



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavλίna Vladyková

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Blasinski, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov  
Studentka: **Pavína Vladyková**  
Vedoucí práce: **Ing. Petr Blasinski, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23  
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství  
Studijní obor: Pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh vzduchotechniky divadla

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Zpracování projektu vzduchotechniky pro vybranou budovu.

### **Cíle a výstupy bakalářské práce:**

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST, vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 1-2 zařízení zpracovaná v tématech:

tepelné bilance,

průtoky vzduchu, tlakové poměry

distribuce vzduchu,

dimenzování potrubí a tlaková ztráta,

úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (hx diagramy),

útlum hluku

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna) legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma

### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy

2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 14. 11. 2022

L. S.

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Petr Blasinski, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Cílem práce je navrhnout vzduchotechnické zařízení do prostoru hlediště a jeviště divadla, aby pokrývalo tepelné zisky, částečně i ztráty. Práce je rozdělena do tří částí – teoretické, výpočtové a projektové. První část pojednává o koncentraci oxidu uhličitého v interiéru. Druhá část obsahuje veškeré potřebné výpočty a samotný návrh vzduchotechnického zařízení v divadle. Třetí část je praktická – obsahuje technickou zprávu, technickou specifikaci a regulační schéma. Součástí této práce jsou také výkresy navržené vzduchotechniky. Postupováno bylo v souladu s aktuálními normami a směrnici.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vzduchotechnika, divadlo, distribuce vzduchu, tepelná bilance, oxid uhličitý, tepelné ztráty, tepelné zisky, difuzor pro divadla

## **PREFACE**

The aim of the work is to design an air conditioning system for the auditorium and stage of the theatre that will cover the heat gains and partly the losses. The work is divided into three parts - theoretical, computational and design. The first part deals with the carbon dioxide concentration in the interior. The second part contains all the necessary calculations and design of the air conditioning system in the theatre. The third part is practical - it contains the technical report, technical specification, and control scheme. Drawings of the proposed air conditioning system are also part of this work. The procedure has been carried out in accordance with the applicable standards and guidelines.

## **KEY WORDS**

Air handling, theatre, air distribution, heat balance, carbon dioxide, heat loss, heat gain, theatre diffuser

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VLADYKOVÁ, Pavlína. *Návrh vzduchotechniky divadla*. Brno, 2023. 145 s. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/150282>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických budov. Vedoucí práce Petr Blasinski.

## **PROHLÁŠENÍ:**

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

V Brně dne 26.5.2023

---

podpis autora  
Pavína Vladyková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla srdečně poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Petru Blasinskému, Ph.D., za cenné rady, trpělivost, ochotu a příkladné vedení mé práce.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
1.1 ÚVOD .....	12
1.2 CO <sub>2</sub> – OXID UHLIČITÝ .....	12
1.2.1 POPIS.....	12
1.2.2 VZNIK CO <sub>2</sub> .....	13
1.3 ZDROJE CO <sub>2</sub> V INTERIÉRU .....	14
1.4 KONCENTRACE CO <sub>2</sub> .....	15
1.4.1 BĚŽNÁ KONCENTRACE.....	15
1.4.2 ZVÝŠENA KONCENTRACE CO <sub>2</sub> A JEJÍ NÁSLEDKY .....	16
1.5 MĚŘENÍ CO <sub>2</sub> A PŘÍSTROJE TOMU URČENÉ .....	17
1.6 NÁVRH OPATŘENÍ.....	22
1.7 ZÁVĚR .....	26
<b>2 VÝPOČTOVÁ ČÁST.....</b>	<b>28</b>
2.1 ANALÝZA OBJEKTU .....	28
2.1.1 POPIS OBJEKTU.....	28
2.1.2 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY.....	29
2.1.2.1 FUNKČNÍ CELEK Č. 1 .....	29
2.1.2.2 FUNKČNÍ CELEK Č. 2.....	30
2.1.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY .....	31
2.1.3.1 VNITŘNÍ NÁVRHOVÉ PODMÍNKY .....	31
2.1.3.2 VNĚJŠÍ NÁVRHOVÉ PODMÍNKY .....	32
2.2 TEPELNÉ ZTRÁTY.....	33
2.2.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA.....	33
2.2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	34
2.2.2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM .....	34
2.2.2.2 TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM .....	36
2.3 TEPELNÉ ZISKY .....	37
2.4 PRŮTOKY VZDUCHU .....	41
2.5 DISTRIBUČNÍ PRVKY .....	44
2.5.1 DISTRIBUČNÍ PRVKY PRO PŘÍVOD VZDUCHU .....	44
2.5.2 DISTRIBUČNÍ PRVKY PRO ODVOD VZDUCHU.....	46
2.5.3 SHRUTÍ DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ .....	47
2.6 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ.....	47
2.6.1 DIMENZOVÁNÍ .....	49

2.6.2	CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA .....	50
2.7	VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY .....	66
2.8	ÚTLUM HLUKU .....	70
2.9	IZOLACE POTRUBÍ .....	75
<b>3</b>	<b>PROJEKT .....</b>	<b>79</b>
3.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA .....	79
3.2	SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ .....	88
3.3	SCHÉMA .....	90
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>91</b>
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>92</b>
<b>5</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ .....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....</b>	<b>98</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>101</b>
<b>8</b>	<b>VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY.....</b>	<b>101</b>
	PŘÍLOHY .....	103

## ÚVOD

Předmětem mé bakalářské práce je návrh vzduchotechniky divadla. Charakter budovy již napovídá skutečnosti, že se zde schází nárazově velké množství lidí, proto je nezbytně nutné jim zajistit optimální vnitřní podmínky. V takovém množství osob a při orientaci hlediště do centrální části budovy s minimem obvodových zdí nelze zajistit dostatek čerstvého vzduchu pouze větráním.

Nucené větrání je pro prostor divadla nezbytnou součástí. Je třeba navrhnout vzduchotechnické zařízení, které nebude rušit návštěvníka esteticky, ani hlukově, ale zároveň poskytne takovou výměnu a úpravu vzduchu, aby byla divákova pozornost upřena pouze na představení, ne na osobní diskomfort.

V první části mé bakalářské práce se zabývám tématem koncentrace oxidu uhličitého v interiéru. Druhá část je již samotný výpočet a návrh vzduchotechnického zařízení. Třetí část je projektová – v této části se nachází technická zpráva a specifikace.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

## NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

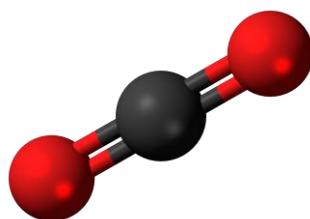
AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

### A. Teoretická část

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Úvod

V současné době se o oxidu uhličitém nejvíce mluví v souvislosti se skleníkovými plyny. Výrazně méně se mluví o oxidu uhličitém v souvislosti s jeho koncentrací v interiéru. Na následujících stránkách nejprve vysvětlím, co přesně oxid uhličitý je, k čemu je používání a kde se vyskytuje. Následně popíšu, jaké jsou běžné hladiny oxidu uhličitého v interiéru, odkud se samotný plyn bere a čím se měří. V neposlední řadě navrhnou opatření, jak předcházet komplikacím spojeným s nesprávnou hladinou oxidu uhličitého v interiéru.



Obrázek 1: Molekula oxidu uhličitého [32]

## 1.2 CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý

### 1.2.1 Popis

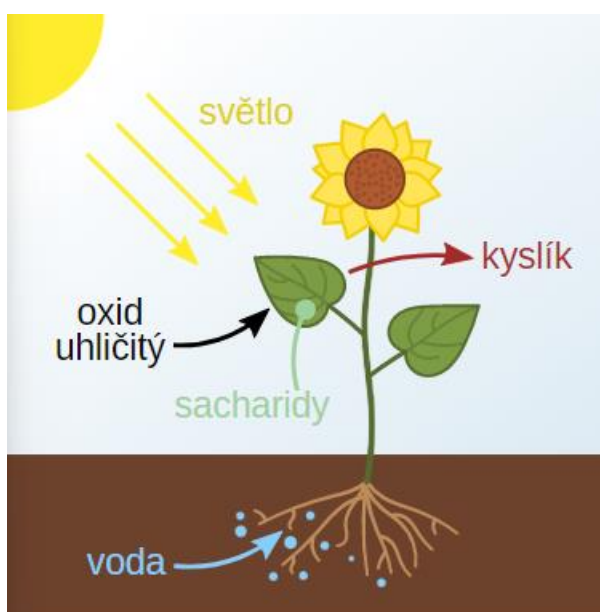
Oxid uhličitý je plyn, který je tvořen 2 atomy kyslíku (O) a atomem uhlíku (C), značíme jej CO<sub>2</sub>. Nejběžněji se s ním setkáváme jako se součástí vzduchu, který dýcháme. Vzduch, který dýcháme na povrchu planety Země je složen ze 78 % dusíkem, 21 % kyslíkem, 1 % vzácných plynů a 0,04 % právě oxidem uhličitým. Jedná se o bezbarvý plyn, který je v běžné koncentraci bez zápachu. Při ochlazení pod -80 °C plynný CO<sub>2</sub> mění své skupenství za vzniku tuhé látky „suchý led“, tento proces se nazývá desublimace. Je přibližně 1,5x hustší než vzduch samotný. Je nehořlavý a jedná se o velmi stabilní látku, která se nerozloží ani při vysokých teplotách. [16] Oxid uhličitý zahrnujeme mezi skleníkové plyny, to znamená, že pomáhá udržovat společně s ostatními skleníkovými plyny průměrnou teplotu na planetě Zemi kolem 15°C a bez jeho výskytu by nebylo možné, aby vznikl život na naší planetě v podobě, kterou známe. [2]

Vlastnosti oxidu uhličitého	
Molární hmotnost	44,0095 g/mol
Hustota	1,6 g/cm <sup>3</sup> (pevný), 1,98 kg/m <sup>3</sup> (plynný)
Kritická teplota	31 °C
Kritický tlak	7 390 kPa
Kritická hustota	0,468 g/cm <sup>3</sup>
Teplota tání	-78 °C (za normálního tlaku sublimuje)
Teplota varu	-57 °C (pod zvýšeným tlakem)
Rozpustnost ve vodě	1,45 kg/m <sup>3</sup>

Obrázek 2: Vlastnosti oxidu uhličitého [19]

## 1.2.2 Vznik CO<sub>2</sub>

Oxid uhličitý vzniká z různých spalovacích procesů, při kterých se uhlík z organických látek sloučí s kyslíkem, a vzniká právě CO<sub>2</sub>. Vzniká také jako odpadní látka při chemických výrobcích, jako je například zpracování uhlí, ropy nebo zemního plynu, ale i například z fermentačních procesů. Neopomenutelný vznik oxidu uhličitého je rozhodně dýchání a fotosyntetizující rostliny či bakterie. [17]

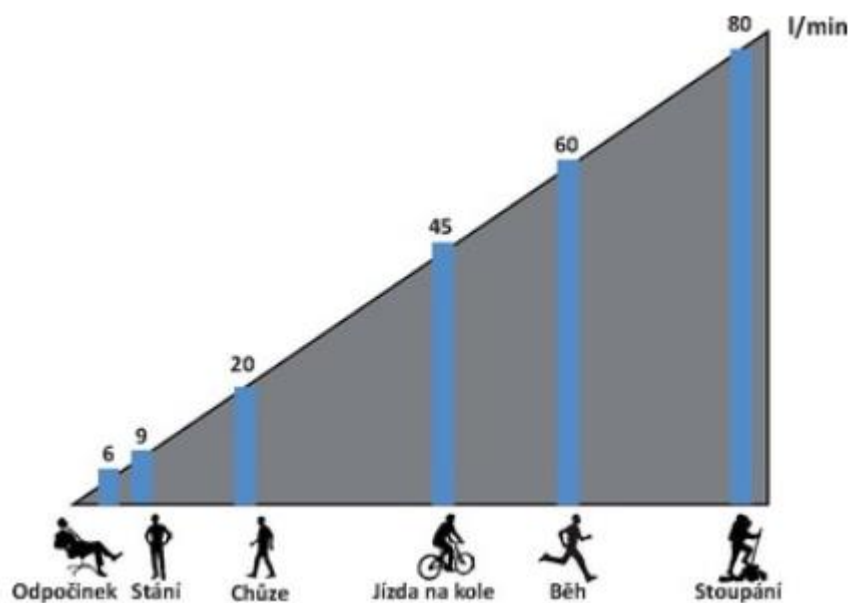


Obrázek 3: Zjednodušený princip fotosyntézy [26]

## 1.3 Zdroje CO<sub>2</sub> v interiéru

### Člověk

Nejběžnějším zdrojem oxidu uhličitého v interiéru je člověk. Člověk vylučuje oxid uhličitý při dýchání, kdy se organické látky (hlavně cukry) postupně rozkládají až na CO<sub>2</sub> a vodu. [2] Běžně dospělý člověk, který je zdravý, přijímá přibližně 250 ml kyslíku a následně ze sebe výdechem vyloučí přibližně 200 ml CO<sub>2</sub>. Stejných hodnot při dýchání dosahuje např. i velký pes. [19]



Obrázek 4: orientační graf potřeby člověka v závislosti na fyzické aktivitě [23]

### Spotřebiče

Jak již bylo zmíněno výše, oxid uhličitý vzniká právě při spalování. Proto neopomenutelným zdrojem tohoto plynu v interiéru jsou plynové spotřebiče, např. plynový sporák. Nicméně u plynového průtokového ohříváče vody je nutné dbát hlavně na únik oxidu uhelnatého (CO), který vzniká nedokonalým spalováním.

## 1.4 Koncentrace CO<sub>2</sub>

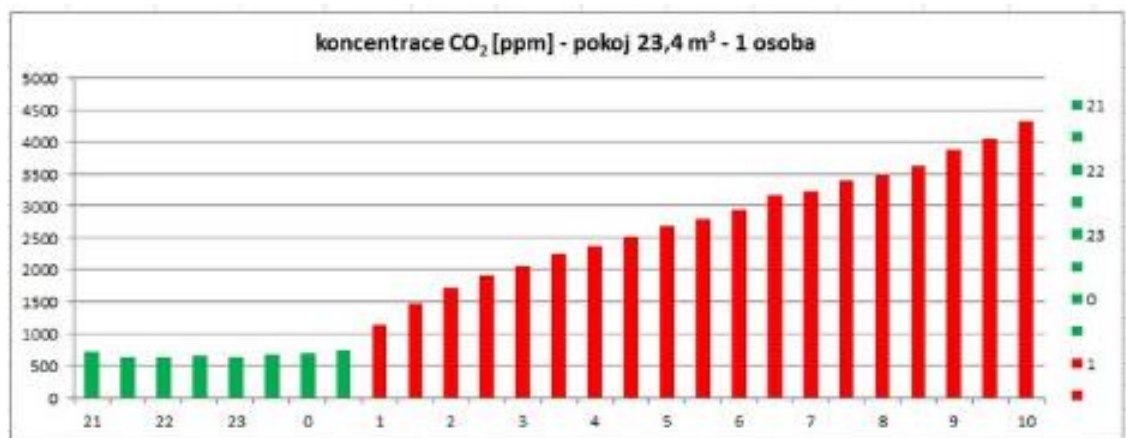
### 1.4.1 Běžná koncentrace

Koncentrace oxidu uhličitého se vyjadřuje v jednotkách ppm (parts per milion), případně v %, nebo v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Jednotka ppm je však nejčastější a vyjadřuje jednu částici dané látky pro 999 999 dalších částic, nebo jak doslovný překlad napovídá – jedná se o jeden díl v milionu. Mezi výše uvedenými jednotkami platí následující převodní vztah: [19]

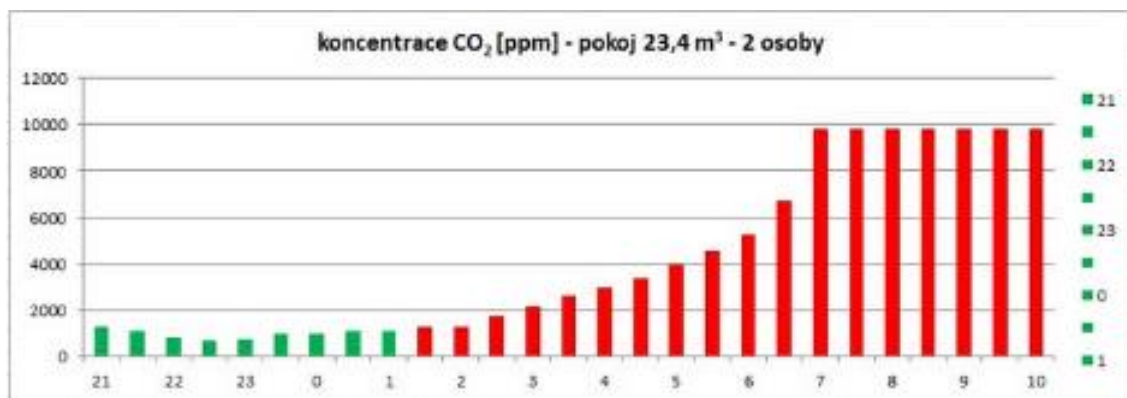
$$1\ 000\ \text{ppm} = 1\ 800\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} = 0,1\ \%$$

Běžná koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře je 370 ppm. Nicméně tato koncentrace se každý rok zvyšuje přibližně o 1 ppm.

Co se týká koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru, hodnoty jsou dané vyhláškou č. 20/2012 Sb [14], která hovoří o tom, že větrání obytné místnosti musí být se zajištěnou výměnou vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h a koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. Je prokázáno, že ve středně velké ložnici, ve které spí 2 lidé, je ráno hodnota koncentrace oxidu uhličitého kolem 3000 ppm [19]. Znamená to tedy, že čím více osob se nachází v pobytové místnosti, tím větší je potřeba větrání. Obecně uvažovaná hodnota pro vyhovující koncentraci CO<sub>2</sub> je 1000 ppm.



Graf 1: Koncentrace oxidu uhličitého 1 osoba [33]



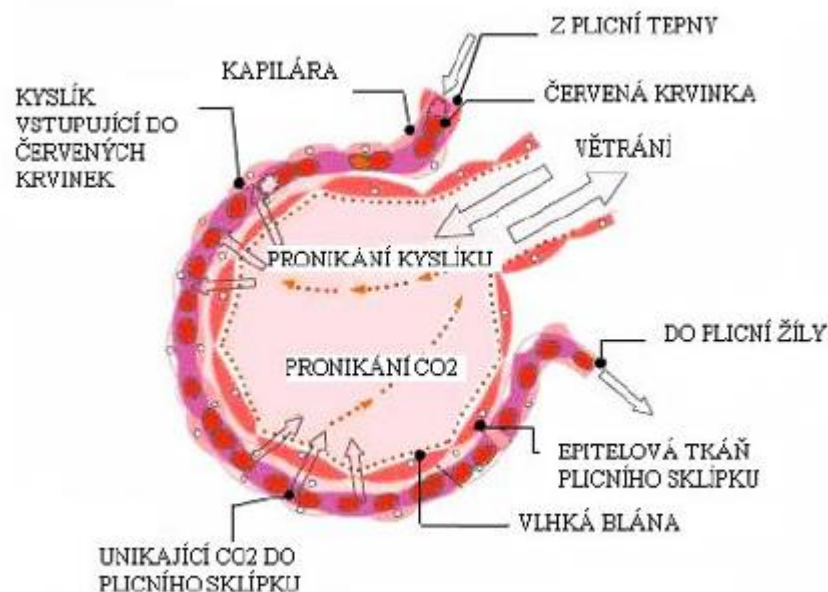
Graf 2: Koncentrace oxidu uhličitého 2 osoby [32]

### 1.4.2 Zvýšena koncentrace CO<sub>2</sub> a její následky

Pokud se hladina koncentrace CO<sub>2</sub> vyšplhá nad cca 1500 ppm, způsobuje člověku dýchací potíže, zasažená osoba pociťuje únavu, malátnost, bolesti hlavy. Běžně říkáme, že takový vzduch s vyšší koncentrací CO<sub>2</sub> je „vydýchaný“. Takový stav nicméně nezpůsobí člověku žádné dlouhodobější následky. Pokud by došlo k delšímu působení CO<sub>2</sub> v koncentraci desetinásobné oproti normálu, mohlo by v krajních případech dojít u člověka ke křečím, koma a následně i smrti. Takové následky jsou z dosavadních vědeckých poznatků zdůvodněné tím, že se vyšší koncentrací CO<sub>2</sub> v krvi změní kyselost, neboli pH krve. Běžně je pH krve zdravého člověka konstantní a právě CO<sub>2</sub> může způsobit nerovnováhu, která vede k důsledkům popsaným výše. [2]

Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm]	Účinky
350 – 400	koncentrace ve venkovním ovzduší
700	koncentrace stále vnímaná jako čerstvý vzduch
1000	doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory
1500	maximální hodnota pro obytné prostory stanovená vyhláškou
> 2000	nastávají příznaky únavy, snižování koncentrace, bolesti hlavy
5000	maximální krátkodobá bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zrychlený tep
> 15 000	dýchací potíže, při dlouhodobé expozici poškození zdraví
> 25 000	možná ztráta vědomí a smrt

Obrázek 5: Důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na člověka [18]



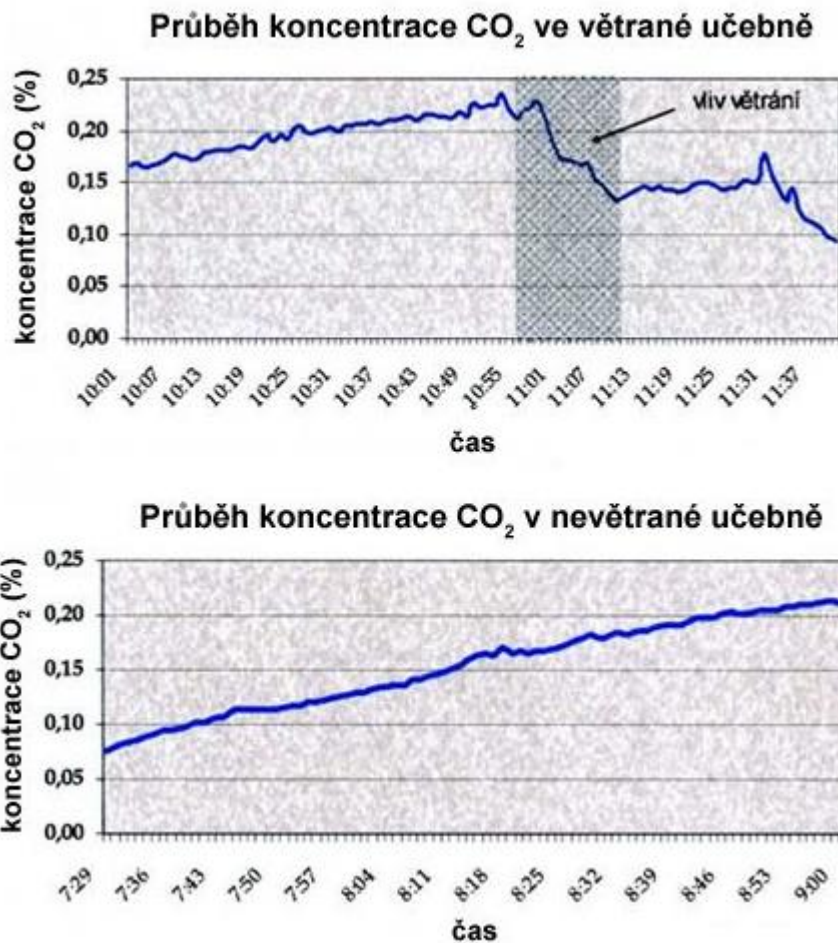
Obrázek 6: Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku [Wohlschlagrová, 2010]

## 1.5 Měření CO<sub>2</sub> a přístroje tomu určené

Nejlepší prevencí před nebezpečnými důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého v interiéru je průběžné měření. Oxid uhličitý měří čidla v klimatizační jednotce nebo kombinované meteostanice, ale nejjednodušší a nejdostupnější je měření přímo měřičem CO<sub>2</sub>, které se vyrábějí nástěnné nebo stolní a jsou volně dostupné k prodeji. Některé měřiče jsou vybaveny zvukovou či světelnou signalizací v případě, že hodnota koncentrace CO<sub>2</sub> přesáhne danou mez.

### Měření ve školách

Státní zdravotní ústav se zabýval měřením oxidu uhličitého ve školách, kde se často objevuje problém „vydýchaného vzduchu“. Žáci jsou poté nesoustředění, hůře přemýšlí a má to negativní dopad na vyučovací hodinu. Bylo naměřeno, že ze 141 učeben, ve kterých se provádělo měření, ve 48 učebnách byl překročen limit koncentrace oxidu uhličitého. Bohužel u škol hraje velkou roli také hluk z okolí, proto záleží, na kterou stranu je učebna orientovaná, kdy a na jak dlouho se může větrat. Zároveň ale také zjistili, že na koncentraci CO<sub>2</sub> v učebně má vliv například i druh podlahy, z důvodu usazování prachu. [35]



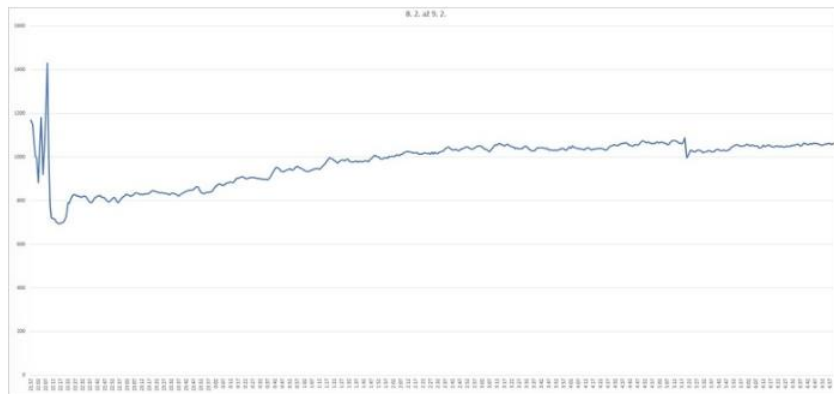
Graf 3: Průběh koncentrace oxidu uhličitého v učebnách [35]

### Měření v ložnici

Každý z nás se setkává nejčastěji se zvýšenou koncentrací oxidu uhličitého každou noc v ložnici. Pan Ing. Petr Bohuslávek zveřejnil na stránkách TZB-info výsledky svého pokusu, kdy měřil oxid uhličitý v ložnici za různých podmínek. [34]

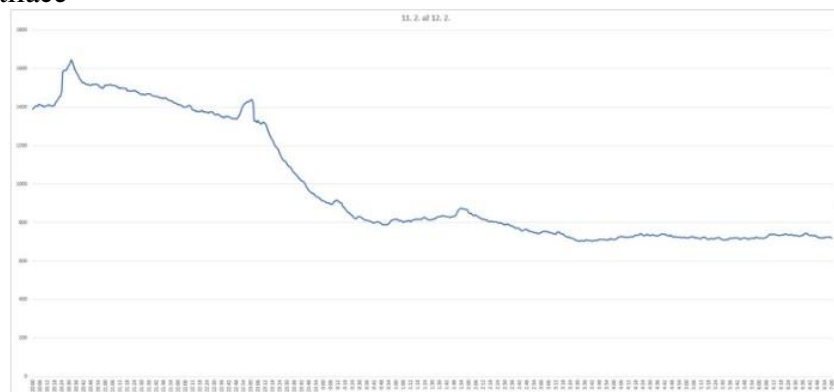
Pokus probíhal v zimním období, které je právě z hlediska výměny vzduchu nejproblematičtější. Přirozeně lze větrat, ale s velkými teplenými ztrátami.

