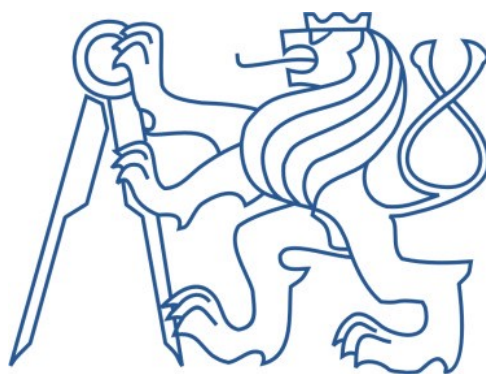


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Časové plánování a požadavky na  
realizaci vzduchotechnických zařízení**

**Lucie Randáková**

**2018**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 27.5.2018

.....  
Lucie Randáková

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Václavu Pospíchalovi Ph.D. za vedení práce a dále Romanu Faflovi za odbornou konzultaci. Také bych chtěla poděkovat své rodině za důležitou podporu po celou dobu studia.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Randáková</u>	Jméno: <u>Lucie</u>	Osobní číslo: <u>438439</u>
Zadávací katedra: <u>K122 - Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Časové plánování a požadavky na realizaci vzduchotechnických zařízení</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Time planning and requirements for the implementation of ventilation equipment</u>	
Pokyny pro vypracování: Úvod - typy VZT, části VZT, kvalita ovzduší Teoretická část - časové plánování - požadavky při provádění VZT - BOZP Praktická část - realizace VZT na konkrétním projektu Výsledek - ideální řešení, důvody	
Seznam doporučené literatury: Prof. Ing. František Drkal, CSc. - Vzduchotechnika, Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika Jarský, a kol.: Technologie staveb II - Příprava a realizace staveb, CERM Brno 2003	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
<u>Podpis vedoucího práce</u>	<u>Podpis vedoucího/katedry</u>

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2018

Datum převzetí zadání

/  
Podpis studenta(ky)

## **Časové plánování a požadavky na realizaci vzduchotechnických zařízení**

Tato práce se zabývá požadavky potřebnými při provádění vzduchotechniky. Zaměřuje se na správné postupy a možnosti při realizaci na konkrétním projektu. Dále rozebírá možnosti při údržbě a servisu vzduchovodů. V této práci jsou také uvedeny zkoušky klimatizačních systémů a možnosti zabránění šíření hluků ze vzduchotechnických potrubí do obytných prostor. Dále také možné problémy zasahující do časového plánu stavby.

### **Klíčová slova:**

vzduchotechnika, větrání, kontroly vzduchotechniky, časové plánování

## **Time planning and requirements for the implementation of ventilation equipment**

This work deals with the requirements required for air conditioning. It focuses on the right procedures and the possibilities to implement on a specific project. It also analyzes the possibilities of maintenance and service of air ducts. This work also includes testing of air conditioning systems and the possibility of preventing the spread of noise from ventilation ducts to residential areas. In addition, possible problems affecting the construction schedule.

### **Keywords:**

**air conditioning, ventilation, air conditioning control, time planning**

# **Obsah**

Úvod .....	8
Důležitost vzduchotechniky .....	9
Kvalita ovzduší .....	11
Systémy větrání a klimatizace .....	13
Větrání.....	13
Centrální vzduchotechnika .....	15
Hybridní systém.....	16
Lokální.....	16
Decentralizované klimatizační systémy .....	19
Klimatizace typu split.....	20
Přirozené větrání .....	21
Části vzduchotechnických zařízení.....	24
Ventilátory .....	24
Klimatizační jednotky.....	26
Filtry .....	27
Hluk ve vzduchotechnice.....	28
Tlumiče hluku .....	30
Teoretická část.....	31
Časové plánování .....	31
Časové plánování realizace vzduchotechniky.....	31
Požadavky na navazující profese – stavební připravenost.....	32
Požadavky na realizaci VZT .....	33
Průběh .....	33
Průběh montáže .....	34
Skladování.....	35

Zavěšení.....	36
Montáž.....	37
Údržba a servis.....	38
Servis .....	38
Údržba.....	39
Kontroly a zkušební metody .....	40
Průběh testování těsnosti vzduchovodů.....	41
Vyhláška č. 193/2013 Sb.....	42
Praktická část .....	44
Akustika VZT .....	47
Požární bezpečnost.....	48
Požární klapky.....	48
Požární izolace.....	48
Požární ucpávky.....	48
Možnosti řešení a komplikace při realizaci .....	50
Závěr .....	56
Zdroje a použitá literatura:.....	57
Použitá literatura:.....	57
Seznam obrázků:.....	59
Seznam tabulek:.....	60

## Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá realizací vzduchotechniky. Kvalitní ovzduší je jedním z nejdůležitějších aspektů kvalitního bydlení. Vzduchotechnika musí být provedena s přesností, aby byla efektivní a plnila správnou funkci. Existuje několik systémů větrání a klimatizace a každý systém má své výhody a nevýhody. Dále jsou zde uvedeny části vzduchotechnických zařízení a požadavky, které je nutné dodržet při jejich montáži. Je zde popsána samotná montáž i pomocí postupového diagramu. K montáži by ale nemohlo dojít bez dostatečné stavební připravenosti.

V praktické části je popsáno řešení vzduchotechniky v budově obchodního centra. Mimo údajů, jako jsou parametry vnitřního vzduchu a množství přívodního čerstvého vzduchu, jsou zde popsána také požární a akustická opatření v obytných prostorech. Správné provedení požárních opatření u vzduchotechnických potrubí jsou nezbytná kvůli bezpečnosti osob a velkým škodám na majetku.

Také jsou zde popsány možnosti řešení některých problémů, které se objevili při přestavbě druhého patra obchodního centra na jídelnu a kuchyně. Některé práce musely být prováděny v nočních hodinách, protože celá rekonstrukce běžela za provozu obchodního centra.



## Důležitost vzduchotechniky

Vzduchotechnika je velmi důležitou částí technického zařízení budov. Klimatizací a větráním zlepšujeme nejen čistotu ovzduší, ale i tepelný a vlhkostní stav ovzduší. Ovzduší je třeba upravovat nejen v obytných budovách, ale také v průmyslových halách, zemědělských objektech a společenských budovách. Důležité je správné odvětrání v místnostech, kde vznikají škodlivé látky např. místa, kde jsou plynové spotřebiče v bytech, nebo v halách, kde se mohou vyskytnout např. výfukové spaliny. Ale klimatizace nebo větrání není potřebné jen tam, ale ve všech budovách, kde se vyskytují osoby, zvířata, elektronická zařízení apod. kvůli produkci tepelné energie a vlhkosti.

Tab. 1: Produkce tepla a vodní páry od lidí [1]

činnost člověka	místo činnosti	metabolické teplo [W]	teplota vzduchu					
			24 °C		26 °C		28 °C	
			teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]	teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]	teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]
sedící, odpočívající	divadlo, kino	115	74	60	62	79	50	97
sedící, mírně aktivní	kancelář, byt	140	74	98	62	116	50	135
stojící, lehká práce	obchody, sklady	150	72	116	60	134	48	152
chodící, přecházející	obchodní domy, banky	160	77	124	64	143	51	162
lehká práce u stolu	dílny	230	79	225	66	244	53	264
mírný tanec		260	92	250	77	273	62	296

Existují dva hlavní způsoby výměny vzduchu v objektech. Větrací zařízení odvádí znehodnocený vzduch a přivádí venkovní vzduch. Na rozdíl od klimatizace, která upravuje aspekty ovzduší, jako je čistota vzduchu, teplota a vlhkost. Klimatizační zařízení může být kombinováno s vytápěním a podle potřeby buď přitápí, nebo chladí. Jako hlavní zdroj tepla se ale kombinované vytápění s klimatizací většinou nepoužívá, jen jako doplňkové vytápění. Užitečná je funkce úpravy vlhkosti a to zvláště v zimě, kdy je vzduch suchý. Je nezbytné, aby byla zajištěna dostatečná výměna vzduchu podle typu objektu (viz. tab. č. 2) a dále podle užívání dané místnosti (viz. tab. č. 3).

Tab. 2: Doporučené násobnosti výměny vzduchu [2]

Druh místnosti	Násobnost výměny za hodinu	
	Min	Max
Autobusové nádraží	8	12
Bary	15	20
Billiard	6	8
Bowling	10	14
Dílny	6	10
Divadla	6	10
Garáže (hromadné)	4	10
Chodby	3	5
Kanceláře	4	6
Kantýny, jídelny	8	12
Kavárny	10	15
Kina	6	10
Knihovny	3	8
Kompresorové místnosti	10	20
Kostely	1	3
Kuchyně - komerční *	15	30
Kuchyně - bytové	10	15
Letištní terminály	8	12
Ložnice (v hotelu)	2	4
Obchody, obchodní centra	8	10
Restaurace	8	15
Shromažďovací prostory	6	10
Sprchy **	10	20
Squash	4	6
Tělocvičny	4	8
Tovární haly	6	10
Toalety - veřejné **	5	8
Toalety - bytové	6	10
Vstupní haly	3	5

\* pro komerční kuchyně je lépe počítat množství odváděného vzduchu podle instalovaných spotřebičů

\*\* pro hromadná sociální zařízení (sprchy, toalety, umyvárny) je možné počítat množství odváděného vzduchu podle zařizovacích předmětů:

- sprcha -  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- WC -  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- umyvadlo -  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- pisoár -  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  [2].

Tab. 3: Požadavky na větrání bytových prostor [3]

Prostor	Minimální průměrná výměna vzduchu nebo min. množství čerstvého vzduchu	Minimální množství odváděného vzduchu	Doplňující požadavky
Celý byt	0,5 h <sup>-1</sup>		
Ložnice	0,5 h <sup>-1</sup> a ne méně než 15 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>		musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem
Obytný pokoj	0,5 h <sup>-1</sup>		musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem
Kuchyně		40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem; odsavač par nad sporákem s výkonem 80 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Koupelna		min. 40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	podtlakové větrání
WC		min. 40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	

## Kvalita ovzduší

Kvalitu ovzduší charakterizuje koncentrace znečišťujících (škodlivých) látek. V ČR jsou základní hygienické požadavky na tepelný a vlhkostní stav prostředí definovány v zákonných předpisech jako jsou nařízení vlády, vyhlášky ministerstev a v normách ČSN. Například v nařízení vlády č.361/2007 Sb. (pro pracovní prostředí) uvádí požadavky na tepelný a vlhkostní stav vnitřního prostředí. Pro čisté prostory jsou v normách definovány speciální požadavky na kvalitu ovzduší (limitní počty částic atd.). Také v místnostech, kde se vyskytují nebezpečné látky (hořlavé) s možností výbuchu, je omezená koncentrace látek ve vzduchu z důvodu bezpečnosti.

Hlavním kritériem kvality ovzduší je obsah CO<sub>2</sub> v ovzduší. V obytných místnostech by neměla být koncentrace CO<sub>2</sub> vyšší než 1000ppm, nejvýše 1200ppm. CO<sub>2</sub> není jediná škodlivá látka v ovzduší např. látky uvolňující se z vybavení interiéru. Při nedostatečném větrání je prokázáno špatné působení na zdraví člověka. CO<sub>2</sub> v ovzduší není vidět a proto je tak nebezpečný. Při vyšších hodnotách dochází k únavě a poklesu schopnosti koncentrace. V dnešní době už jsou součástí vzduchotechnických zařízení čidla CO<sub>2</sub>, která upravují množství přiváděného vzduchu podle koncentrace CO<sub>2</sub>.

Dostatečné větrání je také důležité kvůli výskytu radonu. Radon je radioaktivní plyn, který prochází z podloží do interiéru budovy a poškozuje zdraví osob. U starších budov je radon problematický, protože ochrana nebyla dříve dostatečná. U domů s větším výskytem radonu (můžeme určit podle geologické mapy a měření, kdy zjistíme radonový index), je nutná větší výměna vzduchu, proto je výhodné řízené větrání s rekuperací tepla, aby se předešlo neekonomické ztrátě tepla. U novostaveb se jako ochrana proti radonu aplikuje např. plynotěsná folie pod základovou desku.

Pro komfort osob se zpravidla doporučuje vnitřní teplota vzduchu v zimním období mezi 22 a 24 °C a v letním období mezi 24 a 26 °C. Kvůli ochraně zdraví osob, které se pohybují v letním období ve venkovním i vnitřním prostředí je nezbytné, aby rozdíl teplot vnitřního a venkovního vzduchu nebyl větší než 6 °C.

