

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VZDUCHOTECHNIKA SPORTOVNÍHO CENTRA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TATIANA DANILOVA**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Roman Musil, Ph.D.**

**Konzultant:**

**doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.**

**2017/2018**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: DANILOVA Jméno: TATIANA Osobní číslo: 426627

Zadávací katedra: K11125 - KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Studijní program: B3651 - STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 3608R008 - KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vzduchotechnika sportovního centra

Název bakalářské práce anglicky: Sport centrum ventilation

Pokyny pro vypracování:

Zadáním bakalářské práce je vypracování projektu vzduchotechniky ve stupni rozšířeného stavebního povolení sportovního centra Děkanka Spartak Praha 4. Součástí projektové dokumentace budou půdorysy, řezy stoupacím potrubím, detaily křížení potrubí, řezy VZT jednotkou včetně její specifikace a technická zpráva. Součástí bakalářské práce bude studie pojednávající o variantách větrání sportovního centra.


Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 11.10.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 14.1.2018


Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

  
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 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“.*

  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

## **PROHLÁŠENÍ**

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

V Praze, 13. ledna 2017

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Romanovi Musilovi, Ph.D. za odborné vedení, za jeho čas, cenné rady, trpělivost a porozumění. Osobně bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu při zpracování této práce.

<b>TEORETICKÁ ČÁST – VARIANTY VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍHO CENTRA.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>I.1 ÚVOD.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>I.2 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>I.2.1 METODY PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ .....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>I.2.1.1 INFILTRACE.....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>I.2.1.2 AERACE .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>I.2.1.3 PROVĚTRÁVÁNÍ .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>I.2.1.4 ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ.....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>I.2.1.5 POSOUZENÍ PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>I.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>I.3.1 CHARAKTERISTIKA VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>I.4 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY .....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>I.4.1 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY ATLETICKÝCH SPORTOVNÍCH HAL A TĚLOCVIČEN .....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>I.4.2 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY BAZÉNOVÝCH HAL .....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>I.5 ATLETICKÉ SPORTOVNÍ HALY A TĚLOCVIČNY .....</b>	<b>- 12 -</b>
<b>I.6 BAZÉNY A VÍŘIVKY .....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>I.7 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍCH OBJEKTŮ .....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>I.7.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍCH OBJEKTŮ S VYUŽITÍM POMOCNÉ VZDUCHOTECHNIKY .....</b>	<b>- 17 -</b>
<b>I.8 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ SPORTOVNÍCH HAL.....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>I.9 CHLAZENÍ SPORTOVNÍCH HAL.....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>I.10 ZÁVĚR.....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>- 24 -</b>
<b>II.1.1 CHARAKTERISTIKA A ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY .....</b>	<b>- 24 -</b>
<b>II.1.2 SOUPIS VÝCHOZÍCH PODKLADŮ.....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>II.1.3 KLIMATICKÉ PODMÍNKY STAVBY .....</b>	<b>- 25 -</b>

<b>II.1.4 POŽADOVANÉ PARAMETRY VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU .....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>II.1.5 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>- 27 -</b>
<b>II.1.5.1 HYGIENICKÉ POŽADAVKY A MINIMÁLNÍ DÁVKY VZDUCHU .....</b>	<b>- 28 -</b>
<b>II.1.6 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.1.6.1 NÁVRH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ.....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.1.6.2 VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ.....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.1.6.3 KONCEPCE VĚTRACÍCH ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.1.6.4 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 1 – VĚTRÁNÍ 1.PP .....</b>	<b>- 33 -</b>
<b>II.1.6.5 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 2 – VĚTRÁNÍ 1.NP.....</b>	<b>- 33 -</b>
<b>II.1.6.6 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 3 – VĚTRÁNÍ 2.NP.....</b>	<b>- 34 -</b>
<b>II.1.6.7 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 4 – VĚTRÁNÍ RELAX CENTRA .....</b>	<b>- 35 -</b>
<b>II.1.7 NÁROKY NA ENERGIE .....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>II.1.8 MĚŘENÍ A REGULACE (MAR).....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>II.1.9 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE.....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>II.1.9.1 STAVEBNÍ ÚPRAVY.....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>II.1.9.2 SILNOPROUD.....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>II.1.9.3 VYTÁPĚNÍ .....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>II.1.9.4 ZDRAVOTNÍ TECHNIKA .....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>II.1.10 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ A OPATŘENÍ PROTI ŠÍŘENÍ VIBRACÍ .....</b>	<b>- 38 -</b>
<b>II.1.11 IZOLACE A NÁTĚRY .....</b>	<b>- 38 -</b>
<b>II.1.12 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ .....</b>	<b>- 38 -</b>
<b>II.1.13 MONTÁŽ, PROVOZ, OBSLUHA, ÚDŘBA ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>- 38 -</b>
<b>II.1.14 ZÁVĚR .....</b>	<b>- 38 -</b>
<b>II.1.15 PŘÍLOHY TECHNICKÉ ZPRÁVY .....</b>	<b>- 39 -</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:.....</b>	<b>- 40 -</b>
<b>KNIŽNÍ ZDROJE:.....</b>	<b>- 40 -</b>

<b>NORMY, ZÁKONY, VÝHLAŠKY:</b> .....	<b>40 -</b>
<b>ELEKTRONICKÉ ZDROJE:</b> .....	<b>40 -</b>
<b>PODKLADY VÝROBCŮ:</b> .....	<b>41 -</b>
<b>SEZNAM OBRAZKŮ:</b> .....	<b>42 -</b>
<b>SEZNAM TABULEK:</b> .....	<b>43 -</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK A SYMBOLŮ:</b> .....	<b>44 -</b>
<b>SEZNAM PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE:</b> .....	<b>46 -</b>

## **ABSTRAKT**

Daná bakalářská práce řeší projekt vzduchotechniky sportovního centra Děkanka Spartak Praha 4 ve stupni rozšířeného stavebního povolení. Cílem této práce je navrzení tří až čtyřech vzduchotechnických zařízení pro zadaný objekt.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí: výpočtové části a teoretické části. První část se zabývá návrhem vzduchotechnických jednotek včetně jejich specifikací a technické zprávy. Součástí bude projektová dokumentace (půdorysy, řezy stoupacím potrubím, detaily křížení potrubí, řezy VZT jednotkami). Předmětem teoretické části je pojednávání o variantách větrání sportovního centra.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vzduchotechnika, výměna vzduchu, přirozené větrání, nucené větrání, sportovní haly, vzduchotechnická jednotka, anemostat, dýza teplovzdušné vytápění, chlazení.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis looks for the solution to ventilation in sport centrum Děkanka Spartak Prague 4 in building permission step. The objective of this work is to design three or four air-conditioning units in the part of assigned building.

The bachelor thesis is divided into two main parts: theoretical part and calculation part. The first part is practically focused on designing of air-condition units including all specifications and technical information. Part of this work will be project documentation (ground plans, cuts, details of crossing piping, cuts of air-conditioning units). The theme for theoretical part deal with the variations of distribution air in sport facility.

## **KEYWORDS**

Ventilation, air exchange, natural ventilation, forced ventilation, sport facility, air-conditioning unit, anemostat diffuser, nozzle air heating, cooling.



# TEORETICKÁ ČÁST – VARIANTY VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍHO CENTRA

## I.1 ÚVOD

Význam větrání v současné době je výrazný, obzvláště pro objekty sportovního účelu (fitness kluby nebo plavecké bazény, zimní stadiony nebo atletické haly), kde se návštěvníci aktivně věnují sportu. Čím menší je objekt, tím rychleji se budou šířit nebezpečné škodliviny (oxid uhličitý, oděrové látky, teplo, přebytečná produkce vodní páry atd.) ovzduším. Škodliviny znečišťují prostředí a snižují kvalitu vzduchu. Proto veškerý projekt větrání je závislý především na objektu - jeho rozměrech, poloze, architektonických zvláštностech a způsobu využití vnitřního prostředí. Dalším kritériem je počet osob nacházejících se v objektu. Výměna vzduchu musí vždy odpovídat stanoveným normám. Je zjištěno, že cvičení za zhoršených podmínek mikroklimatu snižuje efektivnost práce, vede ke snížení sportovních výsledků u sportovců a ke zhoršení jejich zdravotního stavu. Proto je důležitá správnost výpočtů potřebného množství přiváděného a odváděného vzduchu, důkladné zvolení a správně rozmístění distribučních elementů, zvolení vhodného vzduchotechnického zařízení.

Hlavním tématem bakalářské práce je pojednávání o různých variantách větrání sportovního centra. Obecně rozlišujeme dva typy distribuce vzduchu do budovy: přirozené větrání – pomocí přírodních sil a nucené větrání – pomocí ventilátoru.

## I.2 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ

Z finančního hlediska je přirozené větrání nejlevnější, z hlediska provedení je nejjednodušší a nejrozšířenější systém z existujících. Dříve, do 90. let XX. století, především v rodinných a bytových domech, také v nemocnicích, školách a administrativních budovách, fungovalo větrání pomocí infiltrace. Venkovní vzduch všemi netěsnostmi (např. přes dřevěná okna) pronikal dovnitř, procházel přes spáru pod dveřmi a šel do větrací mřížky v koupelně nebo v kuchyni. Prostým způsobem byla zajištěna ventilace prostorů. Tato varianta větrání měla i nepříjemné následky. Velmi často vznikala průvan v zimních a chladných měsících. Efektivnost takového způsobu přirozeného větrání klesala postupem času a díky inovacím v nových stavebních materiálech s lepšími vlastnostmi, v použití různých izolantů a elementů pro pasivní stavby, ale ještě dlouho se pokračovalo na stavbách v aplikacích zastaralých technologií.

Výhody přirozeného větrání jsou nepochybné: fungují samostatně, nepotřebují využití elektrické energie, nepoužívají se žádná zařízení pro umělý pohon vzduchu. Účinek vztlaku se

zajišťuje na základě rozdílu měrných hmotností venkovního a interiérového vzduchu o různé teplotě, a také na základě vnějších vlivů (tlak a sání větru na budovu).

Vzniká tlakový rozdíl:

$$\Delta p = p_e - p_i = h \times g \times (\rho_e - \rho_i) \text{ [Pa]}, \text{ kde}$$

$p_e$  [Pa] – exteriérový tlak,

$p_i$  [Pa] – interiérový tlak,

$h$  [m] – výšková vzdálenost mezi otvory,

$g$  [m/s<sup>2</sup>] – tíhové zrychlení,

$\rho_e$  [kg/m<sup>3</sup>] – hustota exteriérového vzduchu,

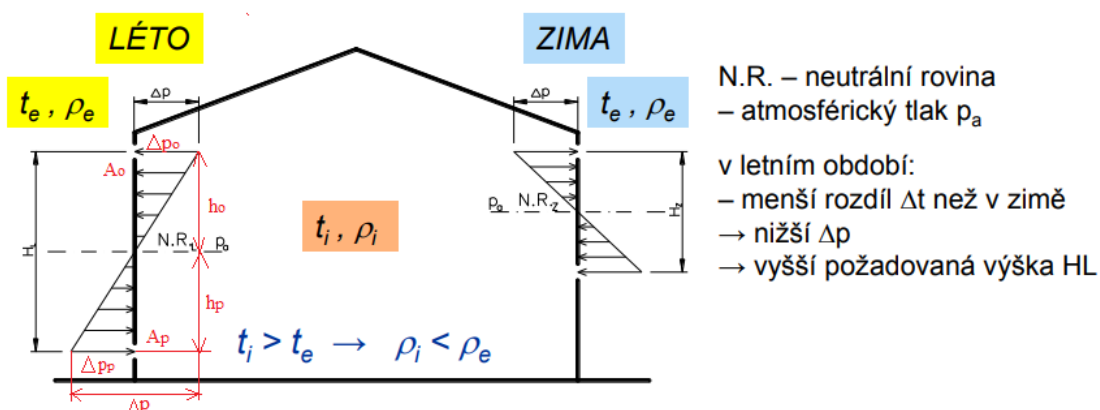
$\rho_i$  [kg/m<sup>3</sup>] – hustota interiérového vzduchu.

Nutno podotknout, že při větrání prostoru s dvěma otvory (pod střechou a u podlahy), lze sestavit rovnici větrací rovnováhy  $M_p = M_o \Rightarrow N_1 \cdot R_1 = N_2 \cdot R_2$  a najít polohu neutrální osy. Účinný vztlak se rozloží do dvou složek:  $\Delta p = \Delta p_p + \Delta p_o$ , kde  $\Delta p_p$  – účinný tlak na přiváděcích otvorech,  $\Delta p_o$  – účinný tlak na odváděcích otvorech. Z toho předpokladu lze sestavit rovnici:

$$\mu_p \times A_p \times \sqrt{2\rho_e \Delta p_p} = \mu_o \times A_o \times \sqrt{2\rho_i \Delta p_o}, \text{ kde}$$

$\mu_p, \mu_o$  [-] - průtokový součinitel závislý na úhlu otevření otvoru,

$A_p, A_o$  [m<sup>2</sup>] – plocha přiváděcího a odváděcího otvorů,



Obrázek 1 – poloha neutrální osy v místnosti větrané dvěma otvory [1]

Nevýhody přirozeného větrání spočívají pouze v tom, že není možno zajistit požadovanou filtraci vzduchu, výsledkem je, že se nehodí takový typ větrání pro objekty nacházející se v oblastech s vysokou prašností. Dalším mínusem je nemožnost tepelné úpravy přiváděného vzduchu.

Velmi často se přirozené větrání využívá u malých objektů, např. v rodinných a bytových domech. Pro velké objekty, jako průmyslové haly, lze aplikovat aerace jako jednu z variant přirozeného větrání. Ale komplikovanější objekty s rozsáhlou plochou, např. divadla, nákupní centra, letiště – místa pro shromažďování velkého počtu osob – potřebují určitou výměnu vzduchu, kterou nelze vždy dosáhnout pouze přirozeným větráním.

## I.2.1 METODY PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ

Rozlišujeme čtyři různé způsoby přirozeného větrání vzduchu a jejich kombinace: infiltrace, provětrávání, aerace a šachtové větrání.