- Mikroventilace (*pozn. hodnoty na začátku nejsou relevantní, probíhala kalibrace měřiče*)



Graf 4: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při mikroventilaci [34]

- Ventilace



Graf 5: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při ventilaci [34]

- Zavřené okno (*pozn. oba propady jsou z důvodu větrání v té době*)



Graf 6: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při zavřeném oknu [34]

## Celkové výsledky:

Tabulka 1: Výsledky měření CO<sub>2</sub> v ložnici [34]

Režim přirozeného větrání	Interiérové dveře	Maximální hodnota koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm]
Otevřené okno	Otevřené i zavřené	550
Vyklopené okno (ventilačka)	Otevřené i zavřené	700 až 750
Mikroventilace	Otevřené	1060
Mikroventilace	Zavřené	1595
Zavřené okno	Zavřené	1850
Zavřené okno při celodenním pobytu bez větrání (vůbec nejvyšší změřená hodnota)	Otevřené i zavřené	2327

Z celého pokusu vyplývá, že aktuální trend v co nejtěsnějších oknech je sice vhodný na zabránění úniku tepla, ovšem místnost poté vůbec „nedýchá“ a my spíme v diskomfortním mikroklimatu.

### **Přístroje určené k měření CO<sub>2</sub>**

Přístroje používané k měření CO<sub>2</sub> v objektu lze rozdělit dle

- 1) Charakteru jejich použití
  - a. Přenosné
  - b. Stacionární
- 2) Způsobu měření
  - a. Měření okamžité koncentrace
  - b. Kontinuální měření

Přístroje k měření CO<sub>2</sub> jsou součástí elektronických přístrojů – klimatizací. Údaje o naměřených hodnotách se zobrazují v číselné podobě na displeji, a zároveň je měřený signál předáván do řídicích systémů. Měřiče fungují na 3 principech. *Optický infračervený senzor* vykazuje nejlepší výsledky měření a dlouho životností. Nevýhodou je vysoká cena. *Elektrochemický senzor* je také spolehlivý v naměřených hodnotách, avšak jeho životnost je poměrně krátká. Nejlevnějším

řešením je *polovodičový senzor*, který ale nevykazuje zdaleka takovou přesnost jako předchozí senzory [23]

### **Přístroje k domácímu měření**

K měření v domácnostech se používají převážně elektrické měřiče, a to nástěnné, nebo stolní. Jejich citlivost bývá menší než u senzorů v klimatizacích, v domácnostech není třeba měřit hodnotu koncentrace CO<sub>2</sub> přesně, pro včasné větrání stačí znát orientační hodnotu. Také lze zakoupit měřič, který má akustickou signalizaci, případně LED diodu, které se aktivují při dosažení limitu koncentrace oxidu uhličitého.

#### Vybrané měřiče kvality vzduchu v interiéru na Českém trhu:

Typ	Popis	Rozsah měření koncentrace CO <sub>2</sub>	Poznámka	Cena
Voltcraft CO 60	Nástěnný měřič koncentrace CO <sub>2</sub> , teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 3000 ppm	–	4 100 Kč
Voltcraft CO 100	Nástěnný měřič koncentrace CO <sub>2</sub> , teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 3000 ppm	Obsahuje spínací relé pro ovládání dalších přístrojů	5 600 Kč
Wöhler CDL 210	Stolní měřič koncentrace CO <sub>2</sub> , teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 6000 ppm	Možnost propojení s PC pomocí USB rozhraní	4 900 Kč

Obrázek 7: příklad domácích měřičů CO<sub>2</sub> na českém trhu [24]



Obrázek 8: Nástěnný měřič Voltcraft CO 100 [27]

## 1.6 Návrh opatření

### Větrání

V dřívějších dobách lidé trávili většinu času venku, a zároveň byly prostory dobře větrány díky přívodu vzduchu do kamen. V současné době tráví lidé většinu času v interiéru, domy se zateplují, mění se okna za velmi dobře těsnící, proto je větrání často nedostatečné [24]. Nicméně větrání lze stále považovat na nejjednodušší způsob regulace koncentrace oxidu uhličitého.

Dle vyhlášky č. 20/2012 Sb. jsou jednoznačně stanoveny požadavky na výměnu vzduchu. V době pobytu osoby v prostoru by měla být výměna venkovního vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h, případně minimální výměna vzduchu 0,5 h<sup>-1</sup>.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h <sup>-1</sup> ]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m <sup>3</sup> /(h-os)]	Kuchyně [m <sup>3</sup> /h]	Koupelny [m <sup>3</sup> /h]	WC [m <sup>3</sup> /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

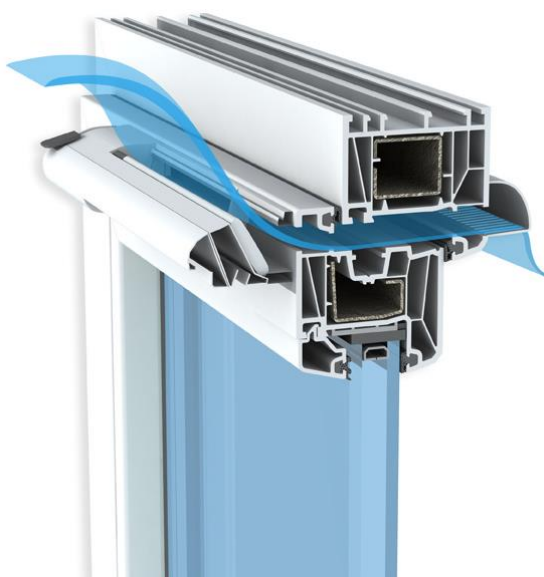
Obrázek 9: Požadavky na větrání obytných budov dle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665

## Větrací štěrby

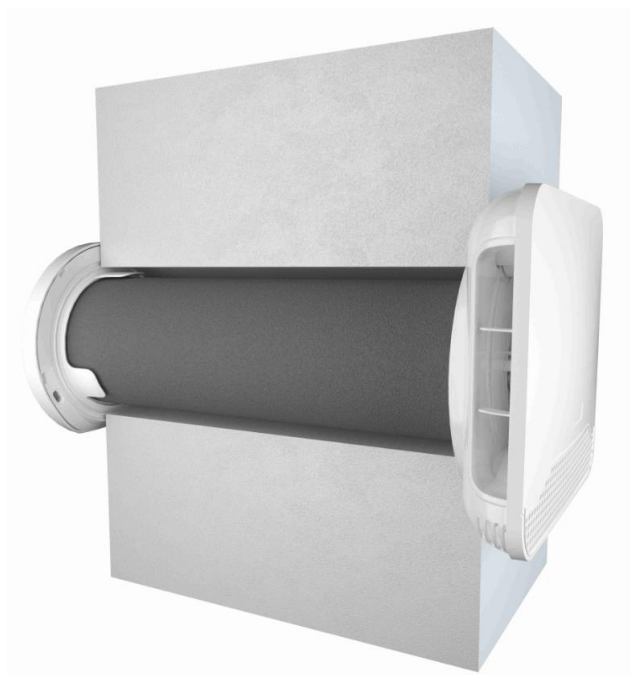
Větrací štěrbina je umístěna na okně a sama se otevírá a zavírá, reguluje se i dle vzdušné vlhkosti nebo dle toho, jestli jsou zrovna v místnosti lidé. V případě, že v prostoru nelze nainstalovat větrací štěrby na okna, alternativou jsou větrací štěrby stěnové. [28] Větrací štěrbina lze využít k větrání místnosti do 25 m<sup>2</sup>. [25]



Obrázek 10: Větrací okenní štěrbina [28]



Obrázek 11: Princip větrací okenní štěrby



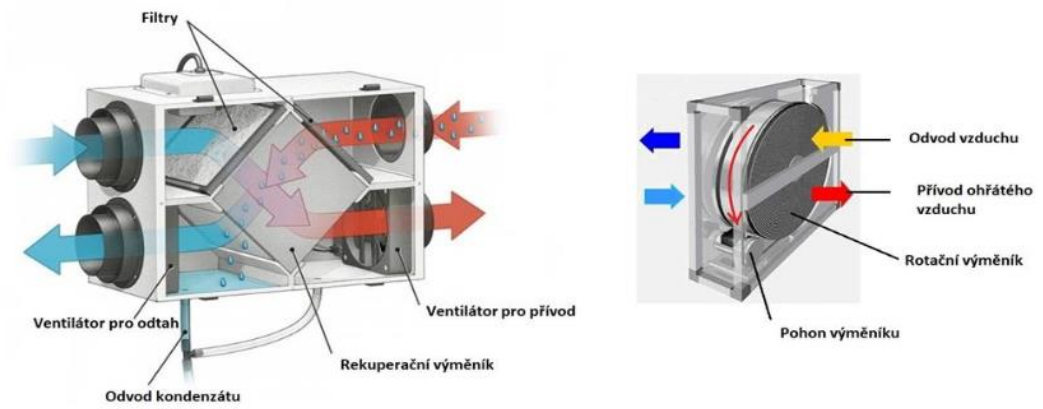
Obrázek 12: Instalace větrací stěnové štěrbin - řez stěnou

## **Rekuperace**

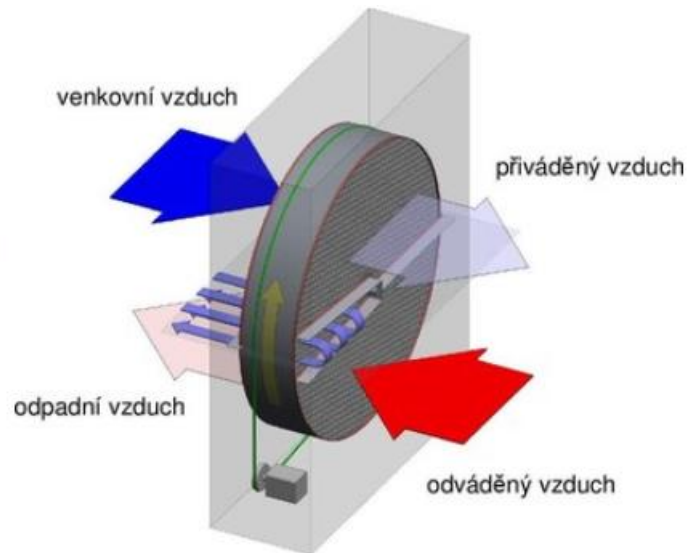
Komplexním a nejjistějším řešením je řízené větrání s rekuperací. Zajišťuje ho rekuperační jednotka, která zajišťuje ohřev a filtrování přiváděného buduchu. Samotná rekuperace probíhá ve výměníku zpětného získávání tepla. Jednotka zajistí kvalitní vzduch pro obyvatele daného prostoru na základě dat získaných z čidel. Existují dva druhy rekuperačních výměníků – deskový a rotační. Deskový se vyznačuje vysokou účinností (80-90 %), zatímco rotační se vyznačuje stabilní účinností po celý rok a odolností vůči námraze. Pro změnu nevýhodou deskového rekuperačního výměníku je snižování vlhkosti obývaného prostoru, nevýhodou rotačního rekuperačního výměníku je možné míchání proudů vzduchu. [29]

Tabulka 2: Účinnost rekuperace [29]

Účinnost rekuperace			
Deskový rekuperátor		Rotační rekuperátor	
dle ČSN EN308	Standardní	dle ČSN EN308	Standardní
65 - 85 %	75 - 95 %	75 - 85 %	75 - 85 %



Obrázek 13: Deskový rekuperační výměník [30]



Obrázek 14: Princip rotačního rekuperačního výměníku [31]

## 1.7 Závěr

Oxid uhličitý je nedílnou součástí našeho života v různých situacích, které si ani neuvědomujeme. Nicméně škodlivý může být pro člověka snáz než si myslíme. Každý známe pocit „vydýchaného vzduchu“, který způsobuje právě nadměrné množství oxidu uhličitého. Proto je za potřebí tomuto stavu předcházet.

V dnešní době je již na trhu několik druhů měřičů oxidu uhličitého, který je dostupný každému. Ve většině domácnosti nalezneme v dnešní době domácí meteorologickou stanici, která měří teplotu a vlhkost. Stejně tak by bylo vhodné zpopularizovat měřiče oxidu uhličitého nejen v domácnostech, abychom byli upozorněni na špatnou kvalitu ovzduší a minimálně kvalitu ovzduší navýšili. Prokazatelně by se nám zlepšila kvalita života – člověk by byl méně unavený a lépe by se mu přemýšlelo. Jako nejzasazenějším prostředím vnímám prostředí školy. Místo, které je určené ke vzdělávání, by mělo poskytnout nejoptimálnější podmínky pro učení, mezi které určitě kvalita vzduchu patří.

Ve větších prostorech je již na místě řešení komplexnější než spoléhat na měřiče oxidu uhličitého a větrání. Nejvhodnějším řešením je větrání rekuperací, která se již stává nedílnou součástí nově navržených objektů.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

## NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

### B. Výpočtová část

## 2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

### 2.1 Analýza objektu

#### 2.1.1 Popis objektu

Řešený objekt je stavba pro občanskou vybavenost. Jedná se o budovu divadla. Divadlo má 2 nadzemní podlaží, přičemž nad hledištěm a jevištěm je vyvýšená stropní konstrukce. Objekt je nepodsklepený. Nosné konstrukce jsou z cihelného zdiva Porotherm. Stropní konstrukce jsou zhotoveny z předpjatých betonových panelů. Celý objekt je zastřešen plochou střechou. Do objektu se vstupuje ze severozápadní strany. Za vstupem je umístěno zádveří, ze kterého po obou stranách vedou schodiště do druhého nadzemního podlaží. V prvním podlaží se nachází také šatna, pokladna a bufet. Ostatní místnosti slouží jako provozní. Do hlavního sálu hlediště se vstupuje ze severovýchodní a z jihovýchodní strany místnosti a prostorově jsou přes obě nadzemní podlaží. Hlediště je mírně vyspádováno. V druhém nadzemním podlaží se nachází kanceláře, zkušebna, sklady a strojovna vzduchotechnického zařízení. Ze severozápadní strany hlediště se v druhém nadzemním podlaží nachází kabina zvukaře a osvětlovače, která je od hlediště oddělená proskleným otvorem. Kapacita divadla je přibližně 300 osob.

Tabulka 3: Tabulka místností

ČÍSLO MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]
101	HLEDIŠTĚ	183,6
102	JEVIŠTĚ	79,2
103	POKLADNA	34,2
104	KANCELÁŘ	29,4
105	ŠATNA	26,6
106	SKLAD	26,0
107	SCHODIŠTĚ	16,7
108	CHODBA	194,5
109	STROJOVNA	44,69

110	BUFET	26,1
111	BUFET	29,5
112	WC MUŽI	16,7
113	WC ŽENY	16
114	SCHODIŠTĚ	17,1
115	ZÁDVEŘÍ	30,5
116	SCHODIŠTĚ	17,3
201	CHODBA	30,5
202	SCHODIŠTĚ	17,3
203	KANCELÁŘ	34,2
204	SKLAD	29,4
205	ZKUŠEBNA	59,7
206	SCHODIŠTĚ	16,7
207	STROJOVNA	44,7
208	KANCELÁŘ	41,7
209	KANCELÁŘ	29,5
210	WC MUŽI	16,7
211	WC ŽENY	16
212	CHODBA	139,3
213	KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE	36,3
214	SCHODIŠTĚ	17,1

## 2.1.2 Rozdělení na funkční celky

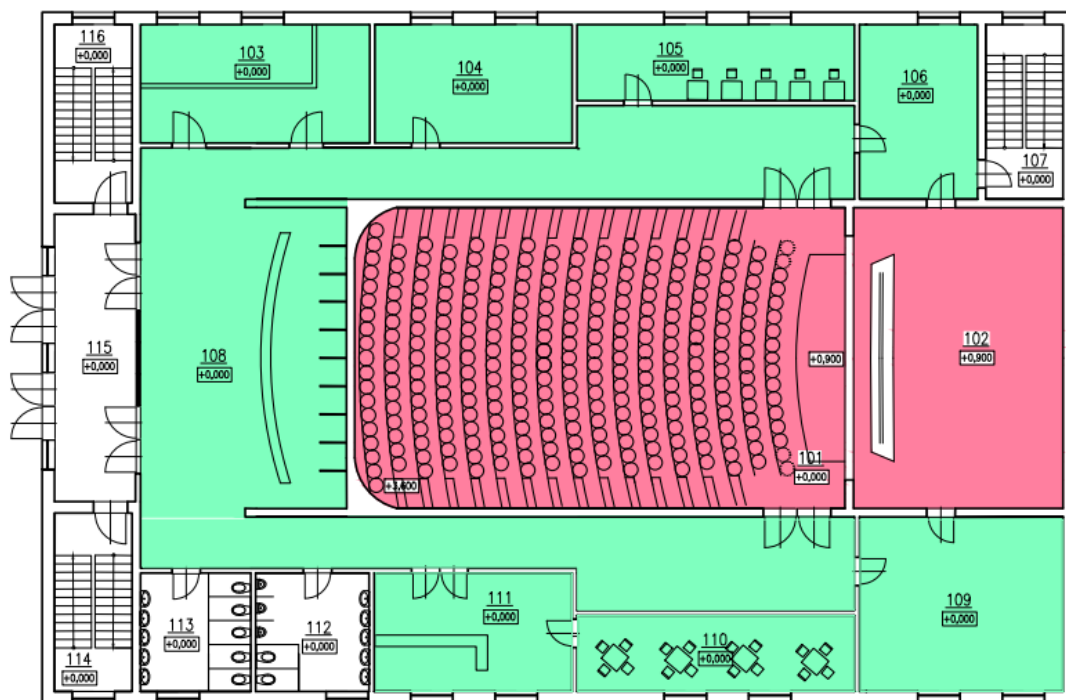
Pro návrh vzduchotechniky divadla byl objekt rozdělen na 2 funkční celky. Prostor byl takto rozdělen s ohledem na účel místností, půdorysné uspořádání a vzhledem k požadavkům na vnitřní prostředí.

### 2.1.2.1 Funkční celek č. 1

Funkční celek č. 1 zahrnuje prostor hlediště a jeviště. Místnosti hlediště a jeviště jsou převážně propojeny, v některých případech jsou rozděleny dřevěnou, případně textilní oponou. Předpokládá se zde nerovnoměrně rozložený výskyt velkého počtu osob převážně ve večerních hodinách. Zároveň prostory slouží také ke zkouškám

hereckého souboru přes den. Místnosti náležící funkčnímu celku č. 1 budou v létě klimatizovány a v zimě vytápěny.

## PŮDORYS 1NP

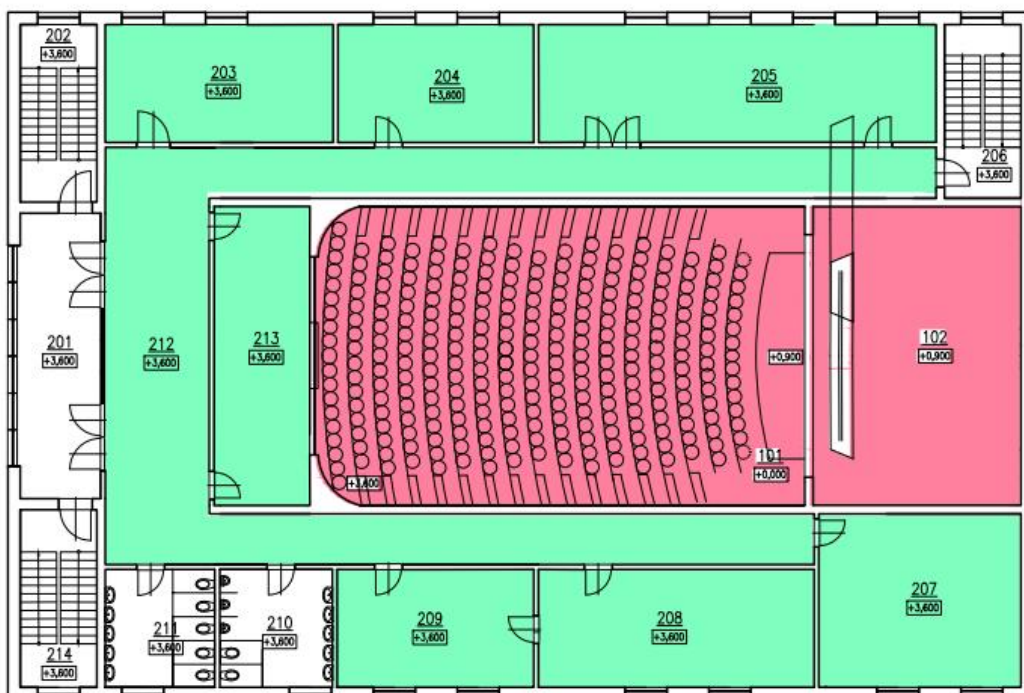


Obrázek 15: Rozdělení objektu do funkčních celků – 1NP

### 2.1.2.2 Funkční celek č. 2

Do funkčního celku č. 2 náleží ostatní místnosti nezbytné k provozu divadla. V prvním nadzemním podlaží se jedná o chodbu se šatnou, bufet, pokladnu, kancelář, šatnu pro herce a technickou místnost. V druhém nadzemním podlaží se jedná o kanceláře, kabínu zvukaře a osvětlovače, zkušebnu, sklad a strojovnu. Tyto prostory budou pouze větrané.

## PŮDORYS 2NP



Obrázek 16: Rozdělení objektu do funkčních celků – 2NP

### 2.1.3 Návrhové parametry

#### 2.1.3.1 Vnitřní návrhové podmínky

Tabulka 4: Vnitřní návrhové teploty [6]

	zimní období		letní období	
	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]
<b>FUNKČNÍ CELEK 1</b>				
Hlediště	20	50	26	60
Jeviště	20	50	26	60
<b>FUNKČNÍ CELEK 2</b>				
Pokladna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Šatna	22	50	26	60

Sklad	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Sklad	20	50	26	60
Zkušebna	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Kabina zvukaře a osvětlovače	20	50	26	60

### 2.1.3.2 Vnější návrhové podmínky

- Místo: Chrudim
- Nadmořská výška: 240 m.n.m.
- Průměrný tlak vzduchu: 98,3 kP

Tabulka 5: Vnější návrhové podmínky [7]

<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>Teplé období roku</b>	<b>Chladné období roku</b>
<b>Teplota venkovního vzduchu (°C)</b>	33,8	-19,4
<b>Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)</b>	66,3	-
<b>Absolutní extrém</b>	<b>Maximum</b>	<b>Minimum</b>
<b>Teplota venkovního vzduchu (°C)</b>	37,3	-23,9
<b>Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)</b>	76,8	-23,2

## 2.2 Tepelné ztráty

### 2.2.1 Součinitel prostupu tepla

Pro potřeby návrhu vzduchotechniky divadla bylo nejprve potřeba zanalyzovat konstrukce. Proto byl nejprve určen součinitel prostupu tepla, který vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory, které odděluje daná konstrukce. Výpočet probíhal dle zjednodušené metody z normy ČSN EN ISO 6946 [9]:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (2.1)$$

přičemž  $U$  zde vyjadřuje součinitel prostupu tepla.  $R_{tot}$  vyjadřuje odpor při prostupu tepla určený touto rovnicí:

$$R_{tot} = R_{si} + R_n + R_{se} \quad (2.2)$$

kde  $R_{si}$  vyjadřuje vnitřní odpor při přestupu tepla,  $R_{se}$  značí vnější odpor při přestupu tepla a  $R_n$  znázorňuje návrhové tepelné odpory každé vrstvy.

Veličina  $R$  označuje odpor pro prostupu tepla stavebního prvku a obecně lze vyjádřit z následujícího vzorce:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2.3)$$

kde  $d$  značí tloušťku materiálové vrstvy v prvku a  $\lambda$  návrhovou tepelnou vodivost materiálu.

Případně byl součinitel prostupu tepla určen přímo výrobcem (např. v případě oken, dveří).

Tabulka 6: Součinitel prostupu tepla použitých konstrukcí [8]

Ozn.	název	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>n</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>rec</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	posouzení
ST1	střecha	0,14	0,24	0,16	vyhovuje
POD1	podlaha na terénu	0,23	0,45	0,30	vyhovuje
S01	nosná obvodová stěna	0,22	0,30	0,25	vyhovuje
O1	okno vnější	0,71	1,50	1,20	vyhovuje
D1	dveře venkovní	0,80	1,70	1,20	vyhovuje

## 2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát byl proveden ručně bez použití softwaru tomu určeném, pouze byl využit tabulkový procesor. Výpočet jsem učinila dle ČSN EN 12 831 [5]. Celková tepelná ztráta je vyjádřena sumou vypočítané ztráty prostupem a vypočítané ztráty větráním.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (2.4)$$

Kde  $\Phi_{HL,i}$  značí návrhový tepelný výkon dané místnosti,  $\Phi_{T,i}$  značí tepelnou ztrátu prostupem pro daný prostor  $\Phi_{V,i}$  značí tepelnou ztrátu větráním dané místnosti.

### 2.2.2.1 Tepelné ztráty prostupem

Celková tepelná ztráta se dle výše uvedené normy počítá jako suma měrného tepelného toku prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru, měrného tepelného toku prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí a měrného tepelného toku prostupem do zeminy.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.5)$$

Kde  $H_{T,ie}$  značí měrný tepelná tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí,  $H_{T,ia}$  měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního

vytápěného prostoru a  $H_{T,ig}$  značí měrný tepelný tok prostupem do zeminy.  $\theta_e$  značí venkovní výpočtovou teplotu a  $\theta_{int,i}$  značí výpočtovou vnitřní teplotu.

