

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Vzduchotechnika v kulturním domě

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lukáš Fiedler

Vedoucí bakalářské práce : Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

2015-2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Fiedler Jméno: Lukáš Osobní číslo: _____
Zadávající katedra: katedra technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vzduchotechnika v kulturním domě
Název bakalářské práce anglicky: Ventilation in a cultural center

Pokyny pro vypracování:

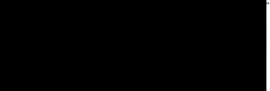
Zpracujte prováděcí projekt systému větrání objektu kulturního domu Úsobí. Vypočítejte množství větracího vzduchu podle požadavků prostředí. Navrhněte koncepci systému větrání. Navrhněte distribuční prvky pro přívod a odvod vzduchu, vypočítejte rozměry a určete trasu potrubí. Vypočítejte tlakové ztráty hlavní větve potrubí. Navrhněte vzduchotechnickou jednotku a její umístění, vč. určení požadavků pro připojení na ostatní systémy TZB. Vypracujte výkresovou dokumentaci, technickou zprávu a přibližný výkaz prvků. Pro rozšiřující část zpracujte variantní řešení distribuce vzduchu srovnávající zaplavovací a směšovací větrání.

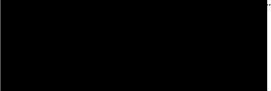
Seznam doporučené literatury:

Gebauer, G., et. al. Vzduchotechnika, Era, 2005

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016


Podpis vedoucího práce

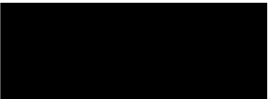

Podpis vedoucího katedry

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 nutně 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“.

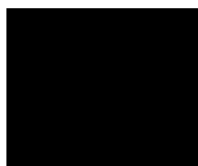
23.2.2016

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 16. května 2016



Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Danielovi Adamovskému, Ph.D. za zodpovědné vedení této práce, odborné rady a praktické připomínky k obsahu práce.

Dále bych chtěl poděkovat projekční kanceláři Qpro za bezplatné poskytnutí jimi vyvinutého softwaru, který jsem nejednou použil při zpracování projektové části této práce.

Obsah

Anotace / Annotation.....	1
A. Teoretická část - směšování X zaplavování	2
A.1 Úvod	3
A.2 Směšování vzduchu	3
A.2.1 Charakteristika.....	3
A.2.2 Distribuční prvky.....	4
A.3 Zaplavování vzduchem.....	7
A.3.1 Charakteristika.....	7
A.3.2 Distribuční prvky.....	9
A.4 Obecné porovnání.....	9
B. Projektová část - Kulturní dům v Úsobí.....	10
B.1 Obecné informace.....	11
B.1.1 Informace o objektu.....	11
B.1.2 Obecné požadavky na větrání objektu.....	11
B.1.3 Podklady pro návrh větracího zařízení	12
B.1.3.1 Okrajové podmínky prostředí.....	12
B.1.3.2 Tepelně-fyzikální informace o konstrukcích:.....	12
B.2 Výpočet tepelné zátěže.....	13
B.3 Množství větracího vzduchu.....	15
B.3.1 Směšování	16
B.3.1.1 Výpočet množství větracího vzduchu.....	16
B.3.1.2 Shrnutí	18
B.3.2 Zaplavování	19
B.3.2.1 Výpočet množství větracího vzduchu.....	19
B.3.2.2 Shrnutí	21
B.3.2.3 Návrh pasivních trámců.....	23
B.4 Distribuční prvky a proudění vzduchu v interiéru.....	24
B.4.1 Směšování	24
B.4.1.1 Návrh distribučních prvků.....	25
B.4.1.2 Obraz proudění vzduchu v interiéru	28
B.4.2 Zaplavování	29
B.4.2.1 Návrh distribučních prvků.....	29
B.4.2.2 Obraz proudění vzduchu v interiéru	35
B.5 Potrubní síť.....	35
B.5.1 Směšování	35

B.5.1.1	Dimenze potrubí a tlakové ztráty	36
B.5.1.2	Izolace potrubí.....	37
B.5.2	Zaplavování.....	39
B.5.2.1	Dimenze potrubí a tlakové ztráty	40
B.5.2.2	Izolace potrubí.....	41
B.6	Vzduchotechnická jednotka.....	41
B.6.1	Směšování	42
B.6.1.1	Úprava vzduchu - H-X diagram	42
B.6.1.2	Parametry vzduchotechnické jednotky.....	44
B.6.2	Zaplavování.....	48
B.6.2.1	Úprava vzduchu - H-X diagram	48
B.6.2.2	Parametry vzduchotechnické jednotky.....	50
B.7	Závěr.....	52
	Použité zdroje.....	54
	Seznam použitých obrázků, tabulek, grafů	56
	Seznam příloh a výkresů	58

Anotace

Obsahem bakalářské práce je zpracování projektu vzduchotechniky v kulturním domě v Úsobí č.p. 110. Projekt názorně porovnává dvě vybrané možnosti distribuce vzduchu do interiéru - směšování a zaplavování. Veškeré výpočty, výkresová dokumentace a výkazy jsou tedy vypracovány dvakrát. Výsledkem práce je porovnání obou systémů nejen teoreticky, ale také názorně. Práce je rozdělena do dvou částí.

V první části se zabývám pojmy směšování a zaplavování. Je zde popsán princip fungování obou druhů distribuce vzduchu, výhody i nevýhody, které z podstaty obou systémů vycházejí a oblast použití obou systémů.

V druhé části jsem aplikoval tyto principy na vybranou budovu. Je zde uveden návrh koncepce větrání objektu, výpočet množství větracího vzduchu, návrh distribučních prvků a trasy potrubí, výpočet tlakových a tepelných ztrát potrubí a návrh vzduchotechnické jednotky a její připojení na ostatní systémy TZB.

Annotation

The content of the thesis is processing project of air conditioning in the cultural center in Úsobí No. 110. The project explicitly compare the two ways of air distribution into interior - mixing and displacement. All calculations, drawings and lists of elements are drawn twice. The result of the work is to compare the two systems, not only theoretically, but also practically. Work is divided into two parts.

In the first part I deal with the concepts of mixing and displacement. Then I describe the principle of operation of the two types of air distribution, the advantages and disadvantages that the essence of both systems are based and scope of both systems.

In the second part I applied these principles to the selected building. There it is presented a concept of ventilating the building, calculation of the amount of ventilation air, proposal of distribution elements and the pipeline route, calculation of pressure drop and heat loss and proposal of air-conditioning unit and its connections to other HVAC systems.

A. Teoretická část - směšování X zaplavování

A.1 Úvod

Hlavním tématem této práce je porovnání dvou druhů distribuce vzduchu do místnosti. Obecně rozlišujeme 3 druhy rozptýlení vzduchu do místnosti. Jsou jimi mísení, zaplavování a vytěšňování. Každá z těchto možností má svá specifika v podobě parametrů přiváděného vzduchu a chování vzduchu v místnosti. V této práci se budu zabývat směřováním a zaplavováním.

Zajištění správného proudění vzduchu v místnosti je velice důležité, protože to má přímý vliv na osoby, nacházející se v daném prostoru. Na každou místnosti jsou kladeny určité požadavky, ať už jde o teplotu v místnosti, množství čerstvého vzduchu, koncentraci škodlivin či rychlosti proudění vzduchu. Proudění vzduchu reprezentují proudnice, které ve výsledku tvoří obraz proudění vzduchu v místnosti. Na směr proudnic mají vliv především vektory rychlosti vzduchu a rozložení teploty vzduchu v místnosti. Z tohoto vyplývá, že výsledný obraz proudění vzduchu v místnosti závisí na parametrech přiváděného a odváděného vzduchu, na distribučních prvcích pro přívod a odvod vzduchu a na zdrojích tepla, případně chladu v místnosti.

A.2 Směřování vzduchu

A.2.1 Charakteristika

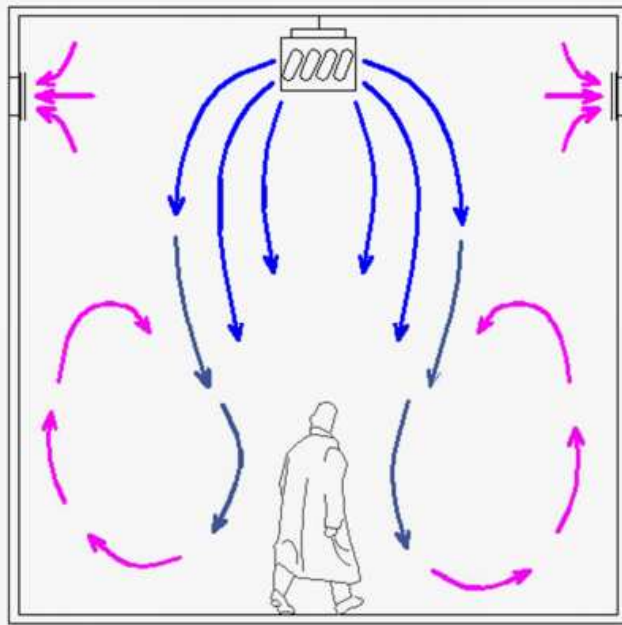
Při směšování vzduchu přivádíme do místnosti vzduch vyšší rychlostí, než je tomu tak například u zaplavování. Dobré promísení místnosti v tomto případě závisí na dostatečné setrvačnosti přiváděného vzduchu. V důsledku vyšší rychlosti přiváděného vzduchu primární proud indukují proudy sekundární a vznikají víry, díky kterým se proudění zpomalí tak, aby v pobytové zóně vzduch nepřekročil limitní rychlost a nebyl snížen komfort osob v této zóně. Při vysoké intenzitě mísení také dochází rychlejší vyrovnání teplot. Toho se dá využít při chlazení místnosti či při teplovzdušném vytápění. Do místnosti můžeme přivádět vzduch s větším teplotním rozdílem a tepelnou zátěž či tepelné ztráty poté kryt s menším objemem přiváděného vzduchu. Tento fakt se dá znázornit na následujícím vzorci.

$$Q = m * c * \Delta t = V * \rho * c * \Delta t$$

Za určitých podmínek se dá při směšování přivádět vzduch s teplotou až o 12 °C nižší, než je teplota interiéru v případě chlazení a s teplotou například o 20 °C vyšší v případě teplovzdušného vytápění. Toto závisí na dalších podmínkách, jako je výška stropu, typ provozu apod. Nespornou výhodou tohoto systému je tedy relativně malé množství vzduchu potřebného pro pokrytí tepelné zátěže či ztráty objektu.

Obraz proudění je při směšování vzduchu závislý především na objemovém průtoku přiváděného vzduchu (resp. jeho rychlosti na vyústí), na druhu distribučního prvku a na uspořádání interiéru. Naopak, příliš ho neovlivňují zdroje tepla či chladu v místnosti. Distribuční prvky pro odvod vzduchu výsledný obraz proudění také příliš neovlivňují, neboť

dosah proudu při odsávání vzduchu je v porovnání s dosahem proudu přiváděného vzduchu zanedbatelný.



Obr. 1 - Směšování [6]

Za nevýhodu tohoto systému lze považovat závislost na uspořádání interiéru. Účelem větrání je totiž to, aby byly dostatečně provětrané pobytové zóny. Nejeefektivněji lze tyto zóny provětrávat primárními proudy, které však nesmí mít příliš velkou rychlost (jako optimální rychlost lze považovat hodnoty 0,1 - 0,25 m/s). Když je však v místnosti nábytek rozmístěn tak, že brání těmto proudům ve volném pohybu, je provětrání pobytových prostor značně omezeno. Toto platí zejména pro tzv. "open-space" kanceláře, kde jsou jednotlivá pracoviště oddělena přestavitelnými příčkami na výšku části podlaží. V takovém případě je vhodné pro každou takovou samostatnou buňku zajistit přívod i odvod vzduchu.

Směšování vzduchu je nejrozšířenějším způsobem distribuce vzduchu a dá se použít pro většinu běžných provozů jako jsou kanceláře, prodejny, obytné budovy, nižší výrobní objekty, nižší shromažďovací prostory, a další. U posledních dvou zmiňovaných provozů jsem záměrně napsal "nižší", jelikož tento systém do jisté míry není vhodný pro vyšší prostory. Směšování nutně závisí na dosahu proudu přiváděného vzduchu a u velmi vysokých prostor nemusí dosah proudu dostačovat. Toto závisí především na použitém typu vyústí (viz. kapitola A.2.2 Distribuční prvky).

A.2.2 Distribuční prvky

Pro směšování se používá mnoho různých typů distribučních prvků. Mohou to být prvky stropní - mezi ně patří například anemostaty lamelové či vířivé a stropní vzduchové ventily, nebo mohou být stěnové - větrací stěnové mřížky, štěrby, dýzy a další. Umístění v oblasti podlahy je u tohoto typu možné, směšování je ale poté omezeno limitní rychlostí přiváděného vzduchu.

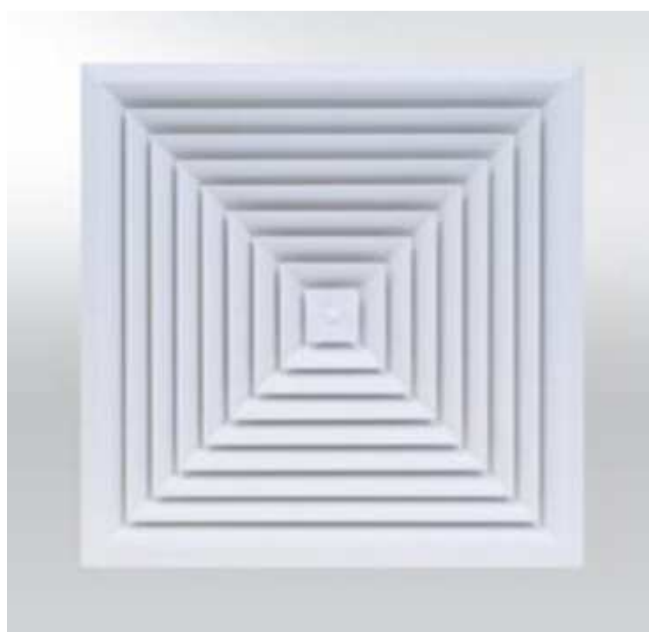
Větrací mřížky



Obr. 2 - Větrací mřížka [7]

Klasické řešení nabízí větrací mřížky, které mohou být osazeny do stěny či do podhledu, s pevnými či nastavitelnými lamelami.

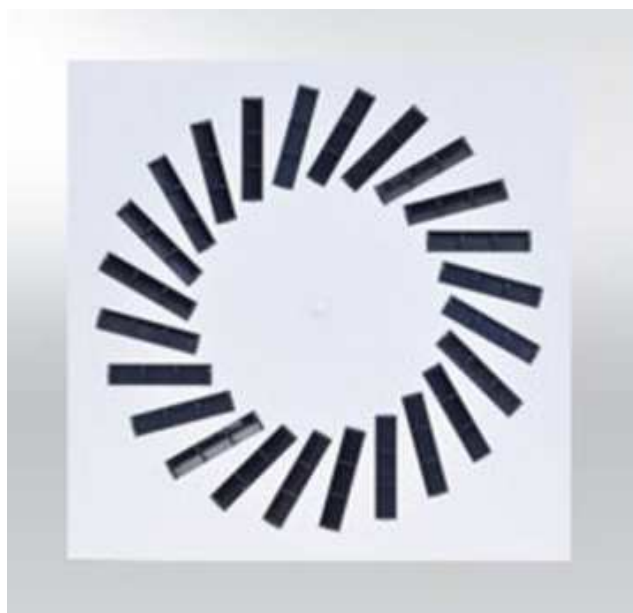
Lamelové anemostaty



Obr. 3 - Anemostat lamelový [8]

Lamelové anemostaty jsou standardním distribučním prvkem pro místnosti větrané směšováním. Čelo anemostatu je tvořeno pevnými lamelami, uspořádanými do určitého tvaru. Jsou vhodné do prostor o výšce 2,6 až 4 m. Doporučený rozdíl teploty mezi přiváděným vzduchem a vzduchem v interiéru se pohybuje do 8 °C.

Vířivé anemostaty



Obr. 4 - Anemostat vířivý [9]

Vířivé anemostaty jsou obdobou lamelových anemostatů. Mají však většinou nastavitelné lopatky a přiváděný vzduch je do prostoru přiváděn vířením. Vířivé mísení vzduchu spojené s vysokou indukcí primárního proudu umožňuje těmto anemostatům pracovat s větším teplotním rozdílem mezi přiváděným vzduchem a vzduchem v interiéru. Do interiéru je možno za určitých podmínek přivádět vzduch až o 12 °C chladnější, než je vzduch v interiéru. Teplotní rozdíl na okraji pobytové zóny běžně dosahuje desetin až dvacetiny hodnoty teplotního rozdílu na úrovni vyústí. Vířivé anemostaty jsou vhodné do klimatizovaných, relativně nízkých místností, kde je vyžadován velký chladící výkon.

Štěrbiny



Obr. 5 - Štěrbina [10]

Štěrbiny se vyznačují vysokou indukcí primárního vzduchu, což má za následek rychlé vyrovnání rychlosti i teplot vzduchu v místnosti. Zvláště výhodné je štěrbinu umístit ve vodorovné poloze do stěny v blízkosti stropu, neboť při takovém uspořádání vznikne tzv. Coanda effect, při kterém proud vzduchu přilne ke stropu a dosah proudu se zvětší, aniž by byl narušen pobytový prostor. Takto lze mísit vzduch například ve velmi protáhlých místnostech.

Dýzy



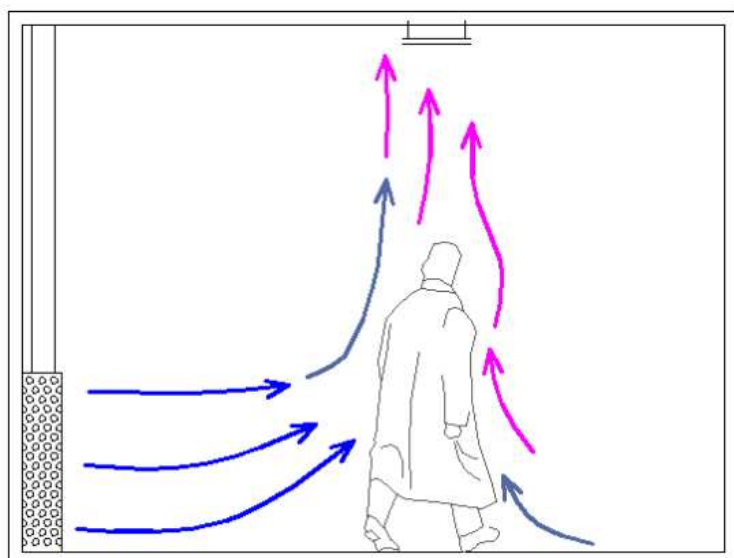
Obr. 6 - Dýza [11]

Dýzy (resp. trysky) jsou schopné díky své konstrukci zajistit velký dosah přiváděného proudu. Jsou tak distribučním prvkem, který je umožňuje směřování vzduchu i v rozsáhlých či vysokých prostorách. Při chlazení či ohřevu místnosti pomocí trysek je však vzhledem k protáhlému profilu přiváděného proudu nutno počítat s vlivem vztakových sil - vztakové síly se vyrovnávají silám setrvačným (neizotermní proud).