### I.2.1.1 INFILTRACE

Jak bylo řečeno výše, infiltrace je velmi častý způsob vyžití přirozeného větrání především u obytných budov. Cirkulace vzduchu lze dosáhnout přes spáry v oknech a dveřích, a také přes všechny možné štěrby a netěsnosti v obálce budovy. V létě je nefunkční, v zimním období nepraktická z důvodu největšího úniku tepla. Musí být kontrolována těsněním, aby se venkovní prašné částice a přebytečná vlhkost nedostaly do prostoru interiéru. ČSN 73 0540-2 v dnešní době nepřipouští netěsnosti. Průtok vzduchu infiltrací je možné vypočítat z rovnice (podle ČSN 06 0210):

$$M = i \times l \times (\Delta p)^n \text{ [m}^3\text{/s]},$$

kde  $\Delta p$  [Pa] – působící tlakový rozdíl na otvoru,

$l$  [m] – délka spáry,

$n=0,6$  až  $0,7$  [-] – průtokový exponent,

$i$  [(m<sup>3</sup>/s) / (m<sup>3</sup>Pa<sup>n</sup>)] – součinitel spárové průvzdušnosti.

Okna a dveře mají v dnešní době vysoké hodnoty těsnosti a velmi nízký součinitel spárové průvzdušnosti. Problém je nezvykle důležitý u staré zástavby s plynovými spotřebiči, kde vyžití

oken s nízkou hodnotou průvzdušnosti vede k nedostatečné výměně vzduchu v místnosti. V takovém případě hrozí hygienické potíže a nemůže být zajištěn bezpečný provoz daného prostoru. Podstatným řešením byl by výpočet průtoků větracího a spalovacího vzduchu v návaznosti na objem celé místnosti a potřebných opatření.

Existují rozličné metody zvyšování okenní a dveřní průvzdušnosti, aby se vzduch lépe procházel okny a dveřmi, např. použití větracích záklopek a perforovaného těsnění, ventilačních klapek osazených na skle, větracích štěrbin atd.



Obrázek 2a - větrací systém Aireco - větrací štěrba na okno [2]

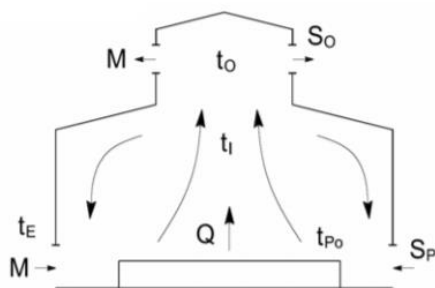


Obrázek 2b - větrací systém Renson – ventilační klapka do skla [3]

## I.2.1.2 AERACE

Aerací obvykle pojmenujeme jeden z nejznámějších a nejpoužívanějších metod přirozeného větrání, nejčastěji průmyslových a výrobních hal. Slouží hlavně pro snížení teploty na pracovišti, kde převládají výrazně zvýšené tepelné zátěže (větší než  $25 \text{ W/m}^3$ ).

Princip aerace, jako libovolné metody přirozeného větrání, spočívá ve vytváření pohybu vzduchu s rozdílnou interiérovou a exteriérovou teplotou. Účinek tohoto vztlaku je závislý především na výškovém rozdílu otvorů o určité ploše a na diferenci měrných hustot vzduchu. Je třeba důkladné rozmístění regulovatelných otvorů pro přivádění (ve stěnách nad pracovní zónou) a odvádění vzduchu (pod stropem ve střeše) pro zajištění aerace.



Obrázek 3 - aerace haly s vývinem vnitřního tepla [4]

Na obrázku 3 je přehledně představená aerace tepelně zatížené haly s vývinem vnitřního tepla. Část horkého vzduchu ze zdroje tepla konvekcí stoupá a odchází přes střešní otvory, druhá část cirkuluje halou: nahoře se otáčí, ochlazuje se na obvodových stěnách a klesá do pracovní zóny. Současně postupuje přes příváděcí otvory do haly čerstvý exteriérový vzduch, který se s cirkulujícím vzduchem mísí a znova postupuje ke zdroji tepla.

Průtok vzduchu aerací je možné určit na základě tepelné bilance z rovnice:

$$\dot{M} = \frac{Q}{c \times (t_o - t_e)} \text{ [m}^3\text{/s]},$$

kde  $Q = Q_i \pm Q_e$  [W] – vnitřní a vnější tepelné zátěže/ ztráty,

$t_o$  [°C] – teplota odváděného vzduchu,

$t_e$  [°C] – teplota venkovního vzduchu,

$c$  [J / kg\*K] – měrná tepelná kapacita vzduchu.

Velký význam má empirická hodnota  $B$ , která je vždy menší než 1a, která vyjadřuje velikost cirkulace. Je nutná pro navrhování teploty odváděného vzduchu a teploty v pracovní oblasti. Velmi důležité je, že v létě rozdíl teplot v pracovní zóně a exteriéru nesmí překročit hodnotu v 5 K.

$$B = \frac{t_{po} - t_e}{t_o - t_e} < 1,$$

kde  $t_{po}$  [°C] – teplota v pracovní zóně,

$t_o$  [°C] – teplota odváděného vzduchu,

$t_e$  [°C] – teplota venkovního vzduchu.

Jako aerační zařízení se velmi často používají okenní světlíková křídla otočná kolem svislé osy, kolem vodorovné osy, lucernové světlíky, střešní aerační žaluzie.



Obrázek 4 – světlíky pro průmyslové haly a občanské stavby [5]

### I.2.1.3 PROVĚTRÁVÁNÍ

Provětrávání je metoda používaná pro větrání hlavně menších prostorů, ale aplikuje se i pro veřejné prostory, např. v Národní technické knihovně. Venkovní vzduch proniká do prostoru přes otevřená okna, odchází stejným způsobem nebo přes protilehlá okna. Výhody takového typu větrání jsou v úspoře energie a nízkých nákladech. Efektivnost provětrávání je závislá na rozměrech okna a na jejich otevírání. Nevýhody spočívají v tom, že není možné filtrovat vzduch, nelze také správně uspořádat a nastavit průtok vzduchu, komplikuje se zužitkování provětrávání v zimě. Lidé, sedící vedle otevřených oken, pocítí tepelnou nespokojenost rychleji, než ti co jsou vzdáleni od oken.

Průtok vzduchu provětráváním lze nalézt podle rovnici:

$$\dot{M}_e = \frac{\mu \times b}{3 \times \sqrt{g \times \Delta \rho \times h^3 \times \rho_e}} \text{ [m}^3\text{/s]},$$

kde  $b$  [m] – šířka otvoru,

$h$  [m] – výška otvoru,

$\mu$  [-] – průtokový součinitel závislý na úhlu otevření otvoru,

$\Delta \rho$  [kg/m<sup>3</sup>] - rozdíl hustot venkovního a vnitřního vzduchu.



Obrázek 5 – oboustranné provětrávání [6]

### I.2.1.4 ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ

Šachtové větrání je další rozšířenou metodou, která se ve většině případů využívá pro větrání a odvod škodlivin od zdroje znečištění ovzduší. Obvykle je vzduch přiváděn oknem nebo ventilačním otvorem, odváděn přes větrací šachty procházející přes celou výšku objektu. Účinek

vztaku vzniká díky spolupůsobení exteriérového a interiérového vzduchu s rozlišnými teplotami a měrnými hustotami při výškovém rozdílu. Účinný tah v šachtě lze popsat rovnicí na následující stránce:

$$g \times h \times (\rho_e - \rho_i) = (\lambda \times \frac{h}{d} + \sum \xi + 1) \times \rho_i \frac{w^2}{2} + (p_e - p_i),$$

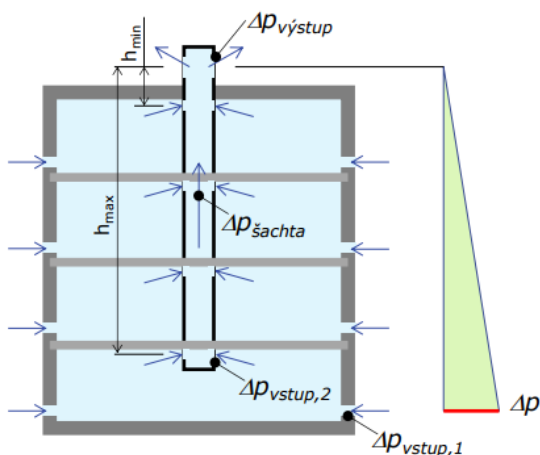
kde  $\lambda$  [-] – součinitel tření,

$h$  [m] – výška šachty,

$d$  [m] – průměr šachty (volíme tak, aby v rovnici byla rovnováha),

$\sum \xi$  [-] – součet ztrátových součinitelů.

Jak je názorně vidět, účinný tah pokrývá tlakové ztráty při pohybu vzduchu celou šachtou (zahrnuje v sobě i dynamický tlak při vystoupení z šachty) a při přívodu vzduchu větracími otvory.



Obrázek 6 – šachtové větrání [7]

### I.2.1.5 POSOUZENÍ PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ

Přirozené větrání hraje velkou roli především pro malé objekty občanské zástavby s menšími požadavky na formování prostředí uvnitř objektu, jako jsou rodinné a bytové domy. Nelze zapomenout i na objekty výrobních, zemědělských a průmyslových hal s vnitřním zdrojem trvale produkující velké množství tepla. Přirozené větrání bude ideálním řešením, protože pro efektivní realizaci se neobejde bez požadovaného rozdílu teplot. V dnešní době, v návaznosti na náročnější požadavky těsnění obálky budov, nemůže být zabezpečena dostatečná výměna vzduchu v prostorech, proto je teď používáno nucené větrání.

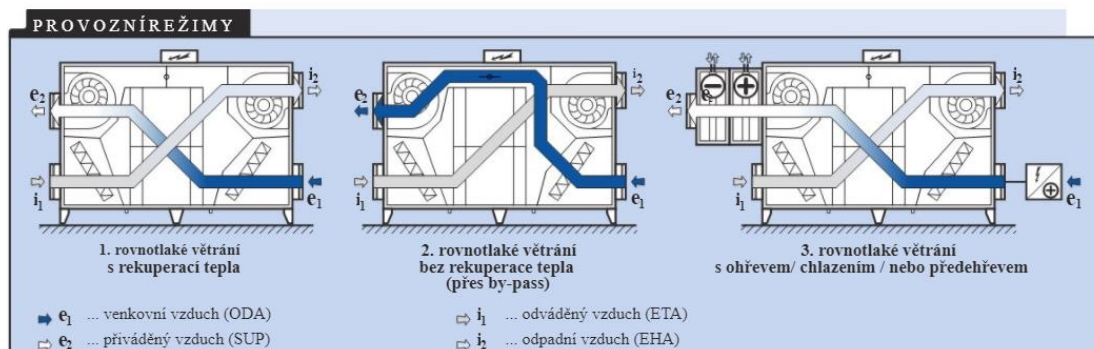
## I.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ

V současné době se velmi často setkáváme se systémy nuceného větrání, např. koupelna nebo toaleta mají nainstalovány ventilátory pro nárazový odvod odpadního vzduchu, každá domácnost využívá digestoř v kuchyni. Pod pojmem nucené větrání rozumíme kombinaci přirozeného a nuceného (pro malé místnosti se zdrojem škodlivin, prostory bez oken), tak i větrání s nuceným přívodem a odvodem (pro velké místnosti, shromažďovací prostory všech druhů). Hlavními výhodami nuceného větrání jsou možnosti teplotní a vlhkostní úpravy, distribuce vzduchu podle využití prostoru pro vytváření komfortního vnitřního mikroklimatu. Princip nuceného větrání spočívá v umělém přívodu venkovního vzduchu s následující výměnou vzduchu za odpadní - interiérový. Základním prvkem systému nuceného větrání pro úpravy a distribuci vzduchu je vzduchotechnická jednotka. Takové zařízení lze rozdělit podle konstrukčního provedení:

- **Kompaktní** (blokové nebo skříňové) – Výchozí rám s určitými rozměry je sestaven s variabilními vnitřními komponenty, které budou z vnější strany opatřeny tepelnou izolací s pozinkovaným/hliníkovým plechem.



Obrázek 7 – kompaktní větrací jednotky s rekuperací tepla DUPLEX 1100-3600 [8]

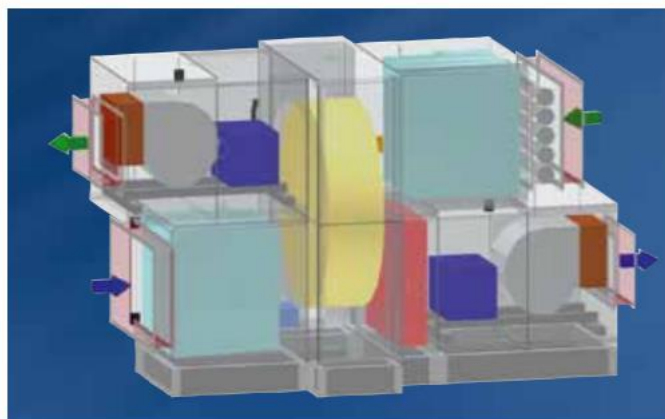


Obrázek 8 – provozní režimy kompaktní větrací jednotky DUPLEX 1100-3600 [9]

- **Sestavné jednotky** jsou rozděleny na jednotlivé komory podle účelu (ventilační, ohřívací a chladičí, zvlhčovací komory atd.), které je možno libovolně kombinovat



v závislosti na požadovaných funkcích. Každá část se nachází pod vrstvami pozinkovaného plechu nebo plechu z nerezové oceli a je izolována. Jednotku umístíme do speciálního základového rámu. Zařízení zabírá více místa, je nutné se zamyslet nad polohou prvku v objektu. Pokud to dovolí rozměry, je možné zavěsit jednotku pod strop pomocí závěsů. Někdy je lepším řešením navržení strojovny vzduchotechniky, nebo umístění zařízení mimo interiér objektu (např. na střeše).



Obrázek 9 – příklad sestavné jednotky s rotačním rekuperátorem a vodním ohřevem  
REMAK a.s. [10]

Výhodou nuceného větrání je distribuce vzduchu bez ohledu na klimatické podmínky. S využitím technologie zpětného získávání tepla pro předehřev čerstvého venkovního vzduchu, se snižují výkony ohřevačů a následně i energetické náklady (především v zimním období).

