



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V OBJEKTECH PRO BYDLENÍ

INDOOR ENVIRONMENT IN RESIDENTIAL BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Nikola Hudcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov
Studentka: **Bc. Nikola Hudcová**
Vedoucí práce: **Ing. Marcela Počinková, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství –pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vnitřní prostředí v objektech pro bydlení

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení zadaného tématu z oblasti TZB za využití literární rešerše, zpracování variantního technického návrhu řešení zadané části specializace systému TZB a dílčího úkolu ze zadaného tématu řešeného experimentálními nebo teoretickými prostředky, příp. prováděcí projektu.

Cíle a výstupy diplomové práce:

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení (podíl 20 %)

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově – koncepční řešení (podíl 40 %)

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Dílčí úkol ze zadaného tématu (podíl 40 %) zpracovaný teoretickými či experimentálními metodami, příp. prováděcí projekt zadané profese. Konkrétní náplň stanoví vedoucí práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 16. 3. 2023

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem vytápění a přípravy teplé vody pro panelový dům G57 v Brně. Práce se skládá ze tří částí, a to teoretické, výpočtové a experimentální. Teoretická část se zabývá vnitřním prostředím budov. Výpočtová část se zabývá kompletním návrhem vytápění objektu. Jsou provedeny dvě varianty návrhu zdroje tepla, první variantou je centrální zásobování teplem a druhou je kaskáda tří tepelných čerpadel. K obou variantám zdroje tepla je navržena příprava teplé vody, armatury, oběhová čerpadla, zabezpečovací zařízení a další zařízení. Experimentální část obsahuje měření vybraných parametrů vnitřního prostředí ve 3 různých objektech pro bydlení. Úkolem měření bylo zjistit, zda jsou dodržena kritéria vnitřního prostředí objektů pro bydlení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, centrální zásobování teplem, deskový výměník, tepelné čerpadlo, otopná tělesa, tepelné ztráty, přirozené větrání, přednostní příprava teplé vody, příprava teplé vody, zabezpečovací zařízení, vnitřní prostředí budov

ABSTRACT

The master's thesis deals with the design of heating and hot water preparation for the panel house G57 in Brno. The thesis consists of three parts, namely theoretical, computational and experimental. The theoretical part deals with the indoor environment of buildings. The calculation part deals with the complete design of the building's heating. Two variants of the design of the heat source are made, the first variant is a central heat supply and the second is a cascade of three heat pumps. Hot water preparation, fittings, circulation pumps, security devices and other equipment are designed for both heat source variants. The experimental part contains the measurement of selected parameters of the indoor environment in 3 different objects for housing. The task of the measurement was to find out whether the criteria of the indoor environment of the objects for living are met.

KEYWORDS

Heating, central heat supply, plate heat exchanger, heat pump, radiators, heat loss, natural ventilation, priority preparation of hot water, hot water preparation, security device, indoor environment of buildings

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HUDCOVÁ, Nikola. *Vnitřní prostředí v objektech pro bydlení*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vnitřní prostředí v objektech pro bydlení* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2024

Bc. Nikola Hudcová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vnitřní prostředí v objektech pro bydlení* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2024

Bc. Nikola Hudcová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za ochotu, rady a čas, který věnovala konzultacím. Dále bych ráda poděkovala celé rodině, partnerovi a kamarádům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

ÚVOD	21
Teoretická část	23
A.1. Úvod	24
A.2. Faktory vnitřního prostředí	24
A.3. Teorie vnitřního prostředí.....	24
A.4. Adaptace	25
A.5. Složky vnitřního prostředí (druhy mikroklimatu)	26
A.5.1. Tepelně-vlhkostní složka (= tepelně–vlhkostní mikroklima)	26
A.5.1.1. Parametry mikroklimatických podmínek – měření	27
A.5.1.2. Tepelná pohoda	27
A.5.1.2.1. Faktory tepelné pohody	28
A.5.1.2.2. Hodnocení tepelné pohody	32
A.5.1.3. Optimalizace tepelně – vlhkostního mikroklimatu	34
A.5.2. Toxická složka (= toxické mikroklima).....	35
A.5.2.1. Toxické plyny z exteriéru.....	35
A.5.2.1.1. Oxidy síry SO _x	35
A.5.2.1.2. Oxidy dusíku NO _x	35
A.5.2.1.3. Oxid uhelnatý CO	35
A.5.2.1.4. Ozon O ₃	35
A.5.2.1.5. Polycyklické aromatické uhlovodíky	35
A.5.2.2. Toxické plyny z interiéru	36
A.5.2.2.1. Těkavé organické látky VOC.....	36
A.5.2.3. Kritéria toxického mikroklimatu.....	36
A.5.2.4. Optimalizace toxického mikroklimatu.....	36
A.5.2.4.1. Zásah do zdroje toxických látek	36
A.5.2.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje toxických látek k exponovanému subjektu.....	36
A.5.2.4.3. Zásah na subjektu.....	36
A.5.3. Oděrová složka (= oděrové mikroklima).....	37
A.5.3.1. Příjemné a nepříjemné oděry	37
A.5.3.2. Působení oděrů na osoby	37
A.5.3.3. Rozdělení oděrů	38
A.5.3.4. Kritéria oděrového mikroklimatu.....	38
A.5.3.5. Optimalizace oděrového mikroklimatu.....	38
A.5.3.5.1. Zásah do zdroje oděru	38
A.5.3.5.2. Zásah do pole přenosu od zdroje oděru k exponovanému subjektu.....	38
A.5.3.6. CO ₂ – oxid uhličitý	39
A.5.4. Aerosolová složka (= aerosolové mikroklima).....	39
A.5.4.1. Druhy aerosolů.....	40
A.5.4.1.1. Pevný aerosol.....	40
A.5.4.1.2. Kapalný aerosol	40
A.5.4.2. Účinky aerosolů na osoby	40
A.5.4.3. Kritéria aerosolového mikroklimatu	41
A.5.4.4. Optimalizace aerosolového mikroklimatu	41
A.5.4.4.1. Zásah do zdroje toxických látek	41
A.5.4.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje toxických látek k exponovanému subjektu.....	41
A.5.4.4.3. Zásah na subjektu.....	41
A.5.5. Mikrobiální složka (= mikrobiální mikroklima).....	42
A.5.5.1. Zdroje mikroorganismů	42
A.5.5.1.1. Z venkovního ovzduší.....	42
A.5.5.1.2. Ze vzduchotechnického zařízení	42
A.5.5.1.3. Produkované člověkem.....	42
A.5.5.2. Kritéria aerosolového mikroklimatu	42
A.5.5.3. Optimalizace aerosolového mikroklimatu	42

A.5.5.3.1.	Zásah do zdroje mikroorganismů	42
A.5.5.3.2.	Zásah do pole přenosu od zdroje k exponovanému subjektu	43
A.5.6.	Ionizující složka (= ionizační mikroklima)	43
A.5.6.1.	Zdroje ionizujícího záření	43
A.5.6.1.1.	Radioaktivní látky z exteriéru	43
A.5.6.1.2.	Radioaktivní látky z interiéru	43
A.5.6.2.	Účinky na osoby	43
A.5.6.3.	Kritéria ionizačního mikroklimatu	44
A.5.6.4.	Optimalizace ionizačního mikroklimatu	44
A.5.6.4.1.	Zásah do zdroje	44
A.5.6.4.2.	Zásah do pole přenosu od zdroje látek k exponovanému subjektu	44
A.5.6.4.3.	Zásah na subjektu	44
A.5.7.	Světelné složka (= světelné mikroklima)	44
A.5.7.1.	Lidské oko	45
A.5.7.2.	Kvalitativní charakteristiky osvětlení	45
A.5.7.3.	Kvalita osvětlení	45
A.5.7.3.1.	Prostředí	45
A.5.7.3.2.	Komfort	46
A.5.7.3.3.	Výkon	46
A.5.7.4.	Účinky denního světla na osoby	47
A.5.7.5.	Kritéria světelného mikroklimatu	47
A.5.8.	Zvuková složka (= zvukové mikroklima)	47
A.5.8.1.	Zdroje	47
A.5.8.1.1.	Exteriér	48
A.5.8.1.2.	Interiér	48
A.5.8.2.	Účinky na osoby	48
A.5.8.2.1.	Hluk	48
A.5.8.3.	Kritéria zvukového mikroklimatu	48
A.5.8.4.	Optimalizace zvukového mikroklimatu	48
A.5.8.4.1.	Zásah do zdroje	48
A.5.8.4.2.	Zásah do pole přenosu od zdroje látek k exponovanému subjektu	49
A.5.8.4.3.	Zásah na subjektu	49
A.5.9.	Elektroiontová složka (= elektroiontové mikroklima)	49
A.5.9.1.	Vznik aeroiontů	49
A.5.9.2.	Dělení iontů	49
A.5.9.3.	Účinek na osoby	49
A.5.9.4.	Kritéria elektroiontového mikroklimatu	50
A.5.9.5.	Optimalizace elektroiontového mikroklimatu	50
A.5.10.	Elektrostatická složka (=elektrostatické mikroklima)	50
A.5.10.1.	Vznik elektrostatického náboje	50
A.5.10.1.1.	Vzájemný pohyb pevných těles	50
A.5.10.1.2.	Vzájemný pohyb tekutin	51
A.5.10.1.3.	Vzájemný pohyb pevných těles a tekutin	51
A.5.10.2.	Účinek na subjekty	51
A.5.10.2.1.	Účinek na živé subjekty	51
A.5.10.2.2.	Účinek na neživé subjekty	51
A.5.10.3.	Kritéria elektrostatického mikroklimatu	51
A.5.10.4.	Optimalizace elektrostatického mikroklimatu	51
A.5.10.4.1.	Úprava zdroje statické elektřiny	51
A.5.10.4.2.	Úprava pole přenosu	51
A.5.11.	Elektromagnetická složka (= elektromagnetické mikroklima)	52
A.5.11.1.	Zdroje elektromagnetického záření	52
A.5.11.1.1.	Exteriér	52
A.5.11.1.2.	Interiér	52
A.5.11.2.	Účinky na subjekty	52
A.5.11.2.1.	Účinek na živé subjekty	52
A.5.11.2.2.	Účinek na neživé subjekty	52

A.5.11.3.	Kritéria elektromagnetického mikroklimatu.....	52
A.5.11.4.	Optimalizace elektromagnetického mikroklimatu.....	53
A.5.11.4.1.	Zásah do zdroje.....	53
A.5.11.4.2.	Zásah do pole přenosu.....	53
A.5.11.4.3.	Zásah na subjektu.....	53
A.5.12.	Psychická složka (= psychické mikroklima).....	53
A.5.12.1.	Účinky na osoby.....	53
A.5.12.1.1.	Pohyb vzduchu.....	54
A.5.12.1.2.	Barevnost prostoru.....	54
A.5.12.1.3.	Velikost prostoru.....	54
A.5.12.2.	Optimalizace psychického mikroklimatu.....	54
A.6.	Syndrom nemocných budov (SBS – Sick Building Syndrome).....	54
A.7.	Závěr.....	55
Výpočtová část	57	
B.1.	Analýza objektu.....	58
B.2.	Výpočet tepelného výkonu.....	58
B.2.1.	Součinitel prostupu tepla.....	58
B.2.1.1.	Postup výpočtu součinitele prostupu tepla.....	59
B.2.1.2.	Výpočet a posouzení navržených konstrukcí.....	59
B.2.1.2.1.	Vodorovné konstrukce.....	59
B.2.1.2.2.	Svislé konstrukce.....	61
B.2.1.2.3.	Výplně otvorů.....	64
B.2.1.3.	Shrnutí konstrukcí a jejich součinitelů prostupu tepla.....	65
B.2.2.	Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností.....	66
B.2.2.1.	Postup výpočtu tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti.....	66
B.2.2.2.	Výpočet tepelných ztrát objektu.....	70
B.2.2.3.	Shrnutí tepelných ztrát objektu.....	71
B.2.2.3.1.	Vchod 1 - krajní.....	71
B.2.2.3.2.	Vchod 2 = vchod 3 (oba prostřední).....	75
B.3.	Energetický štítek obálky budovy.....	79
B.4.	Návrh otopných těles.....	85
B.4.1.	Otopná tělesa.....	85
B.4.2.	Velikost otopných těles.....	88
B.4.3.	Volba teplotního spádu.....	88
B.4.4.	Přepočtení výkonu otopného tělesa na jiné teplotní podmínky.....	89
B.4.5.	Skutečný výkon tělesa.....	90
B.4.6.	Navržená otopná tělesa v objektu.....	91
B.5.	Dimenzování a regulace otopných těles.....	94
B.5.1.	Postup dimenzování.....	94
B.5.2.	Přednastavení ventilů.....	96
B.5.3.	Dimenzovací tabulky.....	99
B.5.3.1.	od OT v bytech k patrovým R+S – vchod 1 – pro obě varianty stejné.....	99
B.5.3.2.	Společné prostory (3 vchody) – větev V4 – varianta 1 (předávací stanice).....	116
B.5.3.3.	Společné prostory (pouze 1 vchod) – větev V2 – varianta 2 (tepelná čerpadla).....	118
B.5.4.	Souhrnná tabulka přednastavení ventilů.....	118
B.5.4.1.	Byty – vchod 1 – pro obě varianty stejné.....	118
B.5.4.2.	Společné prostory (3 vchody) – větev V4 – varianta 1 (předávací stanice).....	121
B.5.4.3.	Společné prostory (pouze 1 vchod) – větev V2 – varianta 2 (tepelná čerpadla).....	122
B.6.	Návrh armatur – patrové R+S.....	122
Varianta 1.....	127	
B.7.	Návrh přípravy teplé vody – varianta 1.....	127

B.7.1.	Potřeba teplé vody	127
B.7.2.	Stanovení potřeby tepla	127
B.7.3.	Stanovení křivky odběru tepla	128
B.7.4.	Návrh zásobníku	128
B.8.	Návrh zdroje tepla – varianta 1	129
B.8.1.	Vstupní parametry pro návrh	129
B.8.2.	Potřebný výkon	130
B.9.	Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí v kotelně – varianta 1	131
B.9.1.	Od patrových R+S k R+S v kotelně (vchod 1) – větev V1	131
B.9.2.	Teplá voda pro vchod 1 – větev V5	132
B.9.3.	Zdroj tepla – primární a sekundární okruh	132
B.10.	Návrh armatur – varianta 1	133
B.10.1.	Návrh vyvažovacích ventilů	133
B.10.2.	Návrh směšovacích ventilů	133
B.10.3.	Návrh kalorimetrů	135
B.10.4.	Návrh regulačního ventilu	135
B.10.5.	Návrh regulačního ventilu s havarijní funkcí	136
B.10.6.	Návrh regulátoru tlakové diference a řídicího ventilu	136
B.11.	Návrh oběhových čerpadel – varianta 1	138
B.11.1.	Čerpadlo pro větev V1	138
B.11.2.	Čerpadlo pro větev V4	139
B.11.3.	Čerpadlo pro větev V5	140
B.12.	Návrh dalších zařízení – varianta 1	141
B.12.1.	Návrh rozdělovače a sběrače	141
B.12.2.	Návrh armatury pro doplňování vody	141
B.12.3.	Návrh armatury pro úpravu doplňované vody	141
B.13.	Návrh zabezpečovacích zařízení	142
B.13.1.	Návrh expanzní nádoby	142
B.13.2.	Návrh pojistných ventilů	147
B.14.	Návrh tepelné izolace – varianta 1	148
B.15.	Návrh dilatace potrubí – varianta 1	150
B.16.	Tepelná bilance – varianta 1	152
B.16.1.	V zimním období	152
B.16.2.	V letním období	153
B.17.	Roční potřeba tepla a paliva – varianta 1	154
B.17.1.	Příprava teplé vody	154
B.17.2.	Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem, infiltrací a přirozeným větráním	155
B.17.3.	Celková roční potřeba a spotřeba tepelné energie pro 1 vchody	156
B.17.4.	Celková roční potřeba a spotřeba tepelné energie pro 3 vchod	156
	Varianta 2	157
B.18.	Návrh přípravy teplé vody – varianta 2	157
B.18.1.	Potřeba teplé vody	157
B.18.2.	Stanovení potřeby tepla	157
B.18.3.	Stanovení křivky odběru tepla	158
B.18.4.	Návrh zásobníku	158
B.18.5.	Návrh topné vložky	161
B.19.	Návrh zdroje tepla – varianta 2	161
B.19.1.	Vstupní parametry pro návrh	161
B.19.2.	Výpočet potřebného výkonu	162
B.19.3.	Výkonový diagram tepelného čerpadla	164

B.19.4.	Návrh bivalentního zdroje.....	166
B.20.	Návrh akumulární nádrže – varianta 2.....	167
B.20.1.	Teplotní stav při $t_e = -12\text{ °C}$	169
B.20.2.	Teplotní stav při $t_e = -5\text{ °C}$	170
B.20.3.	Teplotní stav při $t_e = +6\text{ °C}$	171
B.21.	Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí v kotelně – varianta 2.....	172
B.21.1.	Od patrových R+S k AKU nádrži v kotelně (vchod 1) – větev V1	172
B.21.2.	Zdroj tepla.....	173
B.21.2.1.	Okruh TČ1 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C.....	173
B.21.2.2.	Okruh TČ2 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C.....	174
B.21.2.3.	Okruh TČ3 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C.....	174
B.21.2.4.	Okruh elektrokotel – deskový výměník – 70/55 °C	175
B.21.2.5.	Okruh elektrokotel – deskový výměník – 70/55 °C	175
B.21.2.6.	Okruh deskový výměník – AKU nádrž – 55/50 °C	175
B.21.2.7.	Okruh TČ1 – AKU nádrž – 55/50 °C	176
B.21.2.8.	Okruh TČ2 – AKU nádrž – 55/50 °C	176
B.21.2.9.	Okruh TČ3 – AKU nádrž – 55/50 °C	177
B.22.	Návrh armatur – varianta 2	177
B.22.1.	Návrh vyvažovacích ventilů.....	177
B.22.2.	Návrh prepínacích ventilů	178
B.23.	Návrh oběhových čerpadel – varianta 2.....	179
B.23.1.	Čerpadlo pro větev V1	179
B.23.2.	Čerpadlo pro větev V2	180
B.23.3.	Čerpadlo pro TČ1.....	181
B.23.4.	Čerpadlo pro TČ2.....	182
B.23.5.	Čerpadlo pro TČ3.....	183
B.23.6.	Čerpadlo pro okruh deskový výměník – AKU nádrž	184
B.23.7.	Čerpadlo pro okruh elektrokotel – deskový výměník	185
B.24.	Návrh dalších zařízení – varianta 2.....	186
B.24.1.	Magnetický odkalovač	186
B.24.2.	Návrh armatury pro doplňování vody	186
B.24.3.	Návrh armatury pro úpravu doplňované vody.....	186
B.25.	Návrh zabezpečovacích zařízení – varianta 2	187
B.25.1.	Návrh expanzní nádoby.....	187
B.25.2.	Návrh pojistných ventilů	192
B.26.	Návrh tepelné izolace – varianta 2	195
B.27.	Návrh dilatace potrubí – varianta 2.....	197
B.28.	Tepelná bilance – varianta 2.....	199
B.28.1.	V zimním období.....	199
B.28.2.	V letním období.....	200
B.29.	Roční potřeba tepla a paliva – varianta 2.....	201
B.29.1.	Příprava teplé vody	201
B.29.2.	Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem, infiltrací a přirozeným větráním	202
B.29.3.	Celková roční potřeba a spotřeba elektrické energie	204
B.30.	Hodnocení navržených variant.....	205
B.30.1.	Hodnocení z hlediska vnitřního prostředí.....	205
B.30.2.	Hodnocení z hlediska uživatelského komfortu a rizik.....	205
B.30.3.	Hodnocení z prostorového a konstrukčního hlediska.....	205
B.30.4.	Hodnocení z ekonomického hlediska.....	205
B.30.5.	Hodnocení z hlediska dopadu na životní prostředí.....	206
C.1.	Technická zpráva – varianta 1	207

C.1.1.	Úvod	207
C.1.1.1.	Umístění objektu	207
C.1.1.2.	Popis objektu.....	207
C.1.1.3.	Popis provozu objektu.....	207
C.1.1.4.	Popis navrhovaného řešení.....	207
C.1.2.	Podklady.....	207
C.1.2.1.	Výkresová dokumentace	207
C.1.2.2.	Použité normy a vyhlášky	207
C.1.3.	Tepelné ztráty a potřeby tepla.....	208
C.1.3.1.	Klimatické údaje	208
C.1.3.2.	Vnitřní návrhové teploty	208
C.1.3.3.	Tepelně technické parametry stavebních konstrukcí	209
C.1.3.4.	Tepelné ztráty objektu	209
C.1.3.5.	Potřebné tepelné výkony	210
C.1.3.6.	Spotřeba a potřeba tepla	210
C.1.4.	Zdroj tepla	210
C.1.4.1.	Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody.....	210
C.1.4.2.	Zabezpečovací zařízení	210
C.1.5.	Otopná soustava.....	211
C.1.5.1.	Otopná soustava s OT pro byty - vchod 1 – větev V1	211
C.1.5.2.	Otopná soustava s OT pro byty a ohřevem TV – vchod 2 – větev V2	212
C.1.5.3.	Otopná soustava s OT pro byty a ohřevem TV – vchod 3 – větev V3	212
C.1.5.4.	Otopná soustava s OT pro společné prostory – větev V4.....	213
C.1.5.5.	Příprava teplé vody – větev V5	213
C.1.5.6.	Oběhová čerpadla.....	213
C.1.5.7.	Plnění, doplňování a vypouštění otopné soustavy	213
C.1.5.8.	Regulace soustavy	214
C.1.5.9.	Měření a vyúčtování spotřeby tepla	214
C.1.5.10.	Tepelná izolace	214
C.1.6.	Požadavky na ostatní profese	215
C.1.6.1.	Stavební práce	215
C.1.6.2.	Zdravotechnika.....	215
C.1.6.3.	Vzduchotechnika.....	215
C.1.6.4.	Elektroinstalace	215
C.1.7.	Montáž, uvedení do provozu a provoz	216
C.1.7.1.	Zdroj.....	216
C.1.7.2.	Otopná soustava	216
C.1.7.3.	Zkouška zařízení	216
C.1.7.4.	Způsob obsluhy a ovládání.....	217
C.1.8.	Ochrana zdraví a životního prostředí	217
C.1.8.1.	Vliv na životní prostředí.....	217
C.1.8.2.	Hospodaření s odpady.....	217
C.1.9.	Bezpečnost a požární ochrana	217
C.1.9.1.	Bezpečnost při realizaci díla	217
C.1.9.2.	Bezpečnost při provozu a užívání díla	217
C.1.9.3.	Požární ochrana.....	217
C.2.	Technická zpráva – varianta 2	218
C.2.1.	Úvod	218
C.2.1.1.	Umístění objektu	218
C.2.1.2.	Popis objektu.....	218
C.2.1.3.	Popis provozu objektu.....	218
C.2.1.4.	Popis navrhovaného řešení.....	218
C.2.2.	Podklady.....	218
C.2.2.1.	Výkresová dokumentace	218
C.2.2.2.	Použité normy a vyhlášky	219
C.2.3.	Tepelné ztráty a potřeba tepla.....	219