A.3 Zaplavování vzduchem

A.3.1 Charakteristika

Při zaplavování využíváme ve větší míře vztakových sil, které vznikají v oblastech zdrojů tepla. Správné fungování větrání je v tomto případě podmíněno přiváděním vzduchu o nižší teplotě, než je teplota v interiéru, a to i v zimě. Znamená to, že zaplavování je schopno efektivně pokrýt pouze tepelnou zátěž objektu, nikoliv však celkovou tepelnou ztrátu objektu. Větrání místnosti zaplavováním zpravidla probíhá za pomoci velkoplošné vyústě v oblasti podlahy. Vzduch přiváděný těmito prvky má už na úrovni vyústí nízkou rychlost, takže se dá tato vyúst' umístit přímo do pobytového prostoru, aniž by byl snížen komfort osob v tomto prostoru.



Obr. 7 - Zaplavování [12]

Samotné proudění vzduchu v místnosti je zajištěno zdroji tepla v místnosti. Chladný vzduch z velkoplošné vyústě má větší hustotu, než okolní (teplejší) vzduch v interiéru a proto se drží u podlahy. Jakmile se tento proud chladného vzduchu přiblíží ke zdroji tepla (osoba, PC, teplý pokrm,...), začne vlivem vztlakových sil stoupat ke stropu, kde je odvodní prvek. Výsledný obraz proudění poté připomíná píšť, podobně jako v případě vytěšňování.

Tento druh distribuce vzduchu je vhodný především v rozlehlých a vysokých prostorách (haly, kanceláře, sály), kde nezáleží na dosahu proudu jako v případě směšování, neboť vzduch je uváděn do pohybu samotnými zdroji tepla v místnosti - distribuční prvky zajišťují pouze dostatečné množství přiváděného vzduchu. Zaplavování s sebou také přináší jev vertikálního rozvrstvení vzduchu o různých teplotách, při kterém jsou škodliviny odváděny z pobytové zóny do podstropního prostoru a odtud pak dále odvodními prvky pryč z místnosti. Z tohoto důvodu se nabízí použití zaplavování v laboratořích, výrobních provozech, apod..

Za nevýhodu zaplavování lze považovat fakt, že není schopno pokrýt tak velkou tepelnou zátěž jako distribuce směšování. Je to způsobeno omezenou hodnotou rozdílu teplot mezi vnitřním vzduchem a přiváděným vzduchem. U zaplavování se obecně doporučuje používat maximální rozdíl teplot $\Delta t = 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Malý rozdíl teplot znamená při stejném chladícím výkonu vyšší množství přiváděného vzduchu.

A.3.2 Distribuční prvky

Velkoplošné vyústě



Obr. 8 - Velkoplošná vyúst' [13]

Pro zaplavování se jako distribuční prvky používají velkoplošné vyústě, neboť jsou pro tento účel zkonstruované. Velká efektivní plocha pro přívod vzduchu umožňuje proudy přiváděného vzduchu proniknout do interiéru malou rychlostí tak, aby nesnižovaly komfort v obytné zóně. Škodliviny jsou pak vztakovými silami odvedeny do podstropního prostoru, odkud jsou odvedeny mimo objekt odvodními prvky.

A.4 Obecné porovnání

Ačkoliv zaplavování by bez určité tepelné zátěže správně nefungovalo, není schopné odvést příliš velkou zátěž. Rozptýlený chladný vzduch sám konvekcí odvede teplo od tepelného zdroje kdekoli v místnosti. Směšováním je možné odvést mnohem větší tepelnou zátěž, vzduch je však rozvířen a promísen v celé místnosti a je tedy omezen překážkami a objemem místnosti.

Zaplavování je také díky svému pístovému efektu schopno efektivně omezit koncentraci škodlivin v obytné zóně. Směšováním případný usazený prach naopak víří v celém prostoru.

Zatímco směšováním se dá použít téměř ve všech obvyklých provozech, zaplavování je více specifické a vyžaduje větší míru zamyšlení nad daným problémem.

B. Projektová část - Kulturní dům v Úsobí

B.1 Obecné informace

B.1.1 Informace o objektu

Objekt se nachází v obci Úsobí v kraji Vysočina. Jako kulturní centrum obce slouží k pořádání kulturních akcí, jako jsou plesy, zábavy, konference, přednášky, ale také slouží jako volební místnost nebo se zde pořádají schůze zastupitelstva.

Budova má dvě nadzemní podlaží, přičemž druhé nadzemní podlaží není obytné a slouží jako půda. Objekt je částečně podsklepen. Dříve, když ještě budova sloužila jako hostinec, se zde uskladňovaly potraviny a nápoje. Střecha je pultová se sklonem 20 %. Objekt není zateplen a jeho obvodový plášť tvoří keramické bloky CDM. Strop je zhotoven z železobetonových prefabrikovaných předpjatých panelů.



Obr. 9 - Kulturní dům v Úsobí

B.1.2 Obecné požadavky na větrání objektu

Budou splněny hygienické požadavky na teplotní a vlhkostní mikroklima. Tyto požadavky budou zajištěny dostatečným průtokem větracího vzduchu pro přívod venkovního čerstvého vzduchu a pro odvod škodlivin. Množství čerstvého vzduchu bude zajištěno dostatečnou intenzitou větrání - pro hlavní prostory objektu bude tato hodnota stanovena podle počtu osob a jejich potřebě čerstvého vzduchu, pro toalety bude hodnota stanovena podle počtu zařizovacích předmětů dle nařízení vlády 523/2002 Sb. Potřebný průtok přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin bude stanoven na základě vlhkostní bilance,

teplotní bilance v letním období (krytí tepelné zátěže) a dále bude posuzováno množství přiváděného vzduchu pro odvod koncentrace CO₂. Budova bude větrána nuceně. V letním období bude větrání kompenzovat veškeré tepelné zisky z vnitřního i venkovního prostředí, v zimním období bude větrání kompenzovat pouze tepelnou ztrátu větráním - tepelnou ztrátu prostupem bude kompenzovat stávající otopná soustava.

B.1.3 Podklady pro návrh větracího zařízení

B.1.3.1 Okrajové podmínky prostředí

Letní návrhový stav:

návrhová teplota exteriéru:	$t_e = 32 \text{ °C}$
návrhová relativní vlhkost exteriéru:	$\varphi_e = 50 \%$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26 \text{ °C}$
požadovaná relativní vlhkost interiéru:	$\varphi_i = 40 - 60 \%$

Zimní návrhový stav:

návrhová teplota exteriéru:	$t_e = -15 \text{ °C}$
návrhová relativní vlhkost exteriéru:	$\varphi_e = 80 \%$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 20 \text{ °C}$
požadovaná relativní vlhkost interiéru:	$\varphi_i = 40 - 60 \%$

návrhový počet osob:	$n = 100 \text{ osob}$
produkce vlhkosti jedním člověkem:	$G = 40 \text{ g/(h*os)}$

B.1.3.2 Tepelně-fyzikální informace o konstrukcích:

Stěna obvodová - 375 mm: $R = 0,594 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

$$U = 1,309 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Stěna obvodová čelní - 525 mm: $R = 0,811 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

$$U = 1,019 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Strop: $R = 4,286 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

$$U = 0,223 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Stěna vnitřní 500 mm: $R = 0,775 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

$$U = 0,966 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Stěna vnitřní 250 mm:

$$R = 0,413 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = 1,486 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Příčka 115 mm:

$$R = 0,215 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = 2,106 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

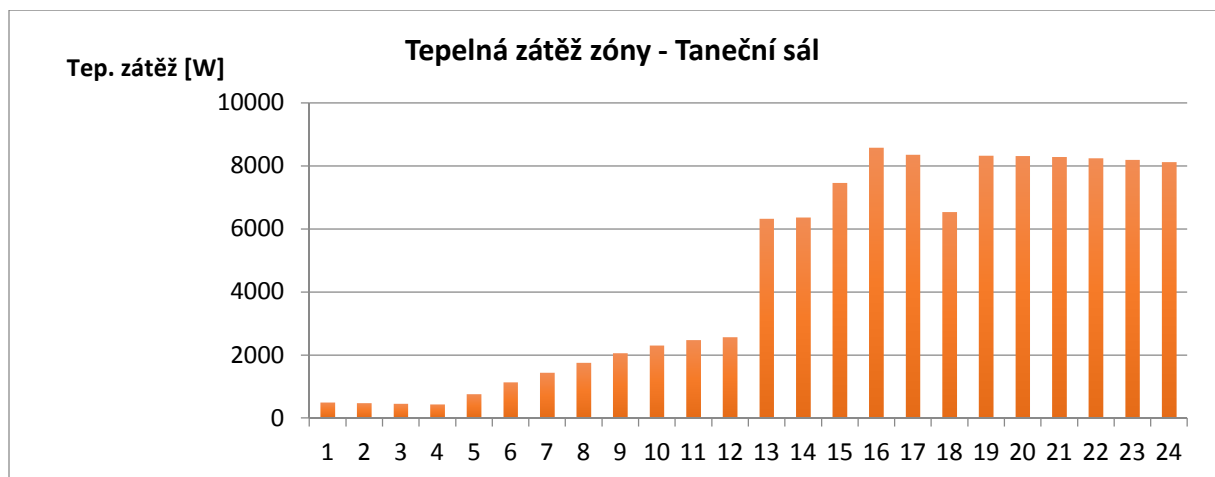
B.2 Výpočet tepelné zátěže

Pro výpočet tepelných zisků byla použita výpočetní nástavba do programu MS Excel 2010. Výpočetní nástavba byla vyvinuta projekční kanceláří Qpro. Výpočet tepelných zisků byl proveden pro normový den - 21. července. Začátek provozu budovy je uvažován ve 13 h normového dne a konec provozu ve 24 h normového dne. V následující tabulce je uveden seznam zón v objektu, příslušná maximální tepelná zátěž a informace o tom, zda je tepelná zátěž místnosti v dalších výpočtech uvažována či nikoliv. Místnosti jsou dále rozděleny do zón.

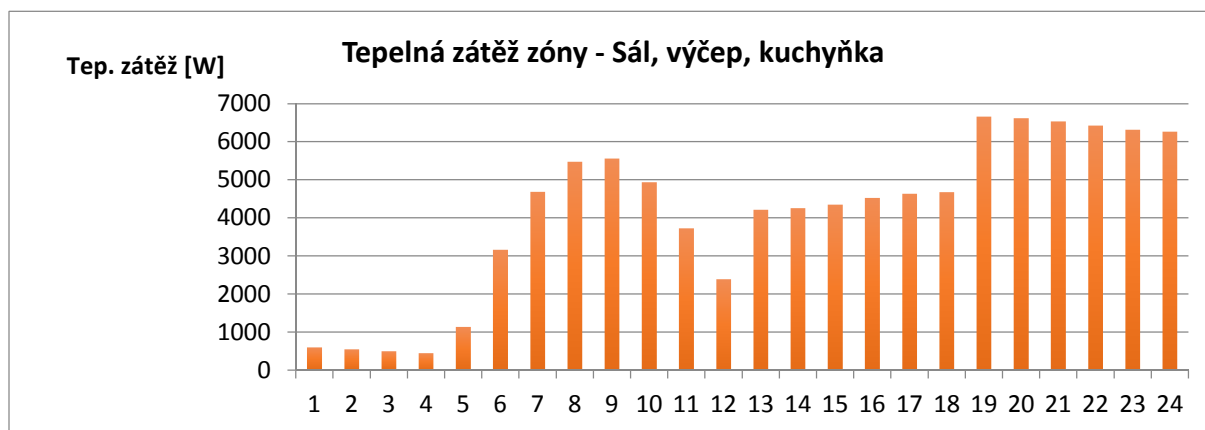
Zóna	Maximální tep. zátěž (kW)	Uvažována
Taneční sál	8,581	ANO
Sál, výčep, kuchyňka	6,665	ANO
Zadní chodba, sklad, šatna	1,417	NE
Přední chodba	0,340	NE
Toalety	0,607	NE

Tab. 1 - Maximální tepelné zátěže zón

Následující grafy zobrazují průběh tepelné zátěže v zóně "Taneční sál" a v zóně "Sál, výčep, kuchyňka" dne 21. července v závislosti na čase (v hodinách).



Graf 1 - Tepelná zátěž zóny "Taneční sál"

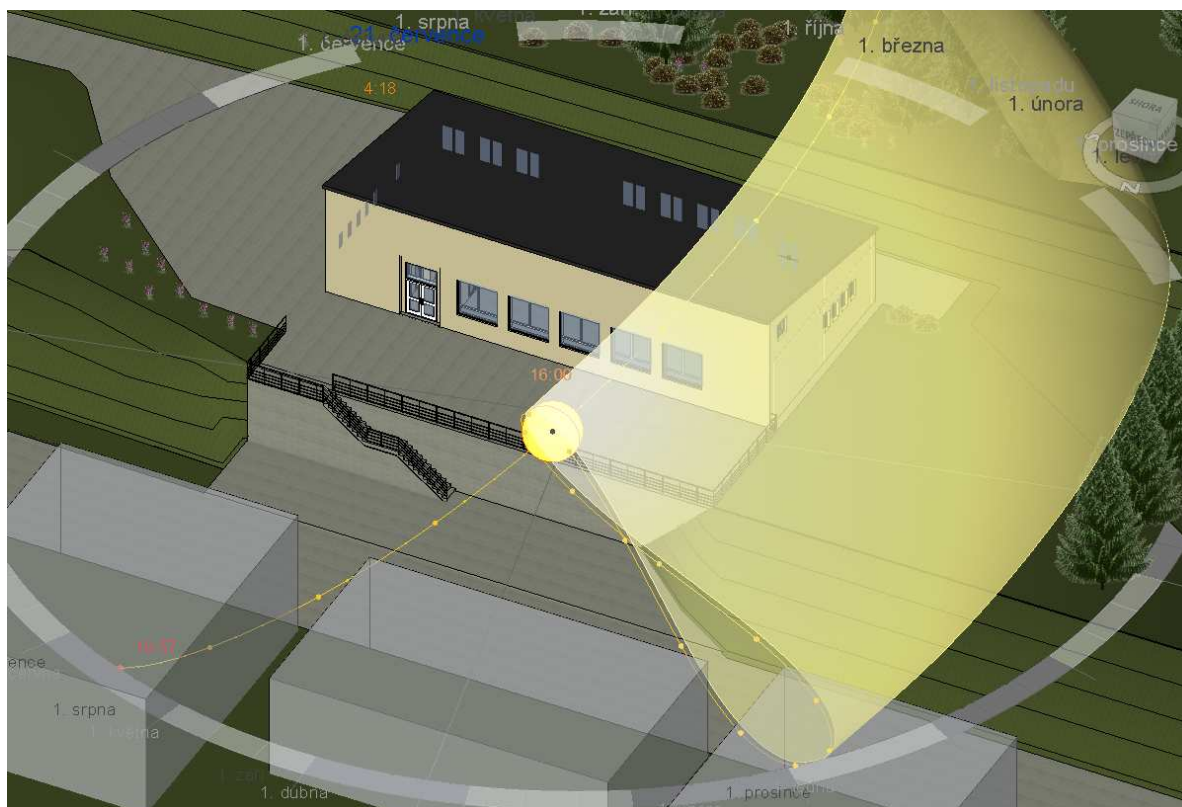


Graf 2 - Tepelná zátěž zóny "Sál, výčep, kuchyňka"

Pozn.: Podrobné výpočty tepelných zisků každé zóny - viz. Příloha 1 - výpočty

Ve výpočtu tepelných zisků bylo uvažováno s produkcí tepla vnějšími a vnitřními zdroji. Mezi vnější zdroje tepla patří sluneční radiace a teplota vzduchu vnějšího prostředí. Jako vnitřní zdroje tepla jsem uvažoval produkci tepla osobami, osvětlením, případně další zdroje tepla, jako jsou elektrická zařízení, apod.. Dále byla uvažována akumulace stavebních materiálů v souladu s ČSN 73 0548. Z podrobných výpočtů tepelných zisků (viz. Příloha 1 - výpočty) je patrné, že v době, když na stavební konstrukce působí sluneční radiace, jsou tyto konstrukce schopny teplo akumulovat a tepelná zátěž objektu se v tuto dobu sníží. Naopak, když slunce zajde za obzor, naakumulované teplo ze stavebních konstrukcí začne sálat do okolí a tepelná zátěž se v tuto dobu zvýší.

Půdní prostor (2. nadzemní podlaží) je nevytápěný - ve výpočtech ho považuji za vnější klidné prostředí, neboť izolace je položena na stropě mezi 1.np a 2.np a odděluje tento prostor od obytného prostoru v 1.np. Ve výpočtech tepelných zisků uvažuji návrhovou teplotu tohoto prostoru $t_{p\u00fada} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, neboť objekt má plechovou střechu s tmavým nátěrem a v letním období, kdy na tuto střechu dopadají sluneční paprsky, je tento prostor nadměrně zahříván. Tato hodnota výpočtové teploty byla odhadnuta.



Obr. 10 - Studie oslunění

B.3 Množství větracího vzduchu

Tato kapitola popisuje výpočet množství větracího vzduchu. V budově se nacházejí 3 větrané zóny. Pro zóny "Taneční sál" a "Sál, výčep, kuchyňka" je proveden výpočet potřebného množství čerstvého vzduchu a množství vzduchu pro odvod škodlivin. Množství čerstvého vzduchu bude vypočteno podle počtu osob a jejich potřebě čerstvého vzduchu. Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin bude stanoveno z tepelné zátěže, produkce vlhkosti lidmi a koncentrace CO₂ příslušné zóny. Zóna "Toalety" bude podtlakově odvětrávána. Množství větracího vzduchu zde bude stanoveno podle počtu zařizovacích předmětů dle nařízení vlády 523/2002 Sb..