### I.3.1 CHARAKTERISTIKA VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ

Vzduchotechnické systémy lze rozlišit dle různých kritérií:

A) Podle tlaku vzduchu ve větrané místnosti:

- **Přetlakový systém** – v takovém případě přivádíme více vzduchu do prostoru, než odvádíme  $V_p > V_o$  (přetlak min. 15 Pa), aby se zabránilo průniku znehodnoceného okolního vzduchu. Otvory v obálce prostoru přispívají k uhrazení vzniklé tlakové difference. Obvykle se používá jako pomocné nebo speciální větrání pro čisté prostory (operační sály, velíny a řídicí kabiny v průmyslových objektech atd.), když

chceme zachránit místnost před proniknutím škodlivých látek ze sousedních prostorů.

- **Podtlakový systém** – je přiváděno méně, než odváděno  $V_p < V_o$  (podtlak obvykle 15-20 Pa, ale může být i větší, záleží na náročnosti užívání prostoru), aby se zabránilo šíření znečištěného vzduchu do sousedních prostorů. Funguje spolu s přirozeným větráním (přivádění vzduchu otvory) pro vyrovnání tlakových rozdílů - velmi častý způsob větrání WC, koupelen, sprch, umýváren a kuchyní.
- **Rovnotlaký systém** - je přiváděno a odváděno stejné množství vzduchu  $V_p = V_o$  bez tlakového rozdílu. Navrhuje se v ostatních případech, když nejsou uplatněny předchozí typy.

B) Podle instalace ve vztahu k řízení místnosti:

- **Centrální systém** – hlavní zařízení je umístěno do strojovny vzduchotechniky nebo na střeše, vzduch do místností je distribuován systémem VZT potrubí. Daný systém může obsluhovat celou budovu nebo pouze část objektu.
- **Lokální (místní) systém** – vzduchotechnická jednotka, která může být umístěna přímo v obsluhované místnosti, např. větrání jednotlivého prostoru objektu.

C) Podle úpravy vzduchu:

- **Nucené větrání** – nahrazení vnitřního znehodnoceného vzduchu za čerstvý venkovní vzduch. Přívodní vzduch je ohříván do požadované teploty. Při provozu, kdy máme vybudovanou samostatnou otopnou soustavu, která pokryje tepelnou ztrátu místnosti, přivádíme vzduch o stejné teplotě místnosti. Ohřívač bude fungovat s výkonem potřebným pouze pro ohřátí vzduchu do interiérové teploty. Obvykle nahrazuje ztráty větráním. Použití systému zpětného získávání tepla umožňuje snížit tepelné ztráty větráním v zimním období.
- **Teplovzdušné vytápění** – alternativní způsob vytápění objektů může jak úplně nahrazovat otopnou soustavu, tak i částečně pokrýt tepelnou ztrátu. Pokud není navržena otopná soustava, vzduchotechnická jednotka hradí celkovou tepelnou ztrátu objektu a ohřívač pracuje s maximálním tepelným výkonem. Existují způsoby, kdy pomocí větrání hradíme pouze část ztrát, ostatní ztráty budou nahrazeny otopnou soustavou, aby zajišťovaly vytápění na minimální potřebnou interiérovou teplotu v noci a o víkendu.

- **Klimatizace** – pro návrh zařízení respektujeme hlavně letní stav, do místnosti přivádíme chlazený čerstvý vzduch o nižší teplotě než interiérový vzduch pro odvod tepelné zátěže. *Vzduchová klimatizace* - vzduch je teplonosným médiem. Chlazení se realizuje pomocí chladiče. Maximální rozdíl teplot nemůže být větší než 6-8 K. Velký spád je příčinou onemocnění. Vzduch má malou tepelnou kapacitu (1010 J/kg\*K), proto vychází obrovské průtoky vzduchu, často je čerstvý přiváděný vzduch rozředěn velkým podílem cirkulačního. Další druh klimatizace je *vodní*: jedná se spíše o kombinovaný systém vzduch-voda. Použití pouze vzduchového média nestačí, proto se jako koncové prvky aplikují indukční jednotky, fancoily (FCU), chladicí trámce, ve kterých je voda hlavním médiem nesoucím teplo nebo chlazení. Třetím druhem klimatizace je *chladičová*, je to také kombinovaný systém. Používají se různá chladiva s nízkou teplotou vypařování, mění svůj stav z kapaliny na páru a zpět dovolují následující přenos tepla. Při tomto systému velké průtoky vzduchu a průměry potrubí už nebudou značným problémem (split a multisplit systémy).

## I.4 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění $v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	Relativní vlhkost <i>Rh</i> [%]
	$t_g$ min [°C]	$t_g$ opt [°C]	$t_g$ max [°C]		
Učebny	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Umývárny	20	22 ± 2	28	–	–
Sprchy	24	–	–	0,1 až 0,2	30 až 65
Záchody	18	–	–	0,1 až 0,2	30 až 65
Chodby	18	–	–	0,1 až 0,2	30 až 65

Tabulka 1 – Celoročně přípustné parametry mikroklimatických podmínek [1]

Hlavními parametry pro stanovení vnitřního mikroklimatu je několik jednotlivých veličin. Nejdůležitější z nich je teplota (°C) a relativní vlhkost Rh (%) vzduchu, rychlost proudění  $w$  (m/s) v pobytové zóně, výsledná teplota  $t_g$  (°C) a operativní teplota  $t_o$  (°C). Odlišnost operativní teploty od výsledné spočívá v tom, že první veličina na rozdíl od výsledné teploty v sobě zahrnuje navíc vliv proudění vzduchu v pobytové zóně, druhá hodnota se skládá pouze z vnitřní teploty a teploty okolních ploch (radiční teploty). Operativní a výsledná teplota mohou mít stejnou hodnotu v tom případě, že rychlost proudění sáláním je menší než 0,3 m/s. Podle ČSN EN ISO 7730 (Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu) výše uvedené mikroklimatické

podmínky pro měření tepelného stavu místnosti jsou výsledkem procentuálního podílu nespokojených (v našem případě PPD=10%) s tepelnou pohodou. Rezultáty jsou vázány různou schopností lidí vnímat a posuzovat vnitřní komfort: z celého počtu osob, které se nacházejí v místnosti, malé procento lidí vždy bude cítit nespokojenost vůči prostředí.

## I.4.1 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY ATLETICKÝCH SPORTOVNÍCH HAL A TĚLOCVIČEN

Typ prostoru	Výměna vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]
Učebny	20 až 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 až 90 na 1 žáka *
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150–200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu 25 na 1 pisoár
* s ohledem na využití tělocvičny	

Tabulka 2 – Intenzita větrání čerstvým vzduchem v zařízení a provozovnách pro výchovu a vzdělávání [2]

Před začátkem bakalářské práce, jsem prozkoumala české technické normy a vyhlášky, při návrhu jsem se řídila tabulkou z vyhlášky č. 410/2005 Sb. *O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. Podle této tabulky minimální požadovaná teplota v tělocvičně v zimě činí 18 °C, minimální relativní vlhkost – 30 %, maximálně – 60 %. Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně je 0,1-0,2 m/s, pro výměnu vzduchu v tělocvičně přivádíme na jednoho žáka 20 až 90 m<sup>3</sup>/h. Poslední hodnota je závislá na druhu prováděného cvičení a na kapacitě tělocvičny.

## I.4.2 HYGIENICKÉ PŘEDPISY A MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY BAZÉNOVÝCH HAL

Faktor prostředí	Hala bazénu	Přílehlé prostory pro uživatele (šatny, WC, sprchy, chodby atd.)	Vstupní hala
Intenzita osvětlení	mm. 200 luxů pro rekreační koupání, min. 300 luxů pro plavecký výcvik	200 luxů	100 luxů
Teplota vzduchu	o 1 - 3 °C vyšší než teplota vody v bazénu max. 34 °C	sprchy 24 - 30 °C šatny 20 - 28°C pobytové prostory 22 - 26°C vstupní prostory 20 - 22°C	min. 17 °C
Relativní vlhkost vzduchu	max. 65 %	sprchy max. 85 % ostatní prostory max. 50 %	
Intenzita výměny vzduchu	min. 2x za hodinu	sprchy min. 8x za hodinu šatny 5 - 6x za hodinu ostatní prostory tak, aby vyhovovaly limitním hodnotám relativní vlhkosti vzduchu	min. 1x za hodinu
Trichlor-amin	0,5 mg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	-	-

Tabulka 3 – Mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší haly krytého bazénu a jeho přílehlých prostor [3]

Místo	Výška od podlahy (m)	Min. teplota vzduchu (°C)	Max. teplota vzduchu (°C)	Max. rel. vlhkost vzduchu (%)	Výměna vzduchu
Chodba	1,6	18	-	50	dvakrát za hodinu
Šatna	1,6	22	-	50	dvakrát za hodinu
Prohřívárna*)			-	-	-
	1,5	-	80	15	-
	2,0	-	110	-	-
Vnitřní ochlazovna	-	-	-	70	dvakrát za hodinu
Vnější ochlazovna	-	-	-	-	-
Odpočívárna	1,6	23	-	50	dvakrát za hodinu
Záchod	1,6	20	-	-	50 m <sup>3</sup> na 1 klosetovou mísu

Tabulka 4 – Mikroklimatické podmínky sauny [4]

Bazénová hala není součástí projektu, ale mikroklima relax centra v 3.NP s vířivkou a finskou saunou je podobná. Rozbor problematiky větrání sportovních bazénových hal, které mají jedinečné vnitřní mikroklimat, je hodně důležitý a zajímavý, proto nelze projít mimo této otázky. Teplota vzduchu v bazénové hale podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. *O stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch* musí být o 1-3 °C vyšší, než teplota vody v bazénu (max. 34 °C). Relativní vlhkost vzduchu je maximálně 65 %, intenzita výměny vzduchu činí minimálně 2x za hodinu. Dále norma dělí bazény na několik typů, a to jsou plavecké s teplotou vody 28 °C a nižší, koupelové s teplotou vody nad 28 °C a dětské s povolenou teplotou vody 30-36 °C pro děti věku 3-6 měsíců, 28-32 °C pro děti věku 6-12 měsíců a 28-32 °C pro děti nad 12 měsíců. Teplota vzduchu v dětských objektech se předpokládá 28 až 30 °C.

## I.5 ATLETICKÉ SPORTOVNÍ HALY A TĚLOCVIČNY

Na začátku bych chtěla mluvit o nejrozšířenějších chybách ve vzduchotechnice sportovních hal a tělocvičen.

1. Chybný návrh počtu reálně přítomných osob v objektu. Při shromáždění velkého počtu lidí vzniká v místnosti nedostatek kyslíku a nemůže být zajištěna požadovaná výměna vzduchu, která dosahuje větších hodnot než výměna vzduchu v obytných nebo administrativních místnostech. Řešením takového problému nastane přepočítání projektu, vnesení změn do výpočtů a výměna vzduchotechnického zařízení za nové s větším výkonem.

2. Absence systému větrání. Velmi často v objektu existuje pouze systém přirozeného větrání, které nestačí pro zajištění výměny vzduchu dané místnosti.
3. (Tato chyba je těsně spojena s prvním bodem) Chybný výpočet vzduchotechnického zařízení, výkon kterého je nedostatečný pro počet reálně přítomných osob. V takovém případě se velmi rychle produkuje v místnosti přebytek vodní páry. Vzniká kondenzát, který se většinou hromadí na stěnách, stropě a sportovním zařízení.

Větrání sportovních hal a tělocvičen je těsně spojeno se stavebním řešením objektu - půdorysné rozměry, výška, poloha oken, vnitřní konstrukce objektu, poloha ke světovým stranám. Každá věc je důležitá při návrhu vzduchotechniky.

Typ haly	š × d × v	počet polí
Jednoduchá	15 × 27 × 5,5 m	1 × (15 × 27) m
Dvojitá	22 × 44 × 7,0 m	2 × (22 × 22) m
Trojítá	27 × 45 × 7,0 m	3 × (15 × 27) m

Tabulka 5 – Nejčastěji používané rozměry hal [5]

V tabulce 5 jsou uvedeny nejčastěji vyskytující půdorysné rozměry sportovních hal podle německé normy DIN 18032-1. Zpravidla se velké objekty sportovních hal navrhují s předpokladem, že budou pracovat multifunkčně. Může to být jak atletická hala bez míst pro sezení, tak i celé sportovní centrum s obrovským výběrem aktivit a tribunami pro diváky. Předpokládá se členění větších objektů na části podle využití plochy, to znamená, že každé jednotlivé hřiště a pódium pro diváky budou zajištěny samostatným systémem přívodu a odvodu vzduchu pro tvoření jedinečného zónového mikroklimatu. Při návrhu projektu je nutno vyhnout se průvanu. J. Chyský a K. Hemzal ve své knize *Větrání a klimatizace* uvádí, že při prostém větrání na jednoho diváka postačí běžná dávka 50 m<sup>3</sup>/h, z které 25 m<sup>3</sup>/h bude čerstvý venkovní vzduch, při klimatizaci to bude už 20-40 m<sup>3</sup>/h s 50% podílem čerstvého vzduchu. Večerní hodiny, kdy nepůsobí na budovu sálání a velké exteriérové teploty, jsou špičkové pro návštěvníky. Z toho plyne, že návrh se provádí na základě největší obsazenosti objektu, kdy tepelná zátěž od lidí dosahuje nejznačnějších hodnot, ale zátěž také může být proměnná.

V dnešní době nelze neposoudit větrání sportovních hal z energetického aspektu. Nejlepším a nejúspornějším řešením byla by možnost regulování množství distribuovaného vzduchu podle počtu přítomných osob a ročního období. V současnosti v sportovních objektech se velmi úspěšně uplatňují systémy s využitím zpětného získávání tepla pro dosažení ekonomicky úsporného provozu.

Větrání a vytápění jdou vždy společně ruku v ruce, proto pro ekonomický úsporný a efektivní návrh je potřeba navrhnout kvalitní systémy. Tělocvičný a haly, jako v našem případě,

velmi často mají svůj samostatný otopný systém, dost často se můžeme setkat s případem teplovzdušného vytápění.