Spokojenost osob v klimatizovaných místnostech můžeme vyjádřit pomocí PMV (Predicted Mean Vote), která se hodnotí podle tab. č. 4. Vyjadřuje subjektivní pocity osob. Následuje ukazatel PPD (Predicted Percentage Dissatisfied), který znamená procentuální podíl nespokojených osob s tepelným prostředím. Je téměř nemožné, aby byli všechny osoby spokojeny, proto se doporučuje aby PPD < 15%. [4]

Tab. 4: Hodnotící tabulka PMV [4]

PMV [-]	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Tepelný pocit	zima	chladno	mírně chladno	neutrálně	mírně teplo	teplo	horko

Důležitá je také správná vlhkost vzduchu. Komfortní je hodnota relativní vlhkosti 50% a nižší, nesmí však jít pod 30%. V zimě dochází k nedostatku vlhkosti a proto je v zimních obdobích potřeba vzduch vlhčit hlavně při nízkých teplotách. Zvlhčování je ekonomicky dost náročné z důvodu spotřeby elektrické energie a vody. Naopak v prostorech kde jsou volné vodní plochy, je třeba vlhkost odvádět. Relativní vlhkost by neměla překročit 70%. Vysoká vlhkost způsobuje zhoršení tepelné pohody v letním období, ale hlavně je zde riziko kondenzace na stěnách a možný vznik plísní především v zimě.

## **Systémy větrání a klimatizace**

### **Větrání**

Větrání může být dvojího typu: nucené a přirozené.

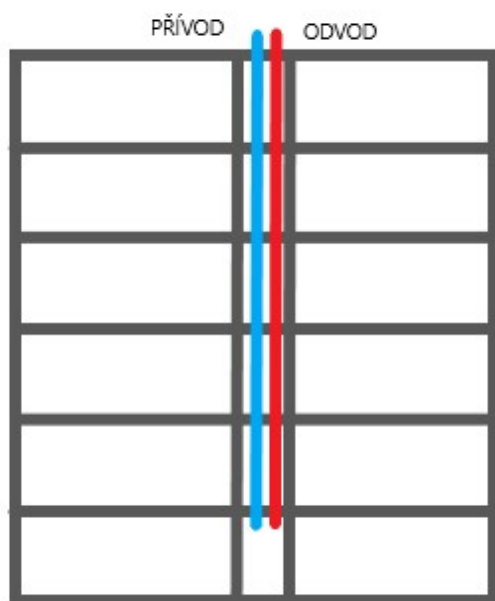
Nucené větrání zajišťují mechanicky ventilátory. Přirozené větrání je zajištěno rozdílem tlaků (hustot vzduchu uvnitř a venku). Nucené větrání dále dělíme na celkové větrání, místní přívod vzduchu a místní odsávání.

#### **Celkové nucené větrání**

Celkové nucené větrání je realizováno tam, kde jsou rovnoměrně rozmístěné zdroje tepla apod. a je nutné větrání celého prostoru (př. průmyslové haly). Je to rovnoměrné provětrávání čerstvým venkovním vzduchem. V obytných domech se v zimě přivádí ohříváný vzduch s využitím zpětného získávání tepla.

#### **Nucené rovnotlaké větrání**

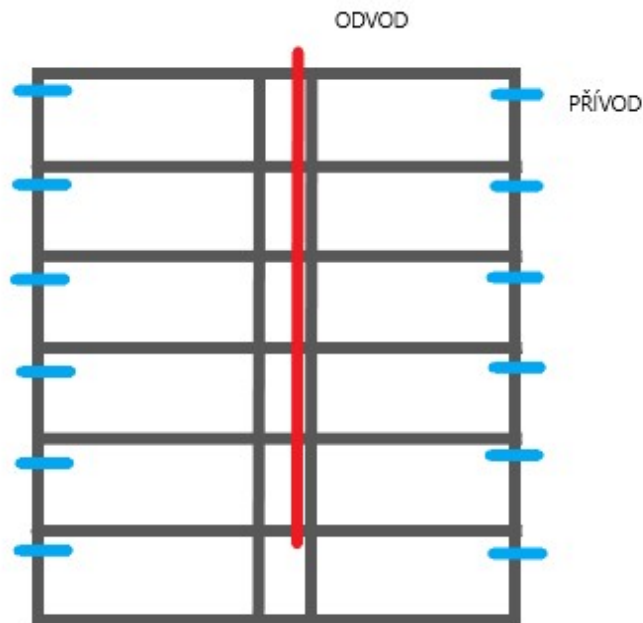
Při rovnotlakém větrání je zajištěn odvod znehodnoceného vzduchu a zároveň přívod čerstvého vzduchu (dvojí vzduchovody). Nucené rovnotlaké větrání je kvalitnější než nucené podtlakové větrání. Výhodou tohoto systému je možnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu (rekuperace). Nevýhodou je vyšší pořizovací cena než u podtlakových systémů, protože je potřeba vyšších nároků na prostor kvůli dvojím vzduchovodům a vyšší spotřeba energií. Další nevýhodou je možnost přenosu pachů mezi různými bytovými jednotkami.



*Obr. 1: Schéma rovnotlakého větrání (vlastní tvorba)*

#### Nucené podtlakové větrání

Tento systém je nejběžnější ve starších bytových domech. Vzduch se odvádí z míst, kde vznikají škodliviny (kuchyně, WC a koupelny). Většinou na střeše je umístěn společný odsávací ventilátor a vzduch je přiváděn do místností pomocí infiltrace okny nebo přes přívodní prvky umístěné na fasádě. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady a jednodušší údržba (méně prvků). Nevýhodou je nevyužitelnost odpadního tepla a v důsledku toho vyšší spotřeba energií.



Obr. 2: Schéma podtlakového větrání (vlastní tvorba)

### Centrální vzduchotechnika

Systémy vzduchotechniky se liší:

- množství větracího vzduchu
- filtrace vzduchu
- teplotní a vlhkostní úpravy vzduchu
- hlučnost zařízení
- distribuce vzduchu
- tlakové poměry (v budově a mezi místnostmi)
- řízení provozu (spínání uživatelem, časový režim (MaR) řízení podle relativní vlhkosti nebo CO<sub>2</sub>).

Funkční požadavky na systémy větrání jsou:

- zajištění hygienicky nezbytného množství venkovního vzduchu z hlediska subjektivně vnímané kvality vzduchu;
- udržování relativní vlhkosti vzduchu v místnostech ve vhodném rozmezí;
- udržování koncentrace škodlivin v místnostech na přijatelné úrovni (toxické látky, radon, prach);

- zabránění šíření požárů mezi byty vzduchotechnickým zařízením;
- nezatěžovat uživatele nadměrným hlukem;
- energeticky a následně ekonomicky úsporný provoz
- bezpečný, na servis nenáročný dlouhodobý autonomní provoz zařízení.

### **Hybridní systém**

Hybridní větrání znamená kombinace přirozeného a nuceného větrání. Hlavní je řídicí systém, který podle různých parametrů střídá přirozené a nucené větrání. Výhodou jsou nízké nároky na spotřebu energií a přitom je zachován kvalitní vzduch ve vnitřním prostředí.

### **Lokální**

Místní přívod vzduchu

Místní přívod vzduchu slouží k lokálnímu větrání. Patří sem vzduchové clony a vzduchové sprchy. Sprchy slouží k ochraně člověka před vysokou teplotou.

Clony

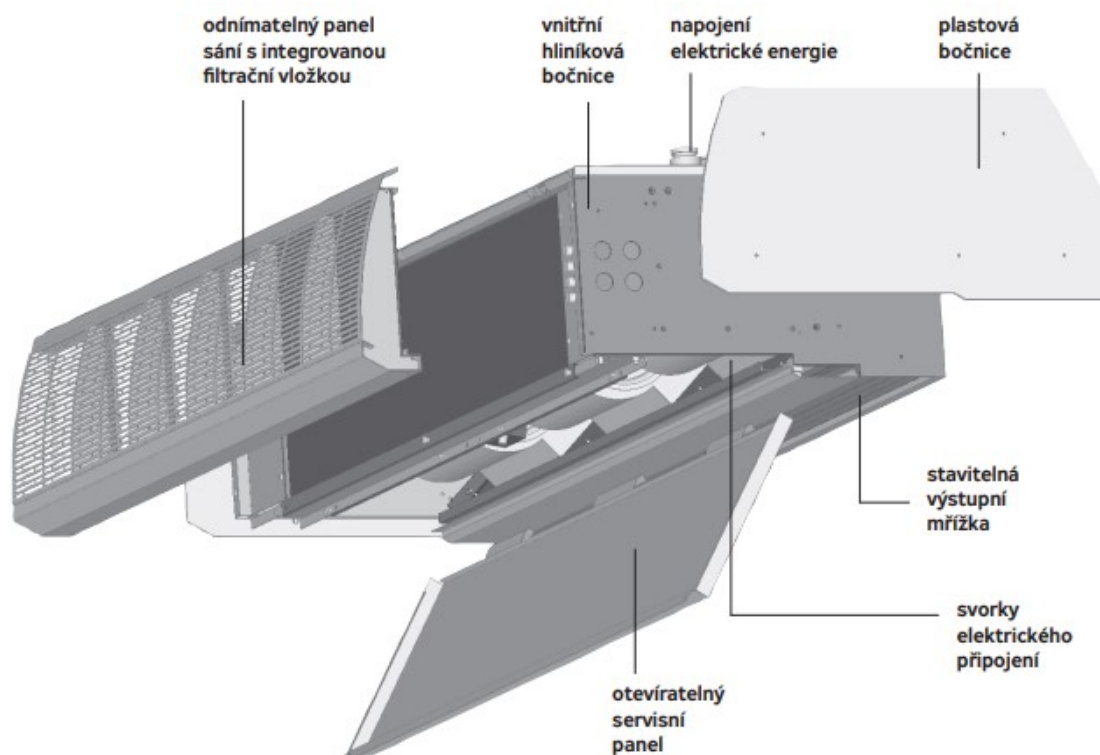
Clony jsou vzduchotechnická zařízení, která oddělují vnitřní a vnější prostředí nepřerušovaným proudem vzduchu. Instalují se nad vchodové dveře. Toto řešení můžeme často vidět v obchodech nebo u vstupu do větších veřejných objektů.



*Obr. 3: Vzduchová clona [6]*



Clony se instalují nad vchodové dveře výstupní štěrbinou blíže straně dveří, sací stranou směrem do místnosti. Clona musí být umístěna výfukovou štěrbinou co nejbližší stěně a co nejbližší nad horní hranu dveřního otvoru, aby se zabránilo pronikání vzduchu nežádoucí mezerou. Šířka clony musí odpovídat min. šířce dveřního otvoru. Částečný přesah po stranách zlepšuje účinnost. [6]



Obr. 4: Model vzduchové clony po částech [6]

#### Odsávání

Odsávací systémy slouží k zachycení škodlivých látek a příměsí v ovzduší, které vznikají např. při prašných provozech. Odsávání je hospodárnější než větrání. Průtok odsávaného vzduchu je při odsávání menší než při větrání a tedy při odsávání je menší spotřeba energie na ohřev vzduchu přiváděného do prostoru z venku namísto odsátého vzduchu. Mezi prostory se zvýšenou prašností se uvažují prostory, kde se vrtá, brousí,

frézuje, řeže apod. Také se používá k odvodu výfukových spalin př. v testovací hale ve firmě na zvyšování výkonu (viz obr.). Odsávání může být pevně zabudované do vzduchotechnického zařízení nebo odděleně jako mobilní.



Obr. 5: Odsávání - Firma X-tuning (vlastní foto)



Obr. 6: Odsávání - Firma X-tuning (vlastní foto)

Hlavní části odsávacího zařízení jsou: sací nástavec, potrubní odsávací síť, filtr, ventilátor a výfukové potrubí. Sací nástavec by měl zcela obklopovat zdroj škodlivin. Existují různé typy, nejběžnější se používá v kuchyních jako digestoř pro odsávání pachů a par při vaření.

