VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA BUDOV OBČANSKÉHO VYBAVENÍ
VENTILATION AND AIR CONDITIONING OF CIVIL BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Michal Matějíček

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

BRNO 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3608R001 Pozemní stavby
PRACOVIŠTĚ	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT	Michal Matějíček
NÁZEV	Vzduchotechnika budov občanského vybavení
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ Fakulta stavební DĚKAN - 1 -

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální předpisy ČR a EU
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování technických zařízení staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

a) titulní list,
b) zadání VŠKP,
c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
f) poděkování (nepovinné),
g) obsah,
h) úvod,
i) vlastní text práce s touto osnovou:
A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu
B. Výpočtová část
analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 2-3 zařízení zpracovaná v tématech:
tepelné bilance, průtoky vzduchu, tlakové poměry, distribuce vzduchu, dimenzování potrubí a tlaková ztráta, úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (h-x diagramy), útlum hluku
C. Projekt – u rekonstrukce zhodnocení stávajícího stavu, návrh nového řešení pro úroveň prováděcího projektu dílčí části: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna), legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma
j) závěr,
k) seznam použitých zdrojů,
l) seznam použitých zkratek a symbolů,
m) seznam příloh,
n) přílohy - výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechnického systému pro bazénovou halu v Karlově Studánce. Vzduchotechnika zajišťuje nucené větrání a upravuje přiváděný vzduch tak, aby byla zajištěna požadovaná teplota a vlhkost vnitřního klimatu.
Teoretická část se zabývá literární rešerší na téma vlhkého vzduchu, odparu z vodní hladiny a tepelnou zátěž objektu.
Experimentální měření se zabývá vyhodnocením měření vlhkosti a teploty vnitřního prostoru v domácí koupelně a v bazénové hale.

KLÍČOVÁ SLOVA

vzduchotechnika, bazénová hala, odpar z vodní hladiny, tepelné ztráty, tepelné zisky, způsoby dimenzování, distribuční prvky, měření vlhkosti

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of the air conditioning of a swimming pool in Karlova Studánka. Air conditioning ensures forced ventilation and adjusts incoming air to required temperature and humidity inside the pool.
The theoretical part deals with literary research on the topic of humid air, evaporation from the water and the thermal load of the object.
The experimental part deals with evaluation of the measured humidity and indoor temperature in a bathroom and in a swimming pool.

KEYWORDS

heating, ventilating and air conditioning (HVAC), swimming pool, evaporation from the water, heat loss, heat gains, design procedures, distributions elements, humidity measurement

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Michal Matějíček *Vzduchotechnika budov občanského vybavení.* Brno, 2017. 104 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2017

Michal Matějíček

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Hiršovi, CSc., za trpělivost, pomoc, čas a věcné rady, které mi věnoval. Dále bych rád poděkoval celé své rodině, která mě podporovala v průběhu celého studia a při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD **11**

1 TEORETICKÁ ČÁST **12**

1.1 POŽADAVKY NA KVALITU VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ 13
1.1.1 PŘEHLED NOREM A PLATNÝCH PŘEDPISŮ 13
1.1.2 HLAVNÍ ZÁSADY TEPELNÉ BILANCE 13
1.1.3 VĚTRÁNÍ 15

1.2 TEORIE VLHKÉHO VZDUCHU 17
1.2.1 VLHKÝ VZDUCH 17
1.2.2 ZÁKLADNÍ VELIČINY VYJÁDŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU 17
1.2.2.1 ABSOLUTNÍ VLHKOST VZDUCHU A [KG/M^3] 18
1.2.2.2 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU Φ, R_H [%] 18
1.2.2.3 MĚRNÁ VLHKOST VZDUCHU X [KG/KG S.V.] 18
1.2.2.4 TEPLOTA ROSNÉHO BODU T_R [°C] 19
1.2.2.5 TEPLOTA MOKRÉHO TEPLOMĚRU T_M [°C] 19
1.2.2.6 MĚRNÁ HMOTNOST [KG/M^3] 19
1.2.2.7 PARCIÁLNÍ TLAK PAR P_V [PA] 19
1.2.2.8 HUSTOTA VLHKÉHO VZDUCHU 19
1.2.2.9 ENTALPIE VLHKÉHO VZDUCHU 19

1.3 VODNÍ ZISKY 21
1.3.1 ODPAR VODNÍ HLADINY 21
1.3.2 VÝPOČTOVÉ MODELY ODPARU VODNÍ HLADINY 22
1.3.3 MOŽNOSTI ODVLHČENÍ 23
1.3.3.1 ODVLHČOVAČE VZDUCHU 23

1.4 H-X DIAGRAM 26
1.4.1 KONSTRUKCE MOLLIEROVA H-X DIGRAMU 27

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST **28**

2.1 ANALÝZA OBJEKTU 29

2.2 TEPELNÁ BILANCE 31
2.2.1 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA 32
2.2.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU 34
2.2.3 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE OBJEKTU 35
2.2.4 VÝPOČET ODPARU VODNÍ HLADINY 38

2.3 VÝPOČET PRŮTOKŮ VZDUCHU 41

2.4 DISTRIBUČNÍ PRVKY 43
2.4.1 SCHÉMA DISTRIBUCE VZDUCHU 43
2.4.2 PŘÍVOD VZDUCHU 44
2.4.3 ODVOD VZDUCHU 49

2.5 DIMENZOVÁNÍ 52
2.5.1 SCHÉMA DIMENZOVÁNÍ 52

2.5.2 Přívodní potrubí 53
2.5.3 Odvodní potrubí 54
54

2.6 Vzduchotechnická jednotka 55

2.7 Útlum hluku 63
2.7.1 Výpočet útlumu hluku 63
2.7.2 Návrh tlumičů hluku 67

2.8 Izolace potrubí 71
2.8.1 Výpočet kondenzace 71
2.8.2 Návrh tepelné izolace 72

3 PROJEKT 73

3.1 Technická zpráva 74
1. Úvod 74
1. 1 Podklady pro zpracování 74
1. 2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů 75
1. 3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí 75
2. Základní koncepční řešení, zaregulování systému 75
2. 1 Stavební větrání 76
2. 2 Hygienické větrání 76
2. 3 Klimatizace bazénové haly 76
2. 4 Energetické zdroje 76
3. Popis technického řešení 77
4. Nároky na energie 77
5. Měření a regulace 77
6. Nároky na související profese 77
6. 1 Stavební úpravy 77
6. 2 Silnoproud 77
6. 3 Chlazení, vytápění 78
6. 4 Zdravotechnika 78
7. Protihluková a protiotřesová opatření 78
8. Izolace a nátěry 78
9. Protipožární opatření 78
10. Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení 79
11. Závěr 79
12. Položková specifikace 80

3.2 Funkční schéma zapojení 81

4 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ 83

4.1 Měření vlhkosti vzduchu v koupelně v závislosti na teplotě vody ve vaně 84
4.1.1 Úvod k měření 84
4.1.2 Měřený objekt 84
4.1.3 Měřící technika 85
4.1.4 Měření vlhkosti vzduchu při různých teplotách vody 87
4.1.5 Závěr 94

4.2 Měření vlhkosti v letních lázních Karlova Studánka 95
4.2.1 Úvod k měření 95
4.2.2 Předpisy určující vnitřní mikroklima v prostoru bazénové haly 95

4.2.3 UMÍSTĚNÍ ČIDEL 95
4.2.4 MĚŘENÍ 96
4.2.5 ZÁVĚR 99

5 POUŽITÉ ZDROJE 100

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ 102

7 SEZNAM OBRÁZKŮ 103

PŘÍLOHY 104

A. PŘÍLOHA Č.1 – VÝKRES Č. 0.01 104

B. PŘÍLOHA Č.2 – VÝKRES Č. 0.02 104

ÚVOD

Tato bakalářská práce je členěná do čtyř částí. Společném tématem pro všechny části je vlhkost vzduchu.

V teoretické části se věnuji základním požadavkům pro větrání, tepelnou pohodu, teorii vlhkého vzduchu, vodní zisky a konstrukce h-x diagramu.

V praktické části se věnuji návrhu vzduchotechnického systému. Systém navrhuji do objektu letních lázní v Karlově Studánce. Karlova Studánka je lázeňské středisko ležící v Jeseníkách. Návrh spočíval ve vypořádání se s vlhkostí vzduchu, tepelnými zisky a ztráty. Na základě těchto okrajových podmínek byl navrhnut celý systém. Cílem praktické části bylo navrhnout klimatizaci prostoru bazénu.

Čtvrtou částí je část experimentálního měření. V této části se zabývám měřením vlhkostí vzduchu v závislosti na teplotě vody. Jedno měření bylo uskutečněno na náhradním modelu „domácích lázních“, kde jsem si vyzkoušel celé měření provést sám. Mohl jsem si nastavovat okrajové podmínky také sám. Druhá část měření probíhá přímo v lázeňském objektu v Karlově Studánce.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí

Pro dosažení maximální kvality vnitřního prostředí v budovách je vždy potřeba zajistit mnoho aspektů. Jedním ze základních kamenů je vždy zajistit dostatečné větrání. Větrání je energeticky náročné opatření, proto je nutné vyjít z kompromisu, kdy bude větrání splňovat podmínky ochrany zdraví osob, což je dodržení hygienického limitu větrání všech prostor v budově.

1.1.1 Přehled norem a platných předpisů

Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí nám udávají zákony, které jsou podrobněji rozpracované v prováděcích předpisech a vyhláškách. Tam, kde neudává podmínky přímo zákon, máme řadu norem. Normy nejsou závazné, ale slouží pouze jako doporučení k návrhu.

Seznam předpisů stanovujících limity pro jednotlivé faktory vnitřního prostředí u budov s vlhkým prostředím:

- vyhláška č. 238/2011 Sb. – o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- vyhláška č. 20/2012 Sb. – o technických požadavcích na stavby

Seznam norem pro návrh hygienického opatření, splňující jednotlivé faktory vnitřního prostředí budov:

- ČSN 38 3350 – Zásobování teplem, všeobecné zásady
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN EN 12831 – Výpočet tepelného výkonu
- ČSN EN ISO 13790 – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

1.1.2 Hlavní zásady tepelné bilance

Při návrhu větracího zařízení je nejdůležitějším krokem správné provedení tepelné bilance prostoru. Hlavní vlivy, které působí na vnitřní prostor jsou:

Tepelné zisky:

- Tepelné zisky oken radiací Q_{or}
- Tepelné zisky oken radiací Q_{ko}
- Tepelná zátěž vnějších stěn Q_s
- Produkce tepla lidí Q_l
- Produkce tepla svítidel Q_{sv}
- Produkce tepla elektromotorů Q_m a elektronických zařízení Q_e
- Produkce tepla ventilátorů Q_v
- Produkce tepla od jídel
- Produkce tepla ohřátím vzduchu ve vzduchovodech
- Produkce tepla teplých povrchů Q_p a materiálů Q_r
- Tepelný zisk z okolních místností s jinou teplotou

Výpočet tepelného chování místnosti se dá provést v programu TERUNA 1.5 b. Tento software byl použit pro výpočet v projektu. Cílem tohoto výpočtového modelu je simulace teplotních a vlhkostních poměrů místnosti v čase. Dynamický výpočet je postaven zejména na řešení diferenciální rovnice vedení tepla stavebními konstrukcemi tvoří hranici vyšetřovaného prostoru. Řešení této rovnice je převedeno na numerické diferenční řešení – Schmitova metoda. Výsledkem výpočtu je průběh teploty vzduchu v místnosti a jeho relativní vlhkosti v závislosti na okrajových podmínkách a čase za období jednoho dne až 365 dní. [4]

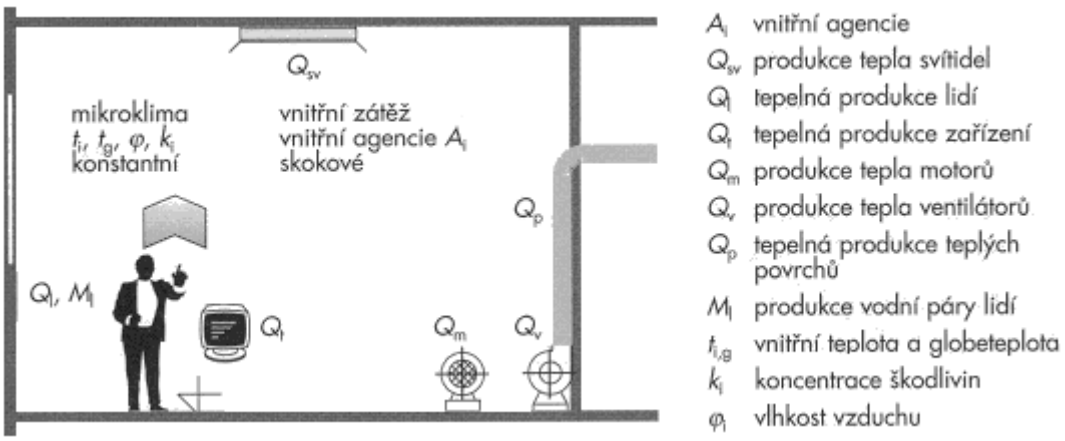
Tepelné ztráty:

Jeden z hlavních aplikovaných výpočtů pro daný objekt je výpočet tepelného ztrát objektu. Tento výpočet nám určí například, jak velký zdroj bude potřeba navrhnou na pokrytí tohoto výkonu, dále s jakými průtoky počítat při návrhu vzduchotechnického zařízení atd.

Pro přesný realizační návrh se aplikuje výpočet podle ČSN EN 12831.

Vodní zisky:

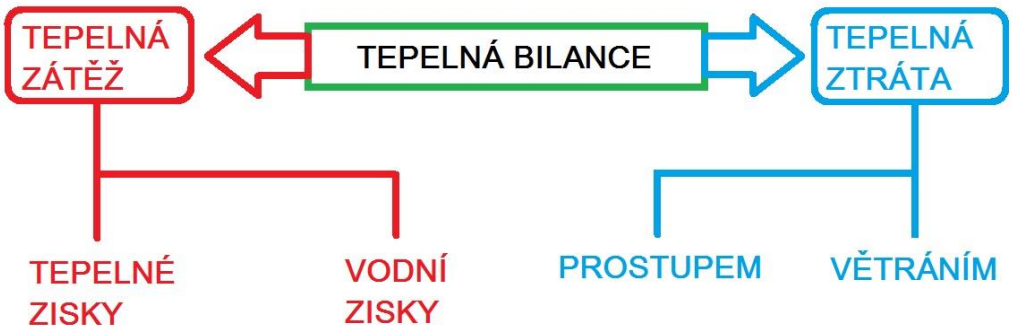
- Produkce vodní páry lidí M_{w1}
- Odpar v mokrých povrchů M_{w0} a teplo pro odpařování Q_{w0}



Obrázek 1 Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [6]

Návrh se provádí pro letní i zimní období, proto je nutné dodržet základní požadavky pro vnitřní vzduch. Vnitřní relativní vlhkost by neměla přesáhnout 65 %. Tento požadavek je nutné dodržet hlavně pro zimní období, kdy by nám mohla hrozit kondenzace na vnitřních površích konstrukcí. Další důležitý požadavek je na teplotu vody oproti teplotě vzduchu v prostoru. Tato teplota se stanovuje na předpokladu charakteru používání bazénu. Teplota vzduchu se má pohybovat 2 až 4 K nad teplotu vody v bazénu, neměla by přesáhnout teplotu 34 °C. Výjimku tvoří terapeutické bazény, které mohou mít teplotu vody až 35 °C a teplota vzduchu se může pohybovat mezi 27 až 29 °C. Další požadavek je vztažen na rychlost proudění vzduchu v pásmu pobytu plavců. Rychlost by neměla překročit hodnotu 0,2 m/s.

Tyto požadavky vycházejí z vyhlášky č. 238/2011 Sb, příloha 12. V tabulce jsou uvedeny i požadavky na další prostory, které se běžně nacházejí v lázeňských objektech. (viz. Obrázek 3)



Obrázek 2 Schéma výpočtu tepelné bilance

Faktor prostředí	Hala bazénu	Přilehlé prostory pro uživatele (šatny, WC, sprchy, chodby atd.)	Vstupní hala
Intenzita osvětlení	min. 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

Obrázek 3 Mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly krytého bazénu a jeho přilehlých prostor Odpar z vodní hladiny [2]

1.1.3 Větrání

Pro zajištění kvality vnitřního prostředí budovy napomáhá především větrání. Rozdělujeme dva základní typy větrání. Jedná se o přirozené větrání a nucené větrání.

Přirozené větrání představuje výměnu vzduchu v budově vlivem tlakového rozdílu, který vzniká účinkem přírodních sil, rozdílem teplot nebo dynamickým tlakem větru. Rozdělujeme základní druhy přirozeného větrání a to: infiltrace, aerace, provětrávání, šachtové větrání a příčné větrání.

Nucené dělíme podle základního členění:

- Tlakové poměry
  - přetlakové, podtlakové, rovnotlaké
- Distribuce vzduchu
  - celkové, místní
- Umístění
  - ústřední, decentrální, zónové
- Účel
  - komfortní, průmyslové, účelové

U bazénů a saun jsou hlavní požadavky na vnitřní prostředí teplota vzduchu v místnosti, relativní vlhkost vzduchu v místnosti a intenzita výměny vzduchu v místnosti. Tyto základní požadavky předepisuje vyhláška č. 238/2011 Sb, příloha 12. (viz. Obrázek 3)

Intenzita výměny vzduchu určujeme kvůli znehodnocování vzduchu. V uzavřených prostorech, které nejsou dostatečně větrány dochází ke znehodnocování vzduchu, zvyšující se koncentrací CO_2. Ve vnitřním prostředí CO_2 vniká jako vedlejší produkt z pobytu lidí a při uvolňování škodlivin z pracovních a uživatelských procesů. Na základě těchto předpokladů se uvažuje intenzita výměny vzduchu n, což je poměr objemového průtoku vzduchu přiváděného do prostoru V, ku objemu tohoto prostoru O. To znamená, kolikrát za hodinu se vzduch v místnosti vymění za čerstvý.

Rovnice intenzity výměny vzduchu:

$$n = \frac{V}{O}\ [-]$$

Kde:

V objemový průtok vzduchu přiváděného do prostoru [m^3]

O objem vzduchu v místnosti [m^3]

Zdroje:

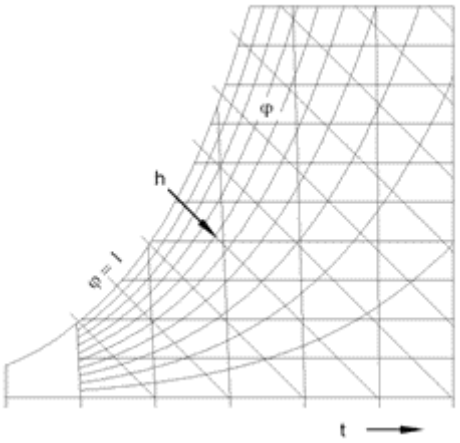
[1], [2], [3], [4], [5], [6]

1.2 Teorie vlhkého vzduchu

Při navrhování vnitřních plaveckých bazénů, relaxačních bazénů atd. jsou kladeny na větší nároky na vnitřní prostředí těchto prostorů. Při návrhu musíme návrh udělat tak, aby byla zajištěna maximální tepelná pohoda člověka. Dále musíme splnit nároky na ochranu konstrukcí obsažených v dané prostoru. Pro návrh VZT zařízení je nutné znát mnoho okrajových podmínek, jako jsou: teplota bazénové vody, teplota a relativní vlhkost vzduchu v prostoru i venkovního vzduchu, tepelné ztráty a zisky jednotlivých místností. Při zohlednění všech okrajových podmínek navrhneme celý vzduchotechnický systém (distribuce, dimenze, jednotka).

1.2.1 Vlhký vzduch

Vlhký vzduch tvoří dvě složky. Je to směs suchého vzduchu a vodních par ve formě syté, přehřáté vodní páry nebo mlhy. Je-li ve vzduchu obsažena přehřátá vodní pára, tak je parciální tlak vodní páry nižší než parciální tlak syté vodní páry při dané teplotě vzduchu. Obsahuje-li vzduch větší množství vodní páry, než je odpovídající hodnota pro vzduch nasycený (φ = 100 %), přebytečná vodní pára se vysráží. Když je teplota vzduchu vyšší než 0 °C => vysráží se kapičky vodní mlhy, pokud je teplota vzduchu nižší než 0 °C => vysráží se ledové krystalky, ledová mlha. Suchý vzduch se svými vlastnosti blíží ideálnímu plynu.



Obrázek 4 Schéma psychometrického diagramu vlhkého vzduchu [9]

1.2.2 Základní veličiny vyjádření vlhkosti vzduchu

Stav vzduchu lze popsat základními veličinami. Tvoří je tlak, teplota, entalpie, vodní obsah, relativní vlhkost vzduchu. Zmíněnými veličinami lze vyjádřit tepelné a vlhkostní toky nutné pro návrh vzduchotechnického systému.

Pro výpočty tepelných procesů se používá Daltonův zákon, který vyjadřuje celkový tlak směsi plynů. Celkový tlak směsi plynů je součet všech parciálních tlaků jednotlivých složek.

$$\rho = \sum \rho_i$$

Pro výpočty základních parametrů vlhkosti vzduchu se využívá stavová rovnice, která má pro 1 kg vlhkého vzduchu tvar:

$$p = \frac{R}{m_n} * \rho T$$

Kde:

p celkový tlak vzduchu [Pa]

R univerzální plynová konstanta, R = 8,314,3 J/kmol*K [J/kmol*K]

ρ hustota vlhkého vzduchu [kg/m^3]

T termodynamická teplota [K]

m_n střední molekulová hmotnost vlhkého vzduchu [kg/kmol]

1.2.2.1 Absolutní vlhkost vzduchu α [kg/m^3]

Hmotnost vodní obsažené v 1 m^3 vzduchu.

$$\alpha = \rho_V = \frac{m_V}{V_V}$$

1.2.2.2 Relativní vlhkost vzduchu φ, R_h [%]

Relativní vlhkost vzduchu udává míru nasycení. Relativní vlhkost je odvozena experimentálně měřitelnou veličinou. Definovaná je jako poměr parciálního tlaku vodní páry a parciálního tlaku nasycené vodní páry při konstantní teplotě.

$$\varphi = R_h = \frac{P_V}{P_V^{''}}$$

1.2.2.3 Měrná vlhkost vzduchu x [kg/kg s.v.]

Měrná vlhkost vzduchu je poměr hmotnosti vody ku hmotnosti suchého vzduchu [kg/kg s.v.], v praxi většinou využívající jednotka [g/kg s.v.]. Měrná vlhkost se využívá pro přesné určení množství vodní páry, hlavně při výpočtech úpravy vlhkostí vzduchu (vlhčení, odvlhčování).

$$x = \frac{M_{VP}}{M_{SV}}$$

Dosazením stavových rovnic získáme vztah mezi měrnou a relativní vlhkostí

$$x = \frac{R_{SV}}{R_{VP}} * \frac{\rho_{VP}}{\rho_{CV}} = 0{,}622 * \frac{\rho_{VP}}{\rho - \rho_{VP}}$$

Kde:

R_{SV} – měrná plynová konstanta vzduchu, R_{SV} = 287,062 J/kg*K

R_{VP} – plynová konstanta pro vodní páru, R_{SV} = 461,52 J/kg*K

1.2.2.4 Teplota rosného bodu t_r [°C]

Teplota, při které je vzduch ve stavu 100% nasycení vodními parami (φ = 100 %). Při dalším ochlazování by vodní pára začala kondenzovat.

1.2.2.5 Teplota mokrého teploměru t_m [°C]

Je to taková teplota vody, při níž je teplo potřebné k vypařování vody do vzduchu odebíráno přestupem tepla konvekcí z okolního vzduchu (při izobarickém ději). Je také označována jako mezní teplota adiabatického chlazení.

1.2.2.6 Měrná hmotnost [kg/m^3]

Poměr hmotnosti vzduchu k jednotce objemu

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M_A + M_V}{V} = \rho_A + \rho_V = \frac{\rho_A}{R_{SV} * T} + \frac{\rho_V}{R_V}$$

1.2.2.7 Parciální tlak par p_V [Pa]

Tlak odpovídající příslušné absolutní vlhkosti. Parciální tlak par není závislý na teplotě (při konstantním tlaku). Parciální tlak sté páry $p_V^{''}$ je závislý pouze na teplotě. Vypočíst jde z následujících vztahů pro různé teploty.

Pro teploty -20 až 0 °C

$$\ln p_V^{''} = 28{,}926 - \frac{6148}{273{,}15 + t}$$

Pro teploty 0 až 80 °C

$$\ln p_V^{''} = 23{,}58 - \frac{4044{,}2}{235{,}6 + t}$$

[10]

1.2.2.8 Hustota vlhkého vzduchu

Hustota vlhkého vzduchu (měrná vlhkost) je vyjádřena vztahem:

$$\rho = \rho_A + \rho_V$$

1.2.2.9 Entalpie vlhkého vzduchu

Výpočty stavů vlhkého vzduchu se provádějí pro 1 kg suchého vzduchu, který obsahuje x kg vodní páry. Hmotnost suchého vzduchu je konstantní, mění se hmotnost vodní páry.

Entalpie je založena na stejném principu. Entalpie 1 kg suchého vzduchu na x kg vodní páry.

Entalpie je fyzikální veličina vyjadřující tepelnou energii uloženou v jednotkovém množství látky.

$$h = h_A + x * h_V$$

Pro běžné výpočty do teploty 100 °C a tlaku 10 kPa použít následující vztah.

$$h = l + c_V * t$$

kde:

l výparné teplo vody

Ke vzduchu s obsahem vodní mlhy přičteme k entalpii vlhkého vzduchu entalpii mlhy.

$$h = h'' + (x - x'') * c_w * t$$

Při pod nulových teplotách s výskytem ledu.

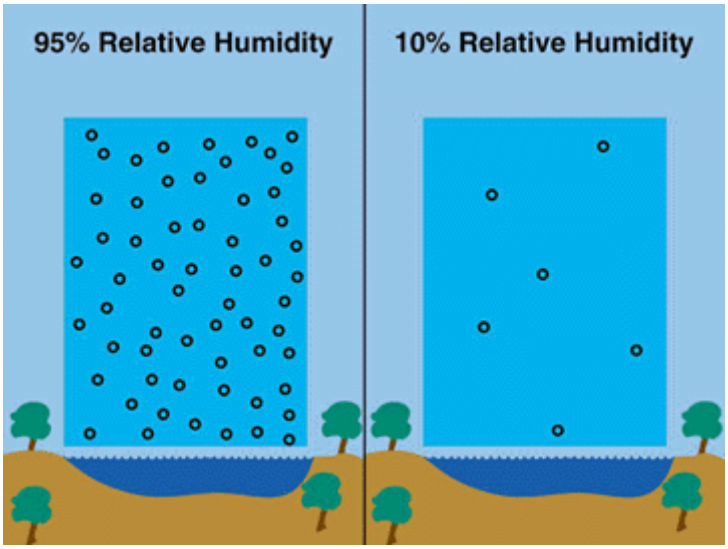
$$h = h'' + (x - x'') * (l_E + c_E * t)$$

Kde:

c_w měrná tepelná kapacita vody [J/kg*K]; c_w = 4187 J/kg*K

c_E měrná tepelná kapacita ledu [J/kg*K]; c_E = 2090 J/kg*K

l_E skupenské teplo tání ledu l_E = -333,103 J/kg



Obrázek 5 Schématické znázornění vlhkosti vzduchu [20]

Zdroje:

[7], [8], [9], [10], [11], [12]

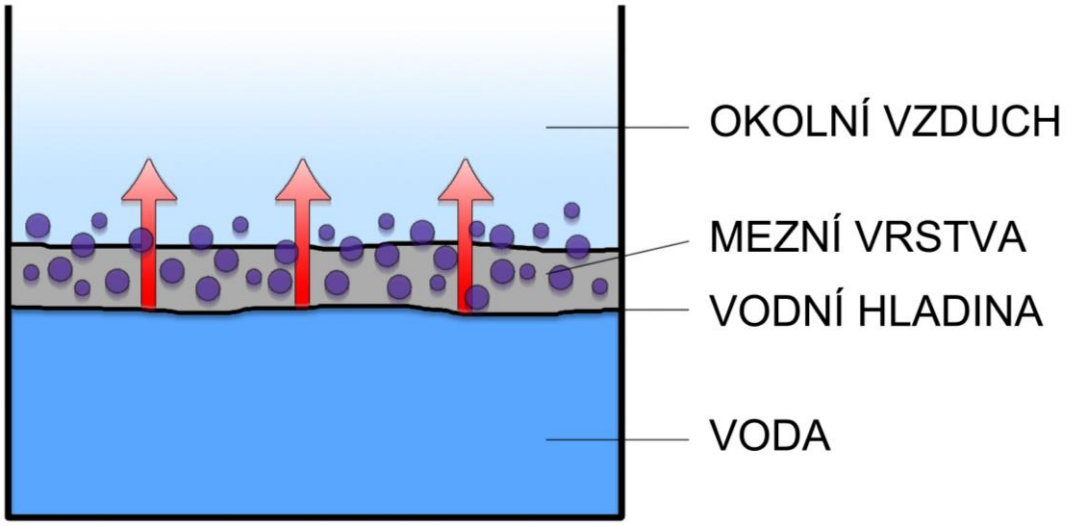
1.3 Vodní zisky

Pro návrh řešení vzduchotechnického systému bazénů, jsou vodní zisky vypočtené z celkové tepelné bilance objektu, jedním z nejdůležitějších faktorů.

Vodní zisky tvoří produkce vodní páry lidí M_{w1}, odpar v mokrých povrchů M_{w0} a teplo pro odpařování Q_{w0}. Pro vyřešení problematiky bazénové haly se zabýváme především odparem mokrých povrchů.

1.3.1 Odpar vodní hladiny

Výpočet odparu vodní hladiny je založen na teorii přenosu vlhkosti, kde dochází k přenosu difuzí vodní páry z vodní hladiny do okolního vzduchu. V této teorii se uplatňuje Fickův zákon. Dále je výpočet založen na teorii přestupu tepla a hmoty mezi vodní hladinou a vzduchem.



Obrázek 6 Princip odpařování vody

Odpar vodní hladiny M_w je závislý na teplotě vody, vzduchu, na rychlosti proudění vody nad hladinou a na ploše vodní hladiny. Při adiabatickém odpařování se odebírá výparné teplo ze vzduchu a citelná zátěž se snižuje o hodnotu Q_{wo}. Terapeutické bazény mají teplotu okolo 35 °C a teplota okolního vzduchu se pohybuje mezi 27 až 29 °C. Jelikož se voda při běžných podmínkách odpařuje, je nutné vodu dostat zpátky do kapalného stavu a odvádět zpět do bazénů nebo do kanalizace.

Odpar vodní páry se určuje ze vztahu:

- Odpar vodní páry z mokrých povrchů

$$M_{w0} = (7 + 3{,}5w) * S * \left(x_p - x\right) * 10^{-3}$$

- Teplo pro odpařování

$$Q_{w0} = l_w * M_w$$

Kde:

w střední rychlost vzduchu [m/s]

S plocha vodní hladiny [m^2]

x_p, x měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě povrchu a měrná vlhkost vzduchu nad povrchem [kg/kg]

l_w výparné teplo vody ≈ $2{,}5*10^6$ [J/kg]

1.3.2 Výpočtové modely odparu vodní hladiny

Pro výpočet odparu vodní hladiny existuje více druhů výpočtových modelů.