## I.6 BAZÉNY A VÍŘIVKY

Je nutno poznamenat, že hlavním problémem krytých bazénů je vysoká vlhkost vzduchu a následně kondenzace vodní páry na chladných površích. Tyto podmínky vyvolávají korozi, zahnívání stavebních konstrukcí, tvoření plísní. Proto je velmi důležité vytvořit tepelně a vlhkostně pohodlné vnitřní mikroklimat bez průvanů pro návštěvníky. Při návrhu projektu nelze zapomenout na odpařování vody, jinak může dojít ke "hranici dusna", kdy vlhkost vzduchu mine dovolenou mez. Je nutné se držet optimální relativní vlhkosti (65%) a nepřekročit ji, protože při větším vlhkostním procentu hrozí dosažení rosného bodu, což dává impuls k rozvoji plísní, naopak při menším – odpařuje-li se více vody z vodního povrchu, následně se zvyšují ekonomické náklady. Při stanovení hmotnostního průtoku vzduchu uvažujeme, že při vlhkosti venkovního vzduchu  $x_{ODA}=9$  g/kg může interiérová vlhkost dosáhnout hodnoty maximálně  $x_{IDA}=14,3$  g/kg. Tato hodnota je hraniční, dále se jedná o "hranici dusna". Kvůli všemu výše zmíněnému není potřeba mechanické odvlhčování v každém krytém bazénu.

V bazénových halách, jako u tělocvičen a jiných sportovních objektů, je výběr systému vzduchotechniky spojen se stavebním řešením zkoumaného objektu. Při projektování systému větrání bazénu bude podstatným řešením důkladné rozmístění distribučních elementů pro přívod a odvod vzduchu, aby byla zajištěna požadovaná výměna vzduchu v místnosti. Nejúčinnější řešením bude zařízení cirkulace: pohyb vzduchu podél stěn a stropu s postupným promícháváním s minimální rychlostí s ostatním vzduchem v prostoru a nad vodním povrchem. Takovým způsobem lze prodloužit život stavebním konstrukcím a zařízením, zabezpečit návštěvníkům tepelnou pohodu, zmenšit další odpařování vody. Pro energetické úspory lze využít vzduch vícenásobně pro větrání sousedních prostorů, např. větrání sprch vzduchem odváděným z hlavní haly bazénu, pokud ten neobsahuje v sobě pachové látky. Z toho plyne, že skryté a senzitivní teplo, které má v sobě vlhký vzduch, se využívá pro zpětné získávání tepla.

Dělení prostoru na jednotlivé části podle zatížení produkcí vodní páry pomůže pro tvoření komfortního vnitřního mikroklimatu v různých obdobích roku. Např. v "mokrých sektorech" se lze uchýlit k pomoci VZT jednotky s "rekuperačním" ZZT (např. deskový výměník), v "suchých sektorech" - "regenerační" ZZT (např. rotační výměník).

Pokud chceme správně navrhnout systém větrání, nelze zapomenout na tepelnou bilanci budovy. Prvním krokem bude výpočet letního stavu, dále počítáme s extrémní zimní období. Nejlepší variantou je také ověření přechodné periody. Je důležité, že interiérová vlhkost nesmí překročit výše uvedenou hodnotu 65 %. Teploty vody a vzduchu jsou uvedeny v tabulce číslo 3.

Nezapomeňme i na tepelné zisky okny. Při výpočtech se řídíme normou ČSN 73 0540-2 *O tepelné ochraně budov*. Rozhodujícími faktory budou: celková plocha okna a osluněná plocha okna, celková intenzita sluneční radiace, procházející standartním jednoduchým zasklením, intenzita difuzní sluneční radiace za stejných podmínek, korekce na čistotu atmosféry a stínící součinitel. Tepelné ztráty obálkou budovy, konkrétně ztráty prostupem, jsou dalším faktorem, který musíme zkontrolovat. Při výpočtu se řídíme hodnotami rozdílných teplot uvnitř objektu a vně objektu, součinitelem prostupu tepla a plochou konstrukce. Vždy pamatujeme na tepelné zisky každé navštěvující osoby, odrážíme se od jejich počtu a produkce tepla z jedné osoby. Zajímá nás také přestup tepla mezi interiérovým vzduchem a vodní hladinou, jelikož teplota vzduchu je o 1-3 °C vyšší než teplota v bazénu. Jako v případě prostupu tepla konstrukcí, se výpočet provádí na základě tepelného rozdílu vnitřního vzduchu a teploty vody. Je dost důležité spočítat plochu volné hladiny bazénu a zjistit součinitel prostupu tepla mezi okolním vzduchem a vodní hladinou. Závažným bodem je spočítání množství odpařené vody, v tomto případě se řídíme německou normou VDI 2089 *O technickém vybavení budov plováren a krytých bazénů*. Zde potřebujeme znát tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody, tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu, plochu volné hladiny a součinitel přenosu hmoty, který lze najít v tabulce:

Charakter provozu	$\epsilon$ [g/m <sup>2</sup> .s.mbar]
Soukromý bazén	3,6 . 10 <sup>-3</sup>
Veřejný bazén	7,8 . 10 <sup>-3</sup>
Bazén s umělými vlnami	9,7 . 10 <sup>-3</sup>

Tabulka 6 – součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089- starší vydání [6]

Podle nového vydání existují ještě další vzorec pro zjištění množství odpařené vody, kde potřebujeme vědět tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody, tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu, plochu volné hladiny, aritmetický průměr teploty vody a vzduchu, plynovou konstantu pro vodní páru  $R_v=461,52$  J/kgK a součinitel přenosu hmoty z tabulky 7:

Charakter provozu	nepoužívaný bazén n [m/h]	používaný bazén p [m/h]
Zakrytý bazén (odpar pouze z přetokového žlábků)	0,7	-
Soukromý bazén	7	21
Veřejný bazén (hloubka vody > 1,35 m)	7	28
Veřejný bazén (hloubka vody < 1,35 m)	7	40
Bazén s umělými vlnami	7	50

Tabulka 7 – součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089 – nové vydání [7]



Na závěr je nutno zjistit celkovou tepelnou bilanci budovy, a to tak, že sečteme jednotlivé složky uvedené výše.

## I.7 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍCH OBJEKTŮ

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, přirozené větrání je nejrozšířenější a nejlevnější způsob větrání objektů. Bez použití pomocné pohonné síly lze dosáhnout výměny vzduchu v místnosti za čerstvý exteriérový vzduch.

Archimedův zákon platí pro kapaliny a pro plyny, což znamená, že i pro okolní vzduch. Zákon lze jednodušeji popsat pomocí jednoduchých rovnic, kde je určitý objem vzduchu  $V$ , na který působí několik sil: vztlačová síla  $F_v$  a vlastní tíha vzduchu  $F_g$ . První sílu najdeme vynásobením objemu vzduchu  $V$  tíhovým zrychlením  $g$  a hustotou okolního vzduchu  $\rho$ . Druhou sílu – vynásobením objemu vzduchu  $V$  tíhovým zrychlením  $g$  a hustotou vzduchu vyšetřovaného objemu  $\rho$ . Z toho vyplývá, že hustoty jsou nepřímo úměrné teplotám při stejném tlaku. Tím lze objasnit to, že chladný vzduch má vyšší hustotu a vytěsňuje teplý vzduch, který má nižší hustotu a následně i lehčí hmotnost.

Každý objekt má svoje zvláštnosti, existuje však takové, u kterých pouze přirozené větrání nestačí. Je nutno navrhnout další systém klimatizace pro zajištění pohodlného vnitřního mikroklimatu.

Interakce venkovního a interiérového vzduchu je závislá na teplotách venkovního a vnitřního vzduchu, podstatné je množství a velikost okenních spár a netěsností budovy. Standardní výměnu vzduchu mají běžně vyšší objekty, ale problém nastává v zimě, kdy se vyskytuje riziko vysoké infiltrace. Nižší objekty (do 4 m) mají minimální podtlak, přirozené větrání v takovém případě nefunguje nebo funguje s nedostatečnou efektivností, požadovaná výměna vzduchu nemůže být zajištěna. Množství přiváděného vzduchu je závislé také na půdorysném rozložení sportovního objektu a jeho výšce.

Zvláštní objekty, např. supermarkety, potřebují kompletní návrh vzduchotechniky, protože jinak nemůžou splnit hygienické a mikroklimatické požadavky dle zákonů. Jsou to místnosti, kde v určitých hodinách teplota klesne a stává se stejná jako venkovní. Kvůli tomu nedochází k požadované výměně vzduchu.

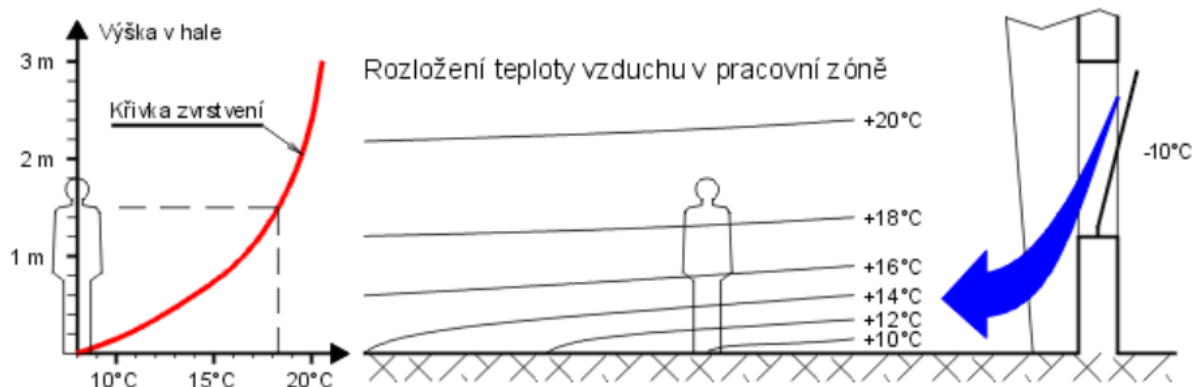
Průtok vzduchu lze vypočítat jak podle počtu návštěvníků, tak i podle výměny vzduchu za hodinu. Pro příklad vypočítáme průtok vzduchu potřebný pro větrání 1.PP. Uvažujeme 15 osob v posilovně a 15 osob v tréninkové sportovní hale, uvažujeme půlnásobnou výměnu vzduchu skladů, výjimkou bude technická místnost, kde bude situovaná kotelná, násobnost vzduchu bude větší a se rovná 2.

$$V_p(\text{posilovna+hala}) = n * V_{os} = 15 * 90 * 2 = 1350 * 2 \sim 1400 * 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$V_p(\text{sklady}) = \text{násobnost} * V_{\text{místnosti}} = 0,5 * 43,05 + 0,5 * 57,81 * 2 + 0,5 * 150,47 = 155$   
 $\text{m}^3/\text{h} \sim 160 \text{ m}^3/\text{h}$

$V_p(\text{technická místnost}) = \text{násobnost} * V_{\text{místnosti}} = 2 * 97,99 = 195,98 \sim 200 \text{ m}^3/\text{h}$

Celková hodnota bude  $V_{\text{celk}} = 2 * 1400 + 160 + 200 = 3160 \text{ m}^3/\text{h}$



Obrázek 10 – větrání otevřeným oknem v zimě [11]

## 1.7.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ SPORTOVNÍCH OBJEKTŮ S VYUŽITÍM POMOCNÉ VZDUCHOTECHNIKY

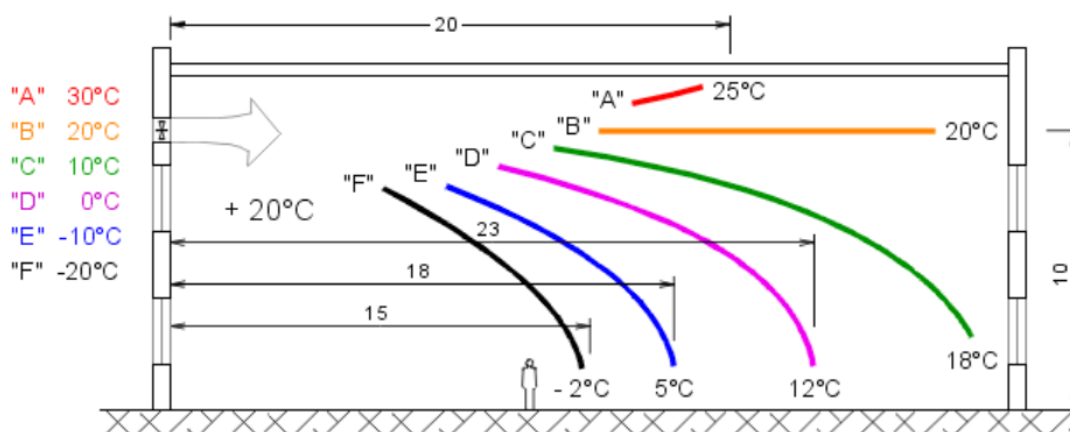
Větrání sportovních hal pouze přirozeným způsobem je velmi rozšířenou metodou, ale pro dosažení lepšího mikroklimatu a kvalitnějších podmínek vnitřního prostředí lze využít pomocnou vzduchotechniku společně s přirozeným větráním. Příkladem může být axiální ventilátory na přívod nebo odvod vzduchu.

Jako první prozkoumáme axiální odtahové ventilátory, které se umísťují v horní části haly v obvodovém plášti. Není to vzduchotechnický systém, jsou to pouze pomocné prvky pro případ, kdy hala nemá dostatečnou výměnu vzduchu a nemůže sama větrat, jelikož teplota uvnitř haly je stejná jako venkovní. Jakmile se zhorší interiérové podmínky, zapneme ručně tyto prvky. Provoz axiálních odtahových ventilátorů bude trvat tak dlouho, jak je to nutné. Teplota v interiéru haly poklesne na určitou požadovanou teplotu, zařízení bude vypnuto. Použití takových ventilátorů je výhodou v letním období při venkovní teplotě nad 10 °C, v zimě nemá smysl vzhledem k velkému rozdílu interiérových a exteriérových teplot.



Obrázek 11 – axiální ventilátor [12]

Další možnost pomocného větrání sportovních hal je použití axiálních ventilátorů pro vhánění vzduchu do haly. Umísťují se do obvodového pláště a jsou určeny pro přívod vzduchu do konkrétní zóny v hale podle potřeby. Komfortní teplota přiváděného vzduchu je v rozmezí 23-25°C, pro příjemný pocit návštěvníků rychlost nesmí překročit hodnotu 2 m/s. Jestliže bude vnitřní teplota v hale větší, přivodní vzduch může mít vyšší teplotu, ale od 27 °C již nebude teplota příjemná.