Systémy odsávacích zařízení:

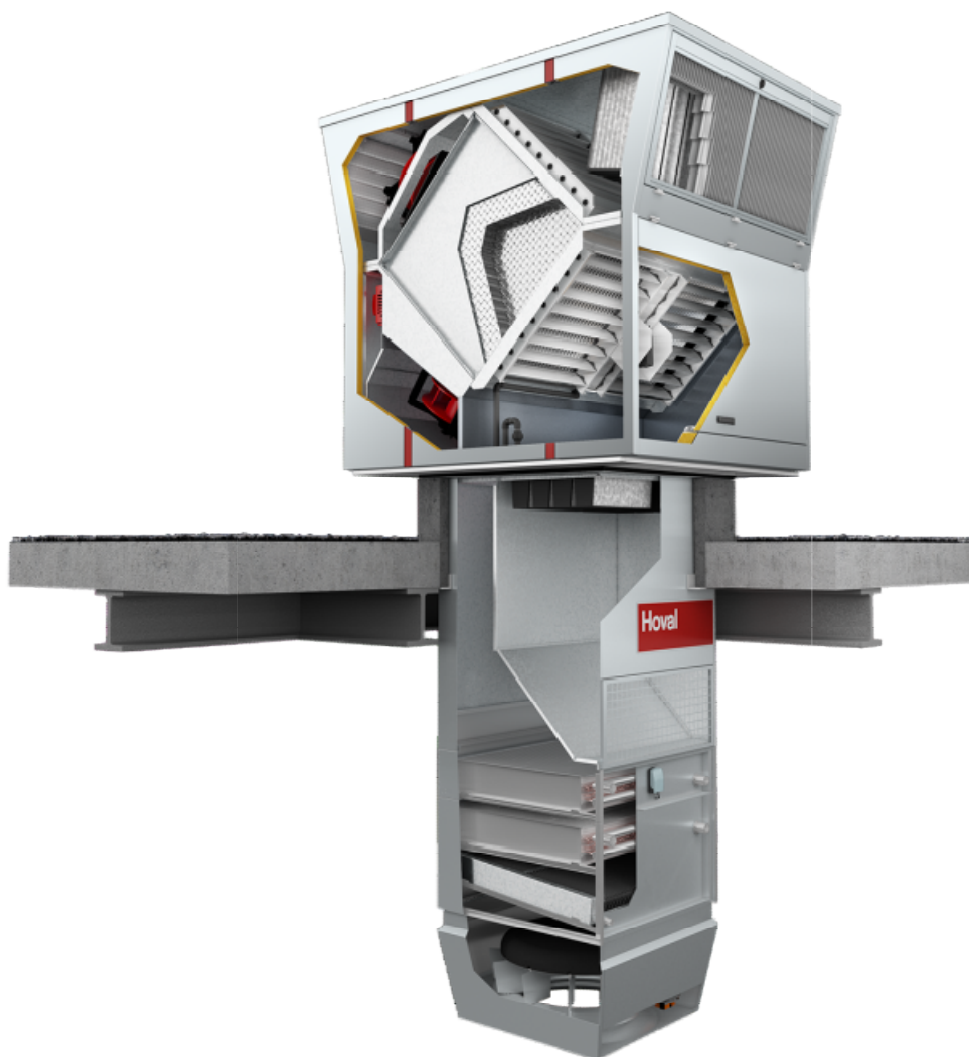
Jednotkové odsávače – odsává se znečištěný vzduch do jednotky, ve které je vyčištěn a poté vrácen do místnosti. Jedná se o neekonomičtější řešení, protože není třeba ohřev venkovního vzduchu.

Centrální odsávací systém – jedná se o společnou odsávací síť, která odsává vzduch z více zdrojů a odvádí ho společně.

Skupinový odsávací systém – je odsáván jen vzduch od určité skupiny zdrojů, kvůli nebezpečnému směšování látek, aby nedošlo v krajním případě k výbuchu. Nejméně používaný typ.

### **Decentralizované klimatizační systémy**

Systém tvoří nezávislé jednotky (nejsou na sebe napojeny). Výhodou decentralizovaných systémů je jednoduchost, protože můžeme kdykoliv přidat další jednotku (rozšíření výrobní haly apod.) a není nutné rozvádět dál vzduchovody. Je možné jednotky zavěsit pod strop nebo instalovat do střechy. Jednotky jsou ovládány řídicím systémem, který může regulovat každou jednotku zvlášť a nastavit ji podle časových, klimatických parametrů.[7]



*Obr. 7: Decentralizovaná klimatizační jednotka [7]*

### **Klimatizace typu split**

System se skládá z jedné vnitřní a z druhé venkovní jednotky. Je to jeden z nepoužívanějších systémů klimatizace. Používá se v kancelářích, bytových domech i rodinných domech. Vnitřní jednotka obsahuje ventilátor, chladič vzduchu a filtr. Venkovní jednotka, která by měla být umístěna co nejbližší vnitřní jednotce, obsahuje kompresor, ventilátor a kondenzátor. V propojovacím potrubí koluje plyn R32, který je šetrný pro životní prostředí dle platných předpisů.

## Přirozené větrání

Přirozené větrání patří stále k nejrozšířenějším možnostem větrání. Nejlepší možností je kombinace některých typů přirozeného větrání a těmi jsou šachtové větrání, aerace, infiltrace a provětrávání. Nevýhodou přirozeného větrání je nemožnost filtrace přiváděného vzduchu a tepelné úpravy větraného vzduchu, takže jsou vysoké tepelné ztráty a tím pádem vyšší spotřeba energií na vytápění objektu.

Infiltrace znamená větrání spárami oken. V dnešní době se vyrábějí stále těsnější okna, ale těsná okna představují jisté riziko při provozu plynových spotřebičů v obytných místnostech a ještě větší problém představuje výměna starých oken za nová do objektů, kde není zajištěné dostatečné větrání jiným způsobem. Vlivem kondenzace mohou vzniknout uvnitř budov plísně apod. V tomto případě musí být okna používána v poloze tzv. mikroventilace.



*Obr. 8: Detail starého okna - FSv budova B (vlastní foto)*

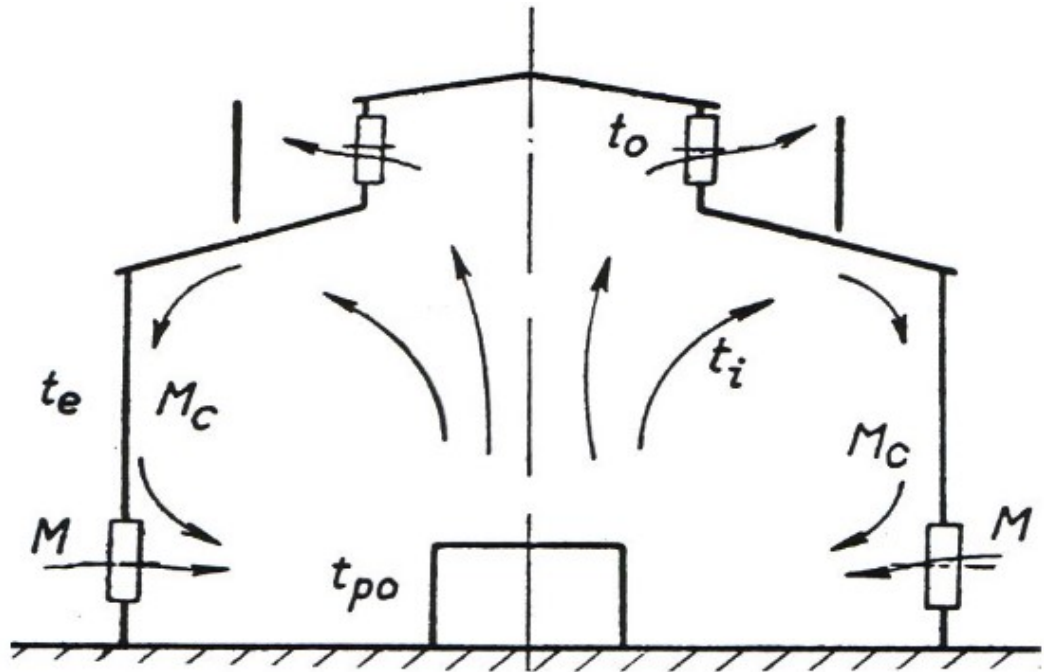
Na obrázcích lze vidět srovnání starého a nového okna. U starého okna je infiltrace značná, na rozdíl od nového okna, přes které neprochází téměř žádný vzduch.



*Obr. 9: Detail nového okna - FSv budova A (vlastní foto)*

Provětrávání znamená větrání otevřením oken. Je úspornější větrat okny krátce, ale otevřít okno úplně, než nechat pootevřené okno delší dobu.

Šachtové větrání se používá k odvodu znehodnoceného vzduchu šachtou z koupelen, WC, kuchyní apod. Odvod vzduchu funguje na principu teploty (hustoty) vzduchu v šachtě. Teplý vzduch stoupá vzhůru. Problémem jsou teplé letní měsíce, kdy přirozené šachtové větrání příliš nefunguje a může docházet k opačnému proudění.



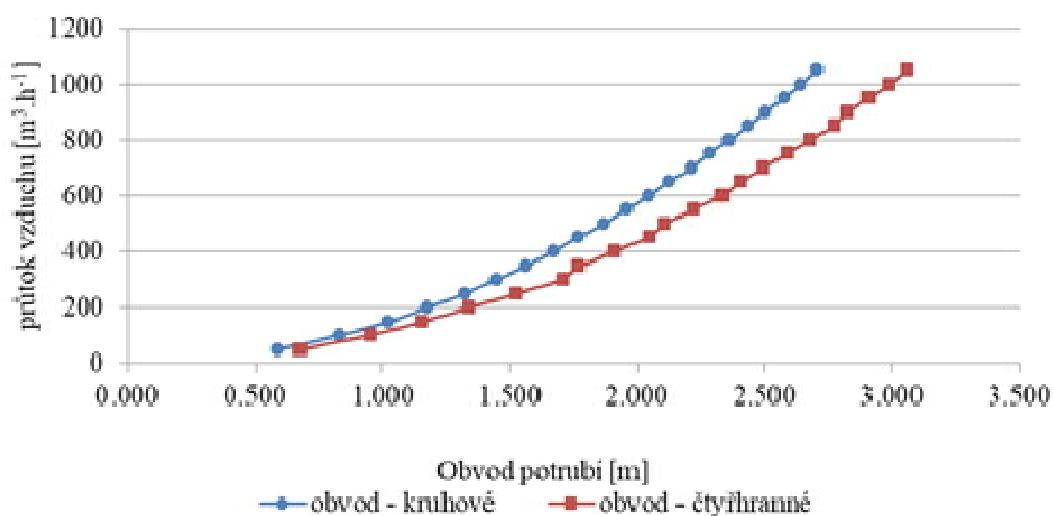
Obr. 10: Schéma aerace [5]

Aerace se většinou používá u halových průmyslových a zemědělských objektů. Součástí jsou regulovatelné otvory ve střeše a stěnách. [5]



## Části vzduchotechnických zařízení

Při navrhování je třeba zohlednit, zda je výhodnější kruhové nebo čtyřhranné potrubí. Přes kruhové potrubí při stejném obvodu proudí více vzduchu než u čtyřhranného potrubí, ale čtyřhranné potrubí je méně náročné při realizaci. Lepší skladování, manipulace i zavěšování a také jednodušší spojování, to jsou důvody, proč je většina VZT potrubí realizována jako čtyřhranné. Limitující je poměr stran, který musí být maximálně 1:4 kvůli správnému proudění vzduchu. [8]



Obr. 11: Graf průběhu požadovaného obvodu pro kruhové a čtyřhranné potrubí [8]

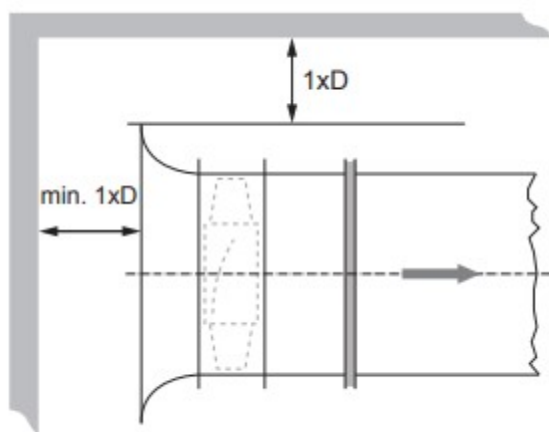
U odvodního potrubí není nutná tepelná izolace, ale u přívodního potrubí hraje zásadní roli v efektivnosti systému. Je potřeba, aby ochlazený vzduch dorazil do dané místnosti v dostatečné kvalitě (teplotě).

