



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ANALÝZA VNITŘNÍHO KLIMATU A NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ KOSTELA JMÉNA JEŽÍŠ V TELČI

ANALYSIS OF INDOOR CLIMATE AND DESIGN OF HEATING SYSTEM IN THE CHURCH
OF HOLY NAME OF JESUS IN TELC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Silvia Kovařová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUCIE HORKÁ

BRNO 2021



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	Silvia Kovařová
Název	Analýza vnitřního klimatu a návrh systému vytápění kostela Jména Ježíš v Telči
Vedoucí práce	Ing. Lucie Horká
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- technické podklady k zadané budově
- aktuální právní předpisy ČR
- české i zahraniční technické normy
- odborná literatura
- internet

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran

B. Výpočtová část

- analýza a posouzení současného systému vytápění objektu
- analýza a posouzení vnitřního prostředí objektu
- návrh alternativního systému vytápění – výpočet tepelného výkonu, návrh otopných ploch, návrh zdroje tepla, návrh dalších nespécifikovaných zařízení, jsou – li součástí soustavy

C. Projekt

- dokumentace skutečného provedení stavby: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), popř. funkční schéma
- dokumentace alternativního systému ve stupni studie stavby: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), popř. funkční schéma, technická zpráva

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Lucie Horká
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je analýza vnútornej mikroklímy, posúdenie a návrh vykurovacieho systému v kostole Jména Ježíš v Telči. Teoretická časť popisuje metódy analýzy vnútorného prostredia, uvádza príklady analýz z vedeckých článkov a popisuje základné rozdelenie meradiel teploty a vlhkosti. Druhá časť obsahuje analýzu vnútorného prostredia kostola vychádzajúcu z nameraných dát v sledovanom období, posúdenie aktuálneho vykurovacieho systému a návrh alternatívneho riešenia vykurovacieho systému. Tretia časť, výkresová, spracúva alternatívne riešenie vykurovacieho systému a taktiež obsahuje funkčnú schému aktuálneho systému vykurovania spoločne s technickou správou.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Tepelne-vlhkostná analýza, historická mikroklíma, vnútorné prostredie, vykurovanie, metóda prijateľného rozmedzia, Historical Climate Method.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to analyze the microclimate and to assess and design a heating system in Jesuit Church of Holy Name of Jesus in Telc. The theoretical part describes methods of analysis of the microclimate, presents examples of analysis described in scientific articles and provides basic classification of thermometers and hygrometers. The second part includes analysis of the microclimate of the church based on data measured during the observed period. Further, it contains an assessment of the current heating system and a design of an alternative solution of the heating system. The third part, which includes drawings, processes the alternative solution of the heating system and also provides a functional scheme of the actual heating system with the engineering report.

KEYWORDS

Hygro-thermal analysis, historical microclimate, microclimate, heating, Target Range Method, Historical Climate Method.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Silvia Kovařová *Analýza vnitřního klimatu a návrh systému vytápění kostela Jména Ježíš v Telči*. Brno, 2021. 68 s., 13 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Lucie Horká

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Analýza vnitřního klimatu a návrh systému vytápění kostela Jména Ježíš v Telči* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2021

Silvia Kovařová

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Analýza vnitřního klimatu a návrh systému vytápění kostela Jména Ježíš v Telči* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2021

Silvia Kovařová

autor práce

Obsah

ÚVOD	10
A TEORETICKÁ ČASŤ	11
1 ANALÝZA VNÚTORNEJ KLÍMY	11
1.1 ZAMERANIE PRÁCE	11
1.2 MIKROKLÍMA.....	12
2 METÓDY ANALÝZ VNÚTORNEJ KLÍMY	12
2.1 METÓDA TARGET RANGE	12
2.2 HISTORICAL CLIMATE METHOD.....	13
3 ŠTÚDIE ZAOBERAJÚCE SA ANALÝZOU VNÚTORNEJ KLÍMY	15
3.1 DOPAD VYKUROVANIA, OSVETLENIA A LUDÍ NA HISTORICKÉ OBJEKTY	15
3.2 KAPLNKA SCROVEGNIOVCOV	16
3.3 ŠTUKOVÉ PANELE V MIESTNOSTI VI V GALÉRII BORGHESE.....	17
3.4 ŠTÚDIA TECHNIK MERANIA PRIRODZENÉHO PROSTREDIA PRE KONZERVÁCIU V LUDOVÝCH OBYDLIACH V JUŽNOM TALIANSKU	18
4 MERANIE TEPELNE-VLHKOSTNEJ MIKROKLÍMY	19
4.1 MERANIE TEPLoty.....	19
4.2 MERANIE VLHKOSTI.....	23
B VÝPOČTOVÁ ČASŤ	26
1 ANALÝZA A POSÚDENIE SÚČASNÉHO SYSTÉMU VYKUROVANIA OBJEKTU	26
1.1 POPIS OBJEKTU.....	26
1.2 SÚČASNÝ SYSTÉM VYKUROVANIA OBJEKTU.....	27
1.3 ANALÝZA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA.....	28
1.3.1 Meranie tepelne-vlhkostných dát	28
1.3.2 Analýza nameraných dát	29
1.3.3 Metóda Target Range	32
1.3.4 Historical Climate Method	35
2 NÁVRH ALTERNATÍVNEHO SYSTÉMU VYKUROVANIA	37
2.1 NÁVRH TEPELNÉHO VÝKONU	37
2.2 URČENIE CELKOVÉHO VÝKONU SÚSTAVY A NÁVRH VYKUROVACÍCH PLÔCH	37
2.3 NÁVRH ZDROJA TEPLA	40
2.3.1 Zdroj tepla	40
2.3.2 Prívod spaľovacieho vzduchu a odvod spalín	44
2.4 DIMENZOVANIE.....	45
2.4.1 Armatúry na vykurovacích registroch	45
2.4.2 Rozdeľovač a zberač	48
2.4.3 Dimenzovanie vetiev	49
2.5 NÁVRH POISTNÉHO SYSTÉMU VYKUROVACEJ SÚSTAVY	51
2.5.1 Expanzná nádoba.....	51
2.5.2 Poistný ventil.....	52
2.6 NÁVRH IZOLÁCIE POTRUBIA.....	53
C TECHNICKÁ SPRÁVA	54
1 ÚVOD	54
1.1 UMIESTNENIE A POPIS OBJEKTU	54
1.2 PODKLADY PRE PROJEKT.....	54

2 POTREBNÝ VÝKON	54
3 TECHNICKÉ RIEŠENIE VYKUROVANIA	54
3.1 ZDROJ TEPLA	54
3.2 ODVOD KONDENZÁTU	55
3.3 ZABEZPEČOVACIE ZARIADENIE	55
3.4 DOPLŇOVANIE VODY DO SÚSTAVY	55
3.5 VYKUROVACIE TELESÁ	55
3.6 POTRUBIE A IZOLÁCIA	55
3.7 ARMATÚRY	55
4 POŽIADAVKY NA OSTATNÉ PROFESIE	55
5 SKÚŠKY	56
5.1 SKÚŠKA TESNOSTI	56
5.2 DILATAČNÁ SKÚŠKA	56
5.3 VYKUROVACIA SKÚŠKA	56
6 BEZPEČNOSŤ A OCHRANA	56
6.1 VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	56
6.2 NAKLADANIE S ODPADMI	56
6.3 BEZPEČNOSŤ A OCHRANA PRI PRÁCI	56
7 POUŽITÉ NORMY, ZÁKONY A VYHLÁŠKY	57
D ZÁVER	58
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	59
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	63
ZOZNAM OBRÁZKOV	65
ZOZNAM TABULIEK	67
ZOZNAM PRÍLOH	68

ÚVOD

Technické zariadenia budov (TZB) je pomenovanie pre odbor, ktorý v sebe zahŕňa profesie zaoberajúce sa zabezpečením vhodných podmienok vnútorného prostredia budov. Tento súbor technických zariadení vytvára vnútorné prostredie pre užívateľov a návštevníkov daných objektov. Vhodné vnútorné prostredie budov ovplyvňuje životnosť samotnej budovy a jej funkčných častí. Cieľom je zamedziť a čo najviac spomaliť degradáciu materiálov tvoriacich nosné časti konštrukcií až po ich povrchové úpravy.

Historické budovy sú odkazom kultúry vtedajšej doby. Často sa v nich nachádzajú aj historické artefakty (sochy, maľby, nábytok, hudobné nástroje atď.), ktorých jedinečnosť pridáva na historickej hodnote, avšak ich interakcia s vnútorným prostredím budovy ovplyvňuje ich životnosť. Cieľom je zachytiť tieto prebiehajúce termodynamické deje vhodnou analýzou vnútorného prostredia a následne zamedziť ich degradácii a tým zachovať ich historickú hodnotu a jedinečnosť pre budúce generácie.

Analýza vnútorného prostredia pomáha určiť vhodné tepelne-vlhkostné parametre pre jednotlivé typy materiálov, z ktorých pozostávajú cenné artefakty, povrchové úpravy a samotná nosná konštrukcia. Ďalej je možné na základe vykonaných analýz porovnávať objekty medzi sebou. Rôzne stavby si môžu byť podobné zo stavebno-technologického hľadiska, ale sú lokalizované v rôznych klimatických oblastiach, čo môže mať za následok rozdielnu odozvu objektu, pozitívnu alebo negatívnu. Aby sme v nevyhovujúcom prostredí mohli určiť vhodné podmienky vnútorného prostredia, analýzy jednotlivých historických budov nám môžu uľahčiť cestu k dosiahnutiu týchto podmienok pomocou návrhu vykurovacích a vzduchotechnických zariadení.

Bakalárska práca sa zaoberá analýzou vnútornej mikroklímy v historickom objekte. Historický objekt – kostol Jména Ježíš sa nachádza v južnej časti Českej republiky v meste Telč. Telč je zaradená do zoznamu kultúrneho dedičstva UNESCO.

Analýza tepelne-vlhkostného stavu kostola Jména Ježíš je spracovaná pomocou dvoch metód: metóda Historical Climate Method vychádzajúca z normy ČSN EN 15757 a metóda Target Range, ktorá vychádza z viacerých odporúčaní na základe dlhodobého pozorovania vplyvu prostredia na stav jednotlivých materiálov. Druhá časť bakalárskej práce sa zaoberá vykurovacím systémom v sledovanom objekte. Popisuje skutočný stav a rieši návrh alternatívneho systému vykurovania, ktorý vychádza z existujúceho stavu.

A TEORETICKÁ ČASŤ

1 ANALÝZA VNÚTORNEJ KLÍMY

1.1 Zameranie práce

Analýza vnútorného prostredia spočíva v sledovaní vnútorného stavu prostredia v určitom časovom intervale. Základnými parametrami pri analýze vnútornej klímy sú teplota a vlhkosť prostredia. Vysoké resp. nízke hodnoty týchto fyzikálnych veličín môžu negatívne vplývať na štruktúru materiálov nachádzajúcich sa v danom prostredí. Taktiež častá fluktuácia s vysokými výkyvmi teplôt alebo relatívnej vlhkosti môže mať negatívny dopad na vzácne artefakty, ktoré sú umiestnené v historickom objekte alebo sú samotnou súčasťou historických budov. Je preto žiadúce venovať sa problematike historických budov, vykonať analýzu zaznamenaných údajov a zhodnotiť, v akom aktuálnom stave sa nachádzajú historické interiéry a artefakty.



Obr. 1 Kostol Jména Ježíš v Telči [1]

K analýze prostredia slúžia viaceré metódy. Táto bakalárska práca sa venuje spracovaniu nameraných údajov pomocou dvoch metód: metóda Target Range a Historical Climate Method.

1.2 Mikroklíma

Mikroklíma, ako už zo samotného názvu vyplýva, popisuje klímu vzťahujúcu sa k malým lokáciám. Mikroklíma, riešená v oblasti historických budov, nepoukazuje na presnú veľkosť prostredia, ale skôr sa zameriava na špecifické artefakty a prostredie, v ktorom sa nachádzajú. Inak povedané, mikroklíma sa vzťahuje na celé toto prostredie, ktoré je nutné študovať aby sme spoznali faktory, ktoré priamo ovplyvňujú fyzikálny stav pamiatok a aby sme spoznali interakciu týchto pamiatok so vzduchom a okolitými objektami [2].

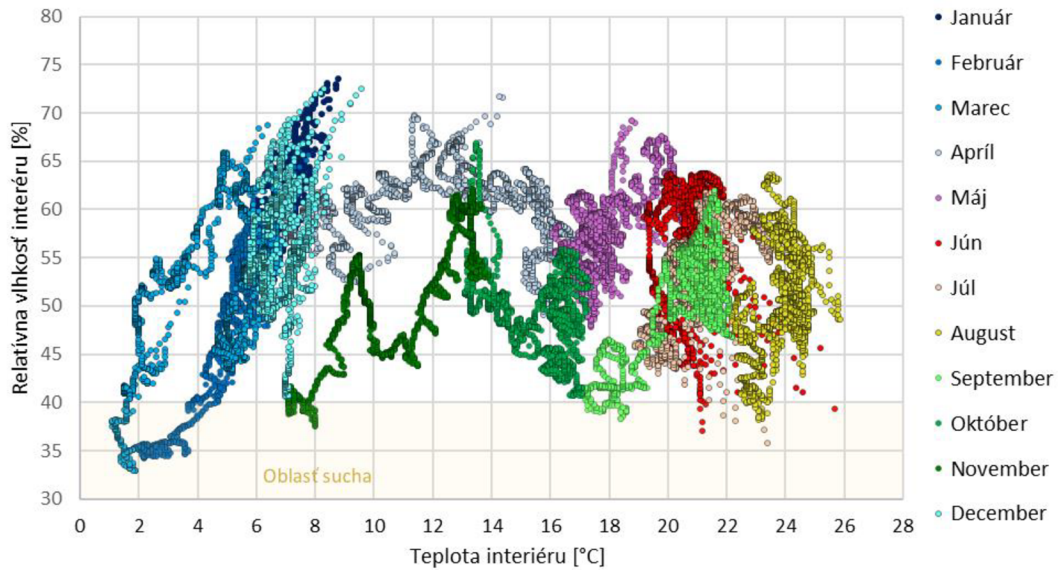
D. Camuffo vo svojej knihe *Microclimate for Cultural Heritage* (Mikroklíma kultúrneho dedičstva) [2] zrekonštruoval definície „klímy“, ktoré popisujú vzťah medzi meniacim sa počasím a daným miestom, na popis viac vystihujúci túto problematiku: „Mikroklíma je syntéza okolitých fyzikálnych podmienok (napr. časové a priestorové rozloženie, kolísavé hodnoty a trendy, priemerné a extrémne hodnoty, priestorové gradienty a frekvencia oscilácií) v dôsledku atmosférických premenných (teplota, vlhkosť, slnečné žiarenie, rýchlosť vetra) alebo výmeny energie s inými telesami (infračervené žiarenie, kúrenie, osvetlenie, vetranie) po dobu reprezentujúcu podmienky určené prirodzenými alebo človekom vynútenými faktormi.“ [2]

2 METÓDY ANALÝZ VNÚTORNEJ KLÍMY

2.1 Metóda Target Range

Metóda Target range je založená na určení vhodnej vnútornej klímy, ktorá je vymedzená prijateľným rozmedzím teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu [3]. Ide o preventívnu konzerváciu vzácnych historických predmetov. Pre správne určenie vhodných parametrov vnútorného prostredia je potrebné brať ohľad na materiály, z akých pozostávajú vzácne historické artefakty, obzvlášť zväžiť povrchy artefaktov nachádzajúcich sa v tomto prostredí. Každý materiál má doporučené vyhovujúce rozmedzie teplôt a relatívnej vlhkosti, pri ktorých nedochádza k vážnemu poškodeniu a znehodnoteniu. Toto prijateľné rozmedzie tvorí tzv. prirodzenú vnútornú klímu, ktorá nepôsobí negatívne na materiállovú štruktúru. Rozmedzia vyhovujúcich teplôt interiéru a relatívnych vlhkostí je možné nájsť v rôznych štandardoch a odporúčaníach [3].

Pre lepšie zobrazenie nameraných hodnôt je možné si zobrazit' dáta v bodovom grafe, kde na horizontálnej osi je teplota vzduchu v interiéri [$^{\circ}C$] a na vertikálnej osi je relatívna vlhkosť interiéru [%].



Obr. 2 Príklad zobrazenia nameraných dát

Výsledkom metódy prijateľného rozmedzia je určenie relatívnej početnosti výskytu nameraných hodnôt s prirodzenou vnútornou klímou počas sledovaného obdobia.

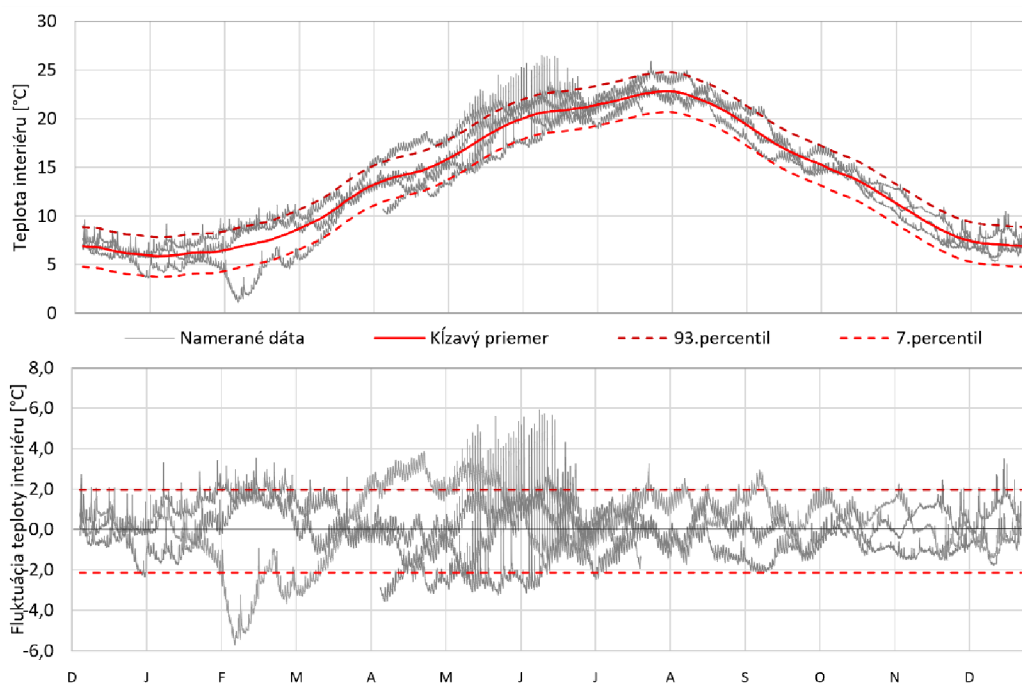
Ako prvé sa určí relatívna početnosť nameraných dát pre rozmedzia teplôt a relatívnej vlhkosti zvlášť. Následne sa určí prienik, ktorý udáva celkovú relatívnu početnosť dní, resp. nameraných dát, v ktorých je vyhovujúce vnútorné prostredie z hľadiska teploty interiéru a relatívnej vlhkosti súčasne.

2.2 Historical Climate Method

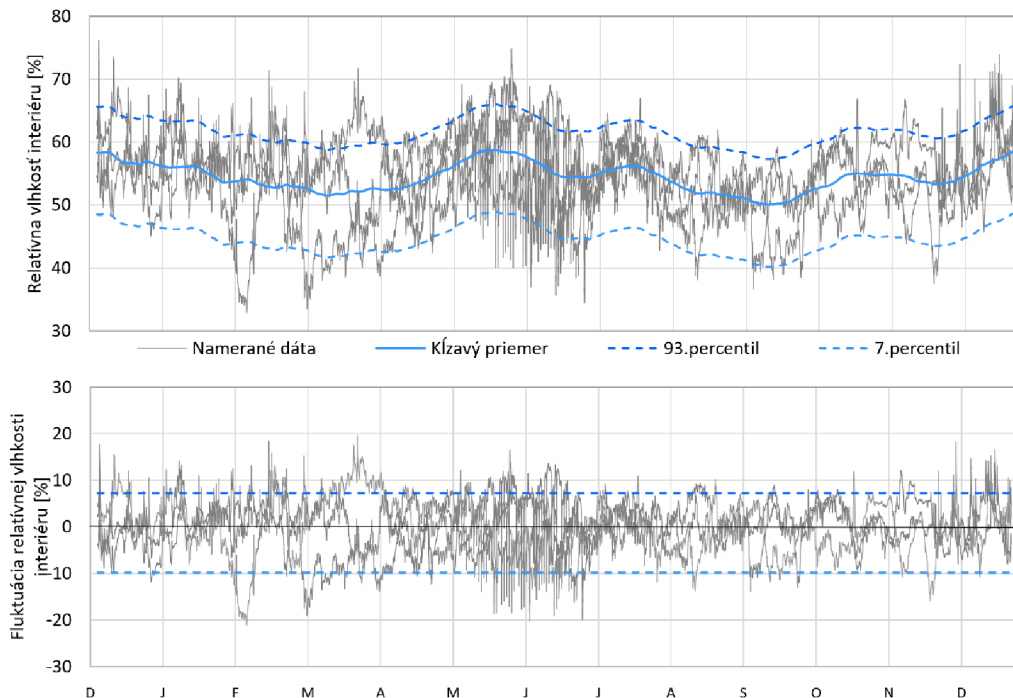
Metóda vychádza z normy ČSN EN 15757. Táto metóda je založená na dlhodobom pohybu strednom kľzavom priemere a krátkodobej fluktuácii nameraných parametrov. K dosiahnutiu výsledkov je potrebné vypočítať ročnú priemernú hodnotu a mesačné priemerné hodnoty teploty a relatívnej vlhkosti, z ktorých sa následne určí sezónny cyklus. Ide o stanovenie stredného kľzavého priemeru tridsiatich po sebe idúcich dní, resp. 15 dní pred a 15 dní po konkrétnom dátume, pre ktorý je kľzavý priemer počítaný. Z toho vyplýva, že pri použití tejto metódy je nutné mať k dispozícii namerané hodnoty aj z 15 dní pred posudzovaným obdobím a 15 dní po sledovanom období. Následne sa z nameraných hodnôt vylúči 14 % najrizikovejších maximálnych a minimálnych hodnôt a to pomocou 93. a 7. percentilu. Týmto spôsobom sa stanoví bezpečný rozsah výkyvov nameraných veličín. Rovnomerne sa odstránia hodnoty charakterizujúce nadmerne suché a nadmerne vlhké prostredie ako aj hodnoty popisujúce prostredie s nadmerne vysokou/nízkou teplotou [4].