Výše zmíněné měrné tepelné toky se vypočítají dle ČSN EN 12 831 [5] Zákony, vyhlášky, normy následovně:

- $H_{T,ie}$  měrný tepelná tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = A_k * (U_k + \Delta U_{TB}) * f_{U,k} + f_{ie,k} \quad (2.6)$$

$A_k$  zde značí plochu stavební části

$U_k$  zde značí součinitel prostupu tepla stavební části

$\Delta U_{TB}$  zde značí přírážku na vliv tepelných vazeb

$f_{U,k}$  opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

$f_{ie,k}$  teplotní opravný činitel

- $H_{T,ia}$  měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru

$$H_{T,ia} = A_k * U_k * f_{ia(...),k} \quad (2.7)$$

$A_k$  zde značí plochu stavební části

$U_k$  zde značí součinitel prostupu tepla stavební části

$\Delta U_{TB}$  zde značí přírážku na vliv tepelných vazeb

$f_{U,k}$  opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

$f_{ia(...),k}$  teplotní opravný činitel

- $H_{T,ig}$  značí měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} * (A_k * U_{equiv,k} * f_{ig,k} * f_{GW,k}) \quad (2.8)$$

$A_k$  zde značí plochu stavební části

$U_{equiv,k}$  zde značí ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemínou

$f_{ig,k}$  teplotní opravný činitel

$f_{GW,k}$  opravný činitel zohledňující vliv spodní vody

$f_{\theta_{ann}}$  opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku

### 2.2.2.2 Tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\Phi_{V,i} = V_i * \eta_i * \rho_a * c_{p,a} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.9)$$

$\theta_e$  zde značí venkovní výpočtovou teplotu

$\theta_{int,i}$  značí výpočtovou vnitřní teplotu

$V_i$  zde značí vnitřní objem vytápěného prostoru

$\eta_i$  zde značí intenzitu větrání vytápěného prostoru

$\rho_a * c_{p,a}$  značí součin hustoty a měrné tepelné capacity vzduchu

Tabulka 7: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností

Číslo místnosti	Účel místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Celková tepelná ztráta [W]
101	HLEDIŠTĚ	183,6	5010,8
102	JEVIŠTĚ	79,2	
103	POKLADNA	34,2	962,3
104	KANCELÁŘ	29,4	807,9
105	ŠATNA	26,6	885,7
106	SKLAD	26,0	688,1

108	CHODBA	194,5	3894,5
109	STROJOVNA	44,7	1271,9
110	BUFET	26,1	819,1
111	BUFET	29,5	880,0
203	KANCELÁŘ	34,2	1110,9
204	SKLAD	29,4	935,5
205	ZKUŠEBNA	59,7	1930,2
207	STROJOVNA	44,7	1382,1
208	KANCELÁŘ	41,4	1290,2
209	KANCELÁŘ	29,5	1008,1
212	CHODBA	139,3	3573,5
213	KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE	36,3	838,1

Podrobný výpočet tepelných ztrát dle výše zmíněných výpočtu je v Příloze č. 1.

## 2.3 Tepelné zisky

Vzhledem ke skutečnosti, že vzduchotechnické zařízení bude navrženo pouze v hlavní části budovy – v hledišti a jevišti, byl podrobný výpočet proveden pro tyto dvě hlavní místnosti. Jelikož jsou obě místnosti stále propojeny prázdným otvorem (který lze zakrýt textilní oponou), do výpočtu byly tyto dvě místnosti uvažovány jako jedna.

Výpočet byl proveden pomocí softwaru Teruna v1.5 b.

Ostatní místnosti budou pouze odvětrávány. V případě, že by bylo potřeba i v jiných místnostech klimatizovat, bude následně instalována lokální klimatizační jednotka, nicméně řešení lokálních jednotek není předmětem této práce.

Primární pro výpočet tepelných zisků byl počet osob v místnosti a doba provozu.

Tabulka 8: Doba provozu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Počet osob	Doba provozu	Zdůvodnění
101	Hlediště	285	17:00 – 23:00	Večerní představení
102	Jeviště	25	17:00 – 23:00	Večerní představení
102	Jeviště	20	8:00 – 16:00	Zkouška hereckého souboru

V následujícím grafu z programu Teruna je graficky znázorněna tepelná zátěž hlediště a jeviště v čase 0:00 - 24:00.



Obrázek 17: Graf tepelné zátěže pro jeviště a hlediště

Výstup z programu Teruna:

*VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE*

*ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK*

\*\*\*\*\* INFORMACE O PROJEKTU \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU \*\*\*\*\*

*Venkovní stěna*

+-----SO1 - SV (82.72m<sup>2</sup>, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Venkovní stěna*

+-----SO2 - JV (119.81m<sup>2</sup>, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Venkovní stěna*

+-----SO3 - JZ (82.72m<sup>2</sup>, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Venkovní stěna*

+-----SO4 - SZ (45m<sup>2</sup>, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Venkovní stěna*

+-----ST1 (268m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.04W/mK, 2100kg/m<sup>3</sup>, 1020kJ/kgK)

*Symetrická stěna*

+-----SN1 - SV (184.52m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Symetrická stěna*

+-----SN2 - JZ (184.52m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Symetrická stěna*

+-----SN3 - SZ (83.25m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m<sup>3</sup>, 1000kJ/kgK)

*Další akumul. hmota*

+-----nábytek (150m<sup>2</sup>, 1000kg, 800kJ/kgK)

*Podlaha*

+-----POD1 (268m<sup>2</sup>, 0.45m, 0.13W/mK, 1900kg/m<sup>3</sup>, 800kJ/kgK)

\*\*\*\*\* VSTUPNÍ ÚDAJE \*\*\*\*\*

*Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.*

*Časový krok: 300s*

*Objem místnosti : 2855m<sup>3</sup>*

*Ve výpočtu bylo zavedeno:*

*Simulace oblačnosti: NE*

*Referenční rok: NE*

*Uvažován vliv sluneční radiace: ANO*

*Načtená klimatická data: NE*

*Osvětlení[1]: 8 - 16h, 280W*

*Osvětlení[2]: 17 - 23h, 280W*

*Větrání[1]: 0 - 24h, 120m<sup>3</sup>/h*

*Ostatní tepelné zdroje: NE*

*Odpar vody: NE*

*Biologická produkce[1]: 8 - 16h, 75kg, počet osob: 20*

*Biologická produkce[2]: 18 - 23h, 75kg, počet osob: 25*

*Biologická produkce[3]: 18 - 23h, 75kg, počet osob: 285*

*Sálavé plochy: NE*

\*\*\*\*\* VÝSLEDKY \*\*\*\*\*

*Maxima tepelné zátěže:*

*21.7. 23h: Citelné teplo Max= 47579.97W*

*21.7. 17h: Citelné teplo Min= 1270.66W*

*21.7. 23h: Vázané teplo=4734.12W Merna Tz = 0W/K*

*21.7. 23h: Potřeba chladu = 288.64kWh Potřeba tepla = 0kW*

*Suma potřeby chladu = 288.64kWh*

*Suma potřeby tepla = 0kWh*

## **2.4 Průtoky vzduchu**

Pro návrh a dimenzování konkrétních jednotek a potrubí je kromě tepelné bilance nutné spočítat průtok vzduchu. Průtok vzduchu lze definovat jako množství vzduchu odváděné nebo přiváděné do místnosti. Dostatečný proud vzduchu nám zajišťuje komfortní podmínky pro návštěvníky divadla, ale i pro herce a jiné zaměstnance.

Vzhledem k charakteru budovy počítáme nárazově s výskytem vysokého počtu osob. Kapacita divadla (návštěvníků) je 285 sedících osob, nicméně nesmíme opomenout ani zaměstnance kulturního zařízení.

Pro výpočet průtoků vzduchu bylo zásadní zjistit požadovanou výměnu vzduchu dle hygienických předpisů, navrhované množství odváděného vzduchu za hodinu pro jednu osobu, a zároveň i vodní zisky od osob. Dle normy ČSN EN 15 665 – Z1 [13] je požadavek na intenzitu větrání minimálně  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , nicméně doporučená hodnota pro pobytové místnosti je  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Co se týká navrhovaného množství odváděného vzduchu za hodinu pro jednu osobu, záleží na aktivitě, kterou v prostoru osoba vykonává. V našem případě většina osob pouze klidně sedí, nevyvíjí žádnou fyzickou aktivitu, proto jsme uvažovali s hodnotu  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Stejně tak se dle aktivity osob odvíjí i vodní zisky. V našem případě počítáme do vodních zisku pouze produkci vodní páry od lidí – uvažujeme hodnotu  $50 \text{ g/h}$  na osobu.

Níže jsou vloženy dvě na sebe navazující tabulky, ve kterých jsou uvedené a spočítané důležité veličiny pro následný návrh a dimenzování samotného vzduchotechnického zařízení.

Tabulka 9: Proudění vzduchu

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	OBJEM [m <sup>3</sup> ]	POČET OSOB	POŽAD. VÝMĚNA VZDUCHU [h <sup>-1</sup> ]	VZDUCH/OSOB A [m <sup>3</sup> /h]	t [°C]	φ [%]	t [°C]	φ [%]	VODNÍ ZISKY [g/h]	TEPELNÉ ZISKY [W]	TEPELNÉ ZTRÁTY [W]
<b>FUNKČNÍ CELEK 1</b>													
101	Hlediště	183,6	1946,2	285	5	25	26	60	20	50	14250	47 580	5010
102	Jeviště	79,2	839,5	25		25	26	60	20	50	1250		
	Σ	262,8	2855,0										
<b>FUNKČNÍ CELEK 2</b>													
103	Pokladna	34,2	107,7	2	1	25	26	60	20	50	100	-	962
104	Kancelář	29,4	92,6	4	1	25	26	60	20	50	200	-	807
105	Šatna	26,6	83,8	-	0,5	25	26	60	22	50	-	-	834
106	Sklad	26,0	81,9	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	688
108	Chodba	194,5	612,7	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	3895
109	Technická místnost	44,7	140,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	1272
110	Bufet	26,1	82,2	2	1	25	26	60	20	50	100	-	819
111	Bufet	29,5	92,9	-	1	25	26	60	20	50	-	-	880
203	Kancelář	34,2	107,7	4	1	25	26	60	20	50	200	-	1110
204	Sklad	29,4	92,6	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	935
205	Zkušebna	59,7	188,1	-	1	25	26	60	20	50	-	-	1930
207	Strojovna	44,7	140,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	1382
208	Kancelář	41,4	130,4	4	1	25	26	60	20	50	200	-	1290
209	Kancelář	29,5	92,9	4	1	25	26	60	20	50	200	-	1008
212	Chodba	139,3	438,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	3573
213	Kabina zvukaře a osvětlovače	36,3	114,3	2	1	25	26	60	20	50	100	-	838

Tabulka 10: Proudění vzduchu

MÍSTNOST		vnější okrajové podmínky: $t_{e,z} = -19,4^{\circ}\text{C}$ ; $t_{o,i} = 33,8^{\circ}\text{C}$ ; $h_{o,i} = 66,3 \text{ kJ/kg}$ ; $x_{e,z} = 1 \text{ g/kg}$													
ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	PŘÍVOD										Δx		ODVOD	
		HYG. VZD. Z VÝMĚNY [m <sup>3</sup> /h]	HYG. VZD. NA SPOTŘEBNÍ JEDNOTKU [m <sup>3</sup> /h]	VZD. NA KRYTÍ ZISKŮ [m <sup>3</sup> /s]	VZD. NA KRYTÍ ZTRÁT [m <sup>3</sup> /s]	ČERSTVÝ VZDUCH [m <sup>3</sup> /h]	PŘÍVOD [m <sup>3</sup> /s]	PŘÍVOD [m <sup>3</sup> /h]	LÉTO [°C]	ZIMA [°C]	VÝMĚNA [h <sup>-1</sup> ]	POTŘEBNÉ ODVLHČENÍ [g/kg]	ODVOD [m <sup>3</sup> /h]	ODVOD [m <sup>3</sup> /s]	
<b>FUNKČNÍ CELEK 1</b>															
101	Hlediště	9730,8	7125	4,97	0,51	7125	4,97	17904,57	20	23	6,27	3,96	4,97	17904,57	
102	Jeviště	4197,6	625			625			20	23		0,35			
<b>FUNKČNÍ CELEK 2</b>															
103	Pokladna	107,7	50	-	0,51	50	-	-	20	23	-	-	-	-	
104	Kancelář	92,6	100	-	0,00	100	-	-	20	23	-	-	-	-	
105	Šatna	167,6	-	-	0,00	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
106	Sklad	41,0	-	-	0,00	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
108	Chodba	306,3	-	-	0,10	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
109	Technická místnost	70,4	-	-	0,08	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
110	Bufet	164,4	50	-	0,09	50	-	-	20	23	-	-	-	-	
111	Bufet	185,9	-	-	0,07	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
203	Kancelář	107,7	100	-	0,40	100	-	-	20	23	-	-	-	-	
204	Sklad	46,3	-	-	0,13	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
205	Zkušebna	376,1	-	-	0,08	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
207	Strojovna	70,4	-	-	0,09	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
208	Kancelář	130,4	100	-	1,14	100	-	-	20	23	-	-	-	-	
209	Kancelář	92,9	100	-	0,10	100	-	-	20	23	-	-	-	-	
212	Chodba	219,4	-	-	0,20	-	-	-	20	23	-	-	-	-	
213	Kabina zvukaře a osvětlovače	114,3	50	-	0,14	50	-	-	20	23	-	-	-	-	

**PŘÍVOD VZDUCHU:**            **17 904,57 m<sup>3</sup>/h;**            **4,97 m<sup>3</sup>/s**

**ODVOD VZDUCHU:**            **17 904,57 m<sup>3</sup>/h;**            **4,97 m<sup>3</sup>/s**

Vzhledem k velké hodnotě přívodu vzduchu a odvodu vzduchu budou navrženy dvě vzduchotechnické jednotky.

**PŘÍVOD VZDUCHU:**            **8 952,3 m<sup>3</sup>/h/jednotka;**            **2,49 m<sup>3</sup>/s/jednotka**

**ODVOD VZDUCHU:**            **8 952,3 m<sup>3</sup>/h/jednotka;**            **2,49 m<sup>3</sup>/s/jednotka**

## 2.5 Distribuční prvky

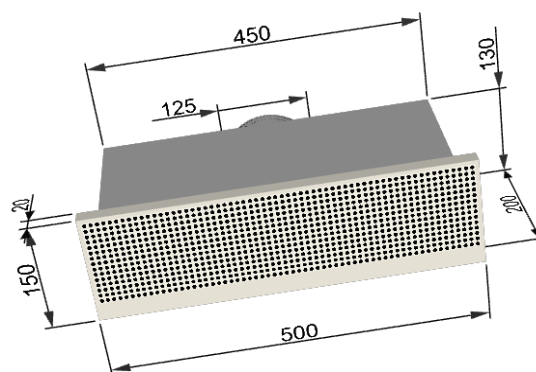
Distribuční prvky určené pro přívod a odvod vzduchu do funkčního celku č. 1 byly navrženy pomocí softwaru LindQST. Při navrhování byl brán zřetel převážně na charakter a funkci daného funkčního celku, dále na možnost rozmístění distribučních elementů a v neposlední řadě na objemový průtok vzduchu a akustický výkon.

### 2.5.1 Distribuční prvky pro přívod vzduchu

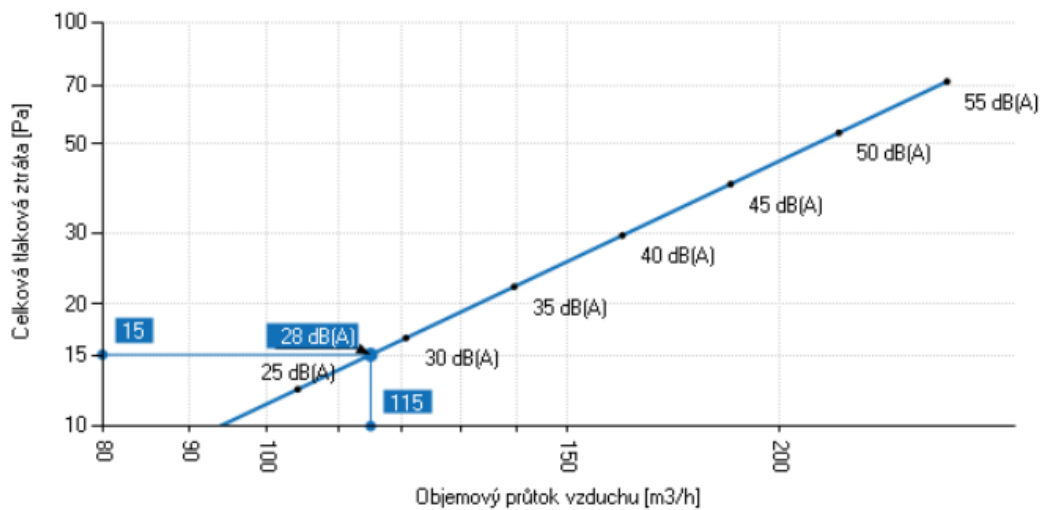
#### CRU – Difuzor pro divadla

Pro přívod vzduchu do hlediště byly zvoleny difuzory určené přímo jako divadelní. Divadelní difuzor CRU (výrobce Lindab) je obdélníkový a je určený pro instalaci pod sedadlo. Napojuje se kruhovým připojením. V našem případě budou jednotlivé difuzory umístěné pod sedadla do jednotlivých stupňů hlediště.

Pro tento distribuční prvek je důležité, aby výstupní rychlost byla tak malá, aby neobtěžovala osoby v blízkosti, přičemž vzdálenost od noh musí být min. 40 cm. Zároveň je při užití tohoto difuzoru podporováno proudění vzduchu směrem vzhůru, a z toho důvodu se redukuje odvod škodlivin z pobytové části přes část dýchací. [3]



Obrázek 18: Divadelní difuzor CRU [20]



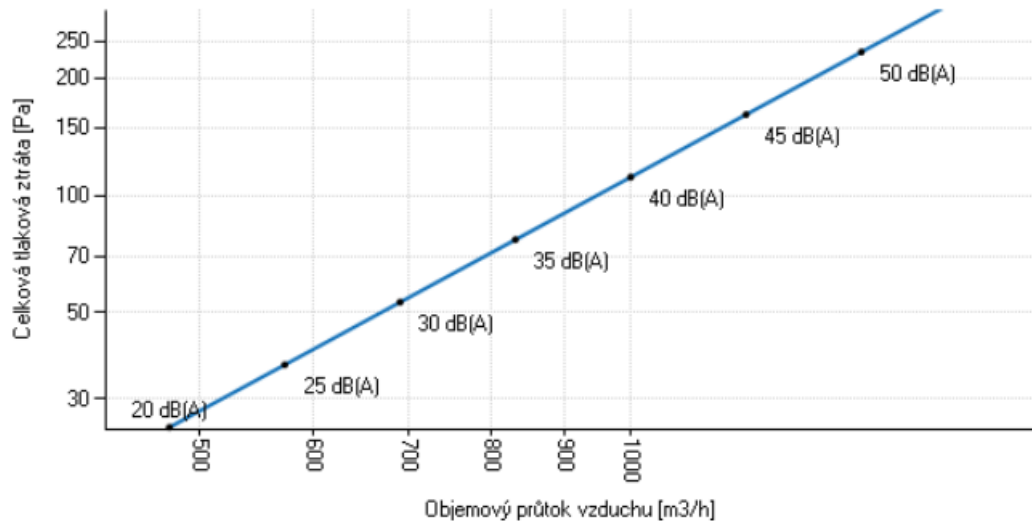
Graf 7: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na obj. průtoku pro jednotku CRU [20]

## DAD - Tryska

Pro přívod vzduchu na jeviště byly navrženy regulovatelné dýzy DAD (výrobce Lindab). Tato tryska DAD je vhodná na jeviště z důvodu velkého dosahu, je určena právě pro velké prostory, kterým jeviště nepochybně je. Lze volně otáčet v rozpětí 30°. Umístěné budou trysky DAD symetricky nad boční strany jeviště a nasměrovány budou směrem do jeviště, aby přiváděly vzduch přímo do prostoru, kde se odehrávají samotné kulturní akce, kterým je prostor určen.



Obrázek 19: DAD – Tryska [20]



Graf 8: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemový průtok trysky DAD [20]

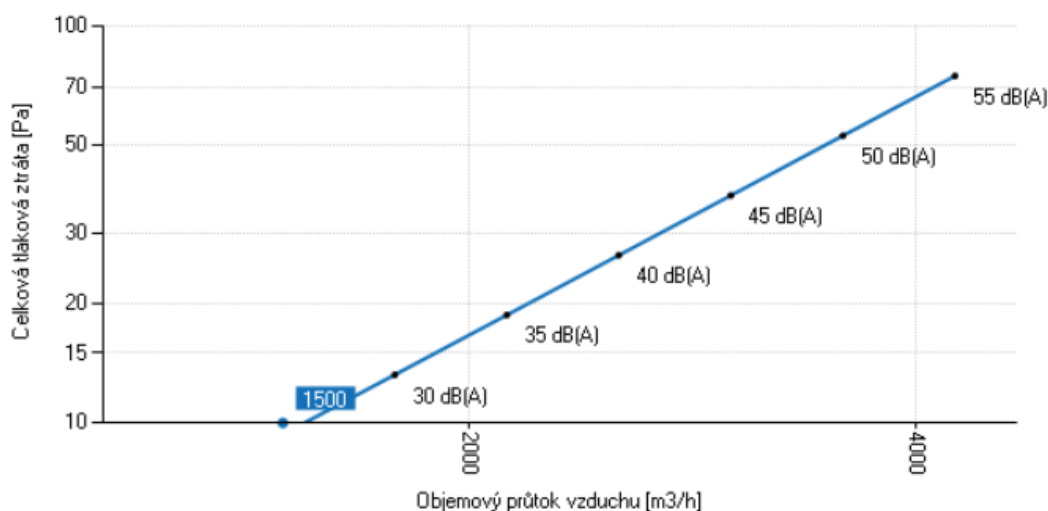
## 2.5.2 Distribuční prvky pro odvod vzduchu

### GS23 – Stropní difuzor

Pro odvod vzduchu z prostoru byly určeny stropní difuzory typu GS23 (výrobce Lindab). Tyto čtvercové difuzory s hliníkovou mřížkou budou instalovány s plenum boxy. Umístěné budou pouze v prostoru hlediště, a to po stranách hlediště, aby co nejméně narušovaly estetiku prostoru.



Obrázek 20: Stropní difuzor GS23 [20]



Graf 9: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemovém průtoku GS23 [20]

## 2.5.3 Shrnutí distribučních elementů

Tabulka 11: Shrnutí distribučních elementů

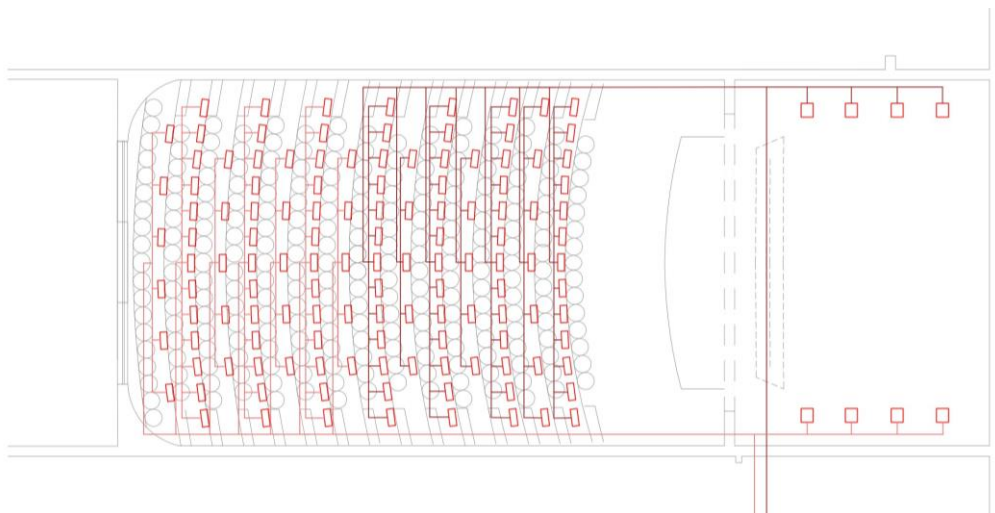
PŘEHLED POUŽITÝCH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ													
Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA (m <sup>2</sup> )	OBJEM (m <sup>3</sup> )	PŘÍVOD/ ODVOD	OZNAČENÍ VÝUSTKY	POČET (Ks)	PRŮTOK NA 1 ELEMENT (m <sup>3</sup> /h)	PŘIPOJOVACÍ ROZMĚR	CELK. TEP. ZTRÁTA Δpc	ČELNÍ RYCHLOST wL	AKUST. VÝKON Lwa (dB)	HLADINA AKUST. TLAKU Lpa (dB)	DOSAŽ (m)
<b>Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a jeviště</b>													
101	Hlediště	183,6	1946										
				P	CRU - Difuzor pro divadla	129	115	ø125	15	0	28	24	0
				O	GS23 - Stropní difuzory	12	1500	ø400	9	-	25	21	-
102	Jeviště	79,2	840										
				P	DAD - tryska	8	400	ø315	18	4,6	<20	<20	17

## 2.6 Dimenzování potrubí

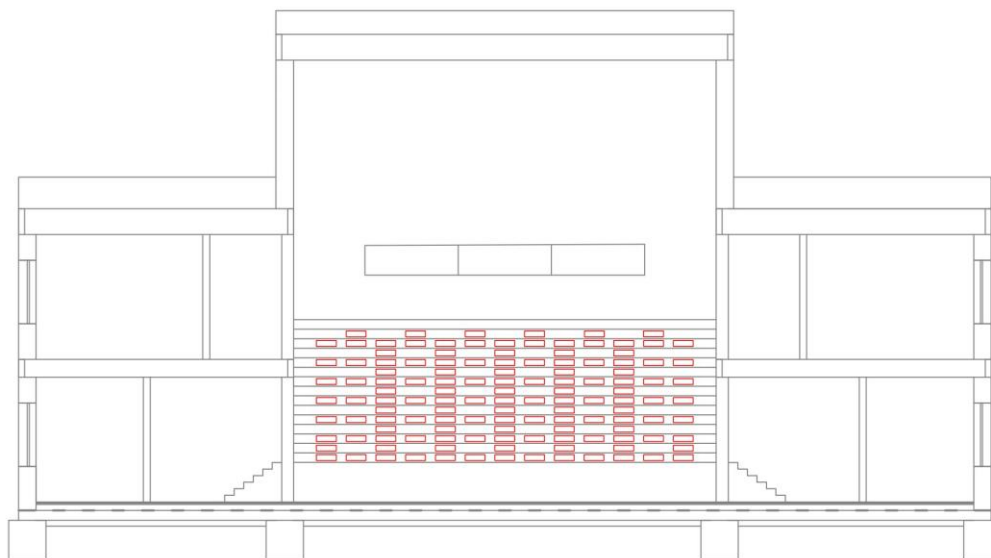
Po navržení distribučních elementů, ale zároveň před samotným dimenzováním, jsem si vypracovala studie rozmístění vzduchotechnických rozvodů a prvků.

Pro přívod vzduchu bylo do jednotlivých stupňů umístěno 129 difuzorů pro divadlo a nad jevištěm byly umístěné dýzy – 4 po obou stranách. Vzduchotechnická jednotka č. 1 obsluhuje rozvody v horní části hlediště a pravou stranu přívodu

vzduchu nad jevištěm, vzduchotechnická jednotka č. 2 zajišťuje rozvody v dolní části hlediště a na levé straně hlediště.