Větrané zóny: Taneční sál
 Sál, výčep, kuchyňka
 Toalety

B.3.1 Směšování

Při distribuci vzduchu metodou směšování bude pro odvod tepelné zátěže přiváděn vzduch o 8 °C chladnější, než je návrhová teplota interiéru. Při návrhové teplotě interiéru $t_e = 26$ °C bude mít přiváděný vzduch teplotu $t_p = 18$ °C. Rozdíl teplot 8 °C je při distribuci vzduchu vířivými anemostaty přípustný, neboť dochází k rychlému promísení vzduchu se vzduchem v interiéru.

B.3.1.1 Výpočet množství větracího vzduchu

Zóna: Taneční sál

1. Množství čerstvého vzduchu:

počet osob:	$n = 50$ os
čerstvý vzduch pro jednu osobu:	$V_{\text{pos}} = 50 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$
čerstvý vzduch celkem:	$V_e = n \cdot V_{\text{pos}} = 50 \cdot 50 = 2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

2. Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin

a) odvod tepelné zátěže:

tepelná zátěž:	$Q_{\text{zisk}} = 8\,580 \text{ W}$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
měrné skupenské teplo:	$c = 1010 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26$ °C
teplota přiváděného vzduchu:	$t_p = 18$ °C

$$V_{p,1} = \frac{Q_{\text{zisk}}}{\rho_{\text{vz}} \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{8580}{1,2 \cdot 1010 \cdot (26 - 18)} = 0,885 \text{ m}^3/\text{s} = 3\,185 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) odvod vlhkosti:

počet osob:	$n = 50$ os
produkce vodní páry (na jednu osobu):	$G = 40 \text{ g}/(\text{h} \cdot \text{os})$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
množství vodní páry ve vzduchu interním:	$x_i = 9 \text{ g/kg}$
množství vodní páry ve vzduchu přiváděném:	$x_p = 6 \text{ g/kg}$

$$V_{p,2} = \frac{G \cdot n}{\rho_{\text{vz}} \cdot (x_i - x_p)} = \frac{40 \cdot 50}{1,2 \cdot (9 - 6)} = 556 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) odvod CO₂:

počet osob:	$n = 50$ os
produkce CO ₂ dýcháním (na jednu osobu):	$m_{\text{CO}_2} = 19 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{os})$
koncentrace CO ₂ v přiváděném vzduchu:	$\rho_{\text{CO}_2} = 350 \text{ ppm}$
maximální koncentrace v interiéru:	$\rho_{\text{max}} = 1200 \text{ ppm}$

$$V_{p,3} = \frac{m_{CO_2} * n}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) * 10^{-3}} = \frac{19 * 50}{(1200 - 350) * 10^{-3}} = 1\ 120\ m^3/h$$

Zóna: Sál, výčep, kuchyňka

1. Množství čerstvého vzduchu:

počet osob:	$n = 50\ os$
čerstvý vzduch pro jednu osobu:	$V_{pos} = 50\ m^3/(h*os)$
čerstvý vzduch celkem:	$V_e = n * V_{pos} = 50*50 = 2\ 500\ m^3/h$

2. Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin

a) odvod tepelné zátěže:

tepelná zátěž:	$Q_{zisk} = 6\ 665\ W$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2\ kg/m^3$
měrné skupenské teplo:	$c = 1010\ J/(kg*K)$
návrhová teplota interieru:	$t_i = 26\ ^\circ C$
teplota přiváděného vzduchu:	$t_p = 18\ ^\circ C$

$$V_{p,1} = \frac{Q_{zisk}}{\rho_{vz} * c * (t_i - t_p)} = \frac{6\ 665}{1,2 * 1010 * (26 - 18)} = 0,687\ m^3/s = 2\ 475\ m^3/h$$

b) odvod vlhkosti:

počet osob:	$n = 50\ os$
produkce vodní páry (na jednu osobu):	$G = 40\ g/(h*os)$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2\ kg/m^3$
množství vodní páry ve vzduchu interním:	$x_i = 9\ g/kg$
množství vodní páry ve vzduchu přiváděném:	$x_p = 6\ g/kg$

$$V_{p,2} = \frac{G * n}{\rho_{vz} * (x_i - x_p)} = \frac{40 * 50}{1,2 * (9 - 6)} = 556\ m^3/h$$

c) odvod CO₂:

počet osob:	$n = 50\ os$
produkce CO ₂ dýcháním (na jednu osobu):	$m_{CO_2} = 19\ l/(h*os)$
koncentrace CO ₂ v přiváděném vzduchu:	$\rho_{CO_2} = 350\ ppm$
maximální koncentrace v interiéru:	$\rho_{max} = 1200\ ppm$

$$V_{p,3} = \frac{m_{CO_2} * n}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) * 10^{-3}} = \frac{19 * 50}{(1200 - 350) * 10^{-3}} = 1\ 120\ m^3/h$$

Zóna: Toalety

Požadavky na větrání podle zařizovacích předmětů:

umyvadlo:	$V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
výlevka:	$V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
WC:	$V = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
pisoiár:	$V = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

Odvětrávané místnosti:

WC muži:	2x umyvadlo, 1x výlevka, 2x WC, 3x pisoiár
WC imobilní:	1x umyvadlo, 1x WC
WC ženy:	2x umyvadlo, 2x WC

Množství větracího vzduchu:

WC muži:	$V_o = 2*30 + 1*30 + 2*50 + 3*25 = 265 \text{ m}^3/\text{h}$
WC imobilní:	$V_o = 1*30 + 1*50 = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
WC ženy:	$V_o = 2*30 + 2*50 = 160 \text{ m}^3/\text{h}$
Celkem:	$V_o = 265 + 80 + 160 = 505 \text{ m}^3/\text{h}$

Množství větracího vzduchu celkem: $V_o = 505 \text{ m}^3/\text{h}$

B.3.1.2 Shrnutí

Zóna	Množství větracího vzduchu	
Taneční sál	$3\,185 \text{ m}^3/\text{h}$	$5\,685 \text{ m}^3/\text{h}$
Sál, výčep, kuchyňka	$2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$	
Toalety	$505 \text{ m}^3/\text{h}$	

Tab. 2 - Množství větracího vzduchu - Směšování

Jelikož množství přiváděného vzduchu do hlavního prostoru objektu (Taneční sál, sál, výčep, kuchyňka) je $V_p = 5\,685 \text{ m}^3/\text{h}$ a množství potřebného čerstvého venkovního vzduchu je $V_e = 5\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, navrhuji ventilační provoz bez cirkulačního oběhu (tj. odváděný vzduch nebude směšován s čerstvým vzduchem).

$$V_p = V_e ; V_c = 0$$

Do hlavního prostoru objektu bude přiváděn vzduch o průtoku $V = 5\,685 \text{ m}^3/\text{h}$ a z prostoru bude odváděn vzduch o průtoku $V = 5\,180 \text{ m}^3/\text{h}$. Hlavní prostor tedy bude pod mírným přetlakem. Rozdíl průtoků přiváděného a odváděného vzduchu je $V = 505 \text{ m}^3/\text{h}$, což je množství vzduchu, které bude odváděno z prostoru toalet. Celý systém bude poté tlakově vyrovnán. Aby k takovému fungování došlo, musí být všechny dveře oddělující hlavního prostoru od toalet opatřeny mřížkou, která průtok vzduchu z prostoru do prostoru umožní.

Návrh větracích mřížek

Při návrhu větracích mřížek vycházím z požadovaného průtoku vzduchu $V = 505 \text{ m}^3/\text{h}$. Dveře, oddělující hlavní prostor objektu od vstupní chodby, jsou dvoukřídlé a jsou dvoje. Když každé dveřní křídlo bude osazeno větrací mřížkou, výsledný průtok na jednu mřížku bude $126 \text{ m}^3/\text{h}$. Mezní rychlost vzduchu při průchodu dveřní mřížkou uvažuji $1,5 \text{ m/s}$.

Průtok vzduchu: $V = 126 \text{ m}^3/\text{h} = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$
Mezní rychlost vzduchu: $v = 1,5 \text{ m/s}$

Požadovaná aktivní plocha mřížky:

$$S_{pož} = \frac{V}{v} = \frac{0,035}{1,5} = 0,0233 \text{ m}^2 = 233 \text{ cm}^2$$

Navrhuji dveřní větrací mřížku Refax PT489-dveřní 490x98 mm
--

Aktivní plocha mřížky: $S_{akt} = 250 \text{ cm}^2 > S_{pož} = 233 \text{ cm}^2 \dots \text{ VYHOVUJE}$

B.3.2 Zaplavování

Při distribuci vzduchu metodou zaplavování bude pro odvod tepelné zátěže přiváděn vzduch o $3 \text{ }^\circ\text{C}$ chladnější, než je návrhová teplota interiéru. Při návrhové teplotě interiéru $t_e = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ bude mít přiváděný vzduch teplotu $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Rozdíl teplot $3 \text{ }^\circ\text{C}$ je při distribuci vzduchu velkoplošnými vyústkami v oblasti bytové zóny přípustný.

B.3.2.1 Výpočet množství větracího vzduchu

Zóna: Taneční sál

1. Množství čerstvého vzduchu:

počet osob: $n = 50 \text{ os}$
čerstvý vzduch pro jednu osobu: $V_{pos} = 50 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$
čerstvý vzduch celkem: $V_e = n \cdot V_{pos} = 50 \cdot 50 = 2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

2. Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin

a) odvod tepelné zátěže:

tepelná zátěž: $Q_{zisk} = 8\,580 \text{ W}$
hustota přiváděného vzduchu: $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
měrné skupenské teplo: $c = 1010 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
návrhová teplota interiéru: $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
teplota přiváděného vzduchu: $t_p = 23 \text{ }^\circ\text{C}$

$$V_{p,1} = \frac{Q_{zisk}}{\rho_{vz} * c * (t_i - t_p)} = \frac{8580}{1,2 * 1010 * (26 - 23)} = 2,36 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{8\ 495 \text{ m}^3/\text{h}}$$

b) odvod vlhkosti:

počet osob:	n = 50 os
produkce vodní páry (na jednu osobu):	G = 40 g/(h*os)
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
množství vodní páry ve vzduchu interním:	$x_i = 9 \text{ g/kg}$
množství vodní páry ve vzduchu přiváděném:	$x_p = 6 \text{ g/kg}$

$$V_{p,2} = \frac{G * n}{\rho_{vz} * (x_i - x_p)} = \frac{40 * 50}{1,2 * (9 - 6)} = \mathbf{556 \text{ m}^3/\text{h}}$$

c) odvod CO₂:

počet osob:	n = 50 os
produkce CO ₂ dýcháním (na jednu osobu):	$m_{CO_2} = 19 \text{ l/(h*os)}$
koncentrace CO ₂ v přiváděném vzduchu:	$\rho_{CO_2} = 350 \text{ ppm}$
maximální koncentrace v interiéru:	$\rho_{max} = 1200 \text{ ppm}$

$$V_{p,3} = \frac{m_{CO_2} * n}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) * 10^{-3}} = \frac{19 * 50}{(1200 - 350) * 10^{-3}} = \mathbf{1\ 120 \text{ m}^3/\text{h}}$$

1. Množství čerstvého vzduchu:

počet osob:	n = 50 os
čerstvý vzduch pro jednu osobu:	$V_{pos} = 50 \text{ m}^3/(\text{h*os})$
čerstvý vzduch celkem:	$V_e = n * V_{pos} = 50 * 50 = \mathbf{2\ 500 \text{ m}^3/\text{h}}$

2. Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin

a) odvod tepelné zátěže:

tepelná zátěž:	$Q_{zisk} = 6\ 665 \text{ W}$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
měrné skupenské teplo:	$c = 1010 \text{ J/(kg*K)}$
návrhová teplota interieru:	$t_i = 26 \text{ °C}$
teplota přiváděného vzduchu:	$t_p = 23 \text{ °C}$

$$V_{p,1} = \frac{Q_{zisk}}{\rho_{vz} * c * (t_i - t_p)} = \frac{6\ 665}{1,2 * 1010 * (26 - 23)} = 1,833 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{6\ 600 \text{ m}^3/\text{h}}$$

b) odvod vlhkosti:

počet osob:	n = 50 os
produkce vodní páry (na jednu osobu):	G = 40 g/(h*os)
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
množství vodní páry ve vzduchu interním:	$x_i = 9 \text{ g/kg}$

množství vodní páry ve vzduchu přiváděném: $x_p = 6 \text{ g/kg}$

$$V_{p,2} = \frac{G * n}{\rho_{vz} * (x_i - x_p)} = \frac{40 * 50}{1,2 * (9 - 6)} = 556 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) odvod CO₂:

počet osob: $n = 50 \text{ os}$
 produkce CO₂ dýcháním (na jednu osobu): $m_{CO_2} = 19 \text{ l/(h*os)}$
 koncentrace CO₂ v přiváděném vzduchu: $\rho_{CO_2} = 350 \text{ ppm}$
 maximální koncentrace v interiéru: $\rho_{max} = 1200 \text{ ppm}$

$$V_{p,3} = \frac{m_{CO_2} * n}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) * 10^{-3}} = \frac{19 * 50}{(1200 - 350) * 10^{-3}} = 1\,120 \text{ m}^3/\text{h}$$

Zóna: Toalety

Požadavky na větrání podle zařizovacích předmětů:

umyvadlo: $V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
 výlevka: $V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
 WC: $V = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
 pisoár: $V = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

Odvětrávané místnosti:

WC muži: 2x umyvadlo, 1x výlevka, 2x WC, 3x pisoár
 WC imobilní: 1x umyvadlo, 1x WC
 WC ženy: 2x umyvadlo, 2x WC

Množství větracího vzduchu:

WC muži: $V_o = 2*30 + 1*30 + 2*50 + 3*25 = 265 \text{ m}^3/\text{h}$
 WC imobilní: $V_o = 1*30 + 1*50 = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
 WC ženy: $V_o = 2*30 + 2*50 = 160 \text{ m}^3/\text{h}$
 Celkem: $V_o = 265 + 80 + 160 = 505 \text{ m}^3/\text{h}$

Množství větracího vzduchu celkem: $V_o = 505 \text{ m}^3/\text{h}$

B.3.2.2 Shrnutí

Zóna	Množství větracího vzduchu	
Taneční sál	8 495 m ³ /h	15 095 m ³ /h
Sál, výčep, kuchyňka	6 600 m ³ /h	
Toalety	505 m ³ /h	

Tab. 3 - Množství větracího vzduchu - Zaplavování

Pro velkoplošné vyústě je charakteristické, že umožňují relativně malý průtok vzduchu. Potřebný průtok přiváděného vzduchu do hlavního prostoru objektu (Taneční sál, sál, výčep, kuchyňka) $V_p = 15\,095\text{ m}^3/\text{h}$ tedy navržené velkoplošné vyústě nejsou schopny zajistit (viz. kapitola B.4.2). Takto velký potřebný objem přiváděného vzduchu vznikl v důsledku relativně velké tepelné zátěže prostoru a malého rozdílu teplot přiváděného a vnitřního vzduchu k pokrytí této zátěže. Bude tedy navržen kombinovaný systém krytí tepelné zátěže objektu. Část zátěže pokryje vzduchotechnické zařízení a zbylou část pokryjí pasivní chladicí tránce. Návrh pasivních trámců viz. kapitola B.3.2.3.

Množství přiváděného vzduchu, které jsou velkoplošné vyústě schopny bezpečně pokrýt, je v mém případě $V_p = 5\,505\text{ m}^3/\text{h}$ pro celý hlavní prostor (Taneční sál, sál, výčep, kuchyňka). Skutečné množství větracího vzduchu, které je dále uvažováno ve výpočtech je znázorněno v tabulce 4.

Zóna	Množství větracího vzduchu	
Taneční sál	2 752,5 m ³ /h	5 505 m ³ /h
Sál, výčep, kuchyňka	2 752,5 m ³ /h	
Toalety	505 m ³ /h	

Tab. 4 - Skutečné množství větracího vzduchu s chladícími tránci - Zaplavování

Jelikož množství přiváděného vzduchu do hlavního prostoru objektu (Taneční sál, sál, výčep, kuchyňka) je $V_p = 5\,505\text{ m}^3/\text{h}$ a množství potřebného čerstvého venkovního vzduchu je $V_e = 5\,000\text{ m}^3/\text{h}$, navrhuji ventilační provoz bez cirkulačního oběhu (tj. odváděný vzduch nebude směřován s čerstvým vzduchem).

$$V_p = V_e ; V_c = 0$$

Do hlavního prostoru objektu bude přiváděn vzduch o průtoku $V = 5\,505\text{ m}^3/\text{h}$ a z prostoru bude odváděn vzduch o průtoku $V = 5\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Hlavní prostor tedy bude pod mírným přetlakem. Rozdíl průtoků přiváděného a odváděného vzduchu je $V = 505\text{ m}^3/\text{h}$, což je množství vzduchu, které bude odváděno z prostoru toalet. Celý systém bude poté tlakově vyrovnán. Aby k takovému fungování došlo, musí být všechny dveře oddělující hlavní prostor od toalet opatřeny mřížkou, která průtok vzduchu z prostoru do prostoru umožní.

Návrh větracích mřížek

Při návrhu větracích mřížek vycházím z požadovaného průtoku vzduchu $V = 505\text{ m}^3/\text{h}$. Dveře, oddělující hlavní prostor objektu od vstupní chodby, jsou dvoukřídlé a jsou dvoje. Když každé dveřní křídlo bude osazeno větrací mřížkou, výsledný průtok na jednu mřížku bude $126\text{ m}^3/\text{h}$. Mezní rychlost vzduchu při průchodu dveřní mřížkou uvažuji $1,5\text{ m/s}$.

Průtok vzduchu: $V = 126\text{ m}^3/\text{h} = 0,035\text{ m}^3/\text{s}$

Mezní rychlost vzduchu: $v = 1,5\text{ m/s}$

Požadovaná aktivní plocha mřížky:

$$S_{pož} = \frac{V}{v} = \frac{0,035}{1,5} = 0,0233\text{ m}^2 = \mathbf{233\text{ cm}^2}$$

Navrhuji dveřní větrací mřížku Refax PT489-dveřní 490x98 mm

Aktivní plocha mřížky: $S_{akt} = 250\text{ cm}^2 > S_{pož} = 233\text{ cm}^2 \dots \mathbf{VYHOVUJE}$

B.3.2.3 Návrh pasivních trámů

V objektu budou navrženy pasivní chladicí trámy Trox PKV. Strop v prostorách s pasivními trámy musí být perforovaný, aby umožňoval přístup teplého vzduchu k trámu shora.