Norma uvádza, že pre zachytenie krátkodobých výkyvov nameraných veličín by interval merania nemal prekročiť 1 hodinu a meranie by malo byť založené na monitorovaní vnútornej klímy po dobu jedného alebo viac rokov [4].

Táto metóda limituje len krátkodobú fluktuáciu, nerieši dlhodobú zmenu teplôt a relatívnej vlhkosti na základe striedania ročných období.



Obr. 3 Horný graf znázorňuje priebeh teplôt v interiéri počas viacerých rokov so stanoveným sezónnym cyklom (plná červená čiara) a prijateľným rozmedzím (7. a 93. percentil), dolný graf zobrazuje fluktuáciu teplôt okolo sezónneho cyklu



Obr.4 Horný graf znázorňuje priebeh relatívnej vlhkosti v interiéri počas viacerých rokov so stanoveným sezónnym cyklom (plná modrá čiara) a prijateľným rozmedzím (7. a 93. percentil), dolný graf zobrazuje fluktuáciu relatívnej vlhkosti okolo sezónneho cyklu.

3 ŠTÚDIE ZAOBERAJÚCE SA ANALÝZOU VNÚTORNEJ KLÍMY

Táto kapitola uvádza príklady štúdií, ktoré sa zaoberali analýzou vnútornej klímy. Prevažná časť príkladov je z oblasti Talianska, kde sa vo veľkej miere venujú tejto problematike.

3.1 Dopad vykurovania, osvetlenia a ľudí na historické objekty

Táto práca sa zaoberá vplyvmi osvetlenia, vykurovania a ľudí na historické budovy. Konkrétne rozoberá ceremoniálnu halu Giant Hall, ktorá je súčasťou stredovekého paláca v meste Padova (sever Talianska) [5]. V hale sa vyskytujú 4 hlavné problémy: dopad vykurovania, osvetlenia a ľudí počas využívania haly, výskyt veľkého množstva prasklín v dubovom kazetovom strope, znečistenie fresiek od sadajúceho prachu a sadze a degradácia vitrážových okien. Predmetom štúdie je zistenie dopadu všetkých premenných vplyvov, ktoré pôsobia v tejto hale a zároveň zistiť, či je možné halu využívať aj bez toho, aby došlo k väčšej degradácii historických artefaktov, ktoré sa v nej nachádzajú [5].



Obr. 5 Giant Hall, Padova (Taliansko) [6]

Štúdia potvrdzuje negatívny dopad na vnútornú mikroklimu. Hlavnou príčinou je teplotné pôsobenie lustrov, prenik vzduchu z exteriéru pri otváraní dverí a okien, vplyv tepla a vlhkosti vyprodukovaný ľuďmi, ďalej potvrdila negatívny dopad priameho slnečného žiarenia dopadajúceho skrz okná a premenlivú zmenu teploty a relatívnej vlhkosti počas dňa a noci. Ďalší problém sa vyskytoval počas koncertov v zimnom období, kedy bolo veľké množstvo ľudí v hale, dochádzalo k poklesu teploty pod rosný bod v oblasti vitrážových okien (ocelové pásky medzi sklíčkami), čo viedlo ku korózii [5].

Následne sa dospelo k odporúčaniam, aby vykurovací systém bol nastavený na rovnaký chod počas dňa a noci aby sa predišlo krátkodobým meniacim sa cyklom teploty a relatívnej vlhkosti interiéru. Kvôli poškodenému kazetovému stropu bolo zvolené pridržať sa normy UNI 10969, ktorá odporúča aby sa vnútorné prostredie udržiavalo v tepelne-vlhkostnom rozhraní, v ktorom sa vyskytovalo doteraz. Ide o dlhodobú interakciu medzi artefaktmi a prostredím [5].

3.2 Kaplnka Scrovegniovcov

Tento článok spracúva výsledky 20-ročného monitorovania vnútornej mikroklímy v Kaplnke Scrovegniovcov, ktorá sa nachádza v Padove (Taliano) [7]. Kaplnka je monitorovaná už od sedemdesiatych rokov minulého storočia. Cieľom monitorovania je posúdiť stupeň konzervácie fresiek a samotnej konštrukcie budovy. Počas dlhoročného monitorovania došlo k renovácii objektu. Bol nainštalovaný vykurovací, ventilačný a klimatizačný systém (HVAC systém). Merania, počas prvého roka od inštalácie HVAC, poukazujú na priaznivý dopad tohto systému a správneho nastavenia. Najväčší problém kaplnky nastával v letnom období, kedy teplota interiéru dosahovala vysokých kritických hodnôt. Inštalácia HVAC umožnila významné zlepšenie vnútorných podmienok [7].

Výsledky meraní potvrdzujú schopnosť systému riadiť mikroklímu v interiéri v navrhovanom rozsahu hodnôt teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu [7].



Obr. 6 Kaplnka Scrovegniovcov, Padova (Taliano) [8]

3.3 Štukové panely v miestnosti VI v Galérii Borghese

Štúdia sa zaoberá zisťovaním príčin, ktoré spôsobujú zhoršenie stavu štyroch štukových panelov, ktoré zdobia klenbu v miestnosti VI v Galérii Borghese v Ríme. Na paneloch sú vyobrazení gladiátori vykonávajúci starodávny grécky bojový tanec. Už dvakrát boli tieto panely podrobené reštaurovaniu kvôli vzniknutým prasklinám. V dôsledku stáleho zhoršovania stavu týchto panelov bola uskutočnená chemicko-fyzikálna analýza materiálov in situ aj v laboratóriách. Tie analyzovali prvky a zlúčeniny a mineralogické zloženie panelov. Bola taktiež spracovaná štúdia vnútorného prostredia. Hlavným cieľom štúdie bolo navrhnúť vhodné opatrenia zaisťujúce návrat k historickej mikroklíme lepším výberom typu osvetlenia a zaistením lepšieho managementu miestnosti [9].



Obr. 7 Štukový panel z Galérie Borghese [9]

Do miestnosti nikdy nepreniká priame slnečné žiarenie. Aj keď sa v miestnosti vyskytujú 4 okná, stále sú zatienené. Panely sú osvietené len umelým svetlom. Pozorovanie vnútornej mikroklímy bolo v čase od 01.04.2009 do 20.10.2009, kedy teplota v roku dosahovala najvyšších hodnôt. Vysoké teploty spôsobujú prehrievanie štukových panelov a tým aj zmenu vnútorného napätia materiálu. Panely boli monitorované datalogerom zaznamenávajúcím tepelne-vlhkostný stav, povrchovým teplomerom, detektorom oxidu uhličitého a štyrmi detektormi povrchových trhlín. Analýza vnútornej mikroklímy je spracovaná podľa EN 15757:2010 [9].

Výsledkom sledovania panelov a vnútorného prostredia bolo zhoršenie stavu štukových panelov zapríčinené vysokými teplotami a suchým prostredím, ktoré bolo spôsobené umelým osvetlením žiarovkami. Žiarovky sa nachádzali v blízkosti panelov a svietili nepretržite 12 hodín denne. Tieto vplyvy zapríčinili vznik trhlín v štukových paneloch. Ďalším negatívnym vplyvom bolo pôsobenie telesného tepla návštevníkov [9].

Štúdia uvádza opatrenia:

- Zmena halogénových žiaroviek za zdroj studeného svetla, čo je napr. LED s nízkou emisívitou infračerveného žiarenia alebo kompaktné žiarivky. Predpokladá sa, že zmena osvetlenia by mala pomôcť, avšak ak k zmene nedôjde, odporúča sa optimalizovať HVAC systém [9].
- Zamedziť náhodné otváranie okien v priebehu dňa [9].

- Pravidelne kontrolovať spomenuté opatrenia pre identifikáciu a dosiahnutie vhodných podmienok pre konzerváciu [9].

3.4 Štúdia techník merania prirodzeného prostredia pre konzerváciu v ľudových obydliach v južnom Taliansku

Štúdia sa zaoberá kostolom Sanctuary of St. Mary of Palomba (Obr. 9), ktorý je súčasťou kamenného mesta Sassi di Matera (južné Taliansko). Kostol bol skonštruovaný nad starodávnou kryptou v roku 1583. Kostol prešiel reštaurovaním, no stav vnútorného prostredia nebol stále ideálny. Kvôli tomu bolo nutné pridať monitorovanie pre zistenie príčin spôsobujúcich degradáciu fresiek [10].



Obr. 8 Kamenné mesto Sassi di Matera [11]

Hlavnou príčinou degradácie fresiek a umeleckých artefaktov v podzemných priestoroch je vysoká relatívna vlhkosť a voda infiltrovaná v murive. Dochádza aj k častej kondenzácii na povrchu stien v interiéri. Nadmerne vlhké prostredie je spôsobené nedostatočnou výmenou vzduchu. Krypta je priam vzduchotesná v dôsledku hrúbky stien. Tepelne-vlhkostným meraním sa zistilo, že teplota interiéru sa pohybovala okolo 10 °C a relatívna vlhkosť dosahovala takmer stav úplného nasýtenia. Tieto hodnoty vôbec neodpovedali odporúčaným hodnotám určených pre konzerváciu fresiek (odporúčané hodnoty: teplota interiéru od 10 °C do 24 °C, relatívna vlhkosť 55 % až 65 %) [10].

Medzi hlavné opatrenia patrí zaistenie lepšej výmeny vnútorného vzduchu v krypte aby nedochádzalo k stagnácii nasýteného vzduchu. K vetraniu by malo dochádzať aj keď je vstup uzatvorený. To sa môže dosiahnuť napr. inštaláciou vetracích mriežok na dvere a okná [10].

Po upravení vetracích mriežok sa zopakovalo meranie vnútorného prostredia. Teplota vnútorného prostredia dosahovala priemernú odporúčanú hodnotu pre konzerváciu fresiek, ale relatívna vlhkosť sa výrazne nezmenila. Nevylučuje sa, že po dlhšom časovom intervale by mohli tieto opatrenia zlepšiť aj relatívnu vlhkosť a tak by sa predišlo inštalácii klimatizačných systémov [10].



Obr. 9 Vľavo kostol Sanctuary of St. Mary of Palomba, vpravo interiér kostola [12]

4 MERANIE TEPELNE-VLHKOSTNEJ MIKROKLÍMY

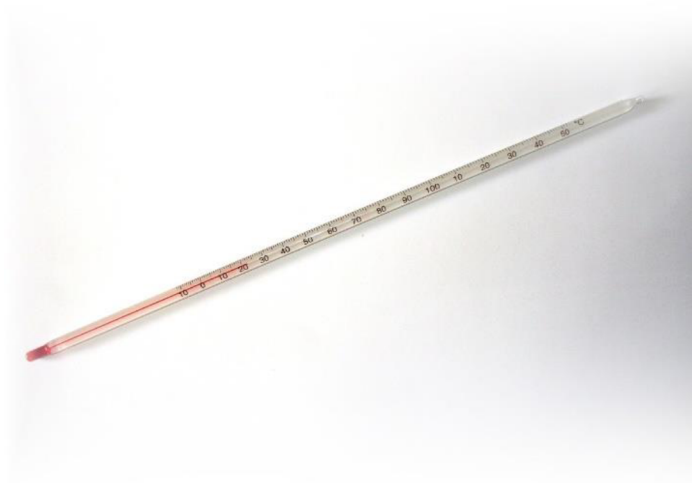
K analýze vnútorného prostredia je nutné mať k dispozícii dáta namerané vhodným meracím zariadením. Najčastejšími meranými parametrami sú teplota a vlhkosť tvoriace základ popisu vnútornej mikroklímy. Aj táto bakalárska práca spracúva analýzu tepelne-vlhkostných dát zbieraných v určitom časovom intervale. V nasledujúcich podkapitolách je pozornosť venovaná rôznym meracím zariadeniam teploty a vlhkosti, ktoré sa v praxi bežne používajú.

4.1 Meranie teploty

Teplota je stavová veličina a patrí medzi základné pojmy termodynamiky. Teplota je daná kinetickou energiou pohybujúcich sa molekúl. Na trhu sa dnes vyskytujú rôzne typy zariadení, slúžiacich na meranie teploty vzduchu. Základné rozdelenie teplomerov je: kontaktné a bezkontaktné. Ku kontaktným teplomerom patria kvapalinové, deformačné (manometrické, bimetalové), elektrické (odporové, termoelektrické), číslicové teplomery a elektronické záznamníky teploty tzv. datalogery. K bezkontaktným teplomerom patria zariadenia, ktoré fungujú na princípe termografického merania.

1. Kvapalinový teplomer

Sklenený kvapalinový teplomer – používajú sa buď liehové alebo ortuťové teplomery. Meranie teploty je založené na priamom pozorovaní relatívnej zmeny objemu teplomerovej kvapaliny v skle. Kvapalinové teplomery majú teplotný rozsah od -200 do 500 °C [13]. Výhodnou vlastnosťou ortute je, že má nízku tepelnú kapacitu, vysokú tepelnú vodivosť, vysokú teplotu varu (cca 357 °C) a nízku teplotu topenia (-38 °C) [2]. Výhodou organických kvapalín v teplomere (napr. etylalkohol, pentán, toluén) je ich nízka teplota tuhnutia a možnosť ich zafarbenia [13].



Obr. 10 Sklenený kvapalinový teplomer [14]

2. Deformačný teplomer

Manometrický teplomer – receptory sú kovové rúrky naplnené kvapalinou (lieh, ortuť). Používajú sa tzv. Bourdonové trubice so šošovkovitým prierezom a kruhovitým zakrivením (oblúk alebo špirála). Na základe zmeny teploty dochádza k deformácii tohto zakrivenia. Následne prevodový mechanizmus prenáša vzniknuté deformácie na stupnicu alebo registračný pásik. Využívajú sa pri meraní teplôt vody a pôdy, ale je nimi možné merať aj teplotu vzduchu, ak sa upraví na psychrometre [15].

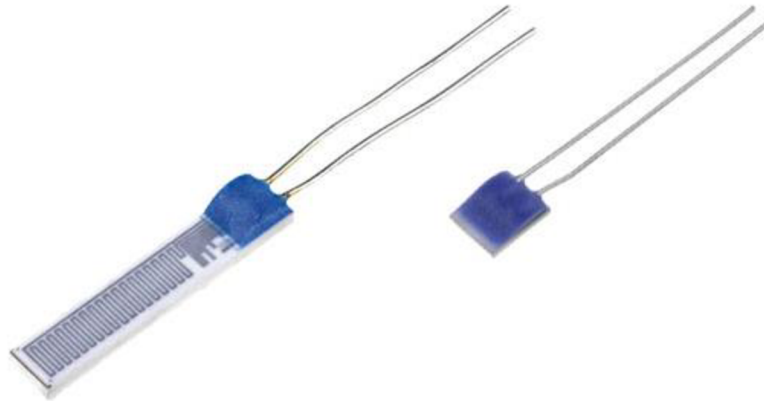
Bimetalový teplomer – alebo aj dvojkovový snímač teploty, je vytvorený pevným spojením dvoch vrstiev kovov s rôznymi súčiniteľmi dĺžkovej rozťažnosti. Na základe spojenia dvoch rôznych materiálov dochádza k ohybu bimetalu pri zmene teploty. Tento ohyb sa prenáša mechanicky na ukazovateľ teploty [13].



Obr. 11 Bimetalový teplomer [16]

3. Elektrický teplomer

Odporový teplomer – meranie je založené na meraní teplotnej závislosti odporu snímača, ktorý je prevažne z čistých kovov (odporový materiál). Pri zvyšovaní teploty narastá elektrický odpor snímača. Snímač pozostáva zo špirálovo stočeného drôtu zataveného v keramickom alebo sklenenom puzdre [13].



Obr. 12 Odporový senzor (plošný) [17]

Termoelektrický teplomer – meranie je založené na termoelektrickom jave. Termoelektrický jav nastáva, keď sú dva drôty z rôznych kovov spojené na dvoch miestach a teplota na tých miestach je odlišná - generuje sa termoelektrické napätie. Veľkosť termoelektrického napätia závisí na rozdiel teplot prostredí [13].



Obr. 13 Termoelektrický teplomer [18]

4. Číslicové (digitálne) teplomery

Elektronický teplomer pozostáva zo snímača teploty a indikačnej jednotky. Indikačná jednotka spracúva výstupný signál snímača teploty. Do tejto skupiny

patria aj špeciálne druhy elektronických teplomerov, ktoré kombinujú viaceré meradlá (napr. teplomer + vlhkomer + barometer) [13].



Obr. 14 Elektronický teplomer, vpichový [19]

5. Elektronické záznamníky teploty – datalogery

Tieto zariadenia umožňujú ukladanie nameraných dát do pamäte a následné čítanie zaznamenaných údajov. Všetky zaznamenané informácie je možné preniesť do PC. Datalogery obsahujú teplotný snímač, elektronické obvody, pamäť a batériu [13].



Obr. 15 Dataloger [20]

6. Bezkontaktný teplomer

K bezkontaktným meraniam teploty patria termografické merania. Do tejto skupiny patria rôzne typy termografických kamier, napr. s rozkladom obrazu (scanery), bez rozkladu obrazu: s maticovým detektorom, s chladeným detektorom, nechladeným detektorom. Prístroje merajú integrovanú hodnotu žiarenia emitovaného objektom. Infračervené žiarenie má vlnovú dĺžku od 0,78 μm do 1 mm (viditeľné žiarenie je v rozmedzí od 0,38 μm do 0,78 μm).

Bezkontaktný teplomer pozostáva z nasledujúcich častí: optická časť, ktorá zaručuje dopad sústredenej energie vyžarovanej telesom na snímač, samotný snímač prevádzajúci infračervené žiarenie na elektrický signál, elektronické obvody, ktoré spracúvajú elektrický signál zo snímača a poslednou časťou je display zobrazujúci namerané hodnoty [21].



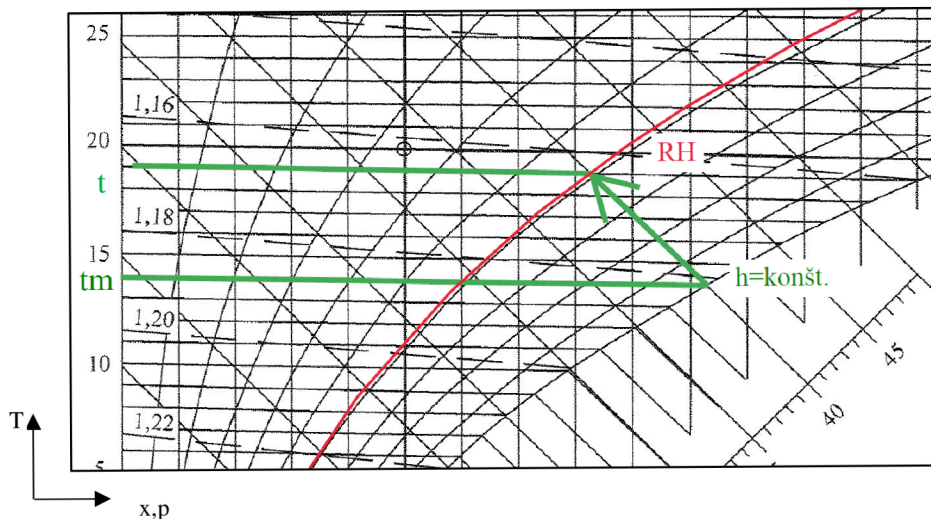
Obr. 16 Bezkontaktný teplomer [22]

4.2 Meranie vlhkosti

Vlhkosť interiéru je meraná pomocou vlhkomerov. Vlhkosť je ďalšia dôležitá fyzikálna veličina popisujúca stav vzduchu. Rozoznáva sa vlhkosť absolútna, relatívna a merná. Absolútna vlhkosť vzduchu udáva množstvo vodnej pary v 1 m³ vzduchu. Relatívna vlhkosť udáva pomer hmotnosti vody obsiahnutej v určitom objeme vzduchu k množstvu vody, ktoré je potrebné k nasýteniu tohto objemu pri rovnakej teplote. Merná vlhkosť udáva množstvo vodnej pary v kilogramoch na 1 kg suchého vzduchu. V nasledujúcich podkapitolách sú popísané základné metódy merania vlhkosti vzduchu.

1. Psychrometrická metóda

Psychrometrický spôsob zistenia relatívnej vlhkosti je založený na adiabatickom ochladzovaní. Vlhkomery, pracujúce na princípe psychrometrickej metódy, pozostávajú z dvoch teplomerov umiestnených čo najbližšie pri sebe (3-5 cm). Teplotné čidlo jedného z teplomerov je obalené textilným návlekom, ktorý je zvlhčováný destilovanou vodou. Jeden teplomer je suchý a druhý vlhký. Vlhkosť sa stanovuje z psychrometrickej depresie (rozdiel údajov dvoch teplomerov) [23].