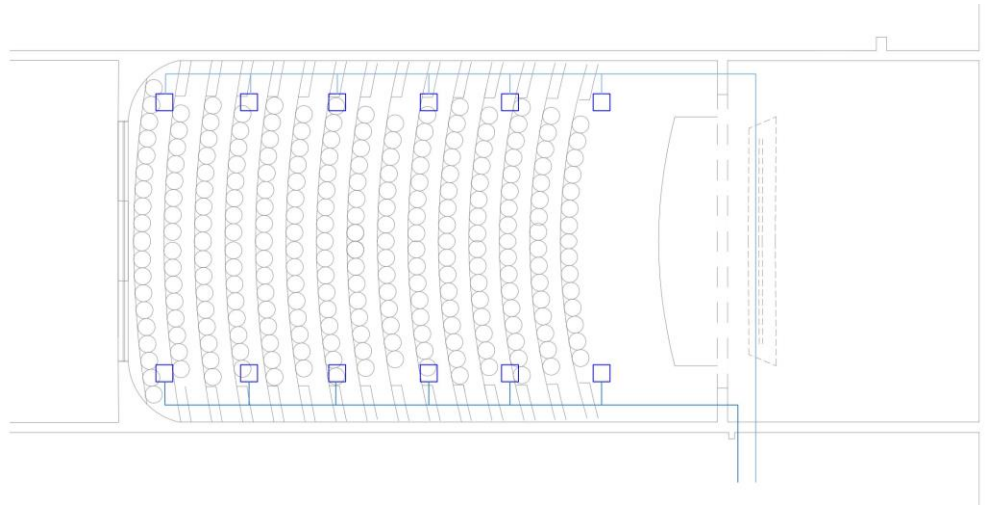


Obrázek 21: Studie rozmístění distribučních elementů pro přívod



Obrázek 22: Pohled na rozmístění distr. elementů pro přívod do jednotlivých stupňů hlediště

Pro odvod vzduchu bylo rozmístěno nad hledištěm celkem 12 stropních difuzorů (6 po obou stranách), přičemž pravou stranu zajišťuje vzduchotechnická jednotka č. 1, levou stranu vzduchotechnická jednotka č. 2.



Obrázek 23: Studie rozmístění distribučních elementů pro odvod

Následně bylo zpracováno dimenzační schéma a byly označené jednotlivé úseky.

### 2.6.1 Dimenzování

Samotné dimenzování bylo provedeno *metodou poklesu rychlostí* za pomoci rovnice kontinuity:

$$S = \frac{V}{w} \quad (2.9)$$

kde

S je hledaný obsah průřezu potrubí [m<sup>2</sup>]

V je objemový průtok vzduchu [m<sup>3</sup>/s]

W je rychlost proudění [m/s]

Objemový průtok v jednotlivých úsecích nám byl znám již po rozvržení distribučních elementů a rychlost byla pro prvotní výpočet určena z doporučených rychlostí (viz tabulka 10). Obecně lze říct, že u strojovny jsem rychlost určila 5 m/s, v hlavním potrubí 4 m/s a u vedlejších vedení 3 m/s.

Veškeré VZT rozvody byly navrženy jako obdélníkové kvůli úspoře prostoru. Vzhledem ke skutečnosti, že nejvíce potrubí bude rozvedeno pod stupni hlediště, bylo by z prostorového hlediska kruhové potrubí nevhodné.

Tabulka 12: Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech [4]

Druh zařízení		Větrání nebo nízkotlaká klimatizace						Vysokotlaká klimatizace	
		obytná		veřejná		průmyslová		střední	maxim.
Druh budovy		střední	maxim.	střední	maxim.	střední	maxim.		
Doporučená rychlost (m/s)									
Druh úseku									
potrubí	za ventilátorem (za tlumičem hluku)	5	8,5	7,5	11	10	14	12	20-25
	hlavní stoupačky	3,5-4,5	6	5-6,5	8	6-9	11	8-12	20-25 (+)
	odbočky rozvodu v podlaží	3	5	3-4,5	6,5	4-5	9	8-10	12-18 (++)
	přípojky koncových jednotek (+++)							2,5-3,5	4-6
	odvod vzduchu	3,5	4,5	4	5,5	5	9	8	17 (xxx)

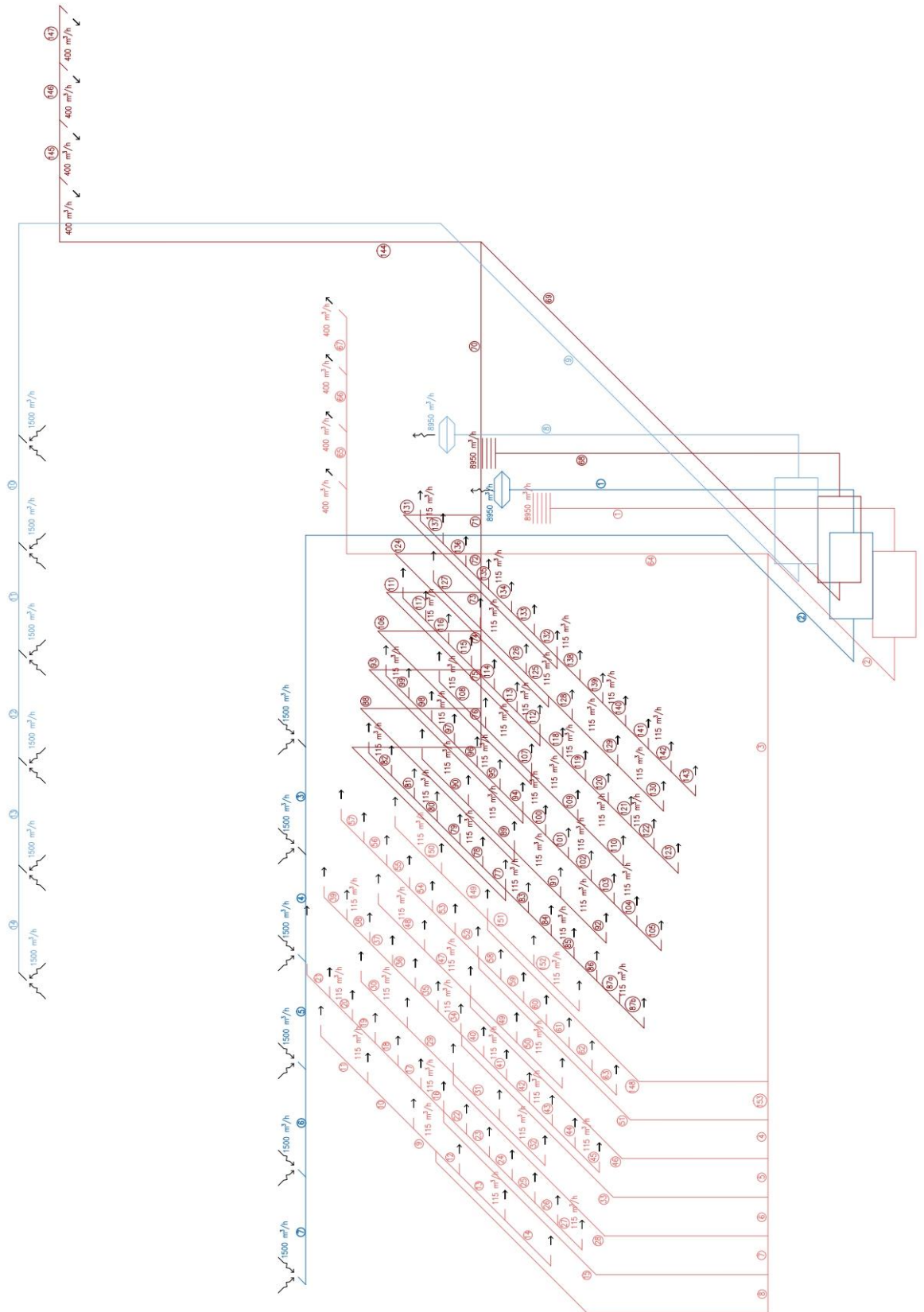
## 2.6.2 Celková tlaková ztráta

Celková tlaková ztráta byla vypočítána jako součet všech tlakových ztrát na sebe navazujících úseků hlavní větve. Vedlejší větve nejsou do celkové tepelné ztráty započítány.

Do výpočtu jsem zahrnula *tlakové ztráty třením* a *tlakové ztráty místní (vřazenými odpory)*. Tlakové ztráty třením závisí na součiniteli tření  $\lambda$  [-], na délce potrubí  $l$  [m], na dynamickém tlaku  $p_d$  [Pa] a na velikosti styčné plochy. Tlakové ztráty vřazenými odpory závisí především na součiniteli místního odporu  $\xi$  (součinitel  $\xi$  v sobě zahrnuje vliv tření i vliv deformace rychlostního profilu při průtoku vzduchu) a také na dynamickém tlaku. Součinitele místních odporů byly pro jednotlivé vzduchotechnické prvky učeny dle doporučených hodnot. [3]

Vzhledem ke skutečnosti, že tlakové ztráty nejsou ve všech větvích sbíhající se do jednoho uzlu stejné, je nutné doplnit vedlejší větve o regulační klapky.

Obrázek 24: Dimenzační schéma



Tabulka 13: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA	
	PŘEDBĚŽNÉ					SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					R <sub>s,1</sub>	ξ . Pd (Z)	Pa		
	V	l	w'	S' (d')	d	d <sub>i</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>s</sub>					ξ
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	-				
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - HLAVNÍ VĚTEV</b>															
1	8500	2,361	9,0	5	0,47	710	-	0,50	4,7	13,16	0,42	0,9	3,79	11,85	SÁNÍ
2	8500	2,361	6,5	5	0,47	710	-	0,50	4,7	13,16	0,42	0,3	2,74	3,95	
3	6900	1,917	12,3	5	0,38	630	-	0,40	4,8	13,99	0,50	1,3	6,20	18,19	
153	6325	1,757	1,0	5	0,35	630	-	0,45	3,9	9,26	0,31	0,3	0,30	2,78	
4	4830	1,342	1,0	5	0,27	560	-	0,28	4,8	13,78	0,59	1,3	0,56	17,91	
5	4255	1,182	1,0	5	0,24	500	-	0,25	4,7	13,41	0,61	1,3	0,58	17,43	
6	2760	0,767	1,0	5	0,15	400	-	0,16	4,8	13,78	0,78	1,3	0,74	17,91	
7	2185	0,607	1,0	5	0,12	355	-	0,13	4,8	13,92	0,89	1,3	0,85	18,09	
8	690	0,192	10,4	4	0,05	250	-	0,05	3,8	8,82	0,90	0,93	9,32	8,20	
9	345	0,096	0,9	3	0,03	200	-	0,03	3	5,38	0,68	2,78	0,58	14,96	
10	230	0,064	1,7	3	0,02	160	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
11	115	0,032	1,7	3	0,01	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
												Σ	29,68	147,80	
												Σ	176,12	Pa	
														36,50	VÝUŠŤ
														12,60	KLAPKY
														80,00	ŽALUZIE
														65,00	TLUMIČ HLUKU
												Σ	370,22	Pa	
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
12	345	0,096	0,9	3	0,03	200	-	0,03	3	5,38	0,68	1,48	0,58	7,96	
13	230	0,064	1,7	3	0,02	160	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
14	115	0,032	1,7	3	0,01	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
												Σ	4,61	24,50	
												Σ	29,11	Pa	

Tabulka 14: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA	
	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						R <sub>1..1</sub>		Σ . Pd (Z)
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d')	d	d <sub>i</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>i</sub>	ξ		Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
15	1495	0,415	9,2	355	315	4	0,10	315	0,11	3,7	8,27	0,56	1,93	5,17	15,97
16	690	0,192	1,1	250	250	3	0,06	250	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95
17	575	0,16	1,1	200	200	3	0,05	200	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27
18	460	0,128	1,1	200	200	3	0,04	200	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27
19	345	0,096	1,1	200	160	3	0,03	200	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26
20	230	0,064	1,1	160	125	3	0,02	160	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27
21	115	0,032	1,1	100	100	3	0,01	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27
													Σ	10,55	71,25
													Σ	81,80	Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
22	690	0,192	1,1	250	250	3	0,06	250	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95
23	575	0,16	1,1	200	200	3	0,05	200	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27
24	460	0,128	1,1	200	200	3	0,04	200	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27
25	345	0,096	1,1	200	160	3	0,03	200	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26
26	230	0,064	1,1	160	125	3	0,02	160	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27
27	115	0,032	1,1	100	100	3	0,01	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27
													Σ	5,38	55,28
													Σ	60,66	Pa

Tabulka 15: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V		HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ								R <sub>1..l</sub>	ξ · Pd (Z)	Pa	
			l	w'	S' (d')	d	d <sub>i</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>i</sub>	ξ				
-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/s	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	Pa	Pa	Pa		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
28	575	0,16	9,0	4	0,04	200	200	0,04	4	9,57	1,09	1,93	9,78	18,46		
29	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29		
30	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63		
												Σ	<b>14,06</b>	<b>43,38</b>		
												Σ	<b>57,44</b>	<b>Pa</b>		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
31	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59		
32	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27		
												Σ	<b>4,27</b>	<b>24,86</b>		
												Σ	<b>29,13</b>	<b>Pa</b>		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
33	1495	0,415	8,8	4	0,10	355	315	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,95	16,14		
34	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95		
35	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27		
36	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27		
37	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26		
38	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27		
39	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27		
												Σ	<b>10,32</b>	<b>71,42</b>		
												Σ	<b>81,74</b>	<b>Pa</b>		

Tabulka 16: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	PŘEDBĚŽNÉ					SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					R <sub>1..1</sub>	ξ · Pd (Z)	Pa	
	V	l	w'	S' (d')	d	d <sub>i</sub>	S	w	P <sub>d</sub> (Z)	R <sub>1</sub>				
m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	-	Pa		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>														
40	690	0,192	1,1	3	0,06	250	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
41	575	0,16	1,1	3	0,05	250	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
42	460	0,128	1,1	3	0,04	200	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
43	345	0,096	1,1	3	0,03	200	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
44	230	0,064	1,1	3	0,02	160	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
45	115	0,032	1,1	3	0,01	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
											Σ	<b>5,38</b>	<b>55,28</b>	
											Σ	<b>60,66</b>		<b>Pa</b>
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>														
46	575	0,16	8,6	4	0,04	200	0,04	4	9,57	1,09	1,95	9,35	18,66	
47	230	0,064	1,8	3	0,02	160	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
48	115	0,032	1,8	3	0,01	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
											Σ	<b>13,62</b>	<b>43,57</b>	
											Σ	<b>57,19</b>		<b>Pa</b>
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>														
49	230	0,064	1,8	3	0,02	160	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
50	115	0,032	1,8	3	0,01	100	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
											Σ	<b>4,27</b>	<b>24,86</b>	
											Σ	<b>29,13</b>		<b>Pa</b>

Tabulka 17: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA		
	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						R <sub>1..I</sub>		Σ. Pd (Z)	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d')	d	d <sub>r</sub>	S	w	P <sub>d</sub> (Z)	R <sub>1</sub>	ξ		Pa	Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
51	1495	0,415	8,4	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,72	16,14	
52	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
53	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
54	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
55	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
56	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
57	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	10,10	71,42	
													Σ	81,51		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
58	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
59	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
60	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
61	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
62	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
63	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	5,38	55,28	
													Σ	60,66		
														Pa		

Tabulka 18: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY											TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ							R <sub>i</sub> .I	ξ . Pd (Z)	Pa	
	V	l	w'	S' (d')	d	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>i</sub>	ξ				
m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	-	Pa			
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
148	575	0,16	8,2	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,95	8,91	18,66
149	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29
150	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63
													Σ	13,19	43,57
													Σ	56,76	Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
151	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	2,71	2,50	16,59
152	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,77	8,27
													Σ	4,27	24,86
													Σ	29,13	Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>															
64	1600	0,444	11,3	4	0,11	355	315	-	0,11	4	9,48	0,64	1,6	7,28	15,16
65	1200	0,333	1,3	3	0,11	355	315	-	0,11	3	5,33	0,36	1,1	0,47	5,86
66	800	0,222	1,3	3	0,07	315	250	-	0,08	2,8	4,78	0,39	0,7	0,50	3,34
67	400	0,111	1,3	3	0,04	200	200	-	0,04	2,8	4,63	0,53	0,7	0,68	3,24
													Σ	8,93	27,61
													Σ	36,55	Pa

Tabulka 19: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA		
	PŘEDBĚŽNÉ					SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					R <sub>1</sub> .I	ξ . Pd (Z)	Pa			
	V	l	w'	S' (d')	d	d	S	w	P <sub>a</sub> (Z)	R <sub>i</sub>					ξ	
m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	-	Pa				
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - HLAVNÍ VĚTEV</b>																
68	9420	2,617	9,0	5	0,52	800	710	-	0,57	4,6	12,73	0,38	0,9	3,45	11,46	SÁNÍ
69	9420	2,617	14,2	5	0,52	800	710	-	0,57	4,6	12,73	0,38	0,3	5,45	3,82	9420
70	7820	2,172	6,3	5	0,43	710	630	-	0,45	4,9	14,15	0,48	1,3	3,03	18,40	9420
71	6325	1,757	1,0	5	0,35	630	560	-	0,35	5	14,88	0,57	1,3	0,54	19,34	7820
72	5635	1,565	1,0	5	0,31	560	560	-	0,31	5	14,95	0,61	1,3	0,58	19,43	6325
73	4140	1,15	1,0	5	0,23	500	450	-	0,23	5,1	15,67	0,75	1,3	0,71	20,38	5635
74	3565	0,99	1,0	5	0,20	500	400	-	0,20	5	14,71	0,75	1,3	0,71	19,12	4140
75	2070	0,575	1,0	5	0,12	355	355	-	0,13	4,6	12,49	0,80	1,3	0,76	16,24	3565
76	1495	0,415	9,0	5	0,08	315	250	-	0,08	5,3	16,69	1,35	0,93	12,08	15,52	2070
83	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
84	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
85	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
86	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
87.A	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
87.B	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	<b>32,68</b>	<b>198,99</b>	
													Σ	<b>231,67</b>		
														<b>36,50</b>		VÝUŠT
														<b>12,60</b>		KLAPKY
														<b>80,00</b>		ŽALUZIE
														<b>65,00</b>		TLUMIČ HLUKU
													Σ	<b>425,77</b>	<b>Pa</b>	

Tabulka 20: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V		HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ								R <sub>1</sub> .I	ξ. Pd (Z)	Pa	
			l	S' (d',)	d	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>a</sub> (Z)	R <sub>i</sub>	ξ					
-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	Pa	Pa	Pa	Pa		
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
77	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
78	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
79	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
80	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
81	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
82	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	<b>5,38</b>	<b>55,28</b>	
													Σ		<b>60,66</b>	
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
88	575	0,16	7,8	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,93	8,48	18,46	
89	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
90	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
91	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
92	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
													Σ	<b>17,02</b>	<b>68,24</b>	
													Σ		<b>85,26</b>	
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
89	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
90	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	<b>4,27</b>	<b>24,92</b>	
													Σ		<b>29,19</b>	
													Σ		<b>Pa</b>	

Tabulka 21: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA		
	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						R <sub>1..1</sub>		Σ. Pd (Z)	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d')	d	d <sub>r</sub>	S	w	P <sub>d</sub> (Z)	R <sub>1</sub>	ξ		Pa	Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
93	1495	0,415	7,6	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,93	4,27	15,97	
100	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
101	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
102	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
103	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
104	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
105	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	<b>9,65</b>	<b>71,25</b>	
													Σ		<b>80,90</b>	<b>Pa</b>
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
94	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
95	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
96	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
97	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
98	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
99	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	<b>5,38</b>	<b>55,28</b>	
													Σ		<b>60,66</b>	<b>Pa</b>

Tabulka 22: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d')	d	d <sub>i</sub>	S	w	P <sub>d</sub> (Z)	R <sub>1</sub>	ξ	R <sub>1..1</sub>	ξ . Pd (Z)	Pa				
																	m <sup>2</sup>	mm	m <sup>2</sup>	
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
106	575	0,16	7,6	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,95	8,26	18,66					
109	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59					
110	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27					
													Σ	12,53	43,51					
													Σ	56,05		Pa				
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
107	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29					
108	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63					
													Σ	4,27	24,92					
													Σ	29,19		Pa				
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
111	1495	0,415	7,4	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,16	16,14					
118	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95					
119	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27					
120	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27					
121	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26					
122	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27					
123	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27					
													Σ	9,54	71,42					
													Σ	80,95		Pa				

Tabulka 23: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d' <sup>1</sup> )	d	d <sub>r</sub>	SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					R <sub>1</sub>	ξ	R <sub>1</sub> .I	ξ . Pd (Z)			
									S	w	P <sub>d</sub> (Z)	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>					Pa	Pa	
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
112	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95					
113	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27					
114	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27					
115	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26					
116	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27					
117	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27					
													Σ	<b>5,38</b>	<b>55,28</b>					
													Σ	<b>60,66</b>						
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
124	690	0,192	7,2	4	0,05	250	200	-	0,05	3,8	8,82	0,90	1,95	6,45	17,19					
128	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,48	0,58	7,96					
129	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27					
130	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27					
													Σ	<b>11,07</b>	<b>41,69</b>					
													Σ	<b>52,75</b>						
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																				
125	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	2,78	0,58	14,96					
126	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27					
127	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27					
													Σ	<b>4,61</b>	<b>31,49</b>					
													Σ	<b>36,11</b>						

Tabulka 24: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V m <sup>3</sup> /h	l m <sup>3</sup> /s	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA
			PŘEDBĚŽNÉ					SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					TLAK. ZTRÁTA			
			w' m/s	S' m <sup>2</sup>	d mm	S m <sup>2</sup>	w m/s	p <sub>d</sub> (z) Pa	R <sub>i</sub> Pa.m <sup>-1</sup>	ξ	R <sub>i</sub> .l Pa	ξ.P <sub>d</sub> (z) Pa	Pa			
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
131	1495	0,415	7,0	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	3,93	16,14	
138	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
139	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
140	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
141	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
142	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
143	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	9,31	71,42	
													Σ	80,73		Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
132	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
133	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
134	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
135	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
136	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
137	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	5,38	55,28	
													Σ	60,66		Pa
<b>Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV</b>																
144	1600	0,444	11,3	4	0,11	355	315	-	0,11	4	9,48	0,64	1,6	7,28	15,16	
145	1200	0,333	1,3	3	0,11	355	315	-	0,11	3	5,33	0,36	1,1	0,47	5,86	
146	800	0,222	1,3	3	0,07	315	250	-	0,08	2,8	4,78	0,39	0,7	0,50	3,34	
147	400	0,111	1,3	3	0,04	200	200	-	0,04	2,8	4,63	0,53	0,7	0,68	3,24	
													Σ	8,93	27,61	
													Σ	36,55		Pa

Tabulka 25: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA		
	PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ							R <sub>t</sub> . I	ξ . Pd (Z)	Pa				
	V	l	w'	S' (d')	d	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>t</sub>	ξ					
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/s	m <sup>2</sup>	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	Pa				
<b>Zařízení č. 1 - ODVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - HLAVNÍ VĚTEV</b>																
1	9000	2,5	11,0	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,62	0,35	4,8	3,85	55,79	VÝTLAK
2	9000	2,5	20,6	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,62	0,35	0,9	7,21	10,46	
3	7500	2,083	3,2	4	0,52	800	710	-	0,57	3,7	8,07	0,24	0,76	0,78	6,13	
4	6000	1,667	3,2	4	0,42	710	630	-	0,45	3,7	8,33	0,28	0,41	0,91	3,42	
5	4500	1,25	3,2	4	0,31	560	560	-	0,31	4	9,53	0,39	0,41	1,24	3,91	
6	3000	0,833	3,2	4	0,21	500	450	-	0,23	3,7	8,23	0,39	0,41	1,26	3,37	
7	1500	0,417	3,2	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,33	0,57	0,41	1,81	3,42	
													Σ	17,06	86,50	
													Σ	103,56		
														7,00		ANEMOSTAT
														12,60		KLAPKY
														40,00		ŽALUZIE
														70,00		TLUMIČ HLUKU
													Σ	233,16		Pa

Tabulka 26: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

Č.Ú.	V		I		PŘEDBĚŽNÉ		HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA			POZNÁMKA		
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m	w'	S' (d <sup>1</sup> )	d	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>a</sub> (Z)	R <sub>1</sub>	ξ	R <sub>1</sub> . I	ξ . Pd (Z)	Pa	Pa	Pa				
																			mm		mm	m <sup>2</sup>
<b>Zařízení č. 1 - ODVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - HLAVNÍ VĚTEV</b>																						
8	9000	2,5	11,0	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,6	0,35	4,8	3,85	55,79				VÝTLAK			
9	9000	2,5	26,2	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,6	0,35	0,9	9,17	10,46							
10	7500	2,083	3,2	4	0,52	800	710	-	0,57	3,7	8,07	0,24	0,76	0,78	6,13							
11	6000	1,667	3,2	4	0,42	710	630	-	0,45	3,7	8,33	0,28	0,41	0,91	3,42							
12	4500	1,25	3,2	4	0,31	560	560	-	0,31	4	9,53	0,39	0,41	1,24	3,91							
13	3000	0,833	3,2	4	0,21	500	450	-	0,23	3,7	8,23	0,39	0,41	1,26	3,37							
14	1500	0,417	3,2	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,33	0,57	0,41	1,81	3,42							
													<b>Σ</b>	<b>19,02</b>	<b>86,50</b>							
													<b>Σ</b>	<b>105,52</b>								
														<b>7,00</b>								ANEMOSTAT
														<b>12,60</b>								KLAPKY
														<b>40,00</b>								ŽALUZIE
														<b>70,00</b>								TLUMIČ HLUKU
													<b>Σ</b>	<b>235,12</b>								<b>Pa</b>

## 2.7 Vzduchotechnické jednotky

Vzhledem k vysoké hodnotě vypočítaného odvodu a přívodu vzduchu byly k teplovzdušnému vytápění a klimatizaci jeviště a hlediště (funkčního celku č. 1) navrženy 2 vzduchotechnické jednotky. Nicméně obě budou totožné, pouze servisní přístupy budou mít z odlišné strany. Za pomoci programu AeroCAD od společnosti REMAK byla navržena VZT jednotka jedna, která bude do strojovny v 1NP instalovaná ve dvou soustavách, z toho vyplývá, že všechny komponenty VZT jednotky jsou od výrobce REMAK, a.s. a budou pořízené ve dvou kusech. V rámci návrhu byla respektována norma ČSN EN 1886 (2008) a nařízení komise (EU) č. 1253/2014 Ecodesign.

S ohledem na velikost průtoku vzduchu byla navržena sestavná vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 13.