Zóna: Taneční sál

množství vzduchu přiváděného velkopl. výústěmi:	$V_p = 2\,752,5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,765 \text{ m}^3/\text{s}$
tepelná zátěž místnosti:	$Q_{zisk} = 8\,580 \text{ W}$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
měrné skupenské teplo:	$c = 1010 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
teplota přiváděného vzduchu:	$t_p = 23 \text{ }^\circ\text{C}$

tepelná zátěž krytá velkoplošnými výústěmi:

$$Q = V_p * \rho_{vz} * c * (t_i - t_p) = 0,765 * 1,2 * 1010 * (26 - 23) = \mathbf{2\,782 \text{ W}}$$

zbylý tepelný výkon, který je třeba pokrýt:

$$Q_{req} = Q_{zisk} - Q = 8\,580 - 2\,782 = \mathbf{5\,798 \text{ W}}$$

Návrh:

teplotní spád chladicí vody:	17/15 $^\circ\text{C}$
střední teplota chladicí vody:	$t_w = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
teplotní rozdíl:	$\Delta t_{Rw} = 10 \text{ K}$

Trox PKV 320 x 2500 x 300

tok vody: 250 l/h

$$K_w = 1,11$$

$$Q = 562,5 * K_w = 562,5 * 1,11 = 624 \text{ W}$$

$$Z/B = 100/320 = 0,31$$

$$K_{Z/B} = 0,97$$

$$Q = 624 * 0,97 = 605 \text{ W}$$

Celkový chladicí výkon jednoho chladicího trámu: **Q = 605 W**

Navrhuji 10x pasivní chladicí trám Trox PKV 320 x 2500 x 300

Celkový chladicí výkon pro 10 chladicích trámů:

$$Q_{trám} = Q * 10 = 605 * 10 = \mathbf{6050 \text{ W}} > 5\,798 \text{ W} \dots\dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

tlaková ztráta pro vodní chladicí okruh: $\Delta p_w = 4,25 \text{ kPa}$

rychlost proudění vzduchu 1 m pod chladicím trámem (min. 2 m nad podlahou): $v_{50} = 0,19 - 0,25 \text{ m/s}$

Zóna: Sál, výčep, kuchyňka

množství vzduchu přiváděného velkopl. vyústěmi:	$V_p = 2\,755\text{ m}^3/\text{h} = 0,765\text{ m}^3/\text{s}$
tepelná zátěž místnosti:	$Q_{zisk} = 6\,600\text{ W}$
hustota přiváděného vzduchu:	$\rho = 1,2\text{ kg}/\text{m}^3$
měrné skupenské teplo:	$c = 1010\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26\text{ }^\circ\text{C}$
teplota přiváděného vzduchu:	$t_p = 23\text{ }^\circ\text{C}$

tepelná zátěž krytá velkoplošnými vyústěmi:

$$Q = V_p * \rho_{vz} * c * (t_i - t_p) = 0,765 * 1,2 * 1010 * (26 - 23) = \mathbf{2\,782\text{ W}}$$

zbylý tepelný výkon, který je třeba pokrýt:

$$Q_{req} = Q_{zisk} - Q = 6\,600 - 2\,782 = \mathbf{3\,818\text{ W}}$$

Návrh:

teplotní spád chladicí vody:	17/15 °C
střední teplota chladicí vody:	$t_w = 16\text{ }^\circ\text{C}$
návrhová teplota interiéru:	$t_i = 26\text{ }^\circ\text{C}$
teplotní rozdíl:	$\Delta t_{Rw} = 10\text{ K}$

Trox PKV 320 x 2500 x 300

Celkový chladicí výkon jednoho chladicího trámu: $Q = 605\text{ W}$

Navrhuji 6x pasivní chladicí trám Trox PKV 320 x 2500 x 300

Celkový chladicí výkon pro 6 chladicích trámů:

$$Q_{trám} = Q * 6 = 605 * 6 = \mathbf{3\,630\text{ W}} \approx 3\,818\text{ W} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

tlaková ztráta pro vodní chladicí okruh: $\Delta p_w = 4,25\text{ kPa}$

rychlost proudění vzduchu 1 m pod chladicím trámem (min. 2 m nad podlahou): $v_{50} = 0,19 - 0,25\text{ m/s}$

B.4 Distribuční prvky a proudění vzduchu v interiéru

B.4.1 Směšování

Pro distribuci vzduchu směšováním jsem použil vířivé anemostaty Trox TDV Silent Air. Tyto vyústě jsou použity jak pro přívod vzduchu, tak pro odvod vzduchu. Velkou výhodou vyústí je vysoká indukčnost primárního proudu - vzduch se poté mísí více než u klasických stropních anemostatů. Při vyšším mísení vzduchu jsem si mohl dovolit přivádět do místnosti chladnější vzduch ($\Delta t = 8\text{ }^\circ\text{C}$). Vyšší indukčnosti primárního proudu jsem využil také z důvodu požadované rychlosti proudu vzduchu v pobytové zóně. Jelikož úroveň podhledu je v nejnižším místě budovy pouze 3,05 m, mezní rychlost vzduchu v pobytové zóně byla pro návrh klíčová. Použití vířivých anemostatů tento problém vyřešilo.

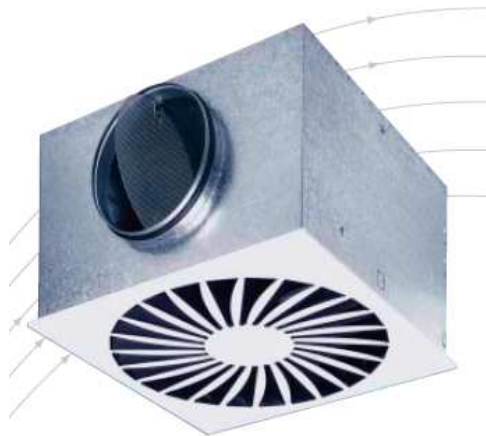
Pro odvod vzduchu z prostoru toalet byly navrženy vzduchové ventily Trox LVS.

B.4.1.1 Návrh distribučních prvků

Návrh:

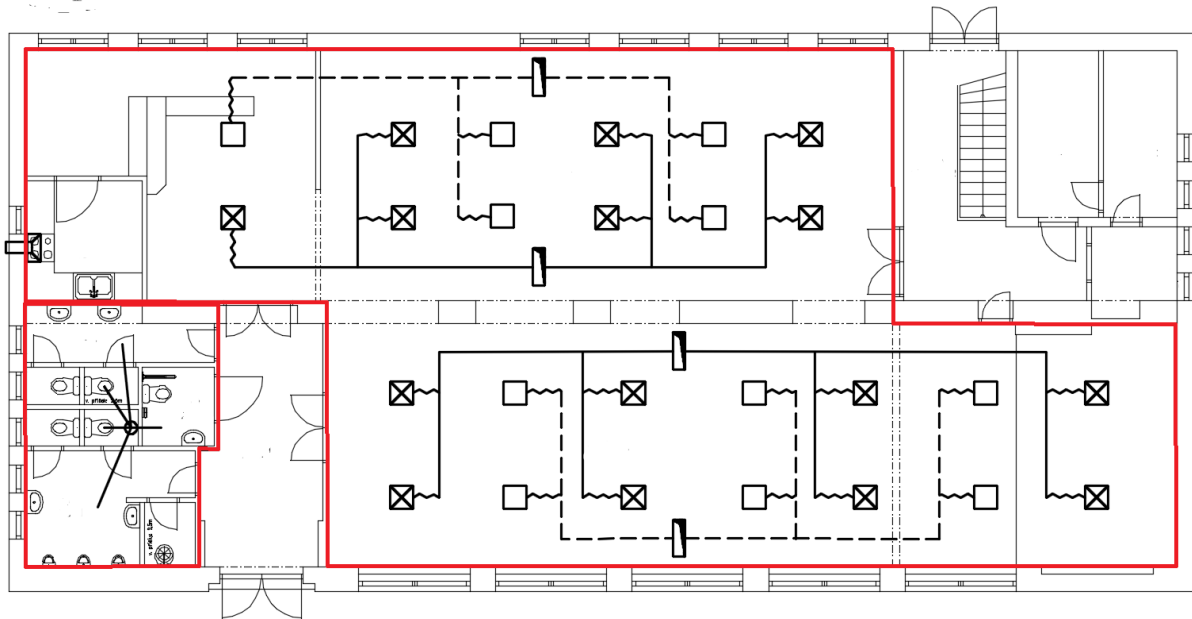
Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air 600

Vířivé anemostaty TDV Silent Air vynikají velmi malou hlučností. Pokud se splní podmínky provozu těchto vyústek, dají se použít i ve velmi nízkých prostorách a přitom vzduch nepřesáhne mezní rychlost v pobytové zóně. Vyústka umožňuje distribuci vzduchu s teplotním rozdílem $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ oproti vzduchu interiéru. Dá se použít jak pro přívod, tak i pro odvod vzduchu z místnosti.

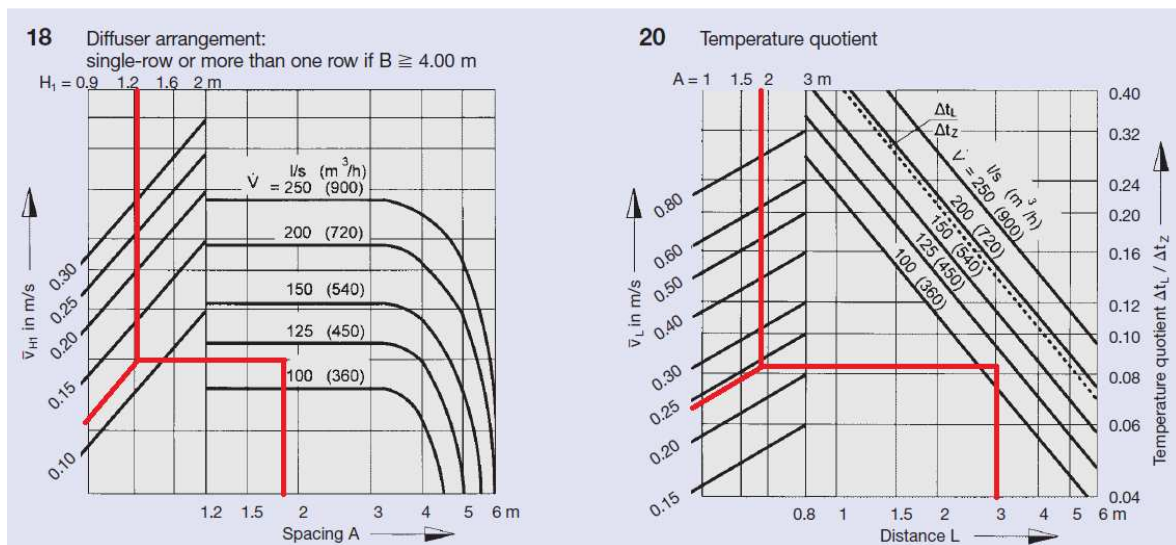


Obr. 11 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air [14]

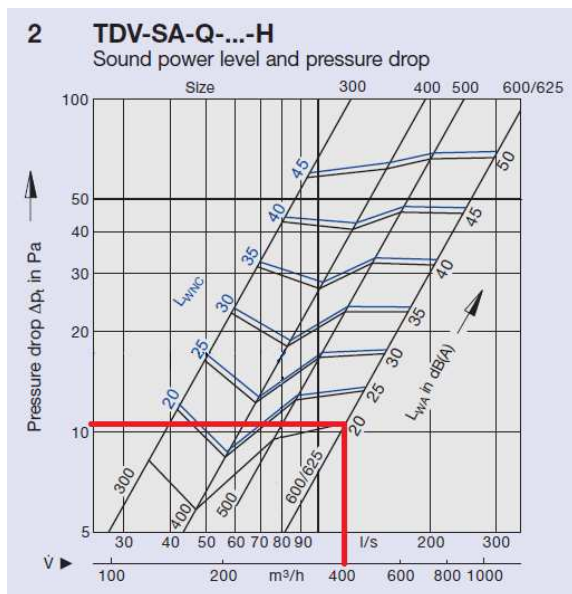
Na následujícím obrázku (Obr. 12) je znázorněno schéma trasy VZT potrubí a umístění distribučních elementů. Obr. 13 znázorňuje posouzení mezních rychlostí v pobytové zóně pro přívodní anemostat s maximálním průtokem, a to jak u stěny, tak mezi dvěma přívodními anemostaty. Z nomogramů je patrné, že z hlediska návrhu představuje značné omezení poloha anemostatu u stěny. Obr. 14 znázorňuje posouzení vyústě z hlediska tlakové ztráty a hluku.



Obr. 12 - Schéma distribuce vzduchu - Směšování



Obr. 13 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air - posouzení mezních rychlostí vzduchu [15]



Obr. 14 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air - posouzení tlakových ztrát a hluku [16]

Parametry:

- Max. průtok vzduchu na přívodním anemostatu: $V_{p,max} = 398 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mezní rychlost v pobytové zóně (mezi anemostaty): $v_h = 0,12 \text{ m/s}$
 Mezní rychlost: $v_{max} = 0,25 \text{ m/s} \dots > v_h = 0,12 \text{ m/s} \dots \text{VYHOVUJE}$
- Mezní rychlost v pobytové zóně (u stěny): $v_L = 0,24 \text{ m/s}$
 Mezní rychlost: $v_{max} = 0,25 \text{ m/s} \dots > v_h = 0,24 \text{ m/s} \dots \text{VYHOVUJE}$
- Tlaková ztráta: $\Delta p = 11 \text{ Pa}$
- Hladina akustického výkonu: $L_{WA} = 20 \text{ dB}$
 Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,max} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 20 \text{ dB} \dots \text{VYHOVUJE}$

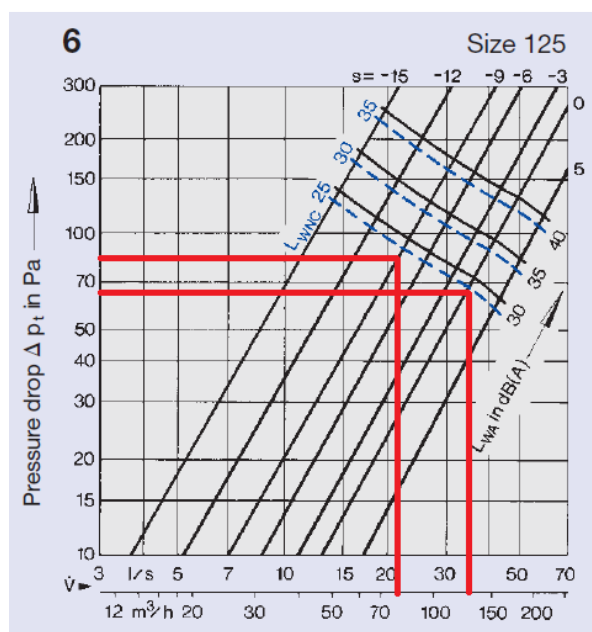
Návrh:

Vzduchový ventil Trox LVS

Vzduchový ventil LVS má obecně široké použití a může sloužit jako přívodní (typ Z-LVS) i jako odvodní (typ LVS) prvek. Já jsem tento typ ventilu použil pro odvod škodlivin z prostoru toalet. Obr. 16 znázorňuje tlakovou ztrátu a hluk ventilu při průtoku vzduchu $80 \text{ m}^3/\text{h}$ a při průtoku $133 \text{ m}^3/\text{h}$.



Obr. 15 - Vzduchový ventil Trox LVS [17]



Obr. 16 - Vzduchový ventil Trox LVS - posouzení tlakových ztrát a hluku [18]

Parametry:

Průtok vzduchu:

$$V_o = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 85 \text{ Pa}$$

Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} = 27 \text{ dB}$$

Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,max} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 27 \text{ dB} \dots$ **VYHOVUJE**

Průtok vzduchu:

$$V_o = 133 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 65 \text{ Pa}$$

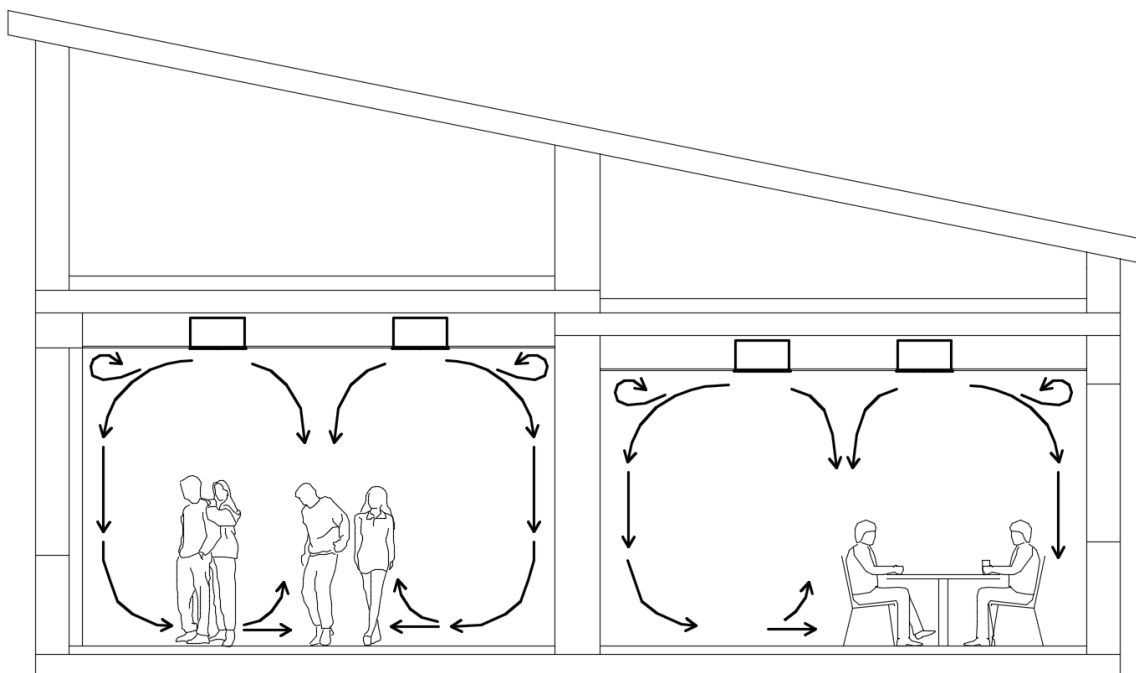
Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} = 29 \text{ dB}$$

Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,max} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 29 \text{ dB} \dots$ **VYHOVUJE**

B.4.1.2 Obraz proudění vzduchu v interiéru

Obraz proudění vzduchu při jeho distribuci směšováním v řešeném objektu znázorňuje obr. 17.