C.2.3.1.	Klimatické údaje	219
C.2.3.2.	Vnitřní návrhové teploty	220
C.2.3.3.	Tepelně technické parametry stavebních konstrukcí	220
C.2.3.4.	Tepelné ztráty objektu	220
C.2.3.5.	Potřebné tepelné výkony	221
C.2.3.6.	Spotřeba a potřeba tepla	221
C.2.4.	Zdroj tepla	221
C.2.4.1.	Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	221
C.2.4.2.	Zabezpečovací zařízení	222
C.2.5.	Otopná soustava	222
C.2.5.1.	Otopná soustava s OT pro byty – větev V1	222
C.2.5.2.	Otopná soustava s OT pro společné prostory – větev V2	223
C.2.5.3.	Akumulační nádrž	223
C.2.5.4.	Příprava teplé vody	223
C.2.5.5.	Oběhová čerpadla	223
C.2.5.6.	Plnění, doplňování a vypouštění otopné soustavy	223
C.2.5.7.	Regulace soustavy	224
C.2.5.8.	Měření a vyúčtování spotřeby tepla	224
C.2.5.9.	Tepelná izolace	224
C.2.6.	Požadavky na ostatní profese	225
C.2.6.1.	Stavební práce	225
C.2.6.2.	Zdravotechnika	225
C.2.6.3.	Vzduchotechnika	226
C.2.6.4.	Elektroinstalace	226
C.2.7.	Montáž, uvedení do provozu a provoz	226
C.2.7.1.	Zdroj	226
C.2.7.2.	Otopná soustava	226
C.2.7.3.	Zkouška zařízení	226
C.2.7.4.	Způsob obsluhy a ovládání	227
C.2.8.	Ochrana zdraví a životního prostředí	227
C.2.8.1.	Vliv na životní prostředí	227
C.2.8.2.	Hospodaření s odpady	227
C.2.9.	Bezpečnost a požární ochrana	227
C.2.9.1.	Bezpečnost při realizaci díla	227
C.2.9.2.	Bezpečnost při provozu a užívání díla	228
C.2.9.3.	Požární ochrana	228

Experimentální část..... 229

D.1.	Úvodní informace o experimentálním měření	230
D.2.	Základní informace experimentálního měření	230
D.2.1.	Informace o měřených objektech	230
D.2.1.1.	Brno Jundrov – Jasanová	230
D.2.1.1.1.	Bytová jednotka č.1 – Jasanová 3a	230
D.2.1.1.2.	Bytová jednotka č.2 – Jasanová 3c	230
D.2.1.1.3.	Bytová jednotka č.3 – Jasanová 3c	230
D.2.1.2.	Olomouc	231
D.2.1.3.	Brno Slatina	232
D.2.2.	Popis měření	232
D.2.3.	Technika používaná při měření	232
D.3.	Výsledky experimentálního měření	233
D.3.1.	Brno Jundrov – Jasanová	233
D.3.1.1.	Bytová jednotka č.1 – ložnice (datalogger č. 416)	233
D.3.1.2.	Bytová jednotka č.1 – dětský pokoj (datalogger č. 423)	234
D.3.1.3.	Bytová jednotka č.2 – ložnice (datalogger č. 418)	234
D.3.1.4.	Bytová jednotka č.3 – obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)	235

D.3.1.5.	Bytová jednotka č.3 – ložnice (datalogger č. 421)	235
D.3.2.	Olomouc	236
D.3.2.1.	Dětský pokoj (datalogger č. 418)	236
D.3.2.2.	Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420).....	236
D.3.2.3.	Ložnice (datalogger č. 421).....	237
D.3.3.	Brno Slatina	237
D.3.3.1.	Pokoj (datalogger č. 418)	237
D.3.3.2.	Obývací pokoj (datalogger č. 420).....	238
D.3.3.3.	Ložnice (datalogger č. 421).....	238
D.4.	Vyhodnocení experimentálního měření	239
D.4.1.	Brno Jundrov – Jasanová.....	241
D.4.1.1.	Bytová jednotka č.1 – ložnice (datalogger č. 416)	241
D.4.1.2.	Bytová jednotka č.1 – dětský pokoj (datalogger č. 423)	243
D.4.1.3.	Bytová jednotka č.2 – ložnice (datalogger č. 418)	245
D.4.1.4.	Bytová jednotka č.3 – obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420).....	247
D.4.1.5.	Bytová jednotka č.3 – ložnice (datalogger č. 421)	249
D.4.2.	Olomouc	251
D.4.2.1.	Dětský pokoj (datalogger č. 418)	251
D.4.2.2.	Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420).....	253
D.4.2.3.	Ložnice (datalogger č. 421).....	255
D.4.3.	Brno Slatina	257
D.4.3.1.	Pokoj (datalogger č. 418)	257
D.4.3.2.	Obývací pokoj (datalogger č. 420).....	259
D.4.3.3.	421 – Ložnice (datalogger č. 421).....	261
D.5.	Analýza chování obyvatel dle naměřených dat	263
D.5.1.	Brno Jundrov – Jasanová.....	263
D.5.1.1.	Bytová jednotka č.1.....	263
D.5.1.2.	Bytová jednotka č.2.....	264
D.5.1.3.	Bytová jednotka č.3.....	265
D.5.2.	Olomouc	266
D.5.3.	Brno Slatina	268
D.6.	Závěr	269
ZÁVĚR	271	
SEZNAM ZDROJŮ	273	
SEZNAM OBRÁZKŮ	281	
SEZNAM PŘÍLOH	287	

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem vytápění a přípravy teplé vody pro panelový dům G57 v Brně. Objekt má 9 nadzemních podlaží a není podsklepený. Objekt má celkem 6 vchodů, diplomová práce se podrobně zabývá pouze prvním. Práce se skládá ze tří částí, a to teoretické, výpočtové a experimentální.

Teoretická část se zabývá vnitřním prostředím budov. Je zde uvedena teorie a faktory vnitřního prostředí, rozdělení vnitřního prostředí na jednotlivé složky, které jsou následně popsány. U každé složky je uveden zdroj jejího působení, účinky na osoby, kritéria jejího hodnocení a následně také její optimalizace. Stručně je popsán i syndrom nemocných budov, který souvisí s vnitřním prostředím.

Výpočtová část se zabývá kompletním návrhem vytápění objektu a přípravy teplé vody. Obsahuje výpočet součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí, energetický štítek obálky budovy, výpočet tepelných ztrát celého objektu, návrh otopných těles, dimenzování a regulaci vytápění. Jsou provedeny dvě varianty návrhu zdroje tepla. První variantou je centrální zásobování teplem a druhou je kaskáda tří tepelných čerpadel. K obou variantám zdroje tepla je navržena příprava teplé vody, armatury, oběhová čerpadla, zabezpečovací zařízení a další zařízení. Dále obsahuje roční potřeby a spotřeby tepelné energie. Nedílnou součástí jsou technické zprávy provedené pro obě navržené varianty.

Experimentální část obsahuje dlouhodobé měření vybraných parametrů vnitřního prostředí ve 3 různých objektech pro bydlení, a to bytový dům v Brně Jundrov, rodinný dům v Olomouci a panelový dům v Brně Slatina. Úkolem měření bylo zjistit, zda jsou dodržena kritéria vnitřního prostředí objektů pro bydlení.

Teoretická část

A.1. Úvod

Ve vnitřním prostředí budov, které není přímo propojeno s venkovním prostředím, tráví lidé více než 90 % života, a to má velký vliv na kvalitu lidského života. Je tak snahou zajistit co nejvyšší kvalitu vnitřního prostředí. Stav vnitřního prostředí je tedy důležitým faktorem, který ovlivňuje kvalitu bydlení.

Vnitřní prostředí nebo také interní mikroklima je ovlivňováno:

- stavebními konstrukcemi – kvalita provedení, materiály;
- vnějšími faktory – klimatické podmínky, čistota venkovního vzduchu, hluk;
- vnitřními faktory – člověk, soustavy technického zařízení budovy (TZB), provoz budovy.

Největší vliv na zajištění vnitřního prostředí budov mají soustavy technického zařízení budov (TZB). [1] [2] [3] [4]

A.2. Faktory vnitřního prostředí

Faktory vnitřního prostředí ovlivňují kvalitu vnitřního prostředí a můžeme je rozdělit do 3 skupin:

- fyzikální faktory – teplota, vlhkost a cirkulace vzduchu, osvětlení, radiace, elektromagnetické pole, hluk;
- chemické faktory – anorganické látky, organické látky a vláknité materiály;
- biologické faktory – bakterie, viry, roztoči, plísňe, pyly, části rostlin, prach ze srsti a exkrementů domácích zvířat. [2]

A.3. Teorie vnitřního prostředí

Živý organismus (člověk, lidé) je obkloповán vnitřním prostředím (interiérem budov) a je s ním ve vzájemné interakci. Jejich spojením pak vzniká výsledný stav organismu (člověka).

Vnitřní prostředí je soustavou 3 jevů, které nazýváme komplexním ekosystémem:

1. Agencie

Jsou to látky, které působí na exponovaný subjekt. Pomocí působení agencí na člověka můžeme vnitřní prostředí popsat jednotlivými složkami. Můžeme je rozdělit podle charakteru na:

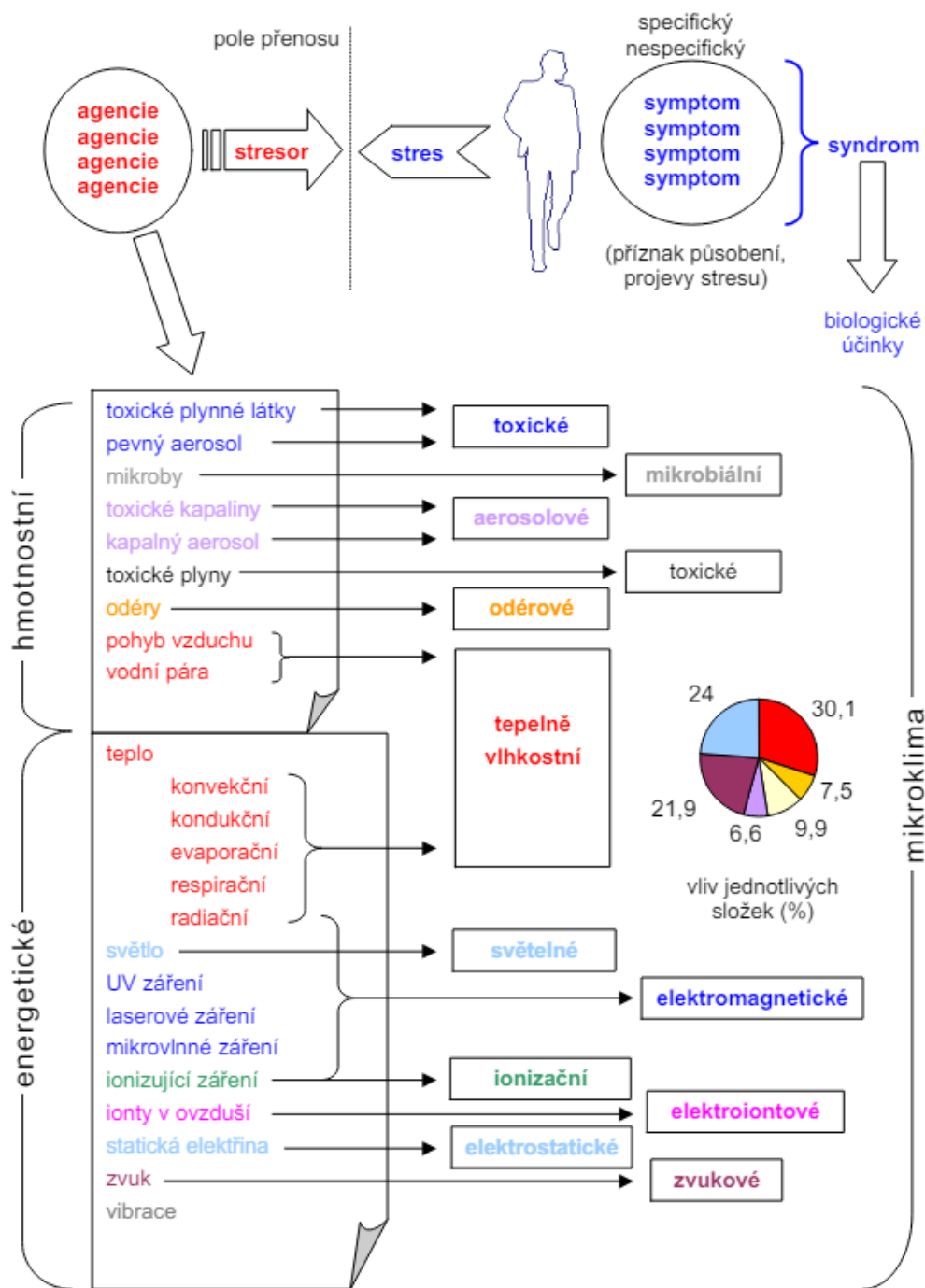
- hmotnostní (látkové) – toxické plynné látky, pevný aerosol, toxické plyny, mikroby, toxické kapaliny, kapalný aerosol, oděry, pohyb vzduchu, vodní páry;
- energetické – teplo, světlo, UV záření, laserové záření, ionizující záření, ionty v ovzduší, statická elektřina, zvuk, vibrace.

2. Pole přenosu

Jedná se o prostředí, se kterým je soustava v interakci, např. vzduch, kontaktní tělesa.

3. Exponovaný subjekt

Reaguje na prostředí, kterým je obkloповán – člověk, zvíře, rostlina. [1] [2] [3]



Obr. 1 – Agencie a jejich mikroklima [1]

A.4. Adaptace

Pokud nastane změna ve vnitřním prostředí, začne lidský organismus pracovat tak, aby tuto změnu odstranil a tím dosáhl komfortu (pohody). Může to provést dvěma způsoby, a to:

- vědomě – oblečením/svlečením oblečení, otevřením/zavřením okna atd.;
- nevědomě – třesem, pocením atd. [1]

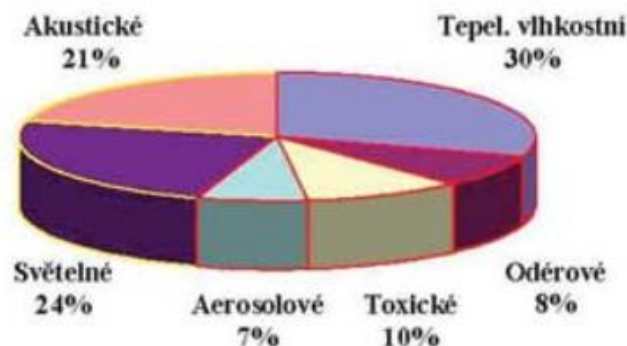
Podle způsobu přizpůsobení se (adaptace) člověka vnitřnímu prostředí lze adaptaci rozdělit do 3 kategorií:

- adaptace skrze změny v chování (změna oblečení, aktivity, pozice, prostředí (otevření okna)),
- adaptace fyziologická (navyknutí si novému prostředí, krátkodobý stav),
- adaptace psychologická (vjemy, pocity, očekávání, dlouhodobý stav). [1]

A.5. Složky vnitřního prostředí (druhy mikroklimatu)

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| - Tepelně-vlhkostní složka | - Světelná složka |
| - Toxická složka | - Zvuková složka |
| - Oděrová složka | - Elektroiontová složka |
| - Aerosolová složka | - Elektrostatická složka |
| - Mikrobiální složka | - Elektromagnetická složka |
| - Ionizující složka | - Psychická složka [1] [2] [3] [4] |

Všechny tyto složky ovlivňují celkový stav člověka. Člověk je jim vystaven. Každá složka má definována kritéria, která by neměla být překročena. V případě překročení nastávají ve většině případů zdravotní komplikace.



Obr. 2 – rozložení složek mikroklimatu [4]

Z grafu je zřejmé, že největší podíl mají složky tepelně-vlhkostní, akustické a světelné. Jsou to nejzásadnější složky pro pobyt osob v budovách.

A.5.1. Tepelně-vlhkostní složka (= tepelně–vlhkostní mikroklima)

Je nejvýznamnější složkou vnitřního prostředí (má největší podíl ze všech složek). Je tvořena tepelnými a vlhkostními toky mezi lidským tělem a jeho okolím. Určují ji 3 faktory – teplota, relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu. Tyto faktory jsou vzájemně propojené, pokud se změní jeden, změní se i ostatní dva, ovlivňují subjektivní pocit pohody nebo nepohody. [6] [7] [8]

A.5.1.1. Parametry mikroklimatických podmínek – měření

- Teplota vzduchu t_a [°C]
 - hodnota nesmí být ovlivněna sáláním z okolních povrchů
 - měří se jakýmkoli teplotním čidlem (teploměrem)
- Výsledná teplota t_g [°C]
 - zahrnuje teplotu vzduchu, teplotu okolních ploch a rychlost proudění vzduchu
 - měří se kulovým teploměrem
- Operativní teplota t_o [°C]
 - jednotná teplota uzavřeného prostoru
 - stanoví se výpočtem
 - při rychlostech proudění vzduchu do 0,2 m/s lze nahradit výslednou teplotou
- Střední teplota sálání t_r [°C] nebo účinná teplota okolních, střední radiační teplota
 - teplota všech okolních ploch, při které by bylo celkové množství tepla sdílené sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami stejné jako ve skutečnosti
 - vstupní hodnota pro výpočet operativní teploty
 - stanoví se výpočtem
- Relativní vlhkost vzduchu r_h [%]
 - poměr mezi množstvím vodních par ve vzduchu a maximálním možným množstvím par, které je vzduch schopen pojmout
 - měří se vlhkoměry
 - slouží ke stanovení teploty rosného bodu
- Rychlost proudění vzduchu v_a [m/s]
 - popisuje pohyb vzduchu v prostoru, je stanovena velikostí a směrem proudění
 - v prostoru velice kolísá, změny se vyjadřují střední hodnotou za časovou jednotku
 - měří se anemometry [6] [7] [8] [9]

A.5.1.2. Tepelná pohoda

Tepelná pohoda nebo také tepelný komfort je stav, při kterém by měla být zajištěna tepelná rovnováha. Zajištění tepelné rovnováhy vždy neznamená dosažení tepelné pohody, ale tepelná rovnováha má vliv na tepelnou pohodu.

Pojem tepelná pohoda již definovala spousta významných osobností zabývajících se vnitřním prostředím budov, definici pro tepelnou pohodu definovala i společnost ASHRAE.

ASHRAE: „*Tepelná pohoda je stav myslí, jenž vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem a který vychází ze subjektivního hodnocení.*“

Cihelka: „*Tepelná pohoda znamená, že je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo – člověk se cítí příjemně.*“

Pulkrábek: „*Tepelnou pohodou (někdy též tepelnou neutralitou) se označuje stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného (mokrého) pocení.*“

Selye: „*Tepelná pohoda znamená podmínky prostředí, za kterých jsou regulační mechanismy organismu namáhány tak, aby člověk adaptovaný na prostředí udržel s minimálním úsilím v chodu všechny své biologicky významné funkce.*“

Krch: „*Tepelná pohoda je v prostředí, které u člověka vyvolává pohodu a uspokojuje jeho city.*“

Fanger: „*Tepelná pohoda představuje stav mysli, který vyjadřuje uspokojení s prostředím.*“ a „*Tepelná pohoda znamená stav, ve kterém největší procento osob ze skupiny udává pohodu prostředí.*“

Saini: „*Tepelná pohoda zahrnuje souhrn podmínek, za nichž si subjekt neuvědomuje stav prostředí.*“

Brundrett: „*Tepelná pohoda se vyznačuje neexistencí zbytečné tísně při dané činnosti.*“ [10] [11]

A.5.1.2.1. Faktory tepelné pohody

Rozdělení do 3 základních skupin:

1. Osobní faktory (člověk)
 - Energetický výdej (= metabolické teplo)
 - Tepelný odpor oděvu
2. Faktory prostředí (prostor)
 - Teplota vzduchu
 - Relativní vlhkost
 - Rychlost vzduchu
 - Střední radiační teplota
3. Doplnující faktory
 - Tělesná postava
 - Podkožní tuk
 - Věk a pohlaví
 - Jídlo a pití
 - Aklimace
 - Aklimatizace [10] [12]

A.5.1.2.1.1. Energetický výdej (= metabolické teplo)

Metabolické teplo je forma tepelné energie, která se uvolňuje při metabolických procesech v organismu.

Rozlišují se tyto typy metabolismů:

- bazální metabolismus (BM),
- klidový metabolismus (RMR),
- pracovní metabolismus celkový brutto,
- pracovní metabolismus netto.

Aby došlo k tepelné rovnováze, musí být z povrchu těla odveden metabolický tepelný tok q_m [W/m^2]. Tepelný tok (tepelná ztráta) je z těla odváděn prouděním (konvekci) q_p , sáláním (radiací) q_s , vypařováním (evaporací) q_w , dýcháním q_d a vedením (kondukcí) q_v . Tyto tepelné toky jsou seřazeny od nejdůležitějšího, kdy tepelný tok vedením je skoro zanedbatelný.