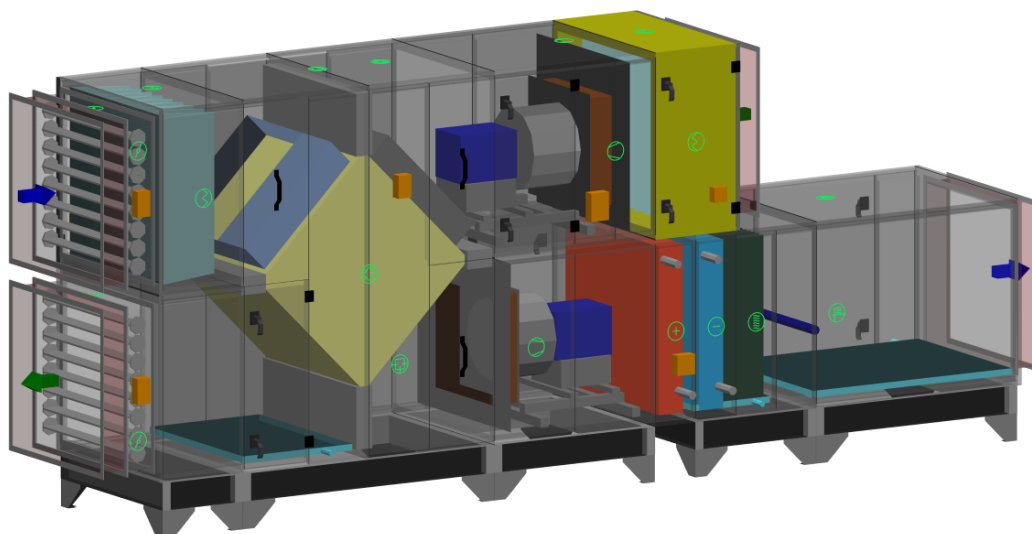
Na přívodní větvi je umístěno (postupně ve směru z exteriéru do interiéru):

- Tlumící vložka
- Klapka uzavírací
- Filtr ISO ePM 10 >60%
- Deskový rekuperátor
- Ventilátor
- Ohříváč
- Chladič
- Parní zvlhčovač
- Tlumící vložka

Na odvodní větvi je umístěno (postupně ve směru z interiéru do exteriéru):

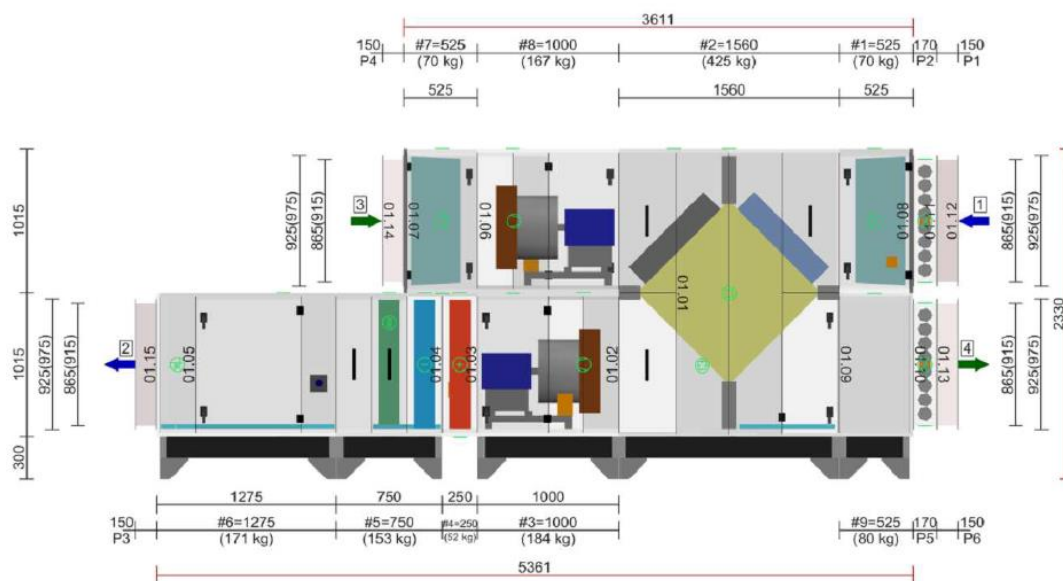
- Tlumící vložka
- Filtr ISO Coarse 50%
- Ventilátor
- Deskový rekuperátor (duplicitní s přívodní větvi)
- Prázdná schránka
- Klapka uzavírací
- Tlumící vložka

Přesná specifikace je obsažena v příloze č. P.5



Obrázek 25: Navržená VZT jednotka [AeroCAD]

Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Obrázek 26: Bokorys navržené VZT jednotky [AeroCAD]

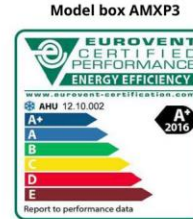
ID  
 Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
 Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
 Určení jednotky Standardní prostředí



### STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

#### Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 13		
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne		
Nadmožská výška	240 m		
Hmotnost (+/-10%)	1 539 kg		
Umístění VZT jednotky	Vnitřní		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)		
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	9420 m <sup>3</sup> /h	
Externí tlaková rezerva	486 Pa	486 Pa	
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	2.96 m/s	
Výkon motoru nominální	4.00 kW	3.00 kW	
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor	
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)	
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %	
2. stupeň filtrace	-	-	
SFP <sub>Hi</sub>	1427 W.m <sup>3</sup> .s	982 W.m <sup>3</sup> .s	Parametry pláště dle EN1886
SFP <sub>AHU</sub>	2410 W.m <sup>3</sup> .s		Mechanická stabilita D2(M)
			Netěsnost skříně L1(M)
			Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
			Termická izolace T4(M)
			Faktor tepelných mostů TB3(M)
			Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



#### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média	
Zpětný zisk tepla	-19.0 -> 3.5 °C	58 %	20.8 kW	
Směšování	3.5 -> 15.1 °C	70.0 %		
Ohřev	15.1 -> 26.0 °C	34.4 kW	70/39 °C, Voda, 0.4 kPa, 0.98 m <sup>3</sup> /h, 1 1/2 "	
Chlazení	28.4 -> 20.9 °C	25.6 kW	7.0/13 °C, Voda, 1.5 kPa, 3.67 m <sup>3</sup> /h, 1 1/2 "	
Vlhčení	26.0 -> 26.0 °C	25 -> 35 %	25.0 kg/h, 18.8 kW**	

*Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení*

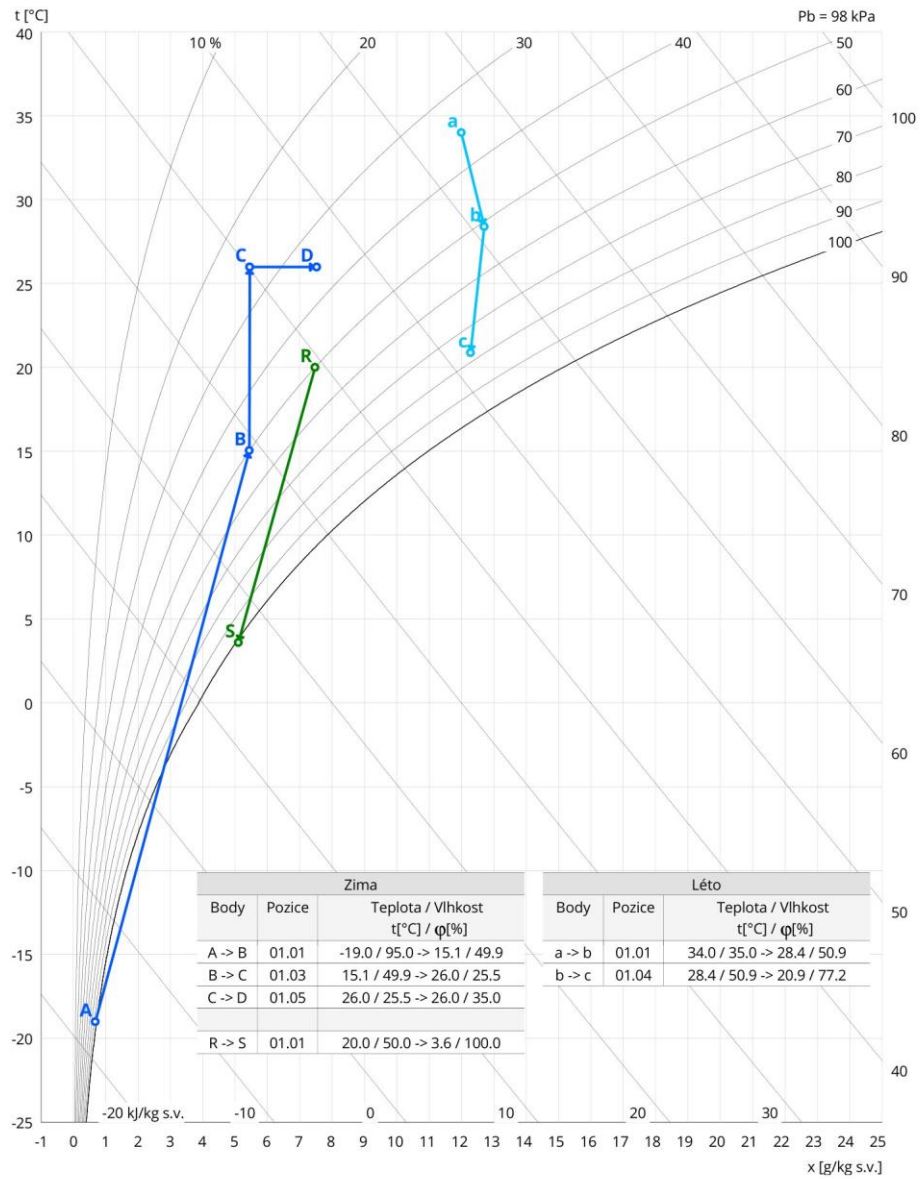
\*\* Napájení a jištění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS

#### Hlukové parametry zařízení

	LwAokt [dB(A)]								ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	47	55	72	67	64	59	59	59	75
Přívod - výtlak	52	60	78	80	84	78	73	69	87
Přívod - okolí	46	46	62	57	59	54	50	43	65
Odvod - sání	42	57	72	70	69	68	67	68	77
Odvod - výtlak	47	60	74	76	75	71	68	67	81
Odvod - okolí	41	46	59	54	53	47	46	42	61

Obrázek 27: Titulní strana technické specifikace VZT jednotky [AeroCAD]

Psychrometrický diagram



Obrázek 28: H-X diagram úpravy vzduchu v navržené VZT jednotce [AeroCAD]

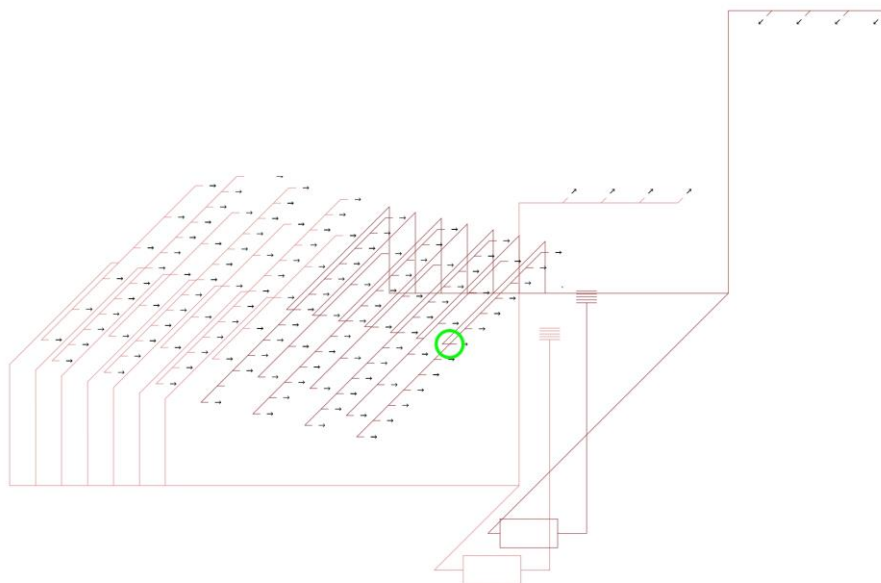
V h-x diagramu VZT jednotky výše je znázorněno mezi body A a B ohřívání a směšování vzduchu v deskovém rekuperátoru, mezi B a C probíhá ohřívání a mezi body

C – D probíhá vlhčení vzduchu ve zvlhčovači na požadovanou vlhkost. Bod R značí vnitřní návrhové podmínky prostoru a bod S označuje kondenzaci v deskovém rekuperátoru. Tyto procesy jsou znázorněné pro zimní období. Pro letní období nám průběh úpravy vzduchu značí světle modrá barva, přičemž mezi body a – b probíhá směšování vzduchu a mezi body b – c ochlazování vzduchu na požadovanou hodnotu.

## **2.8 Útlum hluku**

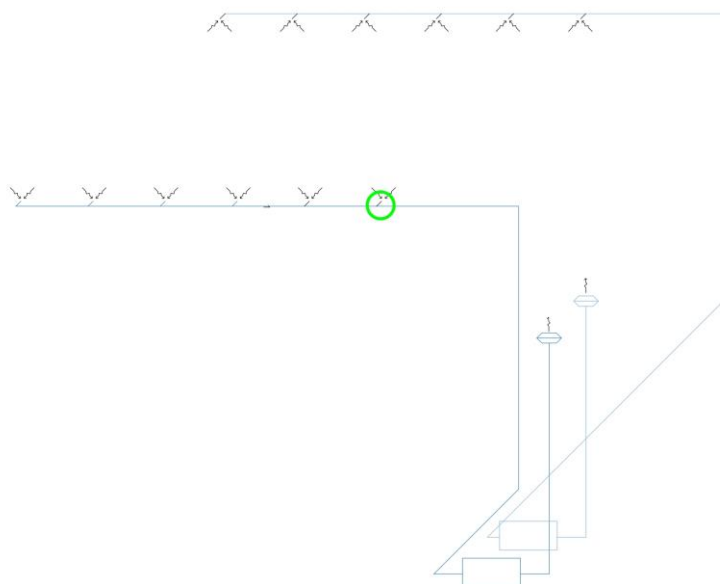
Pro pohodlí nejen diváků divadla, ale i herců je nutné řešit hluk, který vzniká převážně provozem ventilátorů ve vzduchotechnické jednotce. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. hygienický limit akustického tlaku stanovuje velmi obecně, nicméně pro prostor divadla se řídíme hodnotou 40 dB.

Pro posouzení přívodní větve na hluk jsem zvolila distribuční prvek viz schéma níže. Tento distribuční prvek jsem zvolila s ohledem na malou vzdálenost mezi distribučním elementem a osobou v prostoru, a zároveň jsem volila distribuční prvek co nejbližší VZT jednotce.



Obrázek 29: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na přívodní větvi

Pro posouzení odvodní větve na hluk jsem zvolila distribuční prvek nejbliže VZT jednotce viz schéma.



Obrázek 30: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na odvodní větvi

Následně jsem vypočítala hluk všech vyústek jak přívodního, tak odvodního potrubí.

Tabulka 27: Výpočet hluku přívodních vyústek

Přívodní potrubí - interiér							
$L_{wA}$ (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Přívod - výtlač $L_{vent}$	79	81	83	78	75	74	<b>87,2</b>
Přirozený útlum							
Rovné potrubí	6,3	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	
Oblouky	3	6	9	9	9	9	
Odbočka z hlavní větve	10	10	10	10	10	10	
Rovné potrubí	3,15	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	
Odbočka k výustce	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	
Ohebné potrubí	6,25	5,13	4	3	3,75	2,25	
Útlum koncovým odrazem	5	2	1	0	0	0	
Hluk ve výustce $L_w$	40,1	47,42	49,25	46,25	42,5	43	<b>53,6</b>
Vlastní hluk vyústky $L_1$							<b>28</b>
Hluk vystupující z vyústky $L_s$							<b>54</b>
Korekce na počet vyústek $K_1$							<b>18</b>
Hluk všech přívodních vyústek L							<b>72</b>

Tabulka 28: Výpočet hluku odvodních vyústek

Odvodní interiér - interiér							
$L_{wA}$ (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Přívod - výtlač $L_{vent}$	65	63	63	65	62	54	<b>70,8</b>
Přirozený útlum							
Rovné potrubí	6,18	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	
Oblouky	3	6	9	9	9	9	
Odbočka z hlavní větve	0	0	0	0	0	0	
Odbočka k výustce	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
Ohebné potrubí	10,85	9,1	7	5,25	6,65	3,5	
Útlum koncovým odrazem	5	2	1	0	0	0	
Hluk ve výustce $L_w$	32,57	35,41	35,51	40,26	35,86	31,01	
Vlastní hluk vyústky $L_1$							<b>25</b>
Hluk vystupující z vyústky $L_s$							<b>44</b>
Korekce na počet vyústek $K_1$							<b>8</b>
Hluk všech přívodních vyústek L							<b>52</b>

Součtová hladina aplikací  $L_{w,s}$  byla vypočítána na 72 dB.

Z důvodu absorpce hluku pohltivými povrchy jsem spočítala pohltivou plochu A, dle vzorce

$$A = \alpha * S \quad (2.10)$$

Kde  $\alpha$  značí součinitel zvukové pohltivosti (pro divadlo 0,4) a S plochu ohraničující prostor. Pro prostor divadla se pohltivá plocha rovná

$$A = 0,4 * 1172 = 468,8 \text{ m}^2$$

Celková hladina akustického tlaku  $L_p$  byla spočítána dle vzorce níže pro případ nejhoršího, ale zároveň nejběžnějšího případu, kdy bude sluchové ústrojí diváka umístěno přibližně 1 m od přírodního distribučního elementu.

$$L_p = L_{w,s} + 10 \log \left( \frac{Q}{4 * \pi * r^2} + \frac{4}{A} \right) \quad (2.11)$$

Kde  $L_{w,s}$  značí součtovou hladinu aplikací, Q značí směrový činitel, r je vzdálenost posluchače a A pohltivou plochu. Pro dané divadlo se  $L_p$  rovná hodnotě 61,4 dB. Vzhledem k maximální přípustné hodnotě 40 dB (+10 dB korekce) je nutné navrhnout tlumiče.

Pro přírodní i odvodní větev byl navržen tlumič hluku v programu od společnosti lindab s názvem LindQST. Navržen byl stejný typ tlumiče, pouze s jinými rozměry. Jedná se o typ SLRS – 4HR přímý tlumič hluku.



Obrázek 31: Tlumič hluku SLRS - 4HR

Aby mohl být na přívodní větvi pouze jeden tlumič hluku, je nutné toto potrubí zvětšit na rozměr 1000 x 1000 mm.

Tabulka 29: Návrh tlumiče hluku na přívodním potrubí

Přívodní potrubí - interiér							
$L_{WA}$ (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Hluk ve výústce $L_w$	40,1	47,42	49,25	46,25	42,5	43	53,6
Hluk ve výústce $L_w$ - s tlumičem	18	16	14	10	15	24	25
Vlastní hluk výústky $L_1$							25
Hluk vystupující z výústky $L_s$							25
Korekce na počet výústek $K_1$							18
Hluk všech přívodních výústek L							43

Tabulka 30: Parametry tlumiče hluku na přívodním potrubí

Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	$qv$	9400 m <sup>3</sup> /h
Šířka		1000 mm
Výška		1000 mm
Délka		2450 mm
Výsledky::		
Čelní rychlost	$v$	2,6 m/s
Celková tlaková ztráta	$\Delta p_t$	11 Pa

## Tlumič hluku na odvodní potrubí:

Tabulka 31: Návrh tlumiče hluku na odvodním potrubí

Odvodní interiér - interiér							
$L_{WA}$ (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Hluk ve vyústce $L_w$	32,57	35,41	35,51	40,26	35,86	31,01	43,9
Hluk ve vyústce $L_w$ - s tlumičem	24	22	20	19	22	22	28
Vlastní hluk vyústky $L_1$							25
Hluk vystupující z vyústky $L_5$							28
Korekce na počet vyústek $K_1$							8
Hluk všech přívodních vyústek L							36

Tabulka 32: Parametry tlumiče hluku na odvodním potrubí

Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	$q_v$	9400 m <sup>3</sup> /h
Šířka		800 mm
Výška		710 mm
Délka		2450 mm
Výsledky::		
Čelní rychlost	$v$	4,6 m/s
Celková tlaková ztráta	$\Delta p_t$	15 Pa

S navrženými tlumiči hluku vychází hodnota součtové hladiny obou větví  $L_{w,s}$  na 43,8 dB. S vlivem pohltivé plochy se hluk v místnosti sníží na 33,25 dB, což vyhovuje požadavkům na hluk.

## 2.9 Izolace potrubí

Aby nedocházelo ke ztrátám tepla a ke kondenzaci na potrubí, je třeba navrhnout izolaci potrubí. Izolace byla navržena v programu Teruna v1.5 b a byla navržena na přívodní větví před a za VZT jednotkou a na odvodní větví taktéž před a za VZT jednotkou.

Izolace byla navržena z minerální vaty obalená fólií, na přívodním a odvodním potrubí byla navržena izolace o tloušťce 30 mm, na potrubí sání a výtlačku byla navržena izolace 60 mm.

Tabulka 33: Návrhové parametry pro posouzení izolace

MÍSTNOST	zimní období		letní období	
	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]
Strojovna	20	50	26	60
Hlediště + jeviště	20	50	26	60
<b>V POTRUBÍ</b>				
přívod	20	50	26	60
odvod	20	50	26	60
sání	-19	95	34	35
výtlač	3,6	100	26	60

Tabulka 34: Výsledné hodnoty posouzení izolace z programu Teruna

Funkční celek č. 1 - hlediště + jeviště						
		STROJOVNA				INTERIÉR
		PŘÍVOD	ODVOD	SÁNÍ	VÝTLAK	PŘÍVOD
tl. izolace [mm]		30	30	60	60	30
LÉTO	t <sub>po</sub> [°C]	26	26	26,28	26	26
	t <sub>ro</sub> [°C]	17,6	17,6	17,63	17,6	17,6
	t <sub>pv</sub> [°C]	26	26	33,3	26	26
	t <sub>rv</sub> [°C]	17,6	17,6	16,37	17,6	17,6
	t <sub>výst</sub> [°C]	26	26	33,94	26	26
Tepelná ztráta/zisk v p. [W/m]		0	0	-205,8	0	0
ZIMA	t <sub>po</sub> [°C]	20	20	-12,25	19,6	20
	t <sub>ro</sub> [°C]	9,3	9,3	-17,54	9,27	9,3
	t <sub>pv</sub> [°C]	80	80	-18,45	4,44	80
	t <sub>rv</sub> [°C]	9,3	9,3	-19,54	3,6	9,3
	t <sub>výst</sub> [°C]	20	20	-18,99	3,61	20
Tepelná ztráta/zisk v p. [W/m]		0	0	36,69	50,75	0

Povrchová kondenzace

**Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí** Popis: teruna Default

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 26$   
 $\text{RH}_o[\%] = 60$

$a[\text{mm}] = 1000$   
 $b[\text{mm}] = 1000$

$t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 34$   
 $\text{RH}[\%] = 35$

$t_{\text{výst}}[^\circ\text{C}] = 33.94$   
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 6000$

$D[\text{mm}] = 0$

Hranaté potrubí     Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}[^\circ\text{C}] = 26.28$   
 $t_{\text{ro}}[^\circ\text{C}] = 17.63$   
 $t_{\text{pv}}[^\circ\text{C}] = 33.35$   
 $t_{\text{rv}}[^\circ\text{C}] = 16.37$

$t[\text{mm}] = 60$

Průtok vzduchu [m<sup>3</sup>/h]: 9400  
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.06

Potrubí je situováno v prostředí:

- Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -205.8

Obrázek 32: Ukázka výstupu z programu Teruna



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA**

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

**C. PROJEKT**

## 3 PROJEKT

### 3.1 Technická zpráva

#### 1. Úvod

Projekt vzduchotechniky řeší způsob větrání a úpravy vzduchu v budově divadla. Vzhledem k charakteru budovy – kulturní zařízení, které navštěvuje nárazově velké množství lidí, je zapotřebí odvádět nekvalitní vzduch a přivádět vzduch čerstvý. Tato projektová dokumentace je pro provedení stavby.

#### 1.1. Podklady pro zpracování

Podkladem pro vypracování byly půdorysy a řezy objektu, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických komponent.

Normy, vyhlášky:

- *NORMA ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- *NORMA ČSN 12 7010 – ZMĚNA Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení*
- *NORMA ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- *NORMA ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*
- *NORMA ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – 4ást 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*
- *VYHLÁŠKA č. 6/2003 Sb.*
- *VYHLÁŠKA č. 268/2009*
- *NORMA ČSN EN 15 665 – ZMĚNA Z1 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*
- *20/2012 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.*

## 1.2. Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

- Místo: Chrudim
- Nadmořská výška: 240 m.n.m.
- Průměrný tlak vzduchu: 98,3 kP

Průměrné hodnoty	Teplé období roku	Chladné období roku
Teplota venkovního vzduchu (°C)	33,8	-19,4
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	66,3	-
Absolutní extrémy	Maximum	Minimum
Teplota venkovního vzduchu (°C)	37,3	-23,9
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	76,8	-23,2

## 1.3. Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

	zimní období		letní období	
	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]
<b>FUNKČNÍ CELEK 1</b>				
Hlediště	20	50	26	60
Jeviště	20	50	26	60
<b>FUNKČNÍ CELEK 2</b>				
Pokladna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Šatna	22	50	26	60
Sklad	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60

Bufet	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Skład	20	50	26	60
Zkušebna	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Kabina zvukaře a osvětlovače	20	50	26	60

Projekt se týká divadla, proto pro řešený funkční celek č. 1 je limit hladiny hluku 40 dB. Přes den bude divadlo sloužit většinou pouze pro zkoušky souboru, pro představení bude využíván čas večerní. Předpokládaná doba plného provozu je od 17:00 do 23:00.

## 2. Základní koncepční řešení

Nucené větrání je navrženo pro shromažďovací prostory jeviště a hlediště. Ostatní prostory umístěné jsou umístěné u obvodového pláště, a proto budou pouze přirozeně větrány. Individuální dochlazování dotčených místností v létě bude řešeno Split jednotkami. Samotné nucené větrání budou zajišťovat dvě totožné klimatizační jednotky umístěné ve strojovně v INP. Vlhčení vzduchu je uvažováno.

Pro funkční celek č. 1 je navržena klimatizace, která bude pokrývat tepelnou zátěž hlediště a jeviště a upravovat vlhkost vzduchu. Objem přiváděného vzduchu je totožný jako objem odváděného vzduchu. Pro výpočet bylo jeviště a hlediště uvažováno jako jedna místnost, protože jsou odděleny pouze textilní oponou, a to pouze ve výjimečných situacích.

