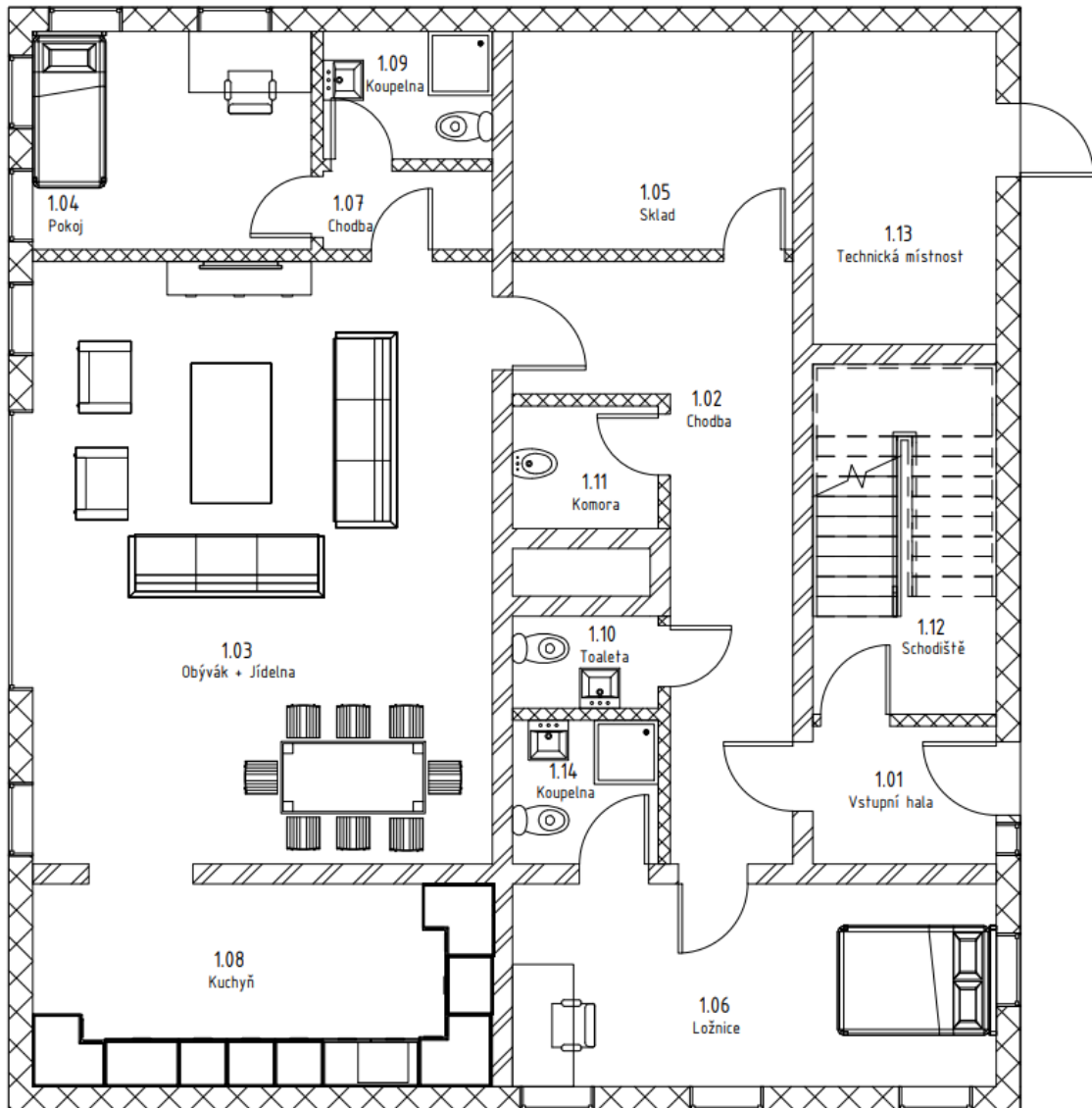
#### 4.4. Seznam místností

Tab. 4.1 - Seznam místností

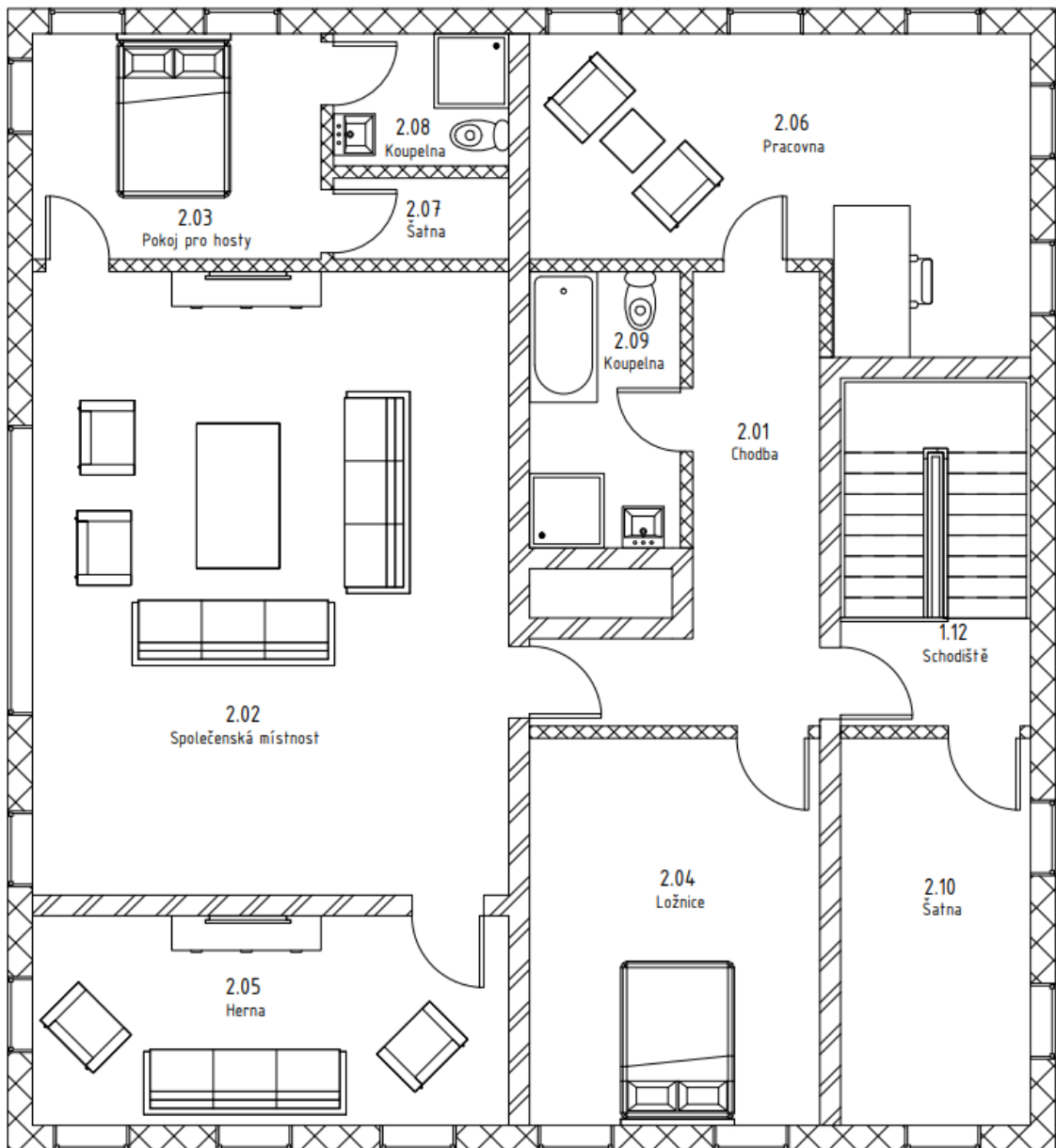
Číslo místnosti	Název	Plocha	Klimatizovaný prostor
		[m <sup>2</sup> ]	
1.01	Vstupní hala	4	Ne
1.02	Chodba	15	Ne
1.03	<b>Obývací pokoj</b>	<b>43</b>	<b>Ano</b>
1.04	<b>Pokoj</b>	<b>9</b>	<b>Ano</b>
1.05	Sklad	10	Ne
1.06	<b>Ložnice</b>	<b>15</b>	<b>Ano</b>
1.07	Chodba	2	Ne
1.08	Kuchyň	15	Ne
1.09	Koupelna	3	Ne
1.10	Toaleta	2	Ne
1.11	Komora	3	Ne
1.12	Schodiště	10	Ne
1.13	Technická místnost	9	Ne
1.14	Koupelna	3	Ne
2.01	Chodba	10	Ne
2.02	<b>Společenská místnost</b>	<b>43</b>	<b>Ano</b>
2.03	<b>Pokoj pro hosty</b>	<b>10</b>	<b>Ano</b>
2.04	<b>Ložnice</b>	<b>16</b>	<b>Ano</b>
2.05	<b>Herna</b>	<b>15</b>	<b>Ano</b>
2.06	<b>Pracovna</b>	<b>19</b>	<b>Ano</b>
2.07	Šatna	2	Ne
2.08	Koupelna	3	Ne
2.09	Koupelna	6	Ne
2.10	Šatna	11	Ne

## 4.5. Půdorys objektu

### 4.5.1. Půdorys prvního nadzemního podlaží



Obr. 4.2 - Půdorys 1NP

**4.5.2. Půdorys druhého nadzemního podlaží***Obr. 4.3 - Půdorys 2NP*

## 5. VÝPOČET TEPELNÝCH ZÁTĚŽÍ

Výpočet tepelných zátěží byl proveden dle normy ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor. V této kapitole bude uvedena ukázka výpočtu pro místnost 2.04 – varianta bez venkovních žaluzií. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Excel, ve kterém jsou uvedeny všechny tyto vztahy. Vztahy, jež jsou použity, jsou již vysvětleny v kapitole 2. Zde bude uveden vztah a následně do něj budou dosazeny příslušné hodnoty. Na konci kapitoly bude uvedena souhrnná tabulka pro všechny klimatizované místnosti.