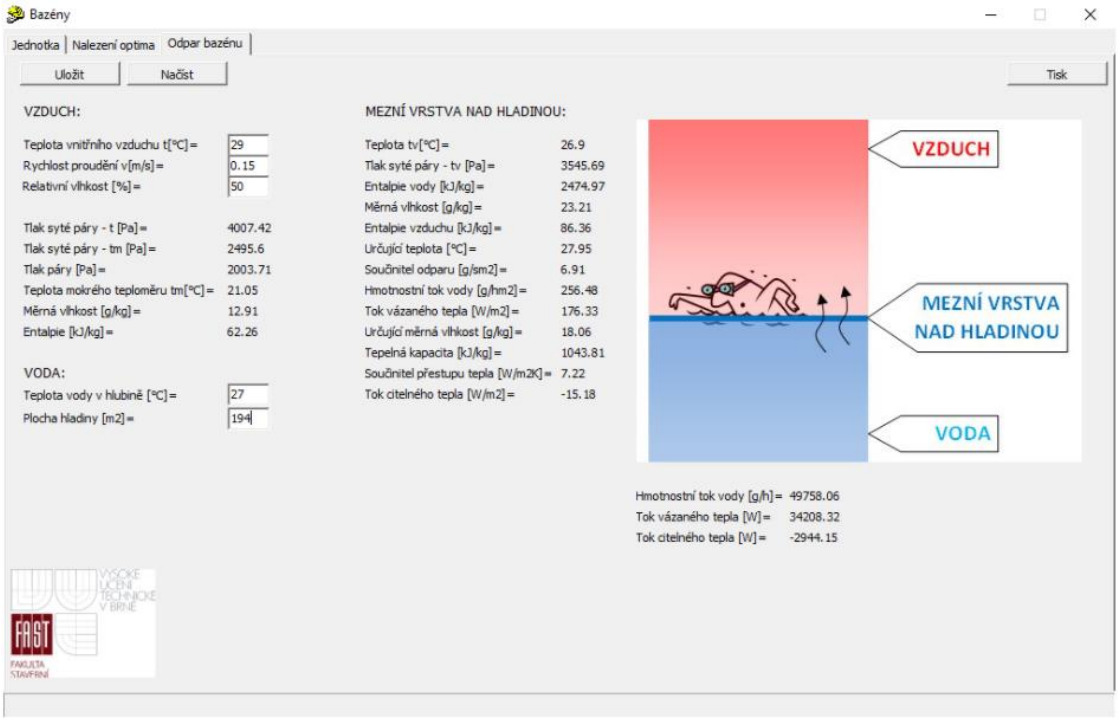
Zjednodušené metody výpočtu množství odpařené vody

- Výpočet dle VDI 2089 (starší vydání)
- Výpočet dle VDI 2089 (nové vydání)
- Zjednodušený výpočet odpařené vody využívajících empirických vztahů

Výpočetní software TERUNA 1.5 b

Pro výpočet v části projekt byl pro výpočet odparu vodní hladiny použit software TERUNA 1.5 b a byl porovnán s dalšími výpočtovými modely.

Software TERUNA má výpočetní algoritmus sestaven v programovacím prostředí Borland Delphi 7. Zde je možné jednoduchým způsobem simulovat okrajové podmínky výpočtu jak pro vzduch vnitřního prostoru včetně rychlosti vzduchu nad hladinou, tak pro bazénovou vodu. [4]



Obrázek 7 Ukázka výpočtu v programu TERUNA 1.5 b [4]

Z obrázku jde vidět, že ve výstupu jsou zobrazeny všechny fyzikální a psychometrické veličiny. Na těchto veličinách výpočet závisí. Můžeme ověřit správnost výsledků, což jsou odpar z vodní hladiny v kg/hod, tok vázaného a citelného tepla ne W.

1.3.3 Možnosti odvlhčení

Podle ročního období se vlhkost venkovního vzduchu mění. Oteplováním se mění i relativní vlhkost vzduchu v místnosti. Pro člověka je přijatelná relativní vlhkost vzduchu v rozmezí od 30 do 70 %. Optimální relativní vlhkost vzduchu se pohybuje v rozmezí od 45 do 55 %.

Odvlhčovací metody

a) **Topení a ventilace**
   - Zvyšování teploty vzduchu za použití intenzivní ventilace

b) **Odvlhčení kondenzací vodních par**
   - Odstranění vlhkosti zchlazením teploty vzduchu pod rosný bod => kondenzace

c) **Odvlhčování adsorpcí**
   - Odstranění vlhkosti vzduchu pomocí absorpce hygroskopických materiálů

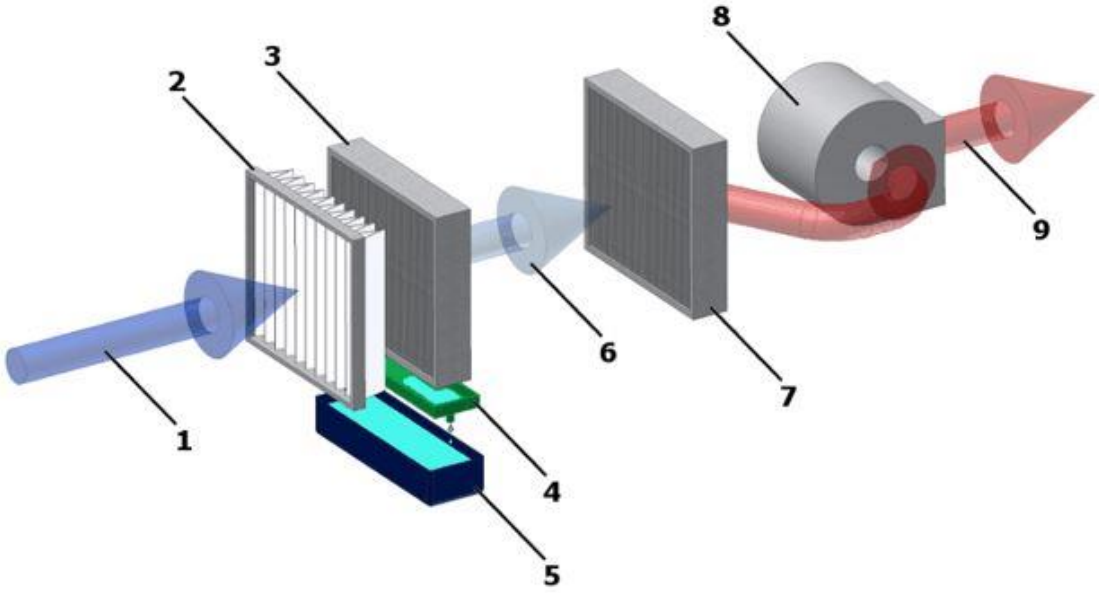
1.3.3.1 Odvlhčovače vzduchu

Při překročení relativní vlhkosti vzduchu v místnosti nad 70 % hrozí srážení vodní páry na chladnějších plochách v interiéru a tím hrozí nebezpečí vzniku plísní. Vyšší relativní vlhkost se dosahuje v prostorech s technologiemi, v bazénových prostorách anebo v letním období při ochlazování vzduchu. Odstranění nadměrné vlhkosti z prostoru interiéru je možné pomocí odvlhčovačů.

Typy odvlhčovačů

a) Kondenzační

Jsou nejčastěji používané typy odvlhčovačů a jsou vhodné pro použití při vyšších teplotách vzduchu v interiéru. Pracují na principu kondenzace vodní páry na chladném povrchu výparníku – vodního chladiče. Odvlhčování se uskutečňuje v chladičích o teplotě povrchu nižší, než je teplota rosného bodu. Nejčastěji se používají při vysoušení staveb během stavebních prací, nebo při rekonstrukcích. Ideální je jejich využití v prostorech s vysokou teplotou a vlhkostí jako jsou bazénové haly a nebo koupelny. V jednotce se nachází chladič pro podchlazení a odvlhčení a ohřívač pro úpravu teploty. Nároky na energie jsou dány výkonem ventilátorů, výkonem chladiče a ohřívače vzduchu

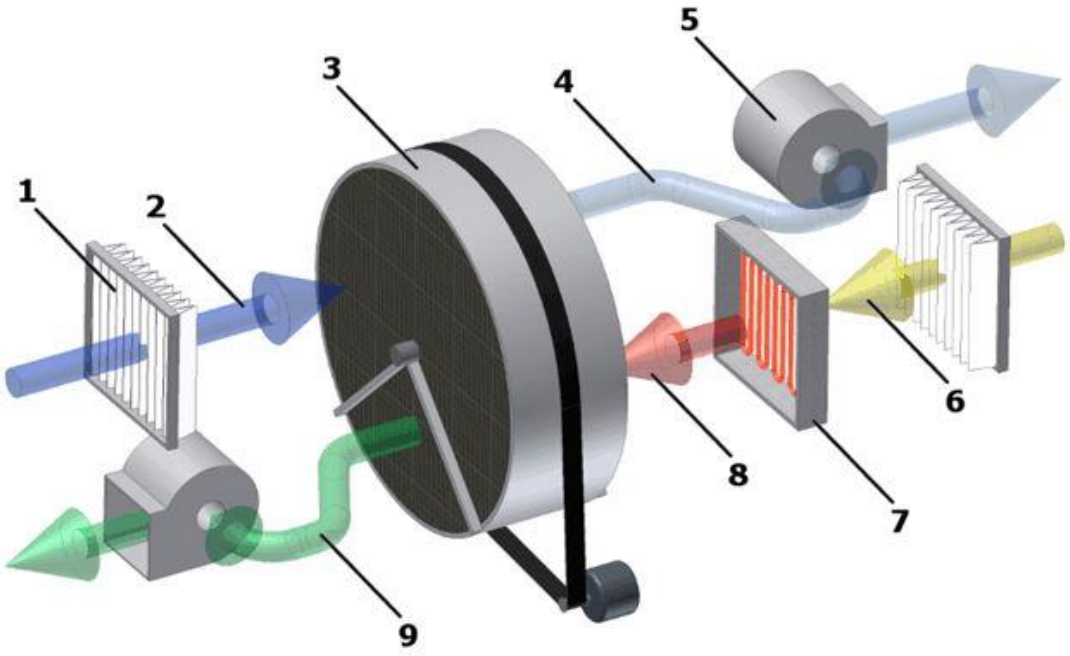


Odvlhčování kondenzací vodních par:
1 – vlhký vzduch; 2 - filtr; 3 - výparník; 4 – tácek pro odkapání kondenzátu; 5 – kondenzační nádržka;
6 – odvlhčený a studený vzduch; 7 - kondenzátor; 8 - ventilátor; 9 – odvlhčený a ohřátý vzduch

Obrázek 8 Schéma kondenzačního chlazení [17]

b) Adsorpční

Uplatňuje se odvhčení adsorpcí při technologii DEC – odvlhčování a následné adiabatické chlazení s užitím rotačních výměníků pro ZZT. Jsou vhodné pro použití při nízkých teplotách. Obsahují rotační výměník a topné těleso. Disponují vysokou pohlcovací schopností. Odvlhčovač dokáže pracovat s vysokou vlhkostí, která je na hranici nasycení bez rizika zpětného uvolnění vody. Při přechodu vzduchu rotačním výměníkem dochází i k přenosu tepla a výstupní vzduch má cca o 12 až 17 °C víc jako vzduch vstupující. Proto je v některých vzduchotechnických systémech nutno doplnit ještě chladič.



Odvlhčování adsorpcí
1 - filtr; 2 – vlhký vzduch; 3 - rotor; 4 – odvlhčený vzduch; 5 - ventilátor; 6 – regenerovaný vzduch; 7 -ohřívač;
8 – teplý regenerovaný vzduch; 9 vlhký regenerovaný vzduch

Obrázek 9 Schéma adsorpčního chlazení [17]

Zdroje:

[4], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]

1.4 H-x diagram

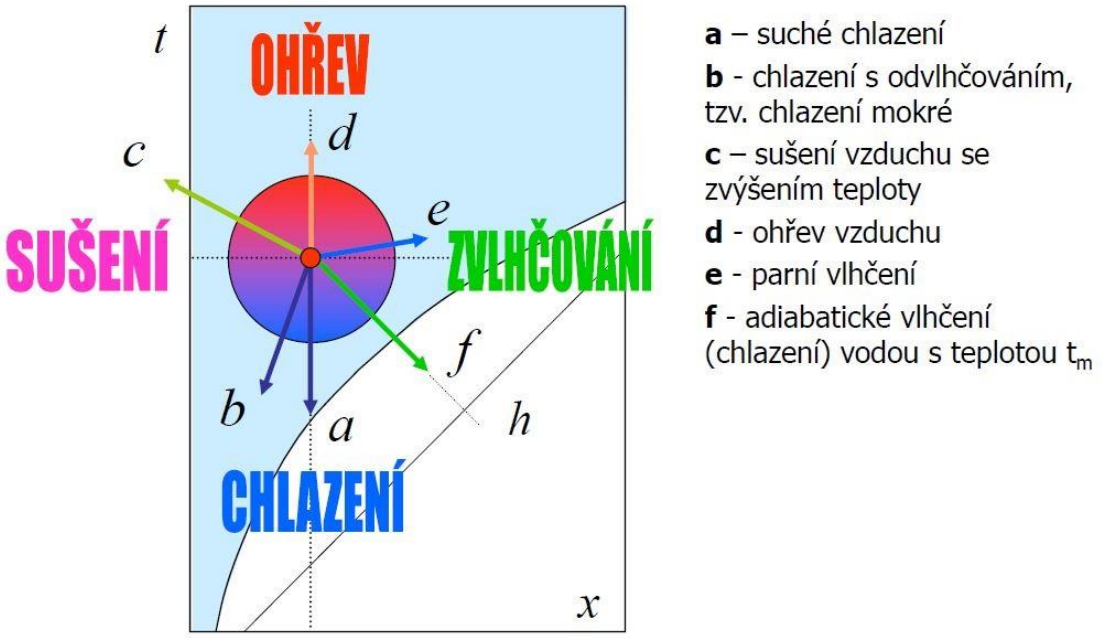
H-x diagram slouží pro znázorňování změn stavu vzduchu. Pro určení stavu vzduchu jsou potřebné tyto základní stavové veličiny – tlak, teplota a veličina určující jeho vlhkost.

Veličiny určující vlhkost vzduchu:

- Absolutní vlhkost vzduchu
- Relativní vlhkost vzduchu
- Parciální tlak vodní páry
- Parciální tlak syté páry
- Měrná vlhkost vzduchu
- Teplota rosného bodu
- Teplota mokrého teploměru
- Hustota vlhkého vzduchu
- Entalpie vlhkého vzduchu

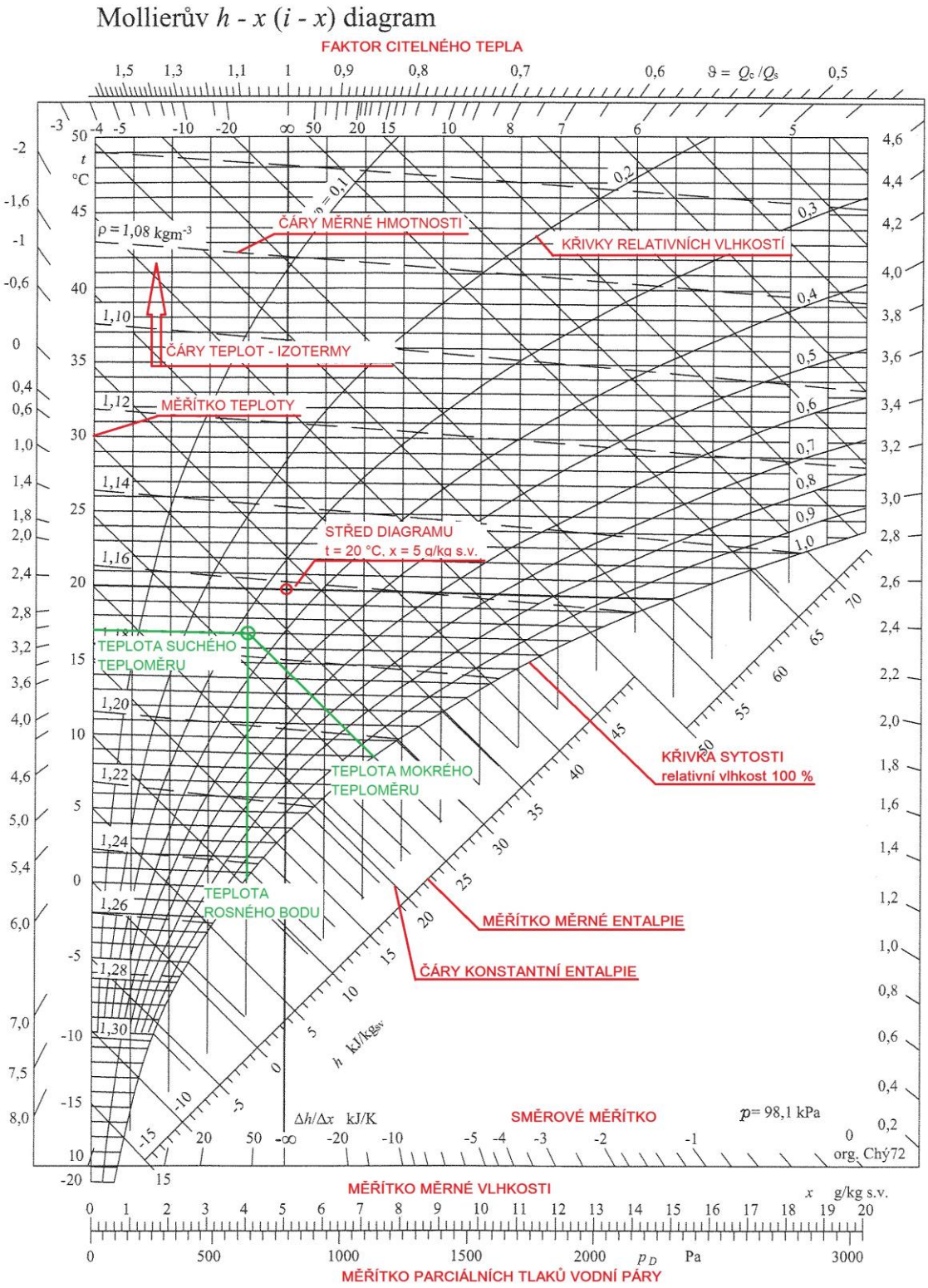
Vzájemnou závislost stavových veličin vyjadřuje Mollierův h-x diagram (Obrázek 8 a 9)

V h-x diagramu se dají přehledně graficky vyjádřit tepelně-vlhkostní stavy vzduchu a jejich úpravy, kterými jsou: ohřev, chlazení, vlhčení a odvlhčování.



Obrázek 10 Schématické znázornění úprav vzduchu v h-x diagramu [7]

1.4.1 Konstrukce Mollierova h-x digramu



Obrázek 11 Mollierův h-x diagram s popiskama konstrukce diagramu

Zdroje:

[7], [14]

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

2.1 Analýza objektu

Objekt se nachází v lázeňské obci Karlova Studánka, ležící v okrese Bruntál. Jedná se o dvoupodlažní objekt, ve kterém hlavní část tvoří vnitřní bazén a hygienické prostory. Objekt byl postaven na konci

V objektu letních lázní se nacházejí prostory jako: chodby, šatny, kuchyně, bar s restaurací, hygienické zařízení, welness, sauny, vodní léčka a bazénová hala. Budova pochází z konce 19. století. Bazénová hala byla přistavěna v letech 2006–2007.

V projektu vzduchotechniky se řeší bazénová hala v prvním nadzemním podlaží. V bazénové hale je terapeutický bazén o ploše 102 m^2. Bazénová hala tvoří samostatný funkční celek se vzduchotechnickou jednotkou umístěnou ve druhém nadzemním podlaží nad chodbou, která je částí bazénové haly.

Schéma objektu:

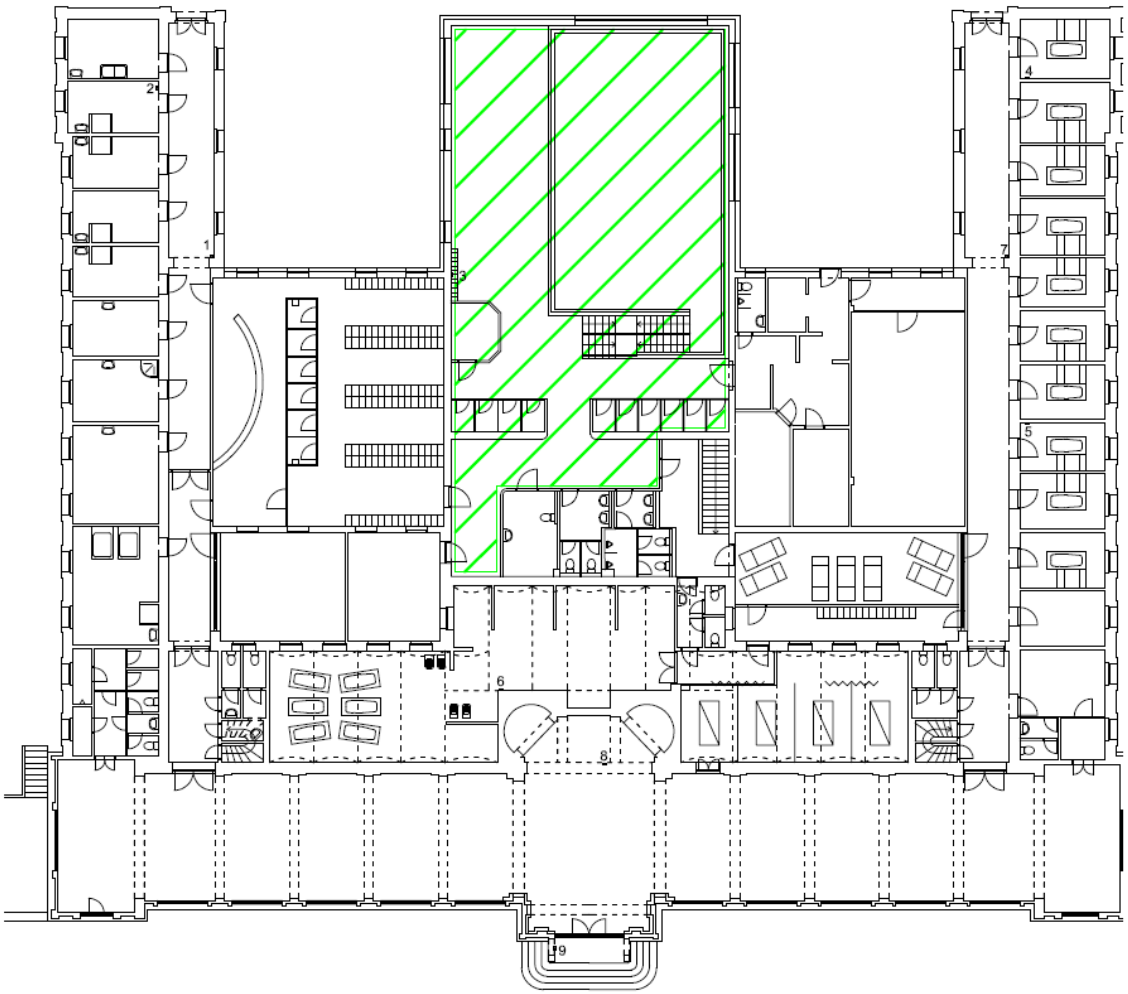
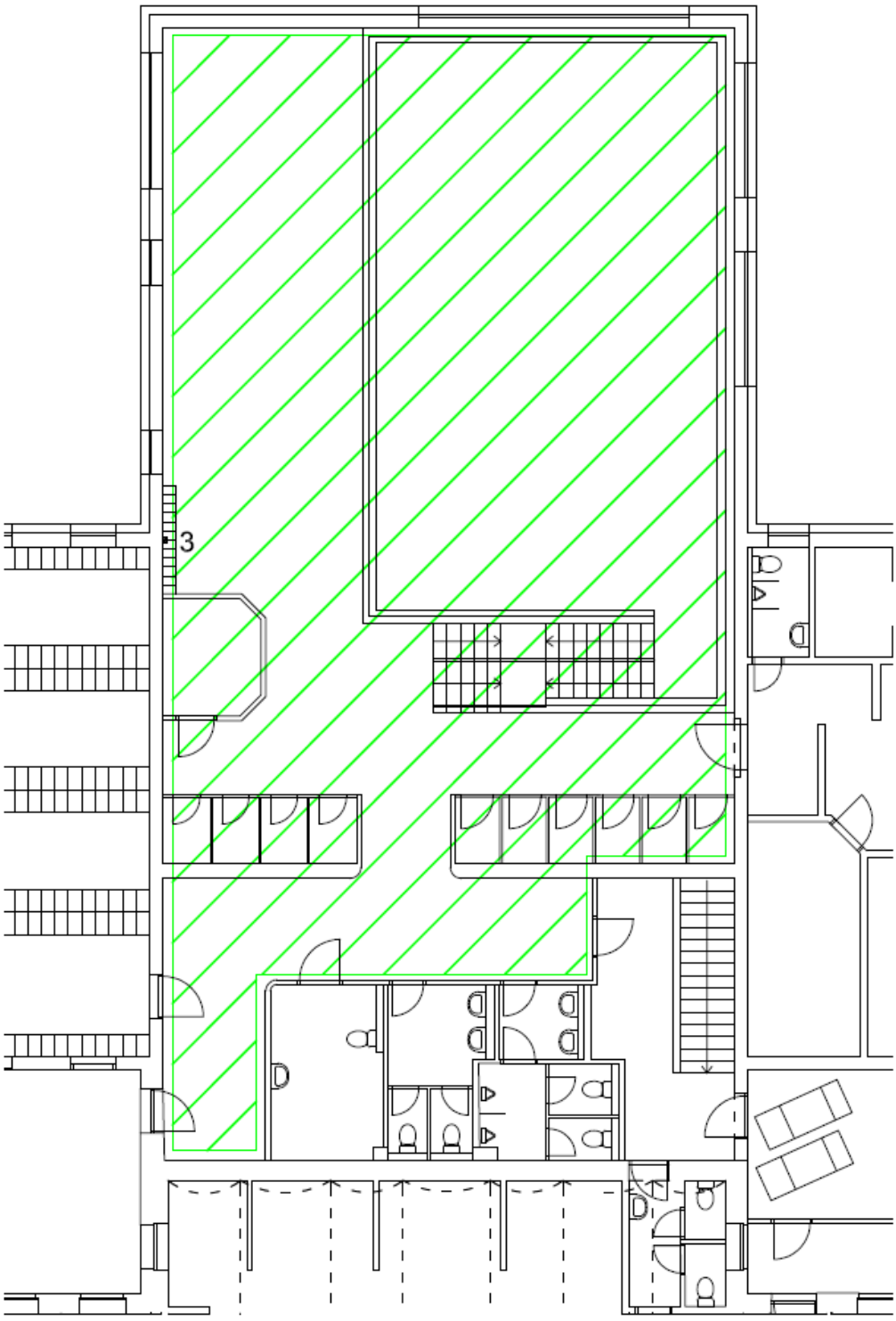


Schéma funkčního celku BAZÉNOVÁ HALA:



FUNKČNÍ CELEK
BAZÉNOVÁ HALA

Zařízení č. 1 – bazénová klimatizační jednotka

2.2 Tepelná bilance

Návrhové parametry:

Obec:	Karlova Studánka			
Souřadnice:	50°4’23” s. š., 17°18’25” v. d.			
Nadmořská výška:	775 m n. m.			
Normální tlak vzduchu:	99,9 Kpa			
Výpočtové teploty vzduchu:	**zima:**	t_e=	-18v	°C
		t_{es}=	3,3	°C
	léto:	t_e=	34	°C
		h_e=	74,6	kJ/kg

FUNKČNÍ CELEK BAZÉNOVÁ HALA

	zima		**léto**			
název	**vnitřní teplota t_i [°C]**	**relativní vlhkost φ [%]**	**vnitřní teplota t_i [°C]**	**relativní vlhkost φ [%]**	**intenzita výměny n [h^{-1}]**	**hladina akustic-kého tlaku [dB/A]**
BAZÉNOVÁ HALA	33	max 65	33	max 65	min. 2 x	50

- Podle vyhlášky 238/2011 Sb. O stanovení hygienických požadavcích na koupaliště
- Podle nařízení č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

2.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

STCH1	STŘECHA			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
základ	20	0,220	0,09	**0,12**
vzduchová mezera	50	0,294	0,17	
základ	20	0,220	0,09	
kamenná vlna	300	0,038	7,89	
		∑ R =	8,25	

R_{si} =	0,10	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,04	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	8,39	W·m^{-1}·K^{-1}

P1	PODLAHA			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
keramická dlažba	15	1,010	0,01	**0,46**
anhydrid	100	1,200	0,08	
tep. Izolace EPS	60	0,033	1,82	
betonová deska	100	1,430	0,07	
		∑ R =	1,99	

R_{si} =	0,17	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,00	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	2,16	W·m^{-1}·K^{-1}

SO1	STĚNA OBVODOVÁ			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
vodostavebný beton	300	1,600	0,19	**0,16**
perimetr EPS	200	0,034	5,88	
		∑ R =	6,07	

R_{si} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,04	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	6,24	W·m^{-1}·K^{-1}

SN1	STĚNA VNITŘNÍ			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
vodostavebný beton	300	1,600	0,19	**2,23**
		∑ R =	0,19	

R_{si} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	0,45	W·m^{-1}·K^{-1}

SN2	STĚNA VNITŘNÍ			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
porotherm 80	80	0,290	0,28	**1,87**
		∑ R =	0,28	

R_{si} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	0,54	W·m^{-1}·K^{-1}

SN3	STĚNA VNITŘNÍ			
SKLADBA	d [mm]	λ [W·m^{-1}·K^{-1}]	R [W·m^{-1}·K^{-1}]	U [W·m^{-2}·K^{-1}]
porotherm 440	440	0,115	3,83	**0,24**
		∑ R =	3,83	

R_{si} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_{se} =	0,13	W·m^{-1}·K^{-1}
R_T =	4,09	W·m^{-1}·K^{-1}

O	OKNO

U = 0,9 W·m^{-2}·K^{-1}

D	DVEŘE VNITŘNÍ

U = 3,5 W·m^{-2}·K^{-1}

2.2.2 Výpočet tepelné ztráty objektu

0.01	BAZÉNOVÁ HALA	Výpočtová vnitřní teplota	Výpočtová venkovní teplota
		28 °C	-18 °C

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k * U_{kc} * e_k$
SO1	venkovní stěna	140,52	0,160	0,02	0,180	1,00	25,29
O	okna	23,20	0,900	0,00	0,900	1,00	20,88
STCH1	střecha	468,00	0,120	0,02	0,140	1,00	65,52
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \Sigma_k A_k * U_{kc} * e_k$ (W/K)							**111,69**

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Ozn.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k * U_k * f_{ij}$
SN1	stěna k chodbě	58,30	2,230	0,17	22,61
D	dveře k chodbě	3,94	3,500	0,44	6,13
SN1	stěna ke sprchám	9,92	2,230	0,22	4,92
SN2	stěna k chodbě	7,20	1,870	0,44	5,98
D	dveře k chodbě	1,97	3,500	0,44	3,06
SN2	stěna k wc	29,66	1,870	0,22	12,33
D	dveře k wc	6,34	3,500	0,22	4,93
SN3	stěna k chodbě	11,63	0,240	0,44	1,24
D	dveře k chodbě	1,97	3,500	0,44	3,06
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostorů rozdílných teplot $H_{t,ij} = \Sigma_k A_k * U_k * f_{ij}$ (W/K)					**64,26**

Tepelné ztráty zeminou								
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,bf}$	$A_k * U_{equiv,bf}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} * f_{g2} * G_w$
P1	podlaha na zemině	149,50	0,46	68,77	1,45	0,522	1	0,757
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\Sigma_k A_k * U_{equiv,bf}) * f_{g1} * f_{g2} * G_w$ (W/K)								**52,05**

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$	**228,01**

$\Theta_{int,i}$	Θ_e	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$H_{t,i}$	**Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{t,i}$ (W)**
28,0	-18,0	46,0	228,01	**10 488,49**

2.2.3 Výpočet tepelné zátěže objektu

Výpočet tepelné zátěže byl proveden pomocí software TERUNA v 1.5b.

VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

Venkovní stěna

+-----SO1 - VÝCHOD (33.37m2, 0.5m, 0.08W/mK, 2100kg/m3, 1020kJ/kgK)

+-----O1 (1.75m2, 0.9W/m2K)

+-----O1 (1.75m2, 0.9W/m2K)

+-----O2 (6.6m2, 0.9W/m2K)

Venkovní stěna

+-----SO1 - JIH (71.08m2, 0.5m, 0.08W/mK, 2100kg/m3, 1020kJ/kgK)

+-----O3 (5.7m2, 0.9W/m2K)

Venkovní stěna

+-----SO1 - ZÁPAD (32.07m2, 0.5m, 0.08W/mK, 2100kg/m3, 1020kJ/kgK)

+-----O3 (5.7m2, 0.9W/m2K)

+-----O3 (5.7m2, 0.9W/m2K)

Asymetrická stěna

+-----SN1 (69.4m2, 0.3m, 1.2W/mK, 2100kg/m3, 1020kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SN2 (43.42m2, 0.1m, 0.2W/mK, 1700kg/m3, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SN3 (14.03m2, 0.44m, 0.2W/mK, 1700kg/m3, 900kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----STŘECHA - VÝCHOD (234m2, 0.4m, 0.05W/mK, 600kg/m3, 2510kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----STŘECHA - ZÁPAD (234m2, 0.4m, 0.05W/mK, 600kg/m3, 2510kJ/kgK)

Podlaha

+-----PDL (146.5m2, 0.25m, 0.13W/mK, 1900kg/m3, 800kJ/kgK)

********** VSTUPNÍ ÚDAJE **********

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 1636m3

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 16 - 22h, 6000W

Větrání[1]: 10 - 22h, 20m3/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 10 - 21h, 75kg, počet osob: 40

Sálavé plochy: NE

********** VÝSLEDKY **********

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 16.92h: Citelné teplo Max= 28849.97W

21.7. 4.08h: Citelné teplo Min= 14322.72W

21.7. 16.92h: Vázané teplo=610.85W Merna Tz = 0W/K

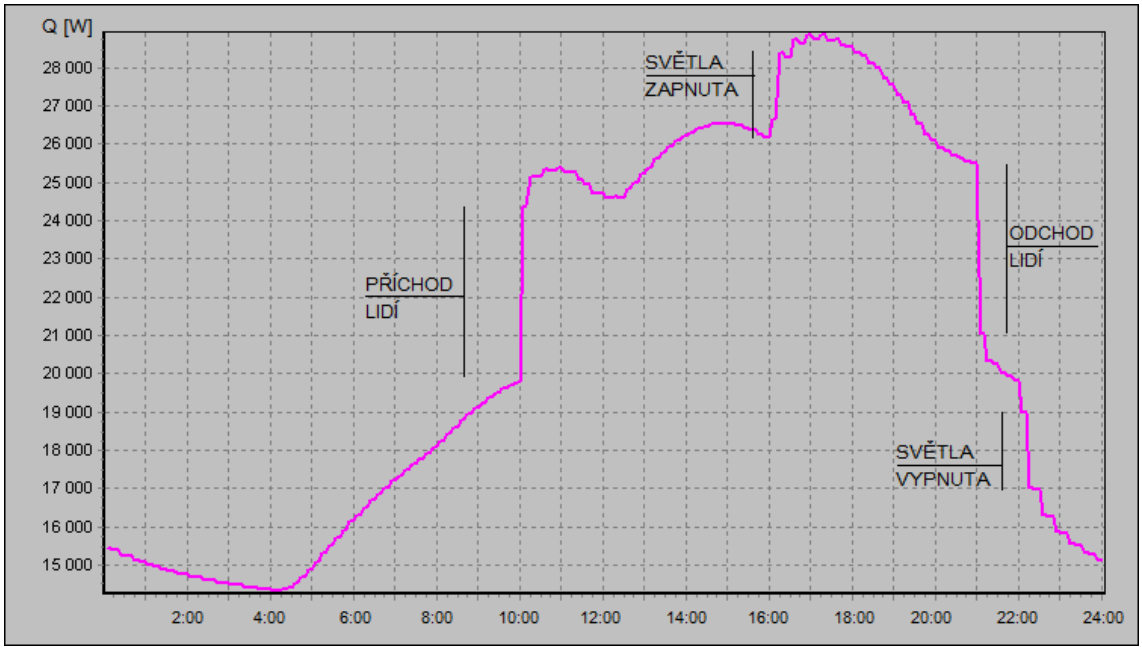
21.7. 16.92h: Potřeba chladu = 505.26kWh Potřeba tepla = 0kWh

Suma potřeby chladu = 505.26kWh

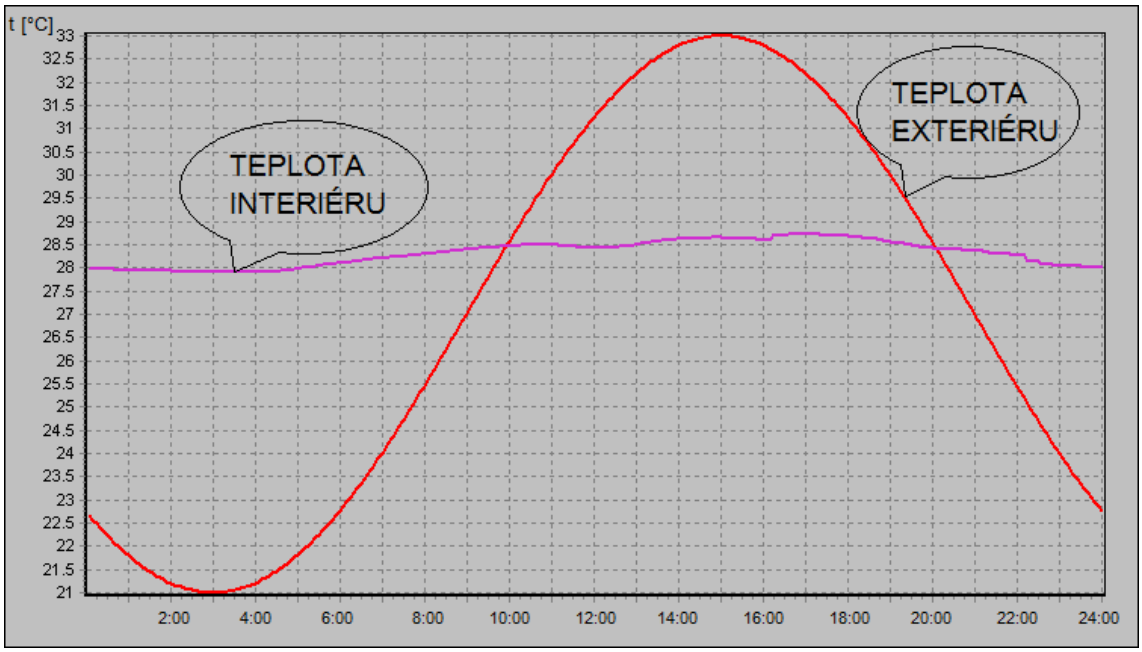
Suma potřeby tepla = 0kWh

VYPOČTENO POMOCÍ SOFTWARE TERUNA v 1.5 b

Průběh tepelné zátěže během dne:



Průběh teplot v bazénové hale během dne:

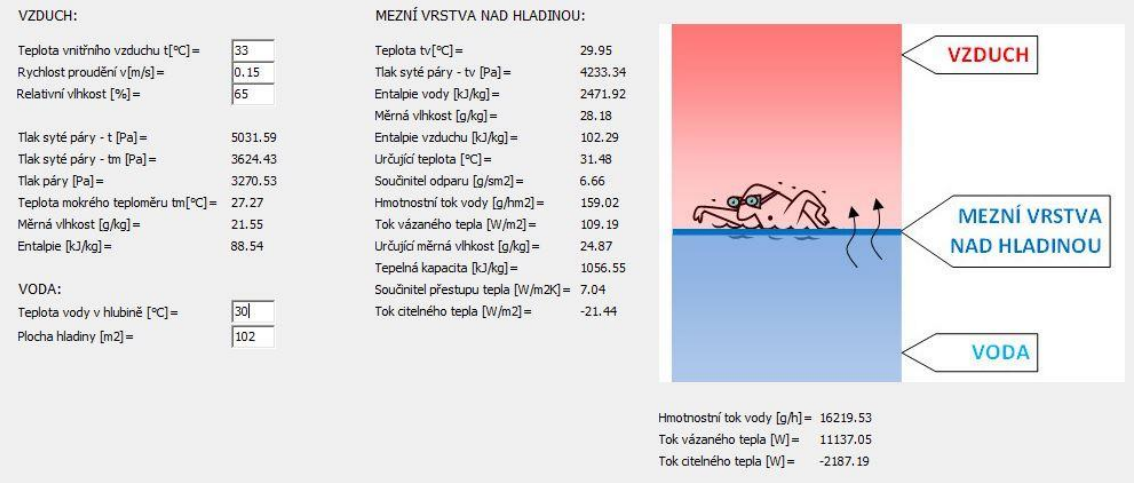


TERUNA v 1.5 b

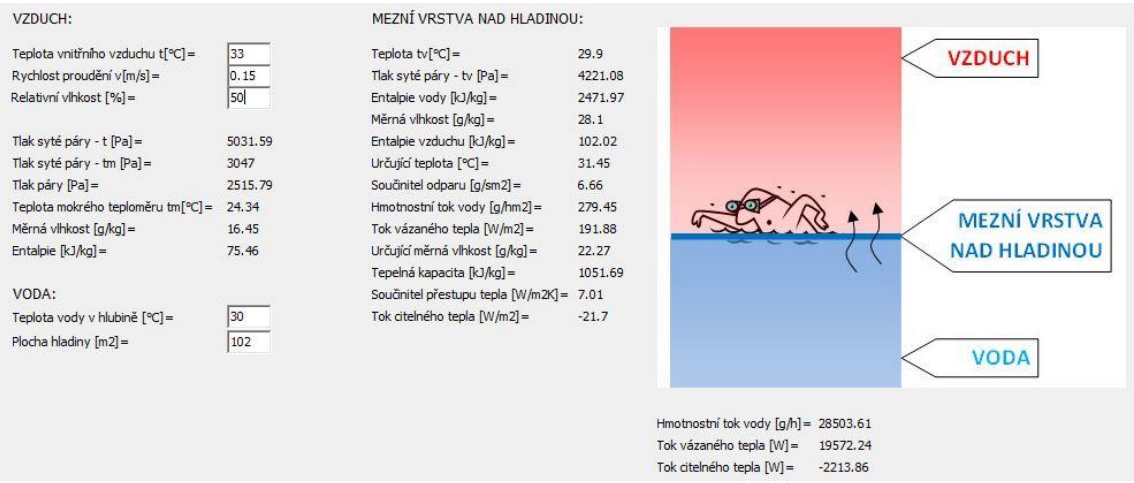
2.2.4 Výpočet odparu vodní hladiny

Výpočet odparu vodní hladiny byl proveden pomocí software TERUNA v 1.5 b a také byl proveden srovnávací výpočet s německou normou VDI 2089 (nové i starší vydání).

1) Výpočet podle software TERUNA v 1.5 b



- Výpočet odparu vodní hladiny pro 65% relativní vlhkost



- Výpočet odparu vodní hladiny pro 50% relativní vlhkost

Pro porovnání byli provedeny dva výpočty pro různé hodnoty relativní vlhkosti. Podle vyhlášky 238/2011 Sb. je určena maximální relativní vlhkost 65 %. Druhý výpočet byl proveden pro 50 %. Pro další výpočet budeme uvažovat hodnoty pro 65% relativní vlhkost.

2) Srovnávací výpočet podle německé normy VDI 2089 (starší i nové vydání)

A) Relativní vlhkost 65 %

VSTUPNÍ DATA:

H=	1,0333	m	**INTERIÉR:**	ϕ_i =	65%	
R=	8315	J/kmolK				
ra=	287,11	J/(kgK)	**VODA:**	t_w =	30	°C
rd=	461,5	J/(kgK)		**w** =	0,15	m/s
A=	0,032258	1/K		S_h =	102	m^2
p=	101387	Pa	**INTERIÉR**	**ti=**	33	°C

VSTUPNÍ DATA PRO JEDNOTLIVÉ METODY:

Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (starší vydání)	
typ bazénu	veřejný
Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (nové vydání)	
charakter prov.	používaný
typ bazénu	veřejný > 1,35 m

VÝSLEDKY:

ODPAR:

1) **Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (starší vydání)**

m_{wo}= 27,90 kg/h

2) **Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (nové vydání)**

m_{wo}= 28,28 kg/h

B) Relativní vlhkost 50 %

VSTUPNÍ DATA:

H=	1,0333	m	**INTERIÉR:**	ϕ_i =	50%	
R=	8315	J/kmolK				
ra=	287,11	J/(kgK)	**VODA:**	t_w =	30	°C
rd=	461,5	J/(kgK)		**w** =	0,15	m/s
A=	0,032258	1/K		S_h =	102	m^2
p=	101387	Pa	**INTERIÉR**	**ti=**	33	°C

VSTUPNÍ DATA PRO JEDNOTLIVÉ METODY:

Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (starší vydání)	
typ bazénu	veřejný
Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (nové vydání)	
charakter prov.	používaný
typ bazénu	veřejný > 1,35 m

VÝSLEDKY:

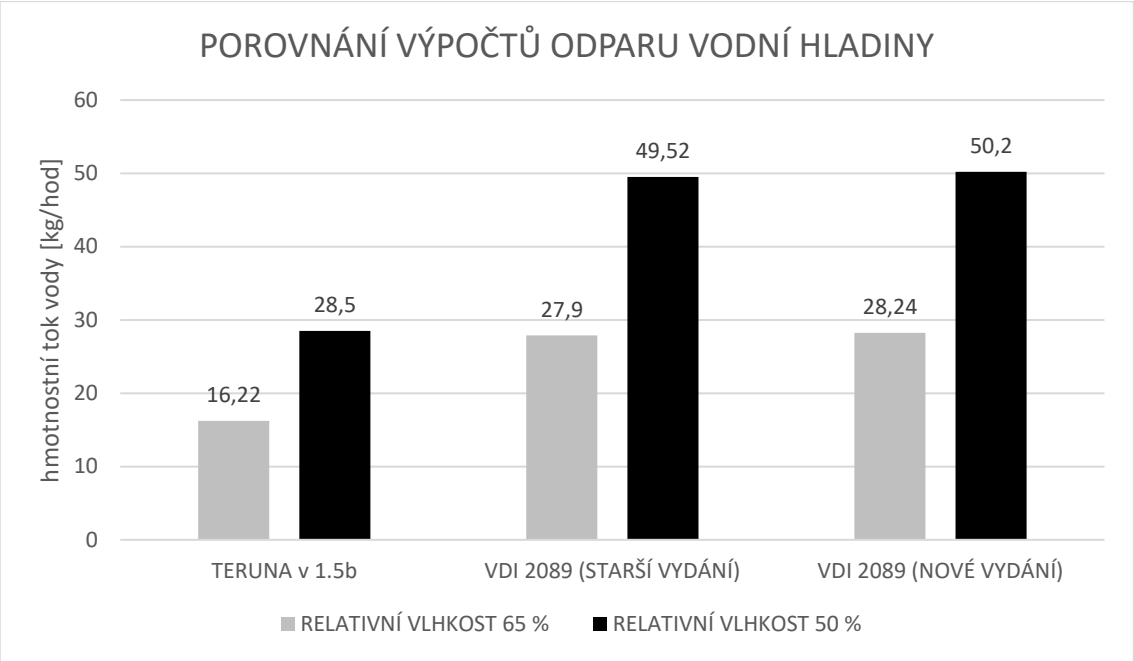
ODPAR:

1) **Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (starší vydání)**

m_{wo}= 49,52 kg/h

2) **Výpočetní metoda podle německé normy VDI 2089 (nové vydání)**

m_{wo}= 50,20 kg/h



Pro další výpočtu budu uvažovat výsledky z programu TERUNA v 1.5b pro relativní vlhkost 65 %. Srovnávací výpočet slouží pouze jako ukázka rozdílnosti výsledků různých výpočetních modelů.

2.3 Výpočet průtoků vzduchu

VÝPOČET PRŮTOKŮ DLE BĚŽNÉHO POSTUPU (ZIMA Δt = 12 K, LÉTO Δt = 7 K)

VSTUPNÍ VELIČINY					TEPELNÁ BILANCE			TEPLOTY VZDUCHU	PRŮTOKY VZDUCHU						
ZADANÉ HODNOTY									VYPOČÍTANÉ HODNOTY						
ČÍSLO MÍSTNOSTI [-]	NÁZEV MÍSTNOSTI [-]	PLOCHA MÍSTNOSTI [m^2]	OBJEM MÍSTNOSTI [m^3]	POČET OSOB [ks]	POČET VZDUCHU NA OSOBU [m^3/hod]	VÝMĚNA VZDUCHU n [h^{-1}]	TEPLOTA INTERIÉRU t_i [°C]	RELATIVNÍ VLHKOST φ [%]	VODNÍ ZISKY V MÍSTNOSTI [g/h]	TEPELNÁ ZTRÁTA [W]	TEPELNÉ ZISKY [W]	TEPLOTA PŘÍVODU ZIMA [°C]	TEPLOTA PŘÍVODU LÉTO [°C]	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ VODNÍCH ZISKŮ [m^3/hod]	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ POČTU OSOB [m^3/hod]	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ VYMĚNY VZDUCHU [m^3/hod]	PRŮTOK VZDUCHU PRO POKRYTÍ TEPELNÉ ZTRÁTY [m^3/hod]	PRŮTOK VZDUCHU PRO POKRYTÍ TEPELNÉ ZÁTĚŽE [m^3/hod]	NAVRHOVANÝ PRŮTOK VZDUCHU [m^3/hod]
FUNKČNÍ CELEK BAZÉNOVÁ HALA																			
1.01	BAZÉNOVÁ HALA	268,1	1636	40	50	2	33	65	53 183	10 488	28 850	45	26	3 765	2 000	3 272	2 596	12 242	12 500
											NÁVRH					12 500			m³/hod

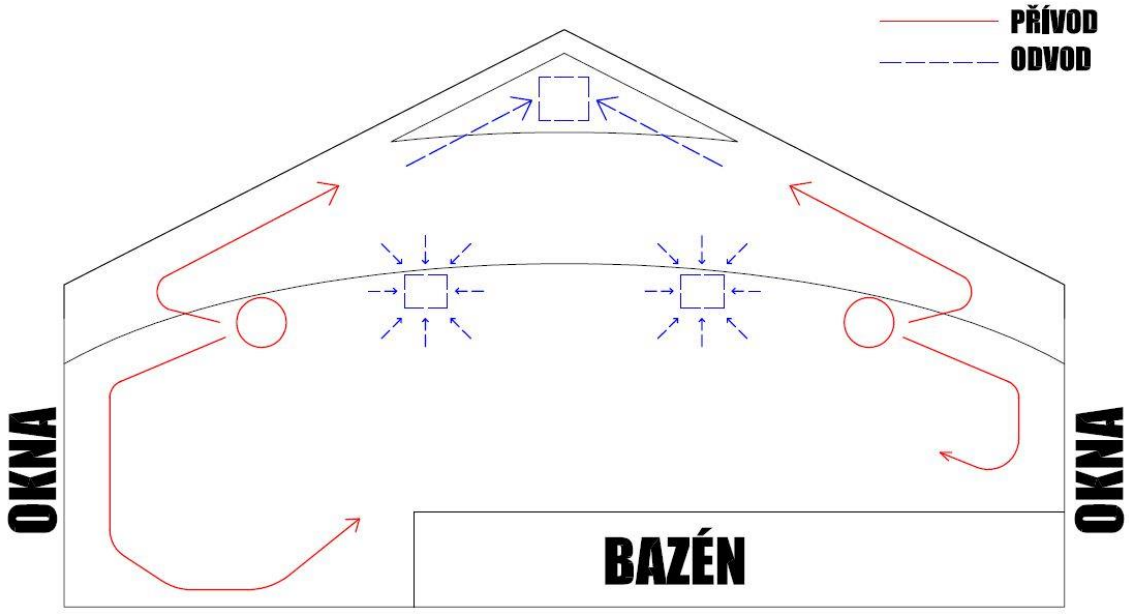
TABULKA PRŮTOKŮ S PŘEPOČTEM Δt PRO ZIMU NA KONSTANTNÍ PRŮTOK 12 500 m³/hod (ZIMA Δt = 3 K, LÉTO Δt = 7 K)

VSTUPNÍ VELIČINY									TEPELNÁ BILANCE			TEPLOTY VZDUCHU		PRŮTOKY VZDUCHU					
ZADANÉ HODNOTY														VYPOČÍTANÉ HODNOTY					
ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA MÍSTNOSTI	OBJEM MÍSTNOSTI	POČET OSOB	POČET VZDUCHU NA OSOBU	VÝMĚNA VZDUCHU n	TEPLOTA INTERIÉRU ti	RELATIVNÍ VLHKOST φ	VODNÍ ZISKY V MÍSTNOSTI	TEPELNÁ ZTRÁTA	TEPELNÉ ZISKY	TEPLOTA PŘÍVODU ZIMA	TEPLOTA PŘÍVODU LÉTO	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ VODNÍCH ZISKŮ	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ POČTU OSOB	PRŮTOK VZDUCHU NA POKRYTÍ VÝMĚNY VZDUCHU	PRŮTOK VZDUCHU PRO POKRYTÍ TEPELNÉ ZTRÁTY	PRŮTOK VZDUCHU PRO POKRYTÍ TEPELNÉ ZÁTĚŽE	NAVRHOVANÝ PRŮTOK VZDUCHU
[-]	[-]	[m²]	[m³]	[ks]	[m³/hod]	[h⁻¹]	[°C]	[%]	[g/h]	[W]	[W]	[°C]	[°C]	[m³/hod]	[m³/hod]	[m³/hod]	[m³/hod]	[m³/hod]	[m³/hod]
FUNKČNÍ CELEK BAZÉNOVÁ HALA																			
1.01	BAZÉNOVÁ HALA	268,1	1636	40	50	2	33	65	53 183	10 488	28 850	36	26	3 765	2 000	3 272	10 385	12 242	12 500
											NÁVRH								**12 500** m³/hod

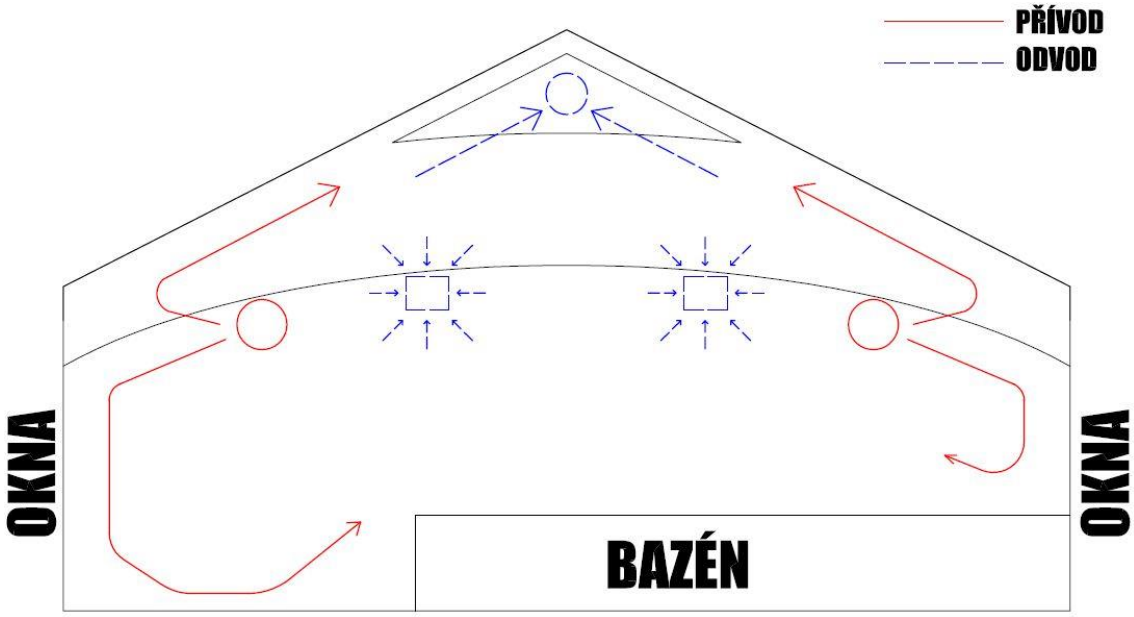
2.4 Distribuční prvky

2.4.1 Schéma distribuce vzduchu

a) PŘÍVOD 2 X TKANINVÁ VÝUSTKA S PERFORACÍ, ODVOD 1 X TKANINOVÉ POTRUBÍ S PERFORACÍ A 2 X MŘÍŽKA VE STĚNĚ



b) PŘÍVOD 2 X TKANINOVÁ VÝÚSTKA S PERFORACÍ, ODVOD 1 X SPIRO POTRUBÍ S MŘÍŽKMA NA BOCÍCH A 2 X MŘÍŽKA VE STĚNĚ



Pro další návrh jsem vybral variantu a.

2.4.2 Přívod vzduchu

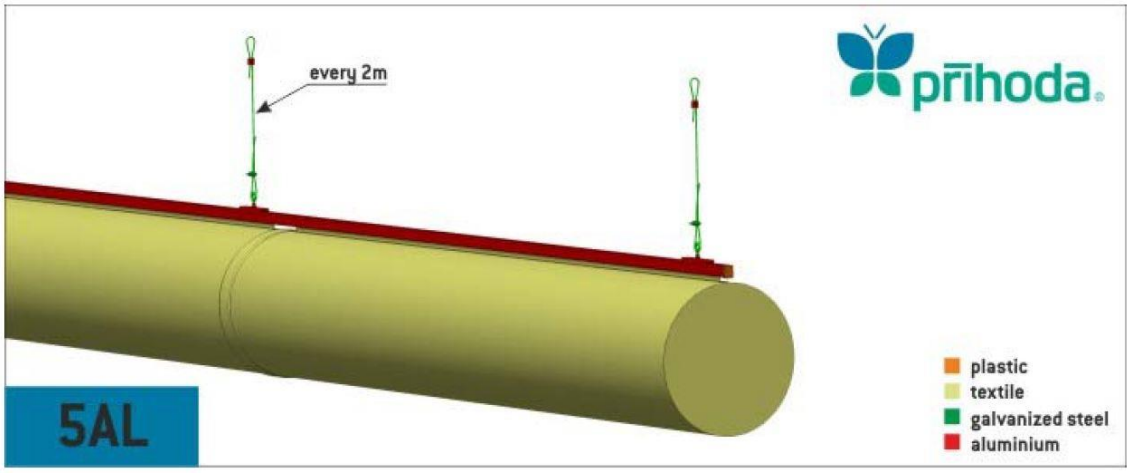
1) 2 x tkaninové potrubí kruhové

Specifikace materiálu:

Tkanina PMS - 100 % polyester, nekonečné vlákno (multifilament), hmotnost 200 g/m², tloušťka 0,30 mm, prodyšnost 55 m³/h/m² při 120 Pa, pevnost (osnova/útek) 1830/1020 N (ČSN EN ISO 13934-1), požární odolnost - třída B-s1, d0 dle ČSN EN 13501-1+A1:2010, teplotní odolnost -60 až +110°C, srážlivost (osnova/útek) 0,5/0,5 % při 40°C dle ČSN EN ISO 6330-2000, vhodná pro čisté prostory - třída č. 4 (ČSN EN ISO 14644-1), pratelná v pračce, barva světle šedá

Specifikace výústek:

Tvar Kruhový, Rozměr 2 x 630 mm, Celková délka 2 x 16200 mm
První konec začátek, druhý konec zaslepení, 4 ks zip 630
Průtok 2 x 6250 m³/h, Použitelný přetlak 100 Pa, Tlaková ztráta třením = 2,5 Pa

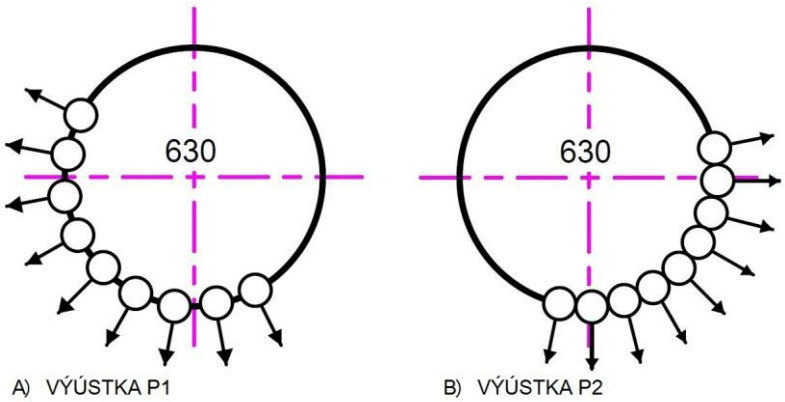


Průřez potrubí:

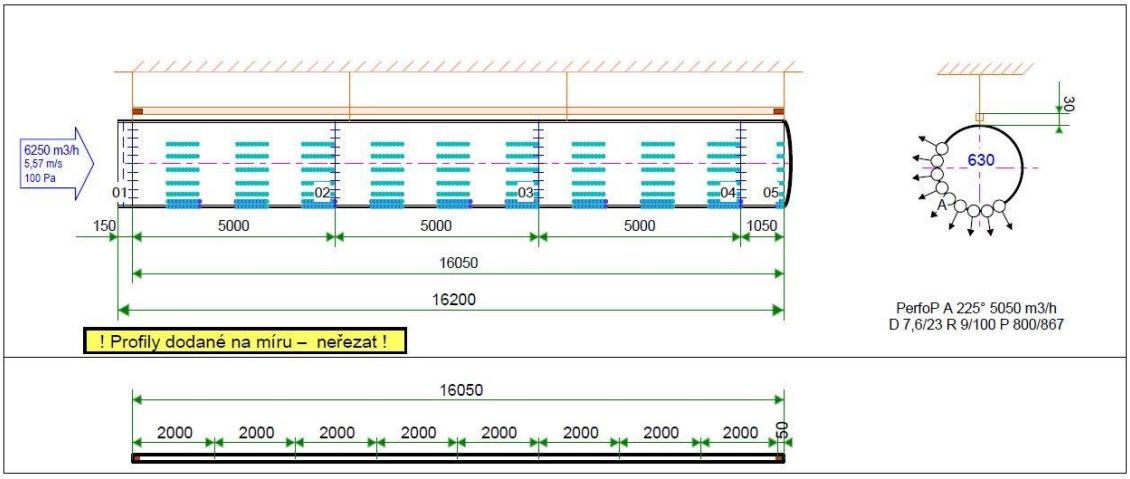
Výústka P1 “levá“ a P2 “pravá“ o průměru d = 630 mm

Výústka P1 perforace: 225° 5050 m³/h D 7,6/23 R 9/100 P 800/867

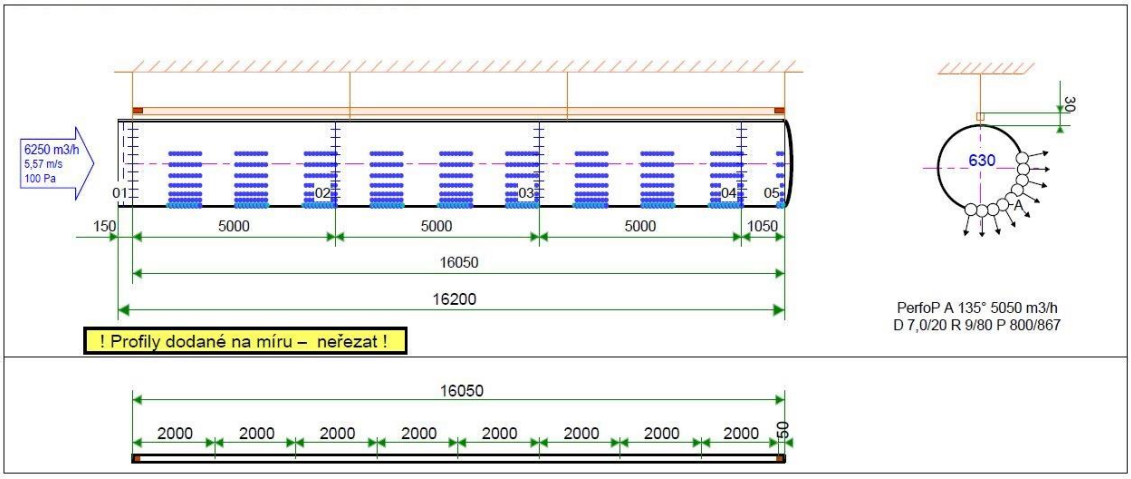
Výústka P2 perforace: 135° 5050 m³/h D 7/20 R 9/80 P 800/867



Výústka P1:



Výústka P2:



Akustický výkon:

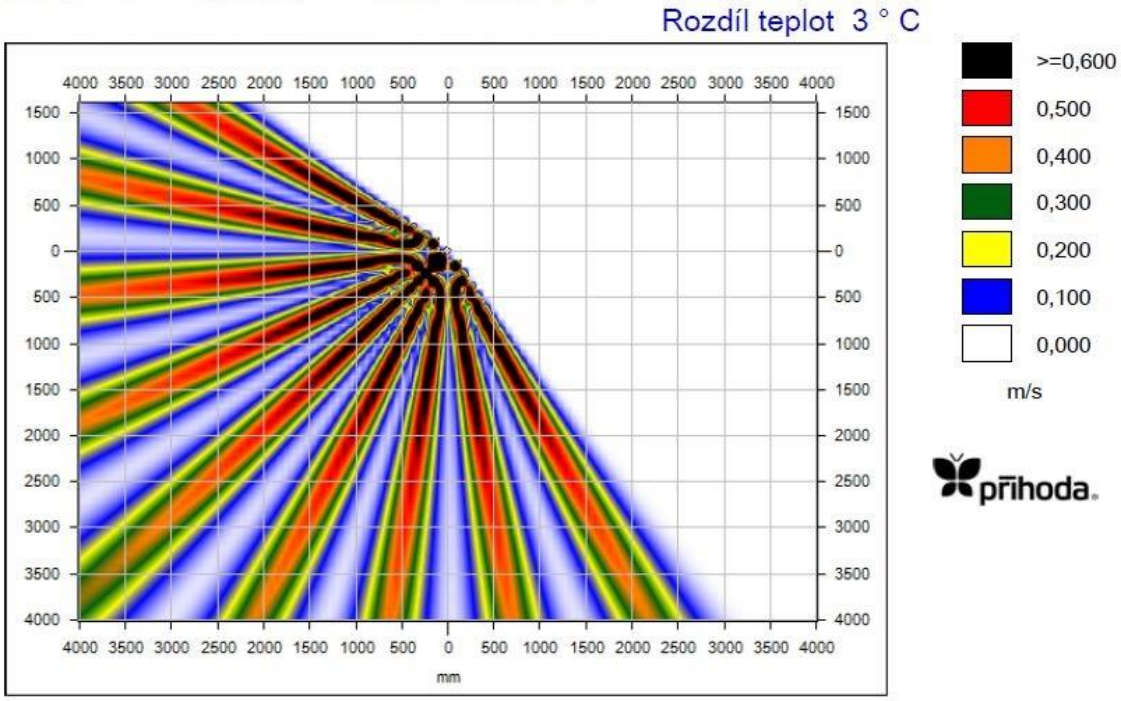
P1 a P2

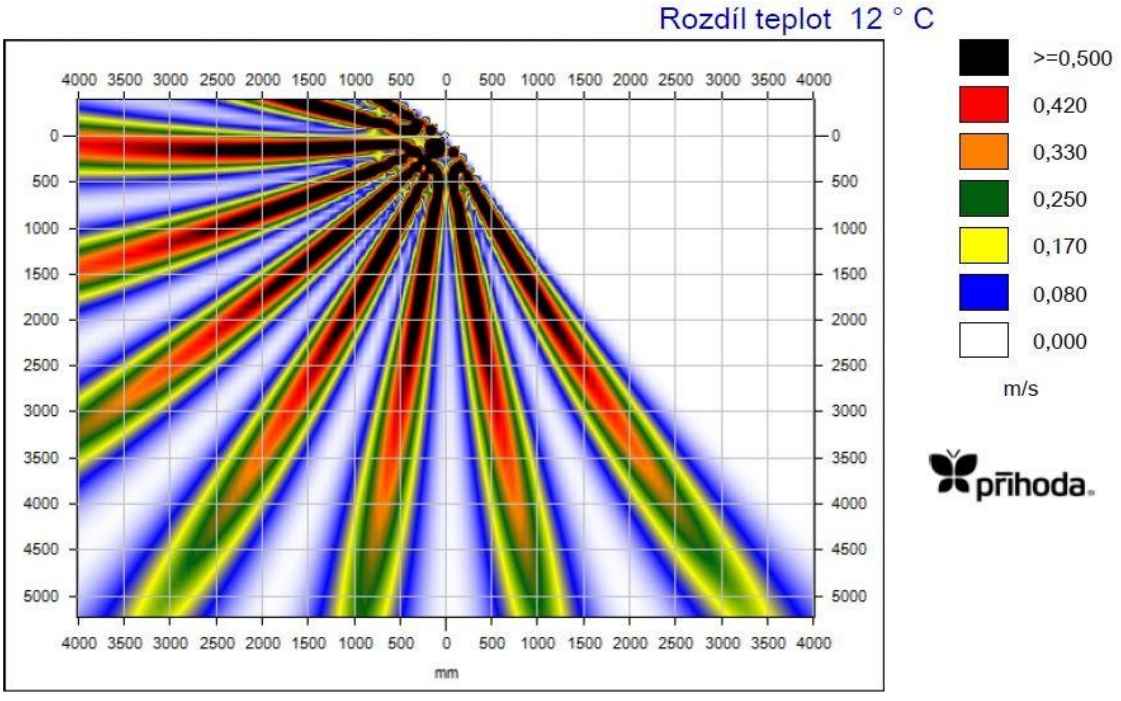
Usek			fm	*31,5*	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
1	Duct	Li	dB	34	37	36	35	34	33	32	28	20
	Perforace	Li	dB	29	29	29	30	30	29	25	18	7
	Mikroperforace	Li	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lw	44	dB	35	38	37	36	36	35	33	29	20

Dosah rychlostí:

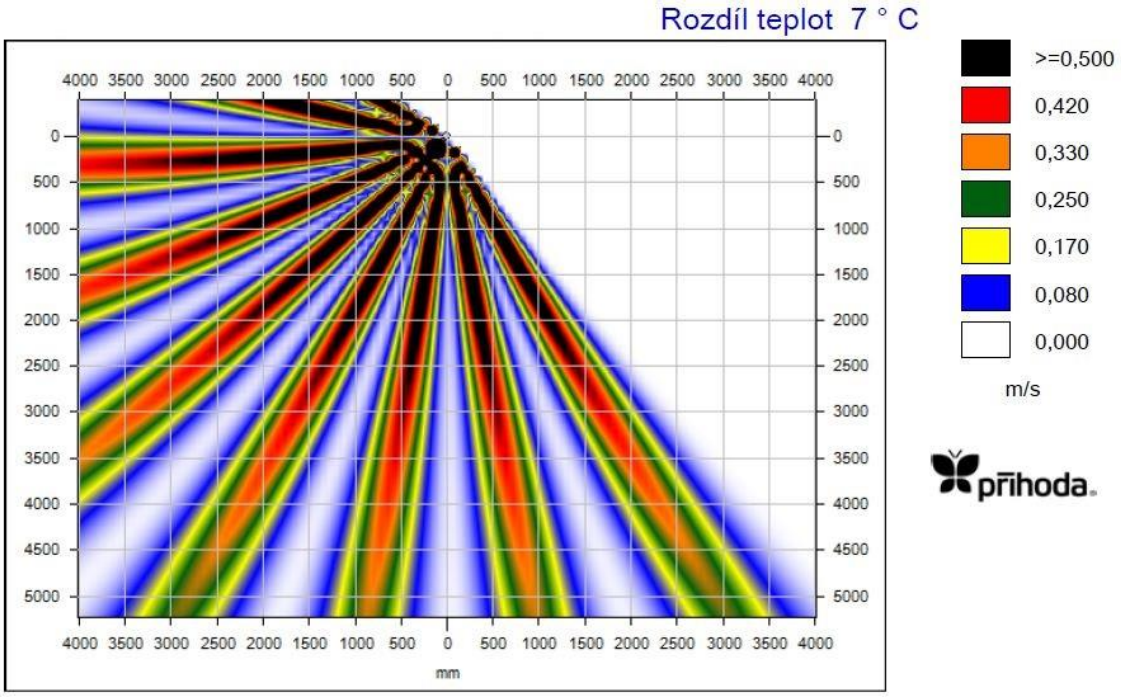
Výústka P1

a) Režim vytápění



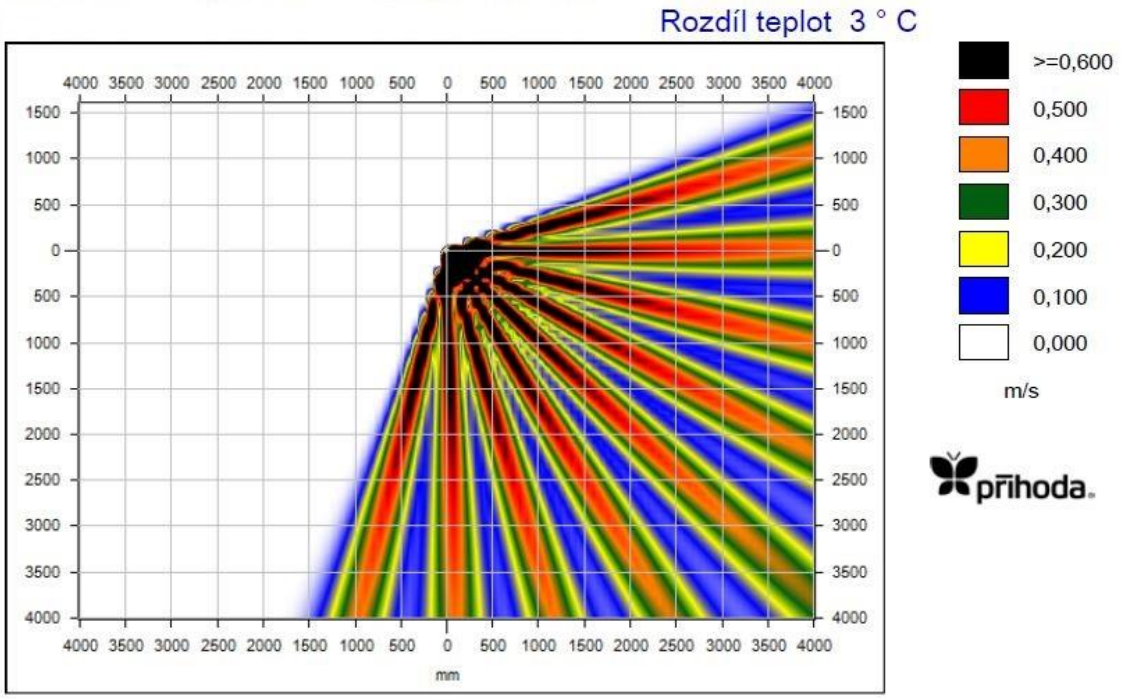


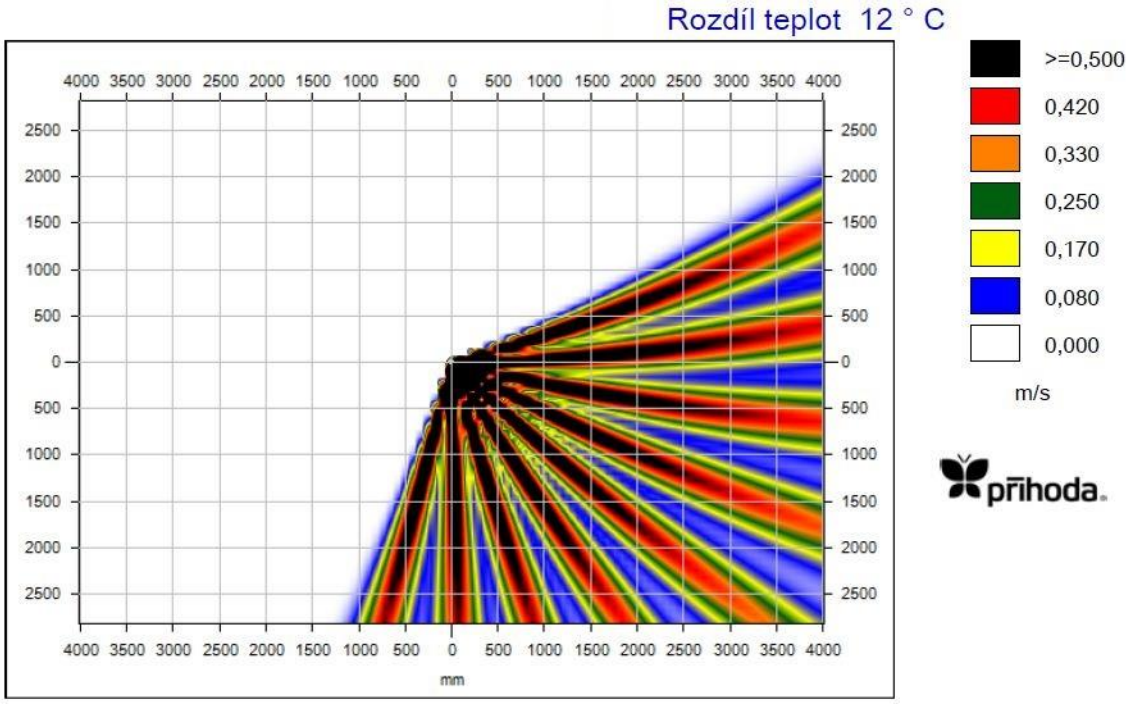
b) Režim chlazení



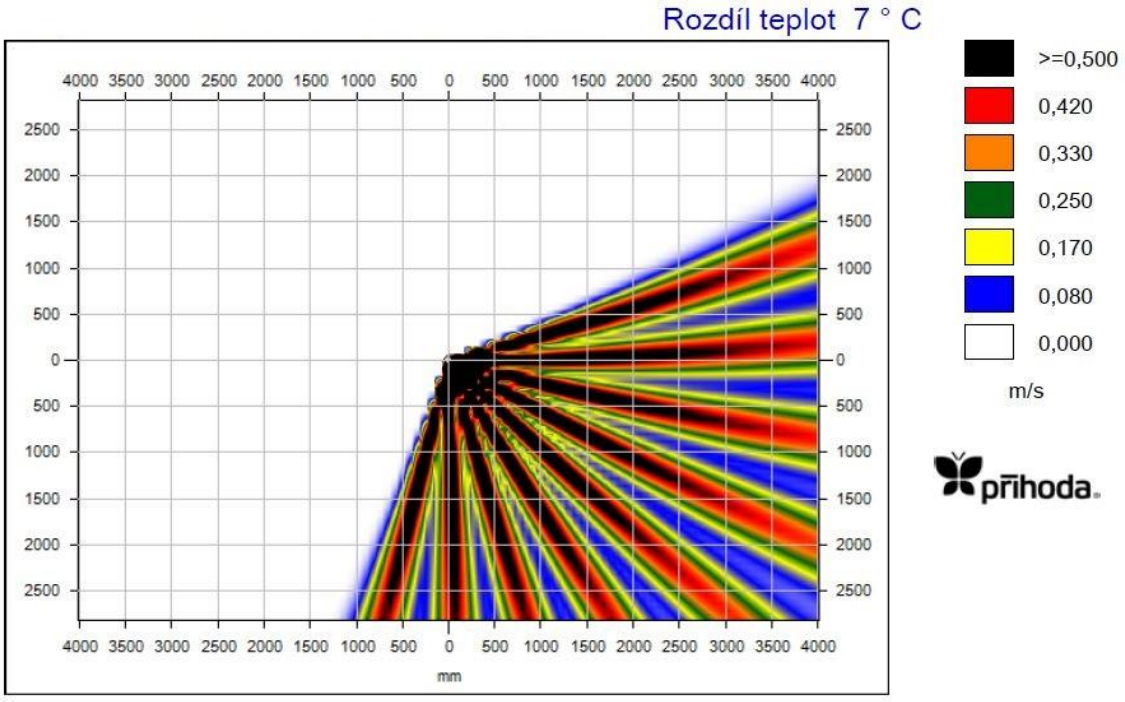
Výústka P2

a) Režim vytápění





b) Režim chlazení



Poznámka:

U režimu vytápění rozdíl teplot 12 K pro návrh průtoku vzduchu na vytápění (8 – 16 K). Rozdíl teplot 3 K je přepočtený rozdíl teplot pro vytápění => návrhový průtok vzduchu jsem uvažoval pro potřebu na pokrytí tepelné zátěže.

2.4.3 Odvod vzduchu

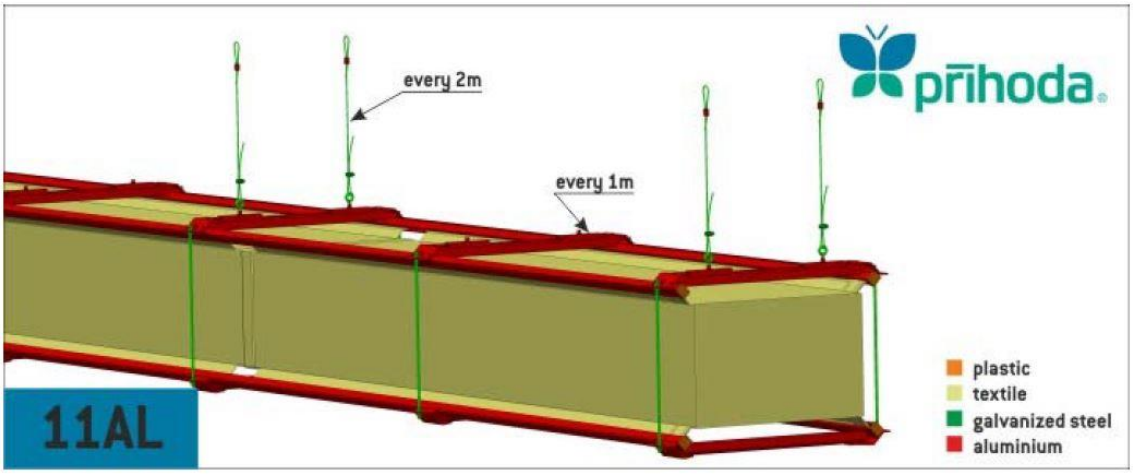
1) 1 x tkaninové potrubí

Specifikace materiálu:

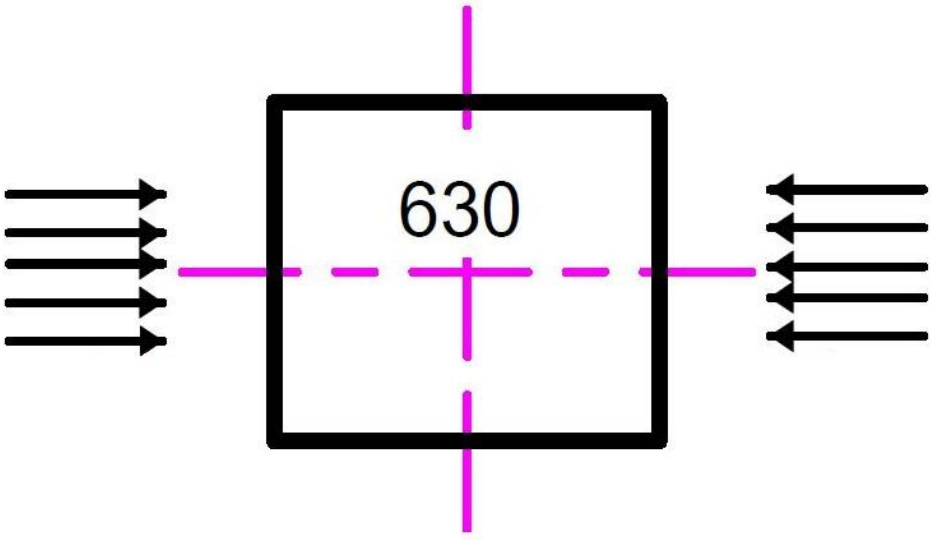
Tkanina NMS - 100% polyester, nekonečné vlákno (multifilament), hmotnost 225 g/m², tloušťka 0,31 mm, prodyšnost 0 m³/h/m² při 120 Pa, pevnost (osnova/útek) 1810/1090 N (ČSN EN ISO 13934-1), požární odolnost - třída B-s1, d0 dle ČSN EN 13501-1+A1: 2010, teplotní odolnost -30 až +110°C, srážlivost (osnova/útek) 0,5/0,5 % při 40°C dle ČSN EN ISO 6330-2000, vhodná pro čisté prostory - třída č. 4 (ČSN EN ISO 14644-1), pratelná v pračce, barva světle šedá

Specifikace potrubí:

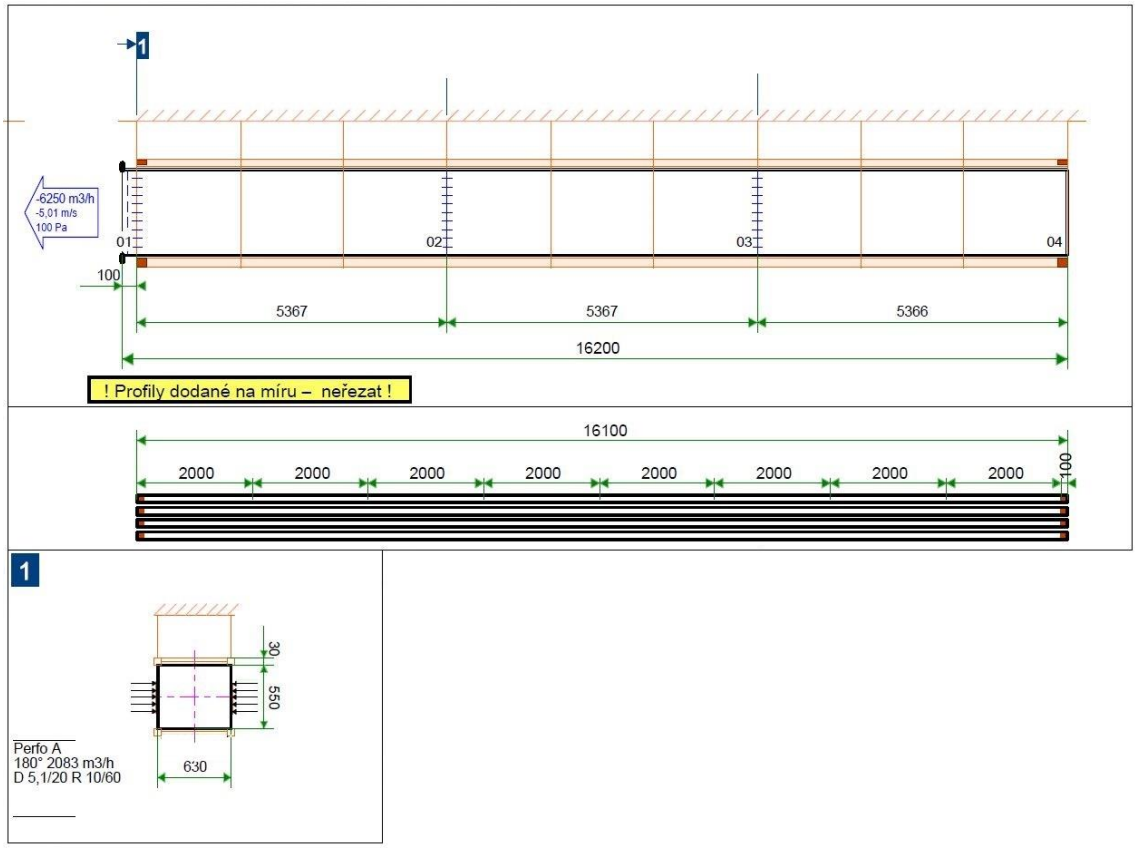
Tvar Čtyřhranný, Počet rozměrů 1, Rozměr 630 x 475 mm, Celková délka 16 200 mm (5367+5367+5366)
První konec začátek, druhý konec zaslepení, 4 ks Zip 630
Průtok 6250 m³/h, Podtlak 100 Pa, Tlaková ztráta třením = 2,2 Pa



Průřez potrubí:
Rozměry 630 x 550 mm



Potrubí O1:



Akustický výkon:

Úsek			fm	*31,5*	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
1	Duct	Li	dB	32	35	34	33	32	31	30	26	18
	Perforace	Li	dB	32	32	32	33	33	32	28	21	10
	Mikroperforace	Li	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lw	44	dB	35	37	36	36	36	35	32	28	19

2) 2 x mřížka ve stěně

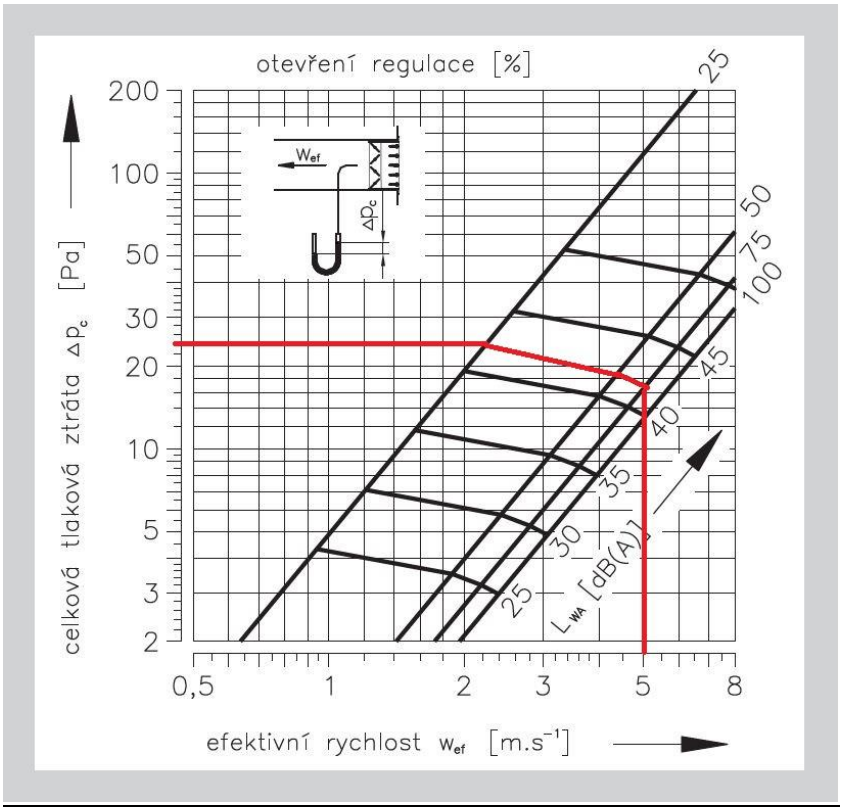
Průtok vzduchu 2 x 3125 m^3/hod

Rozměr a x b = 625 x 525 mm

Plocha S = 0,3281 m^2

Efektivní plocha S_{ef} = 0,2438 m^2

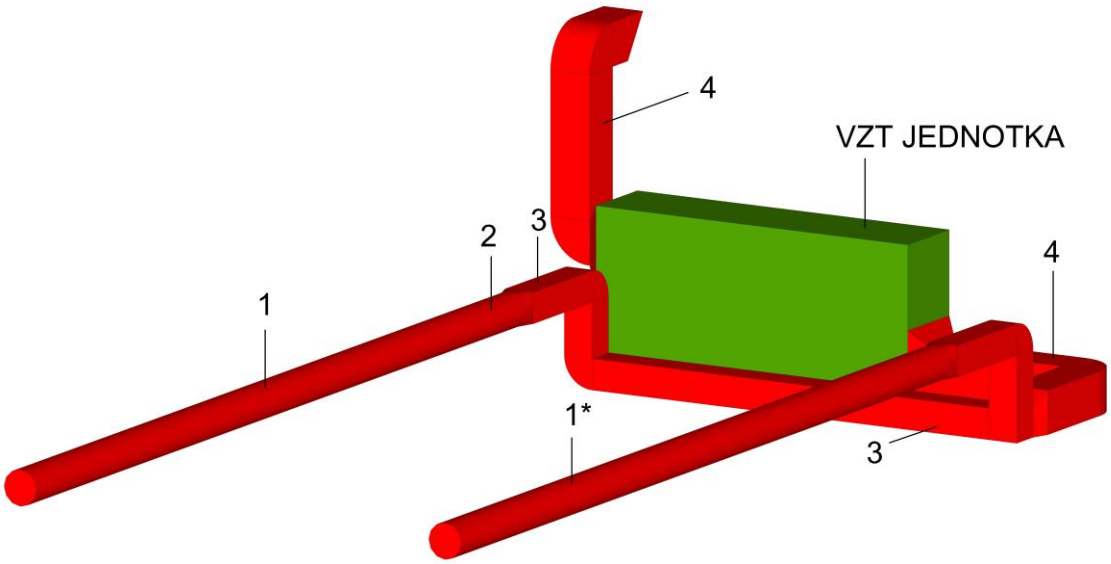
Akustický výkon výústky:



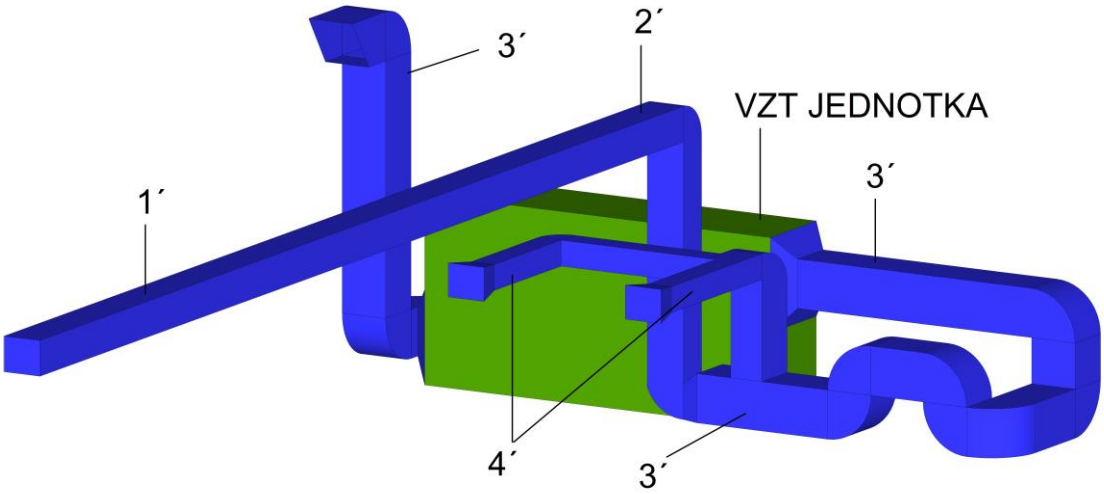
2.5 Dimenzování

2.5.1 Schéma dimenzování

a) Přívodní potrubí



b) Odvodní potrubí



2.5.2 Přívodní potrubí

PŘÍVOD (RELAX BAZÉN)				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	V' (R'_1)	S' (d'_r)	d (Ø)	a*b	d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
VZT JEDNOTKA - PŘÍVODNÍ POTRUBÍ RELAXAČNÍ BAZÉN																
1	6250	1,74	16,2	5,5	0,316	630		0,630	0,31	5,58	18,69	0,46	0	7,45	0,00	textil potrubí
2	6250	1,74	1,125	6	0,290	630		0,630	0,31	5,58	18,69	0,46	0,3	0,52	5,61	plech
3	6250	1,74	6,5	6	0,290		540 x 540	0,609	0,29	5,97	21,36	0,52	1,2	3,40	25,64	plech
4	12500	3,47	5,5	6	0,578		760 x 760	0,858	0,58	6,01	21,65	0,33	1,8	1,83	38,98	plech
													Σ	13,20	70,22	
													Σ	**83,42**	**Pa**	
														2,50	**Pa**	**VÝUSŤ**
														39,00	**Pa**	**SÁNÍ**
														50,00	**Pa**	**ŽALUZIE**
														12,00	**Pa**	**KLAPKY**
														258,00	**Pa**	**TLUMIČE HLUKU**
													Σ	**444,92**	**Pa**	

2.5.3 Odvodní potrubí

ODVOD (RELAX BAZÉN)				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	V' (R'_1)	S' (d'_r)	d a*b (Ø)		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
VZT JEDNOTKA 1 - ODVODNÍ POTRUBÍ RELAXAČNÍ BAZÉN																
1´	6250	1,74	16,2	5	0,348		630 x 550	0,664	0,347	5,022	15,130	0,392	0	6,35	0,000	textil potrubí
2´	6250	1,74	6,4	5	0,348		630 x 550	0,664	0,347	5,022	15,130	0,392	1,2	2,51	18,156	plech
3´	6250	1,74	12,2	6	0,290		760 x 760	0,858	0,578	3,012	5,445	0,332	4,8	4,05	26,136	plech
													Σ	**12,91**	**44,292**	
													Σ	**57,202**	**Pa**	
														2,10	**Pa**	**VÝUSŤ**
														39,00	**Pa**	**SÁNÍ**
														12,00	**Pa**	**KLAPKY**
														50,00	**Pa**	**ŽALUZIE**
														258,00	**Pa**	**TLUMIČ HLUKU**
													Σ	**418,302**	**Pa**	