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	OBJEM [m <sup>3</sup> ]	POČET OSOB	POŽAD. VÝMĚNA VZDUCHU [h <sup>-1</sup> ]	VZDUCH/OSOB A [m <sup>3</sup> /h]	t [°C]	φ [%]	t [°C]	φ [%]	VODNÍ ZISKY [g/h]	TEPELNÉ ZISKY [W]	TEPELNÉ ZTRÁTY [W]
<b>FUNKČNÍ CELEK 1</b>													
101	Hlediště	183,6	1946,2	285	5	25	26	60	20	50	14250	47 580	5010
102	Jeviště	79,2	839,5	25		25	26	60	20	50	1250		
	Σ	262,8	2855,0										

Vzduchotechnické jednotky obsluhující funkční celek 1 jsou umístěné ve strojovně, přičemž sání i výtlak je směřováno nad střechu. Vzduchotechnické rozvody přívodu vzduchu do hlediště jsou vedeny pod podlahou a zakončeny jsou difuzory umístěnými do schodišťových stupňů hlediště. Odvod vzduchu z hlediště je řešen rozvody v podhledu a se stropními difuzory. Na jeviště je vzduch pouze přiváděn, a to dýzami umístěnými nad jevištěm. Na vzduchovody budou instalovány regulační klapky, aby zajistily správný průtok vzduchu a požární klapky. Z důvodu požadavku na poměrně tiché prostředí byly instalovány také tlumiče hluku.

### **3. Popis technického řešení**

#### **3.1. Koncepce větracích a klimatizačních zařízení**

Zařízení č.1 i zařízení č. 2 jsou navrženy jako rovnotlaké. Obě vzduchotechnické jednotky jsou totožné a umístěné ve strojovně v 1NP. Zakončení sání a výtlaku nad střechou je opatřeno protidešťovou žaluzií. Potrubí vedoucí do interiéru je opatřeno tlumiči hluku a také požární klapkou z důvodu rozdílného požárního úseku. Vzduchotechnické rozvody jsou opatřeny tepelnou izolací, v prostoru hlediště a jeviště o tloušťce 30 mm, v prostoru strojovny o tloušťce 60 mm.

#### **Zařízení č. 1 + Zařízení č.2**

Obě jednotky umístěné ve strojovně a zajišťující klimatizaci hlediště a jeviště jsou totožné. Dvě jednotky byly navrženy z důvodu velkého objemu odváděného i přiváděného vzduchu.

Sestavná jednotka AeroMaster XP výrobce Remak zajišťuje nucené větrání, chlazení, ohřev a zvlhčení funkčního celku č. 1. Jednotka je umístěna na ocelovém rámu.

Na přívodní větvi je umístěno (postupně ve směru z exteriéru do interiéru):

- Tlumící vložka
- Klapka uzavírací
- Filtr ISO ePM 10 >60%
- Deskový rekuperátor

- Ventilator
- Ohříváč
- Chladič
- Parní zvlhčovač
- Tlumící vložka

Na odvodní větvi je umístěno (postupně ve směru z interiéru do exteriéru):

- Tlumící vložka
- Filtr ISO Coarse 50%
- Ventilátor
- Deskový rekuperátor (duplicitní s přívodní větví)
- Prázdná schránka
- Klapka uzavírací

Objem přiváděného i odváděného vzduchu je 9400 m<sup>3</sup>/h na jednu VZT jednotku.

V zimním období je venkovní vzduch přiveden do deskového rekuperátoru, kde se přiváděný vzduch ohřívá a následně se dohřeje v ohříváči na požadovanou teplotu.

V letním období se venkovní vzduch přivede do deskového rekuperátoru a následně se dochladí v chladiči s eliminátorem kapek.

#### **4. Nároky na energii**

K zajištění chodu klimatizačního zařízení je třeba zabezpečit následující zdroje energií:

	VENTILÁTOR				ELEKTRINA				OHŘEV				CHLAZENÍ			
	přívod/odvod	množství vzduchu	externí tlak	počet	elektrický příkon	elektrický výkon	elektrický proud	napětí/frekvence	topný příkon 70/50°C	průtok média	tlaková ztráta	chladičí výkon 7/13°C	Průtok média	Tlaková ztráta	výměníku	kondenzát
		m <sup>3</sup> /h	Pa	ks	kW	kW	A	V/Hz	kW	kg/s	kPa	kW	kg/s	kPa	kg/hod	
<b>Novostavba divadla</b>																
<b>Zařízení č. 1 + Zařízení č. 2</b>																
1.01																
VZT jednotka																
AeroMAster XP 13																
přívodní ventilátor	P	9420	931	1	4,06	4,06	8,2	3x400V								
vodní ohříváč									34,4	0,98	10,4					
vodní chladič												25,6	3,67	9,4	4,3	
odvodní ventilátor	O	9420	695	1	2,74	2,74	6,3	3x400V								
výměník ZZT															8	
<b>CELKEM</b>		<b>18840</b>	<b>1626</b>	<b>2</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>14,5</b>	<b>-</b>	<b>34,4</b>	<b>0,98</b>	<b>10,4</b>	<b>25,6</b>	<b>3,67</b>	<b>9,4</b>	<b>12,3</b>	

## **5. Měření a regulace**

Navržené systémy VZt budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohříváče v zimním období – vlečná regulace (směšování)
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu vodního chladiče v letním období (rozdělování)
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavku
- Protimrazová ochrana deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku - měření na straně vzduchu i vody. Při poklesnutí teploty: 1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapky, 3) otevření třicestného ventilu, 4) spuštění čerpadla
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- Snímání a signalizace zanesení filtrů
- Poruchová signalizace
- Snímání signalizace chodu, poruchy a zapnutí a vypnutí zdroje chladu

## **Nároky na související profese**

### **5.1. Stavební úpravy**

Před začátkem stavebním prací je nutné všechny zásahy do konstrukcí nechat posoudit statika.

- Vytvořit prostupy ve stavebních konstrukcích
- Vytvořit revizní otvory v sádkartonovém podhledu
- Ve strojovně navrhnout odvodnění podlahy

- Obložit a dotěsnit všechny prostupy vzduchotechnického potrubí

### **5.2. Silnoproud**

- Všechna napojení musí být jištěná
- Napájení respektuje tabulku výkonů výše
- Napojení jednotlivých zařízení musí být koordinováno s profesí MaR, kvůli zabezpečení požadované vazby mezi těmito profesemi

### **5.3. Vytápění**

- Na rozvod topné vody napojí profese ÚT ohřívač VZT jednotky a zajistí taktéž regulační uzly

### **5.4. Zdravotní technika**

- Profese ZTI zabezpečí odvod kondenzátu do odpadního potrubí
- Do strojovny bude umístěna podlahová vpust'

## **6. Protihluková a protitřesová opatření**

- V sestavné VZT jednotce AeroMAster XP je vloženo několik tlumících vložek, aby zabránily hluku a otřesům způsobených rotačním pohybem při provozu. Veškeré rozvody budou napojeny na ventilatory přes tlumicí vložky. Na přívodu a odvodu vzduchu ve strojovně jsou na každém potrubí umístěné tlumiče hluku.

## **7. Izolace a nátěry**

- Na veškeré VZT rozvody v prostoru hlediště a jeviště bude umístěna kaučuková tepelná izolace o tloušťce 30 mm, na veškeré rozvody ve strojovně bude umístěna tepelná izolace o tloušťce 60 mm. Tepelná izolace je zároveň částečně funkční i jako protihlukové opatření.
- Nátěry jsou předpokládány na viditelných zakončení potrubí a střechou objektu, barvu zvolí investor stavby.

## **8. Protipožární opatření**

- Do vzduchovodu procházející stavební konstrukcí, která slouží zároveň jako ohraničení požárního úseku, bude vřazena požární klapka.
- Po montáži požárních klapek bude provedena revize

## **9. Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení**

Vzhledem k charakteru zařízení je nutné provádět pravidelnou údržbu. Vzduchotechnické zařízení musí být pravidelně kontrolováno a čištěno. Do běžné údržby patří prohlídky a kontroly funkce spínačů, stav izolací, apod. O výsledcích zkoušek musí být vedené záznamy. Pravidelné zkoušky prokazují:

- Jistotu chodu stroju
- Bezpečnost provozu
- Funkční spolehlivost
- Plynulost ovládání zařízení

## **10. Závěr**

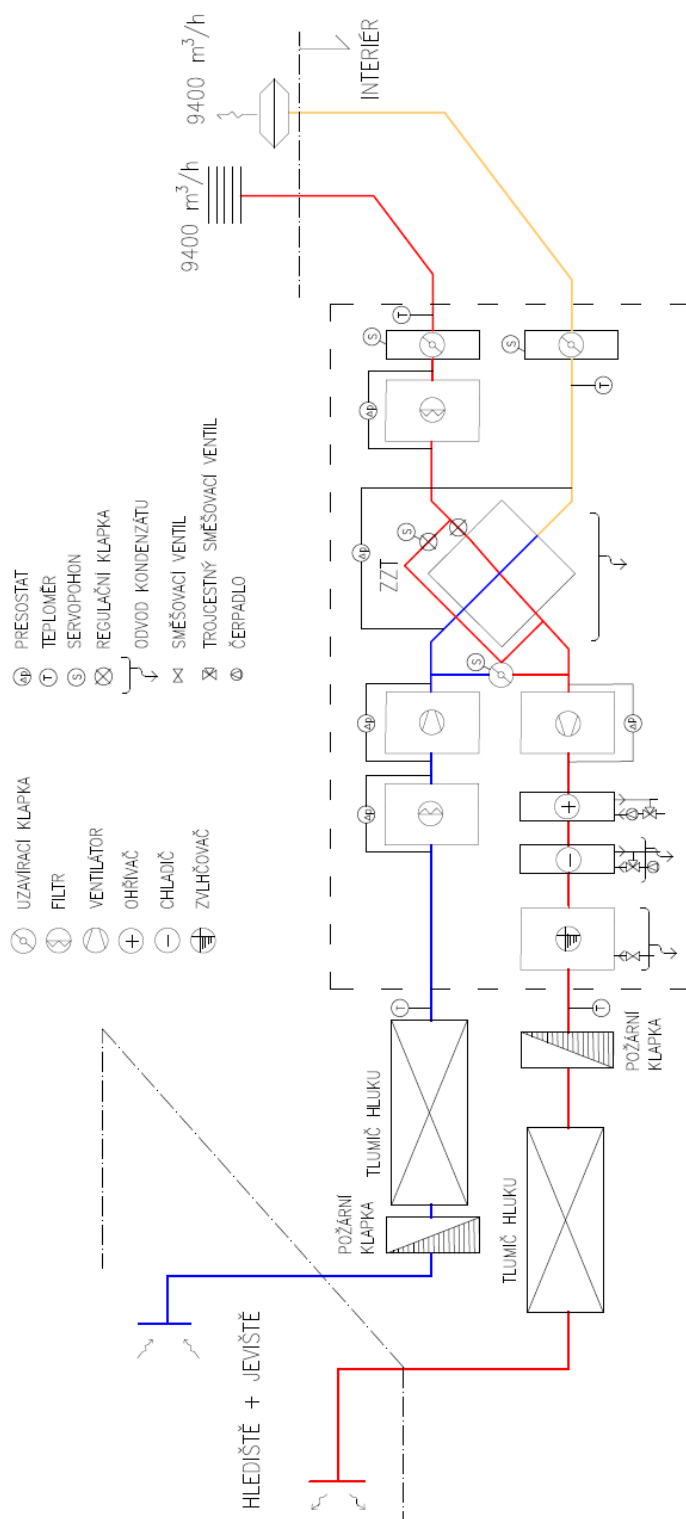
Vzduchotechnické rozvody a jednotky byly navrženy dle norem a byly navrženy s ohledem na komfort uživatele. Prostorová náročnost je způsobena velkým objemem přiváděného a odváděného vzduchu. Při realizaci musí být dodrženy veškeré normy a směrnice. Návody na obsluhu a údržbu dodají jednotliví výrobci.

### 3.2 Specifikace zařízení

TECHNICKÁ SPECIFIKACE VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ				
Novostavba Divadla				
Zařízení č. 1 + Zařízení č. 2 - Funkční celé č.1 - Hlediště, jeviště				
OZN	VÝROBCE	NÁZEV (popis)	MJ	POČET
1.01	Remak	Sestavná vzduchotechnická jednotka Aero-Master XP 13 ve vnitřním provedení; 9420 m <sup>2</sup> /h hmotnost 1539 kg	ks	2
1.01.01	Remak	Tlumicí vložka DV 915-865	ks	10
1.01.02	Remak	Klapka LK 915-865, včetně servopohon NM 24A-SR	ks	4
1.01.03	Remak	Filtr XPNH 13/5 (K), ISO ePM 10 >60%, kapsový; včetně čelního panelu a snímače tlakové difference	ks	2
1.01.04	Remak	Deskový rekuperátor XPMQ 13/BP (FV - 100/W - 96 - Optim), včetně obtokové klapky	ks	2
1.01.05	Remak	Směšování XPMIX 13, včetně směšovací klapky a servopohonu směšování	ks	2
1.01.06	Remak	Ventiátor XPVP 450-4,0/J4 (IE3), včetně regulace na konstantní průtok CPG-P	ks	2
1.01.07	Remak	Vodní ohřivač XPNC 13/2R, včetně protimrazového čidla a doplňkové protimrazové ochrany	ks	2
1.01.08	Remak	Vodní chladič XPND 13/4R	ks	2
1.01.09	Remak	Eliminátor kapek XPNU 13	ks	2
1.01.10	Remak	Zvlhčovač parní CA-UE 25/105C, včetně čelního panelu a montážní sady panelu	ks	2
1.01.11	Remak	Filtr XPNH 13/3 ISO Coarse 50 %, kapsový; včetně čelního panelu a snímače tlakové difference	ks	2
1.01.12	Remak	Ventiátor XPVP 500-3,0/J4 (IE3), včetně regulace na konstantní průtok CPG-P	ks	2
1.01.13	Remak	Prázdná sekce, včetně čelního panelu a montážní sady panelu	ks	2
1.02	Soler&Palau	Protidešťová žaluzie TWG, 990x1025 mm	ks	4
1.03	Mandík	Požární klapka PKTM - 120, 1000x1000 mm, provedení s mechanickým ovládním, požární odolnost EIS 45 D1	ks	2

1.04	Mandík	Požární klapka PKTM - 120, 800x710 mm, provedení s mechanickým ovládním, požární odolnost EIS 45 D1	ks	2
1.05	Lindab	Tlumič hluku přímý SLRS - 4HR, 1000x1000x2450 mm, kulisový	ks	2
1.21	Lindab	Tlumič hluku přímý SLRS - 4HR, 800x710x2450 mm, kulisový	ks	2
1.06	Mandík	Regulační klapka DRTM 630x630 mm .46	ks	1
1.07	Mandík	Regulační klapka DRTM 200x200 mm .46	ks	5
1.08	Mandík	Regulační klapka DRTM 355x315 mm .46	ks	5
1.09	Mandík	Regulační klapka DRTM 250x250 mm .46	ks	1
1.10	Mandík	Regulační klapka DRTM 315x315 mm .46	ks	6
1.11	Mandík	Regulační klapka DRTM 710x630 mm .46	ks	2
1.12	Lindab	Difuzor pro divadla CRU, určen k instalaci pod sedadla	ks	127
1.13	Lindab	Stropní difuzor GS23, s hliníkovou mřížkou	ks	12
1.14	Lindab	Tryska - dýza DAD, otáčení v rozpětí 30°	ks	8
1.15	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 127	bm	38,1
1.16	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 315	bm	2
1.17	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 407	bm	4
1.18		Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I o rozměrech		
		1000x1000 /75 % tvarových dílů	bm	50,2
		800x710 /20 % tvarových dílů	bm	50,6
		710x630 /15 % tvarových dílů	bm	22,9
		630x630 /30 % tvarových dílů	bm	15,5
		560x560 /45 % tvarových dílů	bm	9,8
		560x500 /40 % tvarových dílů	bm	4,5
		500x500 /50 % tvarových dílů	bm	2
		500x400 /35 % tvarových dílů	bm	12
		400x400 /50 % tvarových dílů	bm	0,8
		355x355 /40 % tvarových dílů	bm	5
		355x315 /20 % tvarových dílů	bm	57,5
		315x315 /20 % tvarových dílů	bm	25
		315x250 /25 % tvarových dílů	bm	9
		250x250 /35 % tvarových dílů	bm	24,5
		250x200 /40 % tvarových dílů	bm	19,2
		200x200 /20 % tvarových dílů	bm	42,9
		200x160 /15 % tvarových dílů	bm	11,5
		160x125 /35 % tvarových dílů	bm	16,2
		100x100 /30 % tvarových dílů	bm	26,25
1.19	K-Flex	Tepelná izolace samolepící VZT1 H-DUCT 30 mm PREMIUM	m <sup>2</sup>	597,8
1.20	ISOVER	Tepelná izolace ORSTECH LSP H 60	m <sup>2</sup>	80,1

### 3.3 Schéma



Obrázek 33: Regulační schéma

## ZÁVĚR

Vzduchotechnika je již nezbytnou součástí našich životů, aniž bychom si to připouštěli. Komfort čerstvého vzduchu o vyhovující teplotě vyžadujeme ve většině interiérů. V budovách občanské vybavenosti tomu není jinak.

Ve své bakalářské práci jsem navrhla vzduchotechnické zařízení pro vybraný objekt divadla. Ačkoliv divadlo samotné zahrnuje i provozní místnosti, jako kanceláře, šatnu, zkušebnu, ve své práci jsem navrhla nucené větrání pouze pro hlediště a jeviště. Svou polohou uprostřed budovy jsou tyto dvě místnosti bez oken odkázány na vzduchotechniku. Bez nuceného větrání by nebylo možné zajistit optimální podmínky nejen pro diváky, ale i pro herce.

Nejprve jsem v první teoretické části řešila téma koncentrace oxidu uhličitého v interiéru, jelikož téma považuji za důležité, ale laickou veřejností je opomíjené.

V druhé výpočtové části jsem spočítala tepelnou bilanci, dimenzovala potrubí, navrhla distribuční elementy a vzduchotechnickou jednotku, a na závěr jsem navrhla protihlukové opatření a tepelnou izolaci.

Z důvodu velkého objemu přiváděného a odváděného vzduchu bylo nutné navrhnout vzduchotechnické jednotky dvě. Při přepočtu přiváděného vzduchu do distribučních elementů ve schodišťových stupních v hledišti vyšla součtová hodnota přivedeného vzduchu v zařízení č. 2 větší než v prvním zařízení z důvodu nemožnosti rozdělit napojení distribučních elementů na dvě zcela stejné poloviny. Dále bylo počítáno při návrhu VZT jednotek s větší hodnotou přivedeného vzduchu. Obě jednotky jsou navrženy jako totožné.

Ve třetí části je přiložena technická zpráva projektu, technická specifikace VZT komponentů a regulační schéma.

Nedílnou součástí mé bakalářské práce jsou 4 výkresy – Půdorys 1NP, Půdorys 2NP, Řez A-A' a výkres strojovny.

## 4 POUŽITÉ ZDROJE

1. DUFKA, Jaroslav. Větrání a klimatizace domů a bytů. Praha: Grada, 2002. *Profi & hobby*. ISBN 80-247-0222-3.
2. NÁTR, Lubomír. Země jako skleník: proč se bát CO<sub>2</sub>?. Praha: Academia, 2006. *Průhledy (Academia)*. ISBN 80-200-1362-8.
3. MAURER, Karel. Vzduchotechnická zařízení: pro 3. a 4. ročník SPŠ stavební[sic] studijního oboru TZB. Vyd. 3., přeprac., (V Sobotáles vyd. 1.). Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-21-7.
4. CHYSKÝ, Jaroslav a Ladislav OPPL. Větrání a klimatizace. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1971. *Technický průvodce*.
5. HORÁKOVÁ, Nikola. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve vnitřních prostorech. Praha, 2016. *Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 3. Lékařská fakulta, Ústav obecné hygieny. Vedoucí práce RNDr. Sylva Rodlová, Ph.D.*

### **Zákony, vyhlášky, normy směrnice**

6. NORMA ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
7. NORMA ČSN 12 7010 – ZMĚNA Z1 *Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení*
8. NORMA ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
9. NORMA ČSN EN ISO 6946 *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*
10. NORMA ČSN EN 12831-1 *Energetická náročnost budov – Výpočet tepleného výkonu – 4ást 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*
11. VYHLÁŠKA č. 6/2003 Sb.
12. VYHLÁŠKA č. 268/2009
13. NORMA ČSN EN 15 665 – ZMĚNA Z1 *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*

14. 20/2012 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 02.04.2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20>

### **Elektronické zdroje**

15. Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť - SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze. SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze [online]. Copyright © Státní zdravotní ústav 2023 [cit. 23.03.2023]. Dostupné z: [https://szu.cz/tema/pracovni-prostredi/factory-pracovniho-prostredi/fyzikalni/tep-vlhk-mikroklim/mikrokli-pod-vnit-pract/Obrazové\\_zdroje](https://szu.cz/tema/pracovni-prostredi/factory-pracovniho-prostredi/fyzikalni/tep-vlhk-mikroklim/mikrokli-pod-vnit-pract/Obrazové_zdroje)
16. oxid uhličitý. Chráníme naše životní prostředí. [online]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/oxid-uhlicity>
17. Oxid uhličitý a možnosti jeho využití I: fyzikální a chemické vlastnosti a jejich využití v praxi. [online] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/8492-oxid-uhlicity-a-moznosti-jeho-vyuziti-i>
18. Oxid uhličitý v domácnosti – Poradme.se. [online]. Dostupné z: [http://poradme.se/index.php?title=Oxid\\_uhli%C4%8Dit%C3%BD\\_v\\_dom%C3%A1cnosti](http://poradme.se/index.php?title=Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD_v_dom%C3%A1cnosti)
19. Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace - Ministerstvo průmyslu a obchodu, Efekt: [online] Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs\\_co2\\_publicace.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs_co2_publicace.pdf)
20. Distribuční elementy. Vítejte na stránkách Lindab! [online]. Copyright © Copyright 2023  
Dostupné z: <https://www.lindab.cz/catalog/vzduchotechnika/distribuni-elementy/?sort=popularity&display=16&page=1>

21. *Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech (m/s) [online] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/121-doporucene-rychlosti-proudeni-ve-vzduchovodech-m-s>*
22. *272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 08.05.2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>*
23. *Možnosti měření oxidu uhličitého – měřicí přístroje a čidla [online]. Dostupné z: <https://www.vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/13910-moznosti-mereni-oxidu-uhliciteho-merici-pristroje-a-cidla>*
24. *Čím doma měřit kvalitu vzduchu a koncentraci CO<sub>2</sub>? – Nazeleno.cz. Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 [cit. 23.05.2023]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani/cim-doma-merit-kvalitu-vzduchu-a-koncentraci-co2.aspx>*
25. *Vydýchaný vzduch může mít doma každý. Vy se ho ale zbavte - Ekolist.cz. Ekolist.cz: životní prostředí, příroda, ekologie, klima, biodiverzita, energetika, krajina, doprava i cestování [online]. Copyright © [cit. 23.05.2023]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/vydychany-vzduch-muze-mit-doma-dneska-uz-kazdy-vy-se-ho-ale-zbavte>*
26. *Fotosyntéza – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#/media/Soubor:Fotosynt%C3%A9za.svg>*
27. *Měřič koncentrace CO<sub>2</sub>, teploty a vlhkosti, Voltcraft CO-100 - Meteostanice.cz. :: MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE - TEPLoměRY, VLHKOMĚRY, METEOROLOGICKÁ STANICE, METEOSTANICE, DIGITÁLNÍ MULTIMETRY, KLEŠŤOVÉ AMPÉRMETRY, DETEKTORY KOVŮ, DIGITÁLNÍ VÁHY a ZÁVĚSNÉ VÁHY, MINCÍŘE, ZVLHČOVAČE, ODVLHČOVAČE VZDUCHU, VYSOUŠEČE, OUTDOOROVÉ*

- VYBAVENÍ :: [online]. Dostupné z: <https://www.meteostanice.cz/mericko-koncentrace-co2--teploty-a-vlhkosti--voltcraft-co-100/>
28. Větrací štěrby Aereco . Nucené větrání Aereco [online]. Copyright © 2023 Bristec cz, s.r.o. [cit. 25.05.2023]. Dostupné z: <https://uspornevetrani.cz/privodni-sterbiny-pro-privod-vzduchu#stenova>
29. Vliv oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) na kvalitu vnitřního prostředí [online]. Dostupné z: <https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15831-vliv-oxidu-uhliciteho-co2-na-kvalitu-vnitriho-prostredi>
30. Rekuperace - VORTEXAIR a.s.. VORTEXAIR a.s. [online]. Copyright © VORTEXAIR s.r.o., všechna práva vyhrazena. Použití texty, fotografie a obrázky je povoleno jen se souhlasem provozovatele stránek. [cit. 25.05.2023]. Dostupné z: <https://www.vortexair.cz/rekuperace>
31. Moderní rotační výměníky tepla [online]. Dostupné z: <https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>
32. Oxid uhličitý – Wikipédia. [online]. Dostupné z: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Oxid\\_uhli%C4%8Dit%C3%BD](https://sk.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD)
33. Měření koncentrace CO<sub>2</sub> během spánku v místnosti se zavřeným oknem | Nature Systems. | Nature Systems [online]. Copyright © 2023, [cit. 26.05.2023]. Dostupné z: <https://naturesystems.cz/mereni-koncentrace-co2-behem-spanku-v-mistnosti-se-zavrenym-oknem>
34. Výsledky měření koncentrace CO<sub>2</sub> v ložnici [online]. Dostupné z: <https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznici>
35. Varování: Školy nevětrají, děti dýchají oxid uhličitý - Aktuálně.cz. Zprávy - Aktuálně.cz [online]. Copyright © [cit. 26.05.2023]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/varovani-skoly-nevetraji-deti-dychaji-oxid-uhlicity/r~i:article:618973/>

## 5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

### **Zkratky**

VZT - vzduchotechnika

### **Chemické názvosloví**

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

### **Fyzikální veličiny**

U – součinitel prostupu tepla [W/m<sup>2</sup>\*K]

R – tepelný odpor [m<sup>2</sup>\*K/W]

d – tloušťka materiálové vrstvy v prvku [m]

λ – návrhová tepelná vodivost materiálu [W/m\*K]

A – Plocha [m<sup>2</sup>]

ΔU<sub>tb</sub> – přírážka na vliv tepelných vazeb [E/m<sup>2</sup>\*K]

V – objem [m<sup>3</sup>]

n – intenzita větrání [h<sup>-1</sup>]

θ – výpočtová teplota [°C]

f<sub>x</sub> – teplotní opravný činitel [-]"

f<sub>U,k</sub> – opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

Φ – tepelná ztráta, tepelný výkon [W]

t – teplota [°C]

x<sub>ez</sub> – měrná vlhkost přiváděného vzduchu v zimě [g/kg]

S - hledaný obsah průřezu potrubí [m<sup>2</sup>]

V – objemový průtok vzduchu [m<sup>2</sup>/s]

w - je rychlost proudění [m/s]

λ – součinitel tření

l – délka [m]

p - tlak

### **Indexy**

tot – totální, celkový

si – vnitřní  
se – vnější  
n – pořadí n-té vrstvy  
k – vztahující se k dané stavební části  
i , int– vnitřní, interiérový  
e, ext – vnější, externí  
build – vztahující se k budově  
V – vztahující se k větrání  
T – vztahující se k prostupu tepla  
ann – roční  
equiv – ekvivaletní  
GW – vztahující se k vlivu spodní vody  
l – vztahující se k létu  
z – vztahující se k zimě  
d - dynamický