Rovnice tepelné rovnováhy: $q_m = q_p \pm q_s \pm q_w \pm q_d \pm q_v$

Pokud je rovnice splněna, je docíleno tepelné rovnováhy. Pokud je metabolický tepelný tok větší než tepelné ztráty, teplota lidského těla stoupá a osobě je horko, pokud je metabolický tepelný tok menší než tepelné ztráty, teplota lidského těla klesá a osobě je zima.

Lidské tělo využívá k přizpůsobení se teplotnímu stavu termoregulaci, která může být vědomá nebo reflexivní. Rozeznáváme:

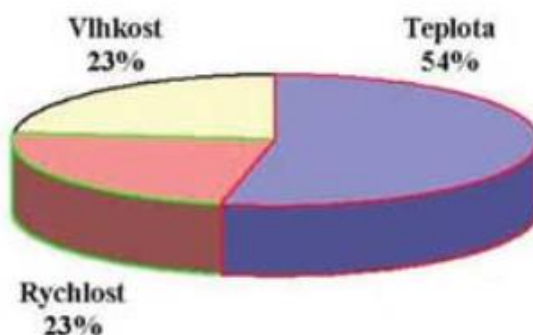
- a) Vazotermickou regulaci – mění se průměr cév pokožky, rozlišují se dva stavy:
 - při tepelném přetížení organismu nastává vazodilatace – rozšíření cév a zvýšení teploty,
 - při podchlazení organismu nastává vazokonstrikce – zúžení cév a snížení teploty.
- b) Produkci potu – při tepelném přetížení nastává odpařování potu, zhoršuje se činnost nervového systému, může vést až k úrazu.
- c) Chemickou termoregulaci – nastává při podchlazení, vyměšuje se adrenalin, který zvyšuje metabolismus.
- d) Vědomou termoregulaci – jedná se o uvědomělou činnost, při které člověk změní polohu, oblečení nebo teplotu prostředí. [10] [13]

A.5.1.2.1.2. Tepelný odpor oděvu

Oblečení plní funkci izolace mezi pokožkou a okolním vzduchem. Ovlivňuje tedy odvod tepla z těla. Pro hodnocení byla zavedena jednotka clo. 1 clo představuje tepelný odpor $R = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a odpovídá pánskému obleku s bavlněným spodním prádlem. [10] [14]

A.5.1.2.1.3. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je nejvýznamnější složkou tepelně-vlhkostního mikroklimatu. Může sloužit k hodnocení tepelné zátěže nebo subjektivního pocitu tepelné pohody.



Obr. 3 – zastoupení fyzikálních veličin v tepelně-vlhkostním mikroklimatu [4]

Při dlouhodobém vystavení vysokým teplotám se mohou objevit příznaky akutních poruch zdraví způsobených horkem. Mezi tyto příznaky patří nevolnost, zvracení, průjemy, krvácení z nosu a úst, rychlé a neovladatelné dýchání, snížené pocení nebo diastolický krevní tlak, změny v barvě obličeje, mravenčení a brnění, bolesti hlavy, svalů a u srdce, křeče a někdy také neadekvátní a nekontrolovatelné chování.

Naopak v chladném prostředí se celkové působení chladu projevuje omezením průtoku krve v kůži, zvýšením krevního tlaku a srdeční frekvence a zvýšenou spotřebou kyslíku. Dochází k poklesu teploty jádra těla, oslabení dýchání a zpomalení srdeční frekvence. Při dalším poklesu teploty může dojít k ospalosti a při extrémních podmínkách až ke smrti selháním krevního oběhu.

Je důležité dodržovat stanovená opatření, aby se minimalizovaly rizika spojená s teplotními extrémy.

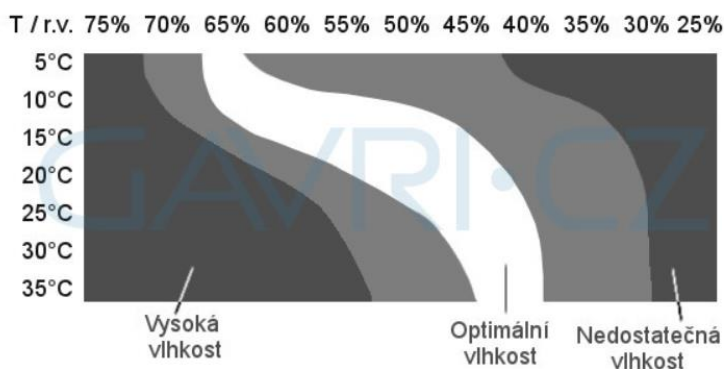
V zimním období se optimální teplota vnitřního vzduchu pro oblečeného člověka považuje za $21,5 \pm 2$ °C. Zároveň je důležité, aby teplota okolních ploch (stěny, strop, okna) nebyla nižší než o 2 °C. V letním období se za optimální teplotu považuje 26 ± 2 °C a závisí zejména na teplotě venkovního prostředí. Pokud je v budově o 4–6 °C chladněji než venku, předchází se riziku nemoci z nachlazení a zároveň se jedná o příjemný pocit z hlediska prostředí. Rychlost proudění vzduchu by se měla pohybovat do 0,1 m/s. [7] [8] [15]

A.5.1.2.1.4. Relativní vlhkost

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí je ovlivněna venkovní vlhkostí, technologickými procesy a počtem osob v místnosti. Každodenní činnosti, mezi které patří např. vaření, sušení prádla nebo sprchování, způsobují uvolňování velkého množství vody do vzduchu, zvyšuje se tedy relativní vlhkost.

Relativní vlhkost vzduchu závisí na teplotě vzduchu a množství obsažené vodní páry. Vyšší teplota umožňuje vzduchu pojmout více vodní páry, zatímco nižší teploty omezují množství vodní páry, kterou vzduch může obsahovat. Při 100% nasycení dochází ke kondenzaci vodní páry.

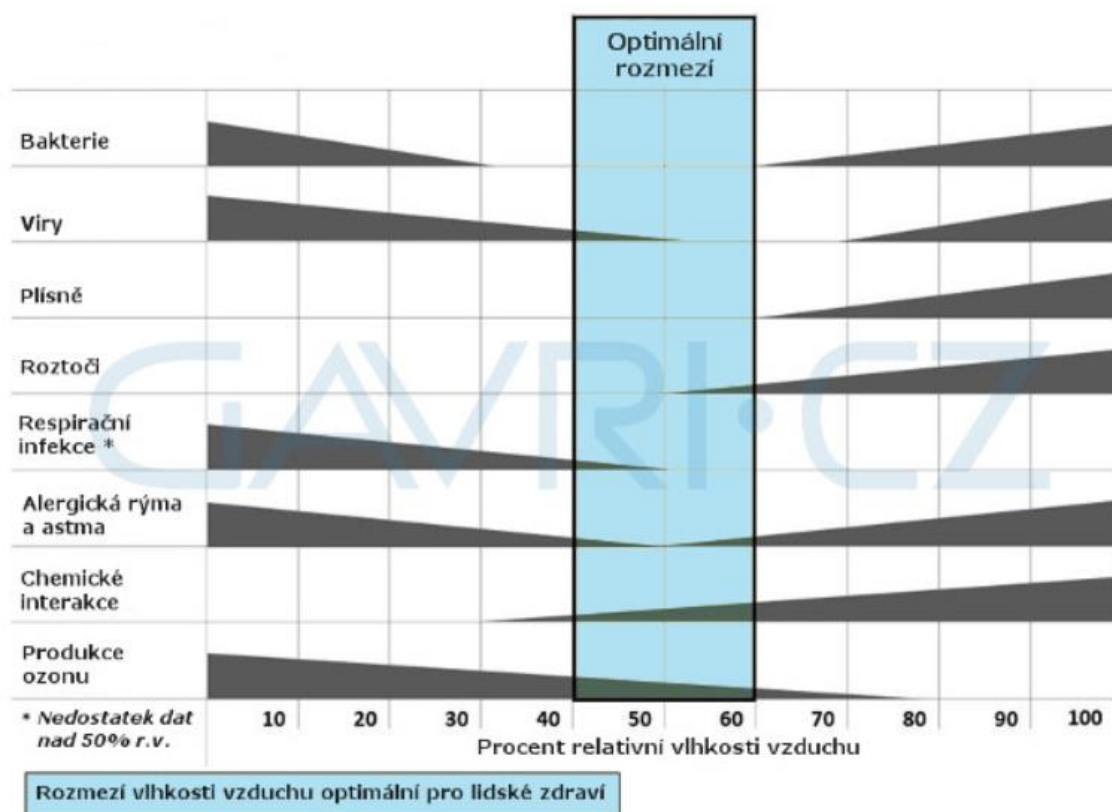
Doporučené hodnoty relativní vlhkosti se pohybují v rozmezí 30–70 %. V zimním období by se měla pohybovat mezi 45 až 60 % naopak v létě mezi 40 až 55 %. I když je vlhkost vnímána člověkem méně výrazně než teplota, může ovlivnit pohodu a zdraví jedinců. [7] [8] [16] [17] [18] [19] [20]



Obr. 4 - Optimální relativní vlhkost v závislosti na teplotě [17]

Nízká relativní vlhkost (suchý vzduch) způsobuje vznik statické elektřiny, která negativně ovlivňuje výrobu a průmysl, zároveň obtěžuje domácnosti, protože do vzduchu víří prach a jiné nečistoty. Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržením pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí. Dlouhodobý pobyt v prostředí se suchým vzduchem ovlivňuje funkce mozku, který je z 85 % tvořen vodou. Suchý vzduch má vliv i na dřevěný nábytek, který sesychá.

Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění. [16] [17] [18] [19] [20]



Obr. 5 - Optimální rozmezí relativní vlhkosti vzduchu [17]

S relativní vlhkostí a teplotou vzduchu je také spojena teplota rosného bodu. Teplota rosného bodu je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami. Kondenzace vodní páry nastává, když teplota klesne pod teplotu rosného bodu. [21]

Teplota rosného bodu má vliv na člověka.

Rosný bod v °C	Vliv na člověka
více než 24	Těžko snesitelné dusno, problémy s dýcháním u citlivějších osob
21-24	Velmi nepohodlné vlhko a dusno
18-21	Nepohodlné pro citlivější osoby, ještě snesitelné pro ostatní
16-18	Pro většinu přijatelné, citlivější osoby cítí větší vlhkost
13-16	Dobře snesitelné
10-13	Příjemné až ideální
méně než 10	Suché pro citlivější osoby, přijatelné pro ostatní

Obr. 6 - Vliv teploty rosného bodu na člověka [16]

A.5.1.2.1.5. Rychlost vzduchu

Také rychlost vzduchu ovlivňuje tepelnou pohodu. Jakékoliv proudění vzduchu člověk vnímá, toto proudění však může, ale nemusí být zdrojem tepelné nepohody.

Ve většině případů vyšší rychlost proudění při vyšších teplotách zlepšuje tepelnou pohodu, ale nemusí tomu tak být vždy, může dojít i ke zdravotním potížím. Pokud se povrch těla nadměrně ochlazuje v důsledku rychlého odpařování potu způsobeného proudícím vzduchem, může dojít k prochlazení organismu. [7] [8]

Vnímání rychlosti proudění vzduchu člověkem:

0 m/s nepříjemné, zatuchlý vzduch;

0,1 - 0,3 m/s vnímáme většinou pozitivně v závislosti na teplotě a oděvu;

0,3 m/s a výše podle teploty. [9]

A.5.1.2.2. Hodnocení tepelné pohody

Je poměrně složité hodnotit tepelnou pohodu, proto se pro zjednodušení metody hodnocení rozdělují na dvě skupiny – subjektivní a objektivní. [7] [8]

A.5.1.2.2.1. Subjektivní metody

Jsou postaveny na subjektivním hodnocení stavu prostředí uživatelů tohoto prostředí. K hodnocení se používají indexy PMV a PPD z normy ČSN EN ISO 7730.

Kategorie	Tepelný stav těla jako celku		Místní diskomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % způsobený		
				vertikálním rozdílem teploty vzduchu	teplou nebo chladnou podlahou/floor	asymetrií radiace
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Obr. 7 - Kategorie tepelného prostředí [22]

PMV (Predicted Mean Vote)

Je předpokládána průměrná volba (= průměrný tepelný pocit člověka). Předpovídá střední tepelný pocit velké skupiny lidí, kteří ohodnotili svůj tepelný pocit podle sedmibodové stupnice. [22]

+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírně teplo
0	Neutrální
-1	Mírně chladno
-2	Chladno
-3	Zima

Obr. 8 - Sedmibodová stupnice tepelných pocitů [22]

Pohoda (0), tedy tepelně neutrální pocit. Tento stav se vyskytuje tehdy, pokud není pocíťováno ani teplo, ani chlad, není pocíťováno proudění vzduchu, není nepříjemně pocíťován oděv. Vzduch v místnosti je vyhovující (ani vlhký, ani suchý).

Mírná nepohoda (-1; +1), tedy mírně chladno nebo mírně teplo. Tyto stavy se vyskytují tehdy, pokud je pocíťován nevýrazný chlad nebo teplo. Je pocíťováno proudění vzduchu. Je pocíťován oděv, ale není potřeba ho měnit. Některé osoby pocíťují vlhko směrem k chladnu nebo naopak sucho směrem k teplu.

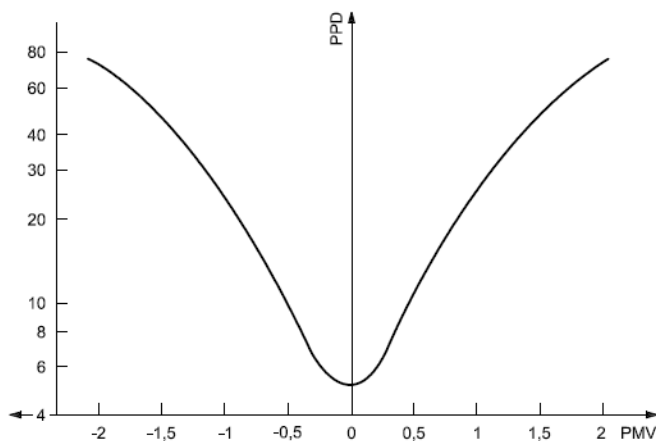
Nepohoda (-2; +2), tedy chladno nebo teplo. Tyto stavy se vyskytují tehdy, pokud je pocíťován chlad nebo teplo s mírným pocením. Proudění vzduchu způsobuje průvan v chladnu nebo příjemný pocit v teple. V chladnu je oděv pocíťován jako příliš lehký nebo v teple jako příliš těžký, je snaha ho změnit. Osoby pocíťují v chladnu vlhko nebo naopak v teple sucho či dusno.

Značná nepohoda (-3; +3), tedy zima nebo horko. Tyto stavy se vyskytují tehdy, pokud je pocíťována výrazná zima (často s třesem) nebo horko s pocením. Proudění vzduchu je nepříjemné v zimě (závaný zima) i v horku, kdy je příčinou nadměrného ochlazování částí těla spojeného s propoceným oděvem. Oděv je ve většině případů absolutně nevhovující. Osoby pocíťují v zimě vlhko nebo naopak v horku výrazné sucho či tíživého dusno. [7] [8]

PMV se vypočítá pomocí rovnice, která zahrnuje metabolismus M [W/m^2], užitečný mechanický výkon W [W/m^2], tepelný odpor děvu I_{cl} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$], povrchový faktor oděvu f_{cl} [-], teplotu vzduchu t_a [$^{\circ}\text{C}$], střední radiační teplotu t_r [$^{\circ}\text{C}$], relativní rychlost proudění vzduchu v_{ar} [m/s], parciální vodní tlak p_a [Pa], součinitel přestupu tepla konvekce h_c [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] a teplotu povrchu oděvu t_{cl} [$^{\circ}\text{C}$]. [22]

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Je předpokládané procento nespokojených. Jedná se o kvantitativní předpověď procenta osob, které jsou nespokojené v závislosti na tepelném prostředí, je jim buď příliš teplo nebo příliš chladno. PPD se vypočítá pomocí rovnice, která zahrnuje PMV, je tedy patrná závislost mezi PPD a PMV. [22]



Obr. 9 - Závislost indexu PPD na indexu PMV [22]

Indexy PMV a PPD odpovídají diskomfortu z chladu nebo tepla pro celé tělo. Nepostihují jednotlivé části těla, na kterých může být také pocíťován diskomfort z chladu nebo tepla, nazýváme ho místním tepelným diskomfortem. Mezi příčiny místního diskomfortu patří průvan, vysoký vertikální rozdíl teplot mezi hlavou a kotníky, příliš teplá nebo chladná podlaha nebo příliš vysoká asymetrie radiační teploty. [22]

A.5.1.2.2.2. Objektivní metody

Jsou založeny na měření fyzikálních veličin, které určují mikroklima. Mezi měřené veličiny patří teplota vzduchu, výsledná nebo radiační teplota, relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu. Tyto naměřené hodnoty se porovnají buď s kritérii rovnice tepelné bilance, anebo s kritérii ze subjektivního šetření, případně se může použít kombinace obou metod. Jako hodnotící kritérium je použita operativní teplota, která se získá výpočtem z naměřených fyzikálních veličin. Při posuzování tepelné bilance je nutné znát tepelnou produkci člověka (je závislá na typu konání mechanické práce) a tepelný odpor oděvu (podrobné složení vrstev oděvu). [7] [8]

A.5.1.3. Optimalizace tepelně – vlhkostního mikroklimatu

Optimalizaci zajišťují systémy vytápění, chlazení, větrání a klimatizace. [23]

A.5.2. Toxická složka (= toxické mikroklima)

Toxické mikroklima je jednou ze složek, která ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu. Je tvořeno plynnými toxickými látkami, které jsou obsaženy v ovzduší. Mohou být organické nebo anorganické. Existují některé odéry, které jsou toxické anebo některé toxické látky, které jsou bez oděru. Jejich původ může být u činnosti osob, mohou se také uvolňovat z materiálů okolních předmětů anebo vnikají do interiéru z exteriéru. [23] [24] [25]

A.5.2.1. Toxické plyny z exteriéru

Do interiéru vnikají z exteriéru oxidy síry SO_x, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO, ozon O₃. Tyto látky vytvářejí kyselý dešť za deštivého počasí a smog (kouř + mlha) za slunného počasí. [23] [25]

A.5.2.1.1. Oxidy síry SO_x

Vznikají spalováním fosilních paliv, které obsahují síru a jsou také obsaženy v cigaretovém kouři. Váží se na pevný aerosol (prach, saze, popílek) a mají horší účinek na dýchací cesty (jsou dráždivé). Výskyt těchto oxidů se projevuje poleptáním dýchacích cest nebo poškozením anorganických materiálů vegetace. [24]

A.5.2.1.2. Oxidy dusíku NO_x

Jsou obsaženy v tabákovém kouři nebo také vznikají spalováním plynu a v dieslových motorech. Mají dráždivé účinky na dýchací cesty a sliznice. Projevují se sníženou imunitou nebo také mohou podporovat vznik rakoviny. [24]

A.5.2.1.3. Oxid uhelnatý CO

Je obsažen v cigaretovém kouři nebo také vzniká nedokonalým spalováním v benzinových motorech a lokálních topidlech. Jeho přítomnost blokuje dýchací fragmenty a může se objevit hypoxie. Velká koncentrace způsobuje bolesti hlavy, ztrátu koordinace, bolesti celého těla, které vedou ke křečím, následné ztrátě vědomí, a nakonec i ke smrti. [24]

A.5.2.1.4. Ozon O₃

Jedná se o přízemní (troposférický) ozon, který je sekundárním polutantem a vzniká sekundárními fotochemickými reakcemi v ovzduší. Jedná se hlavně o reakce oxidů dusíku NO_x a těkavých organických látek VOC. Má dráždivé účinky na oči nebo krk, objevuje se kašel, bolest na prsou nebo záněty. Jeho výskyt se projevuje sníženou imunitou, astmatem, poruchou funkce plic. [27]

A.5.2.1.5. Polycyklické aromatické uhlovodíky

Jsou obsaženy v tabákovém kouři nebo také vznikají nedokonalým spalováním v dieslových motorech anebo jsou také obsaženy v hydroizolacích. Mají karcinogenní účinky, mohou nastat poruchy reprodukce nebo plodu. Projevují se rakovinou. [24]

A.5.2.2. Toxické plyny z interiéru

V interiéru se činností lidí nebo uvolňováním z materiálů vyskytují oxid uhelnatý CO, oxidy dusíku NOx, ozon O3, těkavé organické látky VOC a formaldehyd. [23] [25]

A.5.2.2.1. Těkavé organické látky VOC

Do skupiny těchto látek patří benzen, fenol, formaldehyd, methan, naftalen, styren, toluen a mnoho dalších. Jsou obsaženy v cigaretovém kouři, kosmetice, čistících prostředcích. Kobercích, lepidlech, nátěrech a rozpouštědlech. Způsobují podráždění očí, nosu i krku. Projevují se bolestmi hlavy, krku, únavou a nevolností, závratěmi a mohou způsobovat poruchy jater, ledvin a nervové soustavy. [24] [28]

A.5.2.3. Kritéria toxického mikroklimatu

Hodnotí se množství toxických plynů ve vzduchu, jednotkou pro hodnocení je mg/m³, který lze přepočítat na ppm (parts per milion). Limitní koncentrace chemických ukazatelů a prachu ve vnitřním prostředí jsou uvedeny ve vyhlášce č.6/2003 Sb., v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou uvedeny přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-K). [23] [24]

A.5.2.4. Optimalizace toxického mikroklimatu

A.5.2.4.1. Zásah do zdroje toxických látek

Jedná se o nejúčinnější a také ekonomicky nejvýhodnější způsob, spočívá v odstranění nebo omezení zdrojů toxických látek.