Obrázek 12 – vzduch o různé teplotě vháněný axiálním ventilátorem [13]

Dopad proudu vzduchu je závislý na teplotě přiváděného vzduchu, ale je velice těžké zajistit optimální podmínky v pracovní zóně. Pokud bude teplota přiváděného vzduchu vyšší než venkovní, nikdy nedosáhne proud vzduchu k podlaze. Naopak, když teplota přiváděného vzduchu bude -10 °C, proud vzduchu dopadne na podlahu za 4 vteřiny a velmi rychle se dostane na plochu podlahy. To samé se stává, pokud otevřeme vrata při venkovní teplotě -10 °C. Ze všeho uvedeného plyne, že celoroční použití axiálních ventilátorů není možné. Určitě lze zlepšit vnitřní mikroklimat a dopad proudu vzduchu pomocí směšovací komory, nebo instalovat ovladatelné žaluzie pro snížení rychlosti proudění vzduchu a zacílení, anebo montovat tepelný výměník, avšak tyto metody nejsou tak efektivní jako například teplovzdušné vytápění hal.

## I.8 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ SPORTOVNÍCH HAL

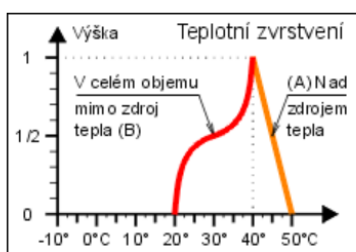
Princip teplovzdušného vytápění spočívá v přívodu vzduchu o vyšší teplotě s využitím centrální vzduchotechnické jednotky, tím samym vnitřní prostor vytápíme a zajišťujeme požadovanou výměnu vzduchu. Z finančního hlediska není tento způsob úsporný, spotřebuje velké množství energie.

Existují ještě lokální teplovzdušné jednotky, které vykonávají stejný úkol, jenž nepodporujeme infiltrací. Nucený přívod čerstvého vzduchu do vnitřního prostoru není vždy

spojen s teplovzdušným vytápěním. Pro tento cíl je možné využít teplovzdušné vytápění s ventilačním provozem. Jsou to teplovzdušné jednotky vybavené otevřenou směšovací komorou, přes kterou venkovní vzduch prochází, poté ohřívá do požadované teploty a dále postupuje do haly. Zpravidla tyto teplovzdušné jednotky nasávají vzduch z haly. V podstatě při používání teplovzdušných jednotek je možné pouze ohřívát a cíleně distribuovat vzduch.

Další možnost je sálavé vytápění pomoci infrazářičů. Tento způsob, jako využití teplovzdušných jednotek, šetří naše peníze na rozdíl od teplovzdušného vytápění centrální jednotkou.

Při teplovzdušném vytápění nelze zapomenout na teplotní zvrstvení, což je průběh teploty měnící se s výškou. Toto je důležitý pojem a udává nám kvalitu vzduchu. Grafické vyjádření je křivka teplotního zvrstvení, kdy vynášíme na svislou čáru výšku budovy, na vodorovnou – teplotu.



Obrázek 13 – křivka teplotního zvrstvení [14]



Obrázek 14 – křivka teplotního zvrstvení - dobrá účinnost [15]

Na obrázku 14 jsou dvě křivky. Křivka zprava je nestabilní a vyvolává vertikální proud, dolní teploty jsou vyšší než horní, dochází k samovolnému proudění vzduchu nad zdrojem tepla. Bez zdroje tepla vertikální proudění zaniká. Naopak křivka zleva je stabilní, teploty nahoře jsou vyšší než dole. S odstraněním zdroje tepla zůstává zachovaný stav, proudění s velmi malou rychlostí nepromíchává vzduch.

Při teplovzdušném vytápění vychází větší průtoky vzduchu, abychom se mohli názorně podívat na to, spočítala jsem tepelné ztráty 1.PP. Celková tepelná ztráta činí 34,811 kW, při spočítání této hodnoty, neuvažovali jsme využití ZZT. V našem případě, při teplovzdušném vytápění máme rekuperační výměník s účinností 83 %. Ztráty větráním se sníží kvůli výměníku na hodnotu 9505,3 W. Ztráty prostupem činí 5244,8 W. Ted' uvažujeme celkovou tepelnou ztrátu 14750,1 W.

Průtok vzduchu lze nalézt pomocí vzorce:

$$V_p = \frac{Q}{\rho \times c \times (t_p - t_i)} = \frac{14750,1}{1,2 \times 1010 \times (30 - 19)} = 1,11 \text{ m}^3/\text{s} = 3982,9 \text{ m}^3/\text{h} > 3160 \text{ m}^3/\text{h} \text{ o } 1,3\text{x}$$

kde Q [W] – tepelná ztráta objektu,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – měrná hmotnost vzduchu

$c$  [J/kg\*K] – měrná tepelná kapacita vzduchu,

$t_p$  [°C] – teplota přiváděného vzduchu,

$t_i$  [°C] – teplota interiéru.

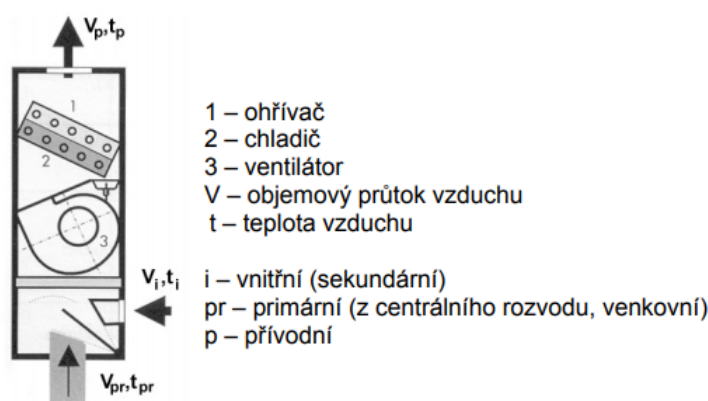
Když porovnáme s průtokem na začátku práce, který je roven 3160 m<sup>3</sup>/h, vychází, že průtok při teplovzdušném vytápění je o 1,3x větší, proto v našem případě preferujeme více první variantu.

## I.9 CHLAZENÍ SPORTOVNÍCH HAL

Proces chlazení je částí klimatizace. Používá se ve většině moderních novodobých objektech: divadlech, kinech, obchodních centrech atd. Vytváří komfortní mikroklimat v interiérech objektů při extrémních podmínkách letního období. Jako koncová zařízení se velmi často používají ventilátorové jednotky, jinak fancoily, chladicí trámce a indukční jednotky.

Jsou to lokální koncové prvky kombinovaného systému (vzduch-voda), navržené pro centrální systém. Systém se používá v novostavbách a také rekonstrukcích, přivádí nezbytné nutné množství chlazeného vzduchu do konkrétní zóny objektu. Chlazení probíhá bez kondenzace.

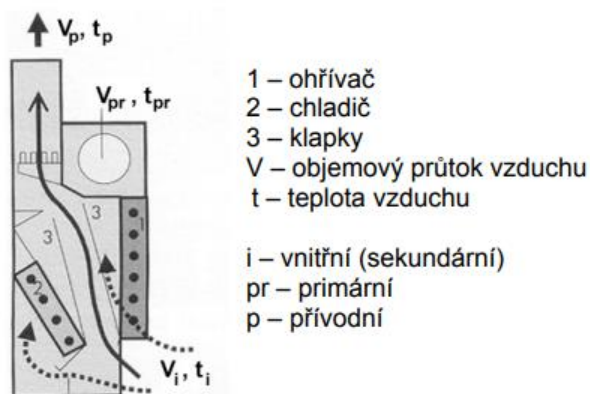
*Fancoil* je to lokální zařízení pro chlazení/ohřev, které se skládá z ventilátoru a výměníků (několik chladičů/ohřivačů – zpravidla vodních), je doplněn filtry, může obsahovat ionizátor vzduchu. Regulovatelnou jednotku lze zavěsit pod strop, zabudovat do podhledu, umístit na stěnu, pod parapet, nezabírá moc místa. Může pracovat jak s primárním vzduchem (centralizovaný systém), tak i s čerstvým venkovním (decentralizovaný) a cirkulačním vzduchem (cirkulační).



Obrázek 15 – fancoil – ventilační jednotka [16]

Další možností jsou *indukční jednotky*, které neobsahují v sobě ventilátor, ale mají výměníky. Řeč jde o vysokotlakém systému, vzduch postupuje do jednotky přes trysky a je vhaněn

s velmi vysokou rychlostí, z čeho vychází i vysoká hlučnost. Výkon jednotky lze regulovat vodním průtokem, klapkou na straně vzduchu a obtokem výměníku.



Obrázek 16 – indukční jednotka [17]

Je nutno říct něco i o systémech voda-voda. V dnešní době jsou velmi populární chladicí/ohřívací stropy – kapilární rohože zabudované do stavební konstrukce. Ten systém šetří peníze, jelikož spojuje v sobě dvě funkce: ohřev a chlazení. Výhodou tohoto systému je velmi rychlá odezva při zapnutí.



Obrázek 17 – chladící strop [18]

Existují ještě lokální systémy, jako *split a multisplit*, jsou to dělené jednotky, ve kterých kompresorový okruh se rozděluje do dvou okruhu. Vnitřní část zahrnuje v sobě chladič vzduchu (výparník). Tento díl lze instalovat na stěnu pod strop nebo pod okno. Venkovní – kondenzátor, kompresor a redukční ventil. Tato část zpravidla se instaluje na fasádě (střeše), proto nelze zapomenout na protihluková opatření. Rozdíl systému multisplit spočívá v tom, že uvnitř objektu je situováno více vnitřních dílů napojených na jednu venkovní část (jeden chladivový rozvod). Každá vnitřní část je regulovatelná, jinak systém je shodný se splitem. Velkou výhodou tohoto systému je možnost nejenom chlazení, ale i ohřívání.



Obrázek 18 – vnitřní jednotky [19]



Obrázek 19 – split systém [20]

Pro porovnání výsledků, vypočteme průtok v pro chlazení. Známe tepelnou zátěž v 1.PP, která činí 19,825 kW. S použitím systému ZZT v letních měsících lze ochlazovat odváděným chladným vzduchem teplý venkovní vzduch, např. z teploty 35-40 °C na 30-26 °C. S aplikací ZZT sníží celková tepelná zátěž do 6608,3 kW.

Průtok vzduchu lze nalézt v následujícím vzorci:

$$V_p = \frac{Q}{\rho \times c \times (t_i - t_p)} = \frac{6608,3}{1,2 \times 1010 \times (26 - 19)} = 0,78 \text{ m}^3/\text{s} = 2804,1 \text{ m}^3/\text{h} < 3160 \text{ m}^3/\text{h} \text{ o } 0,9\text{x}$$

kde Q [W] – tepelná zátěž objektu,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – měrná hmotnost vzduchu

c [J/kg\*K] – měrná tepelná kapacita vzduchu,

$t_p$  [°C] – teplota přiváděného vzduchu,

$t_i$  [°C] – teplota interiéru.

Jako v případě teplovzdušného vytápění, máme průtok o 0,9x menší oproti průtoku původnímu. Je nutno říct, že většina sportovců v létě budou cvičit zvenku, chlazení objektu bude zbytečným konkrétně pro daný sportovní centrum.

## I.10 ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je projektová dokumentace s technickou zprávou. Podle provedeného průzkumu lze vyhodnotit nejlepší řešení pro daný typ objektu. Ze všeho vychází, že větrání sportovního centra pomocí vzduchotechnických jednotek s využitím zpětného získávání tepla se samostatným otopným systémem bude nejlepším řešením. Oproti první variantě s teplovzdušným vytápěním budeme mít relativně menší průtoky vzduchu. Znamená to, že za prvé se zbavíme problémů s rozvodem VZT potrubí v objektu, a za druhé naše varianta je úspornější a z energetického hlediska není tak náročná. Chlazení objektu je dobrým řešením pro odvod tepelné

zátěže v letním období, ale v našem případě bude zbytečným, jelikož v létě provoz objektu je nižší. Sportoviště jsou prázdná, většina sportovců cvičí zvenku. Zvolením první varianty zajistíme kvalitní a pohodlné vnitřní prostředí pro sportovce.

V prvním kroku je nutno provést členění sportovního centra Děkanka. Rozdělíme objekt na jednotlivé části podle provozu a dispozičního řešení. Následujícím krokem bude projednávání o možném konceptu větrání objektu. Dobrou variantou bude vhánění čerstvého vzduchu do šaten s následujícím odtahem odpadního vzduchu z hygienických prostorů, tím samym lze zabezpečit rovnotlaký systém nuceného větrání a se zbavit zbytečného rozvodu VZT potrubí. Dále je nutno se zamyslet nad větráním jednotlivých sportovišť. Musíme se snažit zajistit pohodlné hygienické a mikroklimatické podmínky. Zajímá nás hlavně zimní podmínky. Teplota na sportovních plochách nebude překračovat 19°C, v hygienických místnostech 24°C, v šatnách 22°C. Relativní vlhkost v zimě je minimálně 30 %. Všechny výpočty budou provedeny v souladu se současnými platnými normami a vyhláškami. Výpočty vzduchotechnického potrubí budou provedeny v softwaru CADKON MEP a uvedeny v příloze technické zprávy. Nevidím smysl schovávat potrubní síť, bude vedena volně pod stropem, protože v současné době vzduchotechnika je nezadatelnou částí celé konstrukce budovy. Dalším krokem je rozhodnutí o návštěvnosti objektu. Budeme předpokládat, že maximální kapacita jednotlivého sportoviště je 15 osob. Dále je třeba důkladně rozmyslet o výběru a rozmístění distribučních elementů. Budeme preferovat anemostaty, dýzy, talířové ventily v hygienických prostorech a obdélníkové vyústky hlavně pro odvod odpadního vzduchu. Návrh vzduchotechnických jednotek bude proveden v programu CIC Jan Hřebec. Předpokládá se venkovní provedení vzduchotechnických jednotek a jejich umístění na střeše objektu, kvůli hlučnosti zařízení a absenci vybavené strojovny vzduchotechniky.

V dnešní době přežíváme velký rozvoj vzduchotechniky. S každým rokem výrobce se snaží dosáhnout lepších výsledků již existujících systémů nebo vymyslet nové systémy. Všechno je určitě spojeno s dosažením efektivnosti za malé náklady. Správný a důkladný návrh vzduchotechniky zajistí kvalitní vnitřní mikroklimat prostorů pro komfortní pocit návštěvníků. Naopak chybný návrh podporuje zhoršení zdravotního stavu návštěvníků, a musíme uvažovat s tím, že chyby budeme hradit vložением ještě větších investic.