## 6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### *Obrázky*

Obrázek 1: Molekula oxidu uhličitého [32].....	12
Obrázek 2: Vlastnosti oxidu uhličitého [19].....	13
Obrázek 3: Zjednodušený princip fotosyntézy [26] .....	13
Obrázek 4: orientační graf potřeby člověka v závislosti na fyzické aktivitě [23] .....	14
Obrázek 5: Důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na člověka [18] .....	16
Obrázek 6: Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku [Wohlschlagerová, 2010].....	17
Obrázek 7: příklad domácích měřičů CO <sub>2</sub> na českém trhu [24].....	21
Obrázek 8: Nástěnný měřič Voltcraft CO 100 [27].....	22
Obrázek 9: Požadavky na větrání obytných budov dle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665 .....	22
Obrázek 10: Větrací okenní štěrbinu [28] .....	23
Obrázek 11: Princip větrací okenní štěrbinu .....	23
Obrázek 12: Instalace větrací stěnové štěrbinu - řez stěnou.....	24
Obrázek 13: Deskový rekuperační výměník [30] .....	25
Obrázek 14: Princip rotačního rekuperačního výměníku [31].....	25
Obrázek 15: Rozdělení objektu do funkčních celků – 1NP .....	30
Obrázek 16: Rozdělení objektu do funkčních celků – 2NP .....	31
Obrázek 17: Graf tepelné zátěže pro jeviště a hlediště .....	38
Obrázek 18: Divadelní difuzor CRU [20].....	44
Obrázek 19: DAD – Tryska [20] .....	45
Obrázek 20: Stropní difuzor GS23 [20] .....	46
Obrázek 21: Studie rozmístění distribučních elementů pro přívod.....	48
Obrázek 22: Pohled na rozmístění distr. elementů pro přívod do jednotlivých stupňů hlediště.....	48
Obrázek 23: Studie rozmístění distribučních elementů pro odvod.....	49
Obrázek 24: Dimenzační schéma.....	51
Obrázek 25: Navržená VZT jednotka [AeroCAD].....	67

Obrázek 26: Bokorys navržené VZT jednotky [AeroCAD] .....	67
Obrázek 27: Titulní strana technické specifikace VZT jednotky [AeroCAD] .....	68
Obrázek 28: H-X diagram úpravy vzduchu v navržené VZT jednotce [AeroCAD] .....	69
Obrázek 29: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na přívodní větvi .....	71
Obrázek 30: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na odvodní větvi .....	71
Obrázek 31: Tlumič hluku SLRS - 4HR .....	74
Obrázek 32: Ukázka výstupu z programu Teruna .....	77
Obrázek 33: Regulační schéma .....	90

### ***Tabulky***

Tabulka 1: Výsledky měření CO <sub>2</sub> v ložnici [34] .....	20
Tabulka 2: Účinnost rekuperace [29] .....	24
Tabulka 3: Tabulka místností .....	28
Tabulka 4: Vnitřní návrhové teploty [6] .....	31
Tabulka 5: Vnější návrhové podmínky [7] .....	32
Tabulka 6: Součinitel prostupu tepla použitých konstrukcí [8] .....	34
Tabulka 7: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností .....	36
Tabulka 8: Doba provozu .....	38
Tabulka 9: Proudění vzduchu .....	42
Tabulka 10: Proudění vzduchu .....	43
Tabulka 11: Shrnutí distribučních elementů .....	47
Tabulka 12: Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech [4] .....	50
Tabulka 13: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	52
Tabulka 14: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	53
Tabulka 15: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	54
Tabulka 16: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	55
Tabulka 17: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	56
Tabulka 18: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	57
Tabulka 19: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	58
Tabulka 20: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	59
Tabulka 21: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	60
Tabulka 22: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	61
Tabulka 23: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	62

Tabulka 24: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	63
Tabulka 25: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	64
Tabulka 26: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí .....	65
Tabulka 27: Výpočet hluku přívodních vyústek .....	72
Tabulka 28: Výpočet hluku odvodních vyústek .....	72
Tabulka 29: Návrh tlumiče hluku na přívodním potrubí.....	74
Tabulka 30: Parametry tlumiče hluku na přívodním potrubí.....	74
Tabulka 31: Návrh tlumiče hluku na odvodním potrubí.....	75
Tabulka 32: Parametry tlumiče hluku na odvodním potrubí.....	75
Tabulka 33: Návrhové parametry pro posouzení izolace .....	76
Tabulka 34: Výsledné hodnoty posouzení izolace z programu Teruna .....	76

### **Grafy**

Graf 1: Koncentrace oxidu uhličitého 1 osoba [33] .....	15
Graf 2: Koncentrace oxidu uhličitého 2 osoby [32] .....	16
Graf 3: Průběh koncentrace oxidu uhličitého v učebnách [35] .....	18
Graf 4: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při mikroventilaci [34] .....	19
Graf 5: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při ventilaci [34] .....	19
Graf 6: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při zavřeném oknu [34] .....	19
Graf 7: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na obj. průtoku pro jednotku CRU [20] .....	45
Graf 8: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemový průtok trysky DAD [20]	46
Graf 9: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemovém průtoku GS23 [20] ....	47

## **7 PŘÍLOHY**

**Příloha č. 1 – Výpočet celkových tepelných ztrát po místnostech**

**Příloha č. 2 – Technický list distribučního prvku CRU**

**Příloha č. 3 – Technický list distribučního prvku DAD**

**Příloha č. 4 – Technický list distribučního prvku GS23**

**Příloha č. 5 – Technická specifikace navržené VZT jednotky**

**Příloha č.6 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na přívodu vzduchu**

**Příloha č.7 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na odvodu vzduchu**

## **8 VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY**

**Výkres č. V.1 – Půdorys 1NP, M 1:50**

**Výkres č. V.2 – Půdorys 2NP, M 1:50**

**Výkres č. V.3 – Řez A-A', M 1:50**

**Výkres č. V.4 – Strojovna, M 1:50**

# **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26.5 .2023

---

podpis autora  
Pavčina Vladyková

## PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Výpočet celkových tepelných ztrát po místnostech

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
101 + 102	HLEDIŠTĚ + JEVIŠTĚ	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	267,9	0,136	0,05	0,186	1	1	49,8 3
SO1	Nosná obvodová stěna	307,882	0,225	0,05	0,275	1	1	84,6 7
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	134, 50

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vnitřní stěna	107,749	0,5	0,15625	8,42
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					$\Sigma$ 8,42

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	267,9	1,45	0,225	0,15 63	1	13,6 6

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	$\Sigma$	13,6 6
-----------------------------------------------------------------------------------	----------	-----------

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$	134,50	
$\Sigma H_{t,ia}$	8,42	
$\Sigma H_{t,ig}$	13,66	
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		
		156,57
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		
		5010,286775

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
103	POKLADNA	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí									
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_k + \Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	
SO1	Nosná obvodová stěna	21,141	0,224	0,05	0,274	1	1	5,79	
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								$\Sigma$	8,99

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vnitřní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,03

<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>	<b>Σ</b>	<b>1,0</b> <b>3</b>
------------------------------------------------------------------------------------------	----------	------------------------

<b>Měrný tepelný tok prostupem do zeminy</b>							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	34,188	1,45	0,225	0,15 63	1	1,7 4
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>						<b>Σ</b>	<b>1,7</b> <b>4</b>

<b>Celková ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math></b>		
$\Sigma H_{t,ie}$		8,99
$\Sigma H_{t,ia}$		1,03
$\Sigma H_{t,ig}$		1,74
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		<b>11,76</b>
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	<b><math>\Theta_{int,i} - \Theta_e</math></b>
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		<b>376,448463</b>

<b>Výpočet tepelných ztrát větráním <math>\Phi_{V,i}</math></b>					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\Theta_{int,i} - \Theta_e)$	$H_{v,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$ [W]
107,6922	0,5	0,34	18,30 8	32	585,845568

<b>Návrhový tepelný výkon pro místnost <math>\Phi_{HL,i}</math></b>		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
376,448463	585,845568	<b>962,294031</b>

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
104	KANCELÁŘ	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	17,55	0,224	0,05	0,274	1	1	4,8 1
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	8,0 0

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					$\Sigma$	0,0 0

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
POD1	Podlaha na terénu	29,4	1,45	0,225	0,15 63	1	1,5 0	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	1,5 0

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$	
$\Sigma H_{t,ie}$	8,00

$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		1,50
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		9,50
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		304,07715

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{V,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
92,61	0,5	0,34	15,74 4	32	503,7984

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
304,07715	503,7984	807,87555

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
105	ŠATNA	22

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$\frac{U_k + \Delta U_{TB}}{U_{TB}}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
S01	Nosná obvodová stěna	26,51175	0,224	0,05	0,274	1	1	7,26
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>10,46</b>

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	$\Sigma$	0,0 0
-----------------------------------------------------------------------------------	----------	----------

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
POD1	Podlaha na terénu	26,5815	1,45	0,225	0,15 63	1	1,3 6	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	1,3 6

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		10,46
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		1,36
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,81
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
22	-12	34
Celková ztráta prostupem (W)		401,6846019

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
83,731725	0,5	0,34	14,23 4	34	483,9693705

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
401,6846019	483,9693705	885,6539724

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
106	SKLAD	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_k + \Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$

SO1	Nosná obvodová stěna	10,9485	0,224	0,05	0,274	1	1	3,00
O1	Okno vnější	2,25	0,71	0	0,71	1	1	1,60
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>								<b>Σ 4,60</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj</b>					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vntírní stěna	17,49425	0,5	0,15625	1,37
D3	Dveře interiérové	2,02	1	0,15625	0,32
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>					<b>Σ 1,68</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem do zeminy</b>							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	25,95705	1,45	0,225	0,1563	1	1,32
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							<b>Σ 1,32</b>

<b>Celková ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math></b>		
$\Sigma H_{t,ie}$		4,60
$\Sigma H_{t,ia}$		1,68
$\Sigma H_{t,ig}$		1,32
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		<b>7,60</b>
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32

<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>	243,2945108
-------------------------------------	-------------

<b>Výpočet tepelných ztrát větráním <math>\Phi_{V,i}</math></b>					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{V,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
81,7647075	0,5	0,34	13,9	32	444,8000088

<b>Návrhový tepelný výkon pro místnost <math>\Phi_{HL,i}</math></b>		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
243,2945108	444,8000088	<b>688,0945196</b>

<b>OZNAČENÍ MÍSTNOSTI</b>	<b>NÁZEV MÍSTNOST</b>	<b>VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA</b>
<b>108</b>	<b>CHODBA</b>	<b>20</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>0,0</b> <b>0</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj</b>					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vnitřní stěna	13,545	0,5	0,15625	1,0 6
SN2	Stěna vnitřní nenosná	20,31375	1,05	0,15625	3,3 3

D3	Dveře interiérové	4,04	1	0,15625	0,6 3
O2	Okno interiérové	6,969	1,64	0,15625	1,7 9
D2	Dveře interiérové prosklené	4,8	1,1	0,15625	0,8 3
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>				<b>Σ</b>	<b>7,6 3</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem do zeminy</b>							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	194,5	1,45	0,225	0,15 63	1	9,9 1
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>						<b>Σ</b>	<b>9,9 1</b>

<b>Celková ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math></b>		
$\Sigma H_{t,ie}$		0,00
$\Sigma H_{t,ia}$		7,63
$\Sigma H_{t,ig}$		9,91
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		<b>17,55</b>
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		<b>561,5336125</b>

<b>Výpočet tepelných ztrát větráním <math>\Phi_{V,i}</math></b>					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
612,675	0,5	0,34	104,1 5	32	3332,952

<b>Návrhový tepelný výkon pro místnost <math>\Phi_{HL,i}</math></b>
---------------------------------------------------------------------

$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
561,5336125	3332,952	<b>3894,485613</b>

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
109	TECHNICKÁ MÍSTNOST	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	37,7415	0,224	0,05	0,274	1	1	10, 34
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	<b>13, 54</b>

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					$\Sigma$	<b>0,0 0</b>

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW},k$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	44,686625	1,45	0,225	0,15 63	1	2,2 8

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	Σ	2,2 8
-----------------------------------------------------------------------------------	---	----------

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		13,54
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		2,28
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		15,81
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		506,052529

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\Theta_{int,i} - \Theta_e)$	$H_{v,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$ [W]
140,7735	0,5	0,34	23,93 1	32	765,80784

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
506,052529	765,80784	1271,860369

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
110	BUFET	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	25,8975	0,224	0,05	0,274	1	1	7,1 0

O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								Σ	10, 29

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					Σ	0,0 0

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
POD1	Podlaha na terénu	26,055	1,45	0,225	0,15 63	1	1,3 3	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							Σ	1,3 3

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		10,29
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		1,33
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,62
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		371,8114988

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{V,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]

82,215	0,5	0,34	13,97 7	32	447,2496
--------	-----	------	------------	----	----------

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
371,8114988	447,2496	819,0610988

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
111	BUFET	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí									
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	
SO1	Nosná obvodová stěna	17,62875	0,224	0,05	0,274	1	1	4,8 3	
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								$\Sigma$	8,0 3

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
SN2	Stěna vnitřní nenosná	13,23	1,05	0,15625	2,1 7	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					$\Sigma$	2,1 7

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy
---------------------------------------

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	29,505	1,45	0,225	0,15 63	1	1,5 0
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>						$\Sigma$	<b>1,5 0</b>

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		8,03
$\Sigma H_{t,ia}$		2,17
$\Sigma H_{t,ig}$		1,50
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		<b>11,70</b>
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		<b>374,3964113</b>

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
92,94075	0,5	0,34	15,8	32	505,59768

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
374,3964113	505,59768	<b>879,9940913</b>

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
203	KANCELÁŘ	20

**Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí**

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta U_{TB}}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	21,141	0,225	0,05	0,275	1	1	5,81
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
ST1	Střecha	34,188	0,136	0,05	0,186	1	1	6,36
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>15,37</b>

**Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj**

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
SN1	Nosná vntižní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,03	
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>					$\Sigma$	<b>1,03</b>

**Měrný tepelný tok prostupem do zeminy**

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>0,00</b>

**Celková ztráta prostupem  $\Phi_{T,i}$**

$\Sigma H_{t,ie}$	15,37
$\Sigma H_{t,ia}$	1,03
$\Sigma H_{t,ig}$	0,00
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>	<b>16,40</b>
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$
	<b><math>\Theta_{int,i} - \Theta_e</math></b>

20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		524,842776

<b>Výpočet tepelných ztrát větráním <math>\Phi_{V,i}</math></b>					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
107,73	0,5	0,34	18,31 4	32	586,0512

<b>Návrhový tepelný výkon pro místnost <math>\Phi_{HL,i}</math></b>		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
524,842776	586,0512	<b>1110,893976</b>

<b>OZNAČENÍ MÍSTNOSTI</b>	<b>NÁZEV MÍSTNOST</b>	<b>VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA</b>
204	SKLAD	20

<b>Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_k + \Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	17,55	0,225	0,05	0,275	1	1	4,8 3
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0
ST1	Střecha	29,4	0,136	0,05	0,186	1	1	5,4 7
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>13, 49</b>

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				$\Sigma$	0,0 0

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						$\Sigma$	0,0 0

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		13,49
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		13,49
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		431,6688

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
92,61	0,5	0,34	15,74 4	32	503,7984

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]

431,6688	503,7984	935,4672
----------	----------	----------

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
205	ZKUŠEBNA	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	35,7615	0,225	0,05	0,275	1	1	9,8 3
O1	Okno vnější	9	0,71	0	0,71	1	1	6,3 9
ST1	Střecha	59,682	0,136	0,05	0,186	1	1	11, 10
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>27, 33</b>

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
SN1	Nosná vnitřní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,0 3	
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>					$\Sigma$	<b>1,0 3</b>

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
-	-	-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	Σ	0,0 0
-----------------------------------------------------------------------------------	---	----------

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		27,33
$\Sigma H_{t,ia}$		1,03
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		<b>28,36</b>
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	<b><math>\Theta_{int,i} - \Theta_e</math></b>
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		<b>907,483464</b>

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\Theta_{int,i} - \Theta_e)$	$H_{v,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$ [W]
187,992	0,5	0,34	31,95 9	32	1022,67648

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
907,483464	1022,67648	<b>1930,159944</b>

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
207	STROJOVNA	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_k + \Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	44,686625	0,136	0,05	0,186	1	1	8,3 1

SO1	Nosná obvodová stěna	28,2915	0,224	0,05	0,274	1	1	7,75
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							<b>Σ</b>	<b>19,26</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj</b>						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{t,ia}$	
-	-	-	-	-	-	
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>					<b>Σ</b>	<b>0,00</b>

<b>Měrný tepelný tok prostupem do zeminy</b>							
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>						<b>Σ</b>	<b>0,00</b>

<b>Celková ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math></b>		
$\Sigma H_{t,ie}$		19,26
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>		19,26
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>		616,274664

<b>Výpočet tepelných ztrát větráním <math>\Phi_{V,i}</math></b>
-----------------------------------------------------------------

$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
140,7735	0,5	0,34	23,93 1	32	765,80784

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
616,274664	765,80784	1382,082504

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
208	KANCELÁŘ	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	26,51175	0,225	0,05	0,275	1	1	7,2 9
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,2 0
ST1	Střecha	41,349	0,136	0,05	0,186	1	1	7,6 9
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	18, 18

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		0,0
	Σ	0

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							Σ	0,0
							Σ	0

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		18,18
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		18,18
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		581,652648

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
130,2525	0,5	0,34	22,14 3	32	708,5736

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
581,652648	708,5736	1290,226248

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
--------------------	----------------	-------------------------

209	KANCELÁŘ	20
-----	----------	----

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí									
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$\frac{U_k + \Delta U_{TB}}{U_{TB}}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	
SO1	Nosná obvodová stěna	17,62875	0,225	0,05	0,275	1	1	4,85	
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20	
ST1	Střecha	29,505	0,136	0,05	0,186	1	1	5,49	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$		13,53

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj						
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$	
SN2	Nenosná vnitřní stěna	13,23	1,05	0,15625	2,17	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí					$\Sigma$	2,17

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	0,00

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$	
$\Sigma H_{t,ie}$	13,53
$\Sigma H_{t,ia}$	2,17

$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		15,70
$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		502,44426

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{V,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
92,9565	0,5	0,34	15,80 3	32	505,68336

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
502,44426	505,68336	1008,12762

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
212	CHODBA	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	139,3	0,136	0,05	0,186	1	1	25, 91
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	25, 91

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vnitřní stěna	13,545	0,5	0,15625	1,06
SN2	Stěna vnitřní nenosná	41,85375	1,05	0,15625	6,87
D3	Dveře interiérové	4,04	1	0,15625	0,63
O2	Okno interiérové	6,969	1,64	0,15625	1,79
D2	Dveře interiérové prosklené	4,8	1,1	0,15625	0,83
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>				$\Sigma$	<b>11,17</b>

#### Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí</b>							$\Sigma$	<b>0,00</b>

#### Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$

$\Sigma H_{t,ie}$	25,91	
$\Sigma H_{t,ia}$	11,17	
$\Sigma H_{t,ig}$	0,00	
<b>Celková ztráta prostupem <math>\Sigma H_{t,i}</math></b>	<b>37,08</b>	
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
<b>Celková ztráta prostupem (W)</b>	<b>1186,454088</b>	

#### Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$

$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{v,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
438,795	0,5	0,34	74,59 5	32	2387,0448

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
1186,454088	2387,0448	3573,498888

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
213	KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U_{TB}$	$U_{k+\Delta}$ $U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	36,295	0,136	0,05	0,186	1	1	6,7 5
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	6,7 5

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj								
Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$U_k$		$f_{ia(...),k}$		$H_{T,ia}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	0,0 0

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

Ozn. konstrukce	Popis	$A_k$	$f_{\theta_{ann}}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							$\Sigma$	0,0 0

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		6,75
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		6,75
$\Theta_{int,i}$	$\Theta_e$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		216,02784

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
$V_i$	$\eta_i$	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\Theta_{int,i} - \Theta_e)$	$H_{v,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$ [W]
114,345	0,5	0,34	19,439	32	622,0368

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
216,02784	622,0368	838,06464

## Příloha č. 2 – Technický list distribučního prvku CRU



lindab | we simplify construction

### CRU - Difuzory pro divadla

Projekt: Projekt bez názvu

29-04-2023

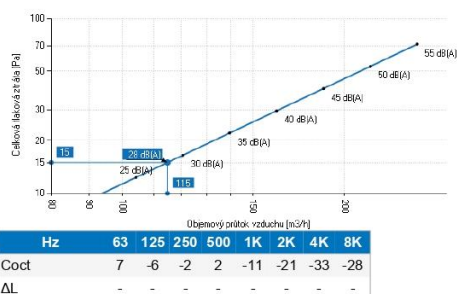


Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	qv	115 m <sup>3</sup> /h
Útlum místnosti	Dr	4 dB
Výsledky::		
Čelní rychlost	v	0,0 m/s
Celková tlaková ztráta	$\Delta p_t$	15 Pa
Akustický výkon	L <sub>wA</sub>	28 dB(A)
Hladina akustického tlaku	L <sub>pA</sub>	24 dB(A)
Dosah	L0.2	0,0 m

#### CRU - Difuzory pro divadla

CRU je obdélníkový difuzor pro instalaci pod sedadla v divadlech, promítacích sálech, atd. Difuzor je vybaven kruhovým připojením. Difuzor lze dovybavit fixním odporem, který bude uzpůsobený správnému objemu a tlaku vzduchu, na základě specifických podmínek v daném místě.

- Kruhové připojení prostřednictvím systému Lindab Safe.
- Difuzor lze dodat s fixním odporem při nastavení specifického tlaku
- Difuzor se nabízí v různých velikostech.



#### Objednávací kód

CRU-0-5015	
Funkce	Přívod
Pracovní nastavení	4-mi směry
Barva	RAL 7040

5.4.230418 (Czech Republic)  
29.04.2023 14:10:58

Změny vyhrazeny



## Příloha č. 3 – Technický list distribučního prvku DAD



lindab | we simplify construction

### DAD - Trysky

Projekt: Projekt 1

16-04-2023

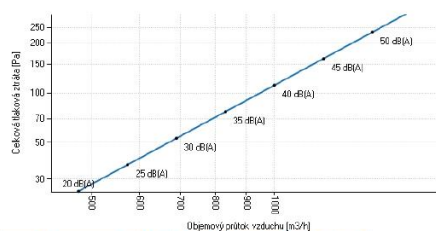


Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	qv	400 m <sup>3</sup> /h
Útlum místnosti	Dr	4 dB
Výsledky::		
Čelní rychlost	v	4,6 m/s
Celková tlaková ztráta	$\Delta p_t$	18 Pa
Akustický výkon	LwA	<20 dB(A)
Hladina akustického tlaku	LpA	<20 dB(A)
Dosah	L0.2	17,0 m

#### DAD - Trysky

DAD je regulovatelná dýza pro přívod vzduchu vhodná pro ventilaci prostornějších oblastí, kde se požaduje dlouhý profil rozptylu. Dýzu lze volně otáčet v rozpětí 30° v libovolném směru vůči středové ose dýzy. Dýzu lze použít pro ohřátý i chlazený vzduch. Lze ji nainstalovat přímo do kruhového vzduchovodu, na koncový díl, do zdi či na bok potrubí. Dodává se s přírubou se s otvory (DAD-0).

- Flexibilní regulovatelná dýza
- Dlouhý rozptylový profil
- Snadná instalace



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Coct	16	1	-1	-2	-4	-13	-21	-32
$\Delta L$	0	0	0	0	0	0	0	0

#### Objednávací kód

DAD-1-315
-----------

Funkce	Přívod
Pracovní nastavení	1-ním směrem

5.4.230321 (Czech Republic)  
16.04.2023 14:26:40

Změny vyhrazeny



## Příloha č. 4 – Technický list distribučního prvku GS23



lindab | we simplify construction

### GS23 - Stropní difuzory

Projekt: Projekt 1

16-04-2023



Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	qv	1500 m <sup>3</sup> /h
Útlum místnosti	Dr	4 dB
Výsledky::		
Celková tlaková ztráta	Δpt	9 Pa
Akustický výkon	LwA	25 dB(A)
Hladina akustického tlaku	LpA	21 dB(A)

#### GS23 - Stropní difuzory

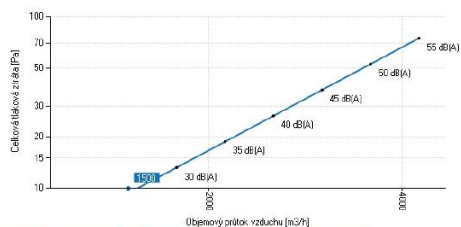
GS23 je čtvercový difuzor s hliníkovou mřížkou. GS23 se používá pro odvod vzduchu. Instalace difuzoru GS23-V do plenum boxu typu MB může pomoci dosáhnout stabilního proudění vzduchu do difuzoru a také dosáhnout možnosti individuálního nastavení průtoku vzduchu.

Klapka typu B-E je jedinečná lineární kuželková klapka, která umožňuje využití plně provozní oblasti (0-100%) a umožňuje vyvážení s velkým poklesem tlaku v plenum boxu s nízkým hlukem.

Klapka typu E má rotační klapku pro odvod vzduchu. Používá se pro aplikace, které nevyžadují vysoký vyrovnávací tlak v plenum boxu.