Je vhodné využívat stavební materiály, které neuvolňují toxické látky do okolí a výrobní technologie v průmyslu, které produkují minimum toxických látek. Pozor se musí dát na spalovací zdroje tepla, nesmí docházet k nedokonalému spalování, které produkuje oxid uhelnatý CO. [23] [25]

A.5.2.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje toxických látek k exponovanému subjektu

Existuje několik možností, jak zasáhnout do pole přenosu:

- a) omezení šíření toxických látek v budově – jedná se o vhodné umístění zdrojů toxických látek nebo vertikální rozdělení budovy (konstrukční úpravy),
- b) dostatečná výměna vzduchu v interiéru (větrání) – splnění hygienických limitů pro maximální koncentrace jednotlivých toxických látek,
- c) filtrace vzduchu (odstraňování toxických látek ze vzduchu vhodnými absorbenty) – používá se aktivní uhlí,
- d) rozklad toxických látek na netoxické – k tomuto účelu se skvěle hodí jírovec maďal, který dokáže rozložit výfukové plyny bez toho, aniž by utrpěl nějaké poškození,
- e) odstraňování toxických látek intenzivní ionizací vzduchu – tvorba negativních iontů. [23] [25]

A.5.2.4.3. Zásah na subjektu

V případech nouzového řešení se použijí protiplynové masky a ostatní osobní ochranné pomůcky. [23] [25]

A.5.3. Odérová složka (= odérové mikroklima)

Odérové mikroklima je jednou ze složek, která ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu. Je tvořeno odéry působícími na osoby. Odéry jsou plynnými složkami ovzduší a jsou vnímané jako příjemné (vůně) nebo nepříjemné (zápachy) pachy. Mohou být organické nebo anorganické. Jejich původ může být u osob samotných nebo u jejich činnosti, mohou se také uvolňovat z materiálů okolních předmětů anebo vnikají do interiéru z exteriéru. Vnímání oděrů je individuální u každého člověka. Existují faktory, které ovlivňují vnímání kvality vzduchu. Do těchto faktorů spadá čichový smysl, doba expozice, vlhkost a teplota. [23] [24] [25]

A.5.3.1. Příjemné a nepříjemné odéry

Odéry mohou pronikat do interiéru z exteriéru nebo mohou vznikat přímo v interiéru:

- Odéry vstupující do interiéru z exteriéru – představují 50–80 %
 - o Příjemné – tající sníh, pokosená tráva nebo seno, kvetoucí rostliny
 - o Nepříjemné – průmysl, doprava, topeniště
- Odéry vznikající v interiéru
 - o Příjemné – zařízení v interiéru nebo činnost člověka, např. dřevo, kosmetika, čisticí prostředky, příprava jídla, kouř z krbu
 - o Nepříjemné – zařízení interiéru, stavební materiály nebo činnost člověka, např. laky, umělá hmota, dřevotříska, nátěry, impregnace, lepidla, kosmetika, příprava jídel, kouř z krbu, kouření, čisticí prostředky

Jednotlivé příklady jsou obsaženy v příjemných i nepříjemných odérech, je to z toho důvodu, že každý vnímá vůně individuálně, může také záležet na koncentraci odéru.

Nepříjemné odéry neohrožují zdraví přímo, ale jejich působení způsobuje ztrátu soustředění, chuti, výkonnosti a pocit nevolnosti. Dlouhodobé působení může vést až ke stavům únavy, úzkosti a deprese. [23] [24]

A.5.3.2. Působení oděrů na osoby

Lékař Henry Stanford a psycholog Guy Reynolds provedli pokus ve formě čichání 260 vzorků různých intenzivních pachů. Pokusu se zúčastnilo 5000 osob ve věkovém rozmezí od 7 do 75 let.

Závěrem testu bylo zjištění, že každý vnímá pachy různým způsobem, ale vyskytuje se typická reakce u skupiny lidí stejného pohlaví a věku.

Pachy rozdělili do 4 skupin:

1. Osvěžující nebo uklidňující
2. Kladně povzbuzující
3. Otupující, případně omamující
4. Vyvolávající stavy nervového rozrušení a agresivity [23]

A.5.3.3. Rozdělení odérů

Odéry je možné rozdělit do 5 skupin podle Zwaardermakerovy stupnice:

- 1) Éterické (lidské pachy)
- 2) Aromatické (ovoce v rozkladu)
- 3) Izovalerické (tabákový kouř, zvířecí pach)
- 4) Zažluklé (pachy mlékárenských produktů)
- 5) Narkotické (pachy rozkládajících se proteinů) [23] [25]

A.5.3.4. Kritéria odérového mikroklimatu

Hodnotí vnímaná kvalita vzduchu C_i [pol], která je ovlivněna násobností výměny vzduchu, účinností větrání a silou zdrojů znečištění. Hodnota 1 pol znamená vnímanou kvalitu vzduchu v místnosti se zatížením 1 standardní osobou a intenzitou větrání 1 L/s. Síla zdrojů znečištění G [olf], 1 olf znamená znečištění vzduchu standardní osobou (průměrný dospělý jedinec při kancelářské práci v tepelné pohodě) s hygienickým standardem 0,7 koupelí/den. [24]

A.5.3.5. Optimalizace odérového mikroklimatu

A.5.3.5.1. Zásah do zdroje odéru

Jedná se o nejúčinnější a také ekonomicky nejvýhodnější způsob a spočívá v odstranění nebo omezení zdroje odéru. Do tohoto způsobu spadá používání lisů na odpadky nebo rychleschnoucích barev. [23] [25]

A.5.3.5.2. Zásah do pole přenosu od zdroje odéru k exponovanému subjektu

Existuje několik možností, jak zasáhnout do pole přenosu:

- a) omezení šíření odérů v budově – jedná se o vhodné umístění zdroje odéru nebo vertikální rozdělení budovy (konstrukční úpravy);
- b) přívod dostatečného množství čistého vzduchu do interiéru (větrání) – splnění hygienických limitů;
- c) filtrace vzduchu (odstraňování odérů ze vzduchu vhodnými absorbenty) – používá se aktivní uhlí, biologické pračky, biologické filtry, katalytické spalování nebo promývání vzduchu vodou;
- d) deodorizace – jedná se o maskování odérů, kdy se použije jiná, silnější a příjemnější vůně, která překryje původní odér;
- e) neutralizace ionizovaným ozónem – molekuly odérových látek jsou rozbíjeny a přeměňovány na vodní páry, kyslíčnan uhličitý a další bezodérové látky;
- f) odstraňování odérů intenzivní ionizací vzduchu – tvorba negativních aeroionů o vysoké koncentraci;
- g) odstraňování odérů rostlinami – některé rostliny umí čistit vzduch od různých látek, a to např.:
 - filodendron – dokáže odstranit benzen, CO a formaldehyd,
 - ozdobné trávy (chlorofytum) – dokáže zadržet CO,

- aloe – dokáže filtrovat formaldehyd,
- gerbera a chryzantéma – dokáže filtrovat benzen,
- trávník – dokáže čistit vzduch od SO₂, CO₂ a fluorovodíku.[23] [25]

A.5.3.6. CO₂ – oxid uhličitý

Patří mezi lidské odéry. Každý člověk vydechnutím uvolňuje přibližně 40 000 ppm CO₂. Je ukazatelem kvality vnitřního prostředí. Jeho limitní koncentrace v bytech jsou dány normou ČSN EN 16798-1. [35] [36]

Kategorie bytu	Koncentrace CO ₂ nad venkovní koncentrací [ppm]	
	obývací pokoj	ložnice
I	550	380
II	800	550
III	1 350	950
IV	1 350	950

Obr. 10 – Koncentrace CO₂ nad venkovní koncentrací [ppm] podle kategorie bytu [35]

Vyhláška č. 268/2009 Sb. udává jako maximální hodnotu koncentrace CO₂ 1500 ppm, avšak doporučená koncentrace CO₂ by se měla pohybovat okolo 1000 ppm. [37]

Koncentrace CO ₂ [ppm]	Účinky
350 – 400	koncentrace ve venkovním ovzduší
700	koncentrace stále vnímaná jako čerstvý vzduch
1000	doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory
1500	maximální hodnota pro obytné prostory stanovená vyhláškou
> 2000	nastávají příznaky únavy, snižování koncentrace, bolesti hlavy
5000	maximální krátkodobá bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zrychlený tep
> 15 000	dýchací potíže, při dlouhodobé expozici poškození zdraví
> 25 000	možná ztráta vědomí a smrt

Obr. 11 – Vliv koncentrace CO₂ na člověka [26]

Zvyšující se koncentrace CO₂ má negativní vliv, na lidský organismus.

A.5.4. Aerosolová složka (= aerosolové mikroklima)

Aerosolové mikroklima je jednou ze složek, která ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu. Je tvořeno aerosolovými toky, které jsou obsaženy v ovzduší. Aerosol je pevná nebo kapalná látka, která je rozptýlená v ovzduší. [23] [25]

A.5.4.1. Druhy aerosolů

Aerosoly lze podle jejich velikosti rozdělit do tří skupin:

1. Inhalovatelné částice PM₁₀ – jsou < 10 μm, vnikají do horních cest dýchacích a nosní dutiny
2. Jemné částice PM_{2,5} – jsou < 2,5 μm, vnikají do dolních cest dýchacích a plicních sklípků
3. Ultrajemné částice PM₁ – jsou < 1 μm, vnikají do plicních sklípků a přestupují do krve [24]

A.5.4.1.1. Pevný aerosol

Pevný aerosol nebo také prach vzniká při různých činnostech jako je spalování organických látek, opracování pevných materiálů nebo oxidaci anorganických látek. Koncentrace prachových částic v ovzduší stále stoupá. Pevným aerosolem je kouř, dým, smog a prach.

Podle původu lze prach rozdělit na:

- a) Organický
 - Nekovový – křemičitany
 - Kovový – měď, nikl, olovo
- b) Anorganický
 - Živočišný – prach z chlupů, peří, žíní, rohoviny, perleti
 - Rostlinný – rostlinný pyl, prach z cukru, mouky, tabáku, lnu, konopí, bavlny, dřeva
- c) Smíšený
 - Nachází se v dolech, při zpracování lnu nebo bavlny, při sklizních plodin

Částice prachu v ovzduší se usazují vlivem zemské přitažlivosti, odporu vzduchu a elektrické polarizace jednotlivých ploch v prostoru.

Rychlost usazování prachových částic je závislá na jejich velikosti:

- 100 μm za 3-4 sekundy
- 10 μm za 5-6 minut
- 1 μm za 7-8 hodin
- 0,1 μm za 29-34 dnů [23] [24] [25]

A.5.4.1.2. Kapalný aerosol

Kapalným aerosolem jsou mraky, mrholení, spreje, mlhy. Podle obsahu částic se dělí na monodisperzní (všechny částice mají stejnou velikost) a polydisperzní (částice mají různou velikost) a také se mohou dělit podle velikosti na páry (velikost částic je menší než 10⁻⁴ μm) a spreje (velikost částic je větší než 10⁻⁴ μm) [23] [25]

A.5.4.2. Účinky aerosolů na osoby

Tyto faktory lze rozdělit na:

- Fyzikální (mechanické) – působí na pokožku a sliznice, blokují lymfatické cesty v plicích
- Chemické (toxické) - příkladem je intoxikace olovem

- Fyzikálně chemické (fibroplastické) – vytváří se nové vazivo, typické pro azbestový a křemičitý prach
- Biologické (karcinogenní a alergizující)
 - karcinogenní – projevuje se zhoubným bujením na kůži a v dýchacích cestách
 - alergizující – projevuje se přecitlivělostí kůže a dýchacích cest [23] [24] [25]

A.5.4.3. Kritéria aerosolového mikroklimatu

Hodnotí se množství aerosolu ve vzduchu, jednotkou pro hodnocení je $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Limitní koncentrace chemických ukazatelů a prachu ve vnitřním prostředí jsou uvedeny ve vyhlášce č.6/2003 Sb., v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou uvedeny přípustné expoziční limity (PEL). [24]

A.5.4.4. Optimalizace aerosolového mikroklimatu

A.5.4.4.1. Zásah do zdroje toxických látek

Existují celkem tři možnosti zásahu:

- a) Změna technologie – nejúčinnější, ale nejméně reálné
- b) Mísení sypkého materiálu s přídatnými látkami
 - Kapalné – nejčastěji se používá voda, existují i různá smáčedla
 - Práškovité – přidávají se k sypkým hmotám a předcházejí vzniku pevného aerosolu
- c) Uzavření zdroje – používají se kryty nebo aerosolové clony tvořené kapalnými přídatnými látkami [23] [25]

A.5.4.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje toxických látek k exponovanému subjektu

Existuje několik možností, jak zasáhnout do pole přenosu:

- a) omezení šíření toxických látek v budově – jedná se o vhodné umístění zdrojů toxických látek nebo vertikální rozdělení budovy (konstrukční úpravy),
- b) přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu do interiéru (větrání) – odvod kontaminovaného vzduchu,
- c) filtrace vzduchu – používají se všechny druhy filtrů,
- d) koagulace aerosolových částic – dochází ke shlukování malých částic, vznikají větší částice, které se rychleji usazují,
- e) nanášení adhezivních filmů – jedná se o rohože, na kterých se částice zachycují bez použití lepidel nebo impregnace,
- f) odstraňování aerosolů ionizací vzduchu – jedná se o zkrácení doby usazování aerosolových částic v ionizovaném vzduchu. [23] [25]

A.5.4.4.3. Zásah na subjektu

Poslední možnost, která je vhodná pouze pro nárazové a mimořádné použití. Spočívá v nošení respirátorů a dalších osobních ochranných pomůcek. [23] [25]

A.5.5. Mikrobiální složka (= mikrobiální mikroklima)

Mikrobiální mikroklima je jednou ze složek, která ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu. Je tvořena mikroby (mikroorganismy), které jsou obsaženy v ovzduší, mezi tyto mikroby patří bakterie, viry, plísňe a jejich spory. Je mu věnována zvýšená pozornost v tzv. bílých (superčistých) prostorech, ke kterým patří nemocniční, farmaceutické, potravinářské a mikroelektronické provozy. [23] [25]

A.5.5.1. Zdroje mikroorganismů

Mikroorganismy se mohou do interiéru dostat z venkovního ovzduší, ze vzduchotechnického zařízení nebo jsou produkovány člověkem. [23] [25]

A.5.5.1.1. Z venkovního ovzduší

Do interiéru se dostávají buď přímo nebo je jejich nositelem aerosol. Koncentrace ve venkovním ovzduší se pohybuje mezi 100 mikroby/m³ (ve volné krajině) a 1500 mikroby/m³ ve městě. Kapalný aerosol přenáší tyčinkové bakterie tzv. legionelly, které způsobují legionářskou nemoc (těžké plicní onemocnění). Pevný aerosol způsobuje suchý ptačí trus, který obsahuje roztoče nebo spóry hub, které vyvolávají vážná onemocnění. [23] [24] [25]

A.5.5.1.2. Ze vzduchotechnického zařízení

Zdrojem mikrobů jsou části vzduchotechnických zařízení. Jedná se o filtrační, zvlhčovací a odvlhčovací zařízení, vzduchovody a dvojité stropy. [23] [25]

A.5.5.1.3. Produkovány člověkem

Člověk je zdrojem mikroorganismů. Mikroorganismy se pomocí pevného nebo kapalného aerosolu dostávají na oblečení a následně na lidskou kůži. Nebo je přenašečem přímo člověk, který předává mikroorganismy do ovzduší formou kapének při kašli, rýmě nebo hovoru. [23] [24] [25]

A.5.5.2. Kritéria aerosolového mikroklimatu

Hodnotícím kritériem je množství kolonií tvořících jednotek (KTJ) obsažených v m³ vzduchu. Limitní hodnoty pro výskyt mikroorganismů jsou uvedeny ve vyhlášce č.6/2003 Sb. (bakterie i spóry plísňí max 500 KTJ/m³). V nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou uvedeny seznamy biologických činitelů a jejich zařazení do skupin. [24]

A.5.5.3. Optimalizace aerosolového mikroklimatu

A.5.5.3.1. Zásah do zdroje mikroorganismů

Existují celkem tři možnosti zásahu:

- a) udržování čistoty – pokožky, oděvu a obuvi;
- b) úprava vzduchotechnických zařízení – možnost čištění zařízení a zamezení jakékoliv kondenzaci vodní páry (dostatečná izolace), nahrazení praček vzduchu parními zvlhčovači;
- c) odstranění kondenzace vody na stěnách. [23] [25]

A.5.5.3.2. Zásah do pole přenosu od zdroje k exponovanému subjektu

Existuje několik možností, jak zasáhnout do pole přenosu:

- a) omezení šíření mikrobů v budově – udržování čistoty v interiéru, odstranění hmyzu;
- b) přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu do interiéru (větrání) – odvod kontaminovaného vzduchu;
- c) dezinfekce vzduchu
 - chemická sterilizace – trietylenglykol, fytoncidy,
 - fyzikální sterilizace – germicidní výbojky (přímé ozařování vzduchu v místnosti, ozařování horních vrstev vzduchu v místnosti, sterilizace vzduchu mimo exponovaný prostor), filtry ze skelné vaty, elektrostatické filtry, ionizátory;
- d) baktericidní a mykocidní úpravy povrchů interiéru. [23] [25]

A.5.6. Ionizující složka (= ionizační mikroklima)

Ionizační mikroklima je jednou ze složek, která ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu. Je tvořeno toky ionizujícího záření, které jsou obsaženy v ovzduší. Člověk není schopen vnímat přítomnost radioaktivního záření. [23] [25]

A.5.6.1. Zdroje ionizujícího záření

Toky ionizujícího záření jsou tvořeny radioaktivními látkami (radionuklidy), které se mohou do interiéru dostat z exteriéru, mohou vznikat v interiéru činností člověka nebo se mohou uvolňovat ze stavebních materiálů. Do ionizujícího záření patří alfa, beta, gama a neutronové záření.

A.5.6.1.1. Radioaktivní látky z exteriéru

Do interiéru se z venkovního prostředí dostává především radioaktivní popílek, který je produktem tepelných elektráren nebo se ze zeminy uvolňuje radon a jeho dceřiné produkty. [23] [25]

A.5.6.1.2. Radioaktivní látky z interiéru

Některé stavební materiály obsahující škváru či popílky mohou vykazovat radioaktivitu. Dceřiné produkty radonu obsahuje také cigaretový kouř. S ionizovaným zářením se můžeme setkat v nemocnicích u rentgenových přístrojů. [23] [24] [25]

A.5.6.2. Účinky na osoby

- a) Somatické – projevují se přímo na subjektu vystavenému ionizovanému záření
 - b) Genetické – projeví se až na potomcích subjektů vystavených ionizovanému záření
- Orgány a tkáně lze seřadit podle klesající radiosenzitivity (citlivost na ionizované záření):
1. Lymfoidní orgány, aktivní kostní dřev, pohlavní žlázy, střevo
 2. Oční čočka, kůže a epitelální výstelky – hltan, jícen, žaludek, močový měchýř
 3. Jemné cévy, rostoucí chrupavka, rostoucí kost

4. Zralá chrupavka a kost, dýchací ústrojí, žlázy zažívacího traktu, endokrinní žlázy,
5. Svaly, centrální nervový systém [23] [25]

A.5.6.3. Kritéria ionizačního mikroklimatu

Hodnocení probíhá na základě ekvivalentní objemové aktivity radonu (EEC) v Bq/m³. Maximální hodnoty stanovuje vyhláška č. 422/2016 Sb. [23] [25]

A.5.6.4. Optimalizace ionizačního mikroklimatu

A.5.6.4.1. Zásah do zdroje

Jedná se o nejúčinnější a také ekonomicky nejvýhodnější způsob. Spočívá v odstranění nebo omezení zdroje radioaktivních látek. Existují tři způsoby, jak to lze provést.

- a) volba vhodného stavebního místa – zjištění radonového indexu a následné opatření proti vniku radioaktivních látek do objektu,
- b) omezení vniku radioaktivních látek do objektu – vhodná volba radonových izolací, správné a pečlivé provedení radonových izolací,
- c) volba vhodných stavebních materiálů. [23] [25]

A.5.6.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje látek k exponovanému subjektu

Existuje několik možností, jak zasáhnout do pole přenosu:

- a) omezení šíření radioaktivních látek v budově – jedná se o vhodné umístění zdrojů radioaktivních látek, vertikální rozdělení budovy (konstrukční úpravy) nebo použití rozdílového větrání,
- b) větrání – provedení tlakových spádů podle kontaminace jednotlivých prostor, zajištění dostatečné výměny vzduchu,
- c) filtrace vzduchu – využívají se kazetové (filtrační náplně se vyměňují) filtry nebo elektrostatické (vysoké investiční náklady, levný provoz a vysoká odlučivost aerosolů) filtry,
- d) povrchová depozice – radioaktivní plyny se ukládají na površích v interiéru, dva druhy – v klidném a proudícím vzduchu,
- e) elektrostatická depozice. [23] [25]

A.5.6.4.3. Zásah na subjektu

Pouze ve zvláštních případech za použití speciálních masek a oděvů. [23] [25]

A.5.7. Světelné složka (= světelné mikroklima)

Je tvořeno elektromagnetickým zářením o vlnové délce 380–740 nm, které je viditelné. K vnímání světelného mikroklima je určen zrakový systém, který je souborem orgánů skládajících se z očí, zrakových nervů a mozku (podkomorová a komorová část). Zrakový vjem je příjem, přenos a zpracování informace v komplex nervových podráždění. [29]

A.5.7.1. Lidské oko

Oko má za úkol přeměnit světelné signály na vzorce nervových impulzů, které jsou následně přenášeny do mozku.

Jednou z částí lidského oka je sítnice, která obsahuje fotoceptorické buňky (tyčinky a čípky). Tyčinky reagují na nízké osvětlení a poskytují pouze černobílé mlhavé vidění, naopak čípky poskytují ostré a barevné vidění, ale potřebují dostatečné osvětlení. Jsou tři druhy čípků, každý poskytuje jednu základní barvu – červenou, zelenou a modrou.

Lidské oko je schopné se adaptovat různým světelným podmínkám. Délka adaptace je různá, v případě světla trvá pár sekund až minut, tma se pohybuje v minutách až hodině, proto rychlé změny světelných podmínek mohou vést ke špatnému až nedostatečnému vidění.