Obr. 17 Určenie vlhkosti z teploty mokrého a suchého teplomera pomocou Mollierovho diagramu

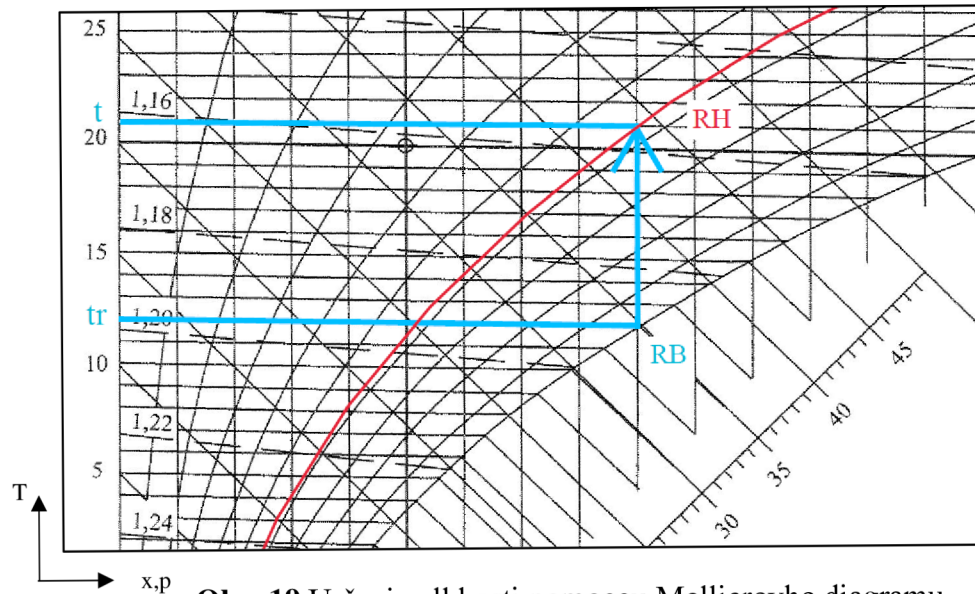


Obr. 18 Psychrometer [24]

2. Metóda založená na zisťovaní teploty rosného bodu

Metóda je založená na princípe snímania zmeny odrazivosti kovového zrkadla pri jeho orosení. Zrkadlo odráža lúč z LED diódy do snímača. Pri orosení dôjde k zmene svetelného toku. Keď dôjde k ochladeniu vzduchu a zrkadlo sa orosí, svetelný tok bude slabší. Následne z teploty rosného bodu a teploty okolia prístroj dopočíta relatívnu vlhkosť [25].

Existuje ešte jeden podobný prístroj, ktorý namiesto kovového zrkadla obsahuje čierne zrkadlo. Tiež dochádza k odrazu lúča z LED diódy, ale v tomto prípade dochádza k pohlteniu svetelného lúča čiernym zrkadlom. Pri ochladení zrkadla a následnom orosení sa výsledné množstvo odrazeného svetelného toku zvýši [25]. Na základe teploty okolia (t) a teploty rosného bodu zrkadla (t_r) je možné zistiť relatívnu vlhkosť aj pomocou Mollierovho diagramu vid' Obr. 19.



Obr. 19 Určenie vlhkosti pomocou Mollierovho diagramu

3. Hygroskopická metóda merania vlhkosti vzduchu

Ako už z názvu vyplýva, táto metóda využíva hygroskopické (pohlcujúce vlhkosť) vlastnosti látok. Pri pohltení vlhkosti dôjde k zmene objemu látky. Pre tieto účely sa využívajú ľudské vlasy alebo živočíšne črevné blany, ktoré sa pri pohlcovaní vlhkosti predlžujú. Následne prevodovým mechanizmom sa zmeny ukážu na prispôbenej stupnici prístroja [23]. Týmto prístrojom sa meria relatívna vzdušná vlhkosť.



Obr. 20 Vlasový hygrometer [26]

4. Elektrická metóda merania vlhkosti vzduchu

Metóda funguje na rovnakom princípe ako psychrometrická. Meria sa psychrometrický rozdiel, ale namiesto teplomerov sú využívané termočlánky. Teplé spoje termočlánkovej batérie zastupujú suchý teplomer a studené spoje, obalené návlekom, vlhký teplomer. Je nutné merať aj teplotu vzduchu aby bolo možné zistiť psychrometrickú diferenciu [23].

B VÝPOČTOVÁ ČASŤ

1 ANALÝZA A POSÚDENIE SÚČASNÉHO SYSTÉMU VYKUROVANIA OBJEKTU

1.1 Popis objektu

Kostol Jména Ježíš je súčasťou historického centra mesta Telč ležiaceho v južnej časti Českej republiky. Od roku 1992 je historické centrum, teda aj samotný jezuitský kostol Jména Ježíš, súčasťou svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO [27].

Tento barokový kostol bol postavený ako súčasť areálu jezuitského internátu v polovici 17. storočia a bol vysvätený 11.9.1667 [28]. Netypickou črtou kostola je jeho napojenie na okolitú zástavbu. Kostol sa nachádza pozdĺžne v radovej zástavbe historického námestia. Vstup nie je z kratšej strany, ako to vo väčšine prípadov sakrálnych stavieb býva, ale z pozdĺžnej strany, ktorá lícuje námestie [3].

Kostol je jednoloďový s presbytériom nachádzajúcim sa medzi vežami. Veže kostola sú vysoké 38,93 m. V ľavej veži (z pohľadu od vstupu do kostola) je umiestnené špirálové schodisko končiacie na druhom nadzemnom podlaží – chóre. V pravej veži, na prízemí, sa nachádza chodba smerujúca do sakristie kostola. Steny v interiéri sú namaľované na bielo. Podlaha je z kamennej dlažby. V kostole je umiestnených celkom 7 oltárov: hlavný oltár v rámci presbytéria a 6 bočných oltárov obklopujúcich hlavnú loď. V strednej časti chóru, oproti presbytériu, je umiestnený orgán. Pod kostolom sa nachádza podzemná krypta, ktorej vstup vedie z areálu bývalého jezuitského internátu nachádzajúceho sa za kostolom. Samotná sakristia s príslušnými miestnosťami je súčasťou budovy internátu.



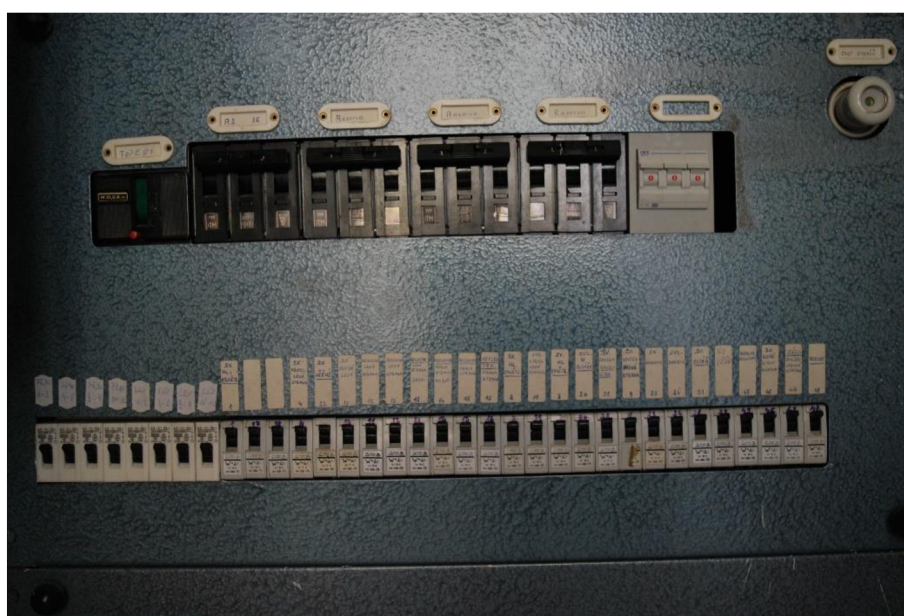
Obr. 21 Kostol Jména Ježíš v Telči, vľavo rez kostolom, vpravo pohľad zo strany bývalého jezuitského internátu [29]

1.2 Súčasný systém vykurovania objektu

Systém vykurovania v kostole Jména Ježíš je pomocou elektrických sálavých panelov. Panely sú umiestnené len v oblasti lavíc určených pre návštevníkov kostola. Výkon jedného panelu je 125 W . V každej lavici sa nachádzajú 2 úzke panely rovnomerne umiestnené aby pokryli svojím sálavým teplom čo najväčšiu časť lavice. Sú situované pod úložným miestom pre modlitebné knihy. Celkový počet panelov v kostole je 48 kusov. Celkový výkon elektrických panelov je 6 kW . Každá dvojica panelov nachádzajúca sa v jednej lavici je napojená jedným pripojovacím káblom. Všetky elektrické káble ústia do rozvodnej skrine umiestnenej v chodbe vedúcej do sakristie. Keďže každá lavica je pripojená vlastným elektrickým káblom, je možné regulovať celkový výkon zapnutím len určitých „lavíc“ podľa obsadenosti na bohoslužbách.



Obr. 22 Sálavé elektrické panely v kostole Jména Ježíš [3]



Obr. 23 Rozvodná skriňa v kostole Jména Ježíš

Obsluha tohto systému je veľmi jednoduchá a keďže hlavným médiom je elektrický prúd, nedochádza k tepelným stratám vo vykurovacom systéme. Taktiež veľkou výhodou súčasného systému vykurovania objektu je jeho bezproblémové umiestnenie. Panely, pripojovacie káble a rozvodná skrinka nevyžadujú veľký priestor. K nevýhodám patrí vizuálna stránka. Elektrické panely sú v laviciach veľmi viditeľné a rušia historickú atmosféru interiéru kostola.

1.3 Analýza vnútorného prostredia

Prirodzené vnútorné prostredie kostola Jména Ježíš v Telči je najviac ovplyvňované vonkajšími klimatickými podmienkami, či už je to zmena ročných období alebo každodenné meniace sa počasie. Vďaka týmto zmenám sa neustále mení aj vnútorná mikroklima. Je nutné zmieniť, že značný vplyv na relatívnu vlhkosť interiéru má pobyt osôb počas bohoslužieb. Človek neustále produkuje teplo a vodnú paru. Napr. človek sediaci nevykonávajúci žiadnu činnosť vyprodukuje pri teplote prostredia $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ až 74 W citeľného tepla a 60 gh^{-1} vodnej pary [30].

1.3.1 Meranie tepelne-vlhkostných dát

Analýza vnútornej klímy je spracovaná na základe nameraných dát v čase od 27.04.2017 (12:20) do 05.08.2020 (14:20). Údaje boli zaznamenávané každých 20 minút datalogerom S3120E.

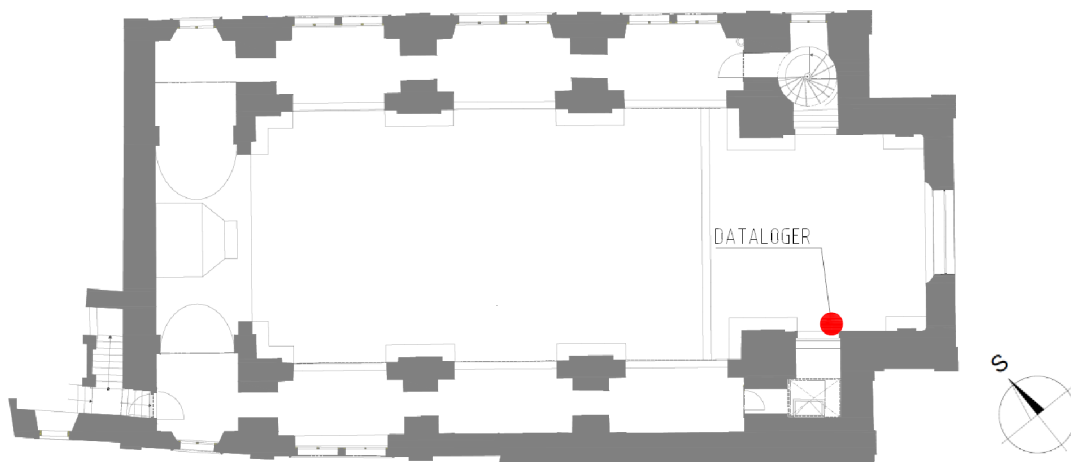


Obr. 24 Dataloger S3120E [31]

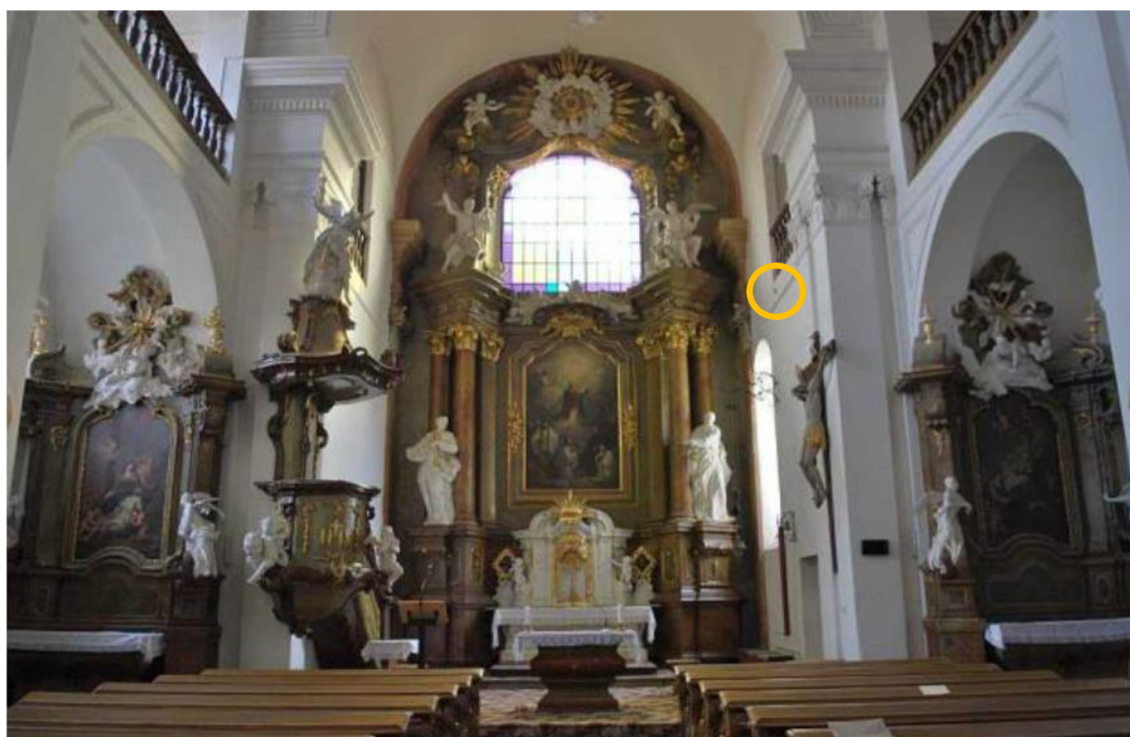
Technické parametre prístroja:

- Teplota okolia (odporový snímač Pt1000/3850ppm):
 - Rozsah merania: -30 až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Rozlíšenie: $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Presnosť: $\pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozsahu -30 až $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\pm 0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozsahu $+30$ až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Relatívna vlhkosť:
 - Rozsah merania: 0 až $100\text{ } \% RH$
 - Rozlíšenie: $0,1\text{ } \% RH$
 - Presnosť: $\pm 0,3\text{ } \% RH$ v rozsahu 5 až $95\text{ } \% RH$ pri $23\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Rosný bod (veličiny vypočítaná z teploty a vlhkosti):
 - Rozsah: -60 až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Rozlíšenie: $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Presnosť: $\pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri teplote okolia $T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $RH > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Dataloger bol počas merania umiestnený na pravej strane presbytéria vo výške 3,2 m nad podlahou, viď Obr. 25. Tepelne-vlhkostné parametre exteriéru boli namerané na severovýchodnej fasáde kostola Jména Ježíš vo výške 11,2 m nad terénom.



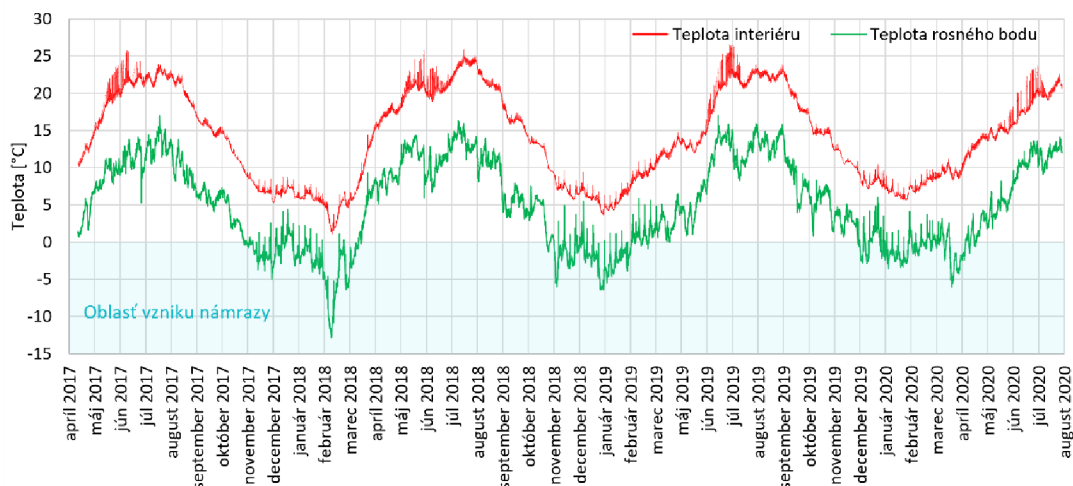
Obr. 25 Umiestnenie datalogeru, pôdorys 2.NP



Obr. 26 Interiér kostola Jména Ježíš s vyznačeným datalogerom [3]

1.3.2 Analýza nameraných dát

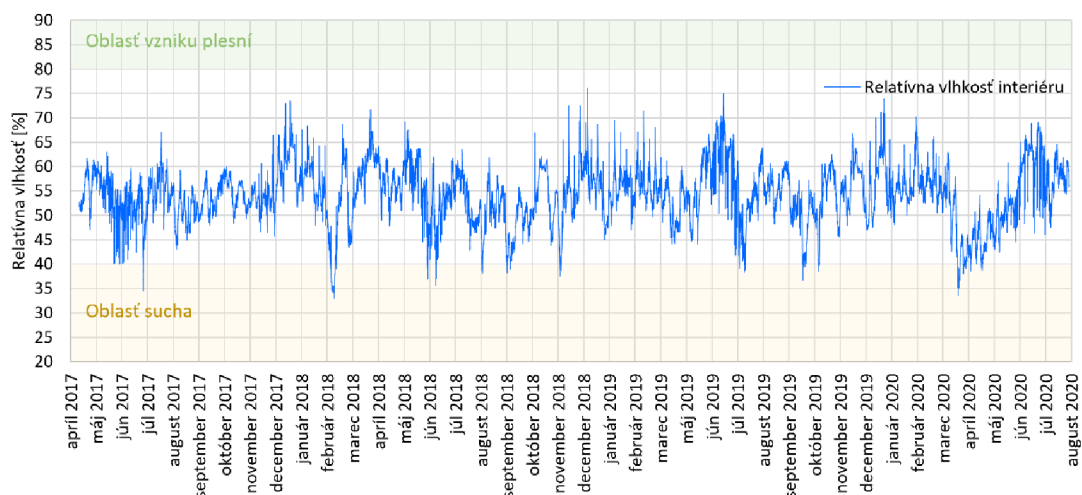
Analýza tepelne-vlhkostnej mikroklímy je spracovaná na základe dát, ktoré sú namerané od 27.04.2017 (12:20) do 05.08.2020 (14:20), čo je 1196 dní. Teploty a relatívne vlhkosti jednotlivých záznamov sú zobrazené na nasledujúcom grafe.



Obr. 27 Priebeg teploty interiéru a teploty rosného bodu v sledovanom období

Teplota interiéru je zobrazená červenou čiarou a teplota rosného bodu zelenou. Ako je vidieť na grafe, ani raz za sledované obdobie nedošlo k poklesu teploty pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Medián teploty interiéru je $14,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je možné si všimnúť, že vo februári v roku 2018 teplota interiéru dosahovala najnižších hodnôt. Tento pokles bol spôsobený nadmerne chladným počasím. Minimálna teplota interiéru bola $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2.3.2018). Maximálna teplota bola nameraná $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (28.6.2019). Každý rok v období jún až júl dochádzalo k nadmernej fluktuácii teploty v priebehu dňa. Príčinou tejto fluktuácie je priame slnečné žiarenie na dataloger skrz okno, ktoré sa nachádza v presbytériu nad oltárom. Slnečné lúče dopadali na dataloger okolo 7:00 až 8:00 hodiny ráno v priebehu júna a júla.