### Ventilátory

Během montáže, uvedení do provozu, údržby a kontroly je nutné zajištění montážního prostoru a objektu před vstupem nepovolaných osob. Ventilátor musí být umístěn tak, aby byl možný přístup pro údržbu a servis. Elektrické zapojení musí být provedeno kvalifikovaným elektrikářem. Je třeba zamezit jakémukoliv přímému dotyku oběžného kola během provozu. Při manipulaci se nesmí zdvihát ventilátor za kabel,



oběžné kolo ani ochrannou mřížku. Při zdvihání by se měl použít vhodný zdvihací prostředek – při použití jeřábu je nutné upevnit popruhy a zabezpečit 4 bodové zavěšení. Během manipulace se musí vzít v úvahu hmotnost ventilátoru, která se pohybuje od 20 kg až do 5000 kg. Při přebírání dodávky je třeba zkontrolovat stav a úplnost balení. Zvláštní opatření musíme provést v případě, že ventilátor skladujeme déle než 3 měsíce. V tom případě musíme ručně otočit oběžným kolem. Před montáží ventilátoru bychom měli zkontrolovat, zda ventilátor nebyl při přepravě poškozen, zda se oběžné kolo volně otáčí a zda je vzdálenost mezi špičkami lopatek a pláštěm ventilátoru správná. Tento údaj najdeme v technickém listu od výrobce a pohybuje se v řádech milimetrů podle velikosti ventilátoru. Musíme zajistit, aby při chodu ventilátor nestálo nic v cestě, protože při zakrytí se může přehřívat. Důležité je ventilátor správně umístit, aby směr proudění vzduchu odpovídal šipce na plášti ventilátoru. Ventilátor při provozu vytváří nežádoucí vibrace, aby se zabránilo přenosu na ostatní části VZT systému, tak se ventilátor instaluje na izolátory chvění. Umístění ventilátoru u stěny musí být v dostatečné vzdálenosti (obr. 12), aby byl zajištěn dostatečně rovný a nerotující proud vzduchu. [9]



Obr. 12: Schéma zajištění dostatečné vzdálenosti ventilátoru od konstrukcí [9]

Další částí je frekvenční měnič, který by měl být instalován co nejblíže ventilátoru (to je z důvodu připojovacích stíněných kabeláží). Měnič kmitočtu by měl mít dostatečné množství místa pod a nad ním, aby vzduch mohl kolem měniče volně proudit kvůli chlazení. Výrobce uvádí potřebný volný prostor kolem měniče a je v rozmezí od 100 do 250 mm. Existuje venkovní i vnitřní provedení.

### **Klimatizační jednotky**

Klimatizační jednotky jsou určeny pro dopravu a úpravu vzduchu. Jednotky, které jsou instalovány ve venkovním prostředí, musí být opatřeny střechou z plastové hydroizolační folie nebo z plechu. Jednotky jsou rozděleny na jednotlivé sekce. Sekce klapková slouží k regulování proudu vzduchu, ke směšování odváděného a přiváděného vzduchu a uzavírání jednotky pomocí regulačních klapek. Další sekce je sekce ventilátorová, která je jednou z nejdůležitějších částí jednotky a slouží k dopravě vzduchu. Sekce filtrační zajišťuje vyčistění procházejícího vzduchu pomocí různých druhů filtrů (viz. odstavec Filtry). Další sekce slouží k úpravě teploty proudícího vzduchu – sekce chladící, sekce ohřívací nebo sekce zpětného získávání tepla a další sekce.

Při dopravě se musí jednotlivé komory (sekce) přepravovat pomocí vysokozdvizných vozíků nebo jeřábem pomocí přepravních pásů. Při zvedání jeřábem je třeba použít pásy podvlečené pod jednotkou, nebo navlečené na trubku prostrčenou otvory v rámu jednotky. U větších (těžších) jednotek je třeba pásy nahoře rozepřít, aby nedošlo k deformaci komory. Jednotky je nutné skladovat v suchých a neprašných prostorách, kde teplota neklesne pod +5°C a chránit je proti mechanickému poškození a proti sněhu a dešti. Během skladování je nutné 1x za měsíc ručně protočit hřídel ventilátoru, aby se ložiska promazala. Na sání jednotky musí být osazen protidešťový kryt, který při dešti zabraňuje nasávání kapek do jednotky. Při umístění jednotky se musí nechat dostatečné odstupové vzdálenosti okolo jednotky kvůli

údržbě a servisu. Doporučená vzdálenost od zdi ve strojovně je 500 mm a z přední strany pro průchod 1 m nebo rozměr bloku + 200 mm pro případnou výměnu některého bloku. Základ, na kterém je jednotka postavena, musí být dostatečně rovný a pevný, aby unesl hmotnost jednotky. Klimatizační jednotky jsou náročné na rovinnost podlahy. Maximální průhyb sestaveného zařízení usazeného na základu nesmí být větší než 200 na 3 m délky sestavy (př. klimatizační jednotka Janka KLM), aby jednotka mohla správně pracovat. Dalším pravidlem je, že složenou jednotkovou sestavou by se už nemělo manipulovat, aby se nepoškodili spoje a celková funkčnost systému. Spojování sekcí může být liniové, sekce vedle sebe, sekce nad sebou apod. Při sestavování se začíná od přívodní jednotky a postupně se přidávají další sekce. Sekce se usadí, vyrovná se základem, připevní k předešlé sekci (většinou šrouby) a utěsní. Základ tvoří betonový podklad nebo ocelová konstrukce. K ukotvení k základu se používají kotvicí šrouby. Při realizaci plastové střechy ve venkovním prostředí je zapotřebí správné provedení hydroizolační fólie. Před svařováním fólie se musí vyzkoušet správná teplota horkovzdušné pistole na zkušební části fólie. Po zchlazení by nemělo být možné dobře přivařenou fólii odtrhnout v místě svaru. Svar musí být dostatečně široký cca 40 mm. Po dokončení montáže střechy je nutné po celém obvodu jednotky osadit okapnice a zatmelit všechny spáry proti zatékání dešťové vody. Montáž plastových střech lze provádět pouze při teplotě nad 5 °C a nesmí se provádět za deště nebo při silném větru.

## **Filtry**

Důležitou součástí vzduchotechnických zařízení jsou filtry. Filtry jsou dvojího typu – vložkové a pásové. U filtrů vložkových se mění filtrační vložky a u pásových filtrů se posouvá pás filtračního materiálu. Dále dělíme filtry na hrubé, jemné, HEPA a UPLTA filtry podle schopnosti zachycovat škodliviny. Vhodný výběr filtru závisí na kvalitě venkovního vzduchu a požadavcích na kvalitu vnitřního vzduchu. Filtry jsou vyráběné ze syntetických, skleněných a

celulosových vláken a dále je dělíme podle konstrukce na rámečkové, kapsové a kazetové.



Obr. 13: Druhy filtrů – rámečkový, kapsový a kazetový [5]

Dalším typem jsou filtry s aktivním uhlím zachycující plynné škodliviny a pachy. Filtry fungují na principu absorpčního procesu, kdy se plynné látky zachycují na povrchu pevných látek. Při provozu se povrch aktivního uhlí filtračních patron zanáší a postupně ztrácí svojí schopnost pohlcovat pachy. Stupeň nasycené (schopnosti pohlcovat) můžeme zjistit podle nárůstu hmotnosti. [5]



Obr. 14: Filtr s aktivním uhlím [5]

### **Hluk ve vzduchotechnice**

Hluk je nechtěný zvuk, který vzniká při přeměně energie. Podstatou hluku je kolísání akustického tlaku.

Hluk je daný:

a) velikostí (sílou) v [dB] - člověk slyší v rozmezí 0 - 120 dB

b) jakostí (výškou) v [Hz] - člověk slyší v rozmezí 20 - 20 000 Hz

Akustický tlak má oproti atmosférickému tlaku velmi malé hodnoty. Lidské ucho slyší akustický tlak v rozmezí  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa (práh slyšení) až 20 Pa (práh bolesti). [10]

V technické praxi pracujeme s hladinou akustického tlaku.

Hladina akustického tlaku ve sledovaném místě v prostoru závisí na:

- hladině akustického tlaku ve vyústce
- útlumech - zvuková pohltivost prostoru
  - plocha stěn místnosti
  - počet vyústek
  - vzdálenost od vyústky

Útlum hluku v potrubí ovlivňuje:

- přímé potrubí
- oblouky, kolena
- rozbočky, odbočky
- poloha umístění tlumiče
- rozdělení do vyústek
- vyústky (včetně přípojovacího ohebného flexi potrubí SONODECK)

Zdroje hluku ve vzduchotechnice

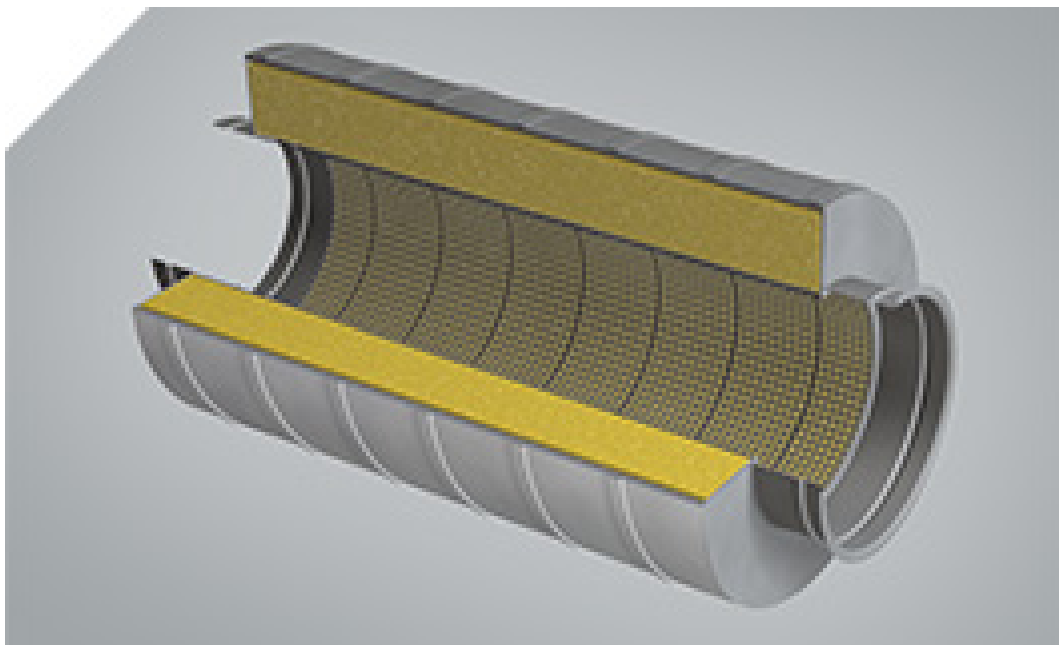
Nežádoucí hluk ve vzduchotechnice způsobují různé elementy zařízení vzduchotechniky. Většinou se jedná o hluk aerodynamického původu. Nejvýznamnějšími zdroji aerodynamického hluku jsou ventilátory. Hluk z ventilátoru způsobuje turbulentní proudění vzduchu ventilátorovým kolem a spirální skříní. Hluk roste s rychlostí proudění vzduchu. Zajímavostí je, že hladina akustického výkonu neroste rovnoměrně s počtem otáček. Zvýšíme-li otáčky ventilátoru dvojnásobně, celková hladina akustického výkonu vzroste o 15dB.

Další hluk vzniká při obtékání překážek ve vzduchotechnickém potrubí. Jako jsou:

- obtékání listu regulační klapky
- výtok vzduchu z koncového elementu
- místa, kde dochází ke změně průřezu
- vstup a výstup do zúženého prostoru tlumiče apod.

### **Tlumiče hluku**

Tlumiče jsou v podstatě části rovného potrubí, které jsou vyložené hlukově pohltivým materiálem (minerální vlnou). Povrch pohltivé hmoty bývá upraven děrovaným plechem, netkanou textilií nebo plastovou fólií. V případě, že jeden tlumič nestačí, tak se dají vytvářet sestavy za sebou jdoucích tlumičů. Ale sestavy delší než 4 m nemají smysl, protože hluk se nese vzduchem. Problém se dá řešit rozdělením delšího celku na kratší úseky, mezi kterými jsou obloukové kusy. Tvarově různá potrubí mají lepší akustické vlastnosti než potrubí, která jsou jen přímá. [11]



*Obr. 15: Tlumič hluku [11]*

# **Teoretická část**

## **Časové plánování**

Obecně při časovém plánování jde o koordinaci pracovníků, strojů a materiálů. Důležité je správné načasování subdodavatelských prací. Cílem je stanovení termínů zahájení a ukončení jednotlivých činností, celkové doby trvání realizace díla, celkové definování všech činností a stanovení logických návazností.

Časový plán stavby se zaznamenává do harmonogramu (nejčastější varianta), do časoprostorového grafu nebo síťového grafu. Síťový graf je náročnější na vytvoření z důvodu množství informací, ale znázorňuje technologické návaznosti mezi činnostmi. Ukazuje také časové rezervy. Pro vytváření harmonogramů se používá například program MS Project. V časovém plánu jsou důležité milníky (konkrétní termíny vztahující se k průběhu stavby).

Milníky mohou být:

- Předání projektové dokumentace
- Předání a převzetí staveniště
- Zahájení a dokončení jednotlivých prací
- Konečné předání a převzetí díla a další.
- Komplexní a funkční zkoušky

Z časového plánu také můžeme zjistit počet pracovníků na stavbě v daném čase. Je zde vyznačená kritická cesta, která znamená trasu, kde jakákoliv časová změna znamená změnu celkového času výstavby.

## **Časové plánování realizace vzduchotechniky**

Na čas mohou být náročné kolize mezi jednotlivými sítěmi. Případná místa křížení by měla být předem řešena v projektu Koordinace TZB. Ovšem ne všechny kolize jsou v projektu odhaleny a musí se vyřešit při samotné

realizaci. Znamená to nejen zvýšení rozpočtu stavby, ale také zpožděním v harmonogramu.