### 5.1. Obecné informace a vstupní údaje

Sledovaná doba:	6:00 – 22:00
Sledovaný měsíc:	Srpen
Vnitřní výpočtová teplota:	$t_i = 26 \pm 1^\circ\text{C}$
Oblast zástavby:	venkovská

### 5.2. Výpočet tepelné zátěže pro místnost 2.04

#### 5.2.1. Vstupní parametry

Orientace místnosti:	Jihozápadní
Azimut (bráno od severu):	220°
Určovaná hodina:	15.00 h
Celkový počet oken:	2
Rozměr okna:	0,85 x 1,1 (šířka [m] x výška [m])
Výška konstrukce:	3 [m]
Koeficient stínění SC:	0,65

### 5.2.2. Výpočet polohy slunce

Sluneční deklinace  $\delta$ :

- Vychází ze vzorce č. (2.2)

$$\delta = -23,5 \cos(30 \cdot M) = -23,5 \cos(30 \cdot 7) = \mathbf{11,8^\circ}$$

Výška slunce nad obzorem  $h$ :

- Vychází ze vzorce č. (2.3)

$$h = \arcsin(0,766 \cdot \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau)$$

$$h = \arcsin(0,766 \cdot \sin 11,8 - 0,643 \cdot \cos 11,8 \cdot \cos(15 \cdot 15))$$

$$\mathbf{h = 36,9^\circ}$$

Sluneční azimut:

- Vychází ze vzorce č. (2.4)

$$\sin \gamma_S = \frac{\cos \delta}{\cos h} \cdot \sin \tau = \frac{\cos 11,8}{\cos 36,9} \cdot \sin(15 \cdot 15)$$

$$\mathbf{\gamma_S = -59,95^\circ}$$

Úhel dopadu slunečního záření:

- Vychází ze vzorce č. (2.5)

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \beta + \cos h \cdot \sin \beta \cdot \cos(\gamma_S - \gamma)$$

$$\cos \theta = \sin 36,9 \cdot \cos 90 + \cos 36,9 \cdot \sin 90 \cdot \cos(-59,95 - 220)$$

$$\mathbf{\theta = 41,3^\circ}$$

### 5.2.3. Intenzita sluneční radiace

Intenzita přímé sluneční radiace  $I_D$

- Vychází ze vzorce č. (2.6)

$$I_D = I_0 \cdot \exp[-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}]$$

$$\mathbf{I_D = 1350 \cdot \exp[-0,097 \cdot 4 \cdot (\sin 36,9)^{-0,8}] = 750 [W/m^2]}$$

Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu  $I_{DS}$ :

- Vychází ze vzorce č. (2.7)

$$I_{DS} = I_0 \cdot \exp[-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] \cdot \cos \theta$$

$$\mathbf{I_{DS} = 1350 \cdot \exp[-0,097 \cdot 4 \cdot (\sin 36,9)^{-0,8}] \cdot \cos 41,3 = 565 [W/m^2]}$$

Intenzita difuzní sluneční radiace  $I_d$ :

- Vychází ze vzorce č. (2.8)

$$I_d = \left[ 1350 - I_D - (1080 - 1,4 \cdot I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \frac{\sin h}{3}$$

$$I_d = \left[ 1350 - 750 - (1080 - 1,4 \cdot 750) \sin^2 \frac{90}{2} \right] \cdot \frac{\sin 36,9}{3} = \mathbf{117 [W/m^2]}$$

Celková intenzita sluneční radiace:

- Vychází ze vzorce č. (2.10)

$$I_C = I_{DS} + I_d = 0 + 117 = \mathbf{117 [W/m^2]}$$

#### 5.2.4. Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním sklem:

- Vychází ze vzorce č. (2.11)

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left( \frac{\theta}{100} \right)^5 = 0,87 - 1,47 \cdot \left( \frac{41,3}{100} \right)^5 = 0,85$$

Celková propustnost difuzní sluneční radiace standardním sklem:

- Vychází ze vzorce č. (2.12)

$$T_d = 0,85$$

Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením:

- Vychází ze vzorce č. (2.13)

$$I_{0C} = I_{DS} \cdot T_D + I_d \cdot T_d = 565 \cdot 0,85 + 117 \cdot 0,85 = \mathbf{579 [W/m^2]}$$

#### 5.2.5. Výpočet teploty venkovního vzduchu

- Vychází ze vzorce č. (2.1)

$$t_e = t_{e,max} - A \cdot [1 - \sin(15 \cdot \tau - 135)]$$

$$t_e = 30 - 7 \cdot [1 - \sin(15 \cdot 15 - 135)] = \mathbf{30^\circ C}$$

#### 5.2.6. Výpočet tepelné zátěže okny konvekcí

- Vychází ze vzorce č. (2.14)

$$Q_{ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) \cdot n = 1,15 \cdot 0,935 \cdot (30 - 26) \cdot 2 = \mathbf{10 W}$$

**5.2.7. Osluněný povrch**

- Vychází ze vzorců č. (2.18), (2.19), (2.20).

$$e_1 = d \cdot |\tan(\gamma_S - \gamma)| = 0 \cdot |\tan(-60 - 40)| = 0 \text{ m}$$

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\tan h}{\cos(\gamma_S - \gamma)} \right| = 0 \cdot \left| \frac{\tan 34,6}{\cos(-60 - 40)} \right| = 0 \text{ m}$$

$$S_{OS} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)]$$

$$S_{OS} = [0,85 - (0 - 0)] \cdot [1,1 - (0 - 0)] = 0,935 \text{ [m}^2\text{]}$$

**5.2.8. Výpočet tepelné zátěže okny radiací**

- Vychází ze vzorce č. (2.15)

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_{oc} \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \cdot i_0$$

$$Q_{or} = [0,935 \cdot 579 \cdot 1,15 + (0,935 - 0,935) \cdot 117] \cdot 0,65 \cdot 2 = \mathbf{872 \text{ W}}$$

**5.2.9. Tepelné zisky od lidí**

- Vychází ze vzorce č. (2.21)

$$Q_L = 6,2 \cdot n_L \cdot (36 - t_i) = 6,2 \cdot 2 \cdot (36 - 26) = \mathbf{124 \text{ W}}$$

**5.2.10. Tepelná zátěž od elektronických zařízení**

- Vychází ze vzorce č. (2.24)

$$Q_{EZ} = n_P \cdot Q_P + n_T \cdot Q_T = 1 \cdot 150 + 0 \cdot 50 = \mathbf{150 \text{ W}}$$

**5.2.11. Celková tepelná zátěž místnosti 2.04**

- Vychází ze vzorce č. (2.25)

$$Q_{TZ\ 2.04} = Q_{ok} + Q_{or} + Q_L + Q_{EZ} = 10 + 872 + 124 + 150 \cong \mathbf{1162 \text{ W}}$$

### 5.3. Souhrnná tabulka tepelných zátěží

V Tab. 5.1 je shrnuto, jakou tepelnou zátěž je nutno z jednotlivých místností odvést. Všechny hodnoty jsou zaokrouhleny na stovky. V tabulce jsou dvě varianty zátěží. První varianta je počítána jako zátěže bez uvažování venkovních žaluzií a druhá varianta je počítána jako zátěže s uvažováním venkovních žaluzií. Výpočet proběhl identicky, jako je uvedeno v kapitole 5.2, jenom v kroku 5.2.8 je uvažován stínící součinitel  $s$  jako součin stínícího součinitele okna a stínícího součinitele venkovních žaluzií. Stínící součinitel venkovních žaluzií  $s = 0,15$ . V tabulce je vidět, jaké dopady mají venkovní žaluzie na snížení celkových tepelných zátěží pro jednotlivé místnosti.

Tab. 5.1 - Souhrnná tabulka maximálních zátěží

Bez vnějších žaluzií		S vnějšími žaluziemi	
Místnost	Zátěž [W]	Místnost	Zátěž [W]
1.03	4000	1.03	1300
1.04	1000	1.04	400
1.06	1700	1.06	600
2.02	3200	2.02	1200
2.03	800	2.03	400
2.04	1200	2.04	400
2.05	2300	2.05	1100
2.06	1900	2.06	700



## 6. NÁVRH VĚTRÁNÍ

Jelikož zadání bakalářská práce je studie větrání a klimatizace rodinného domu, musel jsem navrhnout vhodný větrací systém pro tento objekt. V této kapitole bude znázorněn příklad postupu návrhu vzduchovodů, větrací jednotky se zpětným získáváním tepla, distribučních elementů a regulačních elementů. Veškeré výpočty proběhly dle normy ČSN EN 15665.

### 6.1. Návrh nuceného rovnotlakého větrání s centrální jednotkou

Tento objekt je novostavbou, proto bylo nutné navrhnout co nejvýhodnější systém z energetického hlediska. Okna jsou brána jako těsná, tudíž je téměř nulová vzduchová infiltrace skrze spáry oken. Pravidelné otevírání oken by mohla být z jednou možností, ale je to velmi neefektivní a nepohodlné řešení. Další variantou byla možnost návrhu hybridního podtlakového větrání, ale tato varianta není moc efektivní co se týče zpětného získávání tepla a také z estetického hlediska se nejedná o příliš výhodnou variantu.

Proto jsem zvolil pro tento objekt nucené rovnotlaké větrání s centrální vzduchotechnickou jednotkou. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v technické místnosti, rozvody budou vedeny v podhledu, případně v sádkartonovém kastlíku.

#### 6.1.1. Návrhové hodnoty pro větrání

##### *Letní podmínky:*

- Výpočtová teplota venkovního vzduchu: 32 °C;
- Výpočtová letní entalpie: 59 kJ/kg;
- Trvalý počet lidí: 6;
- Počet hostů: 2.

### 6.1.2. Stanovení průtoku vzduchu

Pro stanovení průtoku větracího vzduchu pro rodinný dům je vhodná metoda výpočtu podle požadavku na kvalitu ovzduší.

Varianta výpočtu dle množství vzduchu na osobu je výhodná pro místnosti, kde se spí nebo vykonává nějaká dlouhodobá činnost. Do těchto místností patří pokoje, ložnice a pracovna.

Varianta výpočtu dle intenzity větrání je výhodná pro místnosti kde člověk přetrvává krátkodobě. Do těchto místností patří např. obývací pokoj, společenské místnosti nebo herna.

Stanovení průtoku vzduchu je znázorněno v příloze č. 1. Veškeré výpočetní vztahy a postupy jsou uvedeny v kapitole 1.2.