Medián teploty rosného bodu je $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Najnižšia teplota rosného bodu bola $-12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.3.2018) a maximálna $17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

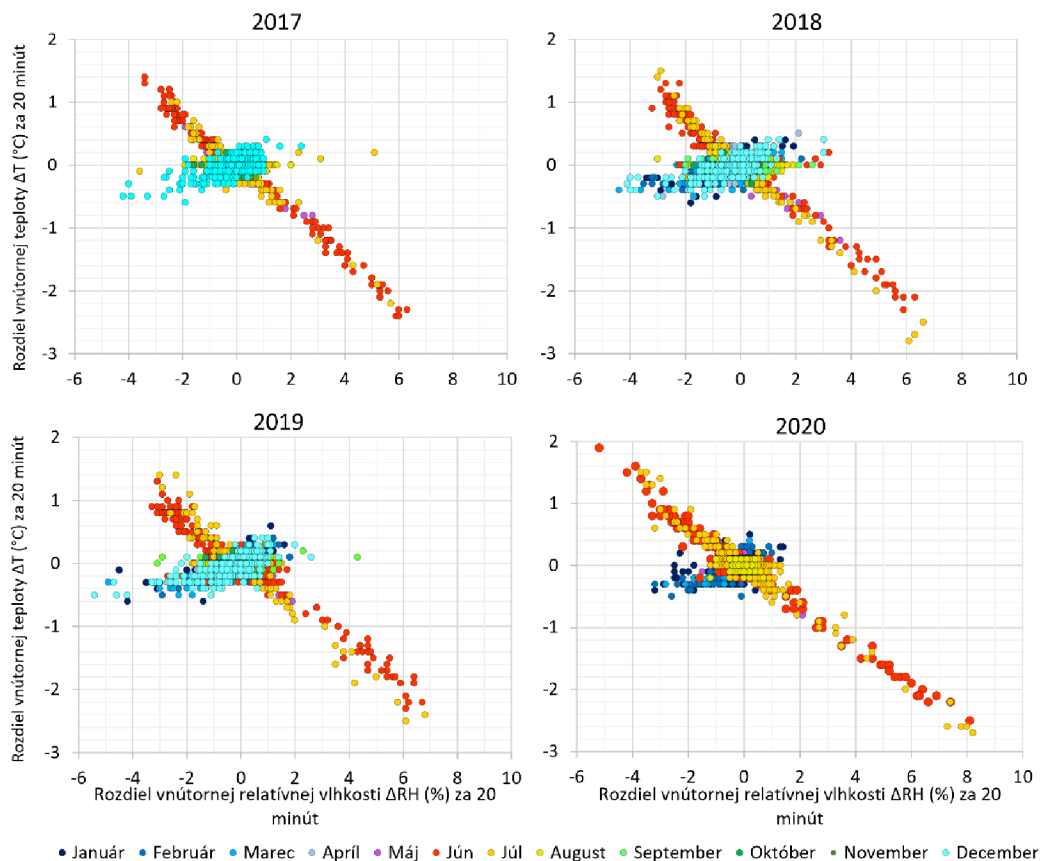


Obr. 28 Priebeg relatívnej vlhkosti interiéru v sledovanom období

Na Obr. 28 je zobrazená relatívna vlhkosť interiéru v sledovanom období. Pri relatívnej vlhkosti nižšej ako 40 % je vzduch považovaný za suchý. Naopak, ak relatívna vlhkosť nadobúda vyšších hodnôt ako 80 %, dochádza k vzniku plesní. Vzduch je prijateľný v rozmedzí relatívnej vlhkosti od 40 % do 80 %. Relatívna vlhkosť v interiéru kostola ani raz neprekročila hodnotu 80 %. Medián relatívnej

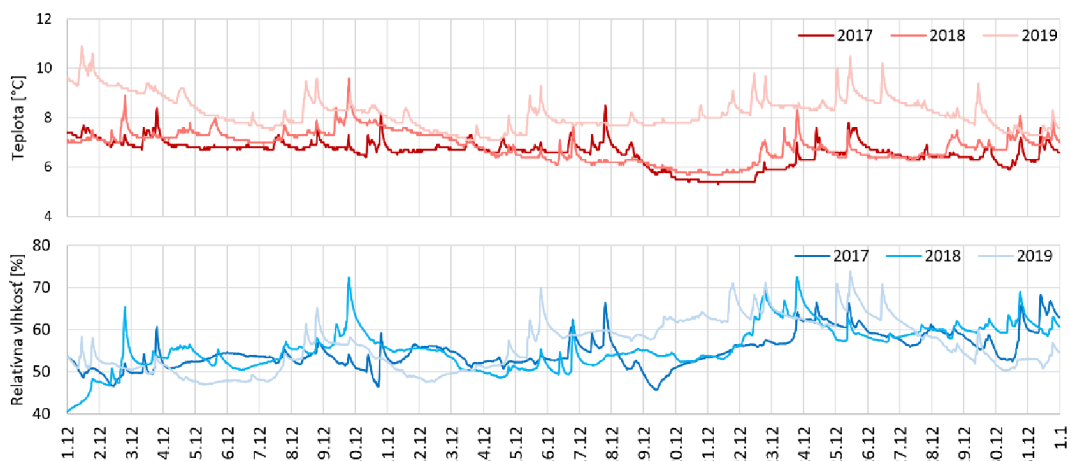
vlhkosti je 54,7 %. Maximálna hodnota bola nameraná 76,1 % (1.1.2019). Minimálna hodnota 32,9 % (1.3.2018). Táto hodnota bola nameraná práve v čase, kedy bolo veľmi chladné a suché počasie.

Nasledujúce grafy zobrazujú tepelne-vlhkostné zmeny nameraných dát, pričom na horizontálnej osi je rozdiel relatívnej vlhkosti interiéru za 20 minút a na vertikálnej osi je rozdiel teploty interiéru za 20 minút. Body sú farebne rozlíšené podľa mesiacov. Dáta sú zaznamenané v roku 2017 od 27. apríla a v roku 2020 po 5. august. Celoročné hodnoty sú zobrazené len v rámci rokov 2018 a 2019.



Obr. 29 Tepelne-vlhkostné rozdiely interiéru

K najväčším rozdielom dochádzalo v letných mesiacoch práve v čase, kedy dopadali slnečné lúče priamo na dataloger. Ďalej si je možno všimnúť decembrové hodnoty, ktoré majú väčšiu odchýlku od ostatných sledovaných mesiacov. Je to spôsobené tým, že v decembri počas adventných nediel a samotných Vianoc bol väčší počet návštevníkov v kostole. Dochádzalo k rýchlemu nárastu relatívnej vlhkosti a tým bola spôsobená krátkodobá fluktuácia relatívnej vlhkosti. Túto príčinu je vidieť na Obr. 30, kde pri náraste teploty interiéru narastá aj relatívna vlhkosť prostredia. Priródené pri zmene teploty z nižšej hodnoty na vyššiu relatívna vlhkosť klesá. Poukazuje na to aj Mollierov diagram. V tomto prípade je to naopak. Na základe tohto faktu je možné tvrdiť, že v objekte musel byť zdroj vyvolávajúci vyššiu relatívnu vlhkosť, čo v tomto prípade predstavuje ľudí zúčastnených na bohoslužbách.

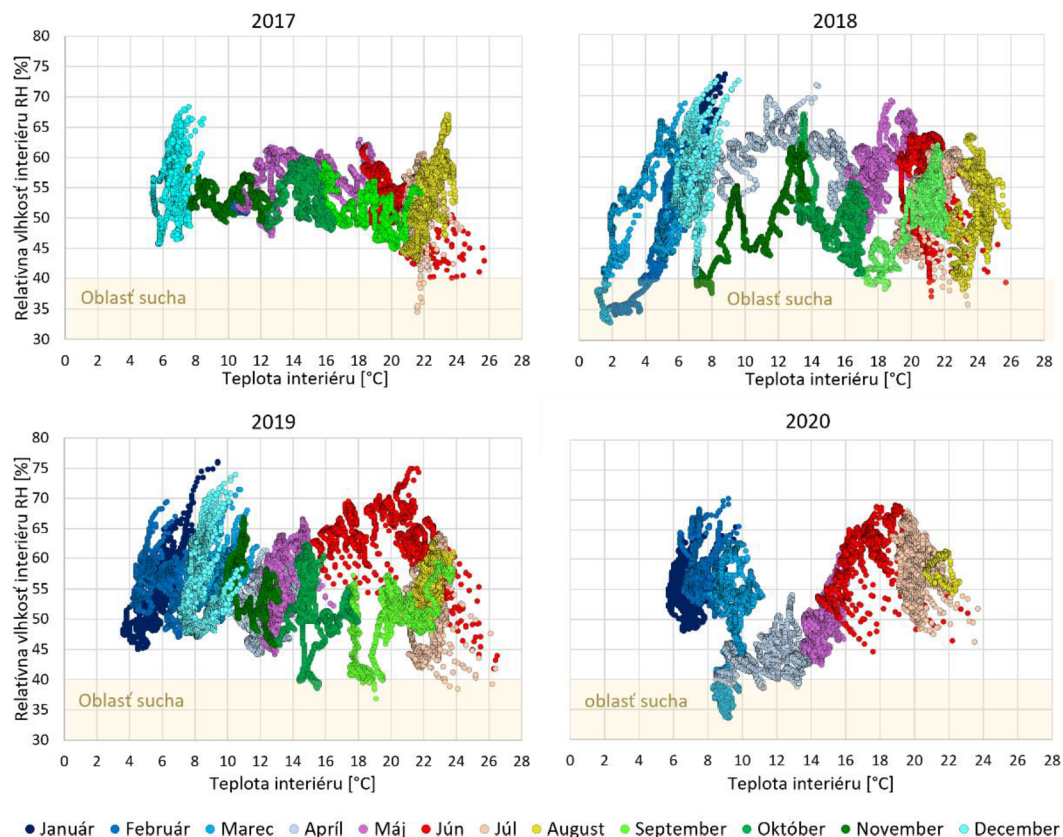


Obr. 30 Priebeh teploty a relatívnej vlhkosti interiéru v decembri 2017, 2018, 2019

1.3.3 Metóda Target Range

Metóda Target Range určuje vhodné prijateľné rozmedzie teplôt a relatívnej vlhkosti pre konzerváciu historických artefaktov. Presný popis metódy je v teoretickej časti tejto práce.

Zobrazenie tepelne-vlhkostného stavu prostredia počas jednotlivých rokov je možné použitím bodového grafu, kde na horizontálnej osi je zobrazená teplota vnútorného prostredia a na vertikálnej osi relatívna vlhkosť interiéru. Interval nameraných hodnôt je 20 minút. Zaznamenané hodnoty sú v rozmedzí od 27.4.2017 do 5.8.2020. Merania sú farebne rozlíšené podľa mesiacov.



Obr. 31 Tepelne-vlhkostné záznamy stavu interiéru v kostole Jména Ježíš

Medzi posudzované materiály pre metódu prijateľného rozmedzia patria: kost', drevo, polychromatické drevo, olejomal'ba, materiál organu, ľahké kovy a lakované drevo. Tieto materiály sú súčasťou historických artefaktov:

1. **Kost'** – súčasť kamennej relikvie nachádzajúcej sa v oltári.
2. **Drevo** – konštrukcia oltára, časti bočných kaplniek, kazateľnica, konštrukcia orgánu, dvere a rámy obrazov.
3. **Polychromatické drevo** – časť hlavného oltára, kazateľnica, drevené časti sôch.
4. **Olejomal'by** – plátno súčasťou hlavného oltára, bočných kaplniek; plátno na stenách.
5. **Organ** – vbudovaný organ.
6. **Ľahké kovy** – zámočnícke výrobky a doplnky, ktoré sú súčasťou dverí, oltára, svätostánku; ďalej časti niektorých liturgických artefaktov, používaných počas bohoslužieb.
7. **Lakované drevené vykladanie** – finálna povrchová vrstva oltára, šiestich kaplniek, spovednice, kazateľnice, orgánu a rámov obrazov.

Prijateľné rozmedzie vychádza z rôznych odporúčaní na základe dlhodobého sledovania stavu historických artefaktov. Táto práca vychádza z odporúčaní, ktoré sú zhrnuté v článku [3]: M.BB.CC. 2001, Talianska norma UNI 1999, U.K. Inštitút pre konzerváciu, Musée de France, Museo a Roma, Baumont-Laurie a Thomson. Výsledné početnosti prijateľného rozmedzia v danom časovom intervale sú zobrazené v Tab. 1.

Relatívne početnosti vyhovujúceho vnútorného prostredia sú v rozmedzí hodnôt od 2,7 % po 61,2 %. Tieto relatívne početnosti platia pre celkový tepelne-vlhkostný stav vnútorného prostredia a hovoria, v koľkých dňoch zo sledovaného obdobia boli podmienky vyhovujúce podľa danej literatúry uvedenej v prvom stĺpci v Tab. 1. Z posúdenia teploty a relatívnej vlhkosti je zrejmé, že vyššie relatívne početnosti dosahuje relatívna vlhkosť. Kým hodnoty z prijateľného intervalu sa vyskytujú v prípade relatívnej vlhkosti v rozmedzí od 20 % do 96 %, v prípade teploty od 7 % do 67 %. Je možné tvrdiť, že nízke relatívne početnosti zohľadňujúce celkový tepelne-vlhkostný stav prostredia, sú spôsobené prevažne nízkym výskytom vyhovujúcej teploty vnútorného prostredia. Napr. pre olejomal'bu podľa talianskej normy UNI 1999 sa vyskytuje vyhovujúca teplota v 29 % z nameraných dní a relatívna vlhkosť v 51 %. Prienik oboch podmienok je v 14,8 % zo sledovaných dní.

Z hľadiska teploty interiéru, najvhodnejšia mikroklima je pre kosti, kde početnosť vyhovujúcich dní je až 67 % (U.K. Inštitút pre konzerváciu). Naopak najnepriaznivejšie prostredie z hľadiska teploty interiéru je pre orgán, kde početnosť je iba 7 % (podľa Musée de France). Z hľadiska relatívnej vlhkosti je maximálna početnosť pre drevené časti, až 96 % (M.BB.CC, 2001) a minimálna početnosť 20 % pre viaceré materiály: drevené časti, olejomal'by, orgán, ľahké kovy, drevená mozaika.

Tab. 1 Percentuálne vyjadrenie početnosti prijateľného rozmedzia pre jednotlivé materiály

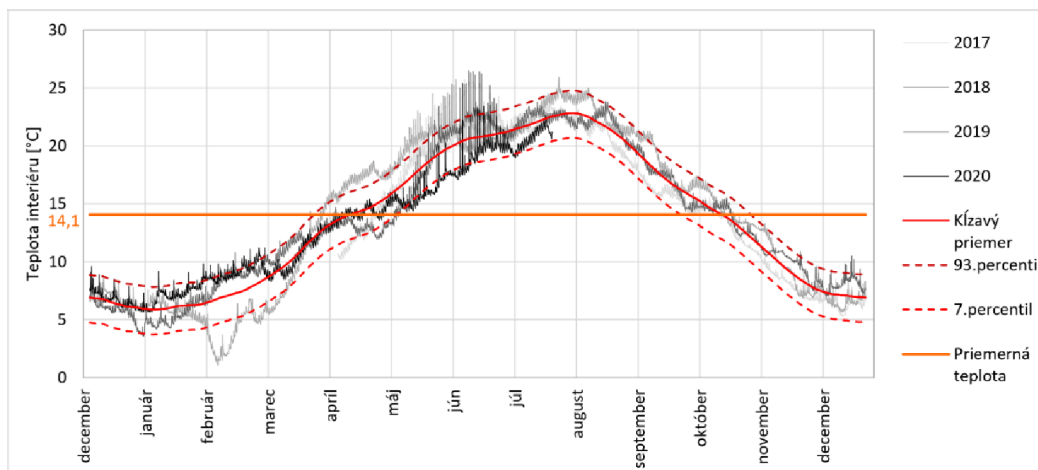
Zdroj informácií	Rozsah T [°C]	Vyhovujúce dni [%]	Rozhas RH [%]	Vyhovujúce dni [%]	Vyhovujúce dni celkom [%]
1. Kosti					
U.K. Institute for conservation	10- 25	67	45 - 65	91	61,2
M.BB.CC., 2001	19 - 24	29	45 - 65	91	26,6
UNI 1999	19 - 24	29	40 - 60	83	23,9
2. Drevené časti					
Thomson	15 - 25	45	50 - 60	65	28,2
M.BB.CC., 2001	19 - 24	29	40 - 65	96	27,6
UNI 1999	19 - 24	29	45 - 60	78	22,9
Baumont-Laurie	19 - 24	29	45 - 55	46	13,9
Museo a Roma	21 - 23	16	35 - 50	20	2,7
3. Polychromované drevo					
M.BB.CC., 2001	19 - 24	29	45 - 65	91	26,6
UNI 1999	19 - 24	29	50 - 60	65	18,8
Baumont-Laurie	19 - 24	29	35 - 55	52	14,9
Museo a Roma	21 - 23	16	35 - 55	52	8,3
4. Olejomaľby					
M.BB.CC., 2001	19 - 24	29	35 - 60	84	23,9
UNI 1999	19 - 24	29	40 - 55	51	14,8
Baumont-Laurie	19 - 24	29	35 - 50	20	5,3
5. Organ					
UNI 1999	19 - 24	29	45 - 60	78	22,9
Baumont-Laurie	19 - 24	29	35 - 50	20	5,3
Musée de France	18 - 20	7	45 - 55	46	3,2
Museo a Roma	21 - 23	16	35 - 50	20	2,7
6. Ľahké kovy					
U.K. Institute for conservation	15 - 25	45	50 - 55	33	14,9
UNI 1999	-	-	≤ 50	20	20,0
Museo a Roma	21 - 23	16	25 - 50	20	2,7
7. Drevená mozaika s lakom					
Baumont-Laurie	19 - 24	29	45 - 55	46	13,9
M.BB.CC., 2001	19 - 24	29	50 - 60	65	18,8
Museo a Roma	21 - 23	16	35 - 50	20	2,7

Odporúčaná minimálna teplota interiéru je okolo 10 °C. Výskyt nižšej teploty interiéru je s početnosťou 33 %. Tento údaj poukazuje na nutnosť vykurovacieho systému v objekte. Zvýšenie intenzity vykurovania môže mať negatívny následok a to vyvolanie vnútorného napätia v materiáloch historických artefaktov. Taktiež krátkodobá fluktuácia teploty interiéru sa považuje za negatívny jav spôsobujúci degradáciu materiálov. Ale na základe nameraných hodnôt teploty, ktoré sú zobrazené na Obr. 31, je vidieť, že teplota interiéru nedosahovala hodnôt nižších ako je 0 °C. V interiéru teda nedochádza k zamŕzaniu. Ak by dochádzalo, bolo by potrebné zmeniť parametre vykurovacieho systému v objekte tak, aby teplota interiéru bola stále nad 0 °C.

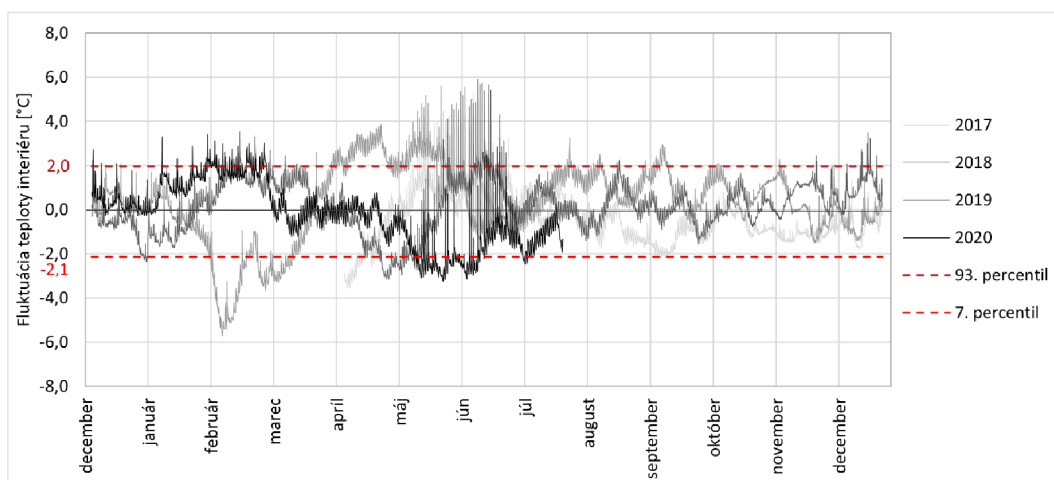
Aj keď bola nameraná teplota interiéru nižšia ako $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale ani raz nedosahovala nižších hodnôt ako $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, nie je nutné upravovať vykurovací systém. Je lepšie ponechať prirodzenú mikroklimu, na ktorú sa historické artefakty adaptovali. Zmenou by mohlo dôjsť k degradácii.

1.3.4 Historical Climate Method

Metóda je založená na tepelne-vlhkostnej odozve historických objektov. Určuje sa dlhodobý pohybujúci stredný kĺzavý priemer a sleduje sa krátkodobá fluktuácia nameraných parametrov. Podrobné vysvetlenie metódy je v teoretickej časti tejto práce.