Těmto kolizím a časovým prodlevám se můžeme vyhnout navržením decentralizovaného systému klimatizace a větrání, ale zatím se tento způsob příliš nepoužívá i z důvodu pořizovací ceny.

Při projektování vzduchotechniky je velkou výhodou projektování v BIM. BIM model pomáhá ve snadnější orientaci a lze z něj získat daleko více informací než z klasických 2D podkladů. Záleží na úrovni detailu (LOD 100 – LOD 500). Při úrovni LOD 500 už víme konkrétní prvek (ventilátor od konkrétního výrobce s technickými daty, rozměry a návazností na stavbu i ostatní profese, dokonce i požadavky na servis a údržbu). 3D modely jsou přínosné hlavně u části projektu Koordinace TZB viz. Příloha č. 2.

## **Požadavky na navazující profese – stavební připravenost**

Rozměry prostupů musí být větší než rozměry prostupujícího elementu o 100 mm na každou stranu, u protipožárních prvků o 200 mm na každou stranu.

Měření a regulace (elektronická požární signalizace - EPS, monitoring PK) by měly zajistit monitoring VZT jednotky, měření rozdílů tlaku na filtrech a ventilátoru, ovládat VZT jednotky z nadřazeného systému MaR, dodat servopohony k VZT jednotce.

Je nutné správně odvodnit VZT šachtu ve spodní části.

Při realizaci je potřebné dostatečné osvětlení pracoviště, příprava odběru elektrické energie.

Při montáži je potřeba používat zvedací zařízení pro vzduchovody, proto je třeba před montáží připravit zdvihací prostředky.

Při ukládání VZT jednotky je zapotřebí mít předem připravené dostatečně únosné podloží popř. základy.

Před montáží jednotlivých dílů z nich musí být odstraněny nečistoty.



Montáž a opravy na zařízení musí vykonávat pouze kvalifikovaní pracovníci a zařízení musí být provozováno podle provozních předpisů.

## **Požadavky na realizaci VZT**

Minimální vzdálenost mezi horní hranou jednotky a stropem místnosti by měla být alespoň 50 mm. Správný odtok kondenzátu z chladicí jednotky je zabezpečen pouze tehdy, je-li jednotka namontována vodorovně. Na regulačních ventilech je přípustný směr toku média označen šipkou nebo písmenem a ten musí být dodržen. Na vzduchotechnické jednotce je dle směru proudění přiváděného vzduchu vyznačeno přívodní a vratné potrubí chladicího či topného média. Pokud by došlo k přehození, klesá účinnost výměníku. Po ukončení všech přípojovacích prací na přípojkách musí být veškeré šroubové spoje ještě jednou utaženy a je nutné zkontrolovat, zda jsou namontovány bez mechanického pnutí.

## **Průběh**

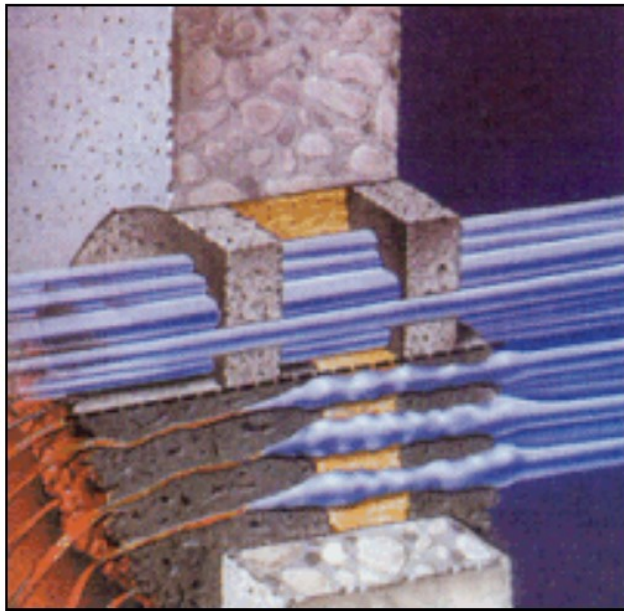
Vše začíná podepsáním smlouvy mezi objednatelem a zhotovitelem. Smlouva by měla obsahovat informace o objednateli a zhotoviteli, předmět plnění smlouvy, časový rámec plnění, umístění stavby, cena a způsob placení, povinnosti zhotovitele i objednatele a sankce za prodlení a další. Poté si zhotovitel převezme staveniště a projektovou dokumentaci. Důležitá část PD je technická zpráva, která musí obsahovat: zadání objednatele, klimatické podmínky místa stavby, popis VZT zařízení, zajištění předepsané hygienické výměny vzduchu (minimální dávky čerstvého vzduchu) ve všech místnostech, typ větrání, odvod odpadního vzduchu, umístění VZT jednotek, hlukové parametry uvnitř i venku, popis způsob větrání a klimatizace, protihluková a protipožární opatření, pokyny pro montáž, popis způsobu uložení a zavěšení, požadavky na uvedení do provozu (zkoušky apod.) a další.

Po převzetí dokumentace pro provedení stavby by měl stavbyvedoucí zkontrolovat úplnost a správnost podkladů. Důležitá je také část koordinace

TZB, kde jsou zakresleny všechny TZB sítě (vodovody, kanalizace, plynovod, elektro atd.). Problémová jsou místa křížení sítí a měly by být vyřešeny ještě před začátkem prací, ale většinou se řeší až v průběhu realizace. Případné kolize mohou nepříznivě ovlivnit čas i peníze.

### **Průběh montáže**

Na začátku montáže se osazují jednotky, ventilátory. V praxi se většinou jednotky osazují až ke konci kvůli stavební nepřipravenosti. Před montáží jednotky musí být připravený základ pro jednotku. Musí být rovný, pevný a dostatečně únosný. Na základy se pokládají protivibrační podložky. Poté se nejdříve realizuje svislé stoupací potrubí, poté se pokračuje vodorovným potrubím v nejnižším patře a postupuje se po jednotlivých patrech směrem vzhůru. Před instalací rozvodů musí být hotovy všechny prostupy, šachty a strojovny stavebně dokončeny (povrchy, výmalba atd.). Dále musí být připravené všechny zdvihací prostředky a také lešení. Izolace potrubí se provádí na místě při samotné montáži rozvodů. U svislých rozvodů v šachtách se musí brát v úvahu, že k zadním stranám potrubí je špatný přístup a izolace musí být provedena dříve. Po realizaci vzduchovodů se musí utěsnit protipožární ucpávky. Nejsložitější na realizaci jsou místa, kde prostupuje požární konstrukcí více potrubí najednou. Utěsnění mezi nimi je náročné finančně i časově. Firma, která protipožární opatření provádí, musí mít odbornou kvalifikaci a musí vydat garanci na protipožární opatření. Obrázek znázorňuje správné provedení protipožárních ucpávek, kde v horní části jsou sítě před požárem a ve spodní části při požáru.



*Obr. 16: Funkčnost protipožárních prostupů [12]*

Po dokončení montáže se musí provést kontrola jakosti, při které se vizuálně kontrolují všechny rozvody. Provede se revize vzduchotechniky, vyhotoví se protokol o kompletnosti rozvodů, potvrzení o kapacitě a protokol o zaregulování. Další zkouškou je zkouška hlučnosti a musí být vydány revize na požární klapky.

Při začátku realizace VZT se zároveň začíná pracovat i na ostatních rozvodech. Vzduchotechnická potrubí jsou nejrozměrnější a proto mají vždy přednost. Po skončení montáže vzduchotechniky a dalších rozvodů už se mohou provádět podhledy a dokončovací práce.

### **Skladování**

Skladování VZT potrubí je většinou problematické, protože je objemné a neskladné a také náchylné k poškození při nárazech. Proto je lepší objednat jen část, se kterou se v nejbližší době bude pracovat. Například je dobré objednat VZT potrubí vždy pro patro, ve kterém se montuje a v dostatečném předstihu pro patro další.



*Obr. 17: Skladování VZT potrubí (vlastní foto)*

Při špatném skladování a špatné manipulaci může dojít k poškození potrubí a to může vést k netěsnostem systému a celkovému zhoršení účinnosti VZT systému. Z tohoto důvodu se nesmí správné skladování podceňovat.

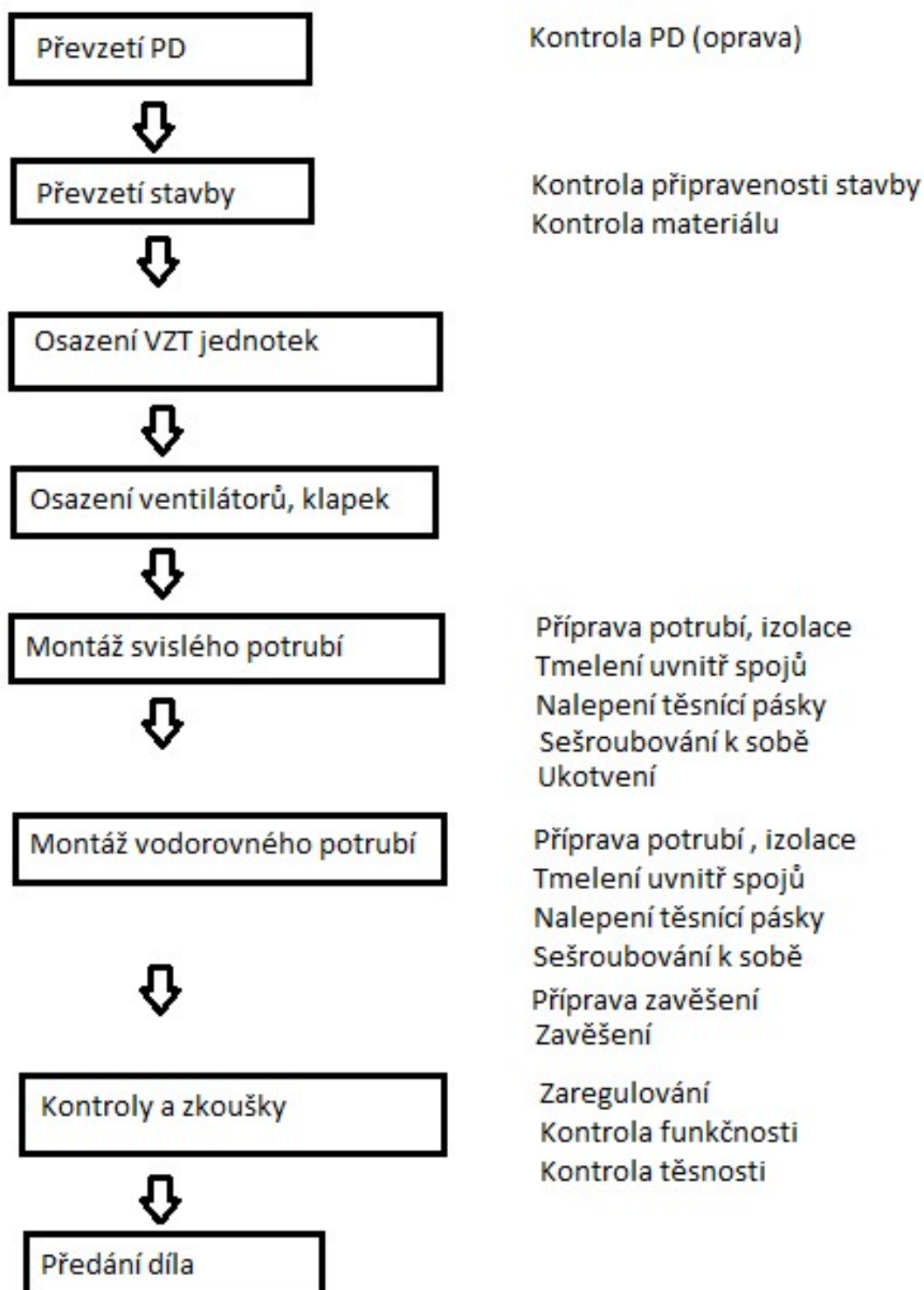
### **Zavěšení**

Doporučená rozteč zavěšení je u čtyřhranného potrubí od 2 do 4 metrů a u kruhového potrubí 3-6 metrů. Konkrétní vzdálenost navrhuje projektant podle situace na stavbě a podle velikosti a váhy vzduchovodů. Čtyřhranné potrubí je možné zavěsit pomocí Z a L závěsů s pryžovým tlumičem. Kruhové potrubí se zavěšuje pomocí objímek a A závěsů. Pro zabránění přenosu vibrací bývají opatřeny gumovým těsněním.