## 6.2. Potrubní síť

Rozvody jsou v objektu řešeny použitím kruhového potrubí tzv. SPIRO potrubí. Dimenze potrubí se v tomto projektu pohybují od  $\varnothing 80$  mm do  $\varnothing 250$  mm. Největší rozměr je u hrdel VZT jednotky, jednak kvůli tlumičům hluku, ve kterých by rychlost proudění vzduchu neměla přesáhnout rychlost 3 m/s. Druhým důvodem jsou samotné rozměry napojovacích hrdel jednotky.

Ke každému distribučnímu elementu byla použita ohebná hadice FLEXO. Přívodní i odvodní potrubí je obaleno v tepelné izolaci 40 mm.

Sací potrubí je opatřeno sací protidešťovou žaluzií. Výfukové potrubí je opatřeno výfukovou protidešťovou žaluzií. Obě žaluzie jsou vybrány od společnosti Systemair s ohledem na rychlost v jejich volné ploše. Ta by neměla přesáhnout 3 m/s.

Dimenze potrubí nejsou předmětem studie. V příloze č 11 a v příloze č 12 je schématické znázornění řešení rozvodů vzduchotechnického potrubí. Jedná se jen o schématické znázornění, tudíž jsou v přílohách naznačeny pouze trasy potrubí, nikoliv jejich dimenze. Dále tyto vzduchotechnické rozvody jsou společné pro varianty klimatizace ventilátorovými konvektory, chladivovým systémem Split a Multisplit a chladících stropů. Systém VAV dle těchto příloh nelze řešit.

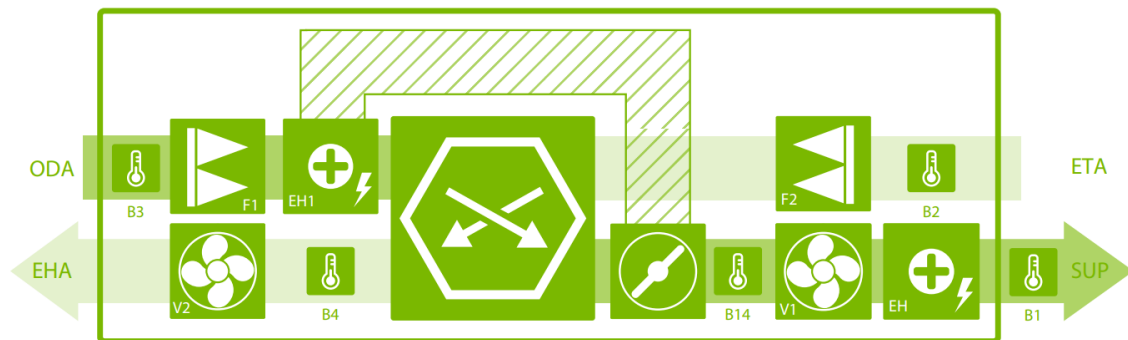
### 6.3. Větrací jednotka

Větrání v tomto objektu je uvažováno na tři režimy provozu. Útlumové, trvalé a nárazové větrání.

Útlumový režim je uvažován v době, kdy jsou obyvatelé domu dlouhodobě mimo objekt. V trvalém režimu je objekt uvažován celou dobu. Nárazový režim je uvažován při používání toalet, koupelen a kuchyně.

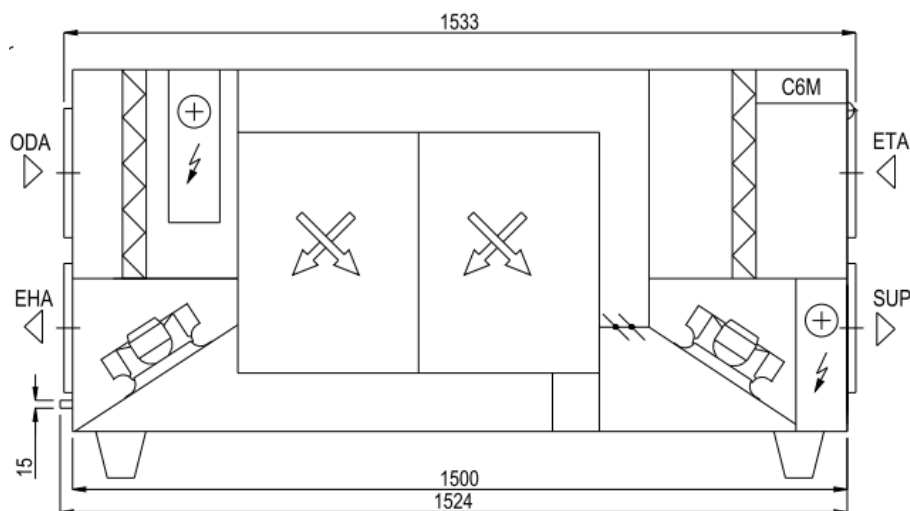
Vzduchotechnická jednotka je dimenzována na nárazový režim. Dle návrhové tabulky viz PŘÍLOHA č. 1 vyšel potřebný průtok vzduchu 540 m<sup>3</sup>/h. V návrhovém programu DOMEKT byla navržena vzduchotechnická jednotka od společnosti KOMFOVENT **DOMEKT-CF-700-H**.

**Letní provoz:**



Obr. 6.1 - Princip vzduchotechnické jednotky

**Řez jednotkou:**



Obr. 6.2 - Řez jednotkou

### 6.3.1. Popis zařízení

Čerstvý vzduch je nasáván na fasádě domu a přiváděn potrubím do jednotky. V jednotce je vzduch filtrován, tepelně upravován na deskovém rekuperačním výměníku zpětného získávání tepla a ventilátorem vyfukován do přívodního potrubí.

Do obytných místností je vzduch přiváděn vhodnými distribučními elementy. Tyto distribuční elementy jsou podrobněji popsány v kapitole 6.4.1.

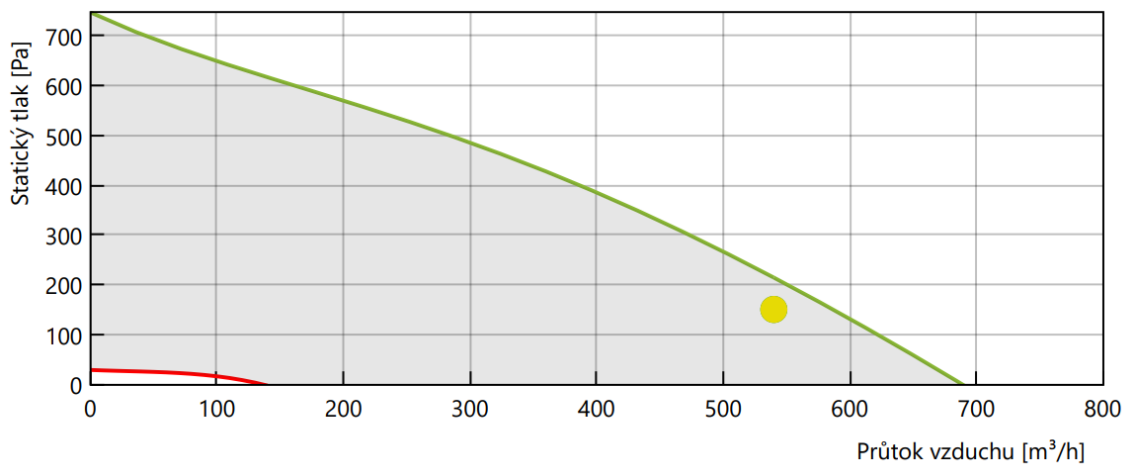
Znehodnocený vzduch je nasáván vhodnými nasávacími elementy zpět do jednotky. Tyto odtahové elementy jsou podrobněji popsány v kapitole 6.4.2.

Ve vzduchotechnické jednotce je znehodnocený vzduch filtrován a ventilátorem nasáván do deskového rekuperačního výměníku zpětného získávání tepla a následně vyfukován do výfukového potrubí. Znehodnocený vzduch je vyfukován na fasádě objektu.

Na sacím a výfukovém potrubí budou osazeny uzavírací klapky. Tlumiče hluku budou osazeny na sacím, výfukovém, přívodním a odtahovém potrubí co nejbližší vzduchotechnické jednotce.

Jednotka je dimenzována na nárazový režim tj. 565 m<sup>3</sup>/h, ale tento režim je spouštěn jen v případě, že je používána toaleta, koupelna. Jednotka tedy poběží převážně v normálním režimu (trvalé větrání) tj. 305 m<sup>3</sup>/h. Z Obr. 6.3 je patrné, že jednotka bez ohledu na režim pokryje požadované množství vzduchu i s požadovaným dopravním tlakem potrubní sítě.

#### Charakteristika ventilátoru VZT jednotky:



Obr. 6.3 – Charakteristika ventilátoru VZT jednotky

## 6.4. Distribuční elementy

### 6.4.1. Přívodní výustě

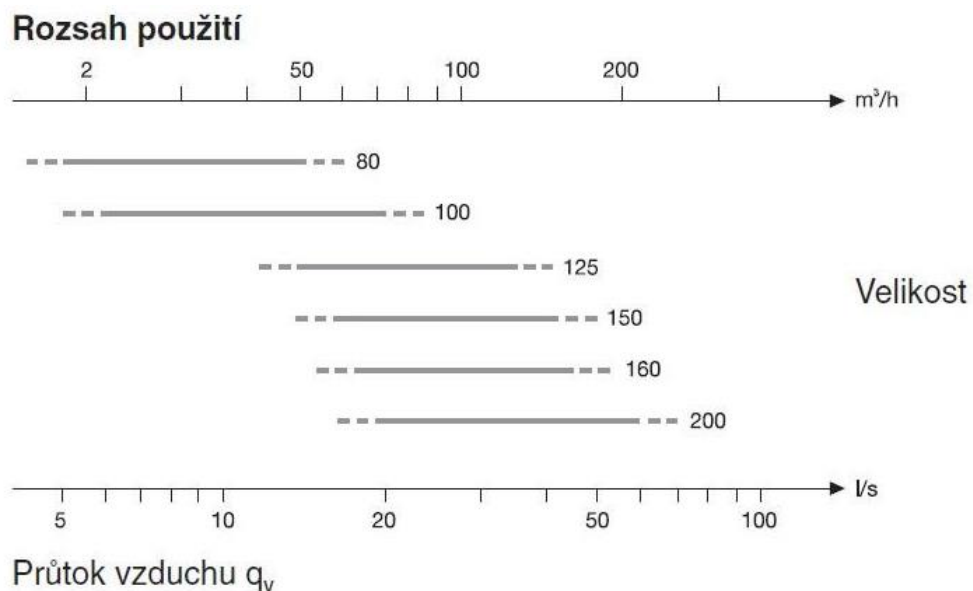
Jelikož v obytných prostorech nejsou uvažovány podhledy, zvolil jsem na přívod vzduchu do místností obdélníkové vyústky (mřížky), které budou umístěny ve stěně nade dveřmi místností. Jejich dimenzování probíhalo dle rychlosti proudění vzduchu na výusti. Uvažoval jsem maximální proudění volnou plochou vyústky  $w_{0\max} = 1,5 \text{ m/s}$ , a na tuto rychlost jsem zvolil rozměr dle produktové řady.