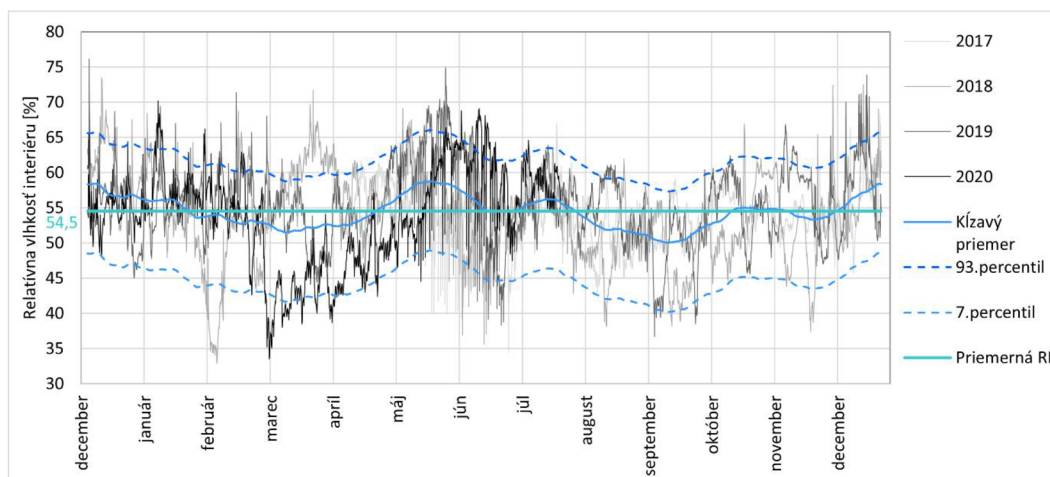


Obr. 32 Sezónny cyklus teploty interiéru

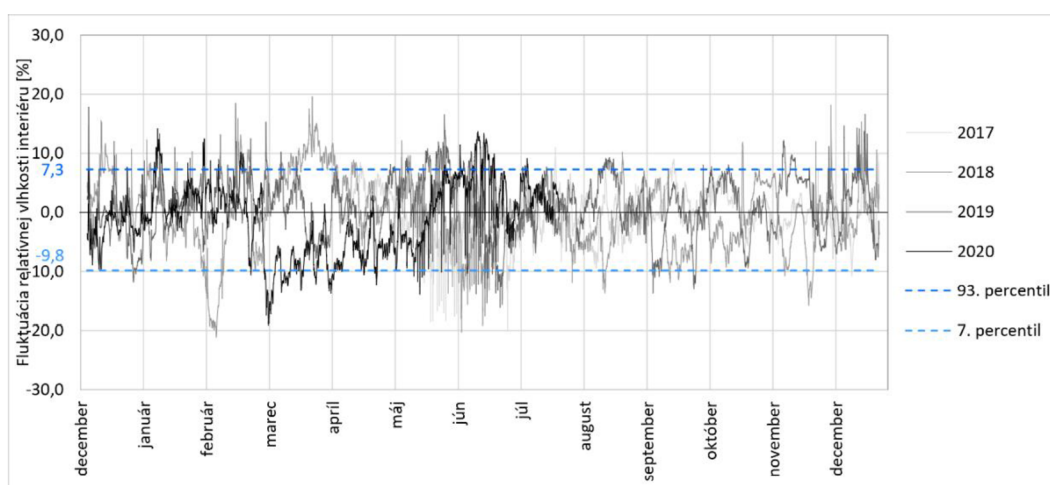


Obr. 33 Krátkodobá fluktuácia teploty interiéru okolo sezónneho cyklu

Zaznamenaný rozsah teplôt sledovaného obdobia je v rozmedzí od $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2.3.2018) do $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (28.6.2019). Priemerná teplota za toto obdobie je $14,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (viď Obr. 32). Stredný kĺzavý priemer nadobúdala hodnôt od $5,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $22,83\text{ }^{\circ}\text{C}$ s krátkodobou fluktuáciou v rozmedzí od $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, viď Obr. 33. Najväčšia kladná odchýlka od stredného kĺzavého priemeru bola $+5,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (28.6.2019) a záporná $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2.3.2018).



Obr. 34 Sezónny cyklus relatívnej vlhkosti interiéru



Obr. 35 Krátkodobá fluktuácia relatívnej vlhkosti okolo sezónneho cyklu

Relatívna vlhkosť sledovaného obdobia nadobúdala hodnoty v rozmedzí od 32,9 % (1.3.2018) do 76,1 % (1.1.2019). Priemerná relatívna vlhkosť za toto obdobie je 54,5 % (viď Obr. 34). Stredný kĺzavý priemer nadobúdala hodnoty od 50,05 % do 58,76 % s krátkodobou fluktuáciou v rozmedzí od $-9,8$ % do $+7,3$ %, viď Obr. 35. Najväčšia kladná odchýlka od stredného kĺzavého priemeru bola $+19,6$ % (14.4.2018) a záporná $-21,2$ % (1.3.2018).

Výkyvy relatívnej vlhkosti sú akceptovateľné do ± 10 % relatívnej vlhkosti. V kostole Jména Ježíš boli získané výkyvy pomocou 93. a 7. percentilu. Výsledné hodnoty sú $-9,8$ % a $+7,3$ %. Získané výkyvy neprekračujú ± 10 % relatívnej vlhkosti. Môžeme tvrdiť, že na základe tejto podmienky je relatívna vlhkosť v kostole Jména Ježíš stabilná a tým je aj znížené riziko znehodnotenia historických artefaktov.

2 NÁVRH ALTERNATÍVNEHO SYSTÉMU VYKUROVANIA

Táto časť bakalárskej práce sa venuje návrhu alternatívneho systému vykurovania v kostole Jména Ježíš. Návrh vychádza z predpokladu, že ku kostolu je vedená plynová prípojka, ktorá je pred kostolom zaslepená. Návrhom je teplovodný systém vykurovania s ohrevom teplotonosnej látky (vody) v plynovom kondenzačnom kotli.

2.1 Návrh tepelného výkonu

Na základe predošlej analýzy vnútornej mikroklímy kostola je možné tvrdiť, že výkonovo je systém navrhnutý správne. Nemá zlý vplyv na historické artefakty a zaisťuje príjemnejšie teplotné prostredie ľuďom zúčastnených na bohoslužbách. Tým pádom výpočet tepelného výkonu sústavy vychádza z hodnoty aktuálneho výkonu sálavých elektrických panelov. Celkový výkon nie je nutné navrhovať na tepelnú stratu objektu. Straty by vychádzali vysoké a riešenie by bolo neekonomické. Výkon jedného elektrického panelu je 125 W . Jedna lavica, v ktorej sú dva panely má 250 W . Celkový počet elektrických panelov je 48 kusov s celkovým výkonom 6000 W . Pri návrhu výkonu telies sa postupovalo tak, aby sa dosiahol približne výkon 250 W v rámci jednej lavice. Výsledkom výpočtu je určenie premenného teplotného spádu na základe nameraných hodnôt interiéru počas vybraného roka 2018. Výber roka je podľa nameraných teplôt interiéru, ktoré dosahovali najnižšie hodnoty.

2.2 Určenie celkového výkonu sústavy a návrh vykurovacích plôch

Vykurovacie plochy sú navrhnuté ako vykurovacie registre umiestnené pod sedadlom v laviciach a pod miestom na kľákanie. Je zvolený predpoklad teplôt prírodnej a vratnej vody pri minimálnej nameranej teplote interiéru.

$$\text{Teplota prívodu:} \quad t_p = 40\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Teplota vratnej vody:} \quad t_v = 33\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Min. teplota interiéru:} \quad t_i = 1,1\text{ }^\circ\text{C}$$

Pri výpočte výkonu sa vychádza z tepelnej straty registrov, ktorá sa rovná výkonu. Ako prvé je nutné vypočítať súčiniteľ prechodu tepla valcovou stenou U_o [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]. Výpočet je pre navrhnuté potrubie z medi Cu $12 \times 1\text{ mm}$.

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad (2.1)$$

α_i súčiniteľ prestupu tepla medzi médiom a vnútorným povrchom potrubia [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

α_e súčiniteľ prestupu tepla medzi povrchom potrubia a okolitým vzduchom [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

d vnútorný priemer potrubia [m]

D vonkajší priemer potrubia [m]

λ_t súčiniteľ tepelnej vodivosti [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{750 \cdot 0,010} + \frac{1}{2 \cdot 372 \cdot \ln \frac{0,012}{0,010}} + \frac{1}{10 \cdot 0,012}} = 0,371 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Súčinitele prestupu tepla α_i a α_e sú stanovené odhadom, pre vodu $\alpha_i = 750 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ a pre vzduch $\alpha_e = 10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

Následne sa tepelný výkon vypočíta podľa vzťahu:

$$Q = U_o \cdot l \cdot (t_p - t_i) \quad (2.2)$$

U_o súčiniteľ prechodu tepla valcovou stenou [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

l dĺžka potrubia [m], uvažuje sa 1 m

t_p teplota prívodu [$^{\circ}\text{C}$]

t_i teplota interiéru [$^{\circ}\text{C}$]

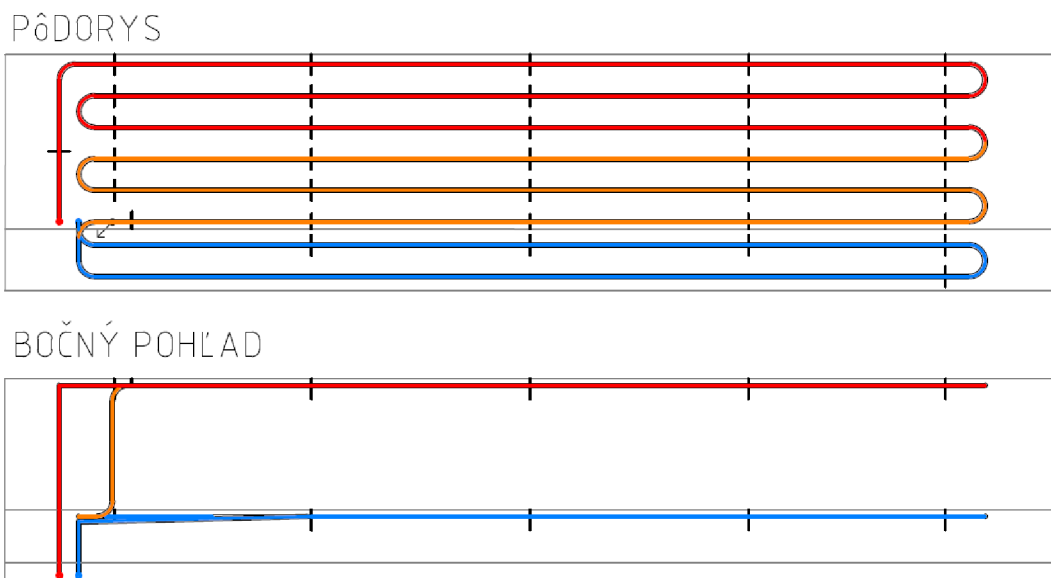
Vo výpočte sa uvažuje 1 m dĺžky potrubia a teplota interiéru minimálna nameraná počas sledovaného obdobia, kedy je potrebný výkon najvyšší.

$$Q = 0,371 \cdot 1 \cdot (40 - 1,1) = 14,7 \text{ Wm}^{-1}$$

Je vypočítaný tepelný výkon registra na 1 m dĺžky. Aby bolo dosiahnutých približne 250 W na jednu lavicu, je nutné stanoviť potrebnú dĺžku registra vzhľadom aj na plochu umiestnenia tak, aby sa tam dĺžkovo zmestil. Navrhnutá dĺžka je 16 m . Register je tvorený slučkou tak, aby sa rovnomerne umiestnil pod sedadlo a miesto na kľáčanie. Celkový výkon jedného registra je:

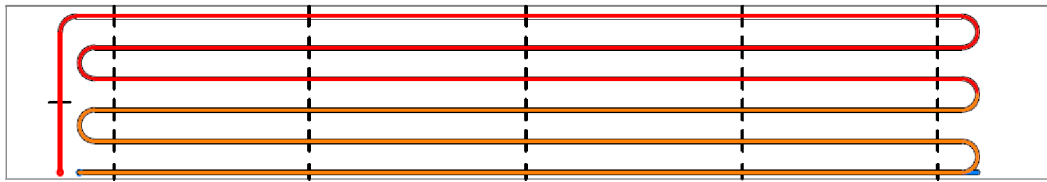
$$Q_c = Q \cdot l_{reg} = 14,7 \cdot 16 = 235,2 \text{ W} \quad (2.3)$$

Celkový výkon navrhutej sústavy je $235,2 \cdot 24 \text{ registrov} = 5645 \text{ W}$, pričom registre sú rozdelené do štyroch vetiev. Jedna vetva obsahuje 6 registrov a má výkon 1411 W . Schematické znázornenie registrov je na Obr. 36 a Obr. 37.

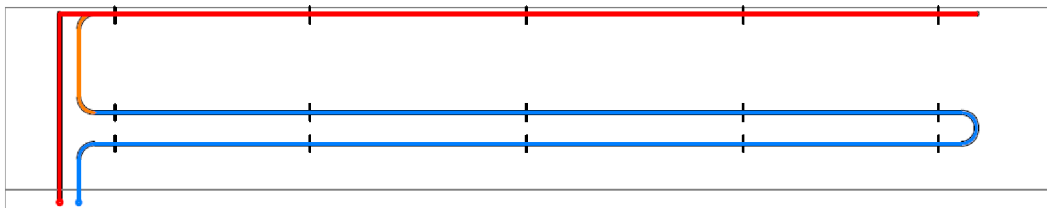


Obr. 36 Schéma vykurovacieho registra v lavici, pôdorys a bočný pohľad

PÔDORYS



BOČNÝ POHĽAD



Obr. 37 Schéma vykurovacieho registra v poslednej lavici, pôdorys a bočný pohľad

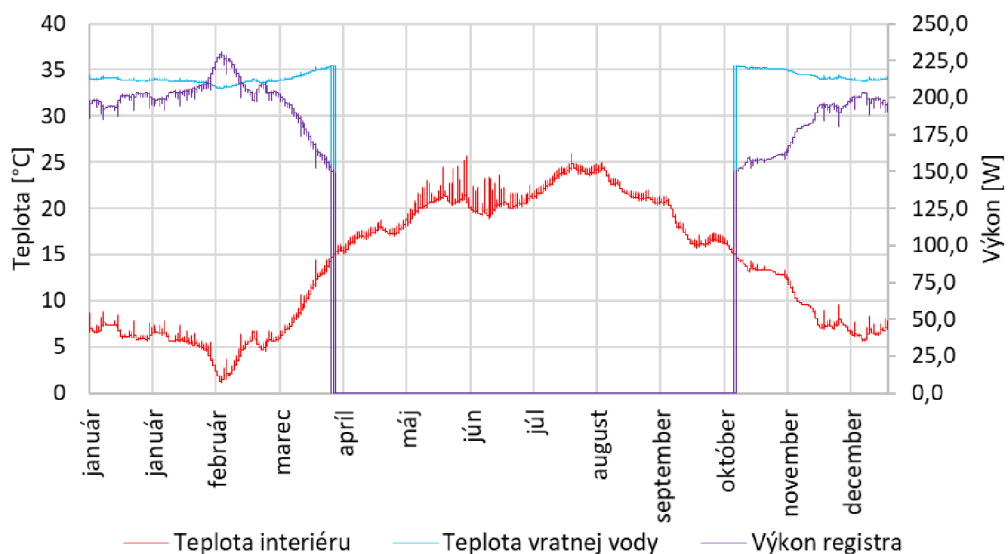
Na základe nameraných dát v roku 2018 sa dopočíta premenný teplotný spád. Predpoklad je, že teplota prívodu je konštantná $t_p = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podľa vzťahu (2.2) sa vypočíta výkon pri premennej teplote interiéru t_i pre danú dĺžku registra. Vykurovanie objektu bude v čase, kedy teplota interiéru je menšia ako $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledný výkon vyšiel v rozmedzí $\langle 149|235 \rangle\text{ W}$. Následne sa dopočítala teplota vratnej vody t_v [$^{\circ}\text{C}$] a rozdiel teplôt Δt :

$$t_v = t_p - \frac{Q_c}{m \cdot c} \quad (2.4)$$

$$\Delta t = t_p - t_v \quad (2.5)$$

m hmotnostný prietok vody v potrubí [kg h^{-1}]

c merná tepelná kapacita vody [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$]



Obr. 38 Priebeh teploty interiéru, teploty vratnej vody a výkonu registra v priebehu roka 2018

Výsledný rozdiel teplôt je v rozmedzí $\langle 4,5|7 \rangle K$ a výsledný teplotný spád $\langle 40/33 | 40/35,5 \rangle$.

Vykurovacie telesá budú pripevnené plastovými príchytkami, určenými pre medené potrubie, k sedadlu lavice a k doske na kľáčanie. Vzďalenessi medzi príchytkami sú znázornené vo výkresovej dokumentácii podľa odporúčaným hodnôt daných výrobcom.



číslo		balení
príchytka		
191 000 80	Cu 8,5 / biľá	100
191 001 01	Cu 10 / biľá	100
191 001 21	Cu 12 / biľá	100
191 001 51	Cu 15 / biľá	100
191 001 60	P 16 / šedá	100
191 001 81	Cu 18 / biľá	100

Obr. 39 Plastová príchytka na medené potrubie [32]

Maximálny rozteč príchytiek v cm při teplotě vody								
Upínací ø	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	95 °C
16 mm	55	50	50	45	45	45	40	35
20 mm	60	55	50	50	45	45	45	40
25 mm	65	65	65	60	55	55	50	45
32 mm	75	70	70	70	65	60	55	50
40 mm	80	80	80	75	70	70	65	60
50 mm	95	90	85	80	80	75	70	65
63 mm	105	100	95	95	90	85	80	75
75 mm	110	110	105	100	100	100	95	90
90 mm	115	115	110	105	105	105	100	95
110 mm	120	120	115	110	110	110	105	100

Při určování roztečí príchytiek pro svislé části potrubí je možno tabulkovou vzdálenost násobit číslem 1,3.

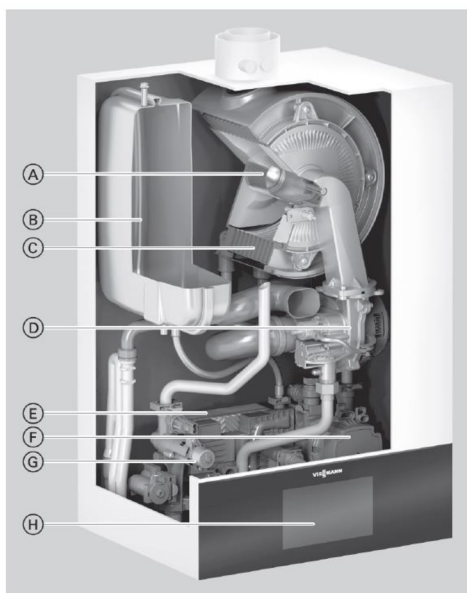
Obr. 40 Maximálny rozostup plastových príchytiek [32]

2.3 Návrh zdroja tepla

Maximálny potrebný výkon zdroja pre všetky vykurovacie registre je podľa návrhu $5,6 kW$ pri najnižšej dosiahnutej teplote interiéru $t_i = 1,1 °C$.

2.3.1 Zdroj tepla

Ako zdroj tepla je navrhnutý plynový kondenzačný kotol Vitodens 200-W, typ B2HF o výkone $1,9 - 11 kW$. V kotli je integrované vysoko efektívne obehové čerpadlo s regulovanými otáčkami.



- Ⓐ Modulovaný plynový hořák MatriX-Plus s inteligentní regulací spalování Lambda Pro Plus pro extrémně nízké emise škodlivin a tichý provoz
- Ⓑ Vestavěná membránová tlaková expanzní nádoba
- Ⓒ Topné plochy Inox-Radial z nerezové ušlechtilé oceli - pro vysokou provozní spolehlivost při dlouhé životnosti a maximální tepelný výkon na minimálním prostoru
- Ⓓ Ventilátor spalovacího vzduchu s regulovanými otáčkami pro tichý a úsporný provoz
- Ⓔ Deskový výměník tepla pro ohřev pitné vody (kombinovaný plynový kondenzační kotel)
- Ⓕ Integrované vysoce efektivní oběhové čerpadlo s regulovatelnými otáčkami
- Ⓖ Hydraulický blok
- Ⓗ Digitální regulace kotlového okruhu s barevným dotykovým displejem

Obr. 41 Plynový kondenzační kotel Vitodens 200-W [33]

Rozmezí jmenovitého tepelného výkonu (údaje podle ČSN EN 15502)					
$T_v/T_R = 50/30 \text{ °C}$ (P(50/30))					
Zemní plyn	kW	1,9 - 11	1,9 - 19	1,9 - 25	1,9 - 32
Zkapalněný plyn	kW	2,5 - 11	2,5 - 19	2,5 - 25	2,5 - 32
$T_v/T_R = 80/60 \text{ °C}$ (Pn(80/60))					
Zemní plyn	kW	1,7 - 10,1	1,7 - 17,5	1,7 - 23	1,7 - 29,3
Zkapalněný plyn	kW	2,2 - 10,1	2,2 - 17,5	2,2 - 23	2,2 - 29,3
Jmenovitý tepelný výkon při ohřevu pitné vody					
Zemní plyn	kW	1,7 - 17,5	1,7 - 17,5	1,7 - 23	1,7 - 29,3
Zkapalněný plyn	kW	2,2 - 17,5	2,2 - 17,5	2,2 - 23	2,2 - 29,3
Jmenovitý tepelný příkon (Qn)					
Zemní plyn	kW	1,8 - 10,3	1,8 - 17,8	1,8 - 23,4	1,8 - 29,9
Zkapalněný plyn	kW	2,3 - 10,3	2,3 - 17,8	2,3 - 23,4	2,3 - 29,9
Jmenovitý tepelný příkon při ohřevu pitné vody (Qnw)					
	kW	17,8	17,8	23,4	29,9
Identifikační číslo výrobku					
		CE-0085CT0017			
Stupeň krytí					
		IP X4 podle ČSN EN 60529			
NO _x	Třída	6	6	6	6
Přípojovací tlak plynu					
Zemní plyn	mbar	20	20	20	20
	kPa	2	2	2	2
Zkapalněný plyn	mbar	50	50	50	50
	kPa	5	5	5	5
Max. přípust. přípojovací tlak plynu [†]					
Zemní plyn	mbar	25,0	25,0	25,0	25,0
	kPa	2,5	2,5	2,5	2,5
Zkapalněný plyn	mbar	57,5	57,5	57,5	57,5
	kPa	5,75	5,75	5,75	5,75
Hladina akustického výkonu (údaje podle ČSN EN ISO 15036-1) při dílčím zatížení					
	dB(A)	32,8	32,8	32,8	32,8
Při jmenovitém tepelném výkonu (ohřev pitné vody)					
	dB(A)	42,3	42,3	46,1	48,4
Jmenovitá napětí	V	230			
Jmenovitý kmitočet	Hz	50			
Jištění přístroje	A	6,3			
Předřazená pojistka (síť)	A	16			
RF-modul (vestavěný)					
Frekvenční pásmo WiFi	MHz	2400 - 2483,5			
Max. vysílací výkon	dBm	17			
Frekvenční pásmo Low-Power bezdrátové	MHz	2400 - 2483,5			
Max. vysílací výkon	dBm	6			
Napájecí napětí	V =	24			
Příkon	W	4			
Elektrický příkon (ve stavu při dodání)	W	38	45	64	110
Přípustná teplota prostředí					
- při provozu	°C	+5 až +35			
- při skladování a přepravě	°C	-5 až +60			
Nastavení elektronického termostatu (TN)					
	°C	91			
Nastavení elektronického omezovače teploty					
	°C	110			
Hmotnost					
- bez topné vody	kg	33,0	33,0	33,0	33,0
- s topnou vodou	kg	38,6	38,6	38,6	38,6
Objem vody (bez membránové tlakové expanzní nádoby)					
	l	3,0	3,0	3,0	3,0
Max. teplota přívodní větve					
	°C	82	82	82	82