Vysoká kapacita

Lze nainstalovat s plenum boxem s několika možnostmi klapky



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Coct	7	3	5	-4	-6	-12	-31	-17
ΔL	10	4	6	6	4	3	3	3

#### Objednávací kód

GS23-H-E-0-400

Funkce Odvod  
Pracovní nastavení Odvod

## Příloha č. 5 – Technická specifikace navržené VZT jednotky



### Název projektu

## Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1

### Technická specifikace zařízení

---

Číslo zařízení	Název zařízení	Určení jednotky	Strana
01	VZT jednotka divadlo	Standardní prostředí	2

#### ID

#### Vypracoval

Projekt vytvořen:

Tisk:

**Pavína Vladyková - VUT Brno**

06.05.2023,14:53

07.05.2023,00:30

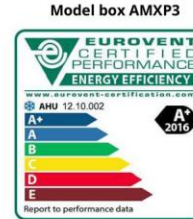
ID  
 Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
 Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
 Určení jednotky Standardní prostředí



### STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

#### Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 13		
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne		
Nadmořská výška	240 m		
Hmotnost (+-10%)	1 539 kg		
Umístění VZT jednotky	Vnitřní		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)		
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	9420 m <sup>3</sup> /h	
Externí tlaková rezerva	486 Pa	486 Pa	
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	2.96 m/s	
Výkon motoru nominální	4.00 kW	3.00 kW	
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor	
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)	
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %	
2. stupeň filtrace	-	-	
SFP <sub>Hi</sub>	1427 W.m <sup>3</sup> .s	982 W.m <sup>3</sup> .s	Parametry pláště dle EN1886
SFP <sub>AHU</sub>	2410 W.m <sup>3</sup> .s		Mechanická stabilita D2(M)
			Netěsnost skříně L1(M)
			Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
			Termická izolace T4(M)
			Faktor tepelných mostů TB3(M)
			Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



#### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média	
Zpětný zisk tepla	-19.0 -> 3.5 °C	58 %, 20.8 kW		
Směšování	3.5 -> 15.1 °C	70.0 %		
Ohřev	15.1 -> 26.0 °C	34.4 kW	70/39 °C, Voda, 0.4 kPa, 0.98 m <sup>3</sup> /h, 1 1/2 "	
Chlazení	28.4 -> 20.9 °C	25.6 kW	7.0/13 °C, Voda, 1.5 kPa, 3.67 m <sup>3</sup> /h, 1 1/2 "	
Vlhčení	26.0 -> 26.0 °C	25 -> 35 %	25.0 kg/h, 18.8 kW**	

*Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení*

\*\* Napájení a jištění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS

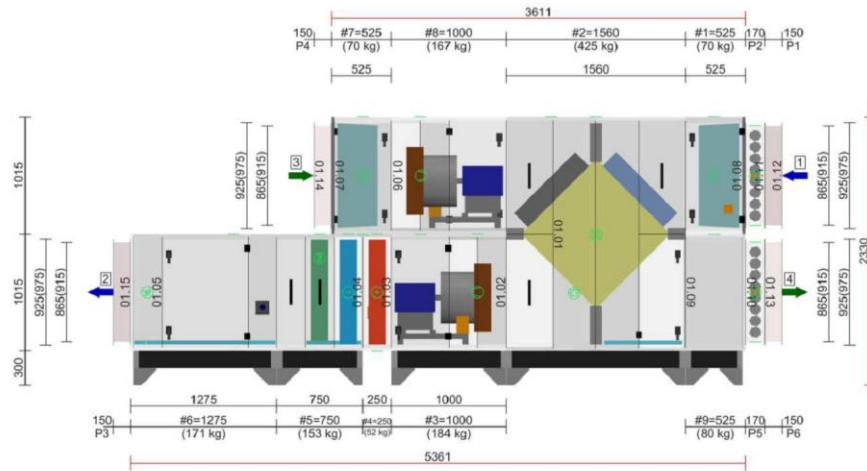
#### Hlukové parametry zařízení

	LwAokt [dB(A)]								ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	47	55	72	67	64	59	59	59	75
Přívod - výtlak	52	60	78	80	84	78	73	69	87
Přívod - okolí	46	46	62	57	59	54	50	43	65
Odvod - sání	42	57	72	70	69	68	67	68	77
Odvod - výtlak	47	60	74	76	75	71	68	67	81
Odvod - okolí	41	46	59	54	53	47	46	42	61

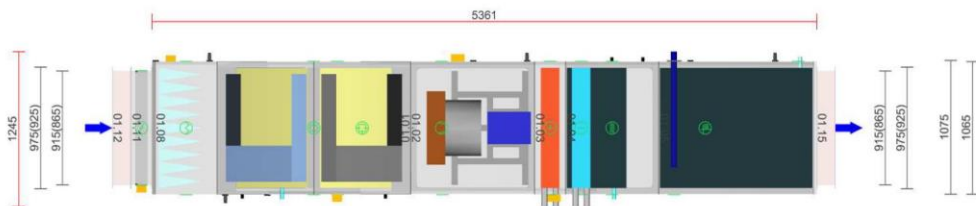
**GRAFICKÉ POHLEDY**

**Bokorys servisní strany**

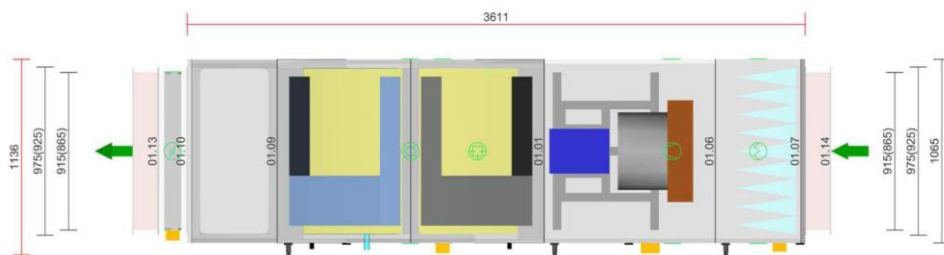
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



**Půdorys přírodní větve**



**Půdorys odtahové větve**



ID  
 Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
 Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
 Určení jednotky Standardní prostředí



#### DETAILNÍ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

##### 01.12 Tlumicí vložka Přívod DV 915-865

Kód	VDV019186
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h

##### 01.11 Klapka Přívod LK 915-865

Kód	VLK019186
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h
Plocha klapky	0,79 m²
Třída těsnosti	2
Počet servopohonů	1 ks
Krouticí moment serva	10 Nm

#### Příslušenství vestavěné

- Servopohon NM 24A-SR, Kód: XPSES24S, Počet: 1

##### 01.08 Filtr Přívod XPNH 13/5 (K)

Kód	XPNH013-S0K55
Servisní přístup	Zleva
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h
Tlaková ztráta	117 Pa
Třída filtrace dle EN 779	M5
Třída filtrace dle ISO 16890-1	ISO ePM 10 >60%
Energetická třída	E
Typ filtru	Kapsový
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	35 / 200 Pa
Koncová tlaková ztráta podle výrobce	450 Pa
Koncová tlaková ztráta podle Eurovent	105 Pa

#### Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - vstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

#### Skladba filtru

- Kód AX **11Z50903054**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 287x287x360 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 3 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**
  
- Kód AX **11Z50902968**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 287x592x360 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 3 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**
  
- Kód AX **11Z50903053**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 592x287x360 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**
  
- Kód AX **11Z50902964**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 592x592x360 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**

ID  
Projekt  
Číslo / Název zařízení  
Určení jednotky

[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
01 / VZT jednotka divadlo  
Standardní prostředí



01.01 Deskový rekuperátor	Přívod/Odvod	XPMQ 13/BP (FV - 100/W - 96 - Optim)	
Kód	XPMQ113RS0-L11P201FVFW01	Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 / 9420 m <sup>3</sup> /h	Teplota / Vlhkost - Přívod	
Tlaková ztráta	18 / 18 Pa	Vstup	-19,0 °C / 95 %      34,0 °C / 35 %
Tlaková ztráta při standardní hustotě	18 / 18 Pa	Výstup	3,5 °C / 14 %      34,0 °C / 35 %
Rychlost v průřezu	1,3 / 1,3 m/s	Teplota / Vlhkost - Odvod	
Materiálové provedení kostky	V - Standard	Vstup	20,0 °C / 50 %      26,0 °C / 60 %
Typ	-	Výstup	3,6 °C / 100 %      26,0 °C / 60 %
Rozteč lamel	7,2 mm	Účinnost	58 %
Třída účinnosti / Účinnost (EN 13053)	H5 / 49 %	Suchá teplotní účinnost	49 %
Množství kondenzátu	8,0 kg/h	Výkon	20,8 kW

#### Příslušenství vestavěné

- Obtoková klapka LK (PMO), Kód: , Počet: 1

01.01 Směšování	Přívod	XPMIX 13	
Kód	XPMQ113RS0-L11P201FVFW01	Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	Teplota / Vlhkost	
Tlaková ztráta	17 / - Pa	Vstup	3,5 °C / 14 %      34,0 °C / 35 %
		Výstup	15,1 °C / 50 %      28,4 °C / 51 %
		Poměr cirkul. vzduchu (ICH)	50,0 %      0,0 %
		Poměr cirkul. vzduchu	70,0 %      70,0 %

#### Příslušenství vestavěné

- Směšovací klapka LK, Kód: , Počet: 1
- Servopohon směšování NM 24A-SR, Kód: XPSESN24S, Počet: 1

01.02 Ventilátor	Přívod	XPVP 450-4,0/J4 (IE3)	
Kód	XPVP013RS045OPAS4B40Z1		
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h		
Statický tlak	931 Pa		
Celkový tlak	1044 Pa		
Externí tlaková ztráta	486 Pa		
Výkon na hřídeli	3521 W		
Otáčky ventilátoru (n)/(nmax)	2416/2420 1/min		
Požadované otáčky v prac. bodě	100 %		
Účinnost – $\eta_{EL}$	78 %		
Účinnost – $\eta_{E-SYS}$	67 %		
Účinnost – $\eta_{E-SYS}$	60 %		
Elektrický příkon	4,06 kW		
Specifický výkon ventilátoru SFP <sub>v</sub>	1427 W.m <sup>-3</sup> .s		
Rychlost v průřezu	0,89 m/s		
Pracovní frekvence	83 Hz		
Pracovní frekvence max.	83 Hz		
Typ ventilátoru	S volným oběžným kolem		
Typ	ER45C-4DN.F7.CR		
Artiklové číslo	130586/2Z41		
Zapojení ventilátoru	Samostatně		
Převod	Přímý		
K-faktor	197		
Diference tlaku na dýze	2286 Pa		
Max. rozsah židla průtoku vzduchu	10790 m <sup>3</sup> /h		
Motor			
Třída účinnosti motoru	IE3		

ID  
 Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
 Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
 Určení jednotky Standardní prostředí



Výkon motoru nom.	4000 W
Jmenovitý proud	8.20 A
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Počet pólů	4
Jištění	Termistory

**Poznámka:** Ventilátor je navržen se zohledněním systémového efektu (mj. jde o vliv vzdálenosti stěn pláště od ventilátoru na příkon a akustický výkon)

#### Příslušenství vestavěné

- Regulace na konstantní průtok CPG-P (příprava pro čidlo CPG), Kód: CPG03, Počet: 1

#### Příslušenství nenamontované

- Regulátor výkonu XPFM 4.0 (IP21, FC051, 3x400V), Kód: XPFMIM403B20, Počet: 1

01.03 Vodní ohřivač	Přívod	XPNC 13/2R	Zima	Léto
Kód	XPNC013-S02			
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	82 Pa	Vstup	15,1 °C / 50 %	28,4 °C / 51 %
Rychlost v průřezu	4,2 m/s	Výstup	26,0 °C / 25 %	28,4 °C / 51 %
Teplonosné médium	Voda			
Počet řad	2	Teplotní spád		70 / 39 °C
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2,1 mm	Výkon		34,4 kW
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Průtok		0,98 m <sup>3</sup> /h
Připojení		Tlaková ztráta		0,4 kPa
Průměr připojení	1 1/2 "			
Vnitřní objem	7,35 l			
Typ	8.35.CU.11.AL.22.02.0815.21.W.X.X.010.044.R 1 1/2" L			

#### Příslušenství vestavěné

- Protimrazové čidlo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1
- Doplňková protimrazová ochrana CAP 3M, Kód: XPNSCAP3, Počet: 1

#### Příslušenství nenamontované

- Směšovací uzel SUMX 1,6/EU (1), Kód: VSU0416B-, Počet: 1

01.04 Vodní chladič	Přívod	XPND 13/4R	Zima	Léto
Kód	XPND013-S04			
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	177 Pa	Vstup	26,0 °C / 25 %	28,4 °C / 51 %
Suchá tlaková ztráta	162 Pa	Výstup	26,0 °C / 25 %	20,9 °C / 77 %
Rychlost v průřezu	4,2 m/s			
Teplonosné médium	Voda	Teplotní spád		7,0 / 13 °C
Počet řad	4			
Počet okruhů	1	Výkon		25,6 kW
Rozteč lamel	2,1 mm	Množství kondenzátu		4,3 kg/h
Materiál		Teplonosné médium		
Materiál trubek	Cu	Průtok teplonos. média		3,67 m <sup>3</sup> /h
Materiál lamel	Al	Tlaková ztráta		1,5 kPa
Připojení				
Průměr připojení	1 1/2 "			
Vnitřní objem	12,78 l			
Typ	8.35.CU.11.AL.22.04.0815.21.W.X.X.028.088.R 1 1/2" L			

**Poznámka:** Ventilátor je navržen na základě mokré tlakové ztráty výměníku.

#### Příslušenství nenamontované

REMAK

Vytvořeno 06.05.2023,14:53 v programu AeroCAD verze 6. 9. 75 ( 14.04.2023 ), vytisknuto 07.05.2023,00:30

Strana : 6 / 11

ID  
 Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
 Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
 Určení jednotky Standardní prostředí



- Směšovací uzel chladiče SUMX 10/EU (1), Kód: VSU04A0B-, Počet: 1
- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301, Kód: XPOOS31, Počet: 1

01.04 Eliminátor kapek	Přívod	XPNU 13
Kód	XPNU013-S0	
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	
Tlaková ztráta	16 Pa	

01.05 Zvlhčovač parní	Přívod	CA-UE 25/105C
Kód	CA-UE0251051C	Zima Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	Teplota / Vlhkost
Tlaková ztráta	17 Pa	Vstup 26,0 °C / 25 % 20,9 °C / 77 %
Systém distribuce páry	elektrodový	Výstup 26,0 °C / 35 % 20,9 °C / 77 %
Napájecí napětí zvlhčovače	3NPE 400 V, 50 Hz	
Elektrický příkon zvlhčovače	18.8 kW	Parní výkon (požadovaný) 22.2 kg/h
Délka připojovacích hadic	3 m	Parní výkon (skutečný) 25.0 kg/h
		Zvlhčovací dráha (minimální) 0.2 m

#### Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 1 Pa
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1

#### Příslušenství nenamontované

- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301, Kód: XPOOS31, Počet: 1

01.15 Tlumicí vložka	Přívod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	

01.14 Tlumicí vložka	Odvod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	

01.07 Filtr	Odvod	XPNH 13/3
Kód	XPNH013-S003S	
Servisní přístup	Zleva	
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech	
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	
Tlaková ztráta	103 Pa	
Třída filtrace dle EN 779	G3	
Třída filtrace dle ISO 16890-1	ISO Coarse 50 %	
Typ filtru	Kapsový	
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	56 / 150 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle výrobce	250 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle Eurovent	106 Pa	

#### Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - vstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 1 Pa
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

#### Skladba filtru

- Kód AX **11Z50041846**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 287x897x305 mm
- Třída filtrace G3
- Počet kapes v jedné vložce 3 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**

ID  
Projekt  
Číslo / Název zařízení  
Určení jednotky

[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
01 / VZT jednotka divadlo  
Standardní prostředí



• Kód AX	<b>11Z50041851</b>
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	592x897x305 mm
• Třída filtrace	G3
• Počet kapes v jedné vložce	6 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	<b>1 ks</b>

01.06 Ventilátor	Odvod	XPVP 500-3,0/J4 (IE3)
Kód	XPVP013RS050OPAS4B30Z1	
Nominální průtok vzduchu	9420 m <sup>3</sup> /h	
Statický tlak	625 Pa	
Celkový tlak	695 Pa	
Externí tlaková ztráta	486 Pa	
Výkon na hřídeli	2334 W	
Otáčky ventilátoru (n)/(n <sub>max</sub> )	1720/1830 1/min	
Požadované otáčky v prac. bodě	94 %	
Účinnost – $\eta_{sL}$	78 %	
Účinnost – $\eta_{F,sys}$	66 %	
Účinnost – $\eta_{E,sys}$	60 %	
Elektrický příkon	2.74 kW	
Specifický výkon ventilátoru SFP <sub>v</sub>	982 W.m <sup>-3</sup> .s	
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	
Pracovní frekvence	59 Hz	
Pracovní frekvence max.	63 Hz	
Typ ventilátoru	S volným oběžným kolem	
Typ	ER50C-4DN.E7.CR	
Artiklové číslo	130577/2Z41	
Zapojení ventilátoru	Samostatně	
Převod	Přímý	
K-faktor	252	
Diference tlaku na dýze	1397 Pa	
Max. rozsah čidla průtoku vzduchu	11270 m <sup>3</sup> /h	
Motor		
Třída účinnosti motoru	IE3	
Výkon motoru nom.	3000 W	
Jmenovitý proud	6.30 A	
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz	
Počet pólů	4	
Jištění	Termistory	

**Poznámka:** Ventilátor je navržen se zohledněním systémového efektu (mj. jde o vliv vzdálenosti stěn pláště od ventilátoru na příkon a akustický výkon)

#### Příslušenství vestavěné

- Regulace na konstantní průtok CPG-P (příprava pro čidlo CPG), Kód: CPG03, Počet: 1

#### Příslušenství nenamontované

- Regulátor výkonu XPFM 3.0 (IP21, FC051, 3x400V), Kód: XPFMIM303B20, Počet: 1

01.09 Sekce prázdná	Odvod	XPJP 13/S
Kód	XPJP013RS0-S	
Nominální průtok vzduchu	2826 m <sup>3</sup> /h	

#### Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výstup XPK 13/P, Kód: XPK0013RS-P, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1

ID  
Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1  
Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo  
Určení jednotky Standardní prostředí



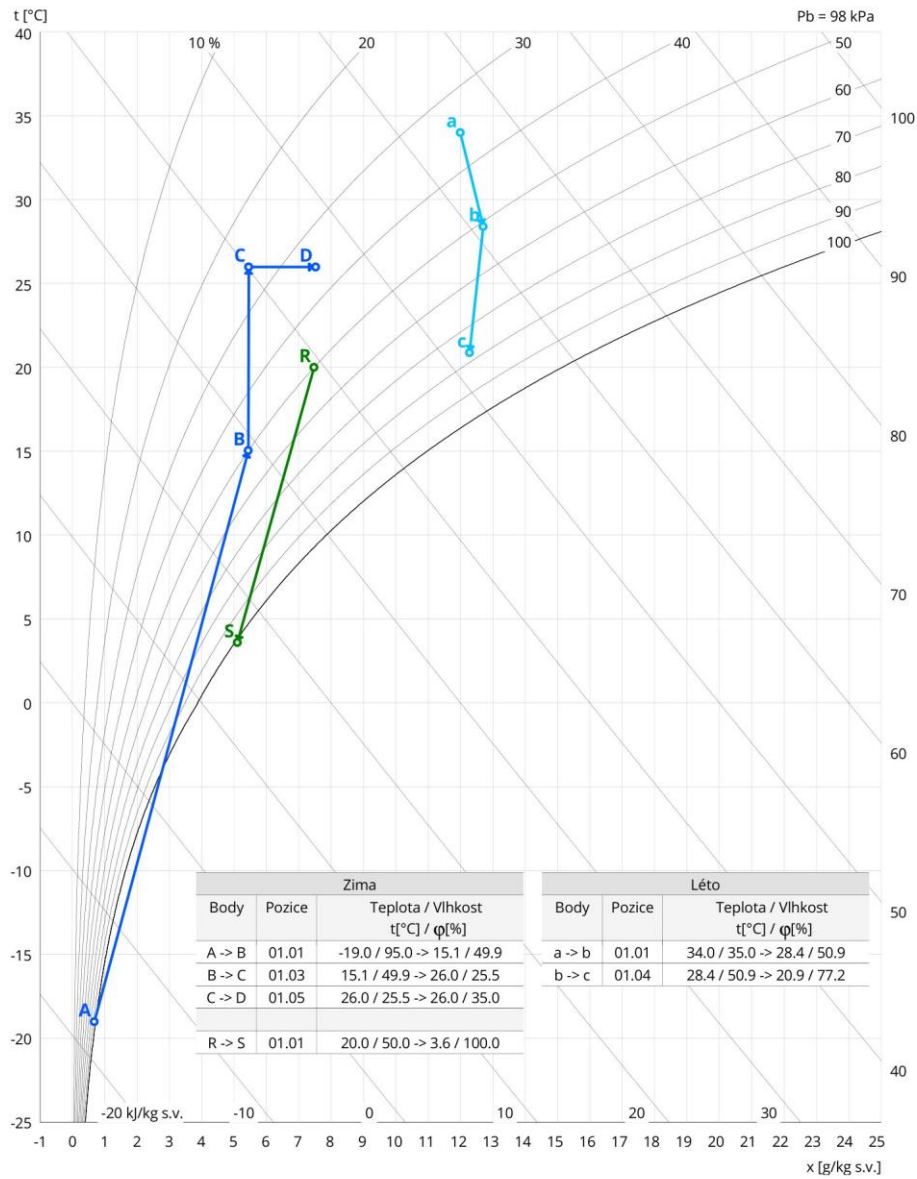
01.10 Klapka	Odvod	LK 915-865
Kód	VLK019186	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	
Plocha klapek	0.79 m²	
Třída těsnosti	2	
Počet servopohonů	1 ks	
Kroutící moment serva	10 Nm	

**Příslušenství vestavěné**

- Servopohon NM 24A-SR, Kód: XPSES24S, Počet: 1

01.13 Tlumič vložka	Odvod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	

Psychrometrický diagram

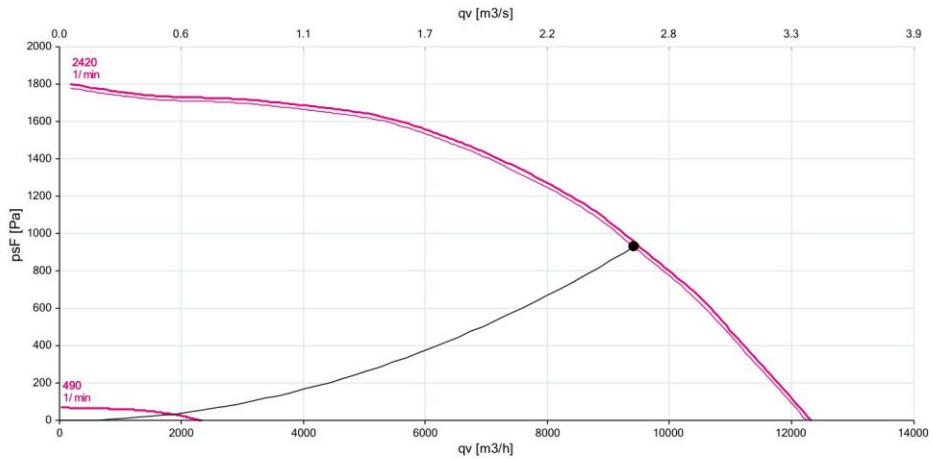




**Charakteristika ventilátorů**

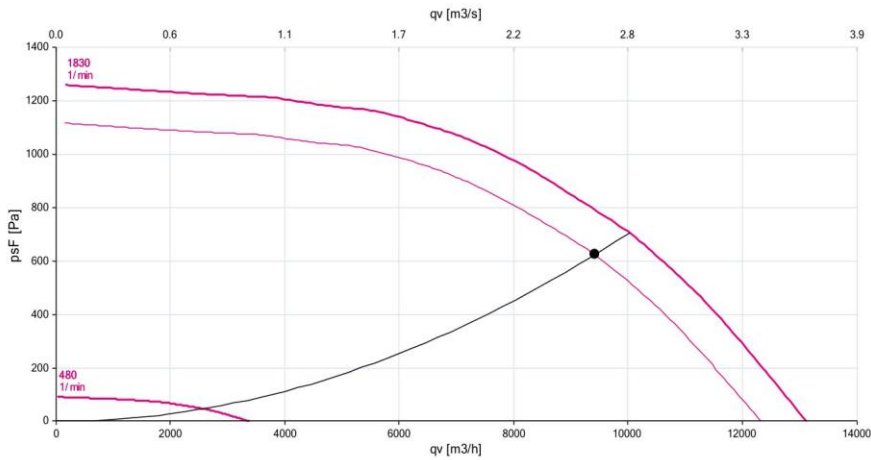
**Přívodní větev**

Typ	$V_n$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_r$ [Pa]	$n$ [1/min]	U [V]	P [kW]	$\eta$ [%]
XPVP 450-4,0/J4 (IE3)	9420	931	1044	2416	3NPE 400 V, 50 Hz	4.00	60



**Odvodní větev**

Typ	$V_n$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_r$ [Pa]	$n$ [1/min]	U [V]	P [kW]	$\eta$ [%]
XPVP 500-3,0/J4 (IE3)	9420	625	695	1720	3NPE 400 V, 50 Hz	3.00	60



## Příloha č.6 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na přívodu vzduchu



lindab | we simplify construction

### SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Projekt: Projekt bez názvu

09-05-2023



Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	qv	9400 m <sup>3</sup> /h
Šířka		1000 mm
Výška		1000 mm
Délka		2450 mm
Výsledky::		
Čelní rychlost	v	2,6 m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	11 Pa

#### SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Čtyřhranný přímý tlumič hluku z řady Aerodim. Tlumič SLRS obsahuje kulisy SLRA, které jsou vyrobeny s rámem z pozinkovaného plechu a absorpčního materiálu typu Lindtec. Povrch Lindtec je snadno čistitelný a splňuje požadavky na hygienické provedení.

Díky aerodynamickému tvaru kulisy SLRA má tlumič nižší tlakovou ztrátu, větší útlum hluku a to při menších rozměrech oproti standardním čtyřhranným tlumičům hluku. SLRS je možný v různých délkách s různými vzdálenostmi kulisy. Standart je 200mm široká mezera. Pro výpočet tlumiče hluku můžete použít Náš IT program LindQST, kde lze nalézt a optimalizovat nejvhodnější tlumiče hluku dle různých hledisek.

#### Objednávací kód

SLRS-200-133-1000-1000-2450

Systém Přívod

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Hladina akustického výkonu před tlumičem, Lwi	-	-	40	47	49	46	42	43	53	50
Útlum tlumiče	5	16	36	50	50	50	28	19		
Hladina akustického výkonu, Lw	36	24	18	16	14	10	8	2	20	14
Hladina akustického výkonu za tlumičem, Lwo	-	-	18	16	14	10	15	24	25	32
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)	NR

## Příloha č.7 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na odvodu vzduchu



lindab | we simplify construction

### SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Projekt: Projekt bez názvu

09-05-2023



Požadavky:		
Objemový průtok vzduchu	qv	9400 m <sup>3</sup> /h
Šířka		800 mm
Výška		710 mm
Délka		2450 mm
Výsledky::		
Čelní rychlost	v	4,6 m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	15 Pa

#### SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Čtyřhranný přímý tlumič hluku z řady Aerodim. Tlumič SLRS obsahuje kulisy SLRA, které jsou vyrobeny s rámem z pozinkovaného plechu a absorpčního materiálu typu Lindtec. Povrch Lindtec je snadno čistitelný a splňuje požadavky na hygienické provedení.

Díky aerodynamickému tvaru kulisy SLRA má tlumič nižší tlakovou ztrátu, větší útlum hluku a to při menších rozměrech oproti standardním čtyřhranným tlumičům hluku. SLRS je možný v různých délkách s různými vzdálenostmi kulisy. Standart je 200mm široká mezera. Pro výpočet tlumiče hluku můžete použít Náš IT program LindQST, kde lze nalézt a optimalizovat nejvhodnější tlumiče hluku dle různých hledisek.

#### Objednávací kód

SLRS-200-200-800-710-2450

Systém Odvod

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Hladina akustického výkonu před tlumičem, Lwi	-	-	33	35	36	40	36	31	44	43
Útlum tlumiče	4	12	28	46	50	27	15	10		
Hladina akustického výkonu, Lw	42	30	24	22	20	17	15	11	26	21
Hladina akustického výkonu za tlumičem, Lwo	-	-	24	22	20	19	22	22	28	29
	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB</b>	<b>dB(A)</b>	<b>NR</b>