Zvolil jsem mřížky od firmy Systemair Nova A2 – R1. Jedná se o vyústku s regulací.

### 6.4.2. Odtahové elementy

V místnostech, ze kterých bude znehodnocený vzduch odváděn, jsou uvažovány podhledy. V tomto případě na odvod znehodnoceného vzduchu v rodinných domech jsou nejvýhodnější talířové ventily, které jsou umístěny v podhledech místností.

Zvolil jsem odvodní talířové ventily typu KK od firmy Elektrodesign, dle výrobní řady. Ventily jsem dimenzoval dle grafu rozsahu použití od výrobce.



Obr. 6.4 - Rozsah použití talířových ventilů [12]

## 6.5. Regulační zařízení

Na přívodním potrubí jsou stejné distribuční elementy s vlastní regulací, není proto nutné uvažovat žádné další regulační prvky na přívodním potrubí.

Na odtahovém potrubí jsou stejné druhy odsávacích elementů s vlastní regulací, není proto nutné uvažovat další regulační prvky na odtahovém potrubí.

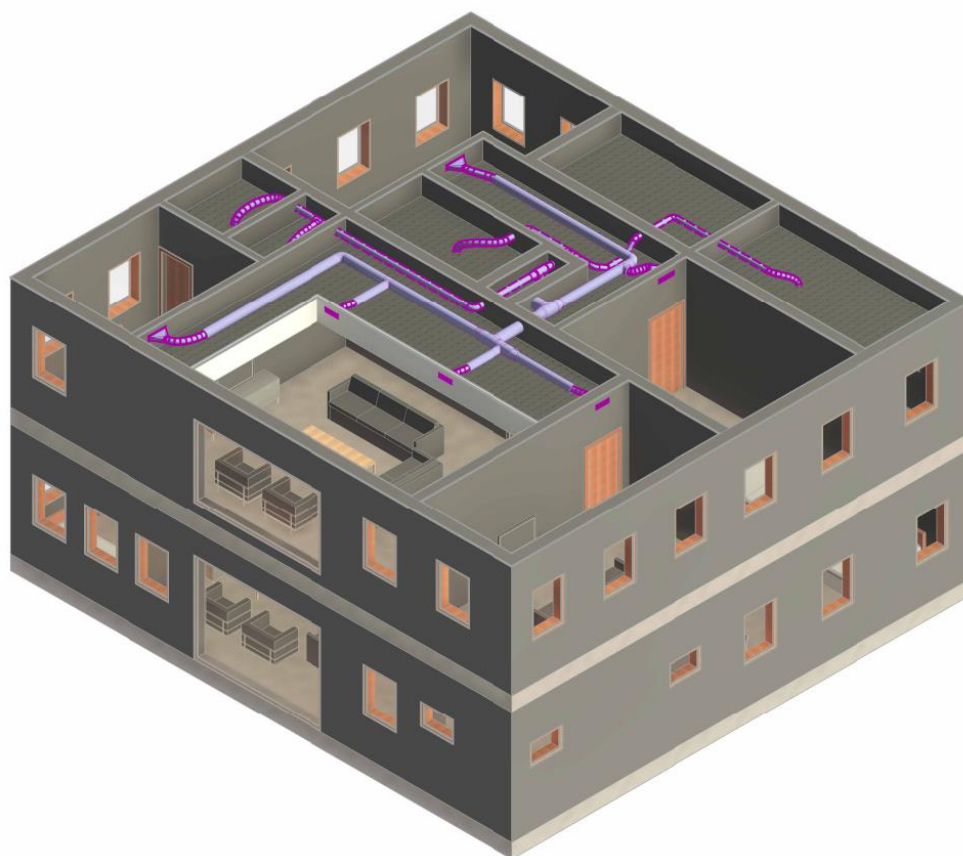
Systém se před spuštěním zareguluje na distribučních elementech, aby byly dodrženy správné průtoky vzduchu. Poté jedinou regulací je ovladač, který přepíná režim mezi útlumovým, trvalým a nárazovým režimem. Tento ovladač dělá to, že se změří otáčky ventilátoru dle požadovaného režimu.

## 6.6. Energetická náročnost

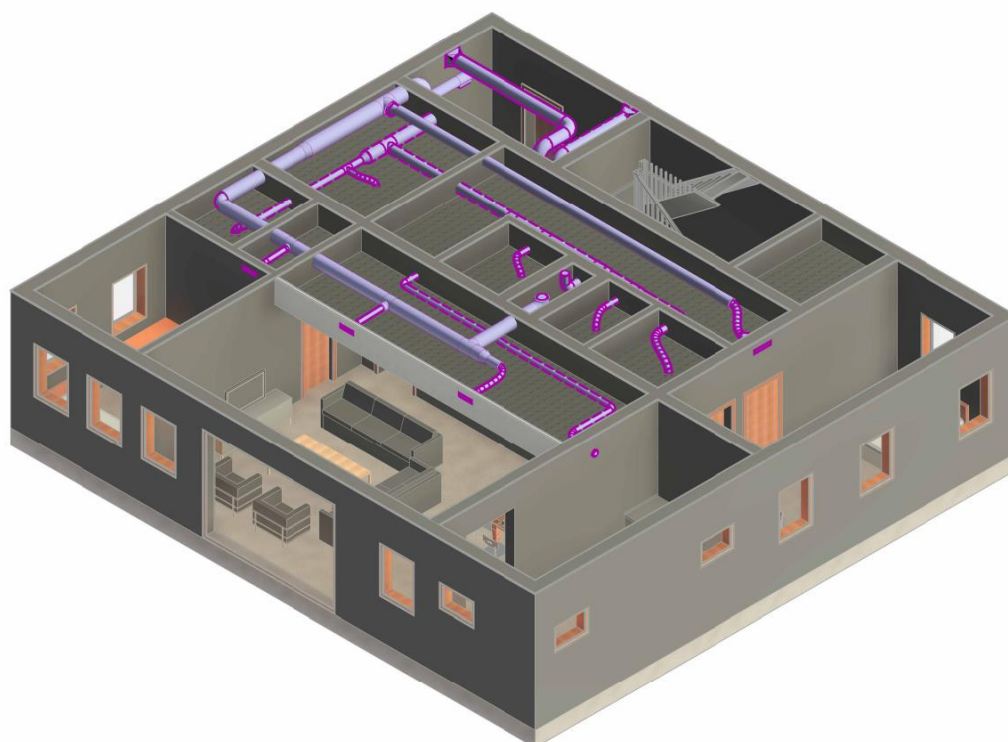
K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické požadavky:

Elektrická energie:	230 V, 50 Hz
Celkový instalovaný elektrický příkon:	170 W

**3D pohled řešení VZT rozvodů:**



*Obr. 6.5 – Vizualizace z programu REVIT 2022 rozvodů VZT v rodinném domě - 2NP*



*Obr. 6.6 - Vizualizace z programu REVIT 2022 rozvodů VZT v rodinném domě - 1NP*

## 7. VARIANTY ŘEŠENÍ KLIMATIZACE

### 7.1. Chlazení ventilátorovými konvektory

Do projektu byly vybrány ventilátorové konvektory od firmy FlaktGroup. Konkrétní typ ventilátorových konvektorů byl vybrán HyFlex-Geko. Návrh probíhal tak, že jsem prvně určil tepelné zátěže klimatizovaného prostoru, následně v katalogu vybral vhodnou velikost jednotky dle parametru citelných zátěží, který udává výrobce a zkontroloval, zda požadovaný citelný výkon odvede tepelnou zátěž daného prostoru.

Ventilátorové konvektory od tohoto výrobce jsou více otáčkové a pro daný prostor byly uvažovány hodnoty pro střední stupeň otáček.

Ventilátorové konvektory budou umístěny pod stropem v podhledu. V místnosti 1.03 a v 2.02 budou umístěny v SDK kastlíku. V ostatních místnostech budou jednotky umístěny na chodbě. Pro sání vzduchu bude ve dveřích mřížka. Přívodní chladicí vzduch z ventilátorového konvektoru bude realizován mřížkou nade dveřmi.