Jmenovité oběhové množství vody při $T_v/T_R = 80/60$ °C	l/h	434	752	988	1259
Membránová tlaková expanzní nádob					
Objem	l	10	10	10	10
vstupní tlak	bar kPa	0,75 75	0,75 75	0,75 75	0,75 75
Přípustný provozní tlak (PMS)	bar MPa	3 0,3	3 0,3	3 0,3	3 0,3
Max. teplota pitné vody	°C	70	70	70	70
Rozměry					
Délka	mm	360	360	360	360
Šířka	mm	450	450	450	450
Výška	mm	700	700	700	700
Plynová přípojka	R	¾	¾	¾	¾
Spalinová přípojka	Ø mm	60	60	60	60
Přípojka přiváděného vzduchu	Ø mm	100	100	100	100
Připojovací hodnoty vztahené k max. zatížení s plynem					
Zemní plyn E	m³/h	1,88	1,88	2,48	3,16
Zemní plyn LL	m³/h	2,19	2,19	2,88	3,68
Zkapalněný plyn	kg/h	1,38	1,38	1,82	2,32
Charakteristiky spalin					
Teplota (při teplotě vratné vody 30 °C)					
– při jmenovitém tepelném výkonu	°C	39	41	46	59
– při dílčím výkonu	°C	38	38	38	38
Teplota (při teplotě vody vratné vody 60 °C, při ohřevu pitné vody)	°C	64	65	67	72
Hmotnostní tok (při ohřevu pitné vody)					
Zemní plyn					
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	31,7	31,7	41,6	54,9
– při dílčím výkonu	kg/h	3,2	3,2	3,2	3,2
Zkapalněný plyn					
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	30,1	30,1	41,0	53,9
– při dílčím výkonu	kg/h	3,9	3,9	3,9	3,9
Disponibilní tah ²	Pa	250	250	250	250
	mbar	2,5	2,5	2,5	2,5
Max. množství kondenzátu podle DWA-A 251	l/h	2,5	2,5	3,3	4,2
Přípojka kondenzátu (hadicová průchodka)	Ø mm	20 - 24	20 - 24	20 - 24	20 - 24
Spalinová přípojka	Ø mm	60	60	60	60
Přípojka přiváděného vzduchu	Ø mm	100	100	100	100
Normovaný stupeň využití při $T_v/T_R = 40/30$ °C	%			až 98 (H ₂)	
Třída energetické účinnosti		A	A	A	A

Obr. 42 Technické parametre plynového kondenzačního kotla Vitodens 200-W [33]

Tlaková strata kritickéj vetvy $p_s = 11266 \text{ Pa}$

Hmotnostný prietok kritickéj vetvy $m = 694 \text{ kg h}^{-1}$

Tlaková strata je daná súčtom tlakovej straty kritickéj vetvy V2 a tlakovej straty potrubia medzi rozdeľovačom/zberačom a kotlom. Ako je vidieť na Obr. 43, je nutné navrhnuť škrtiaci ventil. Na základe daného hmotnostného prietoku a tlakovej straty ventilu je možné dopočítať k_v hodnotu. Tlaková strata ventilu Δp_v sa určí z rozdielu zostatkovej dopravnej výšky čerpadla p_c a tlakovej straty kritickéj vetvy p_s . Výpočet p_s vid' 2.4.3.

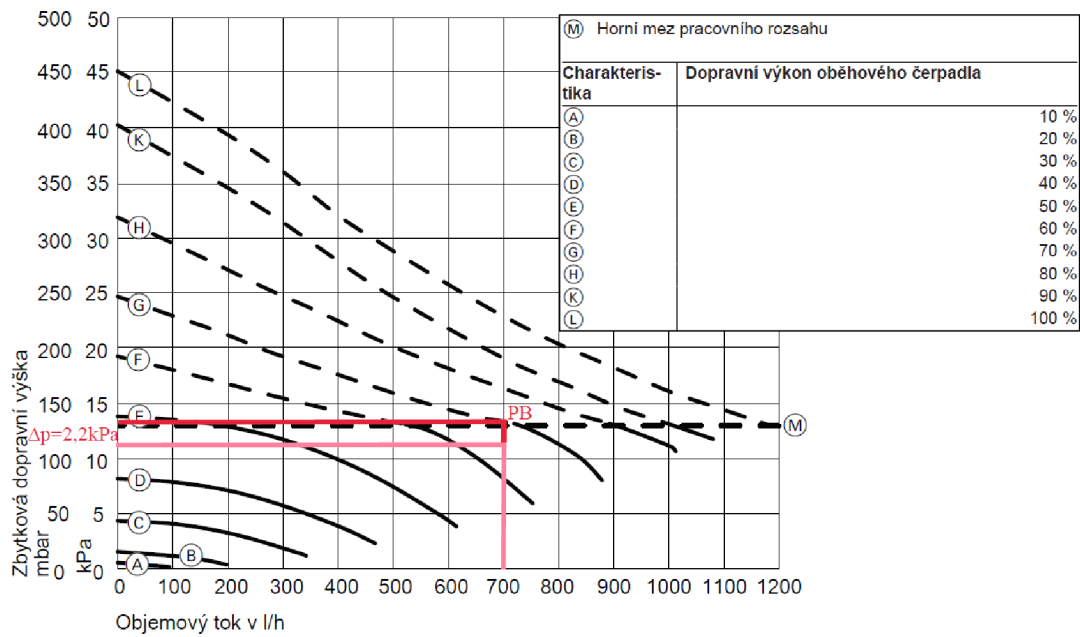
$$\Delta p_v = p_c - p_s \quad (2.6)$$

$$\Delta p_v = 13500 - 11266 = 2234 \text{ Pa}$$

Určenie k_v hodnoty:

$$k_v = 0,01 \cdot \frac{m}{\sqrt{\Delta p_v}} \quad (2.7)$$

$$k_v = 0,01 \cdot \frac{694}{\sqrt{2,234}} = 4,64$$



Obr. 43 Čerpadlo integrované v kotle so znázornením pracovného bodu [33]

Navrhnutý je vyvažovací ventil STAD DN 20 s nastavením 3,5 otáčok.

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

Obr. 44 Určenie kv hodnoty vyvažovacieho ventilu [34]

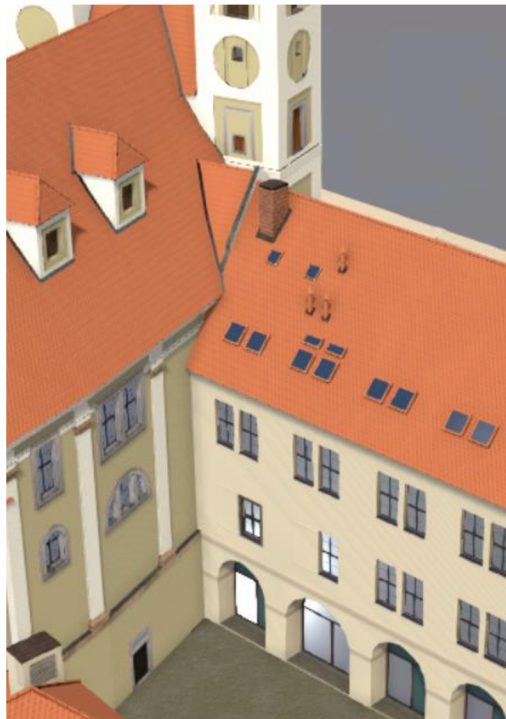


Obr. 45 Navrhnutý vyvažovací ventil STAD [34]

2.3.2 Prívod spaľovacieho vzduchu a odvod spalín

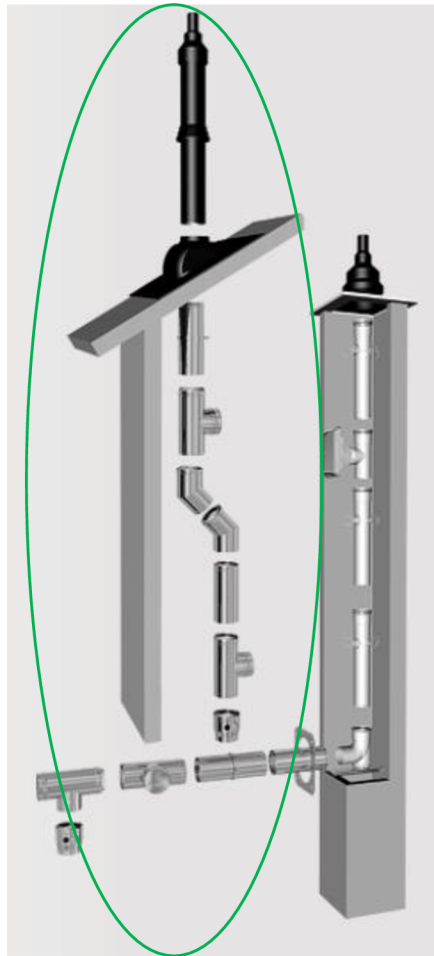
Prívod spaľovacieho vzduchu a odvod spalín bude prostredníctvom koaxiálneho potrubia vedeného z kotla. Jedná sa o kotol navrhnutý v prevedení typu C. To znamená, že spaľovací vzduch bude privádzaný z exteriéru a spaliny budú odvedené taktiež do exteriéru.

Komín bude vedený v budove bývalého jezuitského internátu, kde sa nachádza aj sakristia s príslušnými miestnosťami, kde je umiestnený plynový kondenzačný kotol. Všetko by sa muselo skonzultovať s pamiatkovým ústavom. Dĺžka spalinovej cesty by odhadom mala byť okolo 17 m. Samotné pribudnutie komína by nemusel byť problém, pretože aj budova bývalého internátu, ktorá patrí medzi historické stavby, si prešla novodobými zmenami. Na prízemí sa nachádza kaviareň a miestnosti určené k rôznym seminárom a prednáškam. Taktiež na streche sa nachádza komín, ktorý slúži na odvetranie krýpt nachádzajúcich sa v podzemí pod kostolom. Ďalej sa tam nachádzajú aj kanalizačné vetracie potrubia.



Obr. 46 Kostol Jména Ježíš a budova bývalého jezuitského internátu, pohľad na strechu [29]

Navrhnutý je komín od spoločnosti Almeva, typ LIL. Plastový systém LIL je tvorený koncentrickými pevnými rúrkami a tvarovkami PPH/nerez – biely komaxit určenými pre vnútorné prevedenie. Priemer koaxiálneho potrubia je 60/100. Komín je možné viesť priznane po stene alebo je možné ho zakryť sadrokartónom. Odvod kondenzátu je zaistený tvarovkou na to určenou. Na tvarovku musí byť inštalovaný sifón Long John, na ktorý sa pripojí hadica pre odvod kondenzátu. Vedenie hadice má byť čo najkratšie a v spáde.



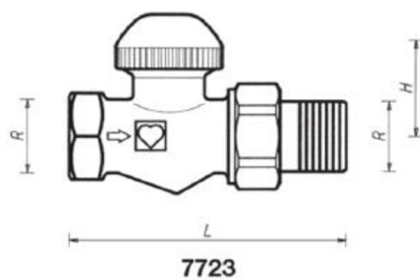
Obr. 47 Schéma vnútorného koncentrického vzducho-spalinového systému LIL s vyznačeným vhodným variantom [35]

2.4 Dimenzovanie

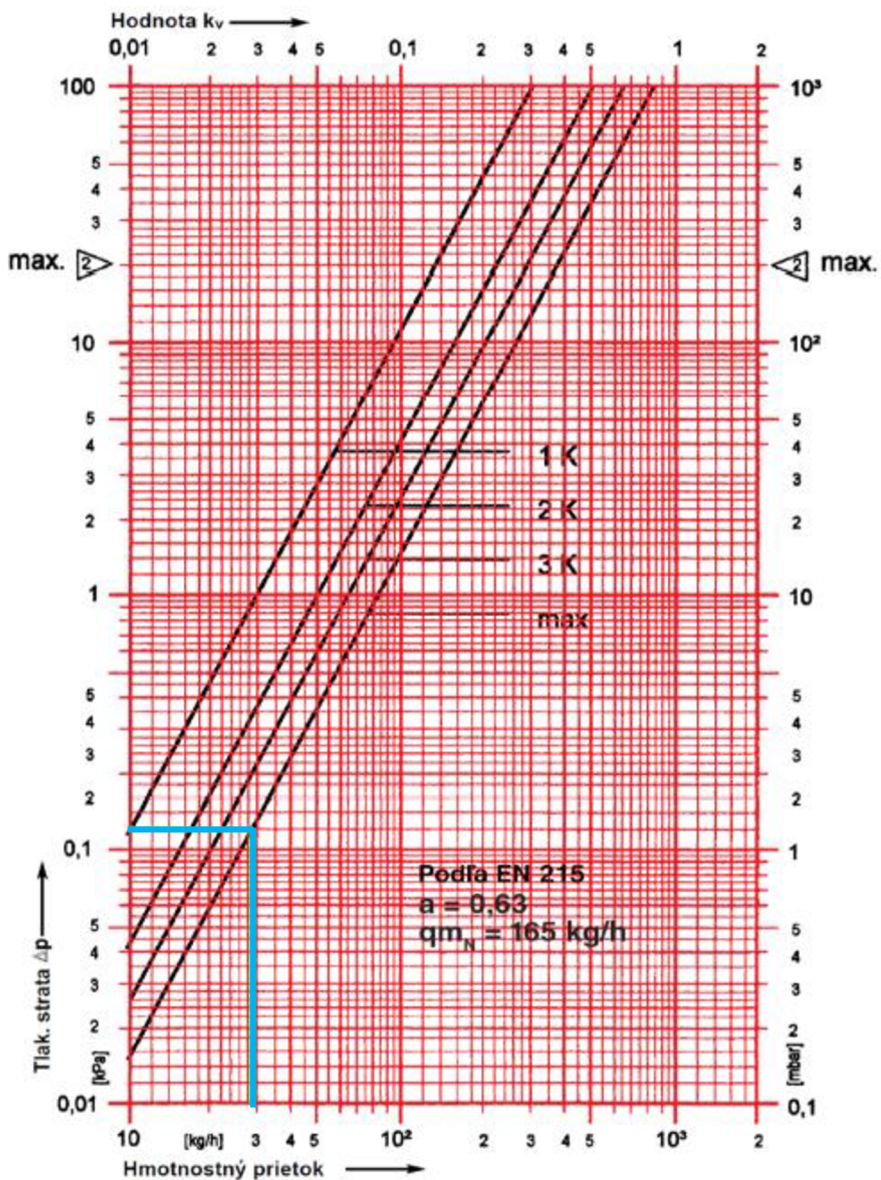
Vykurovacia sústava je dvojrúrková, uzatvorená s núteným obehom vody. Systém je v rámci jedného poschodia, jedná sa o etážovú sústavu. Sústava je rozdelená na 4 vetvy. Každá vetva má šesť vykurovacích registrov, ktoré sú v každej vetve zapojené Tichelmannovým spôsobom. Hydraulické vyváženie je na rozdeľovači/zberači. Výkon jednej vetvy je 1411 W. Plynový kondenzačný kotol a rozdeľovač/zberač sú umiestnené v miestnostiach s názvom „sklad“. Vedenie ide cez stenu do hlavnej lode kostola a je vedené v drážke pod kamennou podlahou, ktorá sa pri inštalácii potrubia vyberie a následne, po dokončení prác, položí naspäť na pôvodné miesto. Rúrky sú navrhnuté z medi o priemere $12 \times 1 \text{ mm}$, $15 \times 1 \text{ mm}$, $28 \times 1,5 \text{ mm}$.

2.4.1 Armatúry na vykurovacích registroch

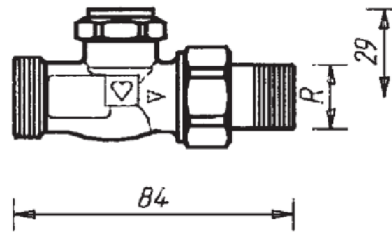
Každý register obsahuje dva plne otvorené ventily, ktoré slúžia na uzatvorenie telesa pri potrebnej výmene/oprave a odvzdušňovací ventil pre ručné odvzdušnenie. Na prívodnom potrubí je nainštalovaný termostatický ventil bez prednastavenia TS-90 (DN10), ale v prevedení bez termostatickej hlavice. Krytka je nahradená ručnou hlavicou $M28 \times 1,5$. Na vratnom potrubí je nainštalovaný ventil do spiatocky RL 5 maximálne otvorený s možnosťou dopúšťania a vypúšťania.



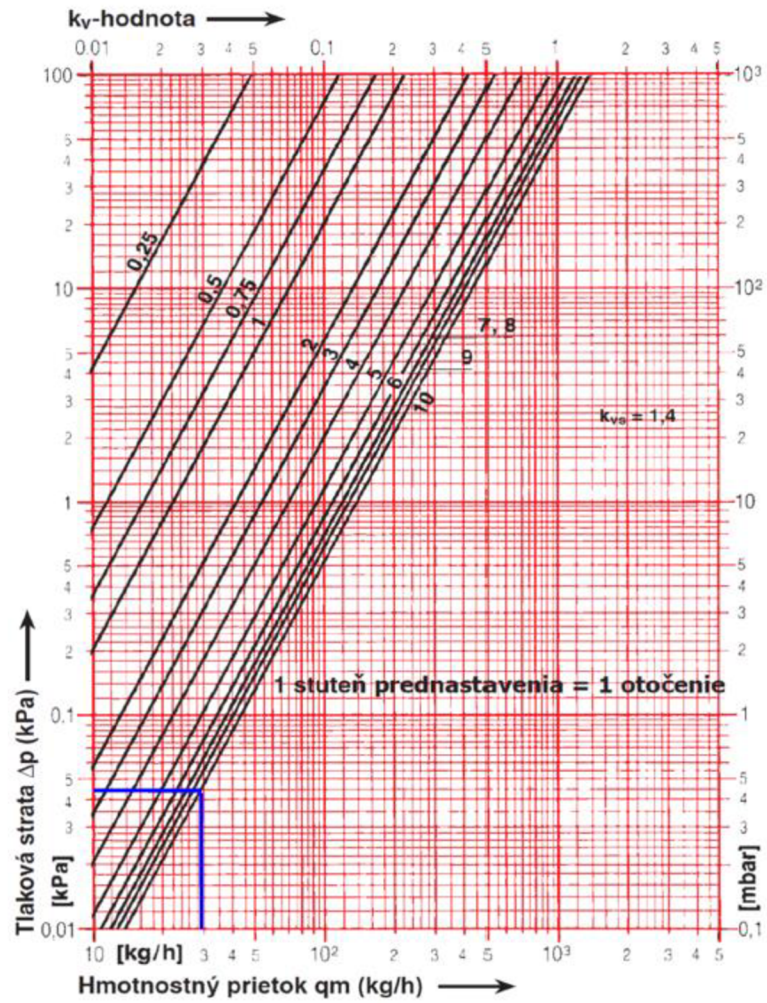
Obr. 48 Ventil TS-90 na privode [36]



Obr. 49 Určenie tlakovej straty ventilu TS-90 [36]



Obr. 50 Ventil RL 5 do spiatocky [37]



Obr. 51 Určenie tlakovej straty ventilu RL 5 na telesách [37]



Obr. 52 Odvzdušňovací ventil [38]

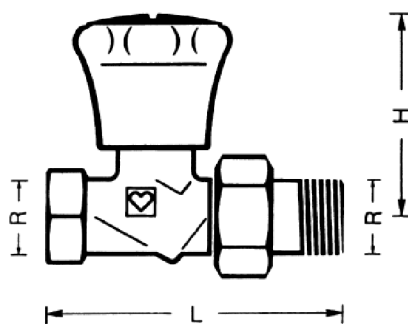
2.4.2 Rozdeľovač a zberač

Navrhnutý je rozdeľovač/zberač určený pre vykurovacie telesá od spoločnosti Ivar. Táto zostava zahŕňa rozdeľovač a zberač s výstupmi pre pripojenie vykurovacích telies, upevňovacie konzoly, guľové uzávery na vstupe pre pripojenie na systém a automatický odvzdušňovací ventil a vypúšťací ventil v rozdeľovači a v zberači. Maximálny prevádzkový tlak je 10 *bar* a maximálna prevádzková teplota +120 °C. Osová vzdialenosť výstupov je 50 mm a osová vzdialenosť rozdeľovača a zberača je 200 mm.



Obr. 53 Navrhnutý rozdeľovač a zberač [39]

Hydraulické vyváženie sústavy je na prívodnom a vratnom potrubí. Na prívode u každej vetvy je navrhnutý ručný ventil AS-T-90 (DN10) s prednastavením a na vratnom potrubí je ventil do spiatočky RL 5, rovnaký ako je pri registroch. Vyváženie je pomocou oboch ventilov.