Oko není dokonalé a mohou vznikat poruchy vidění, mezi které patří:

- krátkozrakost (myopie) – nejčastější, neostré nebo zamlžené vidění do dálky;
- dalekozrakost (hypermetropie) – problém zaostřit na blízké předměty;
- barvoslepost (daltonismus) – ve většině případů chybí vnímavost (čípky) pouze na jedné barvy (červené, zelené nebo modré), výjimečně chybí vnímavost všech barev – černobílé vidění;
- šedý zákal (katarakt) – nejčastější příčina ztráty zraku, u starších lidí, léčba ve formě operace;
- zelený zákal (glaukom) – neznámá příčina, u starších lidí, může způsobit ztrátu zraku;
- tupozrakost (amblyopia) – funkční vada, většinou má jedno oko sníženou zrakovou ostrost. [29] [30]

A.5.7.2. Kvalitativní charakteristiky osvětlení

Mezi tyto charakteristiky patří:

- Světelný tok F [lm] – výkon světelného zdroje – množství světelné energie vyzářené za 1 s
- Svítivost I [cd] – intenzitu světelného toku
- Osvětlenost E [lx] – velikost světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu
- Jas L [cd/m²] – popis vnímání světlosti tělesa lidským okem [29]

A.5.7.3. Kvalita osvětlení

Je ovlivněna třemi složkami – prostředím, komfortem a výkonem [29]

A.5.7.3.1. Prostředí

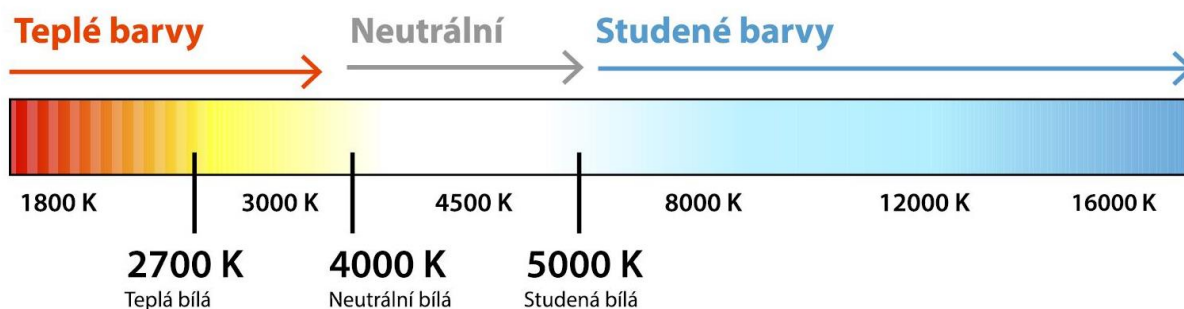
A.5.7.3.1.1. Modelování

Možnost rozeznávat trojrozměrné objekty ovlivňuje směr a rovnoměrnost osvětlení. Příliš rozptýlené světlo vede k rozmazání objektu, zatímco příliš přímé světlo může způsobit nepříjemné kontrasty a optické iluze. Dobré modelování osvětlení je důležité například v arénách nebo halách, kde se hrají rychlé míčové hry. Na modelovací schopnosti osvětlení je závislé správné rozlišení obličejů lidí a dalších detailů. [29] [31]

A.5.7.3.1.2. Směrnost

Ovlivňuje schopnost modelování světla a kontrastů. Přímé osvětlení s větším úhlem dopadu zdůrazní tvar a texturu objektu více než rozptýlené světlo. Umělé světlo obvykle má obvykle vyšší směrnost než denní světlo. Nepřímá svítidla vytvářejí více rozptýleného světla než přímá svítidla, protože se světlo odrazí od stropu a vytvoří měkčí stíny. [29] [31]

A.5.7.3.1.3. Teplota chromatičnosti (barevná teplota)



Obr. 12 – Teplota chromatičnosti [32]

A.5.7.3.2. Komfort

A.5.7.3.2.1. Index podání barev (CRI)

Schopnost světelného zdroje realisticky reprodukovat barvy předmětů se hodnotí pomocí indexu barevného podání, který se pohybuje mezi 0 (špatné podání barev) a 100 (dobré podání barev).

Pro objekty pro bydlení je vhodné, aby se index pohyboval v rozmezí 80–90. [29] [31]

A.5.7.3.2.2. Kontrast

Úzké úhly paprsku světla způsobují vysoké kontrasty. Jeskynní efekt vyvolávající nepříjemné pocity vzniká, pokud nejsou osvětleny stropy a stěny.

Dobry kontrast vzniká při širším rozmístění světelných zdrojů, které vrhají stíny a zároveň tvoří zajímavý efekt na stěnách.

Je obtížné rozlišit objekty osvětlované rovnoměrně rozptýleným světlem, protože nevznikají stíny. [29] [31]

A.5.7.3.3. Výkon

A.5.7.3.3.1. Oslnění

Nastává, pokud jsou rozdíly v jasu příliš velké. Příkladem je světelný zdroj v blízkosti pracovní oblasti, odlesky z oken nebo odrazy na lesklých površích. Rozdělení do dvou skupin:

Fyziologické oslnění

- omezující – zhoršuje činnost zraku – snižuje se zraková ostrost a kontrastní citlivost
- oslepující – znemožňuje činnost zraku i po určité době zániku příčiny oslnění

Psychologické oslnění – pozorovatelné a obtěžující, způsobuje zrakovou nepohodu a únavu

K hodnocení oslnění se používá index oslnění UGR.

Omezení oslnění lze provést vhodnou volbou velikosti svítící plochy, vyšší odrazivostí stěn a stropů a také vhodnou volbou povrchů nábytku. [29] [31]

A.5.7.3.3.2. Osvětlenost (intenzita osvětlení)

Pro určité druhy pracovní činnosti jsou dány minimální hodnoty osvětlenosti. Například pro činnosti, které vyžadují přesnost a pečlivost jsou tyto hodnoty podstatně vyšší než pro komunikační prostory, kterými se pouze prochází. Tyto hodnoty jsou dostupné v normě ČSN EN 12464-1. [29]

A.5.7.4. Účinky denního světla na osoby

Mezi pozitivní účinky denního světla (přirozeného osvětlení) patří lepší zrakový výkon a podání barev, vyšší produktivita, redukce stresu, úspora energie, proměnlivost světla (regulace vnitřní biologických hodin), syntéza vitamínu D, dobrý psychický a zdravotní stav, stimulace cirkadiálního rytmu.

Nedostatkem denního světla se může projevit onemocnění nazvané sezónní afektivní porucha SAD (Seasonal Affective Disorder), která se projevuje únavou, podrážděností, smutkem, nervozitou, sníženou aktivitou nebo nespavostí. Projevuje se nejčastěji v zimě, kdy je den nejkratší, proto je také někdy nazývána zimním smutkem. [29]

A.5.7.5. Kritéria světelného mikroklimatu

Požadavky na osvětlení jsou definovány s cílem upokojit tři základní lidské potřeby – zrakovou pohodu, zrakový výkon a bezpečnost. Mimo základní požadavky se berou v potaz i nároky estetické, ekonomické a ekologické.

Důležitými parametry jsou osvětlenost, oslnění, rovnoměrnost osvětlení, podání barev, barevný tón a biodynamické osvětlení. Kritéria pro hodnoty těchto parametrů jsou obsažena v normě ČSN EN 12464-1. [29] [83]

A.5.8. Zvuková složka (= zvukové mikroklima)

Je tvořeno akustickými toky, které jsou obsaženy v ovzduší. Zvuk je každý akustický tok. Akustický tok je složen z akustických vln různých délek (kmitočtů), které vznikají rozkmitáním molekul prostředí (vzduch nebo jiná tekutina) zdrojem zvuku. Hluk je nepříjemný a nehudební zvuk, který má nepravidelné kmitání, Tón je hudební zvuk s pravidelným kmitáním. K vnímání zvukového mikroklimatu je určeno sluchové ústrojí (skládá se ze zevního, středního a vnitřního ucha). [23] [25] [33]

A.5.8.1. Zdroje

Do interiéru zvuk proniká skrz obvodový plášť budovy z exteriéru nebo zvuk vzniká přímo v interiéru a jeho zdrojem je činnost člověka nebo strojů. [23] [25]

A.5.8.1.1. Exteriér

Mezi zvuky z exteriéru patří doprava, meteorologické jevy, průmysl, zemědělství, vzduchotechnika a chlazení, zábavní průmysl. [23] [25]

A.5.8.1.2. Interiér

Nejzásadnějšími zdroji v interiéru jsou technická zařízení budov (vzduchotechnika, chlazení, vytápění, osvětlení) a lidé [23] [25]

A.5.8.2. Účinky na osoby

Pro hodnocení zvuku se používá hladina akustického tlaku L_p [dB], která je přepočtena pomocí logaritmu z akustického tlaku p [Pa]. Člověk je schopen vnímat hladiny akustického tlaku od 0 dB (práh slyšení) do 130 dB (práh bolesti) a frekvence v rozmezí 16 Hz až 20 kHz, nejcitlivější jsou frekvence od 1 do 5 kHz. [23] [33]

A.5.8.2.1. Hluk

Je nežádoucí zvuk, který ovlivňuje pohodu člověka (ruší, obtěžuje a ohrožuje zdraví). Vytváří nepříjemné akustické mikroklima.

Sluchový orgán vyhodnotí zvuk jako hluk a vyšle do mozku poplašný signál, na který následuje stresová reakce organismu.

Stresová reakce je nepříznivým účinkem, který lze rozdělit do tří skupin:

- fyziologické – poškození sluchu, vysoký krevní tlak, poškození srdce (infarkt), snížená imunita, vysoké hodnoty cholesterolu, cukru a inzulínu, nespavost a obezita,
- psychologické – deprese, neurózy, snížená výkonnost, agresivita a omezení sociálních kontaktů,
- fyzikální – srozumitelnost řeči. [33]

A.5.8.3. Kritéria zvukového mikroklimatu

Pro hodnocení se využívá ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ [dB]. Hygienické limity jsou obsaženy v nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [33]

A.5.8.4. Optimalizace zvukového mikroklimatu

A.5.8.4.1. Zásah do zdroje

- a) Odstranit nebo nahradit tišším – např. klimatizaci nahradit plošným sálavým chlazením
- b) Izolovat organizačním opatřením – přemístit zdroj nebo omezit provozní dobu zdroje
- c) Zvukově izolovat – zvukově izolační kryt zdroje, tlumiče zvuku
- d) Izolovat od okolních konstrukcí – pružné uložení zdroje, kotvení potrubí [23] [25] [33]

A.5.8.4.2. Zásah do pole přenosu od zdroje látek k exponovanému subjektu

- a) Zvýšení celkové pohltivosti a snížení odrazivosti stěn a stropů a podlah – použití materiálů, které pohlcují hluk (pohlcovače hluku)
- b) Akustické maskování – překrytí vjemu jednoho zvuku vjemem jiného zvuku
- c) Antihluk – zrcadlový obraz zvukové vlny fázově posunutý o 180° [23] [25] [33]

A.5.8.4.3. Zásah na subjektu

Využívá se pouze v dočasném případě použitím osobních ochranných pomůcek – sluchátek, nejúčinnější fungují na principu antihluku. [23] [25] [33]

A.5.9. Elektroiontová složka (= elektroiontové mikroklima)

Je tvořena negativními a pozitivními ionty, které jsou obsaženy v ovzduší. Elektricky neutrální ovzduší se v přírodě nevyskytuje. Množství vzdušných iontů dokáží vnímat tzv. meteosenzitivní lidé, Změny vnímají změnami nálad, poruchami spánku nebo bolestmi kloubů, hlavy a jizev. [23] [25] [34]

A.5.9.1. Vznik aeroiontů

Molekuly plynů jsou při normálním stavu elektricky neutrální. Ionizační energie způsobuje neelastické srážky molekul, které byly před srážkou neutrální. Tyto srážky mohou vést k odtržení elektronů z atomového obalu, což vytváří páry nabitých částic. Tyto částice jsou nestabilní, proto se spojují s neutrálními atomy nebo molekulami, vznikají stabilnější shluky molekul, které se nazývají lehké ionty. Vznik lehkých iontů probíhá velmi rychle, jedná se o zlomek sekundy. Probíhá pořád.

Nejčastější zdroje ionizační energie:

- a) Působení elektrického pole – koncentraci aeroiontů v interiéru ovlivňují stavební konstrukce, činnost člověka a klimatizačního zařízení
- b) Působení ionizujícího a ultrafialového záření
 - zdroj aeroiontů v přirozených podmínkách – radioaktivní látky v půdě, vzduchu, kosmické záření, záření těžkých částic
 - zdroj aeroiontů v interiéru – radioaktivní plyny Ra222 a Ra220
- c) Lenardův efekt – rozprašování tekutin do vzduchu [23] [25] [34]

A.5.9.2. Dělení iontů

Podle polarity – kladné a záporné

Podle hmotnosti - Aeroionty – lehké ionty

- Pseudoionty – střední a těžké ionty [23] [25] [34]

A.5.9.3. Účinek na osoby

Aeroionty pomáhají urychlovat biochemické reakce.

- a) Negativní ionty (anionty) - mají vliv na zvýšení pH krve, snížení krevního tlaku, snížení spotřeby kyslíku, zvýšení metabolismus ve vodě rozpustných vitaminů, zvýšení sekreční aktivity sliznic a zvýšení odolnosti proti virovým onemocněním.
- b) Pozitivní ionty (kationty) - mají vliv na snížení pH, zvýšení krevního tlaku, pokles hladiny cholesterolu a vysoušení sliznic. [34]

A.5.9.4. Kritéria elektroiontového mikroklimatu

Pro posouzení se využívá množství negativních lehkých iontů v cm^3 , optimální hodnotou je 1000 až 1500 negativních lehkých iontů v cm^3 . Posuzuje se také unipolární kvocient UQ, který je poměrem počtu pozitivních a negativních iontů v cm^3 . Přípustná hodnota je 0,2 až 2,0, avšak za optimální se považuje 1,1 až 1,4, tedy poměr 5:4 (pozitivní:negativní). Je nutné zamezit tvorbu pseudoiontů (středních a těžkých). [23] [25] [34]

A.5.9.5. Optimalizace elektroiontového mikroklimatu

Využití přístrojů s umělou ionizací vzduchu. Umělá ionizace se doporučuje do každého interiéru, ale nemá smysl umisťovat do místností nadměrně znečištěných a ve kterých se kouří. Ionizátor by měl být používán nepřetržitě a měl by být nasměrovaný na osoby.

Typy ionizátorů:

- Ionizátory s koronovým výbojem – nejčastěji používané
- Ionizátory s uhlíkovým vláknem – nejnovější způsob
- Ionizátory se stropní elektrodou – kladná anoda na stropě, záporná anoda na podlaze
- Vestavěné ionizátory – jsou integrovány do čističek vzduchu [34]

A.5.10. Elektrostatická složka (=elektrostatické mikroklima)

Je tvořena elektrostatickým polem. [23] [25] [34]

A.5.10.1. Vznik elektrostatického náboje

Při dynamickém styku a oddělování částic s různou nebo stejnou dielektrickou konstantou vzniká elektrostatický náboj. Tento náboj se hromadí na částicích a vzniká při přenosu elektronů z jedné částice na druhou. Existují 3 základní případy. [23] [25] [34]

A.5.10.1.1. Vzájemný pohyb pevných těles

Jedná se o chůzi po izolační (izolant z hlediska statické elektřiny) nášlapné vrstvě, kterou je linoleum nebo asfalt. Náboj může vznikat i při pohybu v oblečení ze specifického materiálu, kterým může být vlna, hedvábí nebo syntetika. U materiálů oblečení závisí při tvorbě náboje na relativní vlhkosti vzduchu. Náboj může vzniknou i při běžných činnostech jako je česání vlasů. [23] [25] [34]

A.5.10.1.2. Vzájemný pohyb tekutin

Jedná se o tření kapalných látek, par nebo plynů. Příkladem může být prudký únik kyslíku redukčním ventilem. [23] [25] [34]

A.5.10.1.3. Vzájemný pohyb pevných těles a tekutin

Elektrostatický náboj vzniká v potrubí i v látce, která jím protéká. Příkladem může být pohyb plavidla po mořské hladině, nejčastější příčina havárií tankerových lodí. [23] [25] [34]

A.5.10.2. Účinek na subjekty

A.5.10.2.1. Účinek na živé subjekty

Přímý účinek (direktní) – účinek je ovlivněn délkou expozice a intenzitou pole, zároveň se jedná o individuální schopnost jedince vyrovnat se této zátěži. Následkem jsou nevolnosti, deprese nebo nespavost, které se postupně vytrácí po ukončení pobytu v elektrostatickém poli.

Nepřímý účinek (indirektní) – při účinku na neživé subjekty, závažné následky. [23] [25] [34]

A.5.10.2.2. Účinek na neživé subjekty

Výboj vzniká již při rozdílu napětí 300 až 400 V, který stačí k zapálení hořlavé směsi. Požár nebo výbuch způsobený výbojem statické elektřiny může vzniknout v průmyslových závodech nebo v nemocnicích a celkově tam, kde se používají centrální rozvody plynů. [23] [25] [34]

A.5.10.3. Kritéria elektrostatického mikroklimatu

Pro posouzení úrovně statické elektřiny se běžně využívá potenciál elektrostatického náboje (pole) nebo intenzita elektrostatického náboje (pole). [23] [25] [34]

A.5.10.4. Optimalizace elektrostatického mikroklimatu

Optimální je prostředí, ve kterém se statická elektřina vyskytuje jen v minimální míře. Prakticky není možné dosáhnout úplné likvidace statické elektřiny. Proto je snaha omezit možnost vzniku, a pokud vznikne, tak ji co nejrychleji odstranit, buď uzemněním nebo úpravou pole přenosu. [23] [25] [34]

A.5.10.4.1. Úprava zdroje statické elektřiny

Zdrojem jsou přístroje, výrobní procesy i sám člověk. Do zdroje lze zasáhnout:

- a) použitím antistatických látek a antistatickým uzemněním v případě přístrojů,
- b) použitím antistatického oděvu a obuvi v případě osob. [23] [25] [34]

A.5.10.4.2. Úprava pole přenosu

Pro zajištění minimální tvorby statické elektřiny se provádí úpravy:

- a) Ovzduší
 - antistatická relativní vlhkost – relativní vlhkost vzduchu je 60–70 %,
 - reverzní ionizace vzduchu – neutralizátory indukční a napájené vysokým napětím,
 - neutralizátory ionizační – neutralizátory s radionuklidy a kombinované.

b) Podlah a stěn

- antistatická úprava podlah – likvidace elektřiny,
- antistatická úprava stěn – likvidace elektřiny, hygienický a estetický efekt. [23] [25] [34]

A.5.11. Elektromagnetická složka (= elektromagnetické mikroklima)

Je tvořena elektromagnetickým (elektrodynamickým) polem. Účinky elektromagnetických vln se projevují v prostoru nazvaném elektromagnetické pole. Jedná se o elektromagnetické vlny s frekvencí 30 kHz až 300 MHz (vlnové délky 10 km až 1 m, tzv. pásmo vysokých vln) a 300 MHz až 30 GHz (vlnové délky 1 m až 1 mm, tzv. pásmo velmi vysokých vln). [23] [25] [34]

A.5.11.1. Zdroje elektromagnetického záření

Do interiéru vstupuje elektromagnetické záření z exteriéru nebo vzniká přímo v interiéru.

A.5.11.1.1. Exteriér

- a) Přírodní zdroje – výboje při bouřích a při sluneční činnosti
- b) Umělé zdroje – vysílače a vedení vysokého napětí [23] [25] [34]

A.5.11.1.2. Interiér

Zdroji v domácnostech jsou mikrovlnné trouby, monitory, TV, mobilní telefony, wifi, dálkové ovládání, v průmyslu to jsou indukční pece nebo svářecí automaty. [23] [25] [34]

A.5.11.2. Účinky na subjekty

Elektromagnetické záření působí na živé i neživé subjekty. [23] [25] [34]

A.5.11.2.1. Účinek na živé subjekty

Nejcitlivější na elektromagnetické záření u člověka jsou pohlavní orgány, oči a nervový systém. Při působení elektromagnetického záření se objevují bolesti hlavy, žaludeční potíže nebo i deprese. [23] [25] [34]

A.5.11.2.2. Účinek na neživé subjekty

Elektromagnetické záření ohrožuje všechny nedostatečně stíněné elektronické systémy. Elektromagnetická kompatibilita je vědním oborem, který se zabývá výzkumem ochrany uživatelů elektronických přístrojů před působením elektromagnetického záření. [23] [25] [34]

A.5.11.3. Kritéria elektromagnetického mikroklimatu

Základní kritérium je ozáření, které je závislé na intenzitě pole a době expozice. Intenzita pole je závislá na velikosti a vzdálenosti od zdroje. Expozice osob elektromagnetickému poli je uvedena v nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [23] [25] [34]

velikost frekvence	vf		vvf
	30 kHz – 30 MHz	30 – 300 MHz	300 MHz – 300 GHz
pracoviště (8 hod)	400 Vm ⁻¹	80 Vm ⁻¹	160 Vm ⁻¹
bytová zástavba	72 Vm ⁻¹	24 Vm ⁻¹	50 Vm ⁻¹

Obr. 13 - Příпустné hodnoty ozáření elektromagnetickým zářením [34]

A.5.11.4. Optimalizace elektromagnetického mikroklimatu

A.5.11.4.1. Zásah do zdroje

Nejúčinnějším způsobem je odstranění zdroje. V případě, že to není možné, je nutné zajistit odstínění od elektromagnetického záření, a to použitím uzemněného hliníkového nebo měděného plechu, který má tloušťku minimálně 0,5 mm. [23] [25] [34]

A.5.11.4.2. Zásah do pole přenosu

Využití stínění, viz zásah do zdroje. [23] [25] [34]

A.5.11.4.3. Zásah na subjektu

V specifických případech (práce s vvf generátory) je nutné použít osobní ochranné pomůcky ve formě ochranného obleku z kovových vláken, brýlí se zlatým filtrem na sklech a drátěnou vložkou po stranách. [23] [25] [34]

A.5.12. Psychická složka (= psychické mikroklima)

Pojem, kterým se označuje působení složek mikroklimatu a životního prostředí na účincích mikroklimatu. Označuje to, na co je působeno. Je působeno na psychiku člověka. Psychický účinek lze nalézt u všech složek mikroklimatu. Mezi další činitele patří vzduch (jeho pohyb), prostor (jeho trojrozměrnost, dispozice, velikost a barevnost), člověk samotný, přesnost provedení stavebních konstrukcí (nerovné podlahy, křivé stěny nebo zkřivená okna a dveře) nebo dispozice prostoru. [23]

A.5.12.1. Účinky na osoby

Psychická únava je důsledkem působení složek mikroklimatu na nervový systém člověka. Nejobvyklejší příznakem psychické únavy je nespavost doprovázená přerušovaným neklidným spánkem s nepříjemnými sny. Dalším důsledkem působení složek mikroklimatu je zhoršení imunitního systému. Přímo nebo nepřímo se podílí na vzniku srdečních chorob, rakoviny, plicních onemocnění, cirhózy jater, úrazům a sebevražedným pokusům.