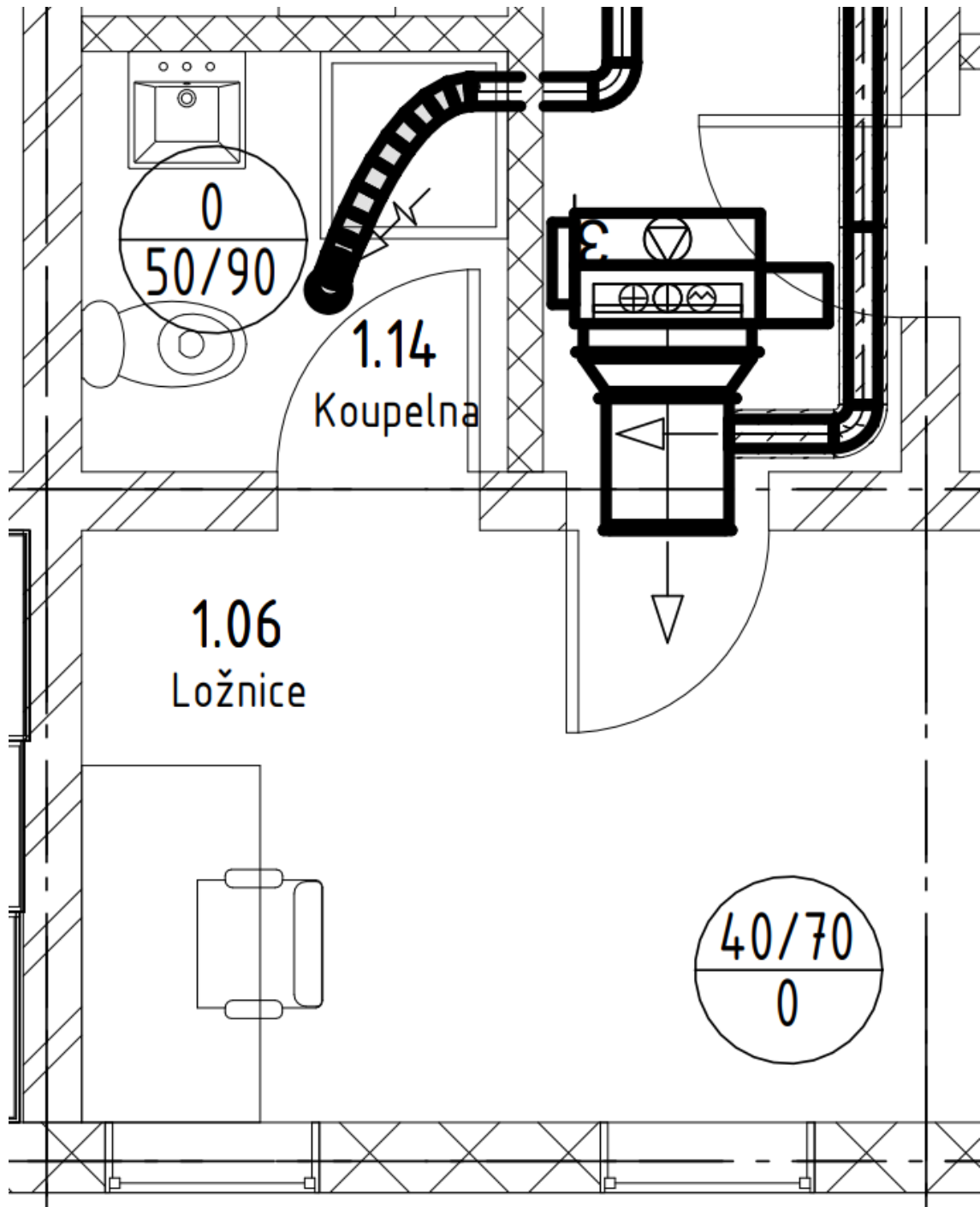
Přívodní čerstvý větrací vzduch bude smíšen s oběhovým vzduchem ve směšovací komoře za ventilátorovým konvektorem a následně přiveden do klimatizované místnosti. Názorně je toto řešení znázorněno v Obr. 7.1.

Výhoda řešení tohoto klimatizačního systému spočívá v tom, že ventilátorový konvektor dokáže v zimním období vytápět a v letním chladit. Dají se tímto ušetřit náklady za otopné soustavy. Dále mají velké chladicí výkony a dají se snadno regulovat dle otáček ventilátoru.

Hlavní nevýhodou tohoto řešení je hluk od ventilátoru. Chladicí jednotka bude muset být umístěna mimo místnost na chodbě a opatřena tlumiči hluku, aby byl tento nepříznivý jev co nejvíce potlačen. Tím, že je ventilátorový konvektor umístěn mimo místnost, dveře budou opatřeny mřížkami, což není také vhodné řešení. Ideální by byl sádrokartonový kastlík v místnosti, ale to není příznivé z architektonického hlediska ani z toho hlukového. Sádrokarton by musel být v akustickém provedení, a to je další investice navíc.



## Ukázka řešení místnosti 1.06:



Obr. 7.1 - ukázka řešení návrhu ventilátorových konvektorů

### 7.1.1. S venkovními žaluziemi

Varianta s venkovními žaluziemi vyhovuje požadavku na odvod tepelné zátěže. Ve všech místnostech byla odvedena tepelná zátěž. Problém je však s hlukem. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je hluk od ventilátoru. Hladiny akustických výkonů při středních otáčkách se pohybují od 38 do 48 dB.

Tab. 7.1 - Souhrnná tabulka ventilátorových konvektorů varianty s venkovními žaluziemi

Místnost	Zátěž	Citelný výkon FCU	Počet jednotek	Oběhový vzduch	Označení FCU
	[W]	[W]		V [m3/h]	
1.03	1300	1300	1	245	GS4MH.UW0HI3(4)
1.04	400	780	1	170	GS1MH.UW0HI3(4)
1.06	600	780	1	170	GS1MH.UW0HI3(4)
2.02	1200	1210	1	255	GS4MH.UW0HI3(4)
2.03	400	780	1	170	GS1MH.UW0HI3(4)
2.04	400	780	1	170	GS1MH.UW0HI3(4)
2.05	1100	1110	1	240	GS2MH.UW0HI3(4)
2.06	700	780	1	170	GS1MH.UW0HI3(4)

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Celkový instalovaný elektrický příkon: 1 kW;
- Chladicí voda: 6/12 °C;
- Potřebný chladicí výkon: 7,6 kW;
- Instalovaný chladicí výkon (voda): 11 kW.

### 7.1.2. Bez venkovních žaluzií

Varianta s venkovními žaluziemi vyhovuje požadavku na odvod tepelné zátěže. Ve všech místnostech byla odvedena tepelná zátěž. Problém je však s hlukem. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je hluk od ventilátoru. Hladiny akustických výkonů při středních otáčkách se pohybují od 44 do 57 dB.

Tab. 7.2 - Souhrnná tabulka ventilátorových konvektorů varianty bez venkovních žaluzií

Místnost	Zátěž	Citelný výkon FCU	Počet jednotek	Oběhový vzduch	Označení FCU
	[W]	[W]		V [m <sup>3</sup> /h]	
<b>1.03</b>	4000	2080	2	440	GS6MH.UWWHI3(4)
<b>1.04</b>	1000	1110	1	240	GS2MH.UW0HI3(4)
<b>1.06</b>	1700	2080	1	440	GS6MH.UWWHI3(4)
<b>2.02</b>	3200	3220	1	700	GS6MM.UW0HI3(4)
<b>2.03</b>	800	1110	1	240	GS2MH.UW0HI3(4)
<b>2.04</b>	1200	1210	1	255	GS4MH.UWWHI3(4)
<b>2.05</b>	2300	2360	1	505	GS8MH.UWWHI3(4)
<b>2.06</b>	1900	2080	1	440	GS6MH.UWWHI3(4)

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Celkový instalovaný elektrický příkon: 1 kW;
- Chladicí voda: 6/12 °C;
- Potřebný chladicí výkon: 18,3 kW;
- Instalovaný chladicí výkon (voda): 25 kW.

## 7.2. Chlazení chladivovým systémem Split a Multisplit

Do této varianty řešení byly použity jednotky od firmy LG. Zvolil jsem modelovou řadu vnitřních nástěnných jednotek Standard Plus.

Čerstvý vzduch je do místností přiváděn samostatně větrací jednotkou. Vzduch je tepelně upraven přes tepelný výměník zpětného získávání tepla, proto jsem k celkové zátěži od vnitřního a vnějšího prostředí připočetl tepelnou zátěž, která je obsažena ve větracím vzduchu.

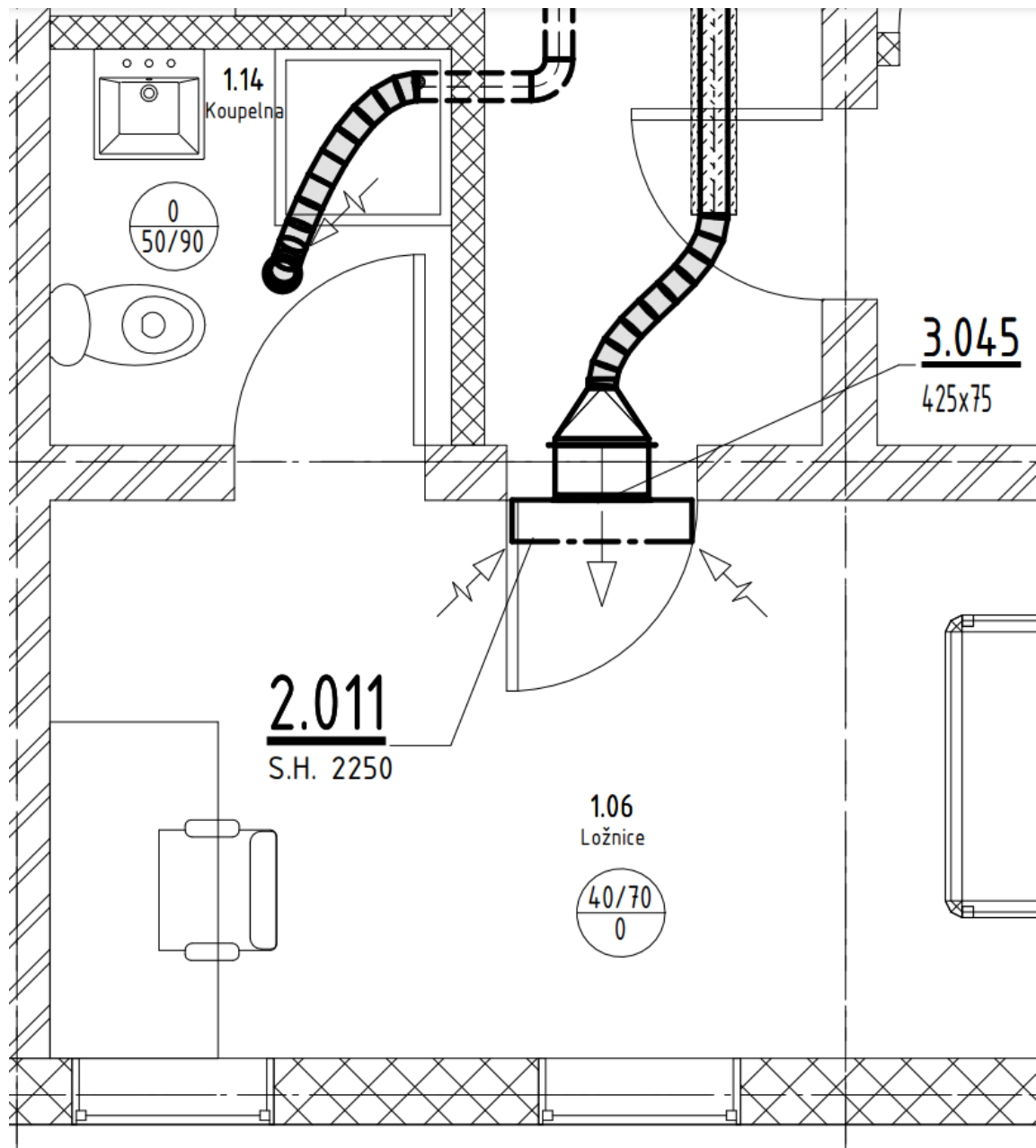
Návrh probíhal tak, že jsem spočítal tepelné zátěže pro jednotlivé klimatizované místnosti. Následně jsem tuto hodnotu navýšil o 30 % abych mohl vybrat z katalogu správnou jednotku, jelikož výrobce udává jenom celkové chladicí výkony, nikoliv citelné chladicí výkony. Vybranou jednotku jsem následně zapsal do tabulky. Dle katalogu výrobce jsem následně vybral vhodnou venkovní jednotku.