*Obr. 18: Zavěšení potrubí [13]*

## Montáž



Obr. 19: Postupový diagram montáže VZT (vlastní tvorba)

## Údržba a servis

### Servis

Často se zapomíná na pravidelný servis klimatizačních zařízení, který je velmi důležitý pro správnou funkčnost vzduchotechniky. Bez pravidelné údržby klimatizačních zařízení dochází k opotřebení jejich součástí, což má dopad na celkovou účinnost systému a způsobuje nadměrnou spotřebu energie. Dalším problémem je špatný vliv na naše zdraví, protože používáním starých filtrů vdechujeme neviditelné částice plísní a bakterií, které projdou přes nefunkční filtry.

Při servisu by se měli provádět tyto kontroly:

- Výměna vzduchových filtrů jednotek
- Údržba jednotky motoru ventilátoru
- Mazání ložisek
- Usazeniny - zvlhčovač, tepelné výměníky
- Funkčnost tlumičů, klapek, pohonů, čerpadel, ventilů
- Revize požárních klapek (1xza rok)
- Elektrorevize
- Zkouška těsnosti klimatizace
- Kontrola a doplnění chladiva u split jednotek (vždy se musí provést záznam do provozního deníku)

Speciální pozornost vyžadují ventilátory, které by měly být udržovány v čistém stavu. Doporučují se pravidelné čtvrtletní kontroly zařízení.

Při revizích se především kontroluje:

- stav a čistota filtračních vložek
- čistota vnitřních ploch, hlavně oběžných kol
- kontrola klínových řemenů
- ověření stavu ložisek
- lehký chod elektromotorů a ložisek
- stav nátěrů

- funkčnost hlavních orgánů
- stav těsnění
- kontrola odvodního potrubí kondenzátu včetně průchodnosti zápachových uzávěr

## **Údržba**

Vzduchovody jsou časem zaneseny a znečištěny a proto je nutná údržba. Hlavně u odtahového potrubí z kuchyní, kde vzniká spousta mastnot a nečistot, je potřeba čištění. Aby bylo zabráněno znečišťování vzduchovodů je doporučeno dávat více sad tukových filtrů, které se dají častěji čistit.

Při údržbě vzduchotechnického potrubí lze použít pojízdnou kameru, která zaznamená stav potrubí. Ze záznamu se poté vyhodnotí, zda je nutné potrubí vyčistit a jaký způsob bude nejvhodnější. Pro použití pojízdné kamery musí být VZT potrubí větší než 200 mm.

Čistit vzduchotechnické potrubí je možné několika způsoby. Čištění robotickými kartáči je vhodné pro nánosy prachu, popílku a nečistot podobné konzistence, která se nelepí. Je vhodné pro jakékoliv průřezy potrubí, ale není tak dokonalé jako čištění suchým ledem.

Další možností je čištění suchým ledem, které se provádí při velmi nízké teplotě a je tedy vhodné i jako dezinfekce např. do nemocnic. Funguje na principu rychlého zmrazení a kvůli rozdílným roztažnostem materiálů se nečistota odloupne a poté je snadno odstraněna. Čištění suchým ledem je účinnější než ruční čištění, ale je také o mnoho dražší. [15]





Obr. 20: Znečištěné potrubí [15]

## Kontroly a zkušební metody

Během montáže probíhají dílčí zkoušky – mechanická funkce, čistota, dotažení spojů, vodivé propojení (vějířové podložky), kotvení, napnutí řemenů apod. Po dokončení montáže je nutné zaregulování celého systému podle projektových parametrů. Některé zkoušky jsou předepsané stavebním úřadem např. měření hlučnosti, revize požárních klapek a některé jsou dohodnuté smluvně mezi investorem a realizační firmou např. kontrola koncentrace škodlivin, měření vibrací, měření vlhkosti a měření těsnosti systému.

Testování vzduchotěsnosti vzduchotechnického potrubí je důležité z hlediska nadměrných úniků vzduchu. Máme snahu potrubí co nejvíce utěsnit, protože při nedostatečném utěsnění musí být výkonnější vzduchotechnické jednotky, zvyšuje se hlučnost a také spotřeba energií, protože ventilátory musí vykonávat více práce.



## **Průběh testování těsnosti vzduchovodů**

Nejdříve se musí zkontrolovat úplnost VZT systému, následuje kontrola funkčnosti a nakonec měření funkčnosti. Měření funkčnosti probíhá tak, že se zaslepí všechny otvory, protože měření musí probíhat na utěsněném systému. Měří se při běžném provozním tlaku. Existují 4 kategorie těsnosti a pro každou je stanoven limit vzduchotěsnosti a tento limit by měl být splněn pro přetlak i podtlak. Potrubí by mělo odolat tlaku bez trvalé deformace nebo náhlého zvýšení úniku vzduchu. Při testování na nejvyšší tlaky by se spoje na testovaném potrubí neměly vychýlit o více než 1/250 nejdelší strany.

V první řadě by měřený úsek potrubí měl být těsně oddělen od ostatních rozvodů. Minimální testovaná plocha potrubí se doporučuje 10 m<sup>2</sup>. Měřený úsek by měl obsahovat více rozměrů potrubí a tvarovek. Zkušební tlak musí být vyšší než návrhový. *“Testovaný tlak by měl být udržen v potrubí po dobu 5 minut s odchylkou max. ± 5 %. V případě kruhového potrubí by mělo být testováno 10 % rozvodů, pro čtyřhranné potrubí alespoň 20 %.*

*Základní požadavky na těsnost a provádění VZT potrubí stanovují Leed předpisy:*

- *Těsnění VZT potrubí, minimalizace ztrát vzduchu k potrubním systémech.*
- *Požadavek a těsnost klapek a tvarovek.*
- *Měření těsnosti potrubí u více než 25 % z celkové instalované plochy potrubí.*

*Špatnou montáží potrubí a špatným utěsněním lze ztratit až 30 % dopravovaného a upraveného vzduchu. Při závěrečném vyvažování systému, na stavbě naměřené nedostatečné průtoky vzduchu oproti projektu není možné nahradit zvyšováním výkonu ventilátoru ve VZT jednotce. Tímto řešením se zvyšují rychlosti proudění vzduchu v jednotce i v potrubí, nárůst tlakových ztrát, navyšuje se hluchost a spotřeba energie na úpravu vzduchu.*

*Měření těsnosti by mělo být prováděno v tom stádiu stavby, kdy případné opravy systému mohou být snadno provedeny.“ [8].*

### **Vyhláška č. 193/2013 Sb.**

- Vyhláška o kontrole klimatizačních systémů

Způsob provádění kontroly klimatizačního systému:

Kontrola klimatizačního systému zahrnuje

- a) hodnocení dokumentace a dokladů klimatizačního systému,
- b) vizuální prohlídku a kontrolu provozuschopnosti přístupných zařízení klimatizačního systému,
- c) hodnocení údržby klimatizačního systému,
- d) hodnocení dimenzování klimatizačního systému v porovnání s požadavky na chlazení budovy,
- e) hodnocení účinnosti klimatizačního systému a
- f) doporučení k ekonomicky proveditelnému zlepšení stávajícího stavu klimatizačního systému.

Zpráva o kontrole klimatizačního systému

(1) Zpráva o kontrole klimatizačního systému obsahuje

- a) identifikační údaje budovy a klimatizačního systému,
- b) podrobný popis budovy a klimatizačního systému,
- c) hodnocení klimatizačního systému podle § 3,
- d) údaje o energetickém specialistovi,
- e) datum provedení kontroly a
- f) ostatní údaje, kterými jsou schéma klimatizačního systému, fotodokumentace provedená při kontrole a kopie oprávnění energetického specialisty.

Přílohou č.1 je vzor o kontrole klimatizačních systémů.

Tab. 5: Četnost provádění kontrol klimatizačních systémů [16]

Jmenovitý chladicí výkon	První kontrola po uvedení systému do provozu	Další kontrola	
		systém je trvale monitorován*	systém není trvale monitorován*
	(roky)	(roky)	(roky)
Od 12 kW do 100 kW	10	10	10
Nad 100 kW	4	10	4

\* Poznámka: za trvalý monitoring je považováno elektronické monitorování klimatizačního systému, kdy jsou především hodnoty spotřeby energie a parametry teploty vnitřního vzduchu a průtoku přiváděného a oběhového vzduchu průběžně elektronicky předávány řídicímu systému klimatizačního systému, který je vyhodnocuje a na jejich základě upravuje provoz klimatizačního systému. [16]

## Praktická část



*Obr. 21: Logo obchodního centra [17]*

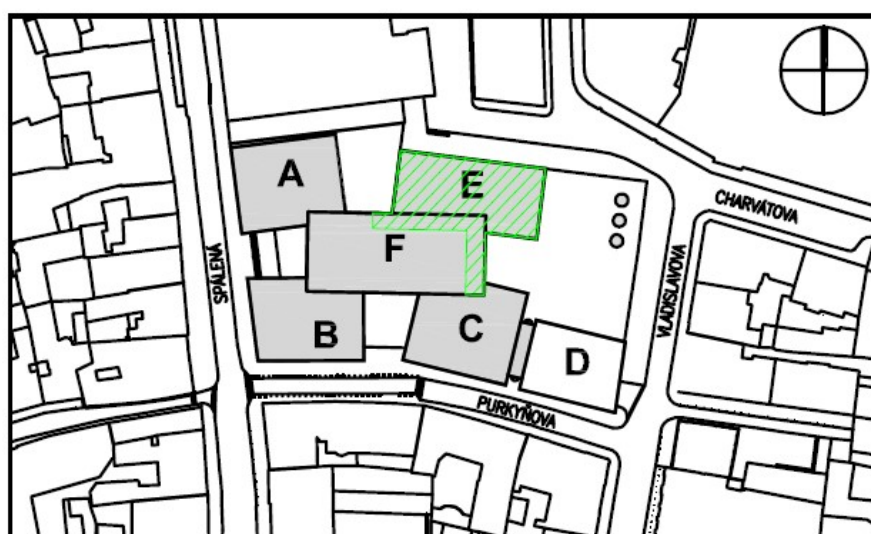


*Obr. 22: Úvodní fotografie obchodního centra [17]*

Místo stavby: Praha 1 – Nové Město, ulice Spálená 2121/22

Projektem je změna charakteru provozu 2.NP v obchodním domě QUADRIO, kde se mění užívání obchodní plochy na gastroprovoz. V kvadrantu E vzniknou 4 nové foodcourty (jidelny). Každý foodcourt tvoří varna, hygienické zázemí a sklad. Odbytová zóna bude společná pro všechny 4 foodcourty. Budou se zde připravovat a vydávat teplá jídla.

SCHÉMA



±0.000 = 196.150 BPV

Obr. 23: Schéma části objektu [17]

Zadáním investora bylo zajistit vzduchotechniku a chlazení pro 4 nové fit-outy v kvadrantu E v 2.NP a minimalizovat šíření škodlivin z gastroprovozu dále do objektu.

Každá jednotka má svůj samostatný přívod VZT, odtah VZT včetně samostatného odvodu WC a zázemí. Přívodní vzduch je distribuován z nově instalované VZT centrální jednotky Janka, centrální odtah pro foodcourt je umístěn na střeše.

Parametry stavu vnitřního vzduchu v klimatizovaných prostorech jsou u obchodních ploch v zimě kolem 21 °C a v létě kolem 26 °C (při venkovní teplotě do 32 °C, jinak stoupá vnitřní teplota lineárně s venkovní).

V kuchyni se teplota vzduchu pohybuje do 28 °C. Relativní vlhkost vzduchu je zde neupravována.