U ostatní složek mikroklimatu již byly zmíněny jejich negativní účinky na člověka, těmto negativním účinkům lze zabránit respektováním daných kritérií. [23]

A.5.12.1.1. Pohyb vzduchu

Podle jeho rychlosti lze určit psychický účinek na osoby. Čím větší rychlost má, tím je účinek horší – značný diskomfort, naopak v klidné vzduchu s téměř nulovou rychlostí – komfort. [23]

A.5.12.1.2. Barevnost prostoru

Barvy lze rozdělit do dvou skupin podle pocitu tepla nebo chladu:

- studené barvy – jsou pasivní, tzn. podporují duševní soustředění a delší stabilitu pracovního výkonu, barva zelená a modrá a také povrchy se vzhledem kamene, skla a kovů;
- teplé barvy – jsou dynamické, tzn. povzbuzují k činnosti a krátkodobě stupňují výkon, barva červená, oranžová, žlutá a povrchy se vzhledem textilu nebo dřeva.

Ovlivňuje pojetí prostoru – barvy mohou prostor opticky zvětšovat nebo zmenšovat, rozšiřovat nebo zužovat, zvyšovat nebo snižovat. Vyvolávají pocity stísněnosti nebo prostornosti, ztracenosti v prostoru nebo bezpečnosti a útulnosti. [23]

A.5.12.1.3. Velikost prostoru

Velké prostory vyvolávají pocit nejistoty a ztracenosti naopak malé prostory vyvolávají pocity stísněnosti a může vnikat pocit nedostatku soukromí. Pro vyhnutí se těmto nepříjemným pocitům je vhodné, aby volba velikosti prostoru byla spojena s pocitem bezpečí a útulnosti. [23]

A.5.12.2. Optimalizace psychického mikroklimatu

Je vhodné umisťovat budovy kolmo na směr převládajících větrů, budovy seskupit do uzavřených celků a chránit vhodnými střechami zóny pro pěší. Pro místnosti s okny orientovanými na sever se volí světlé a teplé odstíny, pro místnosti s okny orientovanými na jih se volí spíše studené odstíny. Je důležité dodržet minimální rozměry a pokud je to možné využít rozměry optimální. [23]

A.6. Syndrom nemocných budov (SBS – Sick Building Syndrome)

Jedná se o příznaky a potíže, které jsou spojeny s pobytem osob uvnitř budovy bez jednoznačné příčiny.

Je spousta faktorů, které mohou být spojeny se vznikem syndromu nemocných budov a mezi tyto faktory patří všechny složky vnitřního prostředí budov. Je pravděpodobné, že návrh budovy, který respektuje kritéria jednotlivých složek vnitřního prostředí budov, je schopný minimalizovat výskyt syndromu nemocných budov.

Příznaky, které mohou lidé pociťovat v nemocné budově, zahrnují bolest hlavy, závratě, nevolnost, podráždění očí (slzení, pálení, svědění), podráždění nosu nebo krku, suchý kašel, suchou kůži a svědění, potíže s koncentrací, únavu, citlivost na pachy, chrapot hlasu a různé alergické reakce. Někteří lidé mohou pociťovat úlevu od těchto příznaků okamžitě po opuštění budovy.

Bydlení nebo pravidelný pobyt v nemocné budově může způsobit různé zdravotní komplikace nebo dokonce chronická onemocnění. Mezi nejčastější problémy patří kašel, bolest na hrudi, krvácení z nosu, zadýchání při mírné námaze, otoky, srdeční palpitace, problémy s těhotenstvím (dokonce i potraty) nebo rakovina. Syndrom nemocných budov může také souviset s alergickou alveolitidou, legionářskou nemocí, zvlhčující horečkou, pneumonií nebo astmatem. [38] [39] [40]

A.7. Závěr

Vnitřní prostředí budov je složitým komplexem faktorů, které při nesprávném návrhu mohou ovlivnit zdravotní stav jedinců. Je důležité věnovat se všem složkám vnitřního prostředí budov při návrhu budovy, správný návrh předchází vzniku komplikací. Jelikož v budovách trávíme velkou část života je nutné zajistit zdravé vnitřní prostředí.

Výpočtová část

B.1. Analýza objektu

Řešenou budovou je panelový dům typu G57, který prochází rekonstrukcí. Objekt se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Brno, kde je venkovní výpočtová teplota $t_e = -12\text{ °C}$.

Objekt má obdélníkový tvar, je nepodsklepený, má 9 nadzemních podlaží a je ukončený plochou střechou. Obvodové, vnitřní nosné i nenosné stěny jsou ze struskopemzobetonových panelů, bytové jádro je umakartové, stropy jsou ze železobetonových panelů.

Budova projde rekonstrukcí, budou zatepleny obvodové stěny, bude kompletně zrekonstruována a zateplena střecha a budou vyměněny všechny výplně otvorů. Navržené úpravy splní tepelně technické požadavky. Rekonstrukce neovlivní provoz objektu.

Budova je určena pro bydlení, bude provozována nepřetržitě. V 1.NP se nachází kotelna, kancelář, sklepní kóje a jeden byt, v každém dalším nadzemním podlaží se nachází tři byty. Byty jsou v dispozici 2+1 nebo 3+1. Jeden vchod obsahuje celkem 25 bytů. Celá budova má celkem 6 vchodů. Diplomová práce se podrobně zabývá řešením vytápění pouze pro jeden vchod a to krajní.

Pro vytápění jsou navržena desková a trubková otopná tělesa, větrání je řešeno jako přirozené, pouze podtlakový odvod vzduchu ventilátory z WC a koupelen.

Jsou navrženy dvě varianty zdroje tepla. V první variantě je navrženo centrální zásobování teplem pro polovinu objektu, tedy 3 vchody. Budova bude připojena k horkovodu. Předávací stanice v budově bude vybavena 2 deskovými výměníky tepla. Příprava teplé vody probíhá pro každý vchod samostatně. Pro každý vchod jsou navrženy dva nepřímotopné zásobníky teplé vody. První vchod má samostatnou větev pro ohřev teplé vody a vytápění. 2. a 3. vchod mají každý svoji vlastní větev pro vytápění a přípravu teplé vody, až v technických místnostech jednotlivých vchodů je regulační uzel, který rozděluje topnou vodu na vytápění a přípravu teplé vody. Řešení regulačních uzlů vchodů 2 a 3 není součástí diplomové práce. Podrobně je řešen pouze vchod 1. Poslední větev vycházející z rozdělovače a sběrače je navržena pro vytápění společných prostor celé poloviny objektu.

Druhá varianta řeší vytápění a přípravu teplé vody pouze pro jeden vchod, a to krajní. Je navržen zdroj tepla ve formě kaskády tří splitových tepelných čerpadel vzduch-voda, venkovní jednotky jsou umístěny na střeše, vnitřní jednotky jsou umístěny v kotelně. Pro pokrytí spotřeby teplé vody jsou navrženy dva nepřímotopné zásobníky teplé vody, příprava teplé vody je řešena jako přednostní.

B.2. Výpočet tepelného výkonu

B.2.1. Součinitel prostupu tepla

Dle normy ČSN 73 0540 – 2:2001 Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky.

B.2.1.1. Postup výpočtu součinitele prostupu tepla

Tepelný odpor R homogenní konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

$$R = \sum R_j \quad R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

R_j tepelný odpor j -té vrstvy

d_j tloušťka j -té vrstvy konstrukce [m]

λ_j návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

Tepelný odporu při prostupu tepla R_T [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně

Součinitel prostupu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Posouzení dle ČSN 73 0540 na doporučené a požadované hodnoty.

$$U \leq U_{N,20}$$

$$U \leq U_{rec,20}$$

$U_{N,20}$ požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

$U_{rec,20}$ doporučená hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

B.2.1.2. Výpočet a posouzení navržených konstrukcí

B.2.1.2.1. Vodorovné konstrukce

PDL – Skladba podlahy na terénu – konstrukce nesplňuje požadavky, bylo by složité provést zateplení, proto zůstává skladba beze změny

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	R_{si} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	R_{se} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	R_T [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	$U_{rec,20}$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	$U_{N,20}$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
PDL	1	PVC	0,005	0,160	0,031	0,17	0	0,26	3,873	0,3	0,45
	2	Škvárobeton	0,045	0,790	0,057						
		Σ	0,05	Σ	0,088	Posouzení	$U \leq U_{rec,20}$	Nevyhovuje			
								$U \leq U_{N,20}$	Nevyhovuje		

STR1 – Skladba podlahy a stropu mezi byty – rozdíl teplot do 5 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
STR1	1	PVC	0,002	0,160	0,013	0,17	0,17	0,51	1,970	2,2	1,45
	2	Škvárobeton	0,048	0,670	0,072						
	3	Železobeton	0,100	1,580	0,063						
	4	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
		Σ	0,17	Σ	0,168	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
						U ≤ U _{N,20}	Nevyhovuje				

STR2 – Skladba podlahy a stropu nad exteriérem (vchod)

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
STR2	1	PVC	0,002	0,160	0,013	0,17	0,04	6,70	0,149	0,16	0,24
	2	Škvárobeton	0,048	0,670	0,072						
	3	Železobeton	0,100	1,580	0,063						
	4	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
	5	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	6	TI Isover UNI	0,240	0,038	6,316						
	7	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	8	Pastovitá omítka	0,002	0,700	0,003						
		Σ	0,416	Σ	6,493	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
						U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje				

STR3 – Skladba podlahy a stropu nad nevytápěným prostorem (sklepní kóje)

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
STR3	1	PVC	0,002	0,160	0,013	0,17	0,17	3,68	0,272	0,4	0,6
	2	Škvárobeton	0,048	0,670	0,072						
	3	Železobeton	0,100	1,580	0,063						
	4	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
	5	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	6	TI Isover UNI	0,120	0,038	3,158						
	7	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	8	Štuk	0,005	0,550	0,009						
	Σ	0,299	Σ	3,341	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje				
						U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje				

STR4 – Skladba podlahy a stropu nad zádveřím – rozdíl teplot do 10 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
STR4	1	PVC	0,002	0,160	0,013	0,17	0,17	3,68	0,272	0,7	1,05
	2	Škvárobeton	0,048	0,670	0,072						
	3	Železobeton	0,100	1,580	0,063						
	4	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
	5	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	6	TI Isover UNI	0,120	0,038	3,158						
	7	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	8	Štuk	0,005	0,550	0,009						
	Σ	0,299	Σ	3,341	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

STRĚ – Skladba střechy – plochá dvouplášťová

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
STRĚ	1	TI ISOVER Unirol Profi	0,120	0,036	3,333	0,1	0,04	6,88	0,144	0,24	0,16
	2	TI ISOVER Unirol Profi	0,120	0,036	3,333						
	3	Železobeton	0,100	1,580	0,063						
	4	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	Σ	0,35	Σ	6,740	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

B.2.1.2.2. Svislé konstrukce

SO01 – Skladba obvodové stěny – zateplení ETICS

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SO01	1	Pastovitá omítka	0,002	0,700	0,003	0,13	0,04	5,80	0,172	0,25	0,3
	2	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	3	TI ISOVER UNI	0,200	0,038	5,263						
	4	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	5	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
	6	Struskopemzobeton	0,210	0,640	0,328						
	7	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	Σ	0,448	Σ	5,631	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

SO02 – Skladba obvodové stěny – zateplení ETICS (pouze u vchodu)

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SO02	1	Pastovitá omítka	0,002	0,700	0,003	0,13	0,04	5,75	0,174	0,25	0,3
	2	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	3	TI ISOVER UNI	0,200	0,038	5,263						
	4	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	5	Vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020						
	6	Struskopemzobeton	0,180	0,640	0,281						
	7	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
		Σ	0,418	Σ	5,584	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

SO03 – Skleněný lehký obvodový plášť tl. 75 mm – U = 1,1 W/(m².K)

U_{rec,20} = 1,15 W/(m².K) ≥ U = 1,1 W/(m².K) Vyhovuje

U_{N,20} = 1,30 W/(m².K) ≥ U = 1,1 W/(m².K) Vyhovuje

SN01 – Skladba vnitřní nosné stěny – rozdíl teplot do 5 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN01	1	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010	0,13	0,13	0,56	1,781	1,8	2,7
	2	Struskopemzobeton	0,180	0,640	0,281						
	3	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
		Σ	0,200	Σ	0,301	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

SN02 – Skladba vnitřní nosné stěny – rozdíl teplot do 10 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN02	1	Štuk	0,005	0,550	0,009	0,13	0,13	3,74	0,268	0,5	0,75
	2	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	3	TI ISOVER UNI	0,120	0,038	3,158						
	4	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	5	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	6	Struskopemzobeton	0,180	0,640	0,281						
	7	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	Σ		0,331	Σ	3,475	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje		
								U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje		

SN03 – Skladba vnitřní nosné stěny – k nevytápěným prostorám (sklepní kóje)

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN03	1	Štuk	0,005	0,550	0,009	0,13	0,13	3,74	0,268	0,4	0,6
	2	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	3	TI ISOVER UNI	0,120	0,038	3,158						
	4	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	5	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	6	Struskopemzobeton	0,180	0,640	0,281						
	7	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	Σ		0,331	Σ	3,475	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje		
								U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje		

SN04 – Skladba vnitřní nenosné stěny – rozdíl teplot do 5 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN04	1	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010	0,13	0,13	0,41	2,468	1,8	2,7
	2	Struskopemzobeton	0,080	0,640	0,125						
	3	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	Σ		0,100	Σ	0,145	Posouzení		U ≤ U _{rec,20}	Nevyhovuje		
									U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje	

SN05 – Skladba vnitřní nenosné stěny – rozdíl teplot do 10 °C

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN05	1	Štuk	0,005	0,550	0,009	0,13	0,13	3,58	0,279	0,5	0,75
	2	Lepicí hmota se síťovinou	0,003	0,880	0,003						
	3	TI ISOVER UNI	0,120	0,038	3,158						
	4	Lepicí hmota	0,003	0,880	0,003						
	5	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
	6	Struskopemzobeton	0,080	0,640	0,125						
	7	Vápenocementová omítka	0,010	0,990	0,010						
		Σ	0,231	Σ	3,319	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Vyhovuje			
							U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje			

SN06 – Umakartová stěna – bytové jádro (zůstává původní, nerekonstruuje se)

Označení kee	Číslo vrstvy	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]	R _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .K/W]	R _T [m ² .K/W]	U [W/(m ² .K)]	U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]
SN06	1	Umakarton	0,050	0,170	0,294	0,13	0,13	0,55	1,805	1,8	2,7
			Σ	0,050	Σ	0,294	Posouzení	U ≤ U _{rec,20}	Nevyhovuje		
								U ≤ U _{N,20}	Vyhovuje		

B.2.1.2.3. Výplně otvorů

O1 – Plastové okno s izolačním trojsklem 2,1x0,5 m – U = 0,80 W/(m².K)

U_{rec,20} = 1,2 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

U_{N,20} = 1,5 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

O2 – Plastové okno s izolačním trojsklem 2,1x1,5 m – U = 0,80 W/(m².K)

U_{rec,20} = 1,2 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

U_{N,20} = 1,5 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

O3 – Plastové okno s izolačním trojsklem 1,4x1,5 m – U = 0,80 W/(m².K)

U_{rec,20} = 1,2 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

U_{N,20} = 1,5 W/(m².K) ≥ U = 0,8 W/(m².K) Vyhovuje

BD1 – Balkonové dveře s izolačním trojsklem 0,7x2,25 m – $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{\text{rec},20} = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

$U_{\text{N},20} = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

D1 – Plastové vchodové dveře celoprosklené – $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{\text{rec},20} = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

$U_{\text{N},20} = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

D2 – Bytové vchodové dveře dřevěné 0,9x1,97 – $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{\text{rec},20} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

$U_{\text{N},20} = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

D3 – Dřevěné interiérové dveře 0,6x1,97 – $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{\text{rec},20} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

$U_{\text{N},20} = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

D4 – Dřevěné interiérové dveře 0,8x1,97 – $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{\text{rec},20} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

$U_{\text{N},20} = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}) \geq U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Vyhovuje

B.2.1.3. Shrnutí konstrukcí a jejich součinitelů prostupu tepla

SO01	Obvodová stěna zateplená tl. 450 mm	0,172 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SO02	Obvodová stěna zateplená tl. 420 mm	0,174 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SO03	Prosklená stěna – vchod	1,1 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN01	Vnitřní nosná stěna tl. 200 mm – rozdíl teplot do 5 °C	1,781 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN02	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,268 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN03	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – k nevytápěným prostorám	0,268 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN04	Vnitřní nenosná stěna tl. 100 mm – rozdíl teplot do 5 °C	2,468 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN05	Vnitřní nenosná stěna tl. 230 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,279 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
SN06	Umakartová stěna – bytové jádro	1,805 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
STR1	Strop + podlaha – mezi byty – rozdíl teplot do 5 °C	1,97 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
STR2	Strop + podlaha – nad exteriérem – vchod	0,149 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
STR3	Strop + podlaha – nad nevytápěným prostorem	0,272 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
STR4	Strop + podlaha – nad zádveřím – rozdíl teplot do 10 °C	0,272 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
STŘ	Střecha	0,144 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
PDL	Podlaha na zemině – nezateplená	3,873 $\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

D1	Vchodové dveře – plastové, celoprosklené – 1,8x2,25	1,1 W/(m ² .K)
D2	Vchodové dveře – dřevěné, bytové – 0,9x1,97	2,0 W/(m ² .K)
D3	Interiérové dveře – dřevěné – 0,6x1,97	2,0 W/(m ² .K)
D4	Interiérové dveře – dřevěné – 0,8x1,97	2,0 W/(m ² .K)
O1	Plastové okno, trojsklo – 0,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O2	Plastové okno, trojsklo – 1,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O3	Plastové okno, trojsklo – 1,5x1,4	0,8 W/(m ² .K)
BD1	Balkonové dveře – plastové, trojsklo – 0,7x2,25	0,8 W/(m ² .K)

B.2.2. Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností

Dle normy ČSN 12 831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, byl proveden výpočet tepelných ztrát prostupem a větráním v jednotlivých místnostech.

Pro město Brno v Jihomoravském kraji:

Venkovní výpočtová teplota	$\theta_e = -12 \text{ °C}$
Průměrná venkovní teplota v otopném období	$\theta_{em} = 4,0 \text{ °C}$
Délka otopného období	$d = 232 \text{ dnů}$
Nadmořská výška	227 m n. m.

Vnitřní výpočtové teploty pro místnosti:

sklepní kóje	6 °C
schodiště, zádveří	10 °C
kotelna	15 °C
kancelář, chodba, kuchyň, obývací pokoj, ložnice, pokoj, WC	20 °C
koupelna	24 °C

B.2.2.1. Postup výpočtu tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti

Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru $\Phi_{HL,i}$ [W]

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

$\Phi_{T,i}$ celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ celková návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ [W]

$$\Phi_{T,i} = (\sum H_{T,ie} + \sum H_{T,ia(\dots)} + \sum H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí [W/K]

$$H_{T,ie} = \sum (A_k \cdot (U_k + \Delta U_k) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k})$$

$f_{U,k}$ opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot [-]

$f_{U,k} = 1$, pokud byly do výpočtu U zahrnuty odpory při přestupu tepla

$f_{ie,k}$ teplotní opravný činitel [-]

$$f_{ie,k} = f_1 + f_2$$

f_1 teplotní opravný činitel zohledňující rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a teplotou sousedního prostoru nebo prostředí [-]

$$f_1 = 1$$

f_2 opravný činitel zohledňuje rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části [-]

$f_2 = 0$, pokud je výška místnosti menší než 4 m

ΔU_{TB} přírážka na vliv tepelných vazeb [W/(m².K)]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/(m².K)]

A_k plocha stavební části [m²]

$H_{T,ia(...)}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru, nebo přes něj [W/K]

$$H_{T,ia(...)} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(...),k})$$

$f_{ia(...),k}$ teplotní opravný činitel [-]

$$f_{ia(...),k} = f_1 + f_2$$

f_1 teplotní opravný činitel zohledňující rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a teplotou sousedního prostoru nebo prostředí [-]

$$f_1 = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_x)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

θ_x teplota sousedního prostoru nebo prostředí [°C]

$\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru [°C]

θ_e venkovní výpočtová teplota [°C]

f_2 opravný činitel zohledňuje rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části [-]

$f_2 = 0$, pokud je výška místnosti menší než 4 m

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/(m².K)]

A_k plocha stavební části [m²]

$H_{T,ig}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$$

$f_{\theta ann}$ opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku [-]

$$f_{\theta ann} = 1,45$$

$f_{GW,k}$ opravný činitel zohledňující vliv spodní vody

$f_{GW,k} = 1,0$, pokud je hladina spodní vody více než 1 m pod úrovní základové desky [-]

$f_{GW,k} = 1,15$, pokud je hladina spodní vody méně než 1 m pod úrovní základové desky [-]

$f_{ig,k}$ teplotní opravný činitel [-]

$$f_{ig,k} = f_1 + f_2$$

f_1 teplotní opravný činitel zohledňující rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a teplotou sousedního prostoru nebo prostředí [-]

$$f_1 = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_{e,m})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

$\theta_{e,m}$ průměrná venkovní teplota za otopné období [°C]

$\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru [°C]

θ_e venkovní výpočtová teplota [°C]

f_2 opravný činitel zohledňuje rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části [-]

$f_2 = 0$, pokud je výška místnosti menší než 4 m

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zeminou [W/(m².K)]

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d$$

B' geometrický parametr podlahové desky

Využitím hodnoty B' vypočtené pro budovu jako celek pro:

- jakoukoliv místnost bez venkovních stěn
- jakoukoliv místnost s dobře izolovanými podlahami $U_{floor} \leq 0,5$ W/(m².K)

$$B' = \frac{A_g}{(0,5 \cdot P)}$$

A_g plocha místnosti [m²]

P nechráněný obvod podlahové desky [m]

z hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy

a, b, c, d, n parametry pro výpočet $U_{equiv,k}$

ΔU_{TB} přírážka na vliv tepelných vazeb [W/(m².K)]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/(m².K)]

A_k plocha stavební části [m²]

Celková návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru $\Phi_{V,i}$ [W]

Přirozené větrání

Celková tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{V,i}$ celková měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c = V_i \cdot 0,34$$

V_i množství vzduchu, větší z $V_{min,i}$ a $V_{inf,i}$ [m³]

ρ hustota vzduchu [kg/m³]

c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)]

$V_{min,i}$ hygienická výměna vzduchu [m³/h]

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V$$

n_{min} číslo výměny vzduchu [1/h]

V objem místnosti [m³]

$V_{inf,i}$ infiltrace pláštěm budovy [m³/h]

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

V objem místnosti [m³]

n_{50} hodnota intenzity výměny vzduchu [1/h]

e_i stínící součinitel [-]

ε_i výškový korekční součinitel [-]

$\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

B.2.2.2. Výpočet tepelných ztrát objektu

Tepelné ztráty byly počítány pro každou místnost zvlášť.