Nástěnné jednotky budou umístěny nade dveřmi klimatizované místnosti. Přívodní větrací vzduch bude obstarán samostatným větracím zařízením. Ukázka řešení je vyobrazena na Obr. 7.2 a Obr. 7.3.

Výhoda řešení chladivovým systémem je jeho jednoduchost instalace a vysoké chladicí výkony zařízení. Výkon se dá regulovat změnou otáček ventilátoru umístěného v klimatizační jednotce.

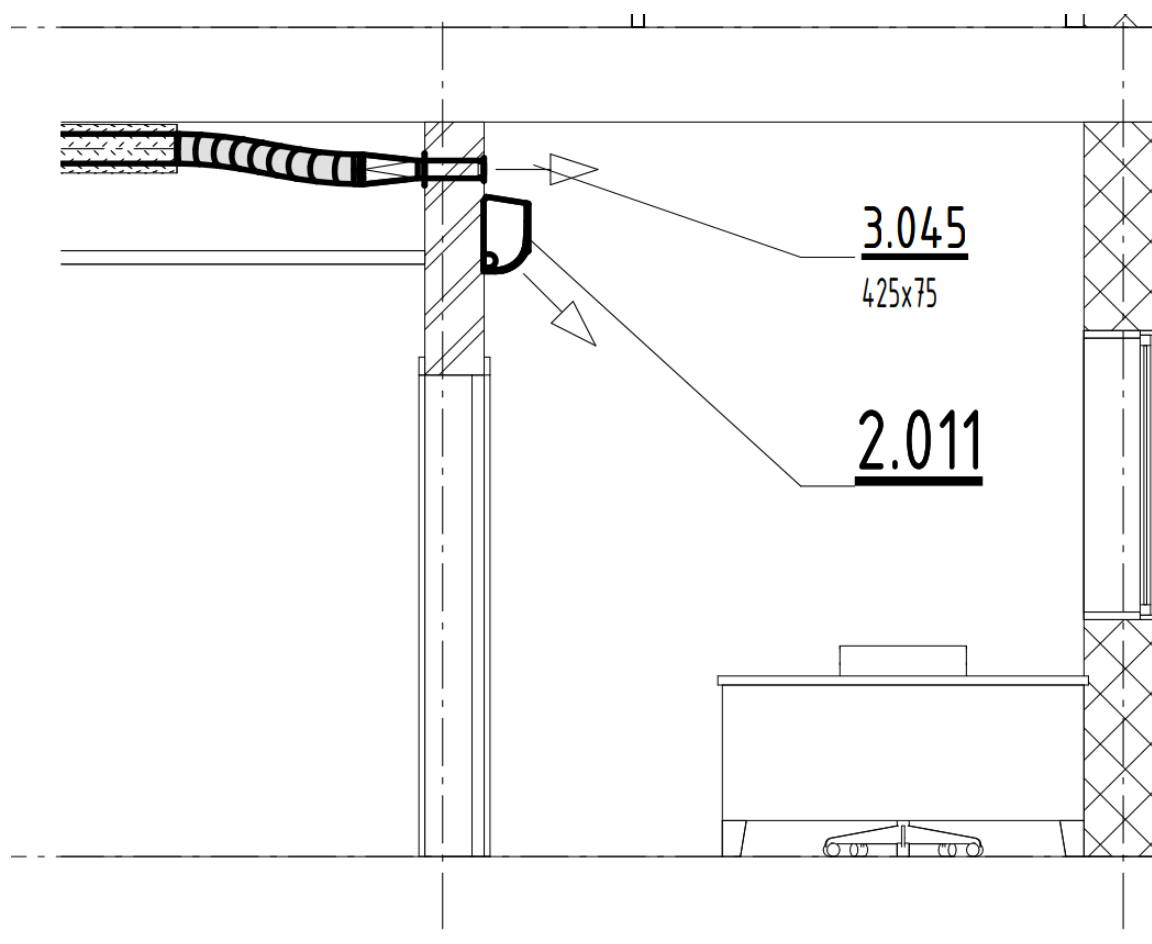
Nevýhodou řešení je hlučnost ventilátoru a zároveň také vysoké chladicí výkony zařízení. Jelikož některé místnosti mají nízké požadavky na odvod tepelné zátěže, je poté daný systém zbytečně předimenzovaný, jelikož nelze do dané místnosti umístit jednotka s nižším chladicím výkonem. Další nevýhodou je hořlavost chladiva R32 a případně jeho únik.

## Ukázka řešení místnosti 1.06 v půdorysu:



Obr. 7.2 - ukázka řešení návrhu chladivových systémů - půdorysné řešení

## Ukázka řešení místnosti 1.06 v řezu:



Obr. 7.3- ukázka řešení návrhu chladivových systémů - řešení v řezu

### 7.2.1. S venkovními žaluziemi

Dle Tab. 7.3 je patrné, že aby systém správně fungoval a pokryl tepelnou zátěž, musejí být použity 3 venkovní jednotky. To má zásadní problém s hlučností do okolí.

Hladiny akustických výkonů vnějších jednotek se pohybují od 61 dB do 64 dB. Hladiny akustických výkonů vnitřních jednotek jsou 57 dB.

Tab. 7.3 - souhrnná tabulka chladivového systému varianty s venkovními žaluziemi

<b>S venkovními žaluziemi</b>						
<b>Místnost</b>	<b>Zátěž</b>	<b>Požadovaný výkon</b>	<b>Vnitřní jednotka</b>	<b>Výkon Vnitřní jednotky</b>	<b>Venkovní jednotka</b>	<b>Výkon venkovní jednotky</b>
	[W]	[W]		[W]		[W]
<b>1.03</b>	1300	1690	<b>PM07SK NSA</b>	2100	<b>MU3R19 U21</b>	<b>5000</b>
<b>1.04</b>	400	520	<b>PM05SK NSA</b>	1500		
<b>1.06</b>	600	780	<b>PM05SK NSA</b>	1500		
<b>2.02</b>	1200	1560	<b>PM07SK NSA</b>	2100	<b>MU2R15 UL0</b>	<b>3600</b>
<b>2.03</b>	400	520	<b>PM05SK NSA</b>	1500		
<b>2.04</b>	400	520	<b>PM05SK NSA</b>	1500	<b>MU3R19 U21</b>	<b>5000</b>
<b>2.05</b>	1100	1430	<b>PM07SK NSA</b>	2100		
<b>2.06</b>	700	910	<b>PM05SK NSA</b>	1500		

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Celkový instalovaný elektrický příkon: 7 kW;
- Potřebný chladicí výkon: 7,6 kW;
- Celkový instalovaný chladicí výkon (R32): 14 kW.

### 7.2.2. Bez venkovních žaluzií

Dle Tab. 7.4 je patrné, že aby systém správně fungoval a pokryl tepelnou zátěž, musejí být použity 3 venkovní jednotky. To má zásadní problém s hlučností do okolí.

Hladiny akustických výkonů vnějších jednotek se pohybují od 64 dB do 67 dB. Hladiny akustických výkonů vnitřních jednotek se pohybují od 57 dB do 59 dB.

Tab. 7.4 - souhrnná tabulka chladivového systému varianty bez venkovních žaluzií

<b>Bez venkovních žaluzií</b>						
<b>Místnost</b>	<b>Zátěž</b>	<b>Požadovaný výkon</b>	<b>Vnitřní jednotka</b>	<b>Výkon Vnitřní jednotky</b>	<b>Venkovní jednotka</b>	<b>Výkon venkovní jednotky</b>
	[W]	[W]		[W]		[W]
<b>1.03</b>	4000	5200	<b>PM18SK NSK</b>	5300	<b>MU5M40 U44</b>	<b>9400</b>
<b>1.04</b>	1000	1300	<b>PM05SK NSA</b>	1500		
<b>1.06</b>	1700	2210	<b>PM07SK NSA</b>	2600		
<b>2.02</b>	3200	4160	<b>PM15SK NSJ</b>	4200	<b>MU3R19 U21</b>	<b>5900</b>
<b>2.03</b>	800	1040	<b>PM05SK NSA</b>	1500		
<b>2.04</b>	1200	1560	<b>PM05SK NSA</b>	1500	<b>MU4R27 U40</b>	<b>7600</b>
<b>2.05</b>	2300	2990	<b>PC12SK NSJ</b>	3500		
<b>2.06</b>	1900	2470	<b>PM07SK NSA</b>	2600		

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Celkový instalovaný elektrický příkon: 13 kW;
- Potřebný chladicí výkon: 18,3 kW;
- Celkový instalovaný chladicí výkon (R32): 23 kW.



### 7.3. Chlazení chladicími stropy

V této variantě jsem počítal s chlazením klimatizovaných prostorů chladicími stropy. Uvažoval jsem provedení s kapilárními rohožemi.

Čerstvý vzduch je do místností přiváděn samostatně větrací jednotkou. Tato jednotka musí obsahovat chladič, aby byl do místnosti přiváděn vzduch o teplotě 26 °C. Je to z důvodu, že chladicí stropy nedokáží odvádět vázané teplo.