Obr. 17 - Obraz proudění vzduchu - Směšování

B.4.2 Zaplavování

Pro distribuci vzduchu zaplavováním jsem použil velkoplošné vyústě Trox QLF. Tyto distribuční prvky zajišťují vysokou míru komfortu, jelikož dochází k minimálnímu mísení vzduchu. Vzduch je do místnosti distribuován malou rychlostí a s malým rozdílem teplot přiváděného vzduchu oproti vzduchu interiéru ($\Delta t = 3^\circ\text{C}$). Odvod vzduchu z prostoru zajišťují větrací mřížky Trox ASL.

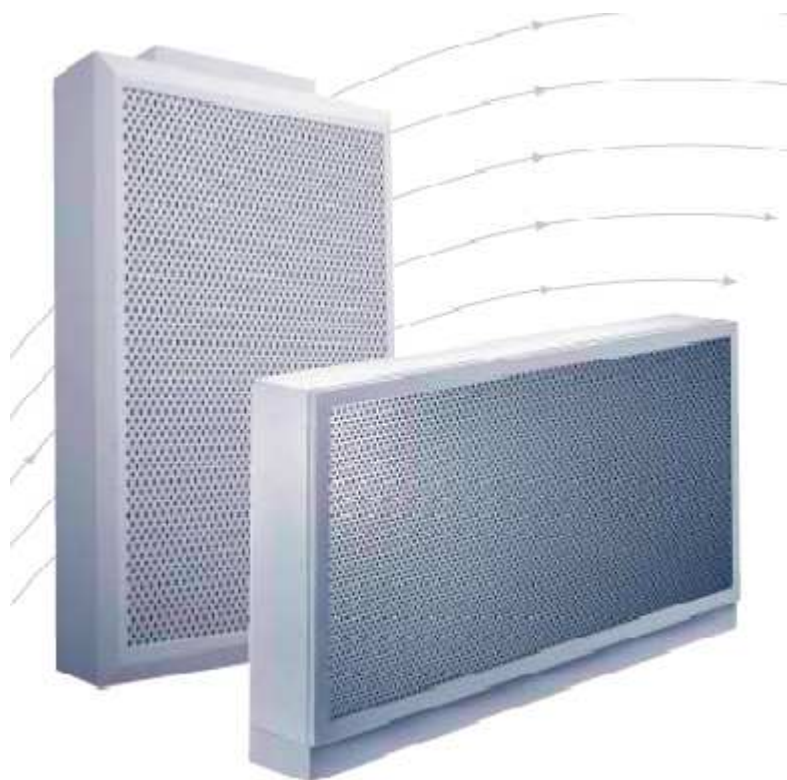
Pro odvod vzduchu z prostoru toalet byly navrženy vzduchové ventily LVS.

B.4.2.1 Návrh distribučních prvků

Návrh:

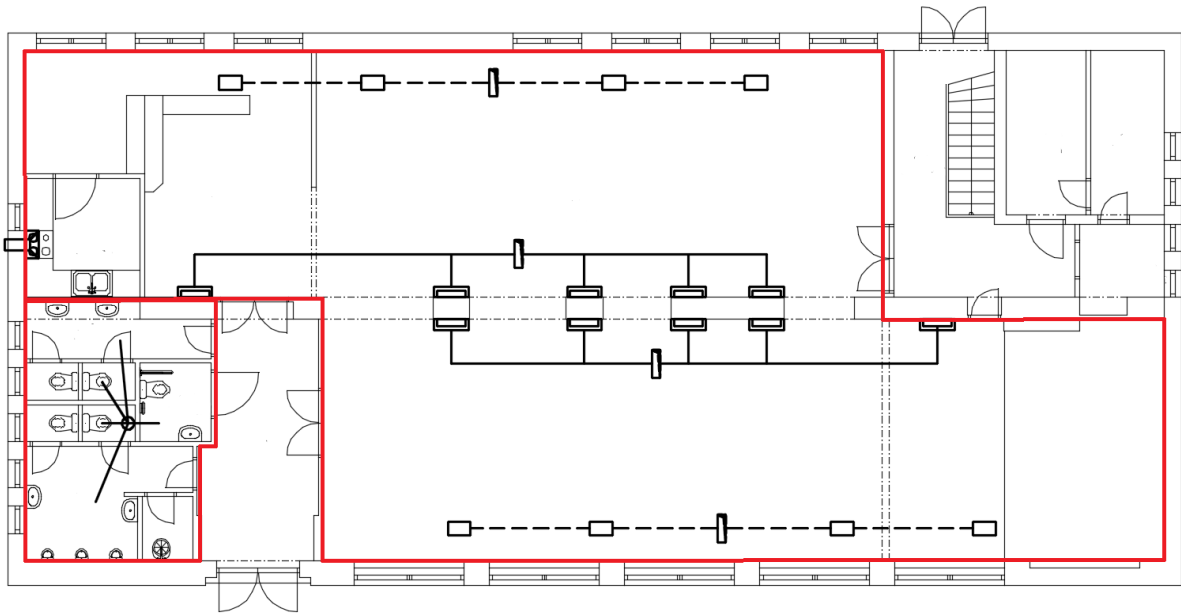
Velkoplošná vyústka Trox QLF 1500x750

Velkoplošná vyústka Trox QLF o rozměrech 1500 x 750 mm se vyrábí buď ve verzi s pouze čelní perforovanou plochou nebo i s perforovanými boky. V tomto projektu byla použita verze s perforovaným čelem a plnými boky tak, aby se vyústka dala zabudovat do sádkartonové stěny. Tato vyústka bezpečně zajišťuje průtok $576 \text{ m}^3/\text{h}$, což mě v návrhu značně limitovalo, když jsem přiváděným vzduchem nemohl pokrýt tepelnou zátěž. Při vyšších průtocích by totiž došlo nadměrným rychlostem vzduchu v blízkém okolí vyústě a byla by narušena pocitová pohoda osob v pobytové zóně.

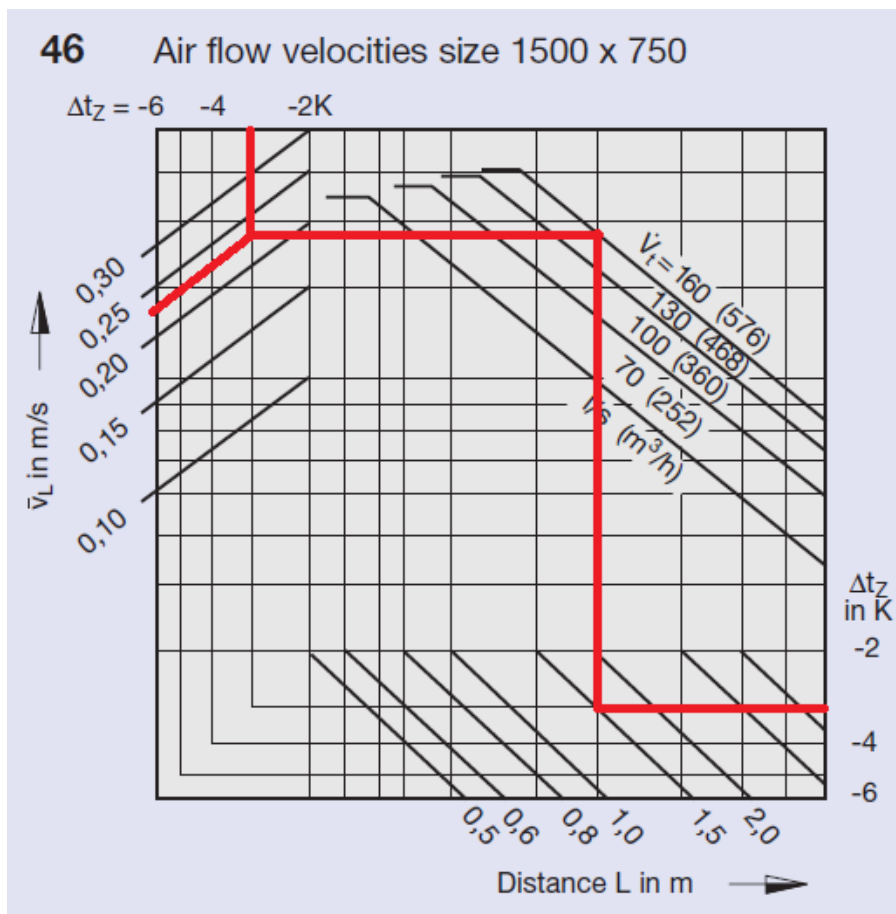


Obr. 18 - Velkoplošná vyústka Trox QLF a QLE [19]

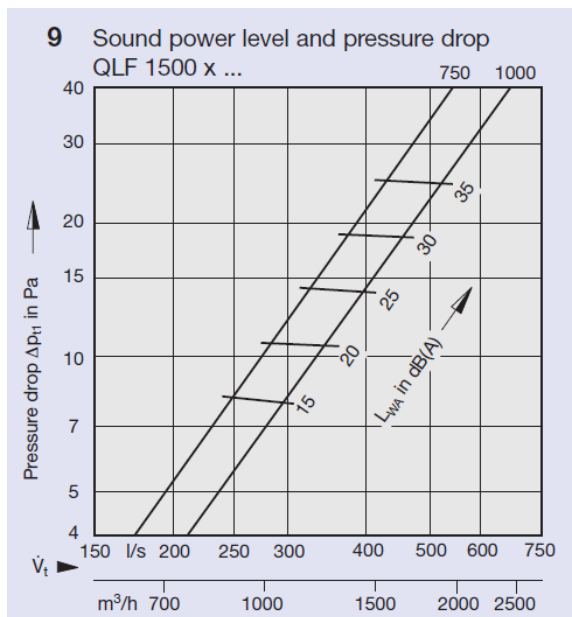
Následující obrázek (Obr. 19) znázorňuje schéma trasy VZT potrubí a umístění distribučních elementů. Pro každou zónu hlavního prostoru je navrženo 5 velkoplošných vyústí. Obr. 20 znázorňuje posouzení mezních rychlostí v pobytové zóně pro velkoplošnou vyústku QLF 1500x750 v závislosti na průtoku přiváděného vzduchu, teplotním rozdílu Δt a na posuzované vzdálenosti od vyústky. Obr. 21 znázorňuje posouzení vyústě z hlediska tlakové ztráty a hluku. Z tohoto nomogramu je patrné, že hodnoty tlakové ztráty i hladiny akustického výkonu jsou u tohoto druhu vyústky mizivé. V tomto případě ani nezasahují do daného nomogramu.



Obr. 19 - Schéma distribuce vzduchu - Zaplavování



Obr. 20 - Velkoplošná výústka Trox QLF 1500 x 750 - posouzení mezních rychlostí vzduchu [20]



Obr. 21 - Velkoplošná vyústka Trox QLF 1500 x 750 - posouzení tlakových ztrát a hluku [21]

Parametry:

Průtok vzduchu na vyústi:

$$V_p = 551 \text{ m}^3/\text{h}$$

Mezní rychlost v pobytové zóně (1,5 m od vyústky):

$$v_L = 0,23 \text{ m/s}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 5 \text{ Pa}$$

Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} < 10 \text{ dB}$$

Návrh:

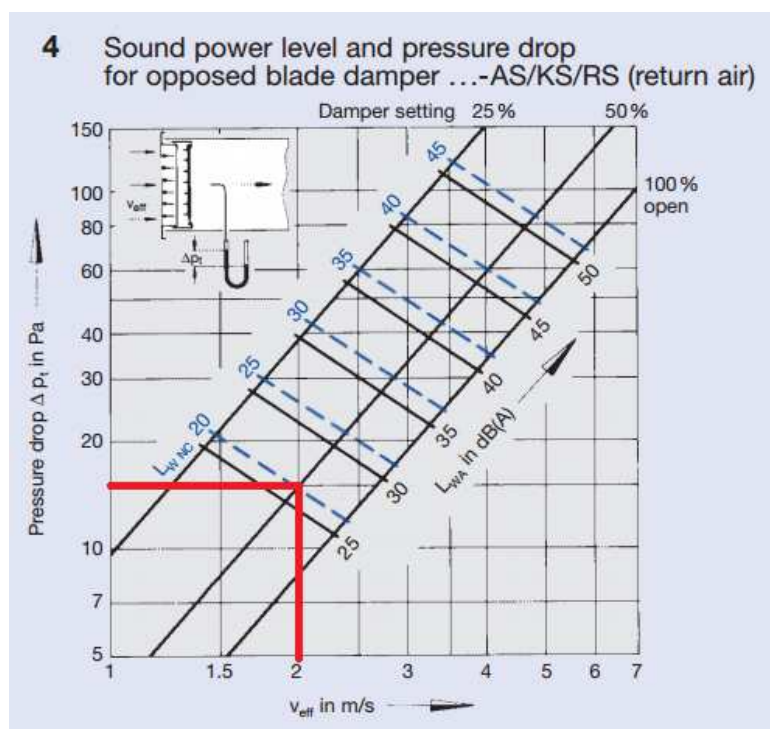
Větrací mřížka Trox ASL-AS 325x325

Větrací mřížka Trox ASL je klasická větrací mřížka s nastavitelnými lamelami určená pro vertikální či horizontální instalaci, do stěny či do podhledu. V tomto projektu jsem ji použil pro odvod vzduchu z místnosti. Mřížka bude zabudována v podhledu a bude napojena přímo na vzduchotechnické potrubí. Jelikož se jedná o prvek pro odvod vzduchu, bude mřížka doplněna nástavcem pro správné fungování odsávání vzduchu - nástavec AS.

Obr. 23 znázorňuje tlakovou ztrátu a hluk mřížky při efektivní rychlosti vzduchu $v_{\text{eff}} = 2 \text{ m/s}$.



Obr. 22 - Větrací mřížka Trox [22]



Obr. 23 - Větrací mřížka Trox ASL-AS - posouzení tlakové a hluku [23]

Parametry:

Průtok vzduchu na větrací mřížce:

$$V_o = 625 \text{ m}^3/\text{h}$$

Efektivní rychlost vzduchu na větrací mřížce:

$$v_{\text{eff}} = 2 \text{ m/s}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 15 \text{ Pa}$$

Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} = 27 \text{ dB}$$

Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,\text{max}} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 27 \text{ dB} \dots \text{VYHOVUJE}$

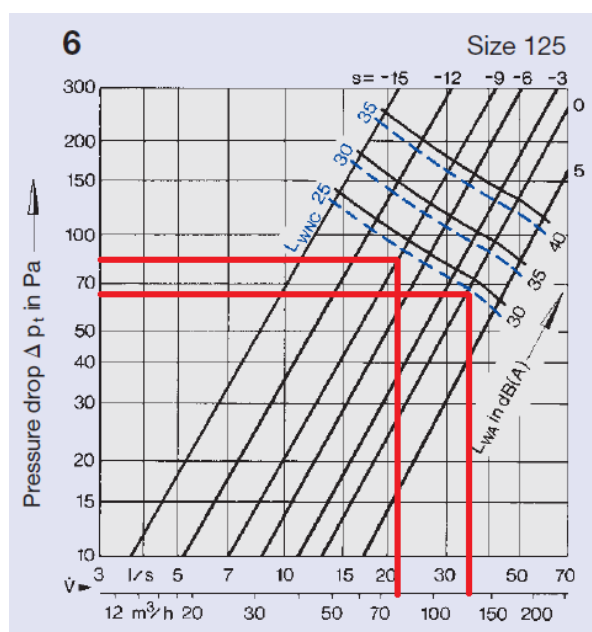
Návrh:

Vzduchový ventil Trox LVS

Vzduchový ventil LVS má obecně široké použití a může sloužit jako přívodní (typ Z-LVS) i jako odvodní (typ LVS) prvek. Já jsem tento typ ventilu použil pro odvod škodlivin z prostoru toalet. Obr. 16 znázorňuje tlakovou ztrátu a hluk ventilu při průtoku vzduchu 80 m³/h a při průtoku 133 m³/h.



Obr. 15 - Vzduchový ventil Trox LVS [17]



Obr. 16 - Vzduchový ventil Trox LVS - posouzení tlakových ztrát a hluku [18]

Parametry:

Průtok vzduchu:

$$V_o = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 85 \text{ Pa}$$

Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} = 27 \text{ dB}$$

Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,max} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 27 \text{ dB} \dots$ **VYHOVUJE**

Průtok vzduchu:

$$V_o = 133 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta:

$$\Delta p = 65 \text{ Pa}$$

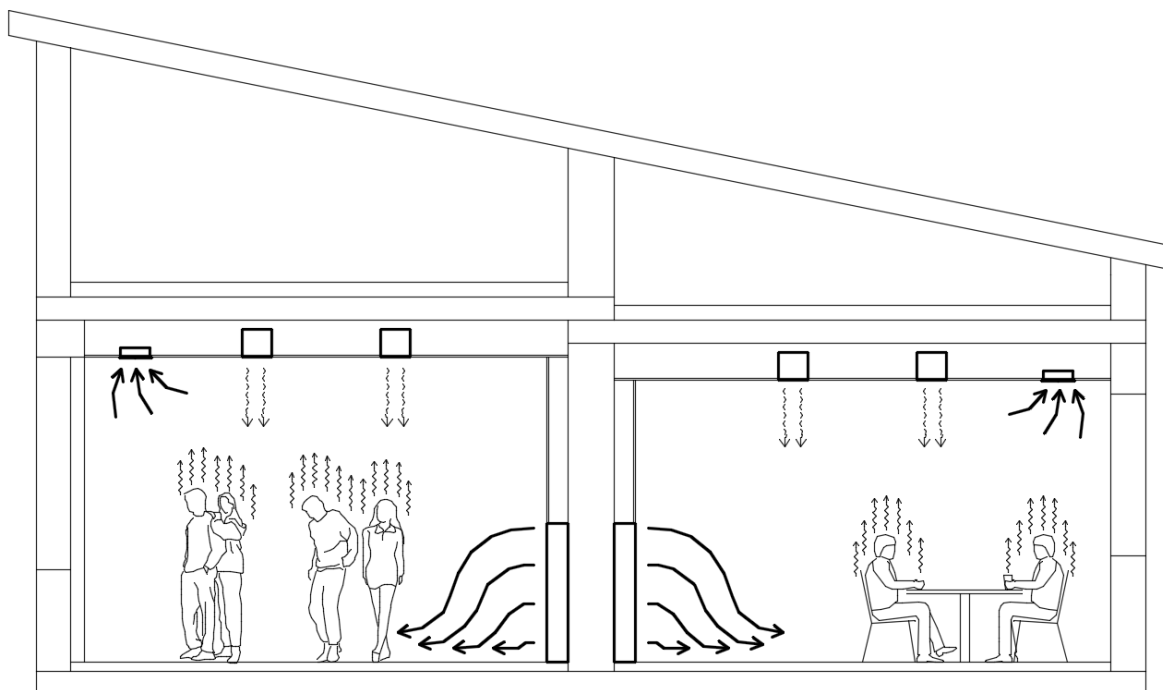
Hladina akustického výkonu:

$$L_{WA} = 29 \text{ dB}$$

Mezní hladina akustického výkonu: $L_{WA,max} = 35 \text{ dB} \dots > L_{WA} = 29 \text{ dB} \dots$ **VYHOVUJE**

B.4.2.2 Obraz proudění vzduchu v interiéru

Obraz proudění vzduchu při jeho distribuci zaplavováním v řešeném objektu znázorňuje obr. 24.