Množství čerstvého vzduchu (přívod):

- restaurace – hosté +50m<sup>3</sup>/h\*os
- restaurace – zaměstnanci +70m<sup>3</sup>/h\*os
- šatní skříňka +20m<sup>3</sup>/h\*os

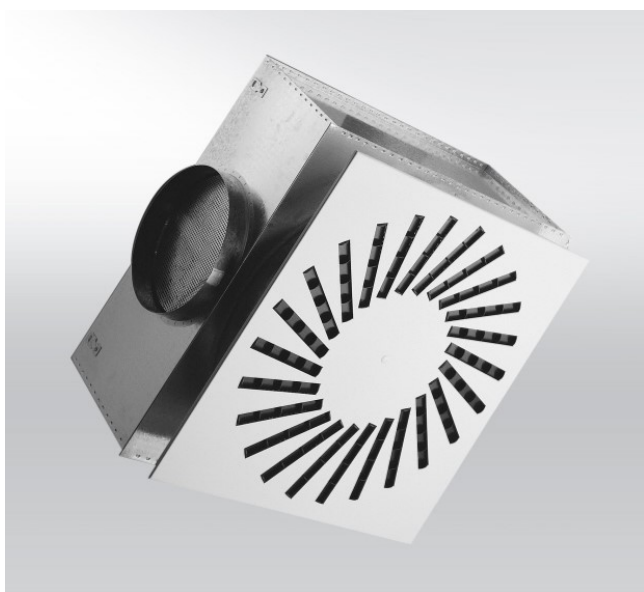
Množství hostů v odbytové části jídelny:

- kvadrant E – 124 osob

Množství zaměstnanců:

- kvadrant E – 40 osob

Všechny prostory jsou nekuřácké. Pro zajištění čerstvého upraveného vzduchu se na střeše v 3.NP mezi částmi A a F vytvořila nová strojovna VZT, kde byla instalována VZT jednotka na 25500m<sup>3</sup>/h. V rámci strojovny jsou do potrubí instalovány tlumiče hluku, směšovací uzly a frekvenční měnič. Čerstvý vzduch do VZT jednotky je nasáván ze strojovny VZT přes dešťové žaluzie. Přívod vzduchu je přímo nad sezením zákazníků přívodními anemostaty nebo štěrbinovými výústěmi. [17]



Obr. 24: Anemostat [19]

Veškerý odpadní vzduch z varen od digestoří bude odváděn ke společné odvodní šachtě, která vede středem objektu F, v místě původní výtahové šachty. Tato šachta je stavebně předělena a z jižní části je vytvořen VZT kanál zakončený na střeše nástřešním ventilátorem. Ventilátor má vertikální výdech skrz střechu do střešního nástavku. Množství odváděného vzduchu je možné v obchodních jednotkách nastavit na regulátoru konstantního průtoku vzduchu, centrální ventilátor je ovládán frekvenčním měničem. Nejvíce vzduchu je odsáváno přes odsávací zákryty v kuchyních. Tím je zajištěna dostatečná výměna vzduchu a také, aby se páry a pachy produkované při přípravě jídel nedostávaly do jídelní části.

## **Akustika VZT**

Vzduchotechnická zařízení musí být vybavena účinnými tlumiči hluku, izolátory chvění, pružnými manžetami apod., aby hlučnost vyhovovala Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. „Hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku A se stanoví pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu součtem základní maximální hladiny akustického tlaku A  $L_{Amax}$  se rovná 40 dB.“ Citace z NV část 3. paragraf 11, odstavec 3.

Jednotlivé ventilátory, kompresory větracích a klimatizačních jednotek jsou konstrukčně řešeny výrobcem tak, že jsou od zařízení odděleny pružnými vložkami, tlumícími panely apod., aby hlučnost zařízení byla co nejmenší. Potrubní trasy na závěsech nebo podpěrách budou pružně uloženy nebo odděleny vložkou z materiálu nepřenášející chvění a vibrace, např. guma. Do potrubních rozvodů budou podle potřeby vřazeny tlumiče hluku popř. hlukově izolované hadice (SONODECK) k zamezení šíření hluku do potrubí a případně do venkovního prostředí. Rychlosti v potrubí budou voleny tak, aby proudění vzduchu nezpůsobovalo nadměrný hluk. Pro zabránění přenosu hluku do stavebních konstrukcí bude potrubí v místě prostupu vždy obaleno např. minerální vatou a začištění případných omítek bude provedeno tak, aby nemohlo dojít k přenosu vibrací.

## Požární bezpečnost

Systém vzduchotechniky musí splňovat požárně bezpečnostní podmínky. Veškeré rozvody VZT jsou provedeny z nehořlavých materiálů. Při průchodu vzduchovodů z jednoho požárního úseku do druhého bude při ploše vzduchovodu větším než 0,04m<sup>2</sup> do potrubí osazena protipožární klapka nebo musí být vzduchovod protipožárně izolován. V případě průchodu dvou stoupacích potrubí jednou instalační šachtou blíže než 0,5m, bude jeden zaizolován protipožární izolací.

### Požární klapky

Typ protipožárních klapek je se servopohonem a s koncovým spínačem - PKTM (výrobce Mandík) aj. Uzavření klapek nastane v reakci na systém EPS nebo místně čidlem na zvýšenou teplotu signalizující požár.

K protipožárním klapkám musí být zajištěn přístup pro pravidelné revize. Přístup ke klapkám osazených v šachtách musí být zajištěn osazením revizních dvířek.

Odvodní VZT potrubí, které vede nad požárním předělem je vybaveno požární klapkou napojenou na EPS, která v případě požáru odpojí PK od napětí a pružinou dojde k rychlému uzavření. Systém EPS monitoruje uzavření PK, dále je napojeno na MaR, který zajistí odpojení centrální VZT.

### Požární izolace

Požární izolace VZT potrubí jsou provedeny deskami z minerální plsti o objemové hmotnosti min. 65kg/m<sup>3</sup> a pro použití do 550stupnu na povrchu s hliníkovou folií. Tloušťka izolace je dle stupně požární bezpečnosti prostoru, kde potrubí prochází (30 min – tloušťka 40mm, 60min – tloušťka 60mm).

### Požární ucpávky

Veškeré požární ucpávky musí být navrženy a provedeny vybranou odbornou certifikovanou firmou s potřebným oprávněním. Při realizaci požárních klapek se vychází z požární zprávy a výkresů, kde jsou vidět

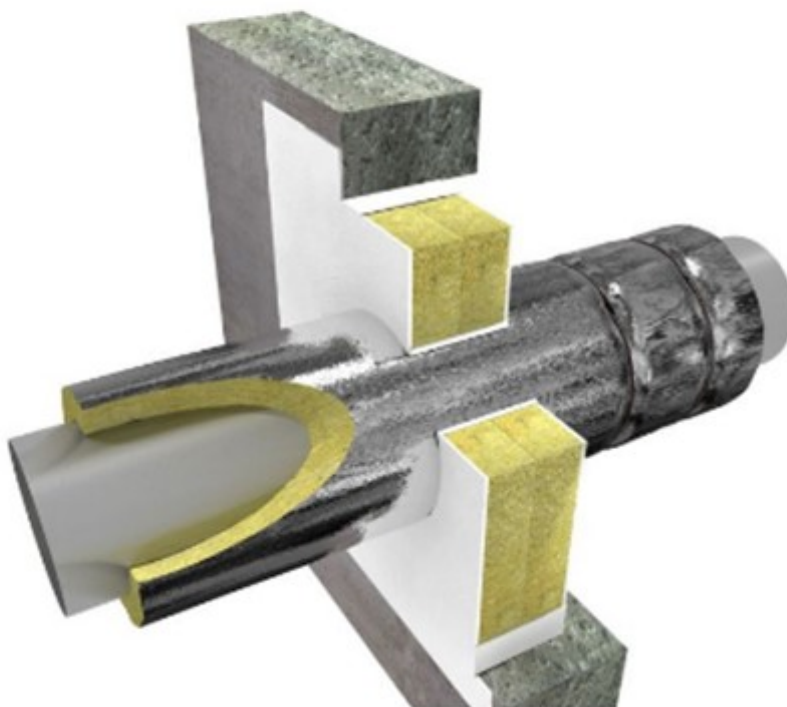


požární úseky (PBR). Každá požární ucpávka musí být označena štítkem a musí být umožněno provést pravidelnou revizi (osazením revizních dvířek).

Odvod tepla a kouře (nově označení OKT) je navržen jako automatické požární odvětrání požárními ventilátory na 400 °C/120 min. Celý objekt je vybaven systémem elektrické požární signalizace (EPS) a stabilním hasicím zařízením.

Tepelná izolace je provedena na přívodním potrubí čerstvého vzduchu a dále na potrubních trasách upraveného přívodního vzduchu až po vstup do klimatizovaného prostoru. Tepelná izolace je tvořena minerální vatou tl. Od 2 do 4 cm o speciální hustotě 45 kg/m<sup>3</sup>.

## Těsnění kovových potrubí



*Obr. 25: Provedení požárních prostupů [20]*

Požární ucpávky jsou např. Intumex a další, kde je vložena minerální vata s utěsněním a fixací v otvoru nebo tmel s potřebnou požární odolností

## **Možnosti řešení a komplikace při realizaci**

Zásobování muselo probíhat jedině v noci nebo v časných ranních hodinách, když ještě nebyla provozní doba obchodního centra.

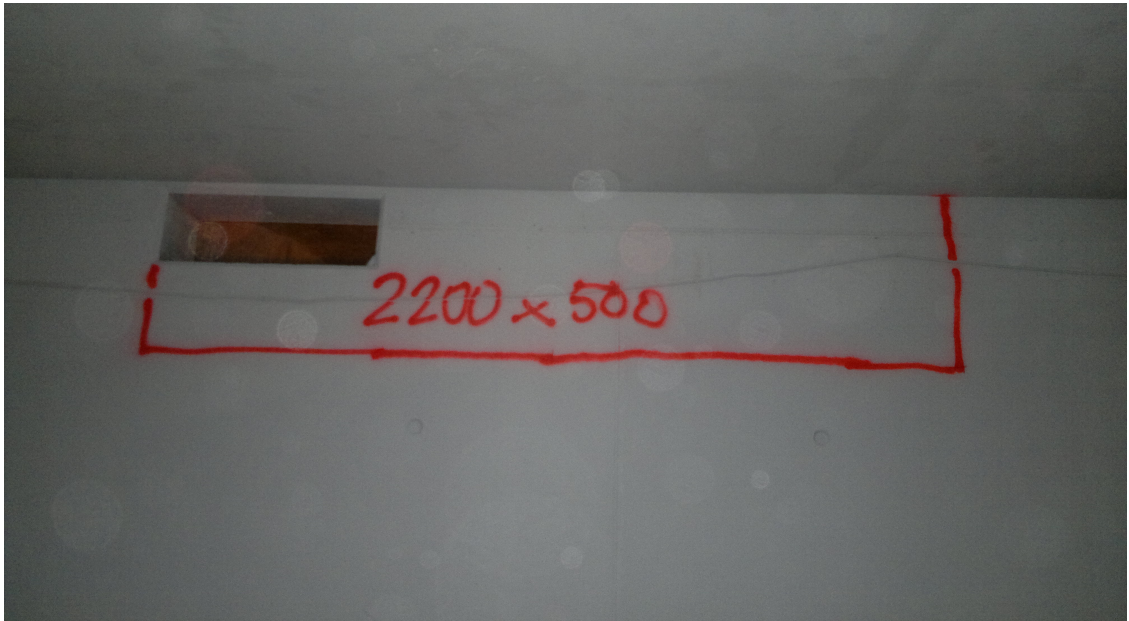
Odtahová jednotka byla vyráběna v Itálii a její výroba se opozdila a tím se zpozdila celá stavba a termín se značně prodloužil. Poté, co byla přivezena, se musela na střechu dopravit vrtulníkem. Jiný způsob nebyl možný, protože v takto zastavěné oblasti nebylo možné postavit jeřáb. Další možností by bylo rozebrání jednotky a dopravení na střechu po částech, ale z důvodu časové náročnosti a vzhledem k akustickému plášti samotného ventilátoru nebyla demontáž možná. Varianta dopravou vrtulníkem byla ideálním řešením.

Na rozdíl od přívodní centrální jednotky, která musela být rozebrána celá a dopravena do atria po částech, kde byla za dozoru zástupce výrobní firmy znovu sestavena a dána do provozu. Jednotka nemohla být dopravena ani jeřábem ani vrtulníkem, takže nezbývala jiná možnost, i když je tato možnost časově nejnáročnější.

Možnosti dopravy VZT jednotek:

- 1) Doprava jeřábem
- 2) Demontáž jednotky na části, se kterými se lépe manipuluje
- 3) Doprava vrtulníkem

Kvůli potrubní síti se musela vytvořit řada prostupů nosnými konstrukcemi, které na to předtím nebyly navrženy.



*Obr. 26: Zvětšení prostupů v konstrukci (vlastní foto)*

Z toho důvodu bylo potřeba zesílit stěny a použilo se k tomu vysoko-  
pevnostních uhlíkových lamel.



*Obr. 27: Řez uhlíkovou lamelou [21]*

Je to sice dražší řešení, ale oproti ocelovým deskám mají daleko menší hmotnost.



*Obr. 28: Prostupy opatřené uhlíkovými lamelami (vlastní foto)*

Při použití uhlíkových lamel musí být provedeno požární opatření, protože uhlík velmi dobře hoří. V tomto případě se přes lamely nalepily Promat desky, které mají vysokou požární odolnost. V některých místech se navíc aplikovala speciální tkanina, která se lepila stejným lepidlem jako lamely.



*Obr. 29: Prostup konstrukce s lamelami a tkaninou (vlastní foto)*

Betonový podklad musí být zdrsňen, aby byla zajištěna dostatečná přilnavost a spolupůsobení betonu a uhlíku. Lamely a tkaniny byly lepeny pomocí epoxidového lepidla Carbo Resin.

U novostaveb je možné prostupy v příčkách řešit různými způsoby. Je možné vyzdít příčku do celé své výšky a poté vytvořit potřebné otvory pro vzduchotechniku. Jednodušší variantou stavebně je vyzdění příček pod úroveň vzduchotechniky, položit rozvody vzduchotechniky. Poté dozdit zbývající část, jen nechat potřebnou mezeru kvůli požárnímu předělu. Další možností (hlavně při SDK konstrukcích) je položit potrubí a až poté se zhotoví příčka.