# TECHNICKÁ ZPRÁVA

## II.1.1 CHARAKTERISTIKA A ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY

Daná projektová dokumentace řeší vzduchotechniku sportovního klubu na Děkanec Spartak Praha 4 – Nusle. Sportovní klub se skládá z jednoho podzemního a dvou nadzemních podlaží.

V prvním podzemním podlaží se nachází tréninková sportovní hala a posilovna, skladovací prostory a technická místnost (kotelna). Světlá (podchozí) výška daného podlaží činí 4,1m, u sportovní haly je 7,1m.

V 1.NP jsou umístěny šatny, sprchy a WC pro dívky a chlapci, klubovna, skladovací, provozní a hygienické místnosti. Světlá výška je 3,1m.

Ve 2.NP jsou situovány klubovna, fyzioterapie, zázemí pro rozhodčí, šatny, sprchy a WC pro starší dívky a chlapci, hygienické, úklidové a technické místnosti, a také relax centrum s vířivkou a finskou saunou. Přímo nad prostorem tréninkové sportovní haly ve 2.NP se nachází dva malé byty pro správce o celkové ploše 149,7 m<sup>2</sup>. Jako v 1.NP světlá výška činí 3,1m, ale v bytech a relax centru vychází menší podchozí výška, a to 2,95m.

Kombinovaný železobetonový monolitický systém s využitím zdiva tvoří vnitřní prostředí budovy. V každém podlaží jsou umístěny průvlaky velikosti 600x250mm, které je nutno vzduchotechnickým potrubím obejít.

Objekt má plochou střechu, která je navržena jako pochozí, přístup je umožněn ze 2.NP přes výlez.

Tato prováděcí dokumentace řeší větrání a klimatizaci pouze sportovního centra, a to zejména sportovní tréninkové haly a posilovny s přilehajícími prostory v 1.NP, celkem 1.NP a 2.NP s klubovnou, relax centrem, fyzioterapií, šatnami, sprchami a WC se všemi přilehajícími prostory. Byty pro správce nejsou částí této dokumentace.

Většina z prostorů jsou velké a rozsáhlé, některé z nich nemá žádné okenní otvory, některé má docela malé otvory, proto není možné zajistit požadovanou výměnu vzduchu pouze přirozeným větráním.

Ze všeho plyne, že celkově objekt lze rozdělit do čtyřech jednotlivých částí podle funkcí a dispozičního řešení prostorů. Každý provozní celek budou obsluhovat čtyři vzduchotechnické jednotky umístěné na střeše budovy.

## II.1.2 SOUPIS VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

Podkladem pro vypracování projektu větrání sportovního centra je projektová dokumentace stavební části (půdorysy jednotlivých podlaží, řezy)

Další podklady:

- a) Zákony, nařízení vlády, vyhlášky
  - Vyhláška č.499/2006 Sb. O dokumentaci staveb
  - Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
  - Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
  - Vyhláška 410/2005 Sb. O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
  - Vyhláška 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- b) České technické normy
  - ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov
  - ČSN EN ISO 7730 Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu
  - ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty
  - ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
  - ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.
- c) Podklady výrobců

## II.1.3 KLIMATICKÉ PODMÍNKY STAVBY

Při výpočtu uvažujeme klimatické podmínky dle města Praha.

Praha	Teplota [°C]	Měrná vlhkost [g/kg]	Entalpie [kJ/kg]
zima	-12	$x_e=1, x_i=6$	-

Tabulka II.1.1 - Klimatické podmínky stavby

## II.1.4 POŽADOVANÉ PARAMETRY VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU

Vzduchotechnická jednotka číslo 1 bude obsluhovat místnosti 0.02-0.08.

0.04	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	19	max 60	0,13-0,2	60

Tab. II.1.2 - Požadavky na vnitřní prostředí (posilovna)

0.04	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	19	max 60	0,13-0,2	60

Tab. II.1.3 - Požadavky na vnitřní prostředí (tréninková hala)

0.02, 0.06, 0.07, 0.08	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.4 - Požadavky na vnitřní prostředí (skladovací místnosti)

0.05	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.5 - Požadavky na vnitřní prostředí (technická místnost)

Vzduchotechnická jednotka číslo 2 bude obsluhovat místnosti 1.02 a-1.19.

1.02a,b	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.6 - Požadavky na vnitřní prostředí (vstupní hala + chodba)

1.04	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	20	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.7 - Požadavky na vnitřní prostředí (klubovna)

1.05, 1.06b, 1.07	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.8 - Požadavky na vnitřní prostředí (skladovací, technická a úklid)

1.06a, 1.08a, 1.08b, 1.09a, 1.09b, 1.11, 1.14, 1.16, 1.18	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	24	max 90	0,13-0,2	55

Tab. II.1.9 - Požadavky na vnitřní prostředí (WC, předsíňky, hygienická kabinka, sprchy)

1.10, 1.12, 1.13, 1.15, 1.17, 1.19	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	22	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.10 - Požadavky na vnitřní prostředí (šatny)

Vzduchotechnická jednotka číslo 3 bude obsluhovat místnosti 2.02-2.15.

2.02	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.11 - Požadavky na vnitřní prostředí (chodba)

2.03, 2.05, 2.09	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	15	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.12 - Požadavky na vnitřní prostředí (provozní, technická a úklid)

2.04a, 2.06	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	20	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.13 - Požadavky na vnitřní prostředí (klubovna, zázemí pro rozhodčí)

2.07a, 2.07b, 2.08a, 2.08b, 2.12, 2.14	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	24	max 90	0,13-0,2	55

Tab. II.1.14 - Požadavky na vnitřní prostředí (WC, předsínky, sprchy)

2.11, 2.15	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	22	max 60	0,13-0,2	55

Tab. II.1.15 - Požadavky na vnitřní prostředí (šatny)

2.10	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění	Hluk
	[°C]	[%]	[m/s]	[dB(A)]
zima	24	max 70	0,13-0,2	55

Tab. II.1.16 - Požadavky na vnitřní prostředí (fyzioterapie)

Jako základní maximální hodnota akustického tlaku je uvažována hodnota 40 dB(A).

## II.1.5 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Celkový objekt sportovního centra byl rozdělen do čtyřech jednotlivých částí kvůli velkým objemům místností a nedostatku okenních otvorů. Následkem toho bude nedostatečná intenzita přirozeného větrání. Hlavním cílem projektu bakalářské práce navrhnout systém větrání budovy, nezajímá nás chlazení objektu, protože v létě většina sportovců bude cvičit zvenku. Předpokládá se, že objekt bude mít samostatný otopný systém.

Vzduchotechnická jednotka číslo 1 bude obsluhovat 1.PP, kde jsou situovány hlavně posilovna a tréninková hala. Posilovna bude větrána podtlakově, do tréninkové haly přivádíme víc vzduchu, než odvádíme (přetlakový režim), aby zajistit pohyb vzduchu v celém podlaží. Optimální poloha distribučních prvků také dovolí vzduchu z atletické haly bezprostředně pohybovat a

promíchávat celým podlažím. Část vzduchu z tréninkové haly (polovinu) budeme odvádět přes samu halu, ostatní vzduch přes sousední posilovnu. Přebytek vzduchu z těchto místností bude větrat skladovací prostory č. 0.02, 0.07 a 0.08 přes větrací mřížky v dveřích/stěně (řešení je závislé na projektantu). Technická 0.05 a skladovací 0.06 místnosti budou větrány rovnotlance.

Zařízení číslo 2 zaručuje větrání 1.NP. Hlavní zvláštností tohoto systému je to, že vzduch přiváděný do šaten se bude plavně pohybovat do sprch, odkud bude následně odtažen, aby zajistil rovnotlaký systém větrání místností. Přivádíme tolik, kolik odvádíme. Chodby jsou větrány přetlakově, aby přebytek vzduchu se mohl dostat do prostorů WC a předsínek, skladu 1.05, hygienické kabinky 1.06a, úklidu 1.06b a provozní místnosti 1.07. Aby systém fungoval správně, navrháme odvádění vzduchu v následujících místnostech přes talířové ventily. Klubovna bude pracovat v rovnotlakém režimu.

Zařízení číslo 3 bude zajišťovat přívod a odvod vzduchu pro 2.NP. Systém je shodný jako v 1.NP. Větrání chodby je přetlakové pro zabezpečení vzduchem WC s předsínkami, úklidu 2.09, provozní 2.03 a technické místností 2.05. Šatny 2.11 a 2.15 a sprchy 2.12 a 2.14 tvoří zvláštní rovnotlaký systém.

## II.1.5.1 HYGIENICKÉ POŽADAVKY A MINIMÁLNÍ DÁVKY VZDUCHU

Popis	Dávka [m3/h]
Lidé, těžká činnost	90
Lidé, lehká činnost	25
Sprcha	150
Umyvadlo	30
Zachodová mísa	50
Pisoár, šatní skříň	25

Tab. II.1.5 - Dávky vzduchu

Technická místnost v 1.PP podlaží má dvounásobnou intenzitu větrání kvůli umístění dvou kotlů, v ostatních skladovacích, provozních, technických prostorech, na chodbách stačí intenzita větrání 0,3-0,5 h<sup>-1</sup>. Podle počtu osob budou navrženy posilovna a tréninková hala (15 osob), klubovny v 1.NP a 2.NP (12 osob), zázemí pro rozhodčí (3 osoby), fyzioterapie (3 osoby). V relax centru ve 2.NP lze zjistit produkci vlhkosti vířivky podle tabulky:

Teplota vody ->	26°C	28°C	30°C	32°C	34°C	36°C
<b>Teplota vzduchu</b>						
<b>26°C</b>	0,153	0,207	0,271	0,339	0,415	0,499
<b>28°C</b>	0,117	0,171	0,235	0,303	0,379	0,463
<b>30°C</b>	0,077	0,131	0,195	0,263	0,339	0,423

Tab. II.1.5.1 – Výpočet množství odpařené vody [8]

Vířivka o rozměrech 4 m<sup>2</sup> a s teplotou 26/36 °C (--> 4x0,499=1,996 l/h – odpaří se 1,996 litru za hodinu)

Pak objem potřebného vzduchu lze najít podle vzorce:

$$V_p = G/\rho * (x_i - x_p) = 1996 / 1,2 * (6,0 - 1,0) = 330 \text{ m}^3/\text{h}$$

Součástí každé vzduchotechnické jednotky na přívodní a odvodní straně budou kapsové filtry třídy G4 s tlakovou rezervou na zanesení filtrů (dvoustupňový systém filtrace).

Číslo místnosti	Název místnosti	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Světlá výška [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	MJ [-]	Počet osob [os]	Dávka vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [h <sup>-1</sup> ]	Přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]
0.02	sklad nářadí	10,5	4,1	43,05				0,6		25
0.03	posilovna	399,3	4,1	1637,1	těžká činnost	15	90		1530	2100
0.04	tréninková hala	296,9	7,1	2108	těžká činnost	15	90		1400	700
0.05	technická	23,9	4,1	97,99				2	200	200
0.06	sklad č.1	14,1	4,1	57,81				0,5	30	30
0.07	sklad č.2	14,1	4,1	57,81				0,5		30
0.08	sklad č.3	36,7	4,1	150,47				0,5		75
<b>Σ</b>									<b>3160</b>	<b>3160</b>

Tab. II. 1.5.2 – Tabulka místností – Zařízení č.1 – Větrání

Číslo místnosti	Název místnosti	Půdorysná plocha	Světlá výška	Objem	MJ	Počet osob	Dávka vzduchu	Výměna vzduchu	Přívod	Odvod	
		[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[-]	[os]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	
1.02a	vstupní hala	100,2	3,1	310,62				0,5	1150	150	
1.04	klubovna 1	97,1	3,1	301,01	lehká činnost	12	35		420	420	
1.05	sklad	6,5	3,1	20,15				0,5		10	
1.06a	hygienická kabinka	6,1	3,1	18,91	umyvadlo, sprcha, záchodová mísa		30 + 150 + 50			230	
1.06b	úklid	2,3	3,1	7,13	výlevka		30			30	
1.07	provozní	15,8	3,1	48,98				0,5		25	
1.08a	WC ženy	15,3	3,1	47,43	6x záchodová mísa		6x50			300	
1.08b	WC ženy předsíňka	6,2	3,1	19,22	3x umyvadlo		3x30			90	
1.09a	WC muži	15,3	3,1	47,43	3x záchodová mísa, 3x pisoár		3x50 + 3x25			225	
1.09b	WC muži předsíňka	6,2	3,1	19,22	3x umyvadlo		3x30			90	
1.10	šatna-mladší dívky	22,5	3,1	69,75		10	27		270		
1.11	sprchy-dívky	11,1	3,1	34,41	3x umyvadlo, 3x sprcha		3x30 + 3x150			540	
1.12	šatna-starší dívky	22,5	3,1	69,75		10	27		270		
1.13	šatna-přípravka dívky	31,4	3,1	97,34		15	26		390		
1.14	sprchy-dívky	8,1	3,1	25,11	3x umyvadlo, 2x sprcha		3x30 + 2x150			390	
1.15	šatna-přípravka chlapci	31,4	3,1	97,34		15	26		390		
1.16	sprchy-chlapci	8,1	3,1	25,11	3x umyvadlo, 2x sprcha		3x30 + 2x150			390	
1.17	šatna-starší chlapci	22,5	3,1	69,75		10	27		270		
1.18	sprchy-chlapci	11,1	3,1	34,41	3x umyvadlo, 3x sprcha		3x30 + 3x150			540	
1.19	šatna-mladší chlapci	22,5	3,1	69,75		10	27		270		
									<b>Σ</b>	<b>3430</b>	<b>3430</b>