Zdroj chladu se navrhuje jenom na citelné tepelné zátěže, jelikož tento systém není schopen odvádět vázané tepelné zátěže. Pro návrh jsem určil součet tepelných zátěží po hodinách a dle těchto hodnot lze navrhnout poté zdroj chladu:

Tab. 7.5 - Souhrnná tabulka maximálních tepelných zátěží po hodinách

S venkovními žaluziemi		Bez žaluzií	
hodina	výsledná zátěž [W]	hodina	výsledná zátěž [W]
[hod]	[W]	[hod]	[W]
6	3946	6	4723
7	4097	7	6522
8	4308	8	7777
9	4417	9	8268
10	4474	10	8290
11	4558	11	8402
12	4745	12	9232
13	4916	13	10005
14	5025	14	10419
15	5141	15	11104
16	5497	16	12833
<b>17</b>	<b>5789</b>	<b>17</b>	<b>14086</b>
18	5743	18	13530
19	5231	19	10585
20	4521	20	6001
21	4386	21	4399
22	4351	22	4364

### 7.3.1. S venkovními žaluziemi

Návrh probíhal dle kapitoly 3.4.1. Ukázka výpočtu je v PŘÍLOZE č. 4.

U varianty chladících stropů s venkovními žaluziemi byly požadavky na odvod tepelné zátěže částečně dodrženy. Jediná místnost č. 2.05 nevyhovuje návrhu. Je to dáno tím, že v této místnosti jsou velké vnitřní tepelné zisky. Aby tato varianta mohla být realizována, je nutné tuto místnost osadit dalším chlazením.

Jedním z řešení je přidání ventilátorového konvektoru o citelném chladícím výkonu 615 W. Druhé řešení je tuto místnost vyřešit změnou dispozice místnosti. Tj. snaha o snížení vnitřních zisků.

Po vyřešení místnosti 2.05 bude tato varianta **vyhovující**.

Tab. 7.6 -souhrnná tabulka chladících stropů varianty s venkovními žaluziemi

Místnost	Měrná tepelná zátěž	Potřebný výkon	Skutečný výkon	Vyhovuje?
	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	
1.03	32	45	69	ANO
1.04	36	52	74	ANO
1.06	30	43	83	ANO
2.02	29	42	67	ANO
2.03	36	52	74	ANO
2.04	25	36	64	ANO
2.05	73	105	64	NE
2.06	37	53	65	ANO

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Chladicí voda: 16/18 °C;
- Požadovaný celkový chladicí výkon (voda): 5,8 kW.

### 7.3.2. Bez venkovních žaluzií

Návrh probíhal dle kapitoly 3.4.1. Podrobné výpočty jsou v PŘÍLOZE č. 4.

Tato varianta **nevyhovuje**, jelikož potřebný měrný chladicí výkon je vyšší než skutečný měrný chladicí výkon.

Tab. 7.7 - Souhrnná tabulka chladících stropů varianty bez venkovních žaluzií

Místnost	Měrná tepelná zátěž	Potřebný výkon	Skutečný výkon	Vyhovuje?
	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	
1.03	98	139	93	NE
1.04	91	130	93	NE
1.06	85	121	100	NE
2.02	78	111	89	NE
2.03	73	104	89	NE
2.04	75	107	89	NE
2.05	153	219	83	NE
2.06	100	143	88	NE

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 230V, 50Hz;
- Chladicí voda: 16/18 °C;
- Požadovaný celkový chladicí výkon (voda): 14 kW.

#### **7.4. Chlazení větráním s variabilním průtokem vzduchu**

Pro správné řešení je nutné zajistit přívod chladícího vzduchu do klimatizovaných místností. Navržená vzduchotechnická jednotka musí tedy obsahovat chladič.

Vzduch bude distribuován do obytných místností vířivými anemostaty. Vířivé anemostaty byly zvoleny, protože dokáží pracovat s teplotním rozdílem až 12 K. Vířivé anemostaty budou umístěny v podhledy místnosti – což vede na požadavek změny stavby. Každý distribuční element bude napojen na potrubní síť pružnými hadicemi tzv. FLEXO hadice.

Před každým vířivým anemostatem bude na potrubní síti osazen tlumič hluku. Je to z důvodu, že na každý vířivý anemostat spadá jeden regulátor proměnlivého průtoku, který je zdrojem aerodynamického hluku. Každý regulátor proměnlivého průtoku bude obsahovat teplotní čidlo místnosti – tím bude zajištěna správná regulace průtoku vzduchu. Za ventilátorem bude osazeno tlakové čidlo, které bude hlídat tlak v potrubní síti. Díky tomuto čidlu může ventilátor regulovat otáčky.

Tato varianta řešení má výhodu, že umožňuje energeticky účinnou distribuci systému optimalizací množství a teploty distribuovaného vzduchu. Značnou nevýhodou je prostorová náročnost.

### 7.4.1. S venkovními žaluziemi

Varianta s venkovními žaluziemi vyhovuje požadavku na odvod tepelné zátěže. Tepelná zátěž byla odvedena ze všech klimatizovaných místností. Problém nastává s množstvím a teplotou chladícího vzduchu. Dle zátěží bylo stanoveno množství chladícího vzduchu, ke kterému bylo připočteno množství větracího vzduchu. Dle těchto hodnot byla navržena vzduchotechnická jednotka od společnosti Elektrodesign. Konkrétní typ jednotky **Duovent Compact DV 3000**.

Tab. 7.8 - souhrnná tabulka VAV systému varianty s venkovními žaluziemi

Místnost	Teplota v místnost	Zátěž	Teplota přiváděného vzduchu	Množství vzduchu nutné pro odvedení tepelné zátěže
	[°C]		[W]	[°C]
<b>1.03</b>	26	1300	17,5	<b>450</b>
<b>1.04</b>	26	400	17,5	<b>140</b>
<b>1.06</b>	26	600	17,5	<b>200</b>
<b>2.02</b>	26	1200	17,5	<b>430</b>
<b>2.03</b>	26	400	17,5	<b>150</b>
<b>2.04</b>	26	400	17,5	<b>150</b>
<b>2.05</b>	26	1100	17,5	<b>390</b>
<b>2.06</b>	26	700	17,5	<b>250</b>

- Množství chladícího vzduchu: 2000 m<sup>3</sup>/h;
- Hygienické množství vzduchu: 565 m<sup>3</sup>/h;
- Množství vzduchu pro návrh VZT jednotky: 2565 m<sup>3</sup>/h.

### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 400 V, 50 Hz;
- Elektrický příkon: 0,93 kW;
- Chladící voda: 6/12 °C;
- Potřebný chladící výkon: (voda): 7,6 kW.

#### 7.4.2. Bez venkovních žaluzií

Varianta bez venkovních žaluzií vyhovuje požadavku na odvod tepelné zátěže. Tepelná zátěž byla odvede ze všech klimatizovaných místností. Problém nastává s množstvím a teplotou chladícího vzduchu. Dle zátěží bylo stanoveno množství chladícího vzduchu, ke kterému bylo připočteno množství větracího vzduchu. Dle těchto hodnot byla navržena vzduchotechnická jednotka od společnosti Elektrodesign. Konkrétní typ jednotky **Duovent Compact DV 5100**.

Tab. 7.9 - souhrnná tabulka VAV systému varianty bez venkovních žaluzií

Místnost	Teplota v místnost	Zátěž	Teplota přiváděného vzduchu	Množství vzduchu nutné pro odvedení tepelné zátěže
	[°C]		[W]	[°C]
<b>1.03</b>	26	4000	17,5	<b>1410</b>
<b>1.04</b>	26	1000	17,5	<b>350</b>
<b>1.06</b>	26	1700	17,5	<b>600</b>
<b>2.02</b>	26	3200	17,5	<b>1110</b>
<b>2.03</b>	26	800	17,5	<b>290</b>
<b>2.04</b>	26	1200	17,5	<b>430</b>
<b>2.05</b>	26	2300	17,5	<b>810</b>
<b>2.06</b>	26	1900	17,5	<b>670</b>

- Množství chladícího vzduchu: 4900 m<sup>3</sup>/h;
- Hygienické množství vzduchu: 565 m<sup>3</sup>/h;
- Množství vzduchu pro návrh VZT jednotky: 5465 m<sup>3</sup>/h.

#### Celková bilance

K zajištění bezproblémového provozu je nutné zajistit následující energetické bilance:

- Elektrická energie: 400 V, 50 Hz;
- Elektrický příkon: 1,93 kW;
- Potřebný chladicí výkon (chladiivo R32): 18,3 kW.

## 8. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat studii na klimatizaci a větrání rodinného domu v několika variantách a následně jednotlivé varianty porovnat. Dalším cílem bylo zohlednit u každé varianty účinek venkovních žaluzií.

Prvním krokem byl návrh větracího systému, který bude plnit hygienické požadavky. Pro správný návrh větracího systému jsem nejprve musel určit režimy provozu. Systém jsem navrhl pro útlumový, trvalý a nárazový režim. Následně jsem dle normy ČSN EN 15665 pro každou místnost stanovil množství větracího vzduchu.

Dalším krokem bylo navrhnout větrací jednotku. Jak již bylo řečeno, uvažoval jsem tři režimy provozu. Vzduchotechnickou jednotku jsem navrhoval na nárazový režim tedy na průtok vzduchu  $565 \text{ m}^3/\text{h}$ . Jedná se o rovnotlaký systém, tudíž množství vzduchu pro přívod i odvod bude stejné. Vzduchotechnickou jednotku jsem zvolil od výrobce KOMFOVENT, konkrétní typ **DOMEKT-CF-700-H**. Navržená jednotka spolehlivě obstará všechny tři režimy. Jednotka není vybavena žádným chladičem. Jedná se o jednotku s deskovým rekuperačním tepelným výměníkem. Vzduch je tedy tepelně upravován pouze v tomto výměníku.

Pro distribuci vzduchu byly navrženy na přívodu čtyřhranné vyústky (tzv. mřížky) a na odvodu byly navrženy talířové ventily.

Celý systém je regulován pouze otáčkami ventilátoru, tudíž v potrubní trase není potřebný žádný regulátor průtoku.

Druhým krokem byl návrh jednotlivých klimatizačních systémů. Nejprve byla stanovena tepelná zátěž dle normy ČSN 73 0548. Tepelná zátěž byla stanovena pro každou místnost ve dvou variantách – varianta s venkovními žaluziemi a varianta bez venkovních žaluzií. Díky těmto hodnotám jsem mohl začít s návrhem klimatizačních systémů.