ODVOD (RELAX BAZÉN)				HODNOTY							POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ					
Č.Ú.	V		l	V' (R'_1)	S' (d'_r)	d a*b (Ø)	d_r	S	w		
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm	mm	m^2	m/s		
VZT JEDNOTKA 1 - ODVODNÍ POTRUBÍ RELAXAČNÍ BAZÉN											
4´	3125	0,86	2,5	5	0,172	400 x 400	0,451	0,160	5,375		plech
4´´	3125	0,86	5	5	0,172	400 x 400	0,451	0,160	5,375		plech

2.6 Vzduchotechnická jednotka

Projekt	] Bazén Karlova Studánka
Určení jednotky	Bazénové haly

STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 22 Pool	
Typ řídicího systému	VCS (Climatix)	
	Webové ovládání; bez mobilní aplikace	
Hmotnost (+-10%)	2 929 kg	
Umístění jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 3020)	
Vnitřní plášť	Lakovaný plech (RAL 3020)	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	12500 m³/h	12500 m³/h
Externí tlaková rezerva	550 Pa	550 Pa
Rychlost v průřezu	2.25 m/s	2.25 m/s
Příkon ventilátorů	3.85 kW	3.39 kW
1. stupeň filtrace	M5	M5
2. stupeň filtrace	-	-
SFP_i	1070 W.m⁻³.s	944 W.m⁻³.s

Parametry pláště dle EN1886			
Celkový příkon jednotky	12.31 kW	Mechanická stabilita	D2(M)
Napájecí napětí	3×400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně	L1(M)
Celkový proud Imax	57 A	Termická izolace	T3(M)
Odvlhčovací výkon	79.66 kg/h	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP_{AHU}	2085 W.m⁻³.s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

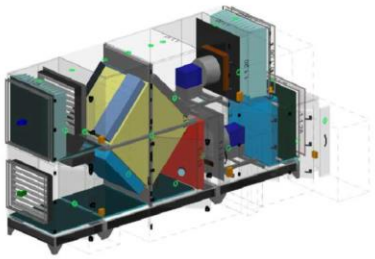
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů			
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-18.0 -› 19.3 °C	72 %	
Směšování	19.3 -› 30.0 °C	60 / 60 %	
Chlazení	34.0 -› 26.0 °C	32.2 kW	6/12 °C, Voda, 2.5 kPa, 4.60 m³/h
Ohřev	20.0 -› 36.0 °C	65.5 kW	Elektřina
Kompresor (příkon max.)		6.12 kW	Freon R407C (Mix)

Hlukové parametry zařízení

				LwAokt* [dB]					LwA** [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	45	56	69	65	62	58	55	61	72
Přívod - výtlak	55	65	82	83	86	80	78	81	90
Přívod - okolí	48	50	64	58	59	53	53	51	67
Odvod - sání	49	63	77	75	74	72	70	78	83
Odvod - výtlak	53	63	76	77	78	71	69	72	83
Odvod - okolí	48	51	64	58	58	53	53	52	67

* Hladiny akustického výkonu v oktávových pásmech

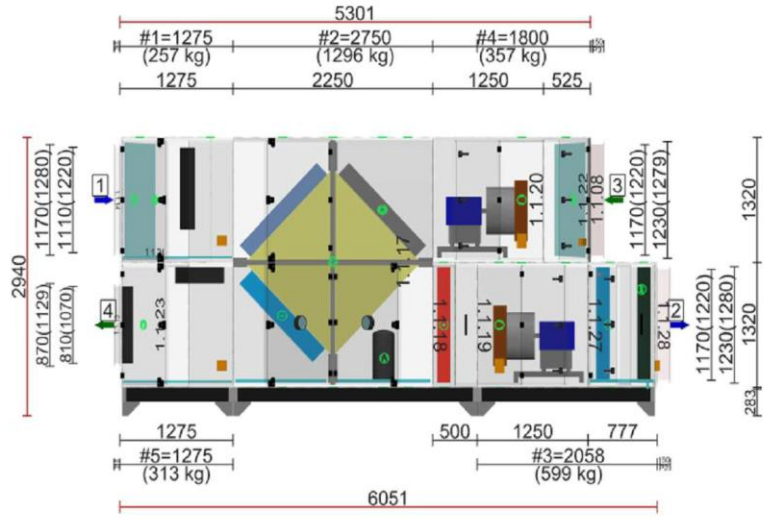
Axonometrický pohled na zařízení



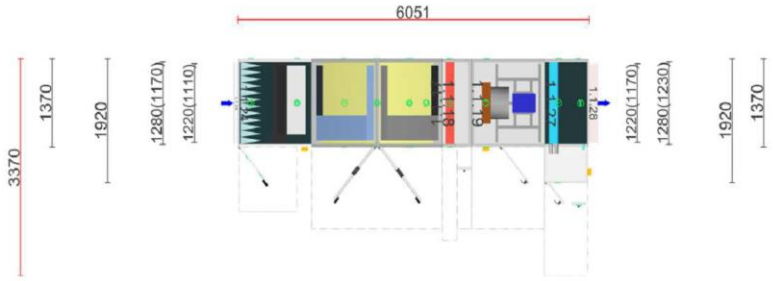
GRAFICKÉ POHLEDY

Bokorys servisní strany

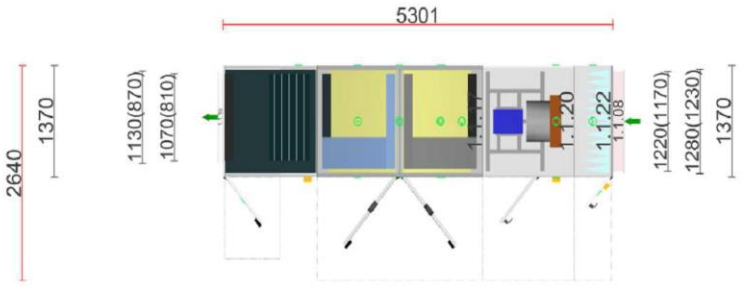
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přívodní větve



Půdorys odtahové větve



ID nabídky	
Projekt	[xxx] Bazén Karlova Studánka
Číslo / Název zařízení	1.1 / XP22 - 12500 m3/h
Určení jednotky	Bazénové haly

SPECIFIKACE NAVRŽENÉHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Popis

Řídicí jednotka VCS je řídicí a silový rozvaděč pro decentrální regulaci vzduchotechnického zařízení REMAK. Srdcem jednotky je řada regulátorů Climatix od společnosti Siemens.
Ekonomický provoz zaručují propracované algoritmy řízení, které jsou produktem vývoje společnosti REMAK.

Skříň řídicí jednotky

Typ	Plechová s prosklením
Velikost	1600 × 750 × 300
Krytí	IP 66
Třída ochrany	I (EN 61140 ed.2)
Hlavní přívod	3×400V+N+PE 50Hz
Celkový proud Imax	57 A

Hlavní regulační funkce

Regulace teploty vzduchu	
V prostoru (kaskádní regulace)	☐
V přívodu	☐
V odtahu	☑
Regulace vlhkosti vzduchu	
V odtahu	☑
Regulace dle kvality vzduchu	
CO2	☐
CO	☐
VOC	☐
Regulace na konstantní průtok	☑
Regulace na konstantní tlak	☐
Regulace účinnosti tepelného čerpadla (COP)	☑

Uživatelské ovládání

Lokální HMI	HMI SG	☐
	HMI TM	☑
	HMI DM	☐
BMS	LON	☐
	Modbus RTU	☐
	Modbus TCP	☑
	BACnet/IP	☐
Web (LAN)	HMI Web	☑
Externí řízení (kontakty)	Beznapěťový kontakt	☐
	Dva beznapěťové kontakty	☐
	Napěťový kontakt	☐

Softwarové funkce

Časové režimy	☑
Teplotní režimy	☐
Noční vychlazování (freecooling)	☑
Typ elektrického dohřívače	☑
Optimalizace startu	☑
Kompenzace	☑
Pokročilé nastavení požární ochrany	☑
Funkce eliminace přehřívání přívodního vzduchu	☑

Signalizace poruch a připojení externích prvků

Signalizace zanesení filtrů	☑
Připojení signálu požárních klapek	☑
Hláška pro kotelnu (požadavek na teplo)	☐
Signalizace poruchy	☐
Signalizace provozu a poruchy	☑
Monitoring odvlh. výk. se signal. snížení výkonu	☑
Spouštění čerpadla bazénové vody	☑
Napájení a jištění externího zdroje tepla/chladu	☑

Řízení ventilátorů a ochranné funkce

Ventilátor	P		
- Řízení		V 3 stupních	☐
- Ochrana		Termistor	☑
- Hlídání proudění			☐
Ventilátor	O		
- Řízení		V 3 stupních	☐
- Ochrana		Termistor	☑
- Hlídání proudění			☐

Regulační procesy a ochranné funkce

Směšování	P / O		
- Řízení			☑
Desková rekuperace			
- Řízení účinnosti		Plynulé 0-10V pomocí by-passu	☑
- Protimrazová ochrana			☑
Vodní chlazení	P		
- Řízení čerpadla směšovacího uzlu		Plynulé 0-10 V	☑

ID nabídky
Projekt [xxx] Bazén Karlova Studánka
Číslo / Název zařízení 1.1 / XP22 - 12500 m3/h
Určení jednotky Bazénové haly

SEZNAM POLOŽEK

Výrobní (přepravní) bloky sekcí

Číslo bloku	Rozměry (Š × V × D) **	Hmotnost	Podstavný rám Výška *	Materiál pláště	Typ rámu
#1	1430 x 1320 x 1275 mm	256.7 kg	-	Lakovaný plech (RAL 3020)	-
#2	1405 x 2640 x 2770 mm	1295.6 kg	300 mm	Lakovaný plech (RAL 3020)	Stavitelný
#3	1991 x 1337 x 2058 mm	598.6 kg	300 mm	Lakovaný plech (RAL 3020)	Stavitelný
#4	1441 x 1320 x 1775 mm	357.5 kg	-	Lakovaný plech (RAL 3020)	-
#5	1430 x 1320 x 1275 mm	312.5 kg	300 mm	Lakovaný plech (RAL 3020)	Stavitelný
P1	1280 x 1170 x 65 mm	7.7 kg	-	-	-
P2	1280 x 1230 x 150 mm	7.7 kg	-	-	-
P3	1280 x 1230 x 150 mm	7.7 kg	-	-	-
P4	1130 x 870 x 65 mm	6.1 kg	-	-	-
Celkem		2850.1 kg			

* V uvedené výšce rámu je započtena i výška podstavných nožek (pokud jsou osazeny).
** Uvedené rozměry nezahrnují balení.

Příslušenství vzduchotechnické jednotky

Položka	Počet	Hmotnost	Montáž ve výrobě ***	Materiál pláště	Číslo bloku
Souprava pro odvod kondenzátu	1	1.0 kg	Ne	-	#3
Souprava pro odvod kondenzátu	1	2.0 kg	Ne	-	#2
Sběrač/e chladiva	1	2.0 kg	Ne	-	#2
Rekuperace tepla do vody	1	3.2 kg	Ne	-	#2
Kit LP/HP manometrů	1	0.0 kg	Ne	-	#2
Ochranné relé	1	0.0 kg	Ne	-	#2
Souprava pro odvod kondenzátu	1	1.0 kg	Ne	-	#1
Souprava pro odvod kondenzátu	1	1.0 kg	Ne	-	#5
Spojovací sada výrobní	1	10.3 kg	Ano	-	#2
Spojovací sada výrobní	1	10.3 kg	Ano	-	#4
Spojovací sada výrobní	1	10.3 kg	Ano	-	#3
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#5
Spojovací sada montážní	2	7.9 kg	Ano	-	#1
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#2
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#4
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#3
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#5
Spojovací sada montážní	1	3.9 kg	Ano	-	#2
Spojovací sada montážní	4	4.0 kg	Ne	-	-
Montážní návod	1	0.0 kg	-	-	-

*** Položky nenamontované ve výrobě jsou dodávány volně ložené

Řídicí jednotka a příslušenství měření a regulace

Položka	Počet	Hmotnost	Montáž ve výrobě ***	Číslo bloku
Regulátor výkonu	1	1.0 kg	Ne	#3
Regulátor výkonu	1	1.0 kg	Ne	#4
Řídicí jednotka VCS	1	0.0 kg	Ne	-
Kapilárový termostat CAP 2M	1	0.5 kg	Ne	-
Snímač tlakové diference P33 N (30	1	0.1 kg	Ano	-
Snímač tlakové diference P33 N (30	1	0.1 kg	Ano	-
Čidlo NS 120	1	0.1 kg	Ano	-
Čidlo NS 120	1	0.1 kg	Ano	-

ID nabídky
Projekt [xxx] Bazén Karlova Studánka
Číslo / Název zařízení 1.1 / XP22 - 12500 m3/h
Určení jednotky Bazénové haly

SEZNAM KOMPONENTŮ ZAŘÍZENÍ

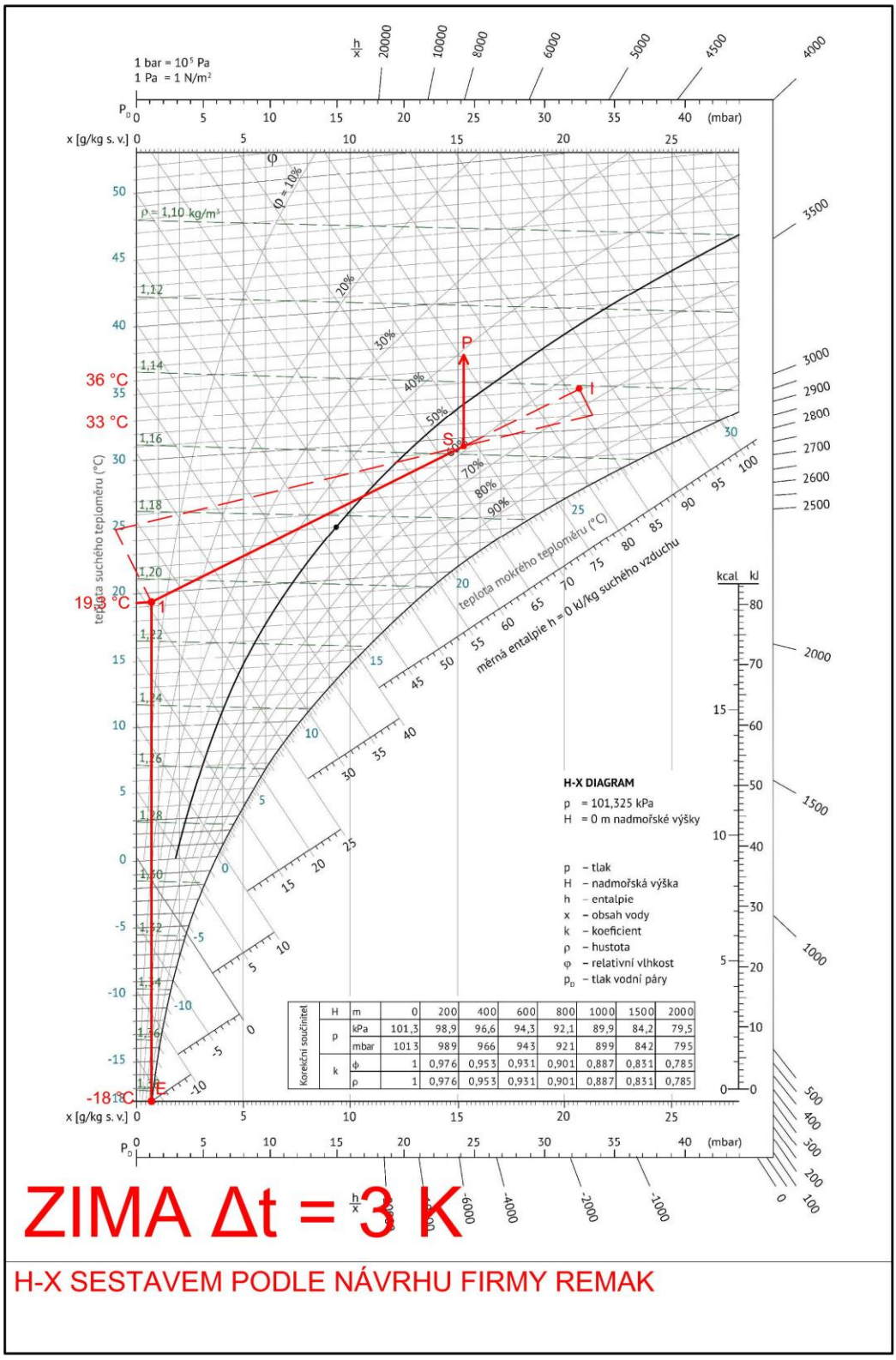
Pozice	Název komponentu	Typové označení	ks	Hmotnost	Informace* A	B	C
1.1.14	Tlumicí vložka	DV 1220-1110/H	1	7.7 kg			
1.1.24	Sekce cirkulace	XPIE 22/H	1	257.7 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 22/C	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 22/C (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 22/5 (K) ECOD	1				x
	Snímač tlakové diference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
	Servopohon	LF 24SR	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 301	1				
1.1.17	Sekce deskového rekuperátoru s by-passem	XPKK 22/BP (FG - 140/R - 126,5 - Optir	1	1067.3 kg			
	Obtoková klapka	LK (PMO)	1				x
	Servopohon klapky obtoku	SM 24A-SR/D	1				x
	Snímač namrzání	P33 N (30 - 500 Pa) D	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOK/D	1				
	Směšování	XPMIX 22	1				x
	Směšovací klapka	LK	1				x
	Servopohon směšování	NM 24A-SR	1				x
	Kukátko/průhledítko	HLED 150	2				x
	Výměník na odvodu	XPNF 22/4RIO	1				x
	Kompresorová jednotka	KHD-S1-22	1				
	Sběrač/e chladiva	Trubkovy sberac 1L/D16	1				
	Rekuperace tepla do vody	Heat Recovery Kit 5,5 kW	1				
	Kit LP/HP manometrů	Kit LP/HP Gauges	1				
	Kit omezení výkonu	Limitation Level	1				
	Barevný odstín základny	RAL 3020	1				
	Ochranné relé	Monitoring relay UR5P3011	1				
1.1.18	Sekce chladič, eliminátor	XPQU 22/IC	1	148.4 kg			
	Přímý výparník / kondenzátor	XPNF 22/6RIC	1				x
1.1.19	Sekce ventilátoru	XPAP 22/S	1	262.9 kg			
	Ventilátor	XPVP 500-5,5/J4 (IE2)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 5.5 (IP21)	1				
	Regulace na konstantní tlak/průtok	CPG-6000AV (MR 3000 Pa)	1				
1.1.27	Sekce chladič, eliminátor	XPQR 22/V	1	270.7 kg			
	Panel čelní - výstup	XPK 22/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 22/P (MSP)	1				
	Vodní chladič	XPND 22/2R	1				x
	Směšovací uzel chladiče	SUMX 10/EU (1)	1				
	Eliminátor kapek	XPNU 22	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 301	1				
1.1.28	Tlumicí vložka	DV 1220-1170	1	7.7 kg			
1.1.08	Tlumicí vložka	DV 1220-1170	1	7.7 kg			
1.1.22	Sekce filtru	XPHO 22/S	1	95.6 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 22/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 22/P (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 22/5 (K) ECOD	1				x
	Snímač tlakové diference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
1.1.20	Sekce ventilátoru	XPAP 22/S	1	262.9 kg			
	Ventilátor	XPVP 500-5,5/J4 (IE2)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 5.5 (IP21)	1				
	Regulace na konstantní tlak/průtok	CPG-6000AV (MR 3000 Pa)	1				
1.1.23	Sekce cirkulace	XPIE 22/D	1	266.5 kg			
	Panel čelní - výstup	XPK 22/B	1				x
	Servopohon	NM 24A-SR	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 22/B (MSP)	1				
	Servopohon	NM 24A	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO/D	1				
1.1.15	Tlumicí vložka	DV 1070-810/H	1	6.1 kg			
1.1.XX	Spojovací sada montážní	XPSS1 22/9A-A	6	23.6 kg			
1.1.XX	Spojovací sada montážní	XPSS1 22/9A-B	2	7.9 kg			

ID nabídky
Projekt [xxx] Bazén Karlova Studánka
Číslo / Název zařízení 1.1 / XP22 - 12500 m3/h
Určení jednotky Bazénové haly

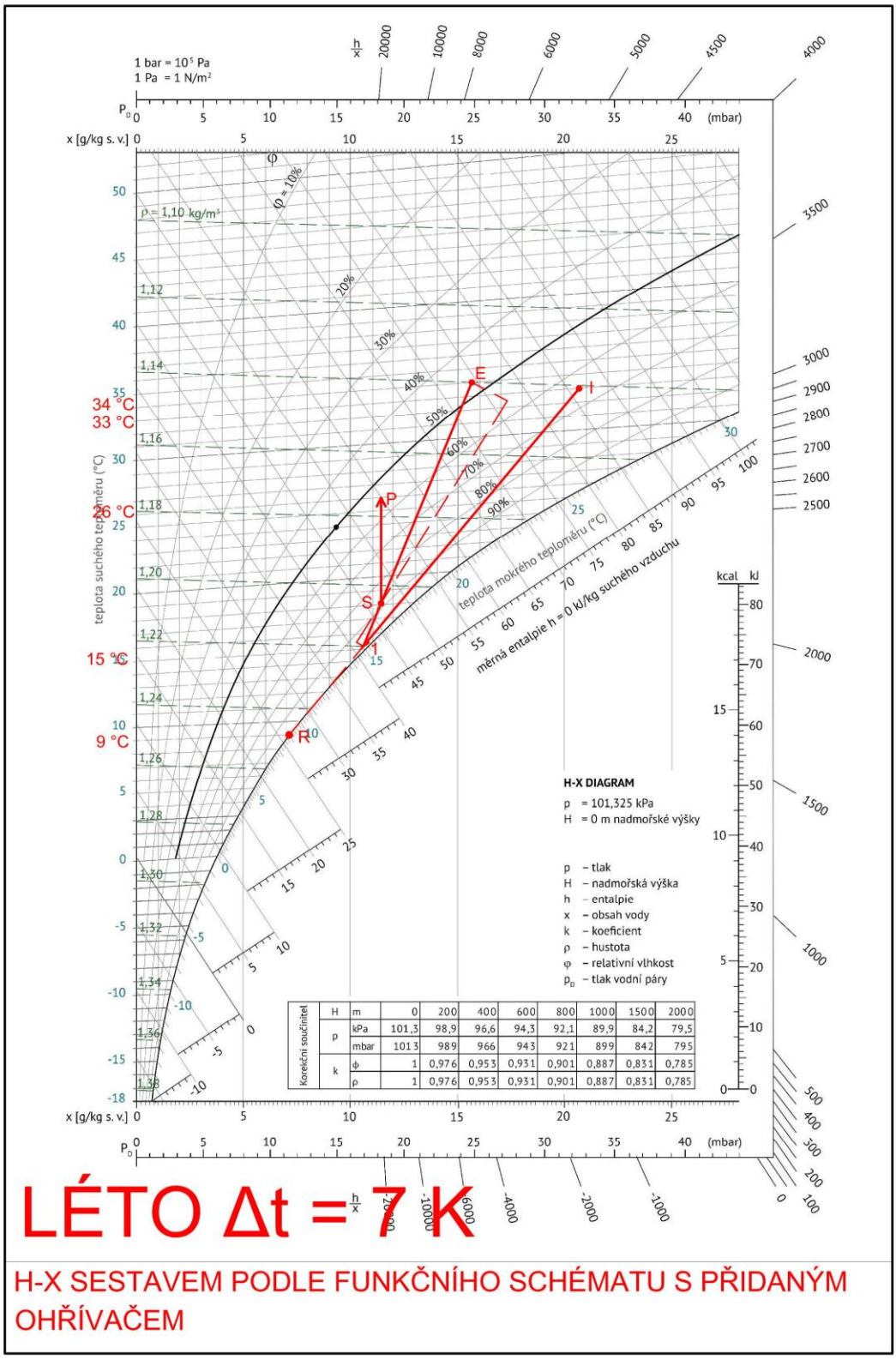
1.1.XX	Spojovací sada montážní	XPSS2 22/9A	4	4.0 kg
1.1.XX	Spojovací sada výrobní	XPSS 22/V-9	3	30.9 kg
1.1.XX	Základový rám	XPR 22/1250-3S	1	47.0 kg
1.1.XX	Základový rám	XPR 22/2750-3S	1	87.0 kg
1.1.XX	Základový rám	XPR 22/2000-3S	1	67.0 kg
1.1.25	Montážní návod	XPSA/CZ	1	0.0 kg
1.1.16	Řídicí jednotka	VCS	1	?
	Protimrazová ochrana výparníku	CAP 2M	1	
	Snímač tlakové diference deskového rekuperátoru - dp	P33 N (30 - 500 Pa) D	1	
	Snímač tlakové diference deskového rekuperátoru - dp	P33 N (30 - 500 Pa) D	1	
	Čidlo teploty přívodního vzduchu v potrubí	NS 120	1	
	Čidlo teploty venkovního vzduchu	NS 120	1	
	Čidlo prostorové teploty a vlhkosti	QFM 2120	1	
	Místní ovladač s displejem	HMI TM	1	

Vysvětlivka*:
A – zahrnuto v součtu cen vzduchotechniky
B – zahrnuto v součtu cen regulace
C – zabudované příslušenství (uvnitř nebo na komponentu)

a) Zima rozdíl teplot Δt = 3 K



a) Léto rozdíl teplot Δt = 7 K



Korekční součinitel										
H	m	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
p	kPa	101,3	98,9	96,6	94,3	92,1	89,9	84,2	79,5
	mbar	1013	989	966	943	921	899	842	795
k	φ	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785
	ρ	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785

2.7 Útlum hluku

2.7.1 Výpočet útlumu hluku

Útlum hluku přívodní potrubí – INTERIÉR:

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI - PŘÍVOD	HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A VÝKONU A ÚTLUMY V OKTÁVOVÝCH PÁSMECH								
	frekvence [Hz]	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L_{vv}	**Hluk ventilátoru [dB]**										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	55	65	82	83	86	80	78	81	**90**
L_{vv}	Součet	0	55	65	82	83	86	80	78	81	**90**
D_p	**Přirozený útlum [dB]**										
	Oblouk 2 [ks]	0	0	0	2	4	6	6	6	6	
	Rovné potrubí 5 [m]	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
	Odbočka [ks]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Útlum koncovým odrazem (neuvažujeme)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum tlumič hluku [1 m]	0	7	12	22	40	68	61	50	29	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve výstce [dB]	0	43	48	53	34	7	8	17	41	**54**
L_{vy}	Hladina akustického výkonu výstky [dB]										44
K	Korekce na počet výstek [-]						počet výstek [ks]			1	0
L_s	Hladina akustického výkonu všech výstek [dB]										55
Q	Směrový činitel [-]										1
r	Vzdálenost od výstky k posluchači [m]										3
A	Pohltivá plocha místnosti plocha všech povrchů místnosti [m^2]						890	pohltivost [-]		0,1	89
L_{so}	**Hladina akustického tlaku v místě posluchače [dB]**										**42**
$L_{p,A}$	**Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti [dB]**										**50**

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI - ODVOD	HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A VÝKONU A ÚTLUMY V OKTÁVOVÝCH PÁSMECH									
	frekvence [Hz]	**32**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	součtová hladina
L_{vv}	**Hluk ventilátoru [dB]**										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	49	63	77	75	74	72	70	78	**83**
L_{vv}	Součet	0	49	63	77	75	74	72	70	78	**83**
D_p	**Přirozený útlum [dB]**										
	Oblouk 3 [ks]	0	0	0	3	6	9	9	9	9	
	Rovné potrubí 5 [m]	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
	Odbočka [ks]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Útlum koncovým odrazem (neuvažujeme)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum tlumič hluku [1 m]	0	7	12	22	40	68	61	50	29	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce [dB]	0	37	46	47	24	0	0	6	35	**49**
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky [dB]										42
K	Korekce na počet vyústek [-]						počet vyústek [ks]			1	0
L_s	Hladina akustického výkonu všech vyústek [dB]										50
Q	Směrový činitel [-]										2
r	Vzdálenost od vyústky k posluchači [m]										3
A	Pohltivá plocha místnosti plocha všech povrchů místnosti [m^2]						890	pohltivost [-]		0,1	89
L_{so}	**Hladina akustického tlaku v místě posluchače [dB]**										**38**
$L_{p,A}$	**Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti [dB]**										**50**

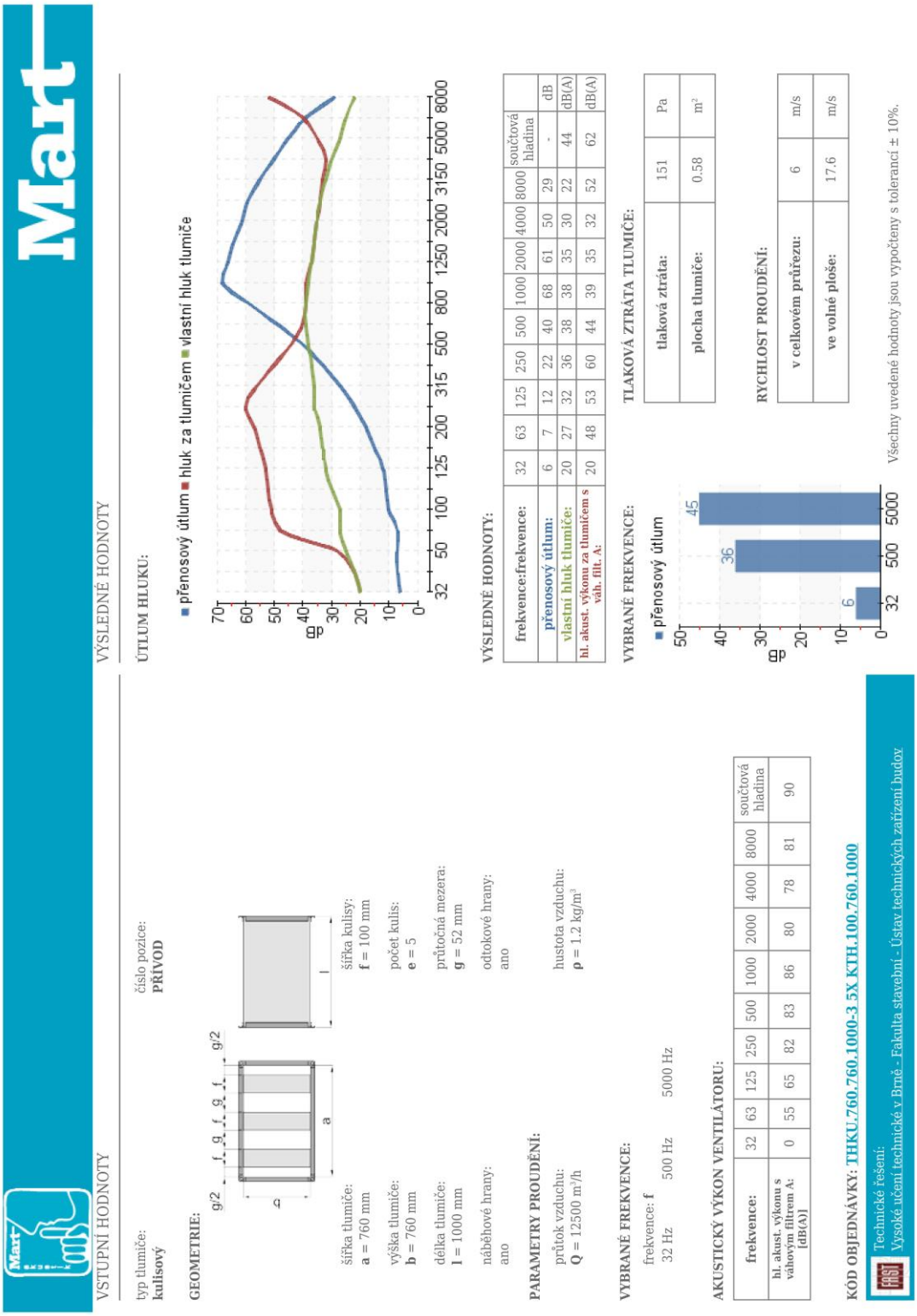
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO EXTERIÉRU - PŘÍVOD	HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A VÝKONU A ÚTLUMY V OKTÁVOVÝCH PÁSMECH									
	frekvence [Hz]	**32**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	součtová hladina
L_{vv}	**Hluk ventilátoru [dB]**										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	48	50	64	58	59	53	53	51	**67**
L_{vv}	Součet	0	48	50	64	58	59	53	53	51	**67**
D_p	**Přirozený útlum [dB]**										
	Oblouk - neuvažován [ks]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rovné potrubí 5 [m]	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
	Odbočka - neuvažován [ks]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum koncovým odrazem - neuvažován	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum tlumič hluku [0,5 m]	0	4	7	14	24	39	36	30	19	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce [dB]	0	44	42	50	34	20	17	23	32	**50**
Q	Směrový činitel [-]										1
r	Vzdálenost od vyústky k posluchači [m]										7
L_{so}	**Hladina akustického tlaku v místě posluchače [dB]**										**22**
$L_{p,A}$	**Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti [dB]**										**50 / 40**