1.01.a - SCHODIŠTĚ - 10°C								
Výpočet tepelných ztrát prostupem								
$H_{T,ie}$ je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]								
Ozn. kce	Popis	A_K	U_K	ΔU_B	$U_K + \Delta U_B$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO-01	stěna	9,69	0,172	0,1	0,272	1	1	2,64
SO-02	stěna	4,73	0,174	0,1	0,274	1	1	1,30
$\Sigma H_{T,ie} = \Sigma (A_k \cdot (U_k + \Delta U_B) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k})$ [W/K]								3,93
$H_{T,ia}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj [W/K]								
Ozn. kce	Popis	A_K	U_K	$f_{ia,k}$	$H_{T,ia}$			
SN-02	Stěna z 10°C do 20°C	9,69	0,268	-0,45	-1,18			
SN-04	Stěna z 10°C do 6°C	11,40	2,468	0,18	5,12			
SN-01	Stěna z 10°C do 6°C	11,85	1,781	0,18	3,84			
D4	Dveře z 10°C do 6°C	1,58	2,000	0,18	0,57			
$\Sigma H_{T,ia} = \Sigma (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ [W/K]								8,34
$H_{T,ig}$ měrný tepelný tok prostupem do zeminy [W/K]								
Ozn. kce	Popis	A_K	U_K	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$f_{\theta_{ann}}$	$H_{T,ig}$
P1	Podlaha na terénu	15,34	3,873	0,467	0,27	1	1,45	2,83
$\Sigma H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} \cdot \Sigma (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$ [W/K]								2,83
Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]								
$\Sigma H_{T,ie}$	3,93	$\Sigma H_{T,i}$		15,11	$\Phi_{T,i}$			
$\Sigma H_{T,ia}$	8,34	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	332,40			
$\Sigma H_{T,ig}$	2,83	10	-12	22				
Výpočet tepelných ztrát větráním - přirozené větrání								
Objem místnosti V	Hygienická výměna vzduchu $V_{min,i}$			Infiltrace pláštěm budovy $V_{inf,i}$				
	Výměna vzduchu n_{min}	$V_{min,i}$	Výměna vzduchu n_{50}	e_i	ϵ_i	$V_{inf,i}$		
41,42	0,5	20,71	4,5	0	1	0,00		
Celková tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]								
V_i	$\rho \cdot c$	$H_{V,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$\Phi_{V,i}$	$\theta_{int,i}$	10		
20,71	0,34	7,04	22	154,90	θ_e	-12		
Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$ [W]								
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{hv,i}$	$\Phi_{HL,i}$					
332,40	154,90	0,00	487,31					

Výpočet tepelných ztrát ostatních místností je uveden v příloze P19 – Výpočet tepelných ztrát. V příloze jsou uvedeny ztráty pro vchod 1 a vchod 2, tepelné ztráty pro vchod 3 jsou totožné s tepelnými ztrátami vchodu 2.

B.2.2.3. Shrnutí tepelných ztrát objektu

B.2.2.3.1. Vchod 1 - krajní

označení bytu	číslo místnosti	název místnosti	vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	ztráta celkem $\Phi_{HL,i}$ [W]
	1.01.a	schodiště	10	332	155	487
	1.02.a	výtahová šachta	6	-110	0	-110
	1.03.a	zádveří 1	10	158	109	268
	1.04.a	kotelna	15	282	218	500
	1.05.a	kancelář	20	731	259	990
	1.06.a	zádveří 2	10	227	113	341
1.1.a	1.07.a	chodba	20	70	0	70
	1.08.a	wc	20	-5	0	-5
	1.09.a	koupelna	24	148	11	159
	1.10.a	kuchyň	20	309	134	444
	1.11.a	obývací pokoj	20	358	260	618
	1.12.a	ložnice	20	479	260	740
	1.13.a	sklepní kóje	6	-21	143	122
	1.14.a	sklepní kóje	6	-86	146	60
	2.01.a	schodiště	10	-309	159	-150
	2.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
2.3.a	2.03.a	chodba	20	71	0	71
	2.04.a	wc	20	-19	0	-19
	2.05.a	koupelna	24	133	11	144
	2.06.a	kuchyň	20	346	134	480
	2.07.a	ložnice	20	196	185	381
	2.08.a	obývací pokoj	20	171	305	476
2.2.a	2.09.a	chodba	20	22	0	22
	2.10.a	ložnice	20	158	260	418
	2.11.a	kuchyň	20	87	134	221
	2.12.a	koupelna	24	122	11	133
	2.13.a	wc	20	-22	0	-22
	2.14.a	obývací pokoj	20	225	260	485
2.1.a	2.15.a	chodba	20	58	0	58
	2.16.a	wc	20	35	0	35
	2.17.a	koupelna	24	131	11	142
	2.18.a	kuchyň	20	262	134	396
	2.19.a	pokoj	20	310	129	439
	2.20.a	obývací pokoj	20	254	204	457
2.21.a	ložnice	20	239	185	424	
	3.01.a	schodiště		-309	159	-150
	3.02.a	výtahová šachta		-224	0	-224
3.3.a	3.03.a	chodba	20	44	0	44
	3.04.a	wc	20	-22	0	-22
	3.05.a	koupelna	24	122	11	133
	3.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	3.07.a	ložnice	20	158	185	343
	3.08.a	obývací pokoj	20	148	305	453
3.2.a	3.09.a	chodba	20	22	0	22
	3.10.a	ložnice	20	127	260	387
	3.11.a	kuchyň	20	87	134	221
	3.12.a	koupelna	24	122	11	133
	3.13.a	wc	20	-22	0	-22
	3.14.a	obývací pokoj	20	158	260	418

3.1.a	3.15.a	chodba	20	44	0	44
	3.16.a	wc	20	33	0	33
	3.17.a	koupelna	24	122	11	133
	3.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	3.19.a	pokoj	20	212	129	341
	3.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	3.21.a	ložnice	20	250	185	435
	4.01.a	schodiště	10	-309	159	-150
	4.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
4.3.a	4.03.a	chodba	20	44	0	44
	4.04.a	wc	20	-22	0	-22
	4.05.a	koupelna	24	122	11	133
	4.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	4.07.a	ložnice	20	148	185	332
	4.08.a	obývací pokoj	20	158	305	463
4.2.a	4.09.a	chodba	20	22	0	22
	4.10.a	ložnice	20	158	260	418
	4.11.a	kuchyň	20	87	134	221
	4.12.a	koupelna	24	122	11	133
	4.13.a	wc	20	-22	0	-22
	4.14.a	obývací pokoj	20	148	260	408
4.1.a	4.15.a	chodba	20	44	0	44
	4.16.a	wc	20	33	0	33
	4.17.a	koupelna	24	122	11	133
	4.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	4.19.a	pokoj	20	222	129	351
	4.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	4.21.a	ložnice	20	239	185	424

	5.01.a	schodiště	10	-309	172	-137
	5.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
5.3.a	5.03.a	chodba	20	44	0	44
	5.04.a	wc	20	-22	0	-22
	5.05.a	koupelna	24	122	11	133
	5.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	5.07.a	ložnice	20	158	185	343
	5.08.a	obývací pokoj	20	148	305	453
	5.2.a	5.09.a	chodba	20	22	0
5.10.a		ložnice	20	127	260	387
5.11.a		kuchyň	20	87	134	221
5.12.a		koupelna	24	122	11	133
5.13.a		wc	20	-22	0	-22
5.14.a		obývací pokoj	20	158	260	418
5.1.a	5.15.a	chodba	20	44	0	44
	5.16.a	wc	20	33	0	33
	5.17.a	koupelna	24	122	11	133
	5.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	5.19.a	pokoj	20	212	129	341
	5.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	5.21.a	ložnice	20	250	185	435
	6.01.a	schodiště	10	-309	172	-137
	6.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
6.3.a	6.03.a	chodba	20	44	0	44
	6.04.a	wc	20	-22	0	-22
	6.05.a	koupelna	24	122	11	133
	6.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	6.07.a	ložnice	20	148	185	332
	6.08.a	obývací pokoj	20	158	305	463

6.2.a	6.09.a	chodba	20	22	0	22
	6.10.a	ložnice	20	158	260	418
	6.11.a	kuchyň	20	87	134	221
	6.12.a	koupelna	24	122	11	133
	6.13.a	wc	20	-22	0	-22
	6.14.a	obývací pokoj	20	148	260	408
6.1.a	6.15.a	chodba	20	44	0	44
	6.16.a	wc	20	33	0	33
	6.17.a	koupelna	24	122	11	133
	6.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	6.19.a	pokoj	20	222	129	351
	6.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	6.21.a	ložnice	20	239	185	424
	7.01.a	schodiště	10	-309	172	-137
	7.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
7.3.a	7.03.a	chodba	20	44	0	44
	7.04.a	wc	20	-22	0	-22
	7.05.a	koupelna	24	122	11	133
	7.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	7.07.a	ložnice	20	158	185	343
	7.08.a	obývací pokoj	20	148	305	453
	7.2.a	7.09.a	chodba	20	22	0
7.10.a		ložnice	20	127	260	387
7.11.a		kuchyň	20	87	134	221
7.12.a		koupelna	24	122	11	133
7.13.a		wc	20	-22	0	-22
7.14.a		obývací pokoj	20	158	260	418

7.1.a	7.15.a	chodba	20	44	0	44
	7.16.a	wc	20	33	0	33
	7.17.a	koupelna	24	122	11	133
	7.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	7.19.a	pokoj	20	212	129	341
	7.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	7.21.a	ložnice	20	250	185	435
	8.01.a	schodiště	10	-309	172	-137
	8.02.a	výtahová šachta	6	-224	0	-224
8.3.a	8.03.a	chodba	20	44	0	44
	8.04.a	wc	20	-22	0	-22
	8.05.a	koupelna	24	122	11	133
	8.06.a	kuchyň	20	310	134	445
	8.07.a	ložnice	20	148	185	332
	8.08.a	obývací pokoj	20	158	305	463
8.2.a	8.09.a	chodba	20	22	0	22
	8.10.a	ložnice	20	158	260	418
	8.11.a	kuchyň	20	87	134	221
	8.12.a	koupelna	24	122	11	133
	8.13.a	wc	20	-22	0	-22
	8.14.a	obývací pokoj	20	148	260	408
8.1.a	8.15.a	chodba	20	44	0	44
	8.16.a	wc	20	33	0	33
	8.17.a	koupelna	24	122	11	133
	8.18.a	kuchyň	20	207	134	341
	8.19.a	pokoj	20	222	129	351
	8.20.a	obývací pokoj	20	165	204	369
	8.21.a	ložnice	20	239	185	424

	9.01.a	schodiště	10	-224	159	-65
	9.02.a	výtahová šachta	6	-217	0	-217
9.3.a	9.03.a	chodba	20	102	0	102
	9.04.a	wc	20	-15	0	-15
	9.05.a	koupelna	24	140	11	151
	9.06.a	kuchyň	20	382	134	516
	9.07.a	ložnice	20	256	185	441
	9.08.a	obývací pokoj	20	310	305	615
9.2.a	9.09.a	chodba	20	61	0	61
	9.10.a	ložnice	20	265	260	525
	9.11.a	kuchyň	20	158	134	293
	9.12.a	koupelna	24	140	11	151
	9.13.a	wc	20	-15	0	-15
	9.14.a	obývací pokoj	20	297	260	557
9.1.a	9.15.a	chodba	20	83	0	83
	9.16.a	wc	20	39	0	39
	9.17.a	koupelna	24	140	11	151
	9.18.a	kuchyň	20	278	134	413
	9.19.a	pokoj	20	275	129	404
	9.20.a	obývací pokoj	20	268	204	472
	9.21.a	ložnice	20	342	185	527
			Σ	23395	17523	40918

Shrnutí tepelných ztrát pro jednotlivé byty vchod 1:

označení bytu	ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	ztráta celkem $\Phi_{HL,i}$ [W]
1.1.a	1359	666	2025
2.1.a	1289	663	1952
2.2.a	592	666	1258
2.3.a	898	635	1533
3.1.a	1033	663	1695
3.2.a	494	666	1160
3.3.a	760	635	1396
4.1.a	1033	663	1695
4.2.a	515	666	1181
4.3.a	760	635	1396
5.1.a	1033	663	1695
5.2.a	494	666	1160
5.3.a	760	635	1396
6.1.a	1033	663	1695
6.2.a	515	666	1181
6.3.a	760	635	1396
7.1.a	1033	663	1695
7.2.a	494	666	1160
7.3.a	760	635	1396
8.1.a	1033	663	1695
8.2.a	515	666	1181
8.3.a	760	635	1396
9.1.a	1426	663	2089
9.2.a	905	666	1571
9.3.a	1175	635	1810

B.2.2.3.2. Vchod 2 = vchod 3 (oba prostřední)

označení bytu	číslo místnosti	název místnosti	vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	ztráta celkem $\Phi_{HL,i}$ [W]
	1.01.b	schodiště	10	332	155	487
	1.02.b	výtahová šachta	6	-110	0	-110
	1.03.b	zádveří 1	10	324	109	433
	1.04.b	sklepní kóje	6	-42	218	176
	1.05.b	technická místnost	15	258	259	517
	1.06.b	zádveří 2	10	268	113	381
1.1.b	1.07.b	chodba	20	70	0	70
	1.08.b	wc	20	-5	0	-5
	1.09.b	koupelna	24	148	11	159
	1.10.b	kuchyň	20	309	134	444
	1.11.b	obývací pokoj	20	358	260	618
	1.12.b	ložnice	20	479	260	740
	1.13.b	sklepní kóje	6	-21	143	122
	1.14.b	sklepní kóje	6	-86	146	60
	2.01.b	schodiště	10	-309	159	-150
	2.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
2.3.b	2.03.b	chodba	20	71	0	71
	2.04.b	wc	20	-19	0	-19
	2.05.b	koupelna	24	133	11	144
	2.06.b	kuchyň	20	346	134	480
	2.07.b	ložnice	20	196	185	381
	2.08.b	obývací pokoj	20	171	305	476
2.2.b	2.09.b	chodba	20	22	0	22
	2.10.b	ložnice	20	158	260	418
	2.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	2.12.b	koupelna	24	122	11	133
	2.13.b	wc	20	-22	0	-22
	2.14.b	obývací pokoj	20	225	260	485
2.1.b	2.15.b	chodba	20	58	0	58
	2.16.b	wc	20	35	0	35
	2.17.b	koupelna	24	131	11	142
	2.18.b	kuchyň	20	262	134	396
	2.19.b	ložnice	20	284	185	469
	2.20.b	obývací pokoj	20	324	305	629
	3.01.b	schodiště	10	-309	159	-150
	3.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
3.3.b	3.03.b	chodba	20	44	0	44
	3.04.b	wc	20	-22	0	-22
	3.05.b	koupelna	24	122	11	133
	3.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	3.07.b	ložnice	20	158	185	343
	3.08.b	obývací pokoj	20	148	305	453
3.2.b	3.09.b	chodba	20	22	0	22
	3.10.b	ložnice	20	127	260	387
	3.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	3.12.b	koupelna	24	122	11	133
	3.13.b	wc	20	-22	0	-22
	3.14.b	obývací pokoj	20	158	260	418

3.1.b	3.15.b	chodba	20	44	0	44
	3.16.b	wc	20	33	0	33
	3.17.b	koupelna	24	122	11	133
	3.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	3.19.b	ložnice	20	148	185	332
	3.20.b	obývací pokoj	20	158	305	463
	4.01.b	schodiště	10	-309	159	-150
	4.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
4.3.b	4.03.b	chodba	20	44	0	44
	4.04.b	wc	20	-22	0	-22
	4.05.b	koupelna	24	122	11	133
	4.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	4.07.b	ložnice	20	148	185	332
	4.08.b	obývací pokoj	20	158	305	463
4.2.b	4.09.b	chodba	20	22	0	22
	4.10.b	ložnice	20	158	260	418
	4.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	4.12.b	koupelna	24	122	11	133
	4.13.b	wc	20	-22	0	-22
	4.14.b	obývací pokoj	20	148	260	408
4.1.b	4.15.b	chodba	20	44	0	44
	4.16.b	wc	20	33	0	33
	4.17.b	koupelna	24	122	11	133
	4.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	4.19.b	ložnice	20	158	185	343
	4.20.b	obývací pokoj	20	148	305	453
	5.01.b	schodiště	10	-309	172	-137
	5.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
5.3.b	5.03.b	chodba	20	44	0	44
	5.04.b	wc	20	-22	0	-22
	5.05.b	koupelna	24	122	11	133
	5.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	5.07.b	ložnice	20	158	185	343
	5.08.b	obývací pokoj	20	148	305	453
5.2.b	5.09.b	chodba	20	22	0	22
	5.10.b	ložnice	20	127	260	387
	5.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	5.12.b	koupelna	24	122	11	133
	5.13.b	wc	20	-22	0	-22
	5.14.b	obývací pokoj	20	158	260	418
5.1.b	5.15.b	chodba	20	44	0	44
	5.16.b	wc	20	33	0	33
	5.17.b	koupelna	24	122	11	133
	5.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	5.19.b	ložnice	20	148	185	332
	5.20.b	obývací pokoj	20	158	305	463
	6.01.b	schodiště	10	-309	172	-137
	6.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
6.3.b	6.03.b	chodba	20	44	0	44
	6.04.b	wc	20	-22	0	-22
	6.05.b	koupelna	24	122	11	133
	6.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	6.07.b	ložnice	20	148	185	332
	6.08.b	obývací pokoj	20	158	305	463

6.2.b	6.09.b	chodba	20	22	0	22
	6.10.b	ložnice	20	158	260	418
	6.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	6.12.b	koupelna	24	122	11	133
	6.13.b	wc	20	-22	0	-22
	6.14.b	obývací pokoj	20	148	260	408
6.1.b	6.15.b	chodba	20	44	0	44
	6.16.b	wc	20	33	0	33
	6.17.b	koupelna	24	122	11	133
	6.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	6.19.b	ložnice	20	158	185	343
	6.20.b	obývací pokoj	20	148	305	453
	7.01.b	schodiště	10	-309	172	-137
	7.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
7.3.b	7.03.b	chodba	20	44	0	44
	7.04.b	wc	20	-22	0	-22
	7.05.b	koupelna	24	122	11	133
	7.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	7.07.b	ložnice	20	158	185	343
	7.08.b	obývací pokoj	20	148	305	453
7.2.b	7.09.b	chodba	20	22	0	22
	7.10.b	ložnice	20	127	260	387
	7.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	7.12.b	koupelna	24	122	11	133
	7.13.b	wc	20	-22	0	-22
	7.14.b	obývací pokoj	20	158	260	418
7.1.b	7.15.b	chodba	20	44	0	44
	7.16.b	wc	20	33	0	33
	7.17.b	koupelna	24	122	11	133
	7.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	7.19.b	ložnice	20	148	185	332
	7.20.b	obývací pokoj	20	158	305	463
	8.01.b	schodiště	10	-309	172	-137
	8.02.b	výtahová šachta	6	-224	0	-224
8.3.b	8.03.b	chodba	20	44	0	44
	8.04.b	wc	20	-22	0	-22
	8.05.b	koupelna	24	122	11	133
	8.06.b	kuchyň	20	310	134	445
	8.07.b	ložnice	20	148	185	332
	8.08.b	obývací pokoj	20	158	305	463
8.2.b	8.09.b	chodba	20	22	0	22
	8.10.b	ložnice	20	158	260	418
	8.11.b	kuchyň	20	87	134	221
	8.12.b	koupelna	24	122	11	133
	8.13.b	wc	20	-22	0	-22
	8.14.b	obývací pokoj	20	148	260	408
8.1.b	8.15.b	chodba	20	44	0	44
	8.16.b	wc	20	33	0	33
	8.17.b	koupelna	24	122	11	133
	8.18.b	kuchyň	20	207	134	341
	8.19.b	ložnice	20	158	185	343
	8.20.b	obývací pokoj	20	148	305	453

	9.01.b	schodiště	10	-224	159	-65
	9.02.b	výtahová šachta	6	-217	0	-217
9.3.b	9.03.b	chodba	20	102	0	102
	9.04.b	wc	20	-15	0	-15
	9.05.b	koupelna	24	140	11	151
	9.06.b	kuchyň	20	382	134	516
	9.07.b	ložnice	20	256	185	441
	9.08.b	obývací pokoj	20	310	305	615
9.2.b	9.09.b	chodba	20	61	0	61
	9.10.b	ložnice	20	265	260	525
	9.11.b	kuchyň	20	158	134	293
	9.12.b	koupelna	24	140	11	151
	9.13.b	wc	20	-15	0	-15
	9.14.b	obývací pokoj	20	297	260	557
9.1.b	9.15.b	chodba	20	102	0	102
	9.16.b	wc	20	39	0	39
	9.17.b	koupelna	24	140	11	151
	9.18.b	kuchyň	20	278	134	413
	9.19.b	ložnice	20	241	185	426
	9.20.b	obývací pokoj	20	322	305	627
Σ				20381	17248	37629