Tab. II. 2.5.3 – Tabulka místností – Zařízení č.2 – Větrání

Číslo místnosti	Název místnosti	Půdorysná plocha	Světlá výška	Objem	MJ	Počet osob	Dávka vzduchu	Výměna vzduchu	Přívod	Odvod	
		[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[-]	[os]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	
2.02	chodba	50,97	3,1	158,01				0,5	645	80	
2.03	provozní	39,15	3,1	121,37				0,5		60	
2.04a	klubovna 2	98,13	3,1	304,20	lehká činnost	12	35		420	420	
2.05	technická	20,33	3,1	63,02				0,5		30	
2.06	zázemí pro rozhodčí	20,12	3,1	62,37	lehká činnost	3	25		75	75	
2.07a	WC ženy	10,34	3,1	32,05	4x zachodová misa		4x50			200	
2.07b	předsíňka	3,92	3,1	12,15	2x umyvadlo		2x30			60	
2.08a	předsíňka	3,92	3,1	12,15	2x umyvadlo		2x30			60	
2.08b	WC muži	10,44	3,1	32,36	2x zachodová misa, pisoár		2x50+25			125	
2.09	úklid	5,18	3,1	16,06	výlevka		30			30	
2.10	fyzioterapie	11,76	3,1	36,46	těžká činnost	3	90		270	270	
2.11	šatna-ženy	83,14	3,1	257,73		22	40		880		
2.12	sprchy-ženy	22,64	3,1	70,18	7x sprcha, 2x umyvadlo		7x150 + 2x30			880	
2.14	sprchy-muži	22,64	3,1	70,18	7x sprcha, 2x umyvadlo		7x150 + 2x30			880	
2.15	šatna-muži	83,14	3,1	257,73		22	40		880		
									<b>Σ</b>	<b>3170</b>	<b>3170</b>

Tab. II. 3.5.4 – Tabulka místností – Zařízení č.3 – Větrání

Číslo místnosti	Název místnosti	Půdorysná plocha	Světlá výška	Objem	MJ	Počet osob	Dávka vzduchu	Výměna vzduchu	Přívod	Odvod	
		[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[-]	[os]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	
2.13a	relax	77,38	2,95	228,27	3x sprcha, umyvadlo, vířivka, sauna		3x150 + 30 + 330 + 50		940	860	
2.13c	WC	1,35	2,95	3,98	zachodová misa, umyvadlo		50 + 30			80	
									<b>Σ</b>	<b>940</b>	<b>940</b>

Tab. II. 4.5.5 – Tabulka místností – Zařízení č.4 – Větrání



## II.1.6 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

### II.1.6.1 NÁVRH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ

V 1.PP distribuujeme vzduch pomocí anemostatů, obdélníkových vyústek do kruhového potrubí a dýz s dalekým dosahem. V 1.NP používáme také anemostaty, obdélníkové vyústky do kruhového potrubí a talířové ventily v hygienických místnostech. V posledním 2.NP přiběhneme k pomoci anemostatů, obdélníkových vyústek do kruhového potrubí a talířových ventilů. Distribuční elementy budou navrženy z technických podkladů výrobců MANDÍK, a. s. a **ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s. r. o.. Návrh distribučních elementů je představen v přílohách 1-7 této technické zprávy.**

### II.1.6.2 VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Výpočet vzduchotechnického potrubí byl proveden pomocí programu CADKON MEP. Rychlosti v stoupacím potrubí se uvažovala jako 6-7 m/s, v potrubí na chodbách 5-6 m/s, v místnostech 3-4 m/s. Při výběru průřezu potrubí tlakové ztráty nepřekročovali hodnotu v 1 Pa na 1 m potrubí. Podrobnější výpočet potrubí lze najít v příloze k technické zprávě.

### II.1.6.3 KONCEPCE VĚTRACÍCH ZAŘÍZENÍ

Z důvodů velkých rozměrů vzduchotechnického zařízení (kvůli velkým průtokům vzduchu) a s cílem snížení hluku při provozu v objektu, umístíme všechny vzduchotechnické jednotky na střeše. Únosnost střešní konstrukci musí být ověřena projektantem. Pochozí, plochá střecha je vyspádovaná (3%) a odvodněná pomocí vpustí. Přístup na střechu je umožněn přes výlez v horním patře objektu. Každé přívodní a odvodní potrubí bude opatřeno požární klapkou (Kapitola Protipožární opatření).

Výfukové a sací potrubí budou vzdáleny mezi sebou minimálně 5 m a orientovány do různých stran, aby se neměl možnost promíchávat odpadní a čerstvý vzduch. Výfuk a sání budou rozmístěny ve výši minimálně 1,5m nad střešní plochou. Výfukové potrubí skončí výfukovou hlavicí s ochrannou mřížkou, pro veškeré sací potrubí je navržena protidešťová žaluzie PZZNS Systemair. Pro přívod a odvod vzduchu bude použito hranaté potrubí z pozinkovaného plechu spojené pomocí přírub, které následně prodlouží kruhové SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu spojené spojkami. Potrubí na střeše bude chráněno tepelnou izolací tloušťky 50 mm pro ochranu

proti ochlazování vzduchu a bránění kondenzaci vodní páry, v šachách – 30 mm pro eliminaci nadměrného hluku při distribuci vzduchu do jednotlivých místností.

#### II.1.6.4 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 1 – VĚTRÁNÍ 1.PP

Zařízení číslo 1 o rozměrech 3372x700x1500mm je sestavná bezrámová čtvercová vzduchotechnická jednotka s deskovou rekuperační komorou pro zpětné získávání tepla. Jednotka určená pro venkovní provedení, proto je opatřena stříškou a stojí na základním rámu tloušťky 100 mm.

Přívodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 83 % a výkonem 29 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, dvouřadé vodní ohřívací komory s teplotním spádem 80/60 °C a tepelným ziskem 5,6 kW, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 56,56 % a výkonem 1,0 kW s osazenou tepelnou ochranou motoru a je navrženo pro průtok vzduchu 3160 m<sup>3</sup>/h.

Odvodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 83 % a tepelným ziskem 29 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 55,29 % a výkonem 0,8 kW a je navrženo pro průtok vzduchu 3160 m<sup>3</sup>/h.

VZT potrubí je viditelné a vedeno přímo pod stropem, není potřeba jej schovávat. Pro distribuci vzduchu byli použity anemostaty, dýzy s dalekým dosahem a obdélníkové vyústky pro kruhové potrubí. Pro odvod – anemostaty, obdélníkové vyústky do kruhového potrubí. Anemostaty jsou napojené na SPIRO potrubí přes speciální přípojovací skříň s kulovým hrdlem pro vodorovné připojení.

#### II.1.6.5 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 2 – VĚTRÁNÍ 1.NP

Zařízení číslo 2 o rozměrech 3372x700x1500mm je sestavná bezrámová čtvercová vzduchotechnická jednotka s deskovou rekuperační komorou pro zpětné získávání tepla. Jednotka určená pro venkovní provedení, proto je opatřena stříškou a stojí na základním rámu tloušťky 100 mm.

Přívodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory

se statickou účinností 83 % a tepelným ziskem 34,6 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, dvouřadé vodní ohřívací komory s teplotním spádem 80/60 °C a výkonem 6,4 kW, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 58,62 % a výkonem 1,2 kW s osazenou tepelnou ochranou motoru a je navrženo pro průtok vzduchu 3430 m<sup>3</sup>/h.

Odvodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 83 % a tepelným ziskem 34,6 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 55,83 % a výkonem 1,0 kW a je navrženo pro průtok vzduchu 3430 m<sup>3</sup>/h.

VZT potrubí je viditelné a vedeno přímo pod stropem, není potřeba jej schovávat. Pro distribuci vzduchu do místností byli použity anemostaty. Pro odvod – anemostaty, obdélníkové vyústky do kruhového potrubí, talířové ventily. Anemostaty jsou napojené na SPIRO potrubí přes speciální připojovací skříň s kulovým hrdlem pro vodorovné připojení.

## II.1.6.6 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 3 – VĚTRÁNÍ 2.NP

Zařízení číslo 3 o rozměrech 3372x700x1500mm je sestavná bezrámová čtvercová vzduchotechnická jednotka s deskovou rekuperační komorou pro zpětné získávání tepla. Jednotka určená pro venkovní provedení, proto je opatřena stříškou a stojí na základním rámu tloušťky 100 mm.

Přívodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 84 % a tepelným ziskem 32,2 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, dvouřadé vodní ohřívací komory s teplotním spádem 80/60 a výkonem 5,8 kW, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 56,6 % a výkonem 1,0 kW s osazenou tepelnou ochranou motoru a je navrženo pro průtok vzduchu 3170 m<sup>3</sup>/h.

Odvodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 84 % a tepelným ziskem 32,2 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 55,3 % a výkonem 0,8 kW a je navrženo pro průtok vzduchu 3170 m<sup>3</sup>/h.

VZT potrubí je viditelné a vedeno přímo pod stropem, není potřeba jej schovávat. Pro distribuci vzduchu do místností byli použity anemostaty a obdélníkové vyústky do kruhového potrubí. Pro odvod – anemostaty, obdélníkové vyústky do kruhového potrubí, talířové ventily.

Anemostaty jsou napojené na SPIRO potrubí přes speciální přípojovací skříň s kulovým hrdlem pro vodorovné připojení.

## II.1.6.7 ZAŘÍZENÍ ČÍSLO 4 – VĚTRÁNÍ RELAX CENTRA

Zařízení číslo 4 o rozměrech 2859x550x1200mm je sestavná bezrámová čtvercová vzduchotechnická jednotka s deskovou rekuperační komorou pro zpětné získávání tepla. Jednotka určená pro venkovní provedení, proto je opatřena stříškou a stojí na základním rámu tloušťky 100 mm.

Přívodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 88 % a tepelným ziskem 10,6 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, dvouřadé vodní ohřívací komory s teplotním spádem 80/60 °C a výkonem 1,3 kW, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 39,71 % a výkonem 0,2 kW s osazenou tepelnou ochranou motoru a je navrženo pro průtok vzduchu 940 m<sup>3</sup>/h.

Odvodní zařízení se skládá z koncové klapky s velkým otvorem, filtrační komory s kapsovým filtrem G4 – 360 a tlakovou rezervou na zanesení filtrů, deskové rekuperační komory se statickou účinností 88 % a výkonem 10,6 kW se sifonem pro odvod kondenzátu, ventilátorové komory s volným oběžným kolem se statickou účinností 39,71 % a výkonem 0,2 kW a je navrženo pro průtok vzduchu 940 m<sup>3</sup>/h.

VZT potrubí je viditelné a vedeno přímo pod stropem, není potřeba jej schovávat. Pro distribuci vzduchu do místností byli použity anemostaty. Pro odvod – obdélníkové vyústky do kruhového potrubí, talířové ventily. Anemostaty jsou napojené na SPIRO potrubí přes speciální přípojovací skříň s kulovým hrdlem pro vodorovné připojení.



- Regulace výkonu ventilátorů;
- Regulace výkonu ohřívače dle teploty vzduchu;
- Ochrana proti zamrznutí deskového rekuperátoru a ohřívače;
- Kontrola zanášení filtru;
- Ovládání by-pass klapky pro vypouštění přebytečného tlaku deskového rekuperátoru;
- Signál o poruše jednotlivých prvků systému.

## **II.1.9 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE**

### **II.1.9.1 STAVEBNÍ ÚPRAVY**

Původní projekt nepřepokládal, že v daném objektu bude rozmístěna strojovna vzduchotechniky, proto nejlepším řešením stálo umístění VZT jednotek na střechu. Před tímto krokem je nutno provést určité stavební úpravy. Za prvé je důležité ověřit projektantem únosnost střešní konstrukce. Za druhé správně vyřešit vstup potrubí konstrukcí střechy a ten vstup důkladně izolovat. Za třetí rozmístit větrací mřížky do dveří nebo do prostoru nad dveřmi hygienických, provozních a technických prostorů, aby vytvořit proudění vzduchu.

### **II.1.9.2 SILNOPROUD**

3/N/PE AC 230/400 V 50 Hz pro spojení VZT zařízení a systému MaR

### **II.1.9.3 VYTÁPĚNÍ**

Vodní ohřívač každé VZT jednotky je nutné napojit na topnou vodu s teplotním spádem 80/60°C.

Pro vytápění objektu třeba navrhnout otopná tělesa, ale to není součástí dané technické zprávy.

### **II.1.9.4 ZDRAVOTNÍ TECHNIKA**

Odvod kondenzátu z deskových rekuperátorů je umožněn přes dvě vpusti, umístěné na střeše.

## **II.1.10 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ A OPATŘENÍ PROTI ŠÍŘENÍ VIBRACÍ**

Z důvodu snížení vibrací VZT jednotky budou montované pružně, na VZT potrubí, které musí být těsněné pro eliminování přenosu hluku, jako protihlukové opatření budou použity kulisové tlumiče, ale výpočet tlumičů v tomto projektu proveden nebyl. Vedení VZT potrubí přes stavební konstrukce bude provedeno pomocí tlumících vložek.

## **II.1.11 IZOLACE A NÁTĚRY**

Jako izolace budou použity Isover Orstech LPS H tloušťky 30 a 50 mm, které splňují zároveň tepelnou, akustickou a protipožární funkci. Izolace tloušťky 50 mm bude určena pro sací a výfukové potrubí na střeše a potrubí s venkovním provedením, svislé potrubí vedené šachtou bude opatřeno izolací tloušťky 30 mm.

## **II.1.12 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ**

Proti šíření požáru potrubí bude opatřeno požárními kapkami v místech, kde potrubí prochází požárními dělicími konstrukcemi. Počet a umístění požárních klapek bude přesně zjištěn po zpracování požárně bezpečnostního řešení.

## **II.1.13 MONTÁŽ, PROVOZ, OBSLUHA, ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ**

Montáž vzduchotechnických jednotek je dovolen pouze oprávněné osobě/firmě. Při osazení prvků je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny a plnit montážní návody. Po montáži před uvedením do provozu je třeba provést zkoušky zařízení. Pouze školená osoba smí obsluhovat zařízení. Kontrolu a údržbu je nutné provádět pravidelně a zapisovat informace do záznamového listu.

## **II.1.14 ZÁVĚR**

Uvedená vzduchotechnická zařízení dovolují vytvořit příznivé podmínky vnitřního prostředí a zajistit požadovanou výměnu vzduchu v místnostech.