Možnosti vytvoření otvorů pro VZT potrubí:

- 1) Vyzdění příčky v celé výšce, poté vytvoření otvorů
- 2) Vyzdění příček pod úroveň potrubí
- 3) Provedení potrubí a následné vyhotovení příček

Mezi jednotlivými jednotkami jsou požárně dělící konstrukce. Problematické bylo řešení prostupů, protože zde byla složitá síť vzduchodů, které se různě křížily. Bylo třeba vytvořit kouřotěsné přepážky mezi rourami a 100% utěsnit každý detail. Je možné postavit SDK příčky a vytvořit v nich prostupy a poté provést montáž vzduchodů a nakonec požárně utěsnit. Tato varianta je stavebně jednodušší, ale kvůli komplikované síti vzduchodů byla zvolena jiná varianta, která byla jednodušší pro firmu, která realizovala vzduchotechniku. Nejdříve proběhla montáž vzduchodů a až poté byly vystaveny SDK příčky, které byly nakonec požárně utěsněny. Montážní firma měla požadavek, že před nástupem musely být hotové požární kabely a při jejich montáži se zde nesměly vyskytovat žádné další profese. Většinu času práce probíhala ve složení čtyř 1 vedoucí a 2 pracovníci. Při nejvyšším nasazení maximálně 5 pracovníků.

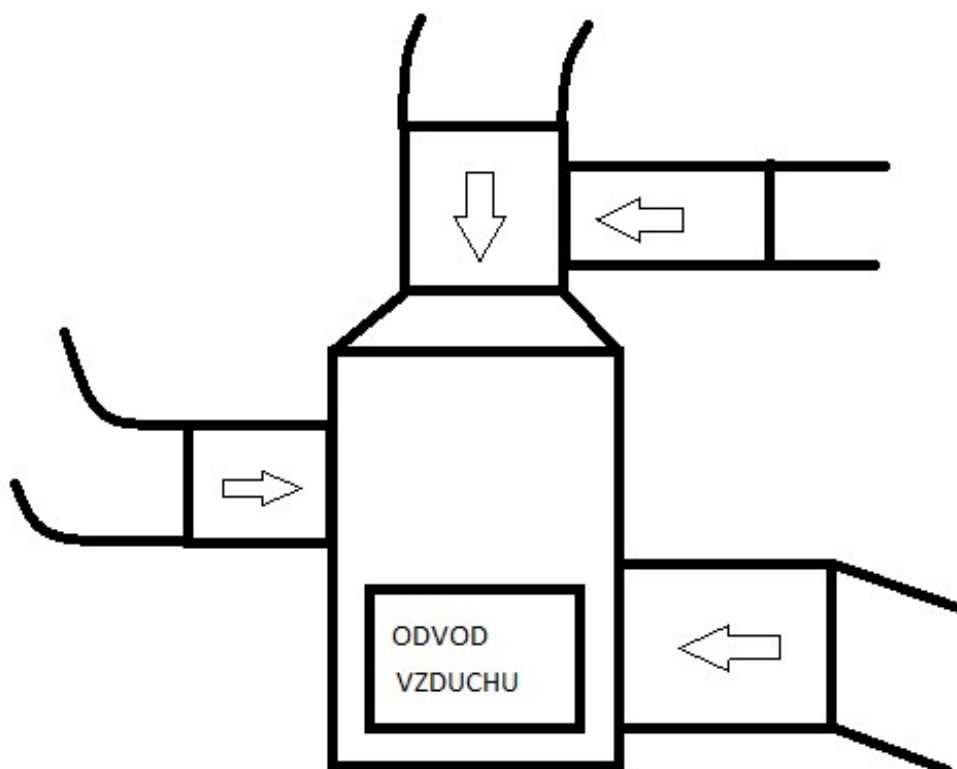
Existují dvě možnosti řešení napojení dvou potrubí k sobě. Jednodušší variantou je, když se objedná typový výrobek s, který už má potřebný otvor pro druhé potrubí. Nevýhodou je, že při realizaci VZT mohou vzniknout

nepřesnosti a díl nebude vyhovovat. VZT potrubí se nerealizuje s vysokou přesností a přesná návaznost se řeší až na stavbě.

Možnosti realizace připojení vzduchovodů:

- Osadí se typový výrobek s potřebným otvorem
- Vyřízne se otvor do potrubí přímo na místě

Při vyústění do šachty na odvod vzduchu se zde sbíhají 4 potrubí a neexistoval žádný typový výrobek, který by se zde dal použít. Nebyla jiná možnost řešení, než že část připojení musela být vytvořena přímo na stavbě kvůli dokonalému připojení.



Obr. 30: Schéma napojení více potrubí k odvodní šachtě (vlastní tvorba)

Další komplikací byla 50 mm plechová deska, která sloužila jako dojezd výtahu v případě poruchy. Výtahová šachta se rozdělila na půl a stávající výtah musel být rozebrán a vyměněn za nový, který půdorysně zabíral jen polovinu šachty. Zbylá polovina byla využita na odvod vzduchotechniky. Dojezdový plech musel být propálen a z poloviny odstraněn.

Rekonstrukce probíhala za provozu a přes 2.NP je vedeno potrubí na odvod tepla a kouře při požáru. Nesměla být ohrožena bezpečnost osob v obchodním centru, proto se při provozu nesmělo rozpojit potrubí OTK. Rozpojení a práce na potrubí mohly probíhat jen v noci mimo provozní dobu centra na etapy. Možností bylo dočasně uzavřít obchodní centrum, ale investor tuto variantu vyloučil kvůli ekonomické nevýhodnosti. Přerušeni provozu by výrazně zjednodušilo stavební práce a celý projekt by se značně zlevnil, protože část prací musela být prováděna přes noc, aby nebyl rušen provoz v obchodním centru a hlavně v kancelářích.

Nevýhody realizace za provozu obchodního centra:

- 1) Hlučné práce musejí probíhat jen v noci kvůli rušení provozu
- 2) Omezení zásobování jen mimo provozní dobu centra
- 3) Nesmí být přerušen odvod tepla a kouře kvůli bezpečnosti osob
- 4) Nutnost zvýšeného úklidu kvůli procházení pracovníků přes veřejné prostory centra
- 5) Dražší stavební práce z důvodu nočních příplatků
- 6) Delší průběh kvůli všem omezením

Rekonstrukce je při provozu z části stavebních prací dražší, ale stále je tato varianta výhodnější než celý objekt uzavřít.



## Závěr

V této práci jsem zhodnotila různé systémy klimatizace a větrání. Dále jsem popsala části vzduchotechnických zařízení, u kterých jsem uvedla požadavky, které musí být dodrženy před a v průběhu montáže nejen z hlediska bezpečnosti ale i z hlediska správného fungování celého systému a dostatečné efektivnosti. Dále se zabývám servisem a údržbou klimatizačních systémů, které bývají někdy problematické. Pro ověření, zda je vše provedeno správně, jsou určeny pravidelné zkoušky a kontroly. Zvláště při uvedení do provozu jsou kontrolní zkoušky velmi důležité, nejvíce u protipožárních opatření. Dále následuje řešení požárních a akustických problémů na konkrétní stavbě. Rozebírám možnosti řešení postupů při realizaci vzduchotechniky a jejich výhody i nevýhody. Výstavba probíhala jen v druhém patře a zbylá část obchodního centra musela být dále funkční. Všechny práce tedy musely být prováděny za provozu. Zhodnotila jsem variantu uzavření provozu v celém objektu jako ekonomicky nevýhodou. Navzdory tomu, že rekonstrukce trvala delší dobu a byly zde příplatky za práci v noci. Tedy ideálním řešením bylo zachování provozu v dalších částech objektu.



## **Zdroje a použitá literatura:**

### **Použitá literatura:**

[1]. CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993. ISBN 9788090157408.

[2]. <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=21> [online]. [cit. 2018-02-25].

[3]. POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 4., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. Stavíme. ISBN 9788073661168.

[4]. Drkal, František a Zmrhal, Vladimír. *Větrání*. Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 9788001051818.

[5]. Drkal, František, Lain, Miloš a Zmrhal, Vladimír. *Klimatizace*. Praha: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01 05652-3.

[6]. <https://www.remak.eu/> [online]. [cit. 2018-04-10].

[7]. <http://www.hoval.cz/produkty/roofvent/> [online]. [cit. 2018-04-12].

[8]. Ing. Vladimíra Linhartová. Tzbinfo. [online]. [cit. 2018-04-29].

<https://vetrani.tzb-info.cz/potrubi-a-jeho-soucasti/16642-tesnost-vzduchotechnickeho-potrubi-a-potreba-tepla>

[9]. Návod na montáž, obsluhu a údržbu ventilátory AXC Systemair

IMO\_AXC\_2014-04\_DE-EN\_308013

[10]. <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=26> [online]. [cit. 2018-02-25].

[11]. <https://vetrani.tzb-info.cz/10319-akustika-a-protihlukova-opatreni-ve-vzduchotechnice> [online]. [cit. 2018-05-01].

[12]. <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/2037-protipozarni-ochrana-potrubnich-prostupu> [online]. [cit. 2018-05-03].

- [13]. <http://www.multivac.cz/produkty/prichytka-l-zavesoveho-systemu-se-gumovymi-silentbloky-> [online]. [cit. 2018-04-10].
- [14]. <http://www.daimond.cz/servis> [online]. [cit. 2018-05-04].
- [15]. <http://www.airtechservis.cz/cisteni-ledem/> [online]. [cit. 2018-05-04].
- [16]. Vyhláška č. 193/2013 Sb. – Vyhláška o kontrole klimatizačních systémů
- [17]. Technická zpráva Rekonstrukce 2.NP Foodcourt
- [18]. prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc. Příprava a realizace objektů a staveb, Praha : České vysoké učení technické, 2008
- [19]. Produktové listy Mandík
- [20]. Produktové listy Intumex

## Seznam obrázků:

Obr. 1: Schéma rovnotlakého větrání (vlastní tvorba).....	14
Obr. 2: Schéma podtlakového větrání (vlastní tvorba) .....	15
Obr. 3: Vzduchová clona [6].....	16
Obr. 4: Model vzduchové clony po částech [6].....	17
Obr. 5: Odsávání - Firma X-tuning (vlastní foto) .....	18
Obr. 6: Odsávání - Firma X-tuning (vlastní foto) .....	18
Obr. 7: Decentralizovaná klimatizační jednotka [7] .....	20
Obr. 8: Detail starého okna - FSv budova B (vlastní foto).....	21
Obr. 9: Detail nového okna - FSv budova A (vlastní foto) .....	22
Obr. 10: Schéma aerace [5].....	23
Obr. 11: Graf průběhu požadovaného obvodu pro kruhové a čtyřhranné potrubí [8].....	24
Obr. 12: Schéma zajištění dostatečné vzdálenosti ventilátoru od konstrukcí [9].....	25
Obr. 13: Druhy filtrů – rámečkový, kapsový a kazetový [5] .....	28
Obr. 14: Filtr s aktivním uhlím [5] .....	28
Obr. 15: Tlumič hluku [11].....	30
Obr. 16: Funkčnost protipožárních prostupů [12].....	35
Obr. 17: Skladování VZT potrubí (vlastní foto).....	36
Obr. 18: Zavěšení potrubí [13] .....	36
Obr. 19: Postupový diagram montáže VZT (vlastní tvorba) .....	37
Obr. 20: Znečištěné potrubí [15] .....	40
Obr. 21: Logo obchodního centra [17] .....	44
Obr. 22: Úvodní fotografie obchodního centra [17] .....	44
Obr. 23: Schéma části objektu [17] .....	45
Obr. 24: Anemostat [19].....	46
Obr. 25: Provedení požárních prostupů [20] .....	49
Obr. 26: Zvětšení prostupů v konstrukci (vlastní foto).....	51
Obr. 27: Řez uhlíkovou lamelou [21].....	51
Obr. 28: Prostupy opatřené uhlíkovými lamelami (vlastní foto).....	52
Obr. 29: Prostup konstrukce s lamelami a tkaninou (vlastní foto) .....	52

*Obr. 30: Schéma napojení více potrubí k odvodní šachtě (vlastní tvorba).. 54*

## **Seznam tabulek:**

Tab. 1: Produkce tepla a vodní páry od lidí [1].....	9
Tab. 2: Doporučené násobnosti výměny vzduchu [2] .....	10
Tab. 3: Požadavky na větrání bytových prostor [3] .....	11
Tab. 4: Hodnotící tabulka PMV [4] .....	12
Tab. 5: Četnost provádění kontrol klimatizačních systémů [16] .....	43