První variantou byl návrh systému s **ventilátorovými konvektory**. Ventilátorové konvektory byly navrženy od společnosti FläktGroup. Konkrétní modelová řada HyFlex-Geko. Výhodou tohoto řešení je vysoký chladicí výkon. Značnou nevýhodou je hluk od ventilátoru a vznik kondenzátu, který je nutný odvádět. Dále ventilátorový konvektor pracuje s velkým množstvím oběhového vzduchu. To může zapříčinit vznik průvanu a následně snížit komfort v klimatizované místnosti.

Obě varianty vyhovují požadavkům na odvod tepelné zátěže. Ve všech místnostech byly odvedeny tepelné zátěže. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je hluk od ventilátoru. Hladiny akustických výkonů se pohybují od 38 do 57 dB. Chladicí jednotka bude muset být umístěna mimo místnost na chodbě a opatřena tlumiči hluku, aby byl tento nepříznivý jev co nejvíce potlačen. Tím, že je ventilátorový konvektor umístěn mimo místnost, dveře budou opatřeny mřížkami, což není také vhodné řešení. Jelikož ventilátorové konvektory pracují s velkým množstvím oběhového vzduchu, nastává zde riziko průvanu.

Druhou variantou byl návrh chladivového systému **Split a Multisplit**. Splitové jednotky byly navrženy od společnosti LG. Konkrétní modelová řada vnitřních jednotek byla zvolena Standard Plus. Výhodou tohoto řešení je jednoduchost montáže a vysoké chladicí výkony. Nevýhodou je vznik kondenzátu, který je nutný odvádět a možný vznik průvanu, jelikož vnitřní chladivové jednotky pracují s velkým množstvím oběhového vzduchu obdobně jako ventilátorové konvektory. Další nevýhodou je hluk od ventilátoru ve výparníku. Hodnoty hladiny akustických výkonů se pohybují od 57 do 59 dB.

Obě varianty vyhovují požadavkům na odvod tepelné zátěže. Ve všech místnostech byla odvedena tepelná zátěž. Problémem u varianty s venkovními žaluziemi je značné předimenzování systému. Požadovaný celkový chladicí výkon je 7,6 kW a instalovaný celkový chladicí výkon je 13,8 kW. Systém je tedy předimenzován o 6,2 kW, což je téměř polovina celkového instalovaného výkonu. Je to důsledek toho, že vnitřní jednotky se vyrábějí s nejmenším chladicím výkonem 1,5 kW. Nelze tedy navrhnout menší jednotku, tudíž je tato varianta značně předimenzována.

U varianty bez venkovních žaluzií je systém také předimenzován, ale nejedná se o tak velký rozdíl, jako u varianty s venkovními žaluziemi. Celkový požadovaný chladicí výkon je 18,3 kW a celkový instalovaný chladicí výkon je 22,7 kW. Systém je předimenzován o 4,4 kW.



Třetí variantou byl návrh **chladících stropů**. Výhodou toho řešení je kvalita tepelného komfortu, systém je „samoregulační“, nedochází k obtěžování hlukem. Nevýhodou je riziko kondenzace a omezení chladicího výkonu.

U varianty chladících stropů s venkovními žaluziemi byly požadavky na odvod tepelné zátěže částečně dodrženy. Ve všech místnostech byla tepelná zátěž odvedena až na místnost 2.05. Jedná se o místnost s vysokými vnitřními tepelnými zisky. Jedním z řešení by bylo přidání ventilátorového konvektoru. Druhým by mohla být změna dispozice místnosti. Třetím by mohlo být zvýšení dispoziční plochy pro potrubí, ale jelikož potřebný chladicí výkon vyšel téměř dvojnásobný oproti skutečnému chladicímu výkonu, je tato varianta značně nevýhodná

U varianty bez venkovních žaluzií nebyly splněny požadavky na odvod tepelných zátěží. V žádné místnosti nebyla odvedena tepelná zátěž, tudíž tento systém je **nevyhovující**.

Čtvrtou variantou byl návrh klimatizace **vzduchovým systémem VAV**. Výhoda systému s proměnným průtokem vzduchu je, že umožňuje energeticky účinnou distribuci systému optimalizací množství a teploty distribuovaného vzduchu. Nevýhodou jsou ale vysoké průtoky vzduchu, velké prostorové nároky a požadavky na regulaci systému.

Obě varianty vyhovují požadavkům na odvod tepelné zátěže. Tepelné zátěže byly odvedeny ze všech klimatizovaných místností. Problém nastává s množstvím a teplotou chladicího vzduchu. Aby byl tento objekt správně navržen, bylo stanoveno dle tepelných zátěží množství chladicího vzduchu. Dle těchto hodnot byly navrženy vzduchotechnické jednotky od společnosti Elektrodesign. Konkrétní typy jednotky **Duovent Compact DV 3000** pro variantu s venkovními žaluziemi a **Duovent Compact DV 5100** pro variantu bez venkovních žaluzií. Hlavním problémem je prostorová náročnost. Jednotku nelze kvůli její velikosti umístit do technické místnosti, musela by být umístěna na střeše objektu. Pro minimalizaci množství chladicího vzduchu byla stanovena teplota chladicího vzduchu na 17,5 °C, tudíž jako distribuční element musí sloužit vířivý anemostat. To vede na požadavek na změnu stavby. Díky vysokým průtokům chladicího vzduchu roste také požadavek na značné dimenze potrubí. Tato varianta je pro zadaný objekt velmi komplikovaná.

Nejvhodnější variantou z tohoto výběru se jeví varianta chladících stropů s venkovními žaluziemi. S ohledem na její malou energetickou náročnost, přívětivé komfortní podmínky pro obyvatele a samoregulační schopnost se jedná o velmi výhodnou variantu. Hlavním problémem je cena instalace a náročnost instalace. Dále nutnost opatřit místnost 2.05 dalším chladícím prvkem – např. ventilátorový konvektor.

Druhá nejvhodnější varianta je klimatizace chladivovým systémem split a multisplit bez venkovních žaluzií. S ohledem na jednoduchost instalace a výrazně nižší cenu instalace oproti variantě chladících stropů, se jedná o velice výhodnou variantu. Dále odpadá nutnost instalace venkovních žaluzií, která také sníží investiční nároky.

Žádná varianta řešení není optimální, musejí se hledat kompromisy. Doporučil bych pro tento objekt dvě varianty řešení. Variantu klimatizace chladícími stropy s venkovními žaluziemi a variantu klimatizace chladivových systémů Split a Multisplit bez venkovních žaluzií.

## 9. SEZNAM LITERATURY A PŘÍLOH

### 9.1. Seznam použité a doporučené literatury

- [1] „DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. Větrání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.".
- [2] „ČSN 73 05 48 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů".
- [3] „ZMRHAL, Vladimír. PROJEKT - vzduchotechnika: 1. Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor.".
- [4] „MATUŠKA, Tomáš. Sluneční energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze.".
- [5] „ČSN EN ISO 9488: Solární energie - Slovník. 1999.".
- [6] „DRKAL, František, Vladimír ZMRHAL, Jan SCHWARZER a Miloš LAIN. KLIMATIZACE A PRŮMYSLOVÁ VZDUCHOTECHNIKA. Praha: Evropský sociální fond, 2009.".
- [7] „DRKAL, František, Miloš LAIN a Vladimír ZMRHAL. Klimatizace. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-05652-3.".
- [8] „Variable Air Volume (VAV) Systems Operations and Maintenance | PNNL". <https://www.pnnl.gov/projects/om-best-practices/variable-air-volume-systems> (viděno 9. červen 2023).
- [9] „Cihla Porotherm 30 T Profi - Tepelněizolační broušená". <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/cihla-porotherm-30-t-profi---tepelnizolani-brouena.html> (viděno 11. červen 2023).
- [10] „Izolační dvojsklo s hliníkovým rámečkem, Ug=1,0 (celková síla skla 24mm) | E-shop se sklem". <https://www.sklenarstvinonstop.cz/izolacni-dvojsklo-s-hlinikovym-rameckem-ug-1-0-celkova-sila-skla-24mm.htm> (viděno 29. květen 2023).
- [11] „Venkovní žaluzie Z-90 | NEVA". <https://www.neva.eu/zaluzie/produkty/z-90/#technical-parameters> (viděno 11. červen 2023).
- [12] „KK 080 talířový ventil odvodní kovový | Elektrodesign". <https://www.elektrodesign.cz/eshop/kk-080-talirovy-ventil-odvodni-kovovy/> (viděno 11. červen 2023).

## 9.2. Seznam příloh

- PŘÍLOHA č. 1 – STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VĚTRACÍHO VZDUCHU
- PŘÍLOHA č. 2 – SOUHRNNÁ TABULKA TEPELNÝCH ZÁTĚŽÍ
- PŘÍLOHA č. 3 – NÁVRH VAV SYSTÉMU
- PŘÍLOHA č. 4 – NÁVRH CHLADÍCÍCH STROPŮ
- PŘÍLOHA č. 5 – TECHNICKÝ LIST VĚTRACÍ JEDNOTKY KOMFOVENT  
**DOMEKT-CF-700-H**
- PŘÍLOHA č. 6 – TECHNICKÝ LIST VĚTRACÍ JEDNOTKY ELEKTRODESIGN  
**DUOVENT COMPACT DV 3000**
- PŘÍLOHA č. 7 – TECHNICKÝ LIST VĚTRACÍ JEDNOTKY ELEKTRODESIGN  
**DUOVENT COMPACT DV 5100**
- PŘÍLOHA č. 8 – VÝSTŘIŽKY Z KATALOGU VÝROBCE CHLADIVOVÝCH  
JEDNOTEK SPLIT A MULTISPLIT – VÝROBCE **LG**
- PŘÍLOHA č. 9 – TECHNICKÉ LISTY KE ZVOLENÝM VENTILÁTOROVÝM  
KONVEKTORŮM – **FläktGroupe**
- PŘÍLOHA č. 10 – TECHNICKÝ LIST ZASKLENÍ
- PŘÍLOHA č. 11 – SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ŘEŠENÍ SAMOSTATNÝCH  
ROZVODŮ VZDUCHOTECHNIKY – 1NP
- PŘÍLOHA č. 12 – SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ŘEŠENÍ SAMOSTATNÝCH  
ROZVODŮ VZDUCHOTECHNIKY – 2NP