Obr. 24 - Obraz proudění vzduchu - Zaplavování

B.5 Potrubní síť

Centrální systém nuceného větrání je řešen jako jednokanálový s konstantním průtokem vzduchu. Potrubní síť jsem v 1. nadzemním podlaží musel řešit bez křížení, neboť jsem byl omezen výškou stropu (viz. obr. 12 a 19). Rozvody k jednotlivým zónám jsou vedeny při podlaze v 2. nadzemním podlaží a do každé zóny prostupují skrze strop.

B.5.1 Směšování

Potrubní síť je tvořena potrubím čtyřhranným z pozinkovaného plechu. Pouze pro odvod vzduchu z prostoru toalet je použito potrubí SPIRO, které je napojeno na hlavní čtyřhranné potrubí těsně před vstupem do vzduchotechnické jednotky. Pro snadné napojení anemostatů v hlavním prostoru budovy je použito flexi potrubí.

Podrobný výkaz veškerých prvků vzduchotechnického potrubí, včetně příslušenství k tomuto potrubí je k nalezení v příloze 2 - Technická zpráva s výkazem prvků.

B.5.1.1 Dimenze potrubí a tlakové ztráty

Podrobný výpočet dimenzí a tlakových ztrát pro jednotlivé úseky se nachází v příloze 1 - Výpočty. Zde uvádím pouze ukázkou návrhu rozměru potrubí a výpočtu tlakových ztrát na přívodní větví č. 1.

větev: Přívod 1																		
úsek	typ potrubí	návrh potrubí						výpočet potrubí								ztráta na konci úseku [Pa]		
		V [m ³ /h]	V [m ³ /s]	l [m]	W _{přes} [m/s]	A _{poč} [mm ²]	DN / AxB	A _{skut} [mm ²]	W _{skut} [m/s]	d [mm]	Re [-]	λ [-]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ		Z [Pa]	R*1 + Z [Pa]
1	flexi	398	0,111	0,6	3	36 852	φ 250	49 063	2,25	250	3,61E+04	0,037	0,46	0,27	1,2	3,66	3,93	14,93
2	čtyřhranné	398	0,111	2,25	3	36 852	255 x 255	65 025	1,70	255	2,78E+04	0,025	0,17	0,39	0,0	0,00	0,39	15,32
3	čtyřhranné	796	0,221	6,1	4	55 278	255 x 255	65 025	3,40	255	5,56E+04	0,023	0,61	3,74	0,9	5,90	9,64	24,95
4	čtyřhranné	1593	0,443	3	4	110 625	500 x 255	127 500	3,47	338	7,51E+04	0,021	0,45	1,35	1,7	11,92	13,27	38,23
5	čtyřhranné	3185	0,885	2,4	6	147 454	710 x 255	181 050	4,89	375	1,18E+05	0,020	0,75	1,79	1,5	20,77	22,56	60,79
6	čtyřhranné	5685	1,579	8,7	6	263 194	710 x 400	284 000	5,56	512	1,82E+05	0,018	0,65	5,66	0,6	11,13	16,79	77,58
															anemostat	11,00		
															celkem	77,58		
kinematická viskozita		v =	0,0000156	m ² /s														
ekv. drsnost stěn		ε =	0,15	mm	(hladké čtyřhranné potrubí)													
		ε =	2	mm	(flexi-potrubí)													
úsek	vřazené odpory ξ				Σξ													
	T-rozbočka	odbočka	koleno	konfuzor														
1		1,2			1,2													
2		0			0													
3		0,6	0,25		0,85													
4	1,4			0,25	1,65													
5		1,2	0,25		1,45													
6			0,5	0,1	0,6													

Tab. 5 - Ukázkou návrhu rozměrů potrubí a výpočtu tlakových ztrát na přívodní větví č.1

Následující tabulka zobrazuje rozdíly tlakových ztrát na koncích jednotlivých úseků potrubí. Tuto tabulku jsem použil pro návrh regulačních prvků v potrubí.

Větev	Úsek	Ztráta na konci úseku [Pa]	Tlakový rozdíl [Pa]	Klapka	Nastavení klapky	Tlakový rozdíl po regulaci [Pa]
P1	4	38,23	2,5			2,5
P3	4	35,71				
P1	3	24,95	4,9			5,7
P2	3	20,03				
P1	5	60,79	5,4			4,1
P5	5	55,39				
P3	3	23,93	3,8			5,0
P4	3	20,17				
P5	4	28,98	2,5			3,0
P7	4	26,48				
P5	3	19,92	2,7			3,2
P6	3	17,23				
P7	3	17,38	3,1			3,7
P8	2	14,32				
O1	3	43,41	6,1			7,6
O2	4	37,27				
O1	4	87,89	7,8			0,4
O4	5	80,12				
O1	5	105,2	-1,4			-1,4
O7	4	106,57				
O2	3	29,35	7,0			7,0
O3	2	22,39				
O4	4	61,67	13,3	regulace na anemostatech na větví O6		0,0
O6	3	48,4			60°	
O4	3	38,2	5,3			6,3
O5	3	32,86				
O7	3	89,44	-1,9			-1,9
O8	2	91,35				

Tab. 6 - Tlakové ztráty - Směšování

Z tabulky vyplívá, že potrubní síť je sama o sobě dostatečně zaregulována. V několika případech jsem použil regulační prvky přímo na distribučních prvcích. Zvláštní regulační prvek do některé z větví potrubí jsem v tomto případě tedy použít nemusel. Drobné tlakové rozdíly (do 10 Pa) jsem zanedbával. Nastavení ventilů pro prostor toalet, viz. příloha 3 - Výkresová dokumentace.

B.5.1.2 Izolace potrubí

Potrubí v 2. nadzemním podlaží bude v určitých obdobích vystaveno extrémním podmínkám neboť izolace budovy leží na stropě mezi 1. np a 2. np a potrubí vede až nad touto izolací. Izolaci potrubí tedy navrhuji pouze pro rozvod v prostoru 2. np. Tento prostor jsem ve výpočtech uvažoval jako venkovní klidný. V zimě jsem uvažoval návrhovou teplotu pro tento prostor $t_{2np,zima} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, v létě je tato hodnota $t_{2np,léto} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Zvolený výrobce potrubí - společnost AZ Klima a.s. nabízí kaučukovou izolaci potrubí v maximální tloušťce 19 mm. Tato izolace je na potrubí lepeno přímo ve výrobě. Následující obrázek zobrazuje výpočet tepelné ztráty nejdelšího přívodního úseku potrubí s touto izolací v létě.

Výpočtový stav okolního vzduchu		
Tlak:	98,9	kPa
Nadmořská výška:	500	m
Teplota:	50	°C
Relativní vlhkost:	50	%
Měrná vlhkost:	41.34	g/kg
Typ okolního prostředí:	Vnější klidné	
Parametry potrubí a izolace		
Tvaru potrubí:	<input type="radio"/> Kruh <input checked="" type="radio"/> Obdelník	
Rozměr potrubí A (Ø D):	710	mm
Rozměr potrubí B:	400	
Délka potrubí:	9	m
Objemový průtok:	5685	m ³ /h
Průměrná rychlost:	5.56	m/s
Vstupní teplota v potrubí:	18	°C
Relativní vlhkost v potrubí:	50	%
Měrná vlhkost:	6.562	g/kg
Typ tepelné izolace:	Syntetický kaučuk	
Součinitel tepelné vodivosti:	0.038	W/mK
Tloušťka izolace:	19	mm
Výsledky výpočtu		
	VYPOČÍTAT	VYMAZAT
Výstupní teplota:	18.55	°C
Rosný bod:	36.67	°C
Povrchová teplota i1:	21.41	°C
Povrchová teplota i2:	21.9	°C
Povrchová teplota e1:	46.45	°C
Povrchová teplota e2:	46.51	°C
Minimální tloušťka izolace:	1.173	mm
Tepelná ztráta:	-1041	W

Obr. 25 - Tepelná ztráta nejdelšího přívodního úseku potrubí v 2. np - synt. kaučuk 19 mm - léto [24]

Hodnoty tepelné ztráty a výstupní teploty v potrubí se mi pro tento druh izolace zdály nevhodné. Proto jsem pro stejný úsek potrubí provedl výpočet s izolací z minerální vláken o tloušťce 80 mm.

Výpočtový stav okolního vzduchu		
Tlak:	98,9	kPa
Nadmořská výška:	500	m
Teplota:	50	°C
Relativní vlhkost:	50	%
Měrná vlhkost:	41,34	g/kg
Typ okolního prostředí:	Vnější klidné	
Parametry potrubí a izolace		
Tvaru potrubí:	<input type="radio"/> Kruh <input checked="" type="radio"/> Obdelník	
Rozměr potrubí A (Ø D):	710	mm
Rozměr potrubí B:	400	
Délka potrubí:	9	m
Objemový průtok:	5685	m ³ /h
Průměrná rychlost:	5,56	m/s
Vstupní teplota v potrubí:	18	°C
Relativní vlhkost v potrubí:	50	%
Měrná vlhkost:	6,562	g/kg
Typ tepelné izolace:	Minerální vlna standard	
Součinitel tepelné vodivosti:	0,05	W/mK
Tloušťka izolace:	80	mm
Výsledky výpočtu		
	VYPOČÍTAT	VYMAZAT
Výstupní teplota:	18,22	°C
Rosný bod:	36,67	°C
Povrchová teplota i1:	19,38	°C
Povrchová teplota i2:	19,59	°C
Povrchová teplota e1:	48,56	°C
Povrchová teplota e2:	48,57	°C
Minimální tloušťka izolace:	1,544	mm
Tepelná ztráta:	-422,5	W

Obr. 26 - Tepelná ztráta nejdelšího přívodního úseku potrubí v 2. np - minerální vlna 80 mm - léto [25]

Návrh:

ISOVER Orstech LSP 40 tl. 80 mm

B.5.2 Zaplavování

Potrubní síť je tvořena potrubím čtyřhranným z pozinkovaného plechu. Pouze pro odvod vzduchu z prostoru toalet je použito potrubí SPIRO, které je napojeno na hlavní čtyřhranné potrubí těsně před vstupem do vzduchotechnické jednotky.

Podrobný výkaz veškerých prvků vzduchotechnického potrubí, včetně příslušenství k tomuto potrubí je k nalezení v příloze 2 - Technická zpráva s výkazem prvků.

B.5.2.1 Dimenze potrubí a tlakové ztráty

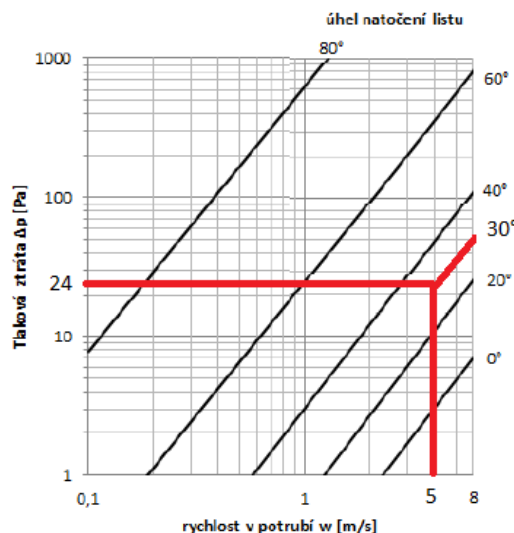
Podrobný výpočet dimenzí a tlakových ztrát pro jednotlivé úseky se nachází v příloze 1 - Výpočty.

Následující tabulka zobrazuje rozdíly tlakových ztrát na koncích jednotlivých úseků potrubí. Tuto tabulku jsem použil pro návrh regulačních prvků v potrubí.

Větev	Úsek	Ztráta na konci úseku [Pa]	Tlakový rozdíl [Pa]	Klapka	Nastavení klapky	Tlakový rozdíl po regulaci [Pa]
P1	4	16,49	5,6			5,6
P2	3	10,86				
P1	5	46,84	9,6			9,6
P3	5	37,27				
P3	4	16,48	5,4			5,4
P4	3	11,08				
O1	2	31,67	0,1			0,1
O2	2	31,6				
O1	3	84,76	23,9	AZ Klima - reg. klapka čtyřhr. jednolistá 630x400	30°	0,0
O3	3	60,88				
O1	4	105,96	-0,6			-0,6
O5	4	106,57				
O3	2	31,67	0,1			0,1
O4	2	31,6				
O5	3	89,44	-1,9			-1,9
O6	2	91,35				

Tab. 7 - Tlakové ztráty - Zaplavování

Z tabulky vyplývá, že potrubní síť je sama o sobě dostatečně zaregulována, kromě úseku 3 na odvodní větvě č.3. V tomto úseku jsem potrubí vybavil jednolistou regulační klapkou. Nastavení klapky, viz. obr. 27. Drobné tlakové rozdíly (do 10 Pa) jsem zanedbával. Nastavení ventilů pro prostor toalet, viz. příloha 3 - Výkresová dokumentace.



Obr. 27 - nastavení regulační klapky v úseku 3 odvodní větve č.3 [26]

B.5.2.2 Izolace potrubí

Ve variantě "zaplavování" jsem pro potrubí v 2. nadzemním podlaží použil stejný druh a tloušťku izolace jako ve variantě "směšování". Okrajové podmínky, délky posuzovaného úseku i průtoky vzduchu v tomto úseku jsou v obou variantách podobné, proto se dá uvažovat s podobnými tepelnými ztrátami, jako u směšování (posudek, viz. obr. 25 a 26).

Návrh:

ISOVER Orstech LSP 40 tl. 80 mm

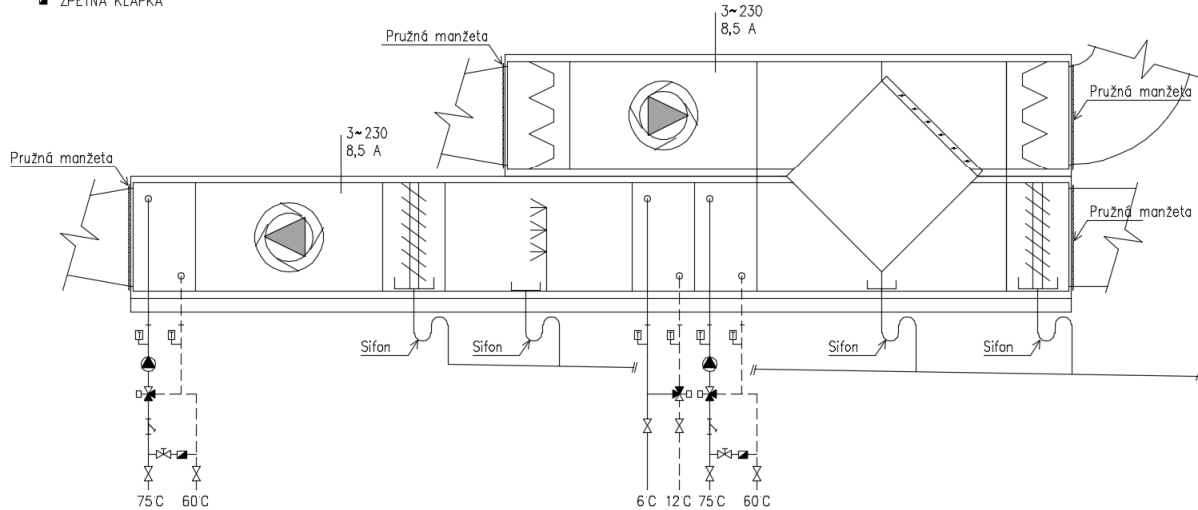
B.6 Vzduchotechnická jednotka

Úprava vzduchu bude probíhat v kompaktní vzduchotechnické jednotce Ventus VS-55-R-PHCH/W. Jednotka bude splňovat požadavky na ekodesign dle Nařízení komise (EU) č. 125/2014 a bude obsahovat rekuperační deskový výměník, primární a sekundární vodní ohříváč vzduchu, vodní chladič vzduchu a adiabatický zvlhčovač vzduchu.

Jednotka bude umístěna v 2. nadzemním podlaží, které není izolováno (izolace je položena na stropě mezi 1.np a 2.np). Bude se tedy jednat o venkovní levostranné provedení.