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO EXTERIÉRU - ODVOD	HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A VÝKONU A ÚTLUMY V OKTÁVOVÝCH PÁSMECH									
	frekvence [Hz]	**32**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	součtová hladina
L_{vv}	**Hluk ventilátoru [dB]**										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	48	50	64	58	59	53	53	51	**67**
L_{vv}	Součet	0	48	50	64	58	59	53	53	51	**67**
D_p	**Přirozený útlum [dB]**										
	Oblouk - neuvažován [ks]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rovné potrubí 5 [m]	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
	Odbočka - neuvažován [ks]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum koncovým odrazem - neuvažován	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Útlum tlumič hluku [0,5 m]	0	4	7	14	24	39	36	30	19	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce [dB]	0	44	42	50	34	20	17	23	32	**50**
Q	Směrový činitel [-]										1
r	Vzdálenost od vyústky k posluchači [m]										7
L_{so}	**Hladina akustického tlaku v místě posluchače [dB]**										**22**
$L_{p,A}$	**Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti [dB]**										**50 / 40**

2.7.2 Návrh tlumičů hluku

Navržené tlumiče hluku:

a) Přívod - INTERIÉR



VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče: **kulisový**

číslo pozice: **PŘÍVOD**

GEOMETRIE:

šířka tlumiče: **a = 760 mm**

výška tlumiče: **b = 760 mm**

délka tlumiče: **l = 1000 mm**

náběhové hrany: ano

šířka kulisy: **f = 100 mm**

počet kulis: **e = 5**

průtočná mezera: **g = 52 mm**

odtokové hrany: ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu: **Q = 12500 m³/h**

hustota vzduchu: **ρ = 1.2 kg/m³**

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: **f**

32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	55	65	82	83	86	80	78	81	90

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.760.760.1000-3 5X KTH.100.760.1000

Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HLUKU:

VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	6	7	12	22	40	68	61	50	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	20	27	32	36	38	38	35	30	22	44	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	20	48	53	60	44	39	35	32	52	62	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:

TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	151	Pa
plocha tlumiče:	0.58	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	6	m/s
ve volné ploše:	17.6	m/s

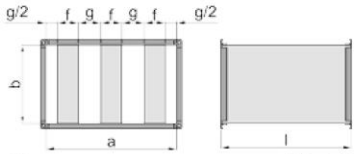
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
ODVOD

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 760 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 760 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 1000 mm

průtočná mezera:
g = 52 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 12500 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

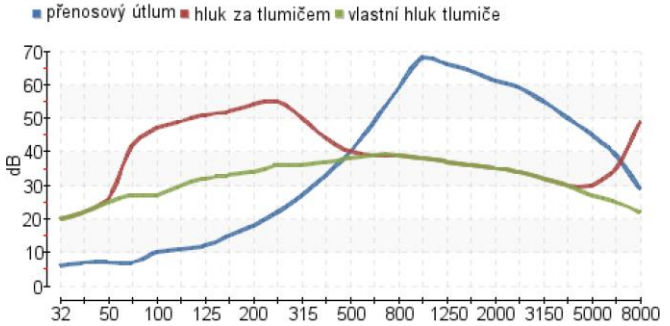
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	49	63	77	75	74	72	70	78	83

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.760.760.1000-3 5X KTH.100.760.1000

Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

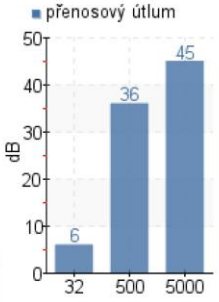
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	6	7	12	22	40	68	61	50	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	20	27	32	36	38	38	35	30	22	44	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	20	42	51	55	40	38	35	30	49	58	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	151	Pa
plocha tlumiče:	0.58	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	6	m/s
ve volné ploše:	17.6	m/s

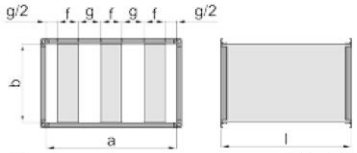
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
PŘÍVOD - EX

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 760 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 760 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 500 mm

průtočná mezera:
g = 52 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 12500 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

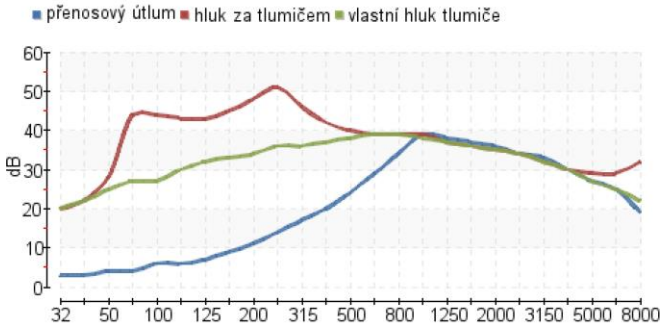
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	48	50	64	58	59	53	53	51	67

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.760.760.500-3 5X KTH.100.760.500

Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

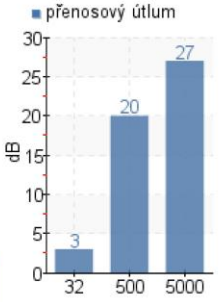
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	3	4	7	14	24	39	36	30	19	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	20	27	32	36	38	38	35	30	22	44	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	20	44	43	51	40	39	35	30	32	53	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	107	Pa
plocha tlumiče:	0.58	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	6	m/s
ve volné ploše:	17.6	m/s

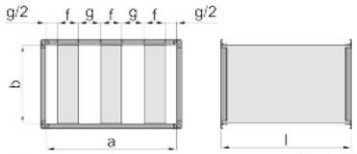
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
ODVOD - EX

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 760 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 760 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 500 mm

průtočná mezera:
g = 52 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 12500 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

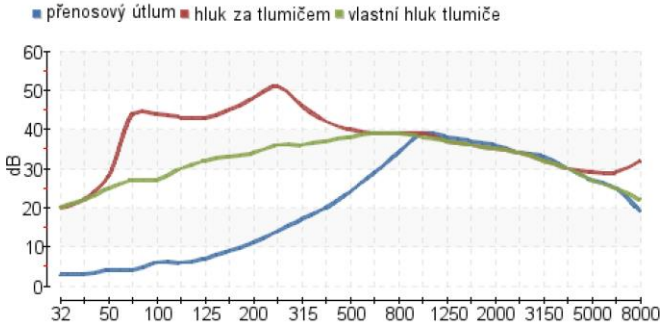
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	48	50	64	58	59	53	53	51	67

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.760.760.500-3 5X KTH.100.760.500

Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

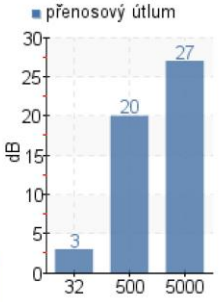
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	3	4	7	14	24	39	36	30	19	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	20	27	32	36	38	38	35	30	22	44	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	20	44	43	51	40	39	35	30	32	53	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	107	Pa
plocha tlumiče:	0.58	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

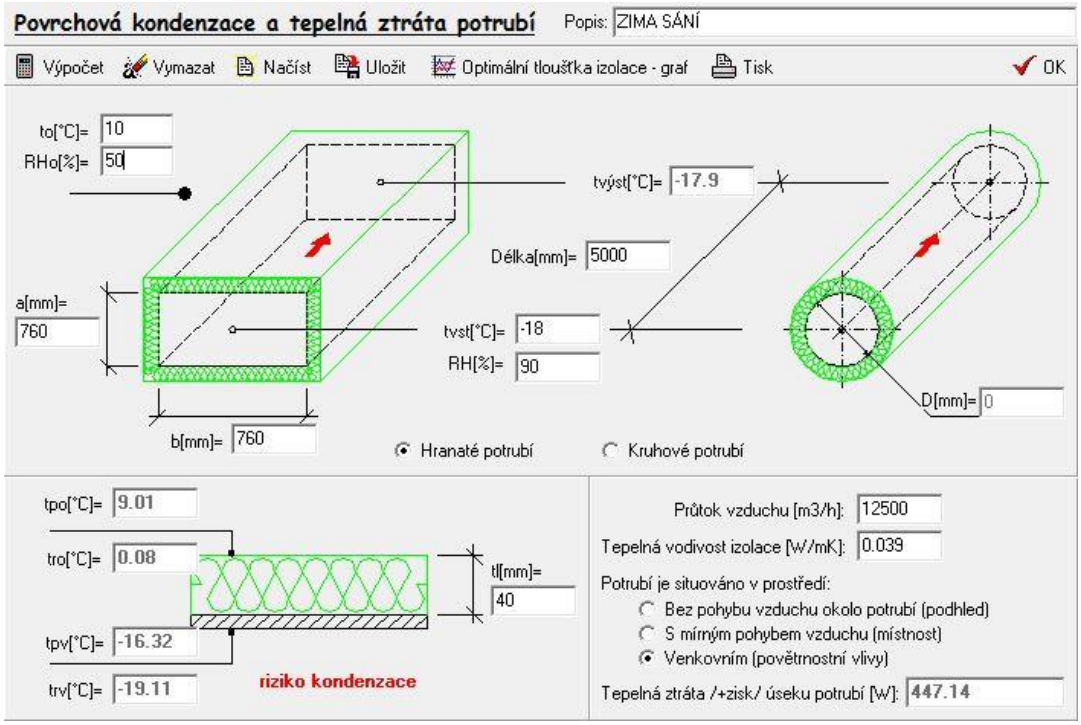
v celkovém průřezu:	6	m/s
ve volné ploše:	17.6	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

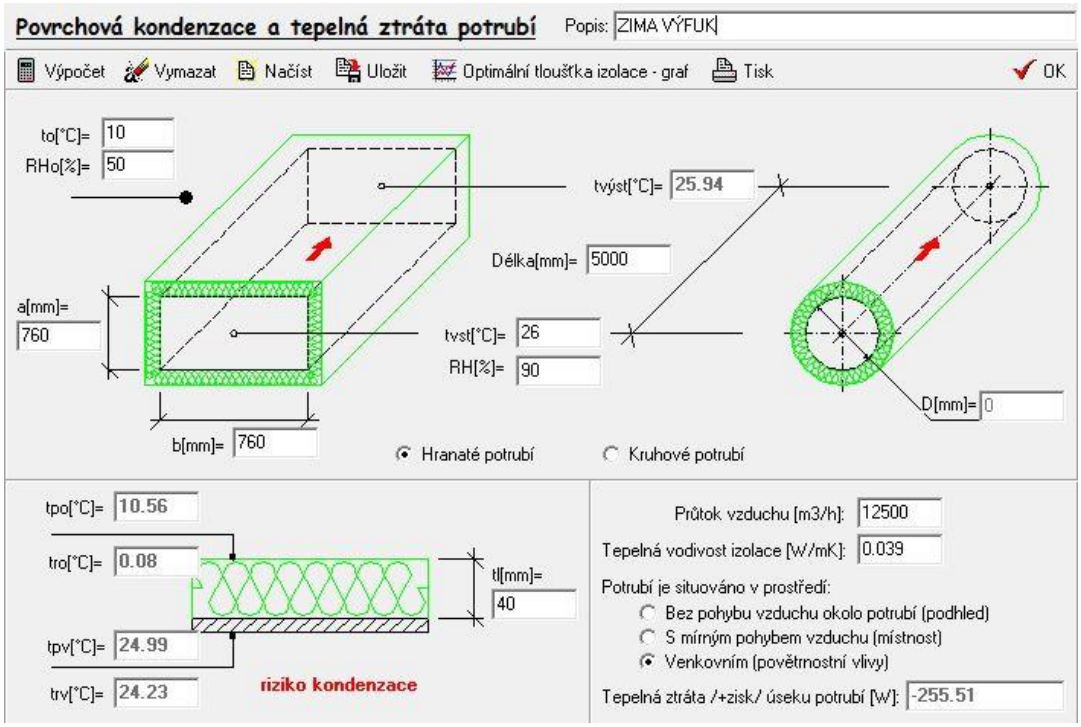
2.8 Izolace potrubí

2.8.1 Výpočet kondenzace

- POSOUZENÍ A NÁVRH PRO SÁNÍ V ZIMĚ



- POSOUZENÍ A NÁVRH PRO VÝFUK V ZIMĚ



2.8.2 Návrh tepelné izolace

Orstech 65
(TECH Slab MT 3.1)
Deska

Kód specifikace: MW – EN 14303 – T4 – ST(+)600 – WS1 – CL10

CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Deska Orstech 65 je vyrobena z kamenné vlny. AS kvalita dle AGI Q 132, ČSN EN 13468 a ASTM C 795 – možnost použití na nerezových površích. Hydrofobizace dle ČSN EN 1609.

POUŽITÍ

Deska Orstech 65 má univerzální použití, výjimkou je instalace v místech s mimořádným mechanickým namáháním. Deska je vhodná zejména pro izolace potrubí vzduchotechniky a jiných technologických zařízení. Deska Orstech 65 H je součástí certifikovaného protipožárního systému ORSTECH Protect (EI 60 S dle ČSN EN 1366-1), detaily jsou k dispozici v systémovém technickém listu. Deska může být vyrobena s povrchovou úpravou polepem hliníkovou fólií (ozn. Orstech 65 H) nebo netkanou textilií (ozn. Orstech 65 NT). V konstrukci je potřeba je chránit vhodným způsobem před vlhkem a případným mechanickým poškozením. Pro venkovní použití je nutná ochrana opláštění plechem. Při kombinaci zatížení vysoké teploty a vibrací, výrobce doporučuje místo desky použít rohož na pletivu Orstech DP.

Nejvyšší provozní teplota ve smyslu normy ČSN EN 14706 je 600 °C. U desky s polepem musí být tloušťka izolace volena tak, aby na straně polepu teplota nepřesáhla 100 °C. V části izolace, která je vystavená teplotám vyšším než 150 °C dochází jednorázově k uvolňování pojiva. V oblastech s nižší teplotou k tomuto jevu nedochází. Zatřídění izolačního materiálu: Izolace provozních zařízení podle AGI Q 132: 10.08.01.60.07.

BALENÍ, TRANSPORT, SKLADOVÁNÍ

Výrobky Orstech 65 jsou baleny do PE fólie a musí být dopravovány v krytých dopravních prostředcích za podmínek vylučujících jejich navlhnutí nebo jiné znehodnocení. Skladují se v krytých prostorách naležato.

PŘEDNOSTI

- velmi dobré tepelně izolační vlastnosti (nízká tepelná vodivost)
- požární ochrana – nehořlavý materiál
- vysoká teplotní odolnost (možnost použití až do nejvyšší provozní teploty 600 °C)
- velmi dobrá pohltivost zvuku (vysoký činitel pohltivosti)
- ekologická a hygienická nezávadnost
- vodoodpudivost – izolační materiály Isover jsou hydrofobizované
- dlouhá životnost
- odolnost proti dřevokazným škůdcům, hlodavcům a hmyzu
- vynikající zpracovatelnost – výrobek lze snadno řezat ostrým nožem
- AS kvalita – vhodné pro izolaci nerezových povrchů

SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

- Osvědčení o stálosti vlastností 1390-CPR-0313/11/P
- Prohlášení o vlastnostech CZ0002-009 (www.isover.cz/DOP)
- Certifikát kvality dle VDI 2055 - pravidelné dozorování zkušebnou FIW Mnichov

ROZMĚRY

Označení	Tloušťka (mm)	Rozměry (mm)	Balení (m²)	Balíků na paletě	m² na paletě
Orstech 65	40	1000 x 500	6,0	10	60
Orstech 65	50	1000 x 500	5,0	10	50
Orstech 65	60	1000 x 500	4,0	10	40
Orstech 65	80	1000 x 500	3,0	10	30
Orstech 65	100	1000 x 500	2,5	10	25

Doplňkové označení povrchové úpravy: NT – polep sklovláknitou netkanou textilií, H – polep armovanou hliníkovou fólií. Tolerance tloušťky dle ČSN EN 823: -3 mm a +5 mm. Desky Orstech 65 lze po konzultaci dodat i v jiných tloušťkách nebo rozměrech.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Parametr			Jednotka	Hodnota						Norma				
TEPELNÉ VLASTNOSTI														
Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D dle ČSN EN ISO 13787			°C	10	40	50	100	150	200	250	300	400	500	600
			W·m⁻¹·K⁻¹	0,035	0,039	0,041	0,048	0,058	0,068	0,081	0,097	0,134	0,183	0,248
Měřená hodnota souč. tepelné vodivosti podle ČSN EN 12667			W·m⁻¹·K⁻¹	0,034	0,038	0,039	0,046	0,054	0,063	0,075	0,089	0,123	0,166	0,220
Nejvyšší provozní teplota / na straně polepu			°C	600 / max. 100						ČSN EN 14706				
Měrná tepelná kapacita c_p			J·kg⁻¹·K⁻¹	800						-				
FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI														
Objemová hmotnost			kg·m⁻³	65						ČSN EN 1602, ČSN EN 13470				
Krátkodobá nasákavost W_p			kg·m⁻²	<< 1						ČSN EN 1609				
Faktor difuzního odporu minerální vlny bez polepu μ			-	1,3						ČSN EN 12086				
Ekvivalentní difuzní tloušťka hliníkové fólie s_d			m	> 100						ČSN EN 12086				
Odpor proti proudění vzduchu Ξ			kPa.s.m⁻²	23						ČSN EN 29053				
PROTIPOŽÁRNÍ VLASTNOSTI														
Orstech 65 a Orstech65NT: Reakce na oheň			-	A1						ČSN EN 13501-1				
Orstech 65H: Reakce na oheň – doplňková klasifikace na tvorbu kouře, plamenně hořící částice			-	A2-s1, d0						ČSN EN 13501-1				
Bod tání t_t			°C	≥ 1000						DIN 4102 díl 17				
AKUSTICKÉ VLASTNOSTI														
Praktický činitel zvukové pohltivosti α_p dle ČSN EN ISO 354 a ČSN EN ISO 11654	Frekvence		Hz	125	250	500	1000	2000	4000					
	Tloušťka	40	mm	0,10	0,45	0,90	1,00	1,00	0,95					
		60	mm	0,25	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00					
		80	mm	0,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
		100	mm	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
Stanovení jednočíselné veličiny podle ČSN EN ISO 11654	Jednočíselné hodnoty		-	α_w		α_{ref}		NRC						
	Tloušťka	40	mm	0,75 (MH)		0,84		0,85						
		60	mm	1,00		0,96		0,95						
		80	mm	1,00		1,01		1,00						
		100	mm	1,00		1,03		1,05						
ZATŘÍDĚNÍ DLE AGI Q 132														
Zatřídění izolačního materiálu			-	10.08.01.60.07						AGI Q 132				

Součinitel tepelné vodivosti pro 0 °C: λ_0 = 0,033 W.m⁻¹.K⁻¹. Hodnota slouží pouze pro porovnání produktů podle vyhlášky 193/2007 Sb. – dle § 5, odst. 8 (pro tepelné izolace rozvodů) a § 8, odst. 1 a 2 (pro tepelné izolace zásobníků teplé vody a expanzních nádob). Uvedená tepelná vodivost neslouží k návrhu, protože desky z minerální vlny nejsou vhodné na chladicí rozvody, ani na zásobníky chladu.

16. 3. 2016 Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje měnit.

Divize **Isover**
Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.
Počernická 272/96, 108 03 Praha 10
e-mail: info@isover.cz, www.isover.cz

ISOVER SAINT-GOBAIN
Nejširší nabídka tepelných, zvukových a protipožárních izolací

- Navržena izolace Isover ORSTECH 65 v tloušťce 40 mm.

3 PROJEKT

3.1 Technická zpráva

1. Úvod

Předmětem řešení projektu vzduchotechniky je zajištění klimatizace bazénové haly letních lázní v Karlově Studánce, tak aby byli zajištěny předepsané hodnoty hygienických výměn vzduchu, odvedeny tepelné zisky a ztráty a odvedeny tepelné zisky vzniklé z odparu vodní hladiny.

1. 1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byly výkresy vytvořené při rekonstrukci budovy, dále bylo provedené zaměření přímo na místě a z toho byly následně vytvořeny půdorysy a řezy v elektronické podobě. V budově byly také nainstalovány měřiče teploty a vlhkosti vzduchu, ke kterým byl po dobu zpracování projektu přístup (online měření).

Součástí podkladů jsou příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, české technické normy a podklady výrobců všech komponentů co se v projektu navrhují.

- NV č.272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 20/201 Sb., kterou se mění vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- ČSN 12 7010 Navrhování vzduchotechnických a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu
- NV č.238/2011 sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN EN ISO 13790 – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

A další zákonná ustanovení pro jednotlivé celky projektu.

1. 2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Obec:	Karlova Studánka			
Souřadnice:	50°4’23” s. š., 17°18’25” v. d.			
Nadmořská výška:	775 m n. m.			
Normální tlak vzduchu:	99,9 Kpa			
Výpočtové teploty vzduchu:	**zima:**	t_e=	-18v	°C
		t_{es}=	3,3	°C
	léto:	t_e=	34	°C
		h_e=	74,6	kJ/kg

1. 3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

VZT zařízení zajišťující hygienickou výměnu vzduchu, odvodu vlhkosti z místnosti, pokrytí tepelných ztrát a zisků. Optimální rychlost proudění v pobytové zóně je 0,2 m/s. Dále musí být řeše hluk VZT zařízení, který nesmí překročit hygienické limity pro daný typ provozu. Zařízení je proto ošetřeno tlumiči hluku.

	zima		**léto**				
název	**vnitřní teplota t_i [°C]**	**relativní vlhkost φ [%]**	**vnitřní teplota t_i [°C]**	**relativní vlhkost φ [%]**		**intenzita výměny n [h^{-1}]**	**hladina akustického tlaku [dB/A]**
BAZÉNOVÁ HALA	33	max 65	33	max 65		min. 2 x	50

2. Základní koncepční řešení, zaregulování systému

Klimatizační zařízení je navrženo pouze pro provoz bazénové haly. V bazénové hale se nachází bazén o vodní ploše 102 m^2. Bazénová hala tvoří jeden funkční celek. Nad vodní plochou se nachází odkrytá střešní konstrukce, pohledový krov. Vzduchotechnické rozvody nebudou schovány do podhledů, ale budou vedeny v prostoru krovu. Přívodní potrubí bude rozděleno na 2 větve tažené po délce haly a přichyceno zespod dřevěných vazníků. Průtok v přívodních větvích bude rozdělen na polovinu (každá 6250 m^3/hod). Odvodní potrubí bude rozděleno do 3 odtahů. Jeden odtah bude tažen po délce haly ve špičce krovu, využije se výřezů, které mají dřevěné vazníky. Tento odtah bude odvádět ½ celkového průtoku (6250 m^3/hod). Zbylá polovina průtoku bude rozdělena do dvou mřížek instalovaných ve stěně. Každá mřížka bude odvádět ¼ celkového průtoku (3125 m^3/hod). Celkový průtok (maximální z vypočtených 12500 m^3/hod) byl navržen na

pokrytí tepelné zátěže bazénové haly. Byla navržena speciální bazénová jednotka firmy REMAK AEROMASTER XP 22, navržená na maximální průtok a na odvlhčení prostoru haly. Systém klimatizace je navržen jako rovnotlaký.

Princip zaregulování systému:

1) Regulační klapka umístěná na každé odbočce k distribučním prvkům

Jedná se o náročný prostor na zaregulování vzduchových a s tím spojených akustických parametrů. Proto je nutno vyhradit na regulaci dostatečný čas. Pokus o zaregulování se děje metodou iterace (pokus / omyl).

2. 1 Stavební větrání

Stavební větrání bude zabezpečovat nucenou výměnu vzduchu v provozně-technických místnostech a v místnostech hygienického vybavení v souladu s příslušnými hygienickými, zdravotnickými, bezpečnostními, protipožárními předpisy a normami platnými na území České republiky.

2. 2 Hygienické větrání

Hygienické větrání bude navrženo v úrovni nejméně hygienického minima ve smyslu obecně závazných předpisů. Minimální výměna vzduchu v řešeném prostoru musí být 2 x obejmu místnosti za hodinu.

2. 3 Klimatizace bazénové haly

Klimatizace bude tvořit jeden funkční celek. Zařízení bude pracovat se 100 % čerstvého vzduchu – ZZT bude řešeno pomocí deskových výměníků. V tomto funkčním celku bude klimatizace zajišťovat:

Přívod čerstvého, upravovaného vzduchu v letním období t_i = 26 °C a v zimním období t_i = 36 °C, t_{max} = 45 °C, udržování relativní vlhkosti na maximální hranici 65 %

Vzduchový výkon zařízení je navržen tak aby pracovní rozdíl teplot (přívodní vzduch a výpočtová teplota místnosti byl max. 6 až 8 K.

Přípustná hodnota hladiny hluku v interiéru pro obsluhovaný prostor je navržena:

- Vnitřní prostor (obecně) - 50 dB
- Hladina akustického tlaku v exteriéru - 50 dB (den) / 40 dB (noc)

Noční doba je mezi 22:00 a 6:00. V této době bude VZT zařízení provozované v útlumovém režimu, snížení vzduchového výkonu je předpokládáno na cca 25 % z plného denního chodu.

2. 4 Energetické zdroje

Je uvažována elektrická energie pro pohon ventilátorů ve VZT zařízení a pro pohon kompresorů chladícího okruhu. Rozvody topné a studené vody zajistí profese ÚT a chlazení.

3. Popis technického řešení

Zařízení č. 1 – bazénová klimatizační jednotka

Prostor bazénové haly je klimatizován bazénovou jednotkou REMAK AeroMaster XP 22 Pool určená pro vnitřní instalaci. Jednotka umožňuje směšováni, cirkulaci vzduchu a rekuperaci vzduchu. Tepelné zisky místnosti jsou 28,9 kW => 12500 m^3/hod. Přívod vzduchu je zajištěn textilními vyústkami od firmy Příhoda. Odvod je zajištěn jednou textilní výústkou od firmy Příhoda a dvě mřížky ve stěně. Rozvody v prostoru jsou tedy řešené pomocí textilních výústek a rozvody ve VZT strojovně jsou řešeny z pozinkovaného plechového potrubí. Napojení tkaninového potrubí na plechové bude provedeno podle technických podkladů firmy Příhoda. Kruhové potrubí bude napojeno na spiro potrubí Ø 630 mm a hranaté potrubí bude napojeno na hranaté potrubí o rozměrech 630 x 525 mm.

4. Nároky na energie

K zajištění chodu větrací jednotky je třeba zajistit zdroje energií pro chod ventilátorů, napájení ohřívače a regulátoru.

5. Měření a regulace

Navržený systém VZT bude řízen a regulován samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavku
- proti mrazová ochrana deskového výměníku nastavováním klapky se servopohonem (s)
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí snímače tlaku
- plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace

6. Nároky na související profese

6. 1 Stavební úpravy

- Otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení stavební sutě
- Obložení a dotěsnění prostupů VZT těsnícími hmotami v rámci zapravení
- Dotěsnění a oplechování prostupů střešní konstrukcí
- Stavební výpomocné práce

6. 2 Silnoproud

- silové napojení a spouštění zařízení dle tabulky výkonů
- silové napojení rozvaděčů MaR

- tepelná ochrana napájených zařízení dle tabulek výkonů
- napojení deblokačních (servisních) vypínačů na centrálních VZT jednotkách
- uzavíraní PK pomocí servopohonu 230V
- opatření el. zařízení výstražnými štítky dle ČSN ISO 3864
- elektrická zařízení budou připojena dle ČSN 332180, 332190, 332000-1, 332000-4-46, 332000-5-537

6. 3 Chlazení, vytápění

- připojení chladiče VZT jednotky na chladnou vodu (včetně příslušných směšovacích a rozdělovacích okruhů)
- zřízení rozvodů vody

6. 4 Zdravotechnika

- odvod kondenzátu od chladiče, výměníku ZZT, včetně svodu od sifonů do vnitřní kanalizace (sifon dodávka VZT)

7. Protihluková a proti otřesová opatření

Ve strojovně VZT i v ostatních prostorech nedotčených stavebními úpravami budou zachována stávající protihluková a proti otřesová opatření. Do rozvodných tras potrubí budou vloženy tlumiče hluku, které zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných místností. Tyto tlumiče budou osazeny jak v přívodních, tak odvodních trasách všech vzduchovodů. Vzduchovody budou protihlukově izolovány od zdroje hluku za jednotlivé tlumiče jak na sání, tak na výtlaku. Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) budou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi – stavitelné nohy budou podloženy rýhovanou gumou. Veškeré vzduchovody budou napojeny na ventilátory přes tlumicí vložky. Potrubí bude na závěsech podloženo tlumicí gumou. Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací – dodávka stavby.

8. Izolace a nátěry

Jsou navrženy tvrzené izolace tepelné. Ve výkresové části PD jsou uvažované izolace zobrazeny na výkresech. Tepelná izolace tl. 40 mm bude zároveň plnit funkci hlukové.

9. Protipožární opatření

Do nových vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky, zabraňující v případě požáru v některém požárním úseku jeho šíření do dalších úseků nebo na celý objekt. V případech, kdy nebude protipožární klapku možno osadit do požárně dělící konstrukce, bude potrubí mezi touto konstrukcí a protipožární klapkou opatřeno izolací s požadovanou dobou odolnosti. Osazené požární klapky budou v provedení se servopohonem 230 V a se signalizací polohy. Všechny otvory po osazení PK budou požárně dotěsněny. Ke klapkám budou zajištěny přístupy pro následné revize – nutná koordinace se stavební profesí v průběhu realizace výstavby.

10. Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- Rozvody budou provedeny přednostně kvůli návaznosti na další profese
- Montáž všech vzduchotechnických částí bude vždy provedeno montážní firmou
- Navržený vzduchotechnický systém je nutno pravidelně čistit a kontrolovat jeho stav
- Každá kontrola bude zapsána (četnost kontrol stanoví dodavatel systému)
- Po instalaci vzduchotechnického systému bude provedeno zaregulování systému kompetentní (certifikovanou) osobou
- Majitel či provozovatel objektu bude řádně seznámen s provozem a povinnostmi pro údržbu systému a následně zodpovídá za bezpečné provozování

11. Závěr

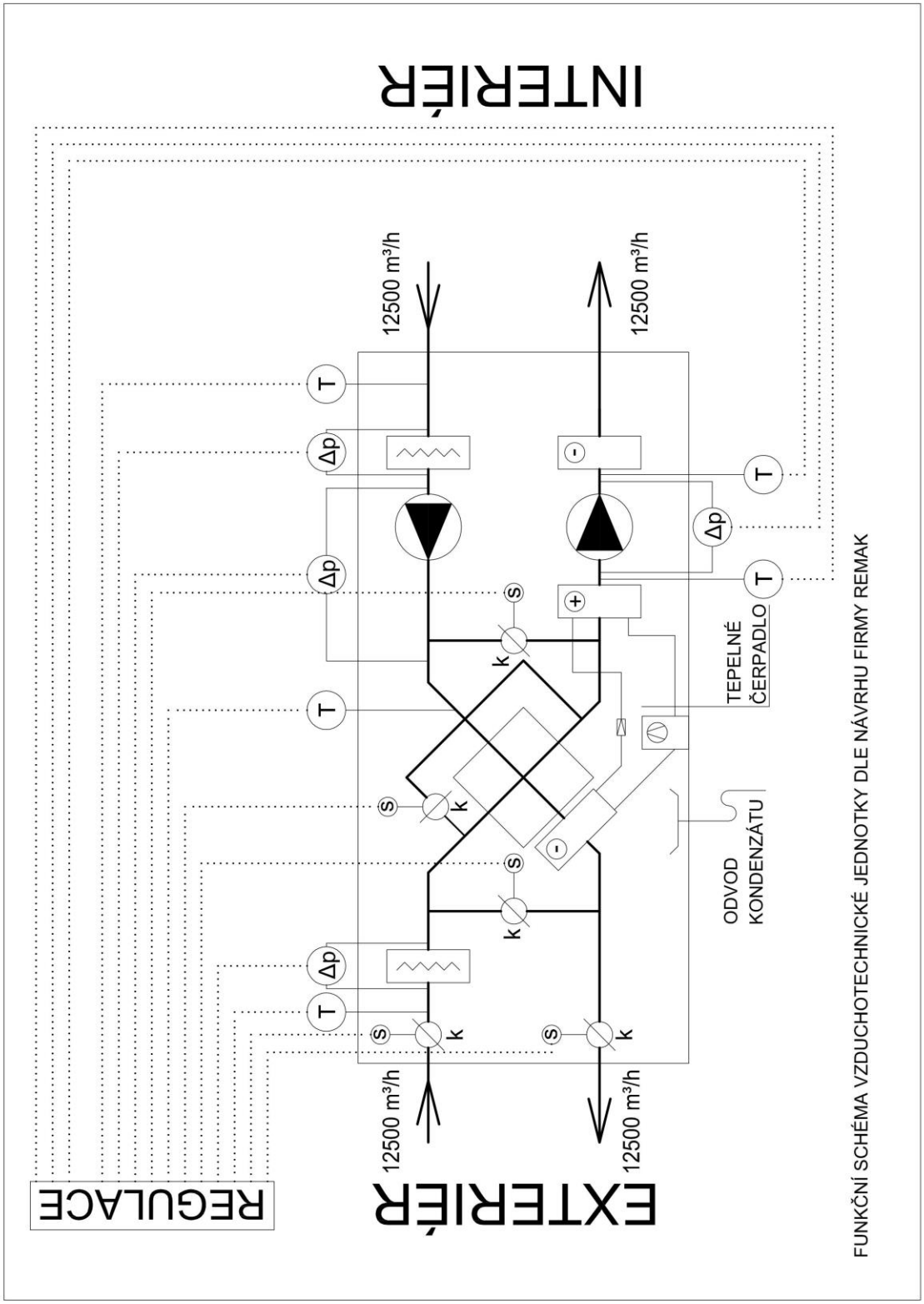
Celý systém vzduchotechniky je navržen tak, aby zajistil jeho budoucím uživatelům maximální míru komfortu, hospodárnost, efektivnost a ochranu stavebních konstrukcí s ním spojené.

12. Položková specifikace

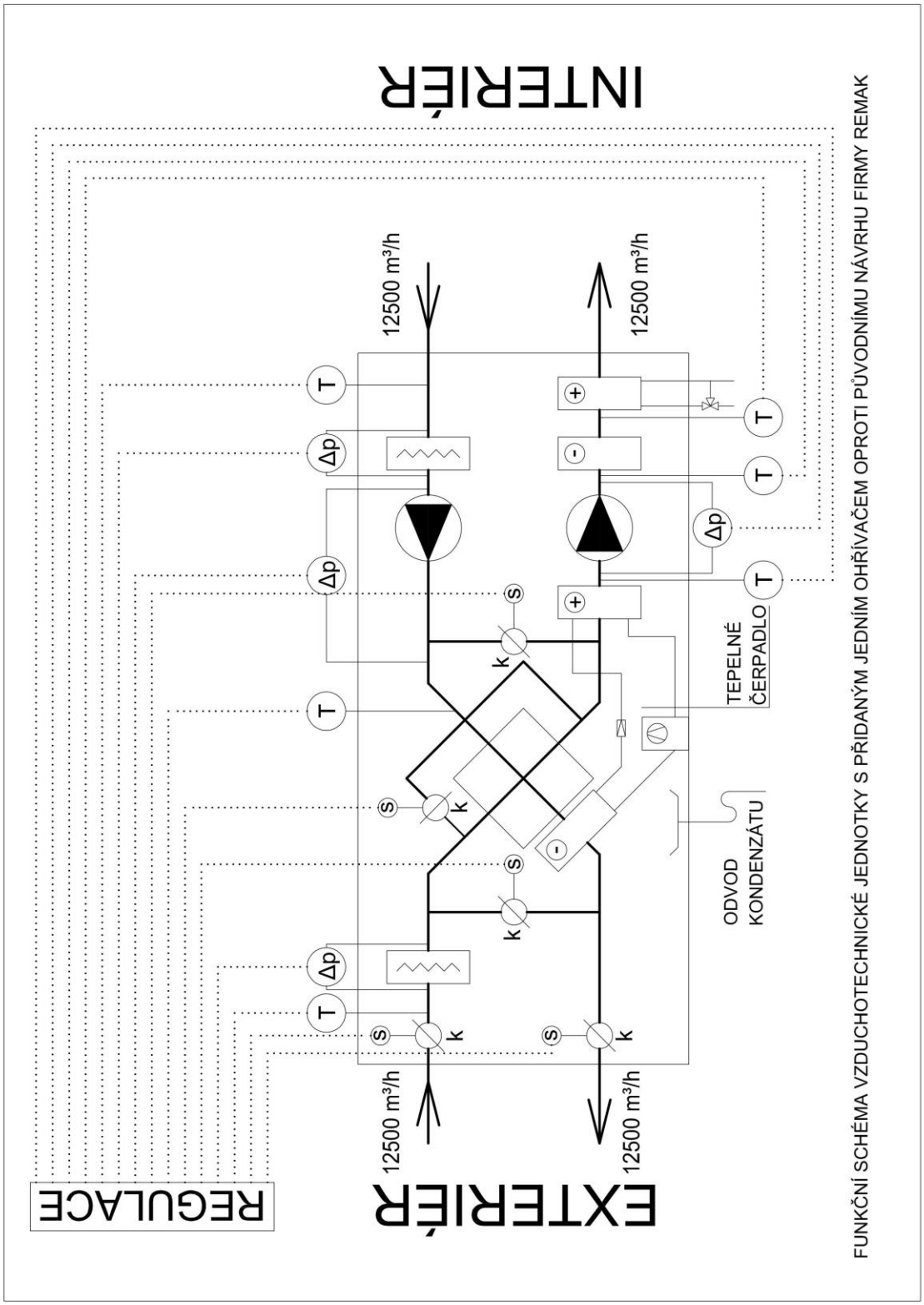
FUNKČNÍ CELEK - BAZÉNOVÁ HALA			
OZN.	**POLOŽKA**	**MĚRNÁ JEDNOTKA**	**MNOŽSTVÍ**
1.1	**HLAVNÍ VTZ PRVKY**		
1.1.1	CENTRÁLNÍ VZT JEDNOTKA REMAK AEROMASTER XP 22 POOL V PROVEDENÍ NAD SEBOU S VÝMĚNÍKEM ZZT S BAPYASSEM, DVĚMA VENTILÁTORY, PŘÍMÍM VÝPARNÍKEM, VODNÍM CHLADIČEM, SMĚŠOVACÍ KOMOROU. RÁM S NOHAMI, JEDNOTKA VYBAVENA PRVKY MaR	ks	1
1.2	**TLUMIČE HLUKU**		
1.2.1	KULISOVÝ TLUMIČ THKU.760.760.1000-3 5 X KTH.100.760.1000	ks	2
1.2.2	KULISOVÝ TLUMIČ THKU.760.760.500-3 5 X KTH.100.760.500	ks	2
1.3	**DISTRIBUČNÍ PRVKY**		
1.3.1	TKANINOVÁ VÝÚSTKA PŘÍHODA Ø 630 mm, l = 16200 mm	ks	2
1.3.2	TKANINOVÁ VÝÚSTKA PŘÍHODA 630 X 550 mm, l = 16200 mm	ks	1
1.3.3	STĚNOVÁ VÝÚSTKA RAG45 625 X 525 mm	ks	2
1.4	**POTRUBÍ**		
1.4.1	KRUHOVÉ SPIRO POTRUBÍ Ø 630 / 0 % TVAR. DÍLŮ	bm	2
1.4.2	HRANATÉ POZINKOVANÉ POTRUBÍ 760 X 760 mm / 50 % TVAR. DÍLŮ	bm	18
1.4.3	HRANATÉ POZINKOVANÉ POTRUBÍ 630 X 550 mm / 30 % TVAR. DÍLŮ	bm	10
1.4.4	HRANATÉ POZINKOVANÉ POTRUBÍ 540 X 540 mm / 30 % TVAR. DÍLŮ	bm	11
1.4.5	HRANATÉ POZINKOVANÉ POTRUBÍ 400 X 400 mm / 30 % TVAR. DÍLŮ	bm	4
1.5	**KLAPKY**		
1.5.1	POŽÁRNÍ KLAPKA MANDÍK PKTM 90 Ø 630 mm	ks	2
1.5.2	POŽÁRNÍ KLAPKA MANDÍK PKTM 90 400 X 400 mm	ks	2
1.5.3	POŽÁRNÍ KLAPKA MANDÍK PKTM 90 760 X 760 mm	ks	2
1.5.4	POŽÁRNÍ KLAPKA MANDÍK PKTM 90 630 X 525 mm	ks	1
1.5.5	REGULAČNÍ KLAPKA MANDÍK RKTM 400 X 400 mm	ks	2
1.5.6	REGULAČNÍ KLAPKA MANDÍK RKTM 630 X 550 mm	ks	1
1.5.7	REGULAČNÍ KLAPKA MANDÍK RKTM Ø 630 mm	ks	2
1.6	**OSTATNÍ**		
1.6.1	VÝFUKOVÉ KOLENO	ks	2
1.6.2	TEPELNÁ IZOLACE S POLEPEM HLINÍKOVOU FÓLIÍ - TL. 40 mm	m^2	40

3.2 Funkční schéma zapojení

a) Schéma č.1) dle návrhu firmy REMAK



b) Schéma č.2 – jednotka s přidaným ohřívačem vzduchu



4 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

4.1 Měření vlhkosti vzduchu v koupelně v závislosti na teplotě vody ve vaně

4.1.1 Úvod k měření

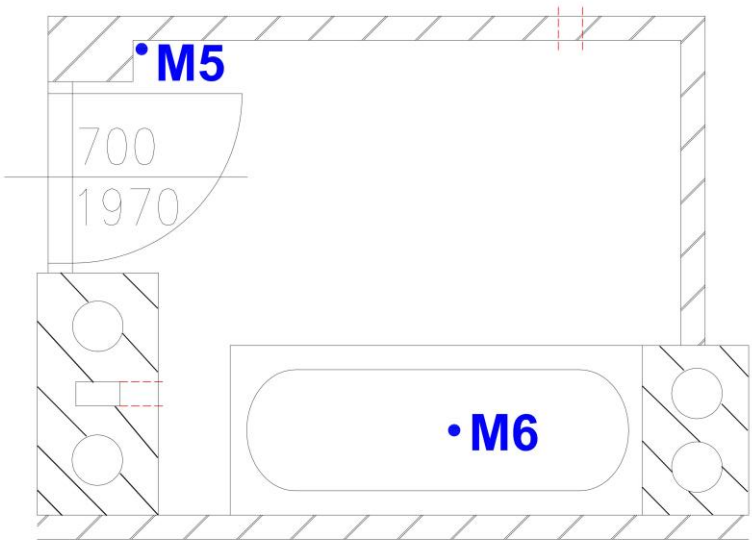
V této části své bakalářské práce jsem zpracoval provedené měření realizované ve staré koupelně rodinného domu – náhradní model „domácích lázní“. Cílem bylo naměřit vlhkosti v koupelně za běžného používání, měření vlhkosti vzduchu při různých teplotách vody ve vaně a popsat závislost mezi teplotou vody, vlhkosti vzduchu a velikosti prostoru. Výsledky měření pak zpracovat do formy dat, grafů a vybrané úseky vynést do h–x diagramu. Přínosem tohoto experimentálního měření je vyzkoušení si, jak probíhá měření v „terénu“ s vytvořením vlastních výstupů.

4.1.2 Měřený objekt

Měření probíhalo ve staré koupelně rodinného domu. Koupelna nemá nucené větrání, je pouze přirozeně větraná. Koupelna se nachází uprostřed dispozice bytu, kde k ní nepřiléhá žádné okno k exteriéru. Větrání probíhá pouze pomocí mřížky ve stěně do kuchyně, větracím průduchem zabudovaným v komínovém tělesu a dveřmi do sousedící chodby.

Údaje o místnosti:

- Plocha místnosti $S = 4{,}41\ m^2$
- Světlá výška místnosti $SV = 2{,}52\ m$
- Objem místnosti $V_m = 11{,}11\ m^3$
- Plocha vodní hladiny $S_w = 0{,}73\ m^2$



Obrázek 12 Schéma koupelna s polohou čidel

4.1.3 Měřící technika

Měření vlhkosti a teploty interiéru bylo provedeno pomocí dvou dataloggerů Comet S3120.

Základní specifikace přístroje:

- Měření teploty, vlhkosti a rosného bodu vzduchu v interiéru
- Rozsah měření teploty -30 °C až 70 °C
- Přesnost měření teploty ± 0,4 °C
- Přesnost měření vlhkosti ± 2,5 %
- Interval záznamu měření lze nastavit od 10 s do 24 h

Obrázek 13 Datalogger M5

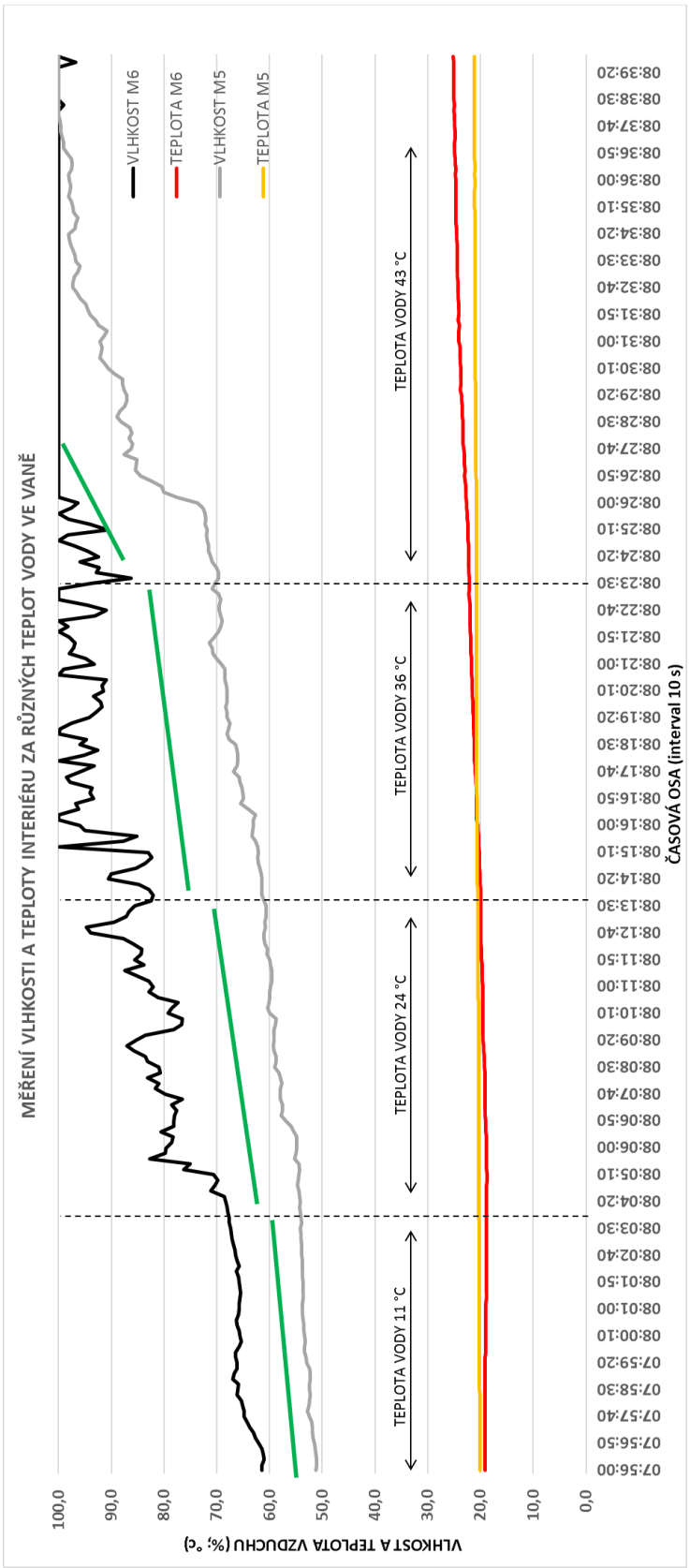
Obrázek 14 Datalogger M6

Měřící přístroje byly instalovány do prostoru koupelny. Datalogger soznačením M5 byl umístěn v horním koutě koupelny ve výšce 2,5 m nad podlahou a datalogger s označením M6 byl umístěn nad středem vodní plochy ve výšce cca 30 cm od vodní hadiny.

Obrázek 15 Umístění dataloggeru M6

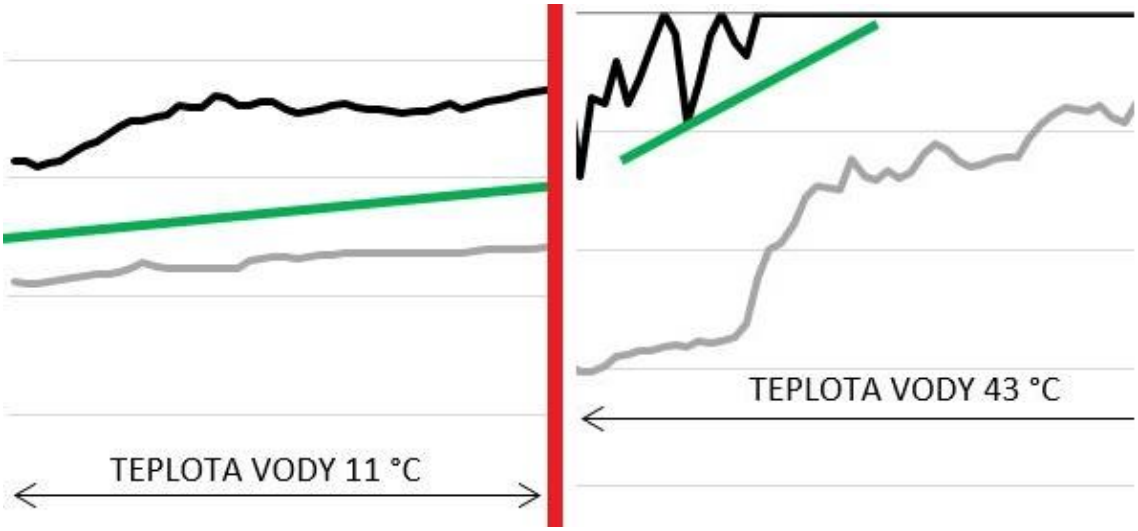
Obrázek 16 Umístění dataloggeru M5

4.1.4 Měření vlhkosti vzduchu pří různých teplotách vody



Obrázek 17 Graf měření vlhkosti a teploty interiéru za různých teplot vody ve vaně

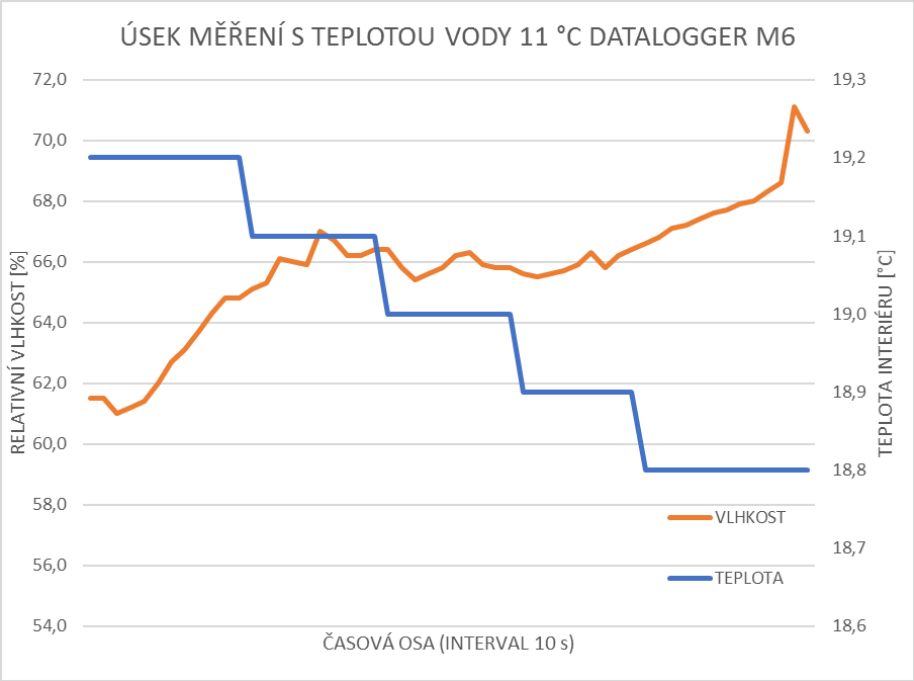
Na grafu jsou znázorněny průběhy teplot a vlhkosti interiéru na obou měřících přístrojích. Zelená čára v grafu znázorňuje průměrný trend růstu vlhkosti. Při teplotách vody 11, 24 a 36 °C se růst vlhkosti v prostoru výrazně nezvyšuje a postupuje lineárně nahoru. Vyšší nárůst vlhkosti nastane v bodě, kdy se teplota vody zvýší na 43 °C. Tento úsek porovnám v h–x diagramu s úsekem měření při teplotě vody 11 °C.



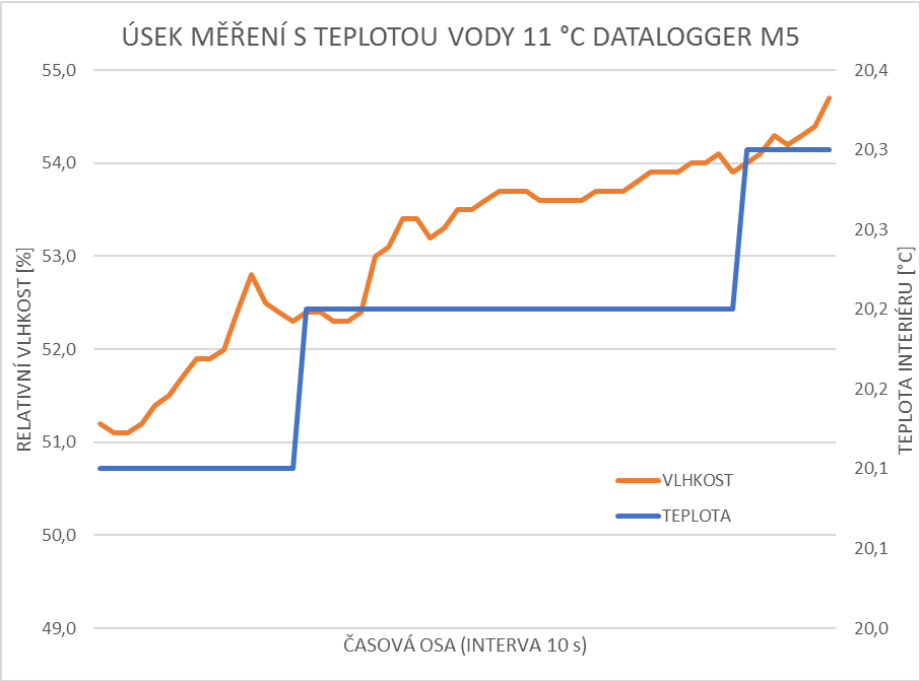
Obrázek 18 Úseky měření k porovnání

Porovnání úseků:

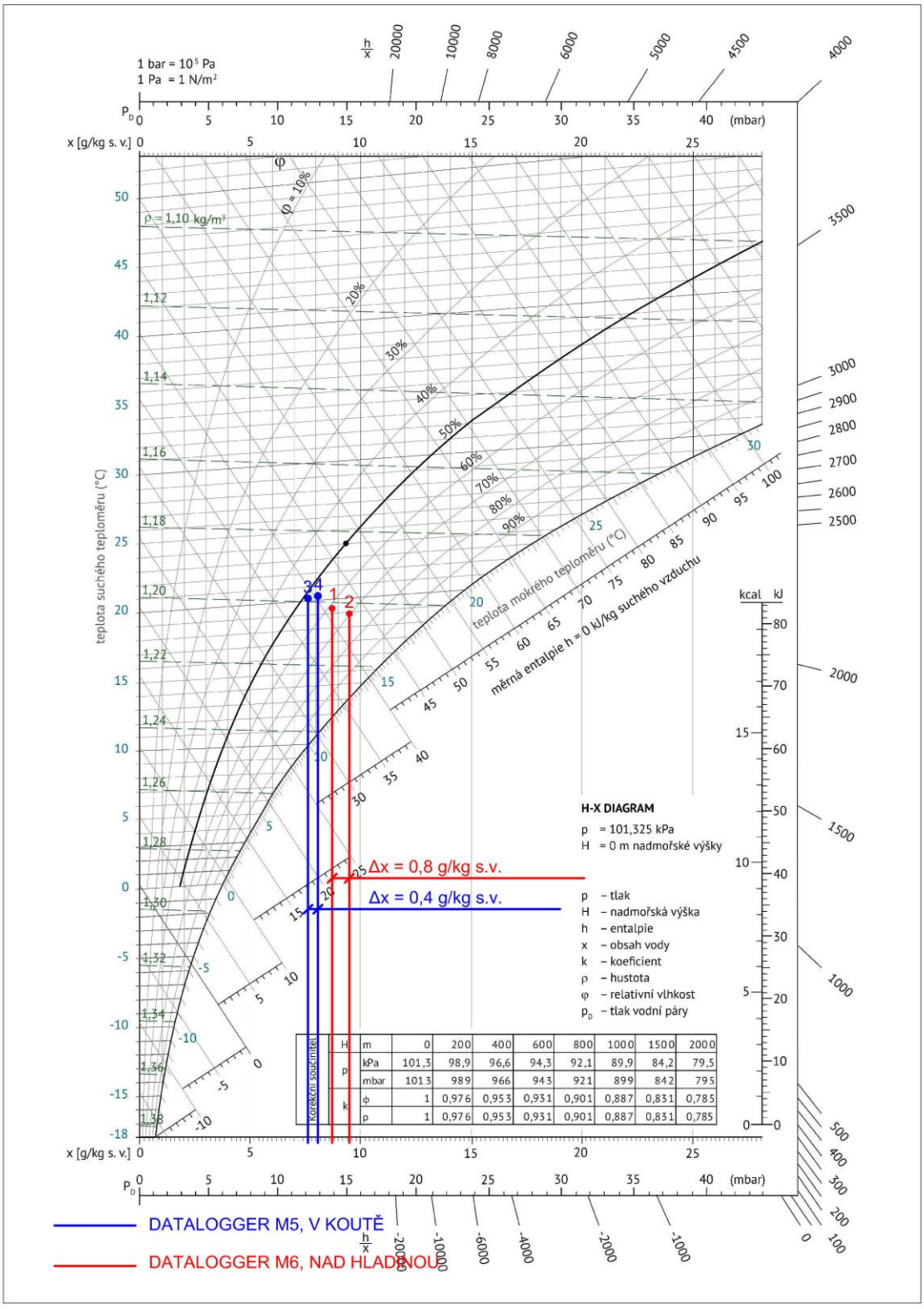
a) Úsek měření s teplotou vody 11 °C DATALOGGER M6 A M5



Obrázek 19 Graf měřeného úseku teploty vody 11 °C, DATALOGGER M6

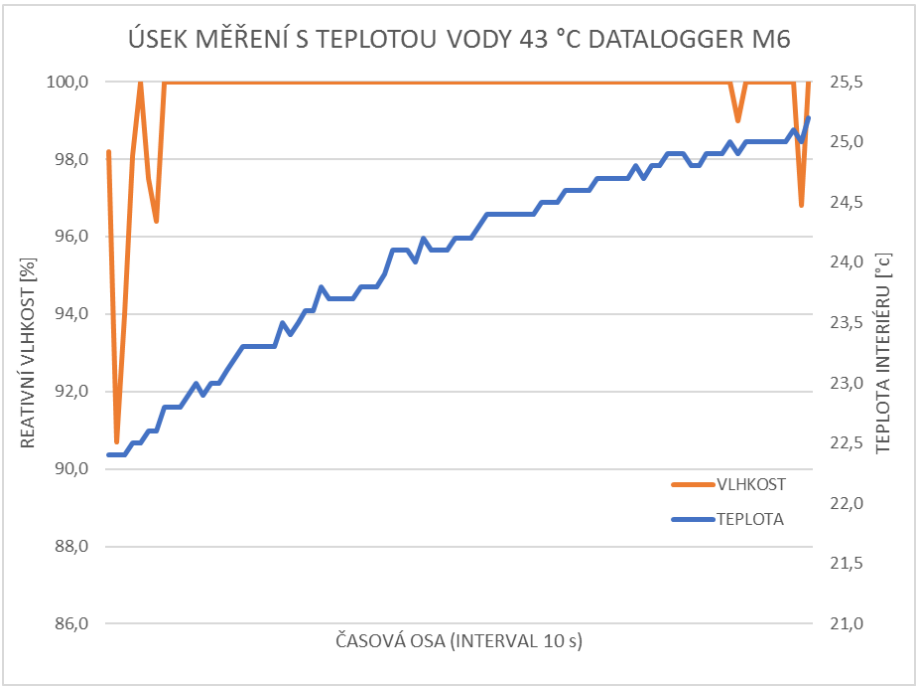


Obrázek 20 Graf měřeného úseku teploty vody 11 °C, DATALOGGER M5

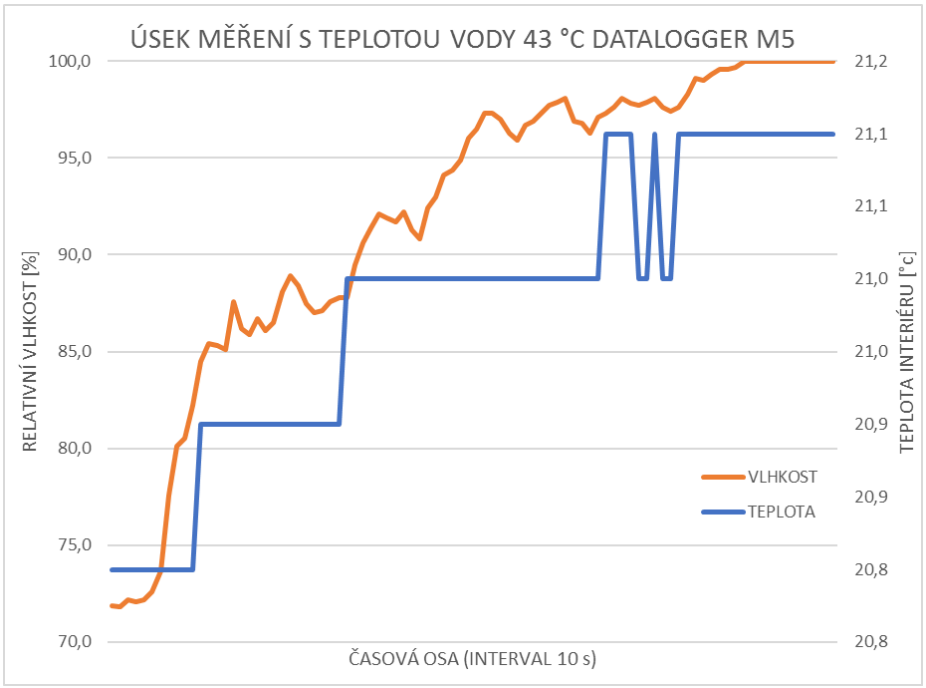


Obrázek 21 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů při teplotě vody 11 °C