Shrnutí tepelných ztrát pro jednotlivé byty vchod 2:

označení bytu	ztráta prostupem Φ_{Tj} [W]	ztráta větráním Φ_{Vj} [W]	ztráta celkem Φ_{Hj} [W]
1.1.b	1359	666	2025
2.1.b	1094	635	1729
2.2.b	592	666	1258
2.3.b	898	635	1533
3.1.b	712	635	1347
3.2.b	494	666	1160
3.3.b	760	635	1396
4.1.b	712	635	1347
4.2.b	515	666	1181
4.3.b	760	635	1396
5.1.b	712	635	1347
5.2.b	494	666	1160
5.3.b	760	635	1396
6.1.b	712	635	1347
6.2.b	515	666	1181
6.3.b	760	635	1396
7.1.b	712	635	1347
7.2.b	494	666	1160
7.3.b	760	635	1396
8.1.b	712	635	1347
8.2.b	515	666	1181
8.3.b	760	635	1396
9.1.b	1123	635	1758
9.2.b	905	666	1571
9.3.b	1175	635	1810

B.3. Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek byl zpracován v programu Energetika od DEKSOFTU.

program ENERGETIKA verze 7.1.6		DEKSOFT	
PODROBNÝ PROTOKOL K VÝPOČTU U_{gm}			
Základní informace o hodnocené budově			
Identifikační údaje budovy			
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):		Brno, ,	
Katastrální území:			
Parcelní číslo:			
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):			
Vlastník nebo stavebník:			
Adresa:			
IČ:			
Tel./e-mail:		/	
Návrhové teploty			
Parametr	jednotky	hodnota	
Venkovní návrhová teplota v zimním období v místě stavby θ_{e}	[°C]	-15	
Z1 - G57	[°C]	20	
Podíl prosklených ploch			
Parametr	jednotky	hodnota	
A_{wp} : Výplně + prosklené části LOP k exteriéru se sklonem $\pm 30^\circ$ od svislé roviny	[m ²]	1 771,5	
A_p : A_{wp} + konstrukce k exteriéru se sklonem $\pm 30^\circ$ od svislé roviny	[m ²]	6 404,1	
Poměr: A_{wp}/A_p	[%]	27,7	
Geometrické charakteristiky budovy			
Parametr	jednotky	hodnota	
Objem budovy V (objem částí budovy s upraveným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m ³]	31 140,0	
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m ²]	8 818,1	
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m ² /m ³]	0,28	
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_e	[m ²]	10 863,0	
DEKSOFT - programy pro stavebnictví		protokol Uem 1	

Měrná tepelná ztráta a součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Referenční budova $\theta_i = 20\text{ °C}$				Hodnocená budova $\theta_i = 20\text{ °C}$			
	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_R [W/(m ² K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
STN-2 1-EXT SO-01 - ZATEPLENÁ - SV	2 053,0	0,30	1,00	615,89	2 053,0	0,17	1,00	353,11
STN-4 1-EXT SO-02 - ZATEPLENÁ - JV	51,8	0,30	1,00	15,55	51,8	0,17	1,00	9,02
STR-21 1-EXT STR - ZATEPLENÁ	1 207,0	0,24	1,00	289,68	1 207,0	0,14	1,00	173,81
VYP-24 1-EXT O1 - SV	749,7	1,50	1,00	1 124,55	749,7	0,80	1,00	599,76
VYP-25 1-EXT O1 - JV	25,2	1,50	1,00	37,80	25,2	0,80	1,00	20,16
VYP-26 1-EXT O1 - JZ	873,6	1,50	1,00	1 310,40	873,6	0,80	1,00	698,88
VYP-27 1-EXT O1 - SZ	25,2	1,50	1,00	37,80	25,2	0,80	1,00	20,16
VYP-28 1-EXT D1 - SV ⁹⁾	24,3	1,62	1,00	39,45	24,3	1,10	1,00	26,73
VYP-29 1-EXT D1 - JZ ⁹⁾	24,3	1,62	1,00	39,45	24,3	1,10	1,00	26,73
STN-30 1-EXT SO-01 - ZATEPLENÁ - JV	267,3	0,30	1,00	80,19	267,3	0,17	1,00	45,97
STN-31 1-EXT SO-01 - ZATEPLENÁ - JZ	1 929,1	0,30	1,00	578,72	1 929,1	0,17	1,00	331,80
STN-32 1-EXT SO-01 - ZATEPLENÁ - SZ	267,3	0,30	1,00	80,19	267,3	0,17	1,00	45,97
STN-33 1-EXT SO-02 - ZATEPLENÁ - SZ	51,8	0,30	1,00	15,55	51,8	0,17	1,00	9,02

Měrná tepelná ztráta a součinitel prostupu tepla

VYP-34A 1-EXT LOP - SV	24,6	1,50	1,00	36,94	30,8	1,00	1,00	30,78
VYP-34B 1-EXT LOP - SV	6,2	0,30		1,85				
VYP-35A 1-EXT LOP - JZ	24,6	1,50	1,00	36,94	30,8	1,00	1,00	30,78
VYP-35B 1-EXT LOP - JZ	6,2	0,30		1,85				
Přirážky na tepelné vazby	$\Delta U_{en} = 0,020$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{en} = 0,020 * 7$ 611,1		1,00	152,22	$\Delta U_{en} = 0,100$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{en} = 0,100 * 7$ 611,1		1,00	761,11
PDL(z)-19 1-ZEM P1	1 207,0	0,45	0,50	261,76	1 207,0	3,87	0,13	501,61
Přirážky na tepelné vazby	$\Delta U_{en} = 0,020$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{en} = 0,020 * 1$ 207,0			24,14	$\Delta U_{en} = 0,100$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{en} = 0,100 * 1$ 207,0			120,70
Celkem bez vlivu ΔU_{en}	8 818,1	-	-	4 604,53	8 818,1	-	-	2 924,29
tepelné vazby ²⁾	$\Sigma \Delta U_{en}$			176,36	$\Sigma \Delta U_{en}$			881,81
celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla	-	-	-	4 780,90	-	-	-	3 806,11

¹⁾ Hodnota referenčního součinitele prostupu tepla U_{R} těchto konstrukcí byla zastropena maximální hodnotou $U_{R,max}$ v důsledku podílu zasklení obvodového pláště hodnocené budovy více jak 40%.

²⁾ V případě referenční budovy je vliv tepelných vazeb u obalových konstrukcí stanoven přírážkou $f_{R} \cdot 0,02 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

³⁾ V případě, že vnitřní návrhová teplota zóny Θ_i je mimo interval $18^\circ\text{C} \leq \Theta_i \leq 22^\circ\text{C}$, přenásobí se (kromě činitelem f_{R} dle typu referenční budovy) součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{N,20}$ i činitelem $e=16/\text{ABS}(\Theta_i - 4)$. Současně platí, že $e_{max}=1,75$ a $e_{min}=0,75$ z důvodu generování reálných referenčních hodnot pro referenční budovu. V případě, že vnitřní návrhová teplota zóny Θ_i je v intervalu $18^\circ\text{C} \leq \Theta_i \leq 22^\circ\text{C}$ je činitel $e=1,00$. V případě, že u konstrukce byl zvolen normový požadavek na součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ „z temperovaného prostoru do exteriéru“ nebo „z temperovaného prostoru k nevytápěnému prostoru“, přenásobení požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ činitelem „e“ se neprovádí, resp. $e=1,00$. Stejně tak se požadavek nepřepočítává ($e=1,00$), pokud u konstrukce byl zvolen normový požadavek na součinitel prostupu tepla na konstrukci $U_{N,20}$ „stěna/strop mezi prostory s rozdílem do 10°C , resp. do 5°C “. Tento požadavek také není závislý na výši teploty v posuzované zóně, pouze na rozdílu teplot mezi prostory.

⁴⁾ Plocha a měrná ztráta nebo měrný zisk této vnitřní dělicí konstrukce se nezahrnují dle vyhlášky o ENB do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy.

⁵⁾ Plocha a měrný zisk této konstrukce k sousední budově/prostoru se nezahrnují dle vyhlášky o ENB do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy (platí pro konstrukce s $H_i \leq 0,00 \text{ W/K}$).

⁶⁾ Minimální referenční měrná tepelná ztráta konstrukcí přilehlých k zemině byla omezena dle podmínky vyhlášky o ENB: $H_{t,R,min} = \Sigma (A \cdot U_{R} \cdot (\theta_i - 5) / (\theta_i - \theta_{e,i}))$.

⁷⁾ Konstrukce s adiabatickou okrajovou podmínkou se nezapočítává do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Zóna / budova	$U_{em,Z,R}$	$U_{em,Z}$	Poměr $U_{em}/U_{em,R}$
	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	
Z1 - G57	0,542	0,432	79,61 %
budova celkem	0,542	0,432	79,61 %
budova splňuje požadavek $U_{em,R}$ vybrané referenční budovy:			ANO

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		Klasifikační třída
	$U_{em,R,class}$	U_{em}	
	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	
Budova celkem	0,383	0,432	C

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,70 \cdot U_{em,R,class}$	mimořádně úsporná
B	$0,70 \cdot U_{em,R,class} < U_{em} \leq 0,90 \cdot U_{em,R,class}$	velmi úsporná
C	$0,90 \cdot U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,20 \cdot U_{em,R,class}$	úsporná
D	$1,20 \cdot U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,70 \cdot U_{em,R,class}$	méně úsporná
E	$1,70 \cdot U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,30 \cdot U_{em,R,class}$	nehospodárná
F	$2,30 \cdot U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,90 \cdot U_{em,R,class}$	velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,90 \cdot U_{em,R,class}$	mimořádně nehospodárná

Identifikační údaje osoby, která protokol vypracovala

Jméno a příjmení	
Adresa zpracovatele (ulice, popisné číslo, PSČ):	Bc. Nikola Hudcová
Podpis zpracovatele protokolu	

Datum vypracování protokolu průměrného součinitele prostupu tepla

Datum vypracování protokolu	
-----------------------------	--

KLASIFIKACE PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY		
Typ budovy:	Bytový dům	Hodnocení obálky budovy
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	, Brno	
Katastrální území:		
Parcelní číslo:		
Celková podlahová plocha $A_c = 10863$ [m ²]	hodnocená	doporučení
<p>mimořádně úsporná</p> <p>A</p> <p>0,27</p> <p>B</p> <p>0,34</p> <p>C</p> <p>0,46</p> <p>D</p> <p>0,65</p> <p>E</p> <p>0,88</p> <p>F</p> <p>1,11</p> <p>G</p> <p>mimořádně ne hospodárná</p>		
KLASIFIKACE	C	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} [W/(m ² K)] $U_{en}=H_t/A$	0,432	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{en,R,cl,ass}$ W/(m ² .K) typu referenční budovy určené vyhláškou o ENB pro klasifikaci.	0,383	-
Platnost štítku do (datum):	30.12.2033 (nebo do změny obálky budovy)	
Jméno a příjmení:		

B.4. Návrh otopných těles

B.4.1. Otopná tělesa

Všechna navržená tělesa v objektu jsou od firmy Korado. Byla zvolena desková tělesa RADIK VK se spodním pravým připojením a RADIK VKL se spodním levým připojením a trubková tělesa KORALUX LINEAR CLASSIC-M se spodním středovým připojením. Všechna tělesa jsou vybavena termostatickou hlavicí.

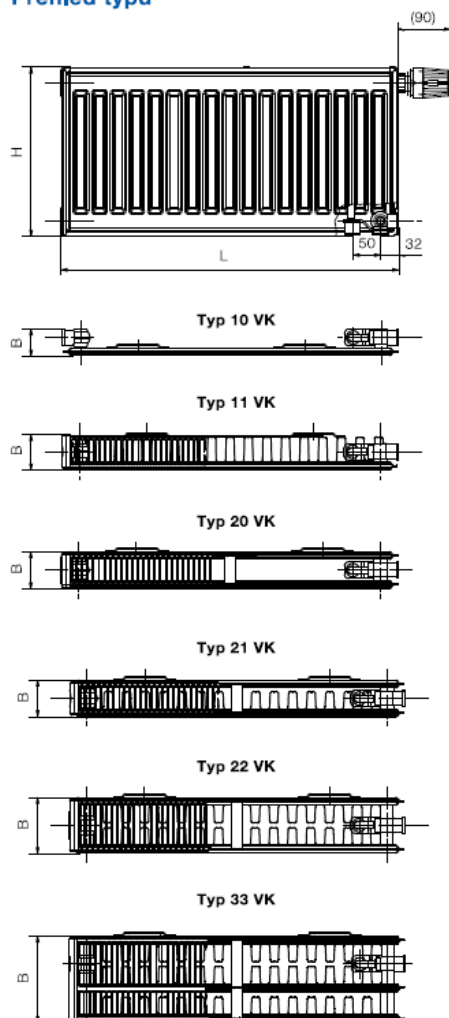
RADIK VK



Popis

Model **RADIK VK** je deskové otopné těleso v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **pravé spodní připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní přichytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest přichytek.

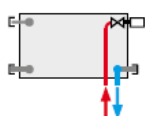
Přehled typů



Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2300, 2600, 3000 mm
Hloubka B	
Typ 10 VK	47 mm
Typ 11 VK	63 mm
Typ 20 VK	66 mm
Typ 21 VK	66 mm
Typ 22 VK	100 mm
Typ 33 VK	155 mm
Připojovací rozteč	50 mm
Připojovací závit	6 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	pravé spodní

Způsoby připojení na otopnou soustavu



pravé spodní
 $\psi = 1$

Obr. 14 – Technický list RADIK VK [41]

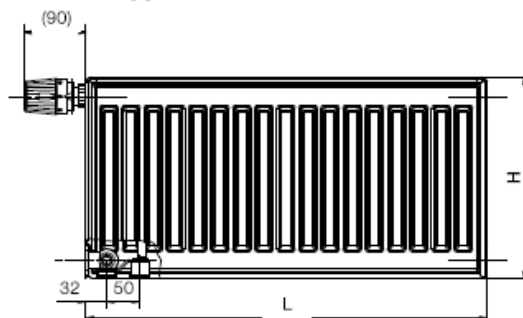
RADIK VKL



Popis

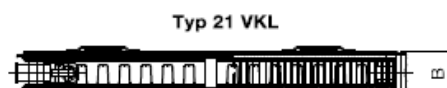
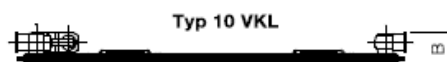
Model **RADIK VKL** je deskové otopné těleso v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **levé spodní připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní příchytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest příchyttek.

Přehled typů

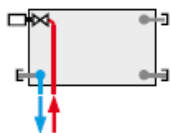


Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2300, 2600, 3000 mm
Hloubka B	
Typ 10 VKL	47 mm
Typ 11 VKL	63 mm
Typ 21 VKL	66 mm
Typ 22 VKL	100 mm
Typ 33 VKL	155 mm
Připojovací rozteč	50 mm
Připojovací závit	6 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	levé spodní



Způsoby připojení na otopnou soustavu



levé spodní
 $\varphi = 1$

Obr. 15 – Technický list RADIK VKL [41]

KORALUX LINEAR CLASSIC, LINEAR CLASSIC - M



Technické údaje

Výška H	700, 900, 1220, 1500, 1820 mm
Délka L	450, 500, 600, 750 mm
Hloubka B	30 mm
Připojovací rozteč (KLC)	$h = L - 30$ mm
Připojovací rozteč (KLCM)	50 mm
Připojovací závit (KLC)	4 x G 1/2" vnitřní
Připojovací závit (KLCM)	6 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní pětřlak	1,0 MPa
Zkušební pětřlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLC)	$A_p = 2,1 \times 10^{-4}$ m ²
Průtokový součinitel (KLCM)	$A_p = 7,1 \times 10^{-5}$ m ²
Součinitel odporu (KLC)	$\xi_r = 1,8$
Součinitel odporu (KLCM)	$\xi_r = 16,0$

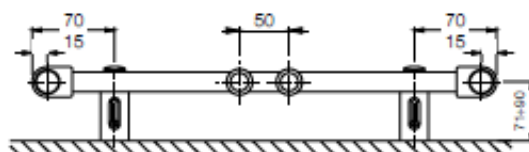
Konstrukce

KORALUX LINEAR CLASSIC (KLC) je trubkové otopné těleso se **spodním připojením zdola dolů** s připojovací roztečí **h** odvozenou z jeho délky **L**. Konstrukce tělesa rovněž umožňuje **oboustranné připojení shora dolů**.

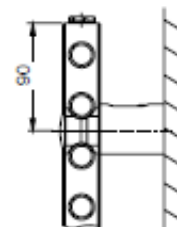
KORALUX LINEAR CLASSIC - M (KLCM) je trubkové otopné těleso upravené pro **spodní středové připojení** s připojovací roztečí 50 mm.

Ocelové trubky $\varnothing 20$ mm
Ocelový profil 40 x 30 mm

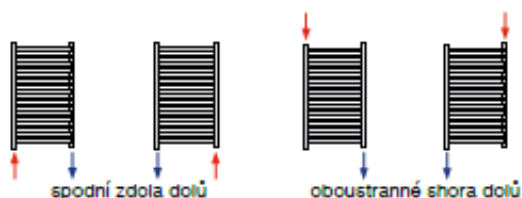
Upevnění



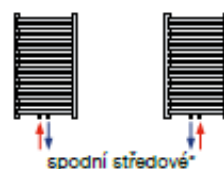
Dodávaná souprava pro upevnění otopného tělesa na stěnu obsahuje 4 ks speciálních konzol z plastu, vruty, hmoždinky a návod na montáž.



Způsob připojení KORALUX LINEAR CLASSIC



Způsob připojení KORALUX LINEAR CLASSIC - M



Obr. 16 - Technický list – KORALUX LINEAR CLASSIC – M [42]

B.4.2. Velikost otopných těles

Velikost otopných těles je zvolena tak, aby jejich výkon pokryl tepelnou ztrátu místnosti. Tělesa by se měla umístit pod okna nebo na nejlvíce ochlazovanou stěnu místnosti. Délka tělesa pod oknem by měla být minimálně 80% délky okna ($L_{OT} \geq 0,8 \cdot L_{OK}$) u obytných místností a minimálně 50% ($L_{OT} \geq 0,5 \cdot L_{OK}$) u ostatních místností. Nejideálnější variantou by bylo, aby délka tělesa byla stejná jako délka okna ($L_{OT} = L_{OK}$). Další doporučení je, aby délka tělesa nebyla větší než 3 výšky tělesa ($L_{OT} \leq 3 \cdot H_{OT}$).

B.4.3. Volba teplotního spádu

Teplotní spád byl počítán a volen podle místnosti č. 221a. Je uvažováno s velikostí otopného tělesa 1100 x 500 mm. Velikost okna je 2100 x 1500 mm.

Stanovení povrchové teploty okna tok na vnitřní straně:

$$U_{OK} \cdot (t_i - t_e) = \alpha_{i,OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

U_{OK} součinitel prostupu tepla pro okna [$W/(m^2 \cdot K)$]

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

t_e návrhová teplota exteriéru [$^{\circ}C$]

$\alpha_{i,OK}$ součinitel přestupu tepla na vnitřní straně okna [$W/(m^2 \cdot K)$]
(hodnota dle ČSN 06 0210 $\alpha_{i,OK} = 8 W/(m^2 \cdot K)$)

t_{OK} povrchová teplota okna na vnitřní straně [$^{\circ}C$]

$$t_{OK} = t_i - \frac{U_{OK} \cdot (t_i - t_e)}{\alpha_{i,OK}} = 20 - \frac{0,80 \cdot [20 - (-12)]}{8} = 16,8 \text{ } ^{\circ}C$$

Stanovení střední teploty otopného tělesa t_{tm}

$$L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot (t_{tm} - t_i) \geq L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

L_{OK} délka okenního otvoru [m]

H_{OK} výška okenního otvoru [m]

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

t_{OK} povrchová teplota okna na vnitřní straně [$^{\circ}C$]

L_{OT} délka otopného tělesa [m]

H_{OT} výška otopného tělesa [m]

t_m střední teplota otopného tělesa [$^{\circ}C$]

$$t_{tm} \geq \frac{L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})}{L_{OT} \cdot H_{OT}} + t_i = \frac{2,1 \cdot 1,5 \cdot (20 - 16,8)}{1,1 \cdot 0,5} + 20 = 38,3 \text{ } ^{\circ}C$$

Abychom byli na straně bezpečné, volíme $t_{tm} \approx t_{w2}$, a proto byl zvolen teplotní spád 50/40.

B.4.4. Přepočet výkonu otopného tělesa na jiné teplotní podmínky

Na stránkách firmy Korado jsou udávány výkony těles pro výpočtovou teplotu interiéru 20°C a teplotní spád 75/65°C, je zde možnost automatického přepočtu na jiné vnitřní teploty a teplotní spády.

Pokud by automatická možnost přepočtu nebyla, postup přepočtu by byl následující:

Opravný součinitel na teplotní rozdíl

$$c = \frac{(t_{w2} - t_i)}{(t_{w1} - t_i)}$$

c rozdílový ukazatel [-]

t_{w2} teplota vody vratu [°C]

t_{w1} teplota vody přívodu [°C]

t_i výpočtová teplota interiéru [°C]

Je-li $c < 0,7$

$$\Delta t_{ln} = \frac{(t_{w1} - t_{w2})}{\ln \left[\frac{(t_{w1} - t_i)}{(t_{w2} - t_i)} \right]}$$

Δt_{ln} logaritmický teplotní rozdíl [°C]

t_{w2} teplota vody vratu [°C]

t_{w1} teplota vody přívodu [°C]

t_i výpočtová teplota interiéru [°C]

Výkon tělesa Q_T [W] pro nový teplotní spád a teplotu místnosti

$$Q_T = Q_n \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{ln,n}} \right)^n$$

Q_n výkon udávaný výrobcem [W], obvykle pro teplotní spád 75/65 a vnitřní teplotu 20 °C

Δt_{ln} logaritmický teplotní rozdíl teplot navrhovaných [°C]

$\Delta t_{ln,n}$ logaritmický teplotní rozdíl teplot od výrobce [°C]

n teplotní exponent otopného tělesa [-]

Je-li $c \geq 0,7$

$$\Delta t = \frac{(t_{w1} + t_{w2})}{2} - t_i$$

Δt teplotní rozdíl [°C]

t_{w2} teplota vody vratu [°C]

t_{w1} teplota vody přívodu [°C]

t_i výpočtová teplota interiéru [°C]

Výkon tělesa Q_T [W] pro nový teplotní spád a teplotu místnosti