## **II.1.15 PŘÍLOHY TECHNICKÉ ZPRÁVY**

**PŘÍLOHA Č.1 – NÁVRH OBDÉLNÍKOVÉ VYÚSTI DO KRUHOVÉHO POTRUBÍ**

**PŘÍLOHA Č. 2 – NÁVRH ANEMOSTATŮ**

**PŘÍLOHA Č. 3 – NÁVRH ANEMOSTATŮ**

**PŘÍLOHA Č. 4 – NÁVRH ANEMOSTATŮ**

**PŘÍLOHA Č. 5 – NÁVRH ANEMOSTATŮ**

**PŘÍLOHA Č. 6 – NÁVRH TALÍŘOVÝCH VENTILŮ**

**PŘÍLOHA Č. 7 – NÁVRH DÝZ S DALEKÝM DOSAHEM**

**PŘÍLOHA Č. 8 – NÁVRH VZT POTRUBÍ PRO 1.PP**

**PŘÍLOHA Č. 9 – NÁVRH VZT POTRUBÍ PRO 1.NP**

**PŘÍLOHA Č. 10 – NÁVRH VZT POTRUBÍ PRO 2.NP**

**PŘÍLOHA Č. 11 – NÁVRH VZT POTRUBÍ PRO RELAX CENTRUM**

**PŘÍLOHA Č. 12 – NÁVRH PROTIDĚŠŤOVÝCH ŽALUZÍÍ**



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

### KNIŽNÍ ZDROJE:

1. CHYSKÝ, Jaroslav, HEMZAL, Karel, kolektiv. *Větrání a klimatizace*. Vydání třetí, zcela přepracované. Nakladatelství a vydavatelství BOLIT-B press Brno v roce 1993. ISBN 80-901574-0-8.
2. GÜNTER, Gebauer, RUBINOVÁ, Olga, HORKÁ, Helena. *Vzduchotechnika*. Druhé vydání. Era group spol. s. r. o. Brno, 2007. ISBN 978-80-7366-091-8.

### NORMY, ZÁKONY, VÝHLAŠKY:

3. Vyhláška č.499/2006 Sb. O dokumentaci staveb
4. Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
5. Vyhláška 410/2005 Sb. O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
6. Vyhláška 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
7. Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
8. ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov
9. ČSN EN ISO 7730 Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu
10. ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty
11. ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
12. ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
13. ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

### ELEKTRONICKÉ ZDROJE:

14. DRKAL, František, LAIN, Miloš, SCHWARZER, Jan, ZMRHAL, Vladimír.

*Vzduchotechnika*. Dostupné z:

[https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf)

15. Systémy chlazení ve vzduchotechnice. [online] Dostupné z:  
<[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u5-chlazení\\_ve\\_vzduchotechnice.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u5-chlazení_ve_vzduchotechnice.pdf)>
16. Chladicí stropy. [online]. Dostupné z: <<http://www.knauf.cz/knauf-thermoboard-plus>>
17. Split systém. [online]. Dostupné z: <<http://www.klimaservis-zlin.cz/split.htm>>
18. TZB-INFO.CZ. *Jak větrat sportovní a víceúčelové haly bez průvanu a hluku?* [online], 2015. Dostupné z <<http://vetrani.tzb-info.cz/prumysl-ova-vzduchotechnika/13551-jak-vetrat-sportovni-a-viceucelove-haly-bez-pruvanu-a-hluku>>
19. ROBATHERM.CZ *Vzduchotechnické systémy pro kryté bazény.* [online] Dostupné z: <[https://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm\\_swimmingpools\\_cze.pdf](https://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm_swimmingpools_cze.pdf)>
20. TZB-INFO.CZ. *Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov – mikroklimatické podmínky a větrání.* [online], 2009. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/5593-pozadavky-na-kvalitu-vnitriho-prostredi-budov-mikroklimaticke-podminky-a-vetrani>>
21. TZB-INFO.CZ. *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb.* [online], 2013. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>>
22. TZB-INFO.CZ. *Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I).* [online], 2007. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>>
23. Axialní ventilátory. Dostupné z: <<https://www.vzduchotechnika-ventilace.cz/5116-ventilator-prumyslovny-do-potrubi-axialni-e-vent-ekf-200-vykon-750-m3-h.html>>
24. TRIGAS group s. r. o. *Vzduchotechnika a klimatizace.* Dostupné z: <<http://www.trigas.cz/vzduchotechnika-a-klimatizace.htm>>

## PODKLADY VÝROBCŮ:

25. Anemostaty MANDÍK. [online] Dostupné z:  
<[http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001\\_96\\_cz\\_VVM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001_96_cz_VVM.aspx)>
26. Anemostaty MANDÍK. [online] Dostupné z:  
<[http://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003\\_97\\_cz\\_ALCM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003_97_cz_ALCM.aspx)>

27. Talířové ventily MANDÍK. [online] Dostupné z:  
<[http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028\\_03\\_cz\\_TVPM\\_TVOM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028_03_cz_TVPM_TVOM.aspx)>
28. Dýzy s dalekým dosahem MANDÍK. [online] Dostupné z:  
<[http://www.mandik.cz/getattachment/6ffd3187-da56-4b29-accb-ffce1017e6a0/072\\_08\\_cz\\_DDM-II.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/6ffd3187-da56-4b29-accb-ffce1017e6a0/072_08_cz_DDM-II.aspx)>
29. Obdélníkové vyústky do kruhového potrubí ELEKTRODESIGN. [online] Dostupné z:  
<<http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/kvk2-h-1-0-200x75-vyustka-komfortni>>
30. Požární klapka SYSTEMAIR. [online] Dostupné z:  
[https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog\\_PKI3G\\_CZ\\_2014.pdf](https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog_PKI3G_CZ_2014.pdf)
31. Protidešťové žaluzie SYSTEMAIR. [online] Dostupné z:  
<[https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog\\_PZ\\_CZ\\_REV.02.pdf](https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog_PZ_CZ_REV.02.pdf)>

## SEZNAM OBRAZKŮ:

- [1] **Obrázek 3** – poloha neutrální osy v místnosti větrané dvěma otvory. Dostupné z:  
<<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-02.pdf>>
- [2] **Obrázek 4a** - větrací systém Aireco - větrací štěrba na okno. Dostupné z:  
<<https://www.pramos.cz/okna/dopluky/vetraci-mrizky/>>
- [3] **Obrázek 2b** - větrací systém Renson – ventilační klapka do skla. Dostupné z:  
<<https://www.pramos.cz/okna/dopluky/vetraci-mrizky/>>
- [4] **Obrázek 3** - aerace haly s vývinem vnitřního tepla. Dostupné z:  
<[https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf)>
- [5] **Obrázek 4** – světlíky pro průmyslové haly a občanské stavby. Dostupné z:  
<<https://www.koma-facade.cz/produkty/stresni-svetliky>>
- [6] **Obrázek 5** – oboustranné provětrávání. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/vetrani-okny/8925-jak-a-proc-spravne-vetrat>>
- [7] **Obrázek 6** – šachtové větrání. Dostupné z:  
<<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-02.pdf>>

- [8] **Obrázek 7** – kompaktní větrací jednotky s rekuperací tepla DUPLEX 1100-3600. Dostupné z: <<http://www.atrea.cz/cz/duplex-1100-3600-flexi>>
- [9] **Obrázek 8** – provozní režimy kompaktní větrací jednotky DUPLEX 1100-3600. Dostupné z: <[http://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex\\_flexi\\_cz/files/assets/basic-html/index.html#1](http://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex_flexi_cz/files/assets/basic-html/index.html#1)>
- [10] **Obrázek 9** – příklad sestavné jednotky s rotačním rekuperátorem a vodním ohřevem REMAK a.s. Dostupné z: <[http://www.remak.eu/sites/default/files/files/aeromaster\\_xp\\_8.pdf](http://www.remak.eu/sites/default/files/files/aeromaster_xp_8.pdf)>
- [11] **Obrázek 10** – větrání otevřeným oknem v zimě. Dostupné z: <<http://www.trigas.cz/vzduchotechnika-nevyhody-vetrani.htm>>
- [12] **Obrázek 11** – axiální ventilátor. Dostupné z: <<https://www.vzduchotechnika-ventilace.cz/5116-ventilator-prumyslovy-do-potrubi-axialni-e-vent-ekf-200-vykon-750-m3-h.html>>
- [13] **Obrázek 12** – vzduch o různé teplotě vháněný axiálním ventilátorem. Dostupné z: <<http://www.trigas.cz/vzduchotechnika-pomocna.htm>>
- [14] **Obrázek 13** – křivka teplotního zvrstvení. Dostupné z: <<http://www.trigas.cz/teplovzduzne-vytapeni-hal.htm>>
- [15] **Obrázek 14** – křivka teplotního zvrstvení - dobrá účinnost. Dostupné z: <<http://www.trigas.cz/teplovzduzne-vytapeni-ucinnost.htm>>
- [16] **Obrázek 15** – fancoil – ventilační jednotka. Dostupné z: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-06.pdf>>
- [17] **Obrázek 16** – indukční jednotka. Dostupné z: <[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u5-chlazení\\_ve\\_vzduchotechnice.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u5-chlazení_ve_vzduchotechnice.pdf)>
- [18] **Obrázek 17** – chladicí strop. Dostupné z: <<http://www.knauf.cz/knauf-thermoboard-plus>>
- [19] **Obrázek 18** – vnitřní jednotky. Dostupné z: <<http://www.klimaservis-zlin.cz/split.htm>>
- [20] **Obrázek 19** – split systém. Dostupné z: <<http://www.batecool.co.uk/refrigeration/split-system-refrigeration.html>>

## SEZNAM TABULEK:

- [1] **Tabulka 1** – Celoročně přípustné parametry mikroklimatických podmínek. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>> a <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-410>>

- [2] **Tabulka 2** – Intenzita větrání čerstvým vzduchem v zařízení a provozovnách pro výchovu a vzdělávání. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>> a <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-410>>
- [3] **Tabulka 3** – Mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší haly krytého bazénu a jeho přilehlých prostor. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>>
- [4] **Tabulka 4** – Mikroklimatické podmínky sauny. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>>
- [5] **Tabulka 5** – Nejčastěji používané rozměry hal. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/prumyslova-vzduchotechnika/13551-jak-vetrat-sportovni-a-viceucelove-haly-bez-pruvanu-a-hluku>
- [6] **Tabulka 6** – součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089- starší vydání. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>>
- [7] **Tabulka 7** – součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089 – nové vydání. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>>
- [8] **Tab. II.1.5.1** – Výpočet množství odpařené vody. Dostupné z: <<http://www.obydleni.cz/clanek/kategorie-bazeny-sauny-virivky/maly-radce-pro-majitele-vnitri-nich-bazenu/>>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK A SYMBOLŮ:

V, M – průtok [m<sup>3</sup>/h]

VZT – vzduchotechnika

t – teplota [°C]

p – tlak [Pa]

g – tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]

h – výšková vzdálenost mezi otvory [m]

ρ<sub>e</sub> – hustota exteriérového vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

ρ<sub>i</sub> – hustota interiérového vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

h – měrná entalpie [kJ/kg]

ρ – hustota, objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>]

η – účinnost

Δ – rozdíl dvou hodnot

μ<sub>p</sub>, μ<sub>o</sub> - průtokový součinitel závislý na úhlu otevření otvoru [-]

$A_p, A_o$  – plocha přiváděcího a odváděcího otvorů [ $m^2$ ]  
 $\Delta p$  – působící tlakový rozdíl na otvoru [Pa]  
 $L$  – délka spáry [m]  
 $n=0,6$  až  $0,7$  – průtokový exponent [-]  
 $i$  – součinitel spárové průvzdušnosti [ $(m^3/s) / (m^*Pa^n)$ ]  
 $Q_i / Q_e$  – vnitřní a vnější tepelné zátěže/ ztráty [W]  
 $c$  – měrná tepelná kapacita vzduchu [ $J / kg^*K$ ]  
 $t_e$  – teplota vzduchu v exteriéru [ $^{\circ}C$ ]  
 $t_i$  – teplota vzduchu v interiéru [ $^{\circ}C$ ]  
 $t_{po}$  – teplota v pracovní zóně [ $^{\circ}C$ ]  
 $t_o$  – teplota odváděného vzduchu [ $^{\circ}C$ ]  
 $B < 1$  – velikost cirkulace [-]  
 $\lambda$  – součinitel tření [-]  
 $h$  – výška šachty [m]  
 $d$  – průměr šachty [m]  
 $\sum \xi$  – součet ztrátových součinitelů [-]  
 $F$  – frekvence [Hz]  
NP – nadzemní podlaží  
PP – podzemní podlaží  
 $x$  – měrná vlhkost [g/kg]  
 $\varphi$  – relativní vlhkost [%]  
dB – decibel  
 $L_w$  – celková hladina akustického výkonu ventilátoru [dB]  
 $r$  – poloměr  
ZZT – zpětné získávání tepla

## SEZNAM PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE:

- Výkres č.1 – VEDENÍ VZT POTRUBÍ 1.PP (M 1:50)
- Výkres č.2 – VEDENÍ VZT POTRUBÍ 1.NP (M 1:50)
- Výkres č.3 – VEDENÍ VZT POTRUBÍ 2.NP (M 1:50)
- Výkres č.4 – DETAILS VZT POTRUBÍ 1.PP (M 1:50)
- Výkres č.5 – DETAILS VZT POTRUBÍ 1.NP (M 1:50)
- Výkres č.6 – DETAILS VZT POTRUBÍ 2.NP (M 1:50)
- Výkres č.7 – ŘEZY 2-2', 4-4', 7-7' (M 1:50)
- Výkres č.8 – ŘEZY 1-1', 5-5', 6-6' (M 1:50)
- Výkres č.9 – ŘEZY 3-3' (M 1:50)
- Výkres č.10 – UMÍSTĚNÍ VZT JEDNOTEK V1, V2, V3 NA STŘEŠE (M 1:50)
- Výkres č.11 – UMÍSTĚNÍ VZT JEDNOTKY V4 NA STŘEŠE (M 1:50)
- Výkres č.12 – ŘEZY VZT JEDNOTKOU Č.1 (M 1:50)
- Výkres č.13 – ŘEZ VZT POTRUBÍM Č.1 (M 1:50)
- Výkres č.14 – ŘEZY VZT JEDNOTKOU Č.2 (M 1:50)
- Výkres č.15 – ŘEZ VZT POTRUBÍM Č.2 (M 1:50)
- Výkres č.16 – ŘEZY VZT JEDNOTKOU Č.3 (M 1:50)
- Výkres č.17 – ŘEZ VZT POTRUBÍM Č.3 (M 1:50)
- Výkres č.18 – ŘEZY VZT JEDNOTKOU Č.4 (M 1:50)
- Výkres č.19 – ŘEZ VZT POTRUBÍM Č.4 (M 1:50)