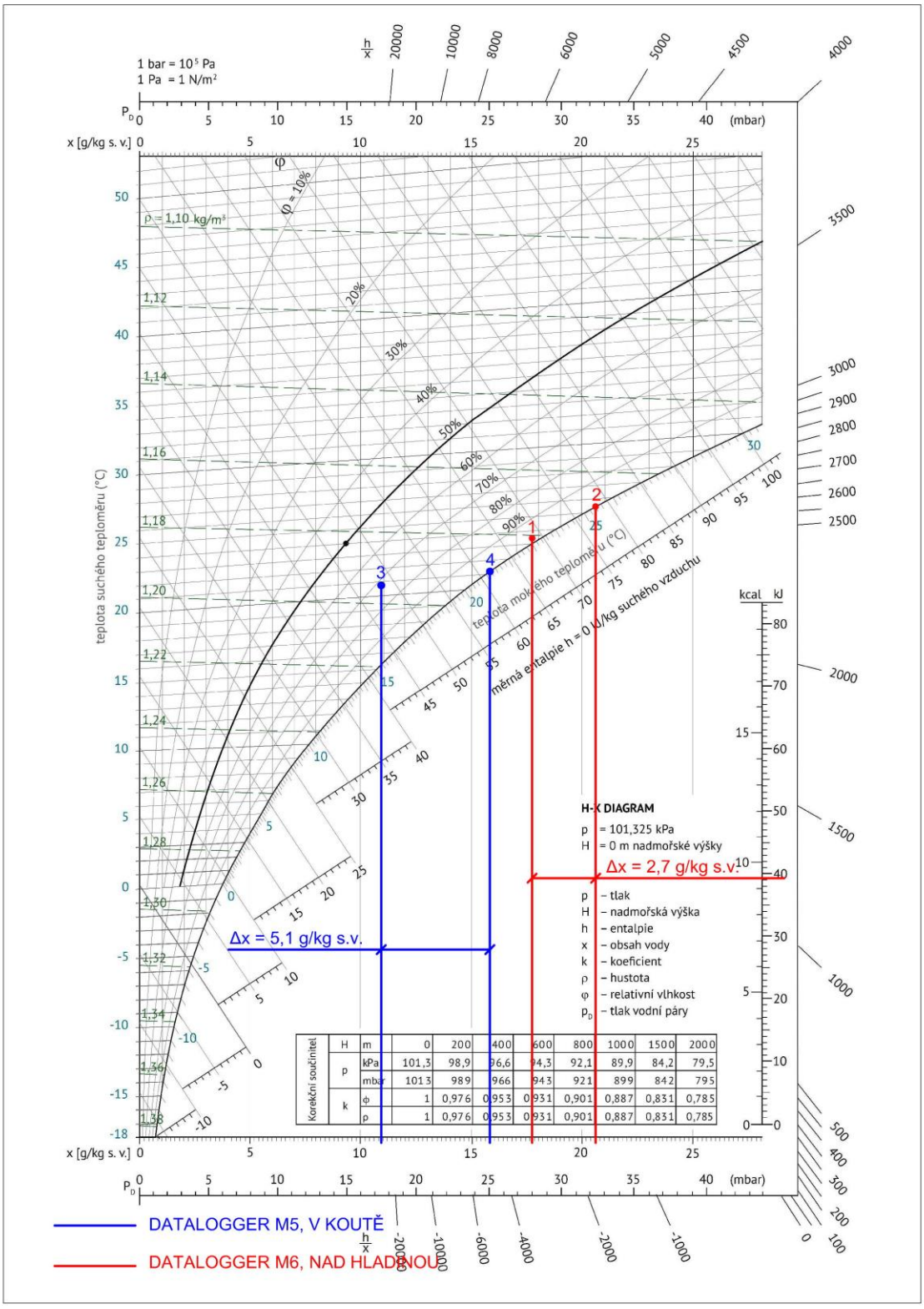
b) Úsek měření s teplotou vody 43 °C



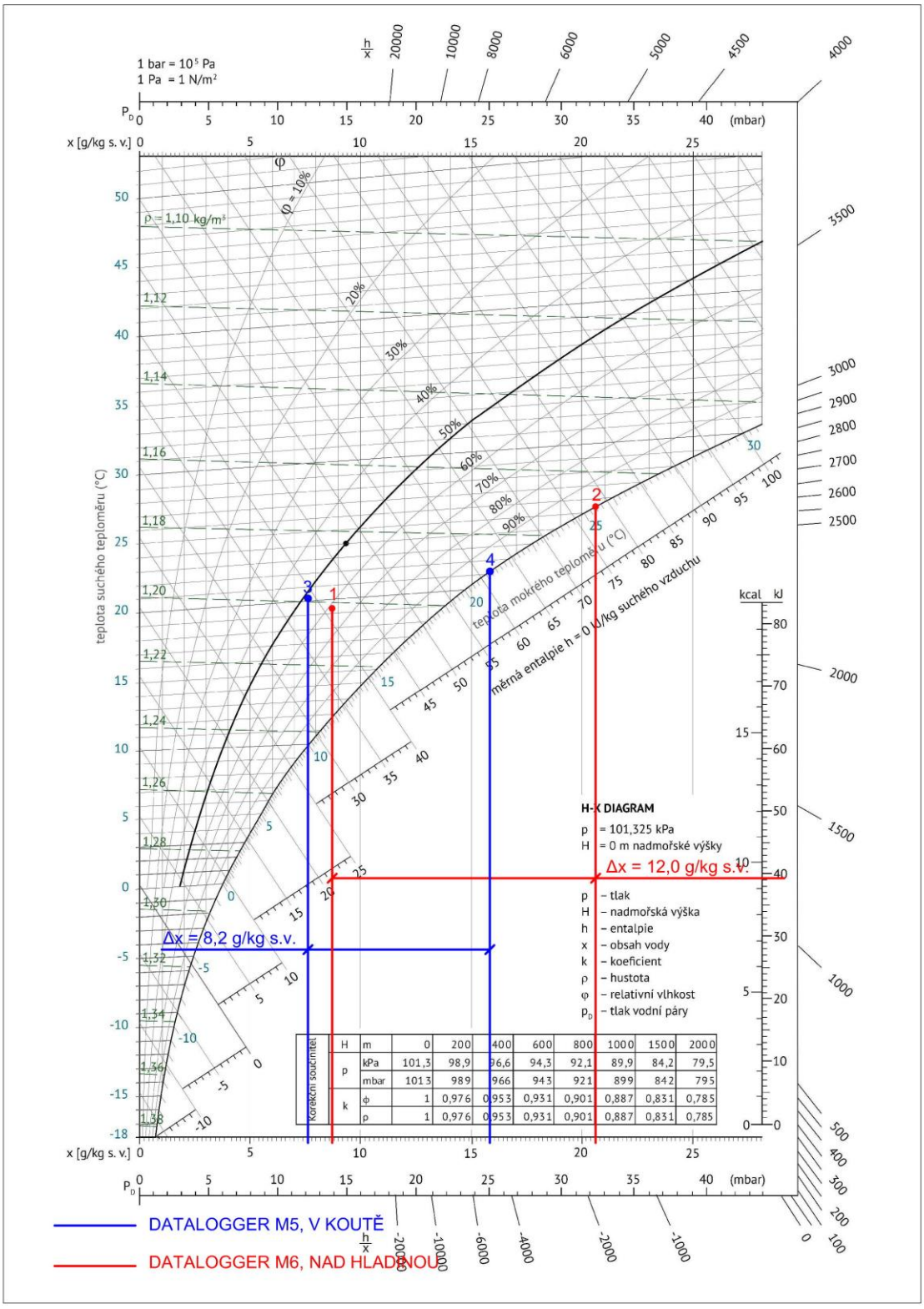
Obrázek 22 Graf měřeného úseku teploty vody 43 °C, DATALOGGER M6



Obrázek 23 Graf měřeného úseku teploty vody 43 °C, DATALOGGER M5



Obrázek 24 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů při teplotě vody 43 °C



Korekční součinitel									
H	m	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
p	kPa	101,3	98,9	96,6	94,3	92,1	89,9	84,2	79,5
	mbar	1013	989	966	943	921	899	842	795
k	φ	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785
	p	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785

Obrázek 25 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů celého měření od teploty vody 11 °C až po teplotu vody 43 °C

4.1.5 Závěr

Při měření byl přístroj nastaven na záznam dat po 10 s. Při vyhodnocení měření bylo patrné, že takhle krátký časový krok byl zbytečný. Při příštím měření by stačil přístroj nastavit na časový krok minimálně 40 s a maximálně 2 minut pro měření vlhkostí v krátkém časovém úseku, nebo při změně teploty vody ve vaně. Při dlouhodobém měření chodu koupelny by postačil časový krok po minimálně 2 minutách a maximálně po 10 minutách.

Z měření vlhkosti vzduchu v závislosti na teplotě vody ve vaně bylo zřejmé, že se jedná o ne příliš dynamický děj. Děj probíhal většinou pozvolně bez větších výchylek.

Při měření často relativní vlhkost stoupla na stav nasyceného vzduchu. Tento stav způsobovala teplota vody ve vaně, a poměr plochy vodní hladiny ku objemu vzduchu v místnosti. Pro dodržení hygienických zásad by se v koupelně mělo realizovat nové větrací opatření. Jedna z variant by byla přidání více větracích otvorů do stěn sousedících místností. Tyto otvory by byla osazeny ventilátory pro odtah vzduchu z koupelny a ze sousedních místností by mohl být odpadní vzduch odváděn okny do exteriéru. Pro přívod vzduchu by byla zhotovena větrací mřížka do dveří.

Hlavním cílem tohoto měření bylo, vyzkoušet si celé měření samostatně na zmenšeném modelu. Vyzkoušet si měření při různých okrajových podmínkách, které byli například různá teplota vody ve vaně, měření při neklidné hladině, měření při klidné hadině, dlouhodobý provoz koupelny atd. Měření napomohlo k pochopení závislostí mezi objemem vzduchu v prostoru, teplotou vody a vlhkostí vzduchu. Díky tomuto experimentu jsem lépe pochopil, výsledky měření z bazénu Karlova Studánka a z výsledků tohoto měření uvést i závěr pro měření přímo v bazénu.

4.2 Měření vlhkosti v letních lázních Karlova Studánka

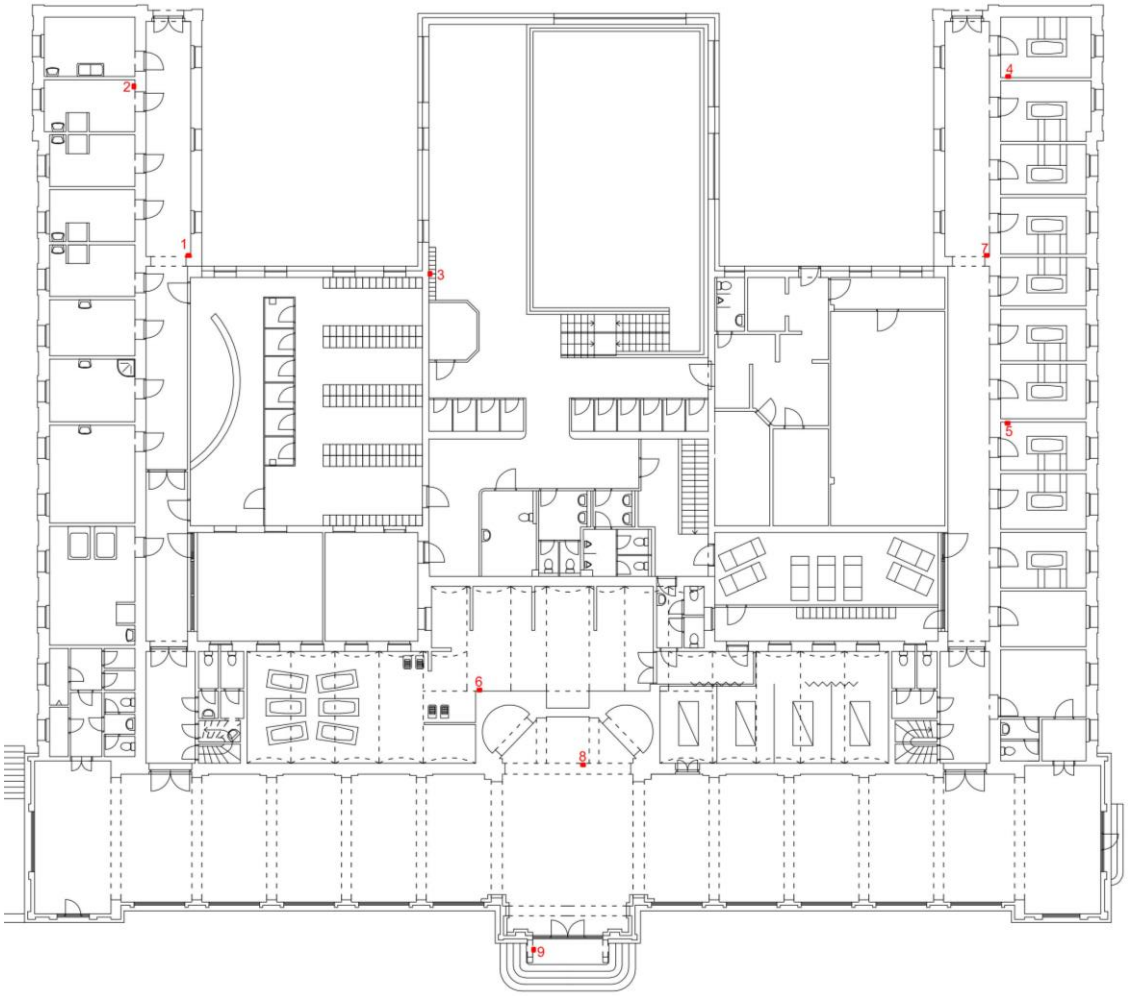
4.2.1 Úvod k měření

V této části bakalářské je posouzení týdenního měření v bazénové hale letních lázní v Karlově Studánce. V objektu letních lázní bylo nainstalováno 9 čidel snímající teplotu a vlhkost vzduchu.

4.2.2 Předpisy určující vnitřní mikroklima v prostoru bazénové haly

- Vyhláška č. 238/2011 Sb. – o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. (viz obrázek 3)
- Vyhláška č. 20/2012 Sb. – o technických požadavcích na stavby.

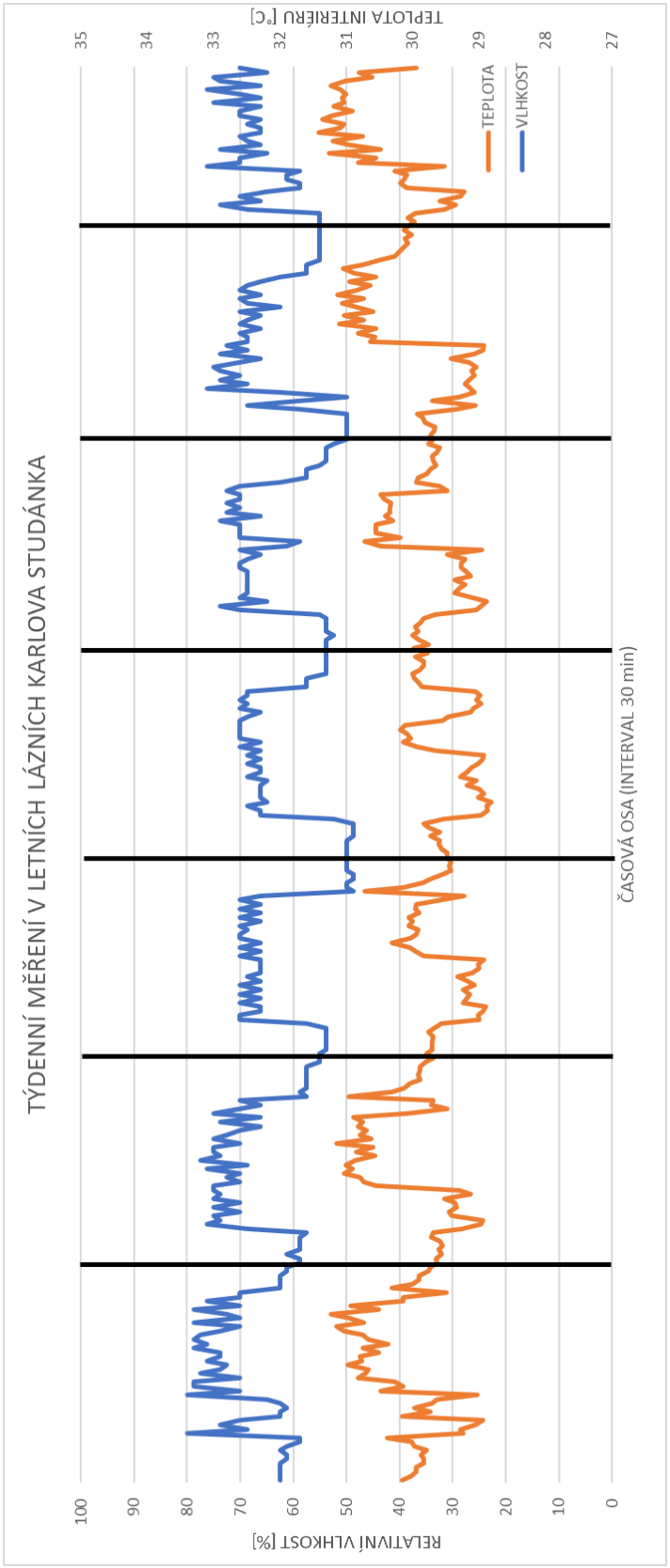
4.2.3 Umístění čidel



Obrázek 26 Umístění čidel v celém objektu letních lázní

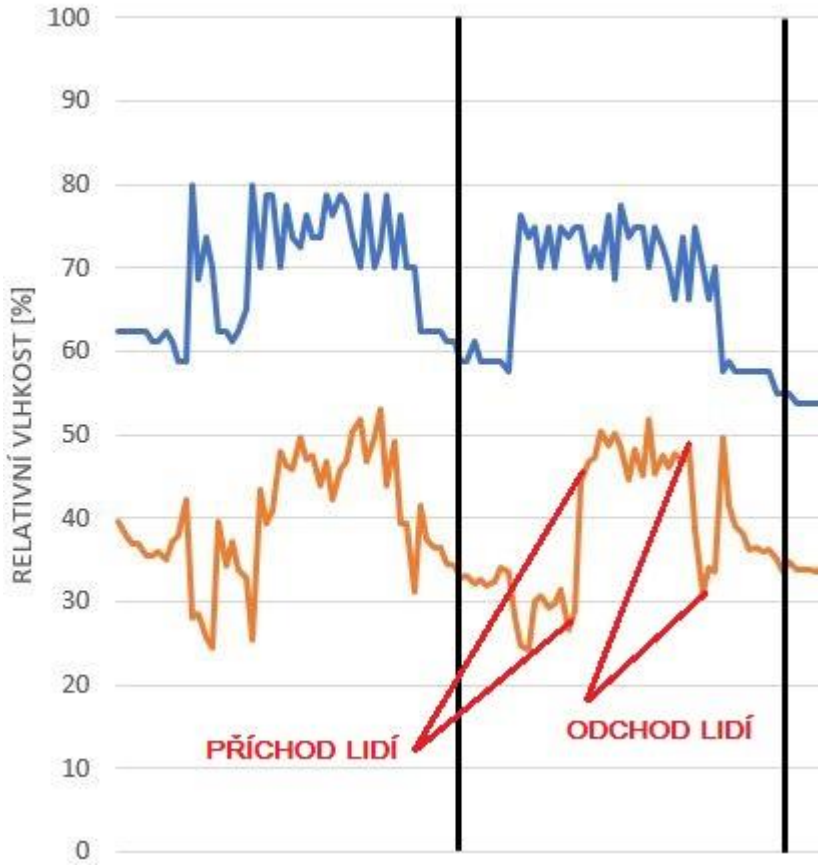
Pro bazénovou halu je využitou pouze čidlo č. 3.

4.2.4 Měření

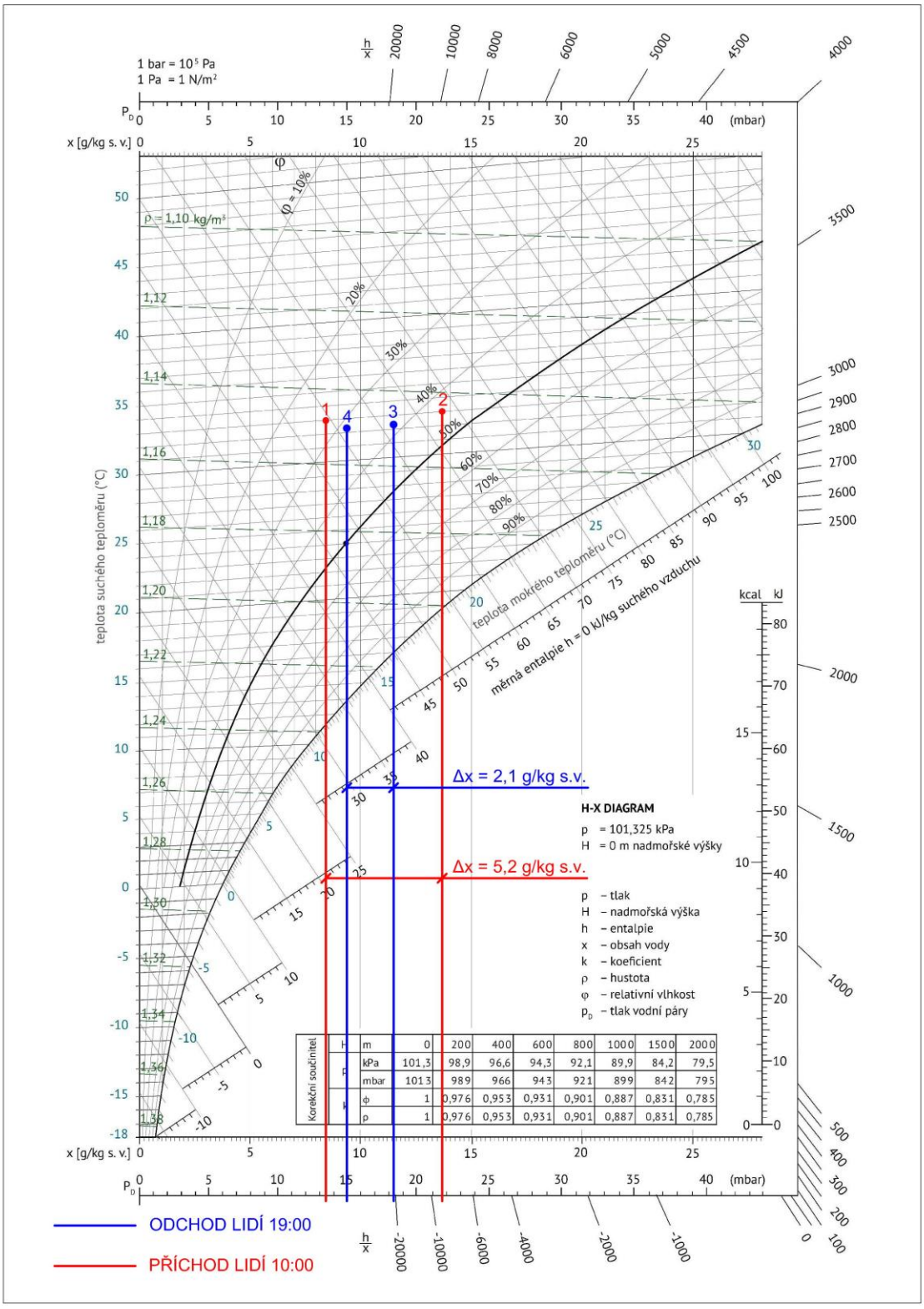


Obrázek 27 Graf průběhu relativní vlhkosti a teploty interiéru v bazénové hale po dobu 7 dní

Z grafu lze vyčíst jaký je denní provoz bazénové haly. Z měření vyplývá otevírací doba od 10:00, kdy se rapidně zvýší vlhkost v interiéru. Odchod lidí (konec provozní doby) by se dal určit od 19:00 do 20:00. Tyto dva úseky porovnám mezi sebou v h-x diagramu.



Obrázek 28 Vyznačení provozní doby haly podle grafu vlhkosti



H	m	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
p	kPa	101,3	98,9	96,6	94,3	92,1	89,9	84,2	79,5
	mbar	1013	989	966	943	921	899	842	795
k	φ	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785
	p	1	0,976	0,953	0,931	0,901	0,887	0,831	0,785

Obrázek 29 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti na začátku a na konci provozní doby

4.2.5 Závěr

Z proběhlého měření vyplívá, že provoz bazénu v Karlově Studánce probíhá vyváženě. Všechny dny v týdnu mají stejný provozní režim. Během měření nedošlo k výraznější zátěži v jeden den oproti dnům jiným.

Z naměřených hodnot bazénová hala splňuje požadavky předpisů pro vnitřní prostory bazénových hal. Měření nemusí být přesné, neboť čidlo měření je umístěno daleko od vodní hladiny a výsledky můžou být zavádějící. Není umístěno ani uprostřed dispozice a je ve výšce zhruba 1900 mm nad podlahou. Pro přesnější analýzu bazénové haly by bylo vhodné nainstalovat více čidel s jiným umístěním. Ideálně umístit čidla do prostoru otevřeného krovu, pak v těsné blízkosti nad hladinou a u nosných konstrukcí ohraničující bazénovou halu.

Hodnoty relativní vlhkosti jsou z měření poměrně nízké. Teplota bazénové nebyla známá, ale dle předpokladu měla okolo 30 °C. Z měření v koupelně, kde při podobných teplotách docházelo k daleko vyšším hodnotám relativních vlhkostí mohu konstatovat, že výsledky těchto hodnot jsou především rozdílné v poměru plochy vodní hladiny ku poměru objemu vzduchu v prostoru. Odpad vodní hladiny by se při dané teploty vody mohl uvažovat jako rovnocenný, rozdíl ovšem dělá kubatura místnosti.

5 POUŽITÉ ZDROJE

Knihy, články, internetové zdroje, normy, vyhlášky

1. MATHAUSEROVÁ, Zuzana. Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov - mikroklimatické podmínky a větrání [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/5593-pozadavky-na-kvalitu-vnitrniho-prostredi-budov-mikroklimaticke-podminky-a-vetrani
2. Vyhláška č. 238/2011 Sb. – o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: . ročník 2011.
3. SCHWARZER, Jan. Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I) [online]. 2007 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i
4. TERUNA 1.5 b [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.technikabudov.cz/software/
5. redakce. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů [online]. 2006 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju
6. Obrázek 57 - Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [online]. In: . 2006 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju
7. RUBINA, Aleš. Tvorba prostředí budov vzduchotechnikou. V Brně: Vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-2145104-9.
8. SCHWARZER, Jan. Teorie vlhkého vzduchu (I) [online]. (2006) [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3323-teorie-vlhkeho-vzduchu-i
9. SCHWARZER, Jan. Teorie vlhkého vzduchu (II) [online]. 2006 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3353-teorie-vlhkeho-vzduchu-ii
10. CHYSKÝ, J.; Vlhký vzduch, 1977. ISSN 04-239-77
11. DRKAL, F.; Technika prostředí, 1978. ISSN 57-634-78
12. CHYSKÝ, J., Hemzal,K. a kol.: Technický průvodce "Větrání a klimatizace". Bolit, 1993
13. RUBINA, Aleš, Zdeněk TESAŘ a Petr BLASINSKI. Modelování fyzikálních jevů 1 - Odpar z vodní hladiny [online]. 2011 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/8076-modelovani-fyzikalnich-jevu-1-odpar-z-vodni-hladiny
14. GEBAUER, G., RUBINOVÁ, O. a HORKÁ, H. Vzduchotechnika. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. 262 S. ISBN 978-80-7366-091-8
15. HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. Vzduchotechnika v příkladech. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-7204-486-9.
16. DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan SCHWARZER a Vladimír ZMRHAL. Vzduchotechnika. 2009.
17. Air compressor guide. Www.air-compressor-guide.com [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.air-compressor-guide.com
18. Master climate solutions [online]. In: . [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.masterheaters.cz/odvlhcovaci-metody,179.html
19. Humid air [online]. In: . [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.shsu.edu/~dl_www/bkonline/131online/CourseGraphics/GraphicsMaster/G184.gif
20. Vyhláška č. 20/2012 Sb. – o technických požadavcích na stavby. In: . ročník 2012.
21. VDI- Richtlinienausschuss 2089.

22. ČSN 38 3350 – Zásobování teplem, všeobecné zásady.
23. ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů.
24. ČSN EN 12831 – Výpočet tepelného výkonu.
25. NV 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
26. ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov
27. ČSN 12 7010 - Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení

Použitý software

1. AutoCAD 2010 LT
2. TERUNA 1.5 b
3. AeroCAD
4. Mart Akustik
5. Software dataloggery COMET
6. MS Office

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT – Vzduchotechnika
ZZT – Zpětné získávání tepla

Fyzikální veličiny

Q	Množství tepla	[W]
V	Průtok	[m^3/s]
c	Měrná tepelná kapacita	[J/kg*K]
ϱ	Hustota	[m^3/kg]
t	Teplota	[K], [°C]
n	Účinnost	[-]
h	Měrná entalpie	[J/kg]
φ	Relativní vlhkost	[%]
x	Měrná vlhkost	[g/kg]
P	Tlak	[Pa]
U	Součinitel prostupu tepla	[W/m^2*K]
Rt	Tepelný odpor konstrukce	[m^2*K/W]
Rsi, Rse	Tepelný odpor při přestupu	[m^2*K/W]
d	Tloušťka vrstvy	[m]
Λ	Součinitel tepelné vodivosti materiálu	[W/m*K]
Mw	Vodní tok	[g/s]
Lv	Hladina akustického tlaku	[dB]
L	Délka	[m]
A	Plocha	[m^2]
ξ	Součinitel vražených odporů	[-]

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázky

Obrázek 1 Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [6] 14
Obrázek 2 Schéma výpočtu tepelné bilance 15
Obrázek 3 Mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly krytého bazénu a jeho přilehlých prostor Odpar z vodní hladiny [2] 15
Obrázek 4 Schéma psychometrického diagramu vlhkého vzduchu [9] 17
Obrázek 5 Schématické znázornění vlhkosti vzduchu [20] 20
Obrázek 6 Princip odpařování vody 21
Obrázek 7 Ukázka výpočtu v programu TERUNA 1.5 b [4] 23
Obrázek 8 Schéma kondenzačního chlazení [17] 24
Obrázek 9 Schéma adsorpčního chlazení [17] 25
Obrázek 10 Schématické znázornění úprav vzduchu v h-x diagramu [7] 26
Obrázek 11 Mollierův h-x diagram s popiskama konstrukce diagramu 27
Obrázek 12 Schéma koupelna s polohou čidel 84
Obrázek 13 Datalogger M5 85
Obrázek 14 Datalogger M6 85
Obrázek 15 Umístění dataloggeru M6 86
Obrázek 16 Umístění dataloggeru M5 86
Obrázek 17 Graf měření vlhkosti a teploty interiéru za různých teplot vody ve vaně 87
Obrázek 18 Úseky měření k porovnání 88
Obrázek 19 Graf měřeného úseku teploty vody 11 °C, DATALOGGER M6 88
Obrázek 20 Graf měřeného úseku teploty vody 11 °C, DATALOGGER M5 89
Obrázek 21 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů při teplotě vody 11 °C 90
Obrázek 22 Graf měřeného úseku teploty vody 43 °C, DATALOGGER M6 91
Obrázek 23 Graf měřeného úseku teploty vody 43 °C, DATALOGGER M5 91
Obrázek 24 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů při teplotě vody 43 °C 92
Obrázek 25 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti obou dataloggerů celého měření od teploty vody 11 °C až po teplotu vody 43 °C 93
Obrázek 26 Umístění čidel v celém objektu letních lázní 95
Obrázek 27 Graf průběhu relativní vlhkosti a teploty interiéru v bazénové hale po dobu 7 dní 96
Obrázek 28 Vyznačení provozní doby haly podle grafu vlhkosti 97
Obrázek 29 h-x diagram porovnání rozdílů měrné vlhkosti na začátku a na konci provozní doby 98

PŘÍLOHY

A. Příloha č.1 – VÝKRES Č. 0.01 - PŮDORYS

B. Příloha č.2 – VÝKRES Č. 0.02 - ŘEZY