Obr. 54 Ručný ventil AS-T-90 [40]

2.4.3 Dimenzovanie vetiev

Tab. 2 Dimenzovanie vetvy V1

Vetva V1												
číslo úseku	Výkon Q [W]	Hmotnostný prietok m [kg/h]	Dĺžka l [m]	DN Dxt	Merná tlaková strata R [Pa/m]	Rýchlosť w [m/s]	Tlak. strata trením R.l [Pa]	Súčiniteľ miestneho odporu $\Sigma\xi$ [-]	Tlak. strata vradenými odpormi Z [Pa]	Tlak. strata od armatur Δp_{rv} [Pa]	Tlak. strata R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Dispozičný tlak Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie privodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	120	155,50	155,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,85	171,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,39	217,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,68	304,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,69	433,11
6	1411,2	173,3779	12,59	15x1	186,1	0,37	2342,999	5,2	355,94	0	2698,94	3132,05
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,65	3628,70
číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{rv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie odvodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	45	80,50	80,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,85	96,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,39	142,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,68	229,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,69	358,11
6	1411,2	173,3779	17,24	15x1	186,1	0,37	3208,364	5,2	355,94	0	3564,30	3922,42
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,65	4419,07
											$\Sigma\Delta p_{dis} = 3132,05 + 3922,42 =$	7054,47

Tab. 3 Dimenzovanie vetvy V2 (kritická vetva)

Vetva V2												
číslo úseku	Výkon Q [W]	Hmotnostný prietok m [kg/h]	Dĺžka l [m]	DN Dxt	Merná tlaková strata R [Pa/m]	Rýchlosť w [m/s]	Tlak. strata trením R.l [Pa]	Súčiniteľ miestneho odporu $\Sigma\xi$ [-]	Tlak. strata vradenými odpormi Z [Pa]	Tlak. strata od armatur Δp_{rv} [Pa]	Tlak. strata R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Dispozičný tlak Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie privodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	120	155,500	155,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	171,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	217,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	304,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	234	0	349,187	653,61
6	1411,2	173,3779	12,28	15x1	186,1	0,37	2285,308	5,2	355,94	0	2641,248	3294,86
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	3791,51
číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{rv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie odvodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	45	80,500	80,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	96,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	142,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	229,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,687	358,11
6	1411,2	173,3779	17	15x1	186,1	0,37	3163,700	5,2	355,94	0	3519,640	3877,75
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	4374,40
											$\Sigma\Delta p_{dis} = 3294,86 + 3877,75 =$	7172,61

Tab. 4 Dimenzovanie vetvy V3

Vetva V3												
číslo úseku	Výkon Q [W]	Hmotnostný prietok m [kg/h]	Dĺžka l [m]	DN Dxt	Merná tlaková strata R [Pa/m]	Rýchlosť w [m/s]	Tlak. strata trením R.l [Pa]	Súčiniteľ miestneho odporu $\Sigma\xi$ [-]	Tlak. strata vradenými odpormi Z [Pa]	Tlak. strata od armatúr Δp_{rv} [Pa]	Tlak. strata R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Dispozičný tlak Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie privodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	120	155,500	155,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	171,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	217,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	304,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,687	433,11
6	1411,2	173,3779	10,65	15x1	186,1	0,37	1981,965	5,2	355,94	0	2337,905	2771,02
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	3267,67
číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{rv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie odvodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	45	80,500	80,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	96,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	142,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	229,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,687	358,11
6	1411,2	173,3779	15,66	15x1	186,1	0,37	2914,326	5,2	355,94	0	3270,266	3628,38
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	4125,03
$\Sigma\Delta p_{dis} = 2771,02 + 3628,36 =$											6399,40	

Tab. 5 Dimenzovanie vetvy V4

Vetva V4												
Číslo úseku	Výkon Q [W]	Hmotnostný prietok m [kg/h]	Dĺžka l [m]	DN Dxt	Merná tlaková strata R [Pa/m]	Rýchlosť w [m/s]	Tlak. strata trením R.l [Pa]	Súčiniteľ miestneho odporu $\Sigma\xi$ [-]	Tlak. strata vradenými odpormi Z [Pa]	Tlak. strata od armatúr Δp_{rv} [Pa]	Tlak. strata R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Dispozičný tlak Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie privodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	120	155,500	155,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	171,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	217,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	304,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,687	433,11
6	1411,2	173,3779	10,24	15x1	186,1	0,37	1905,664	5,2	355,94	0	2261,604	2694,72
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	3191,37
číslo úseku	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{rv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{rv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzovanie odvodného potrubia												
1	235,2	28,8963	1	12x1	21	0,1	21,000	2,9	14,5	45	80,500	80,50
2	470,4	57,7926	0,895	15x1	15,3	0,12	13,694	0,3	2,16	0	15,854	96,35
3	705,6	86,6890	0,895	15x1	46,4	0,18	41,528	0,3	4,86	0	46,388	142,74
4	940,8	115,5853	0,895	15x1	87,2	0,24	78,044	0,3	8,64	0	86,684	229,43
5	1176	144,4816	0,895	15x1	128,7	0,3	115,187	0,3	13,5	0	128,687	358,11
6	1411,2	173,3779	15,44	15x1	186,1	0,37	2873,384	5,2	355,94	0	3229,324	3587,44
7	5644,8	693,5117	0,87	28x1,5	92,7	0,4	80,649	5,2	416	0	496,649	4084,09
$\Sigma\Delta p_{dis} = 2694,72 + 3587,44 =$											6282,15	

Tab. 6 Vyregulovanie vetiev na rozdeľovači/zberači

Vetva	Δp_{dis} (privod) [Pa]	Δp_{dis} (vrat) [Pa]	Δp_{dis} [Pa]	M_v [kg/h]	$\Delta p_{AS-T-90}$ [Pa]	Δp_{RL5} [Pa]	$\Delta p_{dis} + \Delta p_{AS-T-90} + \Delta p_{RL5}$ [Pa]	vyrovnať [Pa]	nastavenie ventilu (AS-T-90)	vyregulovanie [Pa]	rozdiel [Pa]	nastavenie ventilu (RL5)	vyregulovanie [Pa]	rozdiel [Pa]
V2	3295	3878	7173	173	1550	1550	10273	-	8	-	-	10	-	-
V1	3132	3922	7054	173	0	0	7054	3218	7	1550	1668	10	1550	118
V3	2771	3628	6399	173	0	0	6399	3873	6	1790	2083	8	2070	13
V4	2695	3587	6282	173	0	0	6282	3990	6	1790	2200	7	2140	60

Tlaková strata kritickej vetvy sa rovná súčtu dispozičného tlaku vetvy V2 po rozdeľovač/zberač Δp_{dis} , tlakovej straty armatúr $\Delta p_{AS-T-90}$, Δp_{RL5} a dispozičného tlaku úseku medzi rozdeľovačom/zberačom a kotlom (v tabuľkách Tab. 2 – Tab. 5 je to úsek 7).

$$(\Delta p_{dis} + \Delta p_{AS-T-90} + \Delta p_{RL5}) + (\Delta p_7) = (10273) + 496,649 \cdot 2 = 11266 \text{ Pa}$$

2.5 Návrh poistného systému vykurovacej sústavy

2.5.1 Expanzná nádoba

Určenie objemu vody v sústave:

Tab. 7 Určenie objemu vody vo vykurovacej sústave

Objem vody v potrubí a registroch				
	DN	Objem na 1 m dĺžky [l/m]	Dĺžka potrubia [m]	Celkový objem [l]
Registre	Cu 12x1	0,079	384,00	30,16
Potrubie	Cu 12x1	0,079	13,80	1,08
	Cu 15x1	0,133	139,74	18,55
	Cu 28x1,5	0,491	0,87	0,43
Σ				50,22

Objem vody v kotle [l]	
V_{vody}	3
$V_{\text{exp.nád.}}$	10

Celkový objem vo vykurovacej sústave	
V_c	53 l

Expanzný objem sa určí podľa vzťahu:

$$V_e = 1,3 \cdot V_c \cdot n \quad (2.8)$$

V_e expanzný objem [l]

V_c celkový objem vo vykurovacej sústave [l]

n súčiniteľ zväčšenia objemu [-]

Súčiniteľ zväčšenia objemu sa určí podľa tabuľky na základe rozdielu teploty prívodu $t_p - 10 \text{ K} = 40 - 10 = 30 \text{ K}$. Hodnota súčiniteľa n pre teplotu 30 K je 0,0078.

$$V_e = 1,3 \cdot 53 \cdot 0,0078 = 0,54 \text{ l}$$

Určenie pretlakov v sústave:

Pri určení najnižšieho dovoleného pretlaku sústavy sa počíta s minimálnym možným pretlakom, pretože v sústave nepôsobí hydrostatický tlak vodného stĺpca. Sústava je len v rámci jednej výškovej úrovne.

Najvyšší dovolený pretlak sústavy sa počíta podľa vzťahu:

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) \quad (2.9)$$

h_{MR} výška manometrickej roviny [m]

p_k Minimálny konštrukčný pretlak jednotlivých prvkov sústavy [kPa]

ρ hustota vody [kgm^{-3}]

g gravitačné zrýchlenie [ms^{-2}]

$$p_{hdov} \leq 300 - (0,3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) \rightarrow p_{hdov} \leq 297 \text{ kPa}$$

• Najnižší dovolený pretlak sústavy $p_{adov} = 100 \text{ kPa}$

• Volím $p_d = 150 \text{ kPa}$

- Najvyšší dovolený pretlak sústavy $p_{hdov} = 297 \text{ kPa}$
- Volím $p_h = 250 \text{ kPa}$

Predbežný objem expanznej nádoby sa vypočíta podľa vzťahu:

$$V_{en} = \frac{V_e \cdot (p_h + 100)}{p_h - p_d} \quad (2.10)$$

$$V_{en} = \frac{0,54 \cdot (250 + 100)}{250 - 150} = 1,89 \text{ l}$$

Kotol v sebe zahŕňa expanznú nádobu s objemom 10 l. Výpočtom sa potvrdilo, že vystačí expanzná nádoba kotla a nie je nutné zaobstarávať ďalšiu.

2.5.2 Poistný ventil

Určenie minimálneho prierezu sedla poistného ventilu

$$A_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} \quad (2.11)$$

A_o plocha prierezu sedla poistného ventilu [m^2]


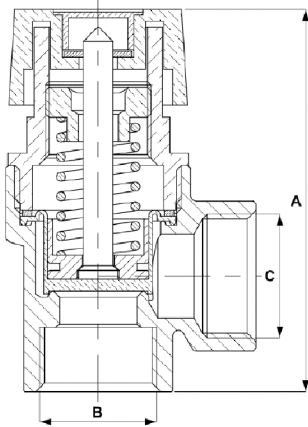
Q_p maximálny výkon kotla [kW]

α_v výtokový súčiniteľ poistného ventilu [-]

K konštanta závislá na stave sýtej vodnej pary pri pretlaku p_{ot} [$kW \text{ mm}^{-2}$]

$$A_o = \frac{11}{0,3 \cdot 1,12} = 33 \text{ mm}^2$$

Návrh: poistný ventil $G3/4''F \times G3/4''F$, otvárací pretlak 2,5 bar.

Rozmerová schéma		Prevádzkové parametre							
		Menovitý tlak	PN 10						
		Pracovná teplota	max. 110 °C						
		Plné otvorenie ventilu	$p_o + 10 \%$						
Materiály									
		Telo ventilu	CW617N						
		Púzdro ventilu	Nylón 30% GF						
		Tesnenie	FPM Viton						
		Membrána	EPDM 70						
		Tesnenie	N 2200 G53 (POM)						
		Vreteno	Hostaform (POM)						
		Pružina	pružinová oceľ						
		Nastavovacia skrutka	N 2200 G53 (POM)						
		Gombík	ABS						
		Pružná podložka	oceľ						
		Viečko	Nylón 6 (PA)						
Objednávaci kód	Pripojenie	Otvárací tlak p_o	Prierez sedla	Výtokový súčiniteľ	Prietok	Rozmery			Hmotnosť
		[bar]	[mm ²]	[-]	[kg/h]	A	B	C	[g]
						[mm]	[-]	[-]	
15 383	G 3/4"	1,5	226,98	0,30	4 453	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195
15 384		2,0	226,98	0,30	5 142	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195
15 385		2,5	226,98	0,30	5 749	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195
15 386		3,0	226,98	0,30	6 298	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195
15 387		4,0	226,98	0,30	7 272	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195
15 388		6,0	226,98	0,30	8 906	82	G 3/4" F	G 3/4" F	195

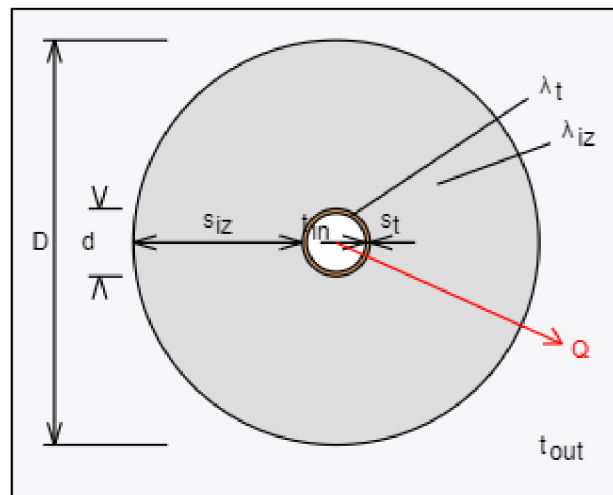
Obr. 55 Navrhnutý poistný ventil [41]

2.6 Návrh izolácie potrubia

Návrh hrúbky tepelnej izolácie potrubia vychádza z vyhlášky č. 193/2007. Výpočet bol prevedený pomocou programu dostupného na stránkach TZB-info [42]. Navrhnuté je izolačné potrubné puzdro z kamennej vlny s povrchovou vrstvou hliníkovej fólie vystuženou sklenenou mriežkou (Rockwool RW800).

Tab. 8 Posúdenie tepelnej izolácie

Rozmer potrubia [mm]	Priemer potrubia [mm]	Hrúbka steny potrubia [mm]	Hrúbka izolácie [mm]	Súčiniteľ tepelnej vodivosti potrubia [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Súčiniteľ tepelnej vodivosti izolácie [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Priemer potrubia s izoláciou [mm]	Súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšom povrchu [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	Výsledný súčiniteľ prestupu tepla [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Určujúci súčiniteľ prestupu tepla [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Posúdenie podľa vyhlášky 193/2007
D _{xt}	d	s _t	s _{iz}	λ_t	λ_{iz}	D	α_e	U _o	U _{o,v}	U _{o,v} ≥ U _o
12x1	12	1	30	372	0,037	72	10	0,123	0,15	vyhovuje
15x1	15	1	30	372	0,037	75	10	0,136	0,15	vyhovuje
28x1,5	28	1,5	40	372	0,037	108	10	0,164	0,18	vyhovuje



Obr. 56 Schematický rez potrubia s izoláciou [42]

C TECHNICKÁ SPRÁVA

1 ÚVOD

Projektová dokumentácia rieši návrh alternatívneho systému vykurovania v kostole Jména Ježíš v Telči v stupni štúdie stavby.

1.1 Umiestnenie a popis objektu

Kostol Jména Ježíš je lokalizovaný v južnej časti Českej republiky v meste Telč. Je súčasťou svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO. Vstup do objektu je z pozdĺžnej strany kostola. Jedná sa o jednoloďový kostol s presbytériom umiestneným medzi vežami kostola. V ľavej veži je schodisko smerujúce na 2. NP (chór), kde oproti presbytériu je umiestnený orgán. V rámci 1. NP vedie z presbytéria chodba do sakristie. Samotná sakristia je súčasťou budovy bývalého jezuitského internátu, ktorá je priamo napojená na kostol. Spoločne so sakristiou sa tam nachádzajú ešte dva sklady. Pod kostolom sa nachádza podzemná krypta. Obvodové steny sú murované a objekt je zastrešený šikmou strechou. Na chóre sa nachádza po ľavej strane orgánu schodisko vedúce do podkrovia kostola.

1.2 Podklady pre projekt

- Projektová dokumentácia objektu
- Technické listy výrobcov
- Platné normy a vyhlášky

2 POTREBNÝ VÝKON

Návrh vychádza z existujúceho stavu vykurovacieho systému v objekte. Vykurovací systém je tvorený elektrickými sálavými panelmi umiestnenými v laviciach v hlavnej lodi kostola. Jeden panel má výkon 125 W. Celkový počet panelov je 48. Celkový maximálny výkon panelov je 6000 W. Návrh vychádza z nameraných hodnôt teploty interiéru v roku 2018. Na základe teploty interiéru je vypočítaný premenný potrebný výkon počas roka a premenný teplotný spád prívodnej a vratnej vykurovacej vody v sústave.

3 TECHNICKÉ RIEŠENIE VYKUROVANIA

Navrhnutá vykurovacia sústava je dvojrúrková, uzatvorená s núteným obehom vody. Systém je v rámci jedného poschodia, jedná sa o etážovú sústavu. Sústava je rozdelená na 4 vetvy. Každá vetva pozostáva zo šiestich vykurovacích registrov, ktoré sú v rámci vetvy zapojené Tichelmannovym spôsobom. Hydraulické vyváženie je na rozdeľovači/zberači. Teplotný spád je v rozmedzí (40/33 | 40/35,5).

3.1 Zdroj tepla

Zdroj tepla je navrhnutý plynový kondenzačný kotol Vitodens 200-W, typ B2HF o výkone 1,9 – 11 kW. Umiestnenie kotla je v miestnosti „sklad“ nachádzajúcej sa vedľa sakristie v objekte bývalého jezuitského internátu. Navrhnutý kotol je v prevedení typu C. Prívod spaľovacieho vzduchu a odvod spalín je prostredníctvom koaxiálneho potrubia 60/100.

3.2 Odvod kondenzátu

Kotel obsahuje prípojku kondenzátu $\varnothing 20 \sim 24 \text{ mm}$. Kondenzát je vedený potrubím DN40 cez neutralizačný box do kanalizácie.

3.3 Zabezpečovacie zariadenie

Vo vykurovacej sústave je nainštalovaný poistný ventil v prípade prekročenia najvyššieho dovoleného pretlaku sústavy s otváracím pretlakom 250 kPa. Navrhnutý je poistný ventil $G3/4''F \times G3/4''F$. Ďalej v konštrukcii kotla je nainštalovaná expanzná nádoba s objemom 10 l. Najnižší dovolený pretlak sústavy je 150 kPa. Najvyšší dovolený pretlak je 250 kPa. Celkový objem vody v sústave je 53 l.

3.4 Dopĺňovanie vody do sústavy

Voda bude dopĺňovaná manuálne pri kontrole vykurovacieho systému pomocou hadice cez guľový kohút umiestnený pri kotle na vetve vratnej vody.

3.5 Vykurovacie telesá

Navrhnuté sú vykurovacie registre umiestnené vo všetkých laviciach. Register je slučka dĺžky 16 m navrhnutá tak, aby rovnomerne pokryla plochu sedadla v lavici a miesto na kľáčanie. Všetky registre majú rovnakú dĺžku a sú vyrobené z medených rúrok $Cu 12 \times 1 \text{ mm}$.

3.6 Potrubie a izolácia

Potrubie vykurovacieho systému je z medi. Rozvody sú vedene v kamennej podlahe a v drevenej podlahe lavíc. Voľne vedené potrubie bude spájané lisovaním tvaroviek, rúrky v konštrukciách budú spájané spájkovaním natvrdo.

Navrhnuté je izolačné potrubné puzdro z kamennej vlny s povrchovou vrstvou hliníkovej fólie vystuženou sklenenou mriežkou (Rockwool RW800).

Cu 12 \times 1 mm	IZ 30 mm
Cu 15 \times 1 mm	IZ 30 mm
Cu 28 \times 1,5 mm	IZ 40 mm

3.7 Armatúry

Vykurovacia sústava obsahuje uzatváracie armatúry, spätný ventil, vypúšťacie armatúry, automatické odvzdušňovacie ventily na rozdeľovači/zberači a odvzdušňovacie ventily pre ručné odvzdušnenie na telesách. Na potrubí pred rozdeľovačom/zberačom sú nainštalované teplomery a manometer. Ďalej sa tam nachádza armatúra na dopúšťanie vody do systému a poistný ventil.

4 POŽIADAVKY NA OSTATNÉ PROFESIE

- **Zdravotechnika**

Zaistiť možnosť dopúšťania studenej vody do systému a odvod kondenzátu z kotla do kanalizácie, ďalej zaistiť prívod plynu ku kotlu vybudovaním vnútorného plynovodu.

- **Elektroinštalácia**
Zabezpečiť elektrické pripojenie kotla.
- **Stavebné práce**
Vybudovanie prestupov v stene a žľabov pod kamennou podlahou. Miesta vedení sú podľa projektovej dokumentácie.

5 SKÚŠKY

Pred uvedením systému musia byť prevedené skúšky. Postup a typ skúšok je uvedený v norme ČSN 06 0310: Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž.

5.1 Skúška tesnosti

Skúška tesnosti sa vykonáva pred zamurovaním žliabkov, uložením kamennej dlažby a pred inštaláciou tepelnej izolácie. Skúša sa vodou na najvyšší dovolený pretlak. Sústava sa naplní vodou a odvzdušní. Následne sa systém prezrie. Nesmie sa prejavovať viditeľná netesnosť. Sústava bude napustená najmenej 6 hodín, po ktorých sa sústava znovu prezrie. Ak sa neobjaví pri prehliadke netesnosť a neprejaví sa znateľný pokles pretlaku v sústave, výsledok skúšky sa považuje za úspešný. Ak nastane netesnosť, musí sa odstrániť a skúška tesnosti sa opakuje.

5.2 Dilatačná skúška

Táto skúška sa vykonáva pred zaizolovaním potrubia. Teplonosná látka sa ohreje na maximálnu teplotu a potom sa nechá vychladnúť na teplotu okolitého vzduchu. Potom sa postup ešte raz zopakuje. Ak sa pri prehliadke zistia netesnosti alebo iné vady, skúška sa po oprave musí znovu zopakovať.