LEGENDA

- ČERPADLO
- ⊏ FILTR
- ⊗ KULOVÝ KOHOUT
- ⊗ REGULAČNÍ VENTIL
- ⊗ TROJCESTNÝ SMĚŠOVACÍ VENTIL SE SERVO-POHONEM
- ⊏ TEPLOMĚR
- ZPĚTNÁ Klapka



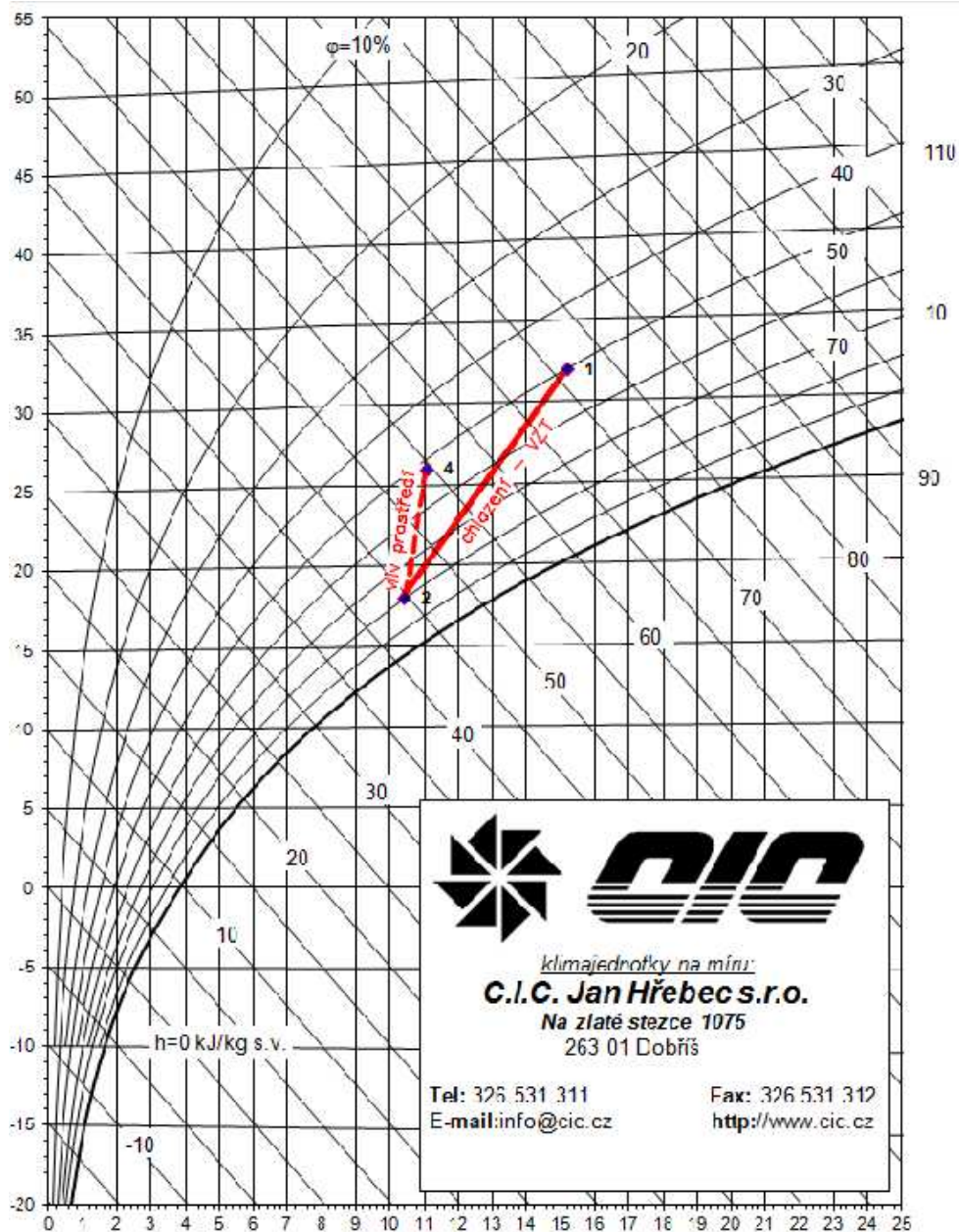
Obr. 28 - Schéma vzduchotechnické jednotky a její napojení na ostatní systémy TZB

B.6.1 Směšování

B.6.1.1 Úprava vzduchu - H-X diagram

Léto

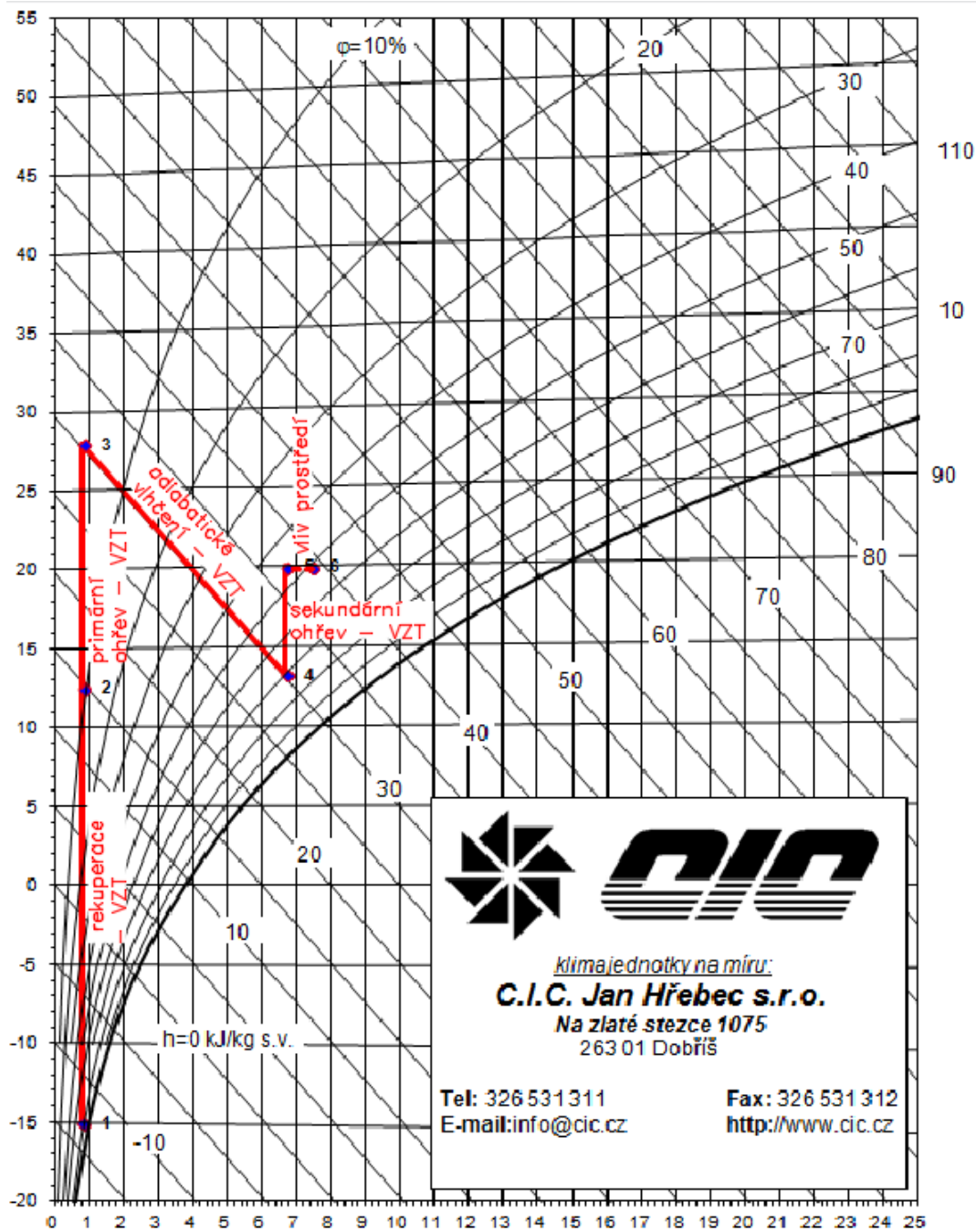
V letním období bude úprava vzduchu probíhat pomocí vodního chladiče vzduchu VS 55 WCL4. Deskový rekuperační výměník tepla nebude v letním období používán - bude použit obtok vzduchu. Jedná se o mokré chlazení, přičemž průměrná teplota na chladiči je $t_{ch} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$. Se započítáním vlivu vnitřního prostředí (krytí tepelné zátěže, zvlčení vzduchu osobami) se dostaneme na požadované parametry vnitřního vzduchu ($t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_i = 52 \%$). Podrobné výpočty, viz. příloha 1 - Výpočty. Výpočet produkce vlhkosti lidmi, viz. příloha 1 - Výpočty.



Obr. 29 - Úprava vzduchu - Směšování - léto

Zima

V zimním období bude úprava vzduchu probíhat pomocí deskového rekuperačního výměníku tepla VS 55 PCR.PREMIUM, primárního ohřivače vzduchu VS 55 WCL 1, adiabatického zvlhčovače vzduchu EVPR.HMFR VS 55 a sekundárního ohřivače vzduchu VS 55 WCL 1. Se započítáním vlivu vnitřního prostředí (zvlhčení vzduchu osobami) se dostaneme na požadované parametry vnitřního vzduchu ($t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_i = 50 \%$). Podrobné výpočty, viz. příloha 1 - Výpočty. Výpočet produkce vlhkosti lidmi, viz. příloha 1 - Výpočty.



Obr. 30 - Úprava vzduchu - Směšování - zima

B.6.1.2 Parametry vzduchotechnické jednotky

Návrh:

Ventus VS-55-R-PHCH/W

Přívod (zima):	5 685 m ³ /h
Odvod (zima):	5 685 m ³ /h
Přívod (léto):	5 000 m ³ /h

Odvod (léto):	5 000 m ³ /h
Izolace:	40 mm
Externí tlak - přívod:	135 Pa
Externí tlak - odvod:	185 Pa
Hmotnost jednotky:	705 kg
SFP:	2,8 kW/m ³ /s (EN 13779)
Třída energetické účinnosti:	C (2016)
Rozměry:	
délka spodní části:	L _S = 5513 mm
délka horní části:	L _H = 3318 mm
šířka:	W = 1339 mm
výška celé jednotky:	H = 1520 mm

Přívodní část:

Filtr:

Typ:	VS 55 B.FLT G4
Tlak. ztráta:	100 Pa

Deskový výměník:

Typ:	VS 55 PCR.PREMIUM
Tlak. ztráta (přívod):	357 Pa
Tlak. ztráta (odvod):	369 Pa
Vstupní vzduch na přívodu (zima):	-15,0°C
Výstupní vzduch na přívodu (zima):	12,6°C
Vstupní vzduch na odvodu (zima):	20,0°C
Výstupní vzduch na odvodu (zima):	0,3°C
Teplotní účinnost (zima):	79 %

pozn.: pouze pro zimní období; v letním období bude použit obtok vzduchu

Vodní ohřívač (primární):

Typ:	VS 55 WCL 1
Tlak. ztráta:	24 Pa
Rychlost vzduchu:	2,4 m/s
Vstup vzduchu (zima):	12,6°C
Výstup vzduchu (zima):	28°C
Vstup vzduchu (léto):	32°C
Výstup vzduchu (léto):	32°C
Tlak. ztráta media:	5,5 kPa
Teplota media před:	75 °C
Teplota media za:	60 °C
Max. přenášený výkon v zimě:	P = 26 kW
Průtok media:	V = 1,49 m ³ /h
Typ kolektoru:	R 1 1/4"

Vodní chladič:

Typ:	VS 55 WCL 4
Tlak. ztráta:	124 Pa

Rychlost vzduchu:	2,5 m/s
Vstup vzduchu (zima):	20°C
Výstup vzduchu (zima):	20°C
Vstup vzduchu (léto):	32°C
Výstup vzduchu (léto):	18°C
Tlak. ztráta media:	32 kPa
Teplota media před:	6 °C
Teplota media za:	12 °C
Max. přenášený výkon v zimě:	P = 50,6 kW
Průtok media:	V = 7,26 m ³ /h
Množství zkondenzované vody:	q _w = 32,8 l/h
Typ kolektoru:	R 1 1/4"

Vodní zvlhčovač - adiabatický:

Typ:	VS 55 EVPR.HMFR
Tlak. ztráta:	56 Pa
Rychlost vzduchu:	2,2 m/s
Vstup vzduchu (zima):	28 °C
Výstup vzduchu (zima):	13,3 °C
Množství odpařené vody:	q _w = 35,4 l/h

Odlučovač kapek:

Typ:	VS 55 DRP.ELTR.ASM
Tlak. ztráta:	11 Pa

Ventilátorová sekce:

Ventilátor:	VS 55 DRCT.DR.FAN 1 v.2
Statický tlak:	831 Pa
Dynamický tlak:	75 Pa
Externí tlak:	135 Pa
Celková účinnost:	76 %
Výkon na hřídeli:	1,89 kW
Jmenovité napětí:	3~230 V
Jmenovitý proud:	8,5 A

Vodní ohřívač (sekundární):

Typ:	VS 55 WCL 1
Tlak. ztráta:	24 Pa
Rychlost vzduchu:	2,5 m/s
Vstup vzduchu (zima):	13,3°C
Výstup vzduchu (zima):	20°C
Vstup vzduchu (léto):	32°C
Výstup vzduchu (léto):	32°C
Tlak. ztráta media:	2,5 kPa
Teplota media před:	75 °C
Teplota media za:	60 °C
Max. přenášený výkon v zimě:	P = 11,5 kW

Průtok media: V = 0,66 m³/h
Typ kolektoru: R 1 1/4"

Odvodní část:

Filtr:

Typ: VS 55 B.FLT G4
Tlak. ztráta: 100 Pa

Ventilátorová sekce:

Ventilátor: VS 55 DRCT.DR.FAN 1 v.2
Statický tlak: 665 Pa
Dynamický tlak: 75 Pa
Externí tlak: 185 Pa
Celková účinnost: 75 %
Výkon na hřídeli: 1,56 kW
Jmenovité napětí: 3~230 V
Jmenovitý proud: 8,5 A

Odlučovač kapek:

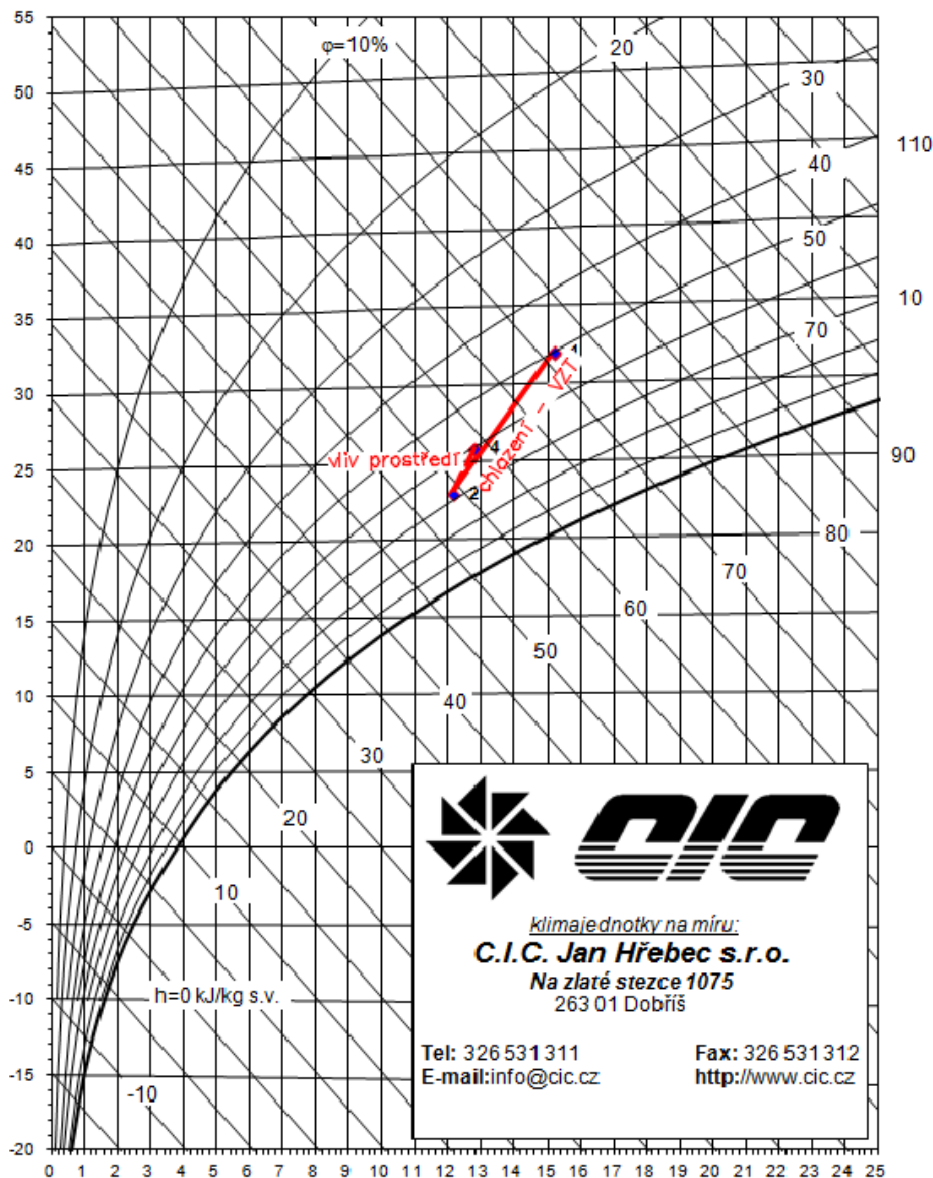
Typ: VS 55 DRP.ELTR.ASM
Tlak. ztráta: 11 Pa

B.6.2 Zaplavování

B.6.2.1 Úprava vzduchu - H-X diagram

Léto

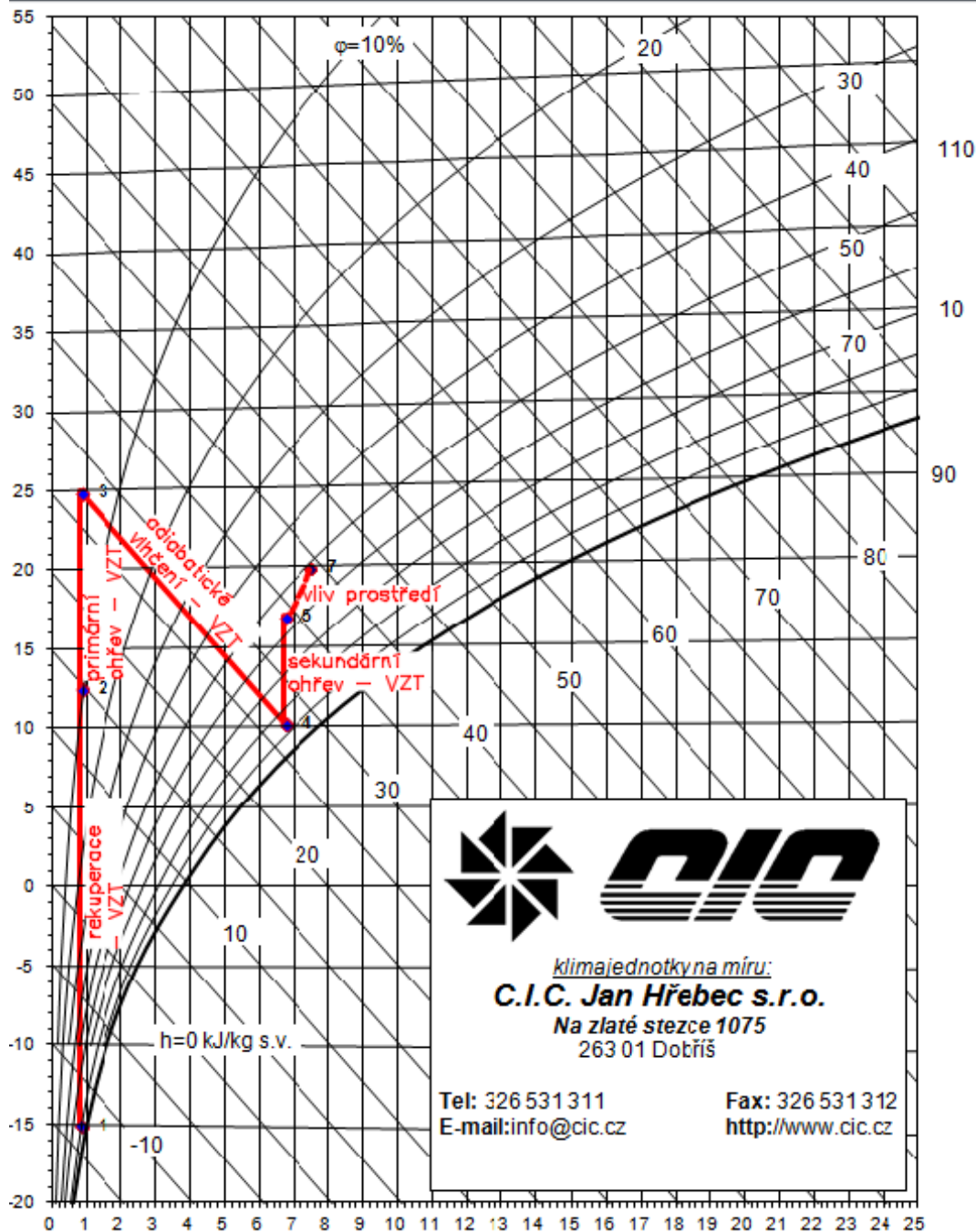
V letním období bude úprava vzduchu probíhat pomocí vodního chladiče vzduchu VS 55 WCL2. Deskový rekuperační výměník tepla nebude v letním období používán - bude použit obtok vzduchu. Jedná se o mokré chlazení, přičemž průměrná teplota na chladiči je $t_{ch} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$. Se započítáním vlivu vnitřního prostředí (krytí tepelné zátěže, zvlhčení vzduchu osobami) se dostaneme na požadované parametry vnitřního vzduchu ($t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_i = 59 \%$). Podrobné výpočty, viz. příloha 1 - Výpočty. Výpočet produkce vlhkosti lidmi, viz. příloha 1 - Výpočty.