5.3 Vykurovacia skúška

Skúška by mala trvať najmenej 24 hodín. Pri skúške sa kontroluje správne fungovanie armatúr, rovnomerný ohrev vykurovacích telies, zabezpečovacie zariadenie, projektovaný výkon kotla, správna funkcia meracích a regulačných zariadení.

6 BEZPEČNOSŤ A OCHRANA

6.1 Vplyv na životné prostredie

Navrhnutý vykurovací systém v objekte nebude zhoršovať vplyv na životné prostredie.

6.2 Nakladanie s odpadmi

S odpadmi, ktoré vznikli behom výstavby bude nakladané podľa zákona č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadoch.

6.3 Bezpečnosť a ochrana pri práci

Je nutné dodržiavať bezpečnostné podmienky týkajúce sa bezpečnosti pri realizácii, bezpečnosť pri prevádzke a užívaní stavby, požiarnej ochrana. Opatrenia sú stanovené právnymi predpismi a vyhláškami.

7 POUŽITÉ NORMY, ZÁKONY A VYHLÁŠKY

- ČSN EN 15757: Ochrana kulturního dědictví – Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygrokopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu
- ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3
- ČSN 06 0830: Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
- ČSN 06 0310: Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
- Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech
- Vyhláška č. 193/2007 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

D ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo posúdiť vnútornú mikroklímu v kostole Jména Ježíš v Telči, posúdiť existujúci stav vykurovacieho systému a navrhnúť alternatívne riešenie na základe existujúceho stavu.

V teoretickej časti sú vysvetlené a popísané metódy, ktoré boli použité pre analýzu vnútornej tepelne-vlhkostnej mikroklímy objektu. Ďalej sú popísané články zaoberajúce sa posúdením a analýzou vnútornej mikroklímy v historických objektoch. Uvádzajú sa tam negatívne javy, ktoré spôsobujú degradáciu historických artefaktov, riešenia týchto problémov a zaujímavé pozorovania, ktoré boli vykonané prevažne v oblasti Talianska. Záver teoretickej časti popisuje typy meradiel tepelne-vlhkostného prostredia. Sú tam uvedené základné typy teplomerov a princípy, na ktorých fungujú jednotlivé vlhkomery.

Výpočtová časť pozostáva z dvoch hlavných kapitol: analýza a posúdenie vnútornej mikroklímy objektu a návrh alternatívneho systému vykurovania. Prvá časť sa najprv venuje popisu existujúceho vykurovacieho systému. Následne je popísaná analýza vnútorného prostredia podľa metód Target Range a Historical Climate Method. V druhej časti je výpočet alternatívneho systému vykurovania, ktorý bol zvolený. Jedná sa o teplovodný systém s ohrevom vykurovacej vody v plynovom kondenzačnom kotly. Návrh bol počítaný na základe nameraných teplôt počas roku 2018. Bolo stanovené rozmedzie teplotného spádu.

Posledná časť spracúva technickú správu k projektu. Súčasťou tejto kapitoly je aj výkresová dokumentácia, v ktorej je funkčná schéma súčasného stavu vykurovacieho systému v kostole a výkresy znázorňujúce alternatívne riešenie.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Kostel Jména Ježíš - Telč. In: *Sdružení historických sídel Čech, Moravy a Slezska* [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.historickasidla.cz/dr-cs/716-kostel-jmena-jezis.html>
- [2] CAMUFFO, Dario. *Microclimate for Cultural Heritage*. 1st ed. 1998. ISBN 9780080536538.
- [3] HNILICA, Ondřej, Stefan BICHLMAIR a Josef PLÁŠEK. Indoor Climate in Jesuit Church of Holy Name of Jesus in Telc. *E3S Web of Conferences* [online]. Les Ulis: EDP Sciences, 2019, 111 [cit. 2021-04-25]. ISSN 25550403. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/201911103056
- [4] ČSN EN 15757. *Ochrana kulturního dědictví - Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygroskopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu*. 1.4.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [5] CAMUFFO, Dario, Emanuela PAGAN, Adriana BERNARDI a Francesca BECHERINI. The impact of heating, lighting and people in re-using historical buildings: a case study. *Journal of cultural heritage* [online]. Elsevier SAS, 2004, 5(4), 409-416 [cit. 2021-05-08]. ISSN 1296-2074. Dostupné z: doi:10.1016/j.culher.2004.01.005
- [6] Sala dei Giganti. In: *Padova convention bureau: Sala dei Giganti* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.padovaconvention.it/it/programma-un-convegno/sedi-istituzionali/sala-dei-giganti>
- [7] BONACINA, Cesare, Paolo BAGGIO, Francesca CAPPELLETTI, Piercarlo ROMAGNONI a Antonio STEVAN. The Scrovegni Chapel: The results of over 20 years of indoor climate monitoring. *Energy and buildings* [online]. Elsevier B.V, 2015, 95, 144-152 [cit. 2021-05-08]. ISSN 0378-7788. Dostupné z: doi:10.1016/j.enbuild.2014.12.018
- [8] STANSKA, Zuzanna. 6 Things You Must Know About Scrovegni Chapel. In: *Daily Art Magazine* [online]. 2017 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.dailyartmagazine.com/things-must-know-scrovegni-chapel/>
- [9] CARATELLI, Alessia, Anna SIANI, Giuseppe CASALE, Alessandro PARAVICINI, Kristina FIORE a Dario CAMUFFO. Stucco panels of Room VI in the Galleria Borghese (Rome): Physical-chemical analysis and microclimate characterization.(Report). *Energy & Buildings* [online]. Elsevier B.V, 2013, 61, 133 [cit. 2021-05-08]. ISSN 0378-7788.
- [10] CARDINALE, N a F RUGGIERO. A case study on the environmental measures techniques for the conservation in the vernacular settlements in Southern Italy. *Building and environment* [online]. Elsevier Ltd, 2002, 37(4), 405-414 [cit. 2021-05-15]. ISSN 0360-1323. Dostupné z: doi:10.1016/S0360-1323(01)00030-0
- [11] Sassi di Matera. In: *Wikipedia* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Sassi_di_Matera
- [12] SANTUARIO DI SANTA MARIA DELLA PALOMBA. In: *Matera city tour* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.materacitytour.it/storie/santuario-di-santa-maria-della-palomba/>

- [13] DROZDA, František a Renáta KNOROVÁ. *Priručka pre meranie teploty* [online]. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: https://www.unms.sk/swift_data/source/2015/om/prirucky/PRIRUCKA_TEPLO_TA_na_web.pdf
- [14] Teploměr. In: *Zdravý svet* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.zdravysvet.sk/p/teploměr>
- [15] *Experimentální zjišťování prurazné pevnosti vzduchu - vliv teploty a vlhkosti* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/8981261.pdf>. Diplomová práca. Vysoká škola Baňská - TU Ostrava. Vedoucí práce Ing. Martin Marek, Ph.D.
- [16] Ručičkový teploměr bimetalový přímý 13 mm (G 1/2"). In: *OBI* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.ob.cz/instalace-topeni/rucickovy-teploměr-bimetalovy-primy-13-mm-g-1-2-/p/4951026>
- [17] Odporové senzory typu Pt. In: *TME Electronic Components* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: https://www.tme.eu/html/SK/odporove-senzory-typu-pt/ramka_2223_SK_pelny.html
- [18] Šroubovací odporový teploměr s přípojovací hlavou Jumo, 100 mm. In: *Conrad: Elektronika a technika pre profesionálov* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://velkoobchod.conrad.sk/sroubovaci-odporovy-teploměr-s-pripojvaci-hlavou-jumo-100-mm.k120348#>
- [19] Digitální teploměr bezdrátový 0560 9055. In: *RS Components* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: [https://cz.rs-online.com/web/p/digitalni-teplomery/0227848/?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A--google--CSS_CZ_CZ_Testov%C3%A1n%C3%AD_a_m%C4%9B%C5%99en%C3%AD_Whoop--\(CZ:Whoop!\)+Digit%C3%A1ln%C3%AD+teplom%C4%9Bry+\(2\)--227848&matchtype=&pla-301445797811&gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIZTG5naGffo29SepJWjp6Pi6dXNoVQrFuS5Tldbb1TYGfL8CILESAsaAsuQEALw_wcB&gclsrc=aw.ds](https://cz.rs-online.com/web/p/digitalni-teplomery/0227848/?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A--google--CSS_CZ_CZ_Testov%C3%A1n%C3%AD_a_m%C4%9B%C5%99en%C3%AD_Whoop--(CZ:Whoop!)+Digit%C3%A1ln%C3%AD+teplom%C4%9Bry+(2)--227848&matchtype=&pla-301445797811&gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIZTG5naGffo29SepJWjp6Pi6dXNoVQrFuS5Tldbb1TYGfL8CILESAsaAsuQEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)
- [20] Teploměr s vnitřním čidlem. In: *Comet system* [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/produkty/teploměr-s-vnitřnim-čidlem/reg-s0110e>
- [21] DÍTĚ, Ivan. Bezkontaktní infračervené teploměry. *Elektro: Časopis pro elektrotechniku* [online]. 2004 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezkontaktni-infracervene-teplomery--14006>
- [22] Extol Premium bezkontaktný teploměr 8831302. In: *Madmat* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.madmat.sk/extol-premium-bezkontaktny-teploměr-8831302-p51147>
- [23] Základné princípy merania vlhkosti. In: *BioClio: Vzdelávací portál o problematike bioklimatológie a hydrológie krajiny* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://bioclio.com/pristroje-a-metody-na-meranie-vlhkosti-vzduchu/>

- [24] Jak zkontrolovat, zda vlhkoměr funguje správně. Jak používat vlhkoměr: krok za krokem pokyny. In: *Cafe-ayo* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://cafe-ayo.ru/cs/svoimi-rukami/kak-proverit-pravilno-li-rabotaet-gigrometr-kak-polzovatsya-gigrometrom.html>
- [25] Vlhkost vzduchu. *Cit* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/mikroklima/www/4%20Vlhkost.htm>
- [26] Vlasový vlhkoměr značky Adorini stříbrný. In: *Humidor discount* [online]. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.humidordiscount.com/cs/adorini-hair-hygrometer-silver>
- [27] HNILICA, Ondřej a Ivan KLÍMA. *Dejiny staveb 2019: 3D model kostela Jména Ježíš v Telči a jeho využití*. Plzeň: Petr Mikota, 2019. ISBN 978-80-87170-70-0.
- [28] Kostel Jména Ježíš, jezuitský kostel. *Rímskokatolická farnost Telč, Radkov, Urbanov a Mrákotín* [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.farnost-telc.cz/content/kostel-jmena-jezis-jezuitsky-kostel>
- [29] Jezuitská kolej a kostel v Telči: *Současný vzhled*. Telč a jezuité: Telč a jezuité, řád a jeho mecenáši [online]. [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: https://jezuitetelc.cz/3d/?n=te_Kolej
- [30] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3.vyd., zcela přeprac. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [31] Vlhkoměr-teploměr-datalogger-displej-S3120E. In: *Epřístroje.cz* [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: https://www.epristroje.cz/vlhkomer-teplomer-datalogger-displej-s3120e/?gclid=CjwKCAiApNSABhAIEiwANuR9YK8q9JHK947BsWgowq-PbaKY07qqQaIuD3kRT-UZcu2pnLEkXrjKIhoC5n8QAvD_BwE
- [32] Přichytky na potrubí - plastové. Rabovský [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.rabovsky.com/katalog/produkt/prichytky-na-potrubi-plastove-15315>
- [33] Vitodens 200-W. Viessmann [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/vitodens-200w.html>
- [34] STAD - PN 25. IMI Hydronic Engineering [online]. [cit. 2021-05-22]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/vyva%20BEov%20A1n%20AD-regulace-a-pohony/vyva%20BEovac%20AD-ventily/vyva%20BEovac%20AD-ventily/STAD-PN-25/2ee5df04-a17f-4a79-b66e-c0b3f9c329a7>
- [35] Vnitřní koncentrický vzducho-spalinový systém LIL (PPH / ocel - bílý komaxit) a LIB (PPH / nerez). Almeva [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.almeva.cz/cs/produkty/vnitri-koncentricky-vzducho-spalinovy-system-lil-pph-ocel-bily-komaxit-lib-pph-nerez>
- [36] HERZ - Přímý termostatický ventil TS-90. Herz [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.herz-sk.sk/priamy-termostaticky-ventil-herz-ts-90/>
- [37] HERZ - Přímý ventil do spiatocky RL-5. Herz [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.herz-sk.sk/priamy-ventil-do-spiatocky-herz-rl-5/>

- [38] Taconova automatický odvzdušňovací ventil 3/8" 240.5419.000. *Panfitinka [online]*. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://eshop.panfitinka.cz/p/taconova-automaticky-odvzdušnovaci-ventil-38-2405419000>
- [39] SESTAVA ROZDĚLOVAČ/SBĚRAČ PRO OTOPNÁ TĚLESA - BEZ SKŘÍNĚ. Ivar: Voda, topení, plyn [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/cestava-rozdelovac-sberac-pro-otopna-telesa-bez-skrine-p139920/>
- [40] HERZ - Priamy ventil AS-T-90. Herz [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.herz-sk.sk/priamy-ventil-herz-as-t-90/>
- [41] Poistný ventil G 3/4" F/F. Regulus [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.regulus.sk/sk/poistny-ventil-g-3-4-f-f>
- [42] Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací. *TZB info* [online]. [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-ztraty-potrubu-s-izolaci>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

Skratky

ČSN	technické zariadenia budov
DN	menovitá svetlosť potrubia
EN	európska norma
HVAC	vykurovací, ventilačný a klimatizačný systém
NP	nadzemné podlažie
PC	počítač
RH	relatívna vlhkosť
T	teplota
TZB	technické zariadenia budov
UNESCO	Organizácia spojených národov pre výchovu, vedu a kultúru
UNI	talianska norma

Symbody

A_o	Plocha prierezu sedla poistného ventilu	(m^2)
c	Merná tepelná kapacita	$(J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$
d	Vnútorň priemer potrubia	(m)
D	Vonkajší priemer potrubia	(m)
g	Gravitačné zrýchlenie	$(m \cdot s^{-2})$
h_{MR}	Výška manometrickej roviny	(m)
K	Konštanta závislá na stave sýtej pary	$(kW \cdot mm^{-2})$
l	Dĺžka potrubia	(m)
l_{reg}	Dĺžka vykurovacieho registra	(m)
m	Hmotnostný prietok	$(kg \cdot h^{-1})$
n	Súčiniteľ zväčšenia objemu	$(-)$
p_d	zvolený najnižší pretlak sústavy	(kPa)
p_{dov}	najnižší dovolený pretlak sústavy	(kPa)
p_h	zvolený najvyšší pretlak sústavy	(kPa)
p_{hdov}	najvyšší dovolený pretlak sústavy	(kPa)
p_k	minimálny konštrukčný pretlak jednotlivých prvkov sústavy	(kPa)
Q	merný tepelný výkon	$(W \cdot m^{-1})$
Q_c	celkový výkon	(W)
Q_p	maximálny výkon kotla	(kW)
$p_{\check{c}}$	zostatková dopravná výška čerpadla	(Pa)
p_s	tlaková strata kritickej vetvy	(Pa)
t_i	teplota interiéru	$(^{\circ}C)$

t_p	teplota prívodu	($^{\circ}C$)
t_v	teplota spiatočky	($^{\circ}C$)
U_o	súčiniteľ prechodu tepla valcovou stenou	($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
V_c	celkový objem v systéme	(l)
V_e	expanzný objem	(l)
α_i	súčiniteľ prestupu tepla medzi médiom a vnútorných povrchoch potrubia	($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
α_e	súčiniteľ prestupu tepla medzi povrchom a okolitým vzduchom	($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
α_v	výtokový súčiniteľ poistného ventilu	($-$)
Δp_v	tlaková strata ventilu	(Pa)
λ_t	súčiniteľ tepelnej vodivosti	($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
ρ	hustota	($kg \cdot m^{-3}$)

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Kostol Jména Ježíš v Telči [1].....	11
Obr. 2 Príklad zobrazenia nameraných dát	13
Obr. 3 Horný graf znázorňuje priebeh teplôt v interiéri počas viacerých rokov so stanoveným sezónnym cyklom (plná červená čiara) a prijateľným rozmedzím (7. a 93. percentil), dolný graf zobrazuje fluktuáciu teplôt okolo sezónneho cyklu	14
Obr.4 Horný graf znázorňuje priebeh relatívnej vlhkosti v interiéri počas viacerých rokov so stanoveným sezónnym cyklom (plná modrá čiara) a prijateľným rozmedzím (7. a 93. percentil), dolný graf zobrazuje fluktuáciu relatívnej vlhkosti okolo sezónneho cyklu.	14
Obr. 5 Giant Hall, Padova (Taliansko) [6].....	15
Obr. 6 Kaplnka Scrovegniovcov, Padova (Taliansko) [8]	16
Obr. 7 Štukový panel z Galérie Borghese [9].....	17
Obr. 8 Kamenné mesto Sassi di Matera [11]	18
Obr. 9 Vľavo kostol Sanctuary of St. Mary of Palomba, vpravo interiér kostola [12]..	19
Obr. 10 Sklenený kvapalinový teplomer [14].....	20
Obr. 11 Bimetalový teplomer [16].....	20
Obr. 12 Odporový senzor (plošný) [17].....	21
Obr. 13 Termoelektrický teplomer [18].....	21
Obr. 14 Elektronický teplomer, vpichový [19].....	22
Obr. 15 Dataloger [20].....	22
Obr. 16 Bezkontaktný teplomer [22]	23
Obr. 17 Určenie vlhkosti z teploty mokrého a suchého teplomera pomocou Mollierovho diagramu	24
Obr. 18 Psychrometer [24].....	24
Obr. 19 Určenie vlhkosti pomocou Mollierovho diagramu.....	25
Obr. 20 Vlasový hygrometer [26].....	25
Obr. 21 Kostol Jména Ježíš v Telči, vľavo rez kostolom, vpravo pohľad zo strany bývalého jezuitského internátu [29].....	26
Obr. 22 Sálavé elektrické panely v kostole Jména Ježíš [3].....	27
Obr. 23 Rozvodná skriňa v kostole Jména Ježíš.....	27
Obr. 24 Dataloger S3120E [31]	28
Obr. 25 Umiestnenie datalogeru, pôdorys 2.NP	29
Obr. 26 Interiér kostola Jména Ježíš s vyznačeným datalogerom [3]	29
Obr. 27 Priebeh teploty interiéru a teploty rosného bodu v sledovanom období	30
Obr. 28 Priebeh relatívnej vlhkosti interiéru v sledovanom období	30
Obr. 29 Tepelne-vlhkostné rozdiely interiéru.....	31
Obr. 30 Priebeh teploty a relatívnej vlhkosti interiéru v decembri 2017, 2018, 2019...	32
Obr. 31 Tepelne-vlhkostné záznamy stavu interiéru v kostole Jména Ježíš.....	32
Obr. 32 Sezónny cyklus teploty interiéru	35
Obr. 33 Krátkodobá fluktuácia teploty interiéru okolo sezónneho cyklu	35
Obr. 34 Sezónny cyklus relatívnej vlhkosti interiéru.....	36
Obr. 35 Krátkodobá fluktuácia relatívnej vlhkosti okolo sezónneho cyklu.....	36
Obr. 36 Schéma vykurovacieho registra v lavici, pôdorys a bočný pohľad	38
Obr. 37 Schéma vykurovacieho registra v poslednej lavici, pôdorys a bočný pohľad..	39
Obr. 38 Priebeh teploty interiéru, teploty vratnej vody a výkonu registra v priebehu roka 2018	39

Obr. 39 Plastová príchytka na medené potrubie [32].....	40
Obr. 40 Maximálny rozostup plastových príchytiek [32]	40
Obr. 41 Plynový kondenzačný kotol Vitodens 200-W [33].....	41
Obr. 42 Technické parametre plynového kondenzačného kotla Vitodens 200-W [33] .	42
Obr. 43 Čerpadlo integrované v kotle so znázornením pracovného bodu [33].....	43
Obr. 44 Určenie k_v hodnoty vyvažovacieho ventilu [34]	43
Obr. 45 Navrhnutý vyvažovací ventil STAD [34]	43
Obr. 46 Kostol Jména Ježíš a budova bývalého jezuitského internátu, pohľad na strechu [29]	44
Obr. 47 Schéma vnútorného koncentrického vzducho-spalinového systému LIL s vyznačeným vhodným variantom [35]	45
Obr. 48 Ventil TS-90 na prívode [36]	46
Obr. 49 Určenie tlakovej straty ventilu TS-90 [36].....	46
Obr. 50 Ventil RL 5 do spiatočky [37].....	47
Obr. 51 Určenie tlakovej straty ventilu RL 5 na telesách [37].....	47
Obr. 52 Odvzdušňovací ventil [38]	47
Obr. 53 Navrhnutý rozdeľovač a zberač [39].....	48
Obr. 54 Ručný ventil AS-T-90 [40]	48
Obr. 55 Navrhnutý poistný ventil [41]	52
Obr. 56 Schematický rez potrubia s izoláciou [42]	53

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Percentuálne vyjadrenie početnosti prijateľného rozmedzia pre jednotlivé materiály	34
Tab. 2 Dimenzovanie vetvy V1	49
Tab. 3 Dimenzovanie vetvy V2 (kritická vetva).....	49
Tab. 4 Dimenzovanie vetvy V3	50
Tab. 5 Dimenzovanie vetvy V4	50
Tab. 6 Vyregulovanie vetiev na rozdeľovači/zberači	50
Tab. 7 Určenie objemu vody vo vykurovacej sústave	51
Tab. 8 Posúdenie tepelnej izolácie	53

ZOZNAM PRÍLOH

Výkresy:

- V1 Funkčná schéma (existujúci stav)
- V2 Pôdorys 1. NP (alternatívny systém)
- V3 Zvislá schéma (alternatívny systém)
- V4 Schéma zapojenia (alternatívny systém)