Obr. 31 - Úprava vzduchu - Zaplavování - léto

Zima

V zimním období bude úprava vzduchu probíhat pomocí deskového rekuperačního výměníku tepla VS 55 PCR.PREMIUM, primárního ohřívače vzduchu VS 55 WCL 1, adiabatického zvlhčovače vzduchu EVPR.HMFR VS 55 a sekundárního ohřívače vzduchu VS 55 WCL 1. Se započítáním vlivu vnitřního prostředí (zvlčení a ohřátí vzduchu osobami) se dostaneme na požadované parametry vnitřního vzduchu ($t_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_i = 50\%$). Podrobné výpočty, viz. příloha 1 - Výpočty. V případě distribuce vzduchu zaplavováním je i v zimě přiváděný vzduch chladnější, než je návrhová teplota interiéru. V tomto případě je přiváděný vzduch chladnější o $3\text{ }^\circ\text{C}$. Výpočet produkce vlhkosti a tepla lidmi, viz. příloha 1 - Výpočty.



Obr. 32 - Úprava vzduchu - Zaplavování - zima

B.6.2.2 Parametry vzduchotechnické jednotky

Návrh:

Ventus VS-55-R-PHCH/W

Přívod (zima):	5 505 m ³ /h
Odvod (zima):	5 505 m ³ /h
Přívod (léto):	5 000 m ³ /h
Odvod (léto):	5 000 m ³ /h
Izolace:	40 mm
Externí tlak - přívod:	110 Pa
Externí tlak - odvod:	160 Pa
Hmotnost jednotky:	650 kg
SFP:	2,3 kW/m ³ /s (EN 13779)
Třída energetické účinnosti:	C (2016)
Rozměry: délka spodní části:	L _S = 5513 mm
délka horní části:	L _H = 3318 mm
šířka:	W = 1339 mm
výška celé jednotky:	H = 1520 mm

Přívodní část:

Filtr:

Typ:	VS 55 B.FLT G4
Tlak. ztráta:	99 Pa

Deskový výměník:

Typ:	VS 55 PCR.PREMIUM
Tlak. ztráta (přívod):	339 Pa
Tlak. ztráta (odvod):	351 Pa
Vstupní vzduch na přívodu (zima):	-15,0°C
Výstupní vzduch na přívodu (zima):	12,6°C
Vstupní vzduch na odvodu (zima):	20,0°C
Výstupní vzduch na odvodu (zima):	0,3°C
Teplotní účinnost (zima):	79 %

pozn.: pouze pro zimní období; v letním období bude použit obtok vzduchu

Vodní ohřívač (primární):

Typ:	VS 55 WCL 1
Tlak. ztráta:	22 Pa
Rychlost vzduchu:	2,3 m/s
Vstup vzduchu (zima):	12,6°C
Výstup vzduchu (zima):	25°C
Vstup vzduchu (léto):	32°C
Výstup vzduchu (léto):	32°C
Tlak. ztráta media:	4,5 kPa
Teplota media před:	75 °C
Teplota media za:	60 °C

Max. přenášený výkon v zimě: P = 20,9 kW
Průtok media: V = 1,2 m³/h
Typ kolektoru: R 1 1/4"

Vodní chladič:

Typ: VS 55 WCL 2
Tlak. ztráta: 60 Pa
Rychlost vzduchu: 2,4 m/s
Vstup vzduchu (zima): 20°C
Výstup vzduchu (zima): 20°C
Vstup vzduchu (léto): 32°C
Výstup vzduchu (léto): 23°C

Tlak. ztráta media: 15,5 kPa
Teplota media před: 6 °C
Teplota media za: 12 °C
Max. přenášený výkon v zimě: P = 31,5 kW
Průtok media: V = 4,52 m³/h
Množství zkondenzované vody: q_w = 20,3 l/h
Typ kolektoru: R 1 1/4"

Vodní zvlhčovač - adiabatický:

Typ: VS 55 EVPR.HMFR
Tlak. ztráta: 44 Pa
Rychlost vzduchu: 1,9 m/s
Vstup vzduchu (zima): 25 °C
Výstup vzduchu (zima): 10,3 °C
Množství odpařené vody: q_w = 35,4 l/h

Odlučovač kapek:

Typ: VS 55 DRP.ELTR.ASM
Tlak. ztráta: 10 Pa

Ventilátorová sekce:

Ventilátor: VS 55 DRCT.DR.FAN 1 v.2
Statický tlak: 707 Pa
Dynamický tlak: 70 Pa
Externí tlak: 110 Pa
Celková účinnost: 76 %
Výkon na hřídeli: 1,58 kW
Jmenovité napětí: 3~230 V
Jmenovitý proud: 8,5 A

Vodní ohřívač (sekundární):

Typ: VS 55 WCL 1
Tlak. ztráta: 23 Pa
Rychlost vzduchu: 2,4 m/s
Vstup vzduchu (zima): 10,3°C

Výstup vzduchu (zima):	17°C
Vstup vzduchu (léto):	32°C
Výstup vzduchu (léto):	32°C
Tlak. ztráta media:	2,5 kPa
Teplota media před:	75 °C
Teplota media za:	60 °C
Max. přenášený výkon v zimě:	P = 11,4 kW
Průtok media:	V = 0,65 m ³ /h
Typ kolektoru:	R 1 1/4"

Odvodní část:

Filtr:

Typ:	VS 55 B.FLT G4
Tlak. ztráta:	99 Pa

Ventilátorová sekce:

Ventilátor:	VS 55 DRCT.DR.FAN 1 v.2
Statický tlak:	620 Pa
Dynamický tlak:	70 Pa
Externí tlak:	160 Pa
Celková účinnost:	75 %
Výkon na hřídeli:	1,41 kW
Jmenovité napětí:	3~230 V
Jmenovitý proud:	8,5 A

Odlučovač kapek:

Typ:	VS 55 DRP.ELTR.ASM
Tlak. ztráta:	10 Pa

B.7 Závěr

Z hlediska distribuce vzduchu do místnosti jsem pro daný objekt vypracoval 2 varianty návrhu vzduchotechniky. Spočítal jsem tepelnou zátěž, dále jsem pro obě varianty vypočítal množství větracího vzduchu, navrhl distribuční prvky, potrubní síť a vzduchotechnickou jednotku. I když se jedná o relativně malý objekt, tepelná zátěž, především od sluneční radiace a od osob, je značná. Právě pokrytí tepelné zátěže v letním období bylo pro návrh množství větracího vzduchu rozhodující. Zatímco u varianty směšování nebyl problém tuto zátěž přiváděným chladným vzduchem pokrýt, u varianty zaplavování jsem byl schopen pokrýt pouze 30 až 40 % celkové tepelné zátěže objektu. Tento problém u zaplavování vzniká ze dvou důvodů - první problém je malý teplotní rozdíl mezi přiváděným vzduchem a vzduchem v interiéru a tím pádem vysoké průtoky přiváděného chladícího vzduchu; druhý problém představují samotné distribuční prvky (velkoplošné vyústě), které v tomto případě

nejsou schopné bezpečně zajistit požadovaný průtok vzduchu z důvodu omezení rychlosti přiváděného vzduchu v pobytové zóně. Zbývající tepelnou zátěž, kterou navržený vzduchotechnický systém není schopný pokrýt, bude v této variantě kompenzovat systém pasivních chladících trámů. Při ceně cca 10 000 Kč za jeden trám a při navrženém počtu 16 trámů pro celý objekt je to však značná investice navíc.

Za další nevýhodu zaplavování lze považovat fakt, že velkoplošné vyústě zasahují do prostoru v pobytové zóně osob a do jisté míry ho omezují. V případě směšování se veškeré distribuční prvky nacházejí v podhledu a osobám nepřekáží. Vzduchotechnické jednotky se v obou variantách až na malé drobnosti neliší.

Jako vhodnější řešení pro tento objekt považuji z výše uvedených důvodů variantu distribuce vzduchu směšováním.

Použité zdroje

Zákony, vyhlášky, normy, směrnice

1. ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985.
2. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
3. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

Publikace

4. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007.
5. DRKAL, František, ZMRHAL, Vladimír. *Větrání*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015.

Elektronické zdroje

6. Směšovací proudění s kompaktním proudem velkého dosahu. In: A_VZT 08_12 [online]. 2012, Ing. Olga Rubinová, Ph.D.. [cit. 2016-5-10]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_VZT%2008_09.pdf
7. VNM - vyústka nastavitelná. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/mrizky-a-vyustky/vnm>
8. VLCM - Anemostat lamelový. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/alcem>
9. VVM Vyúst' s vířivým výtokem vzduchu. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/vvm>
10. VSV Vyúst' se štěrbinovým výtokem vzduchu. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/vyuste-a-ostatni/vsv>
11. DDM II Dýza s dalekým dosahem. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/ddm-ii>
12. Zaplavovací větrání. In: A_VZT 08_12 [online]. 2012, Ing. Olga Rubinová, Ph.D.. [cit. 2016-5-10]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_VZT%2008_09.pdf

13. VPVM Velkoplošná vyúst'. In: Vzduchotechnika, protipožární technika - Mandik [online]. 2016, Mandik, a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/vyuste-a-ostatni/vpvm>
14. TYPE TDV-SILENTAIR. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/vířivé-anemostaty/type-tdv-silentair-f44b7cf295e0df0f>
15. Aerodynamic Data TDV-SilentAIR. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/vířivé-anemostaty/type-tdv-silentair-f44b7cf295e0df0f>
16. Acoustic Data - TDV-SA-Q...-H. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/vířivé-anemostaty/type-tdv-silentair-f44b7cf295e0df0f>
17. TYPE LVS. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/vzduchové-ventily/type-lvs-4b96760108cf94f7>
18. Acoustic data - Extract Air - Type LVS. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/vzduchové-ventily/type-lvs-4b96760108cf94f7>
19. TYPE QLE - QLF. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/velkoplošné-vyústě/type-qle-qlf-c5ff87b4c36d03bf>
20. Aerodynamic Data QLF. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/velkoplošné-vyústě/type-qle-qlf-c5ff87b4c36d03bf>
21. Pressure Drop - Acoustic Data. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/velkoplošné-vyústě/type-qle-qlf-c5ff87b4c36d03bf>
22. Grilles, Linear Grilles. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/větrací-mřížky/type-asl-0d319ea2a0f79dec>
23. Acoustic Data. In: TROX Austria GmbH [online]. 2016, TROX Austria GmbH. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/větrací-mřížky/type-asl-0d319ea2a0f79dec>
24. Výpočet tloušťky izolace a tepelných ztrát potrubí. In: Qpro [online]. 2016, Qpro. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tloustka-izolace-potrubi>
25. Výpočet tloušťky izolace a tepelných ztrát potrubí. In: Qpro [online]. 2016, Qpro. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tloustka-izolace-potrubi>
26. Graf tlakových ztrát. In: AZ KLIMA [online]. 2016, AZ KLIMA a.s.. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.azklima.com/cs/ke-stazeni>

Použité programy

Autodesk AutoCAD 2015 + nastavba Qbasic

Autodesk Revit 2016

MS Office 2007

Svoboda software - Teplo 2014 EDU

Seznam použitých obrázků, tabulek, grafů

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 - Směšování [6]</i>	4
<i>Obr. 2 - Větrací mřížka [7]</i>	5
<i>Obr. 3 - Anemostat lamelový [8]</i>	5
<i>Obr. 4 - Anemostat vířivý [9]</i>	6
<i>Obr. 5 - Štěrbina [10]</i>	6
<i>Obr. 6 - Dýza [11]</i>	7
<i>Obr. 7 - Zaplavování [12]</i>	8
<i>Obr. 8 - Velkoplošná vyúst' [13]</i>	9
<i>Obr. 9 - Kulturní dům v Úsobí</i>	11
<i>Obr. 10 - Studie oslunění</i>	15
<i>Obr. 11 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air [14]</i>	25
<i>Obr. 12 - Schéma distribuce vzduchu - Směšování</i>	26
<i>Obr. 13 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air - posouzení mezních rychlostí vzduchu [15]</i>	26
<i>Obr. 14 - Vířivý anemostat Trox TDV Silent Air - posouzení tlakových ztrát a hluku [16]</i>	27
<i>Obr. 15 - Vzduchový ventil Trox LVS [17]</i>	28
<i>Obr. 16 - Vzduchový ventil Trox LVS - posouzení tlakových ztrát a hluku [18]</i>	28
<i>Obr. 17 - Obraz proudění vzduchu - Směšování</i>	29
<i>Obr. 18 - Velkoplošná vyústka Trox QLF a QLE [19]</i>	30
<i>Obr. 19 - Schéma distribuce vzduchu - Zaplavování</i>	31
<i>Obr. 20 - Velkoplošná vyústka Trox QLF 1500 x 750 - posouzení mezních rychlostí vzduchu [20]</i>	31
<i>Obr. 21 - Velkoplošná vyústka Trox QLF 1500 x 750 - posouzení tlakových ztrát a hluku [21]</i>	32
<i>Obr. 22 - Větrací mřížka Trox [22]</i>	33
<i>Obr. 23 - Větrací mřížka Trox ASL-AS - posouzení tlakové a hluku [23]</i>	33
<i>Obr. 24 - Obraz proudění vzduchu - Zaplavování</i>	35
<i>Obr. 25 - Tepelná ztráta nejdelšího přívodního úseku potrubí v 2. np - synt. kaučuk 19 mm - léto [24]</i>	38
<i>Obr. 26 - Tepelná ztráta nejdelšího přívodního úseku potrubí v 2. np - minerální vlna 80 mm - léto [25]</i>	39
<i>Obr. 27 - nastavení regulační klapky v úseku 3 odvodní větve č.3 [26]</i>	41
<i>Obr. 28 - Schéma vzduchotechnické jednotky a její napojení na ostatní systémy TZB</i>	42
<i>Obr. 29 - Úprava vzduchu - Směšování - léto</i>	43
<i>Obr. 30 - Úprava vzduchu - Směšování - zima</i>	44
<i>Obr. 31 - Úprava vzduchu - Zaplavování - léto</i>	48
<i>Obr. 32 - Úprava vzduchu - Zaplavování - zima</i>	49

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 - Maximální tepelné zátěže zón</i>	13
<i>Tab. 2 - Množství větracího vzduchu - Směšování</i>	18
<i>Tab. 3 - Množství větracího vzduchu - Zaplavování</i>	21
<i>Tab. 4 - Skutečné množství větracího vzduchu s chladícími trámci - Zaplavování</i>	22
<i>Tab. 5 - Ukázka návrhu rozměrů potrubí a výpočtu tlakových ztrát na přívodní větví č.1</i>	36
<i>Tab. 6 - Tlakové ztráty - Směšování</i>	36
<i>Tab. 7 - Tlakové ztráty - Zaplavování</i>	40

Seznam grafů

<i>Graf 1 - Tepelná zátěž zóny "Taneční sál"</i>	13
<i>Graf 2 - Tepelná zátěž zóny "Sál, výčep, kuchyňka"</i>	14

Seznam příloh a výkresů

Seznam příloh

Příloha 1 - Výpočty (směšování, zaplavování)

Příloha 2 - Technická zpráva s výkazem prvků (směšování, zaplavování)

Příloha 3 - Výkresová dokumentace (směšování, zaplavování)

Seznam výkresů

Výkres č. 1 - STUDIE - půdorys 1.np	M 1:75
Výkres č. 2 - STUDIE - půdorys 2.np	M 1:75
Výkres č. 3 - Půdorys 1.np	M 1:75
Výkres č. 4 - Půdorys 2.np	M 1:75
Výkres č. 5 - Koncepce distribuce vzduchu - směšování	
Výkres č. 6 - Dělení úseků - směšování	
Výkres č. 7 - Distribuce vzduchu - půdorys 1.np - směšování	M 1:50
Výkres č. 8 - Distribuce vzduchu - půdorys 2.np - směšování	M 1:50
Výkres č. 9 - Distribuce vzduchu - řez A-A, řez D-D - směšování	M 1:50
Výkres č. 10 - Distribuce vzduchu - řez B-B, řez C-C - směšování	M 1:50
Výkres č. 11 - Distribuce vzduchu - řez E-E - směšování	M 1:50
Výkres č. 12 - Distribuce vzduchu - řez F-F - směšování	M 1:50
Výkres č. 13 - Distribuce vzduchu - řez G-G - směšování	M 1:50
Výkres č. 14 - Distribuce vzduchu - řez H-H - směšování	M 1:50
Výkres č. 15 - Koncepce distribuce vzduchu - zaplavování	
Výkres č. 16 - Dělení úseků - zaplavování	
Výkres č. 17 - Distribuce vzduchu - půdorys 1.np - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 18 - Distribuce vzduchu - půdorys 2.np - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 19 - Distribuce vzduchu - řez A-A, řez D-D - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 20 - Distribuce vzduchu - řez B-B, řez C-C - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 21 - Distribuce vzduchu - řez E-E - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 22 - Distribuce vzduchu - řez F-F - zaplavování	M 1:50
Výkres č. 23 - Distribuce vzduchu - řez G-G - zaplavování	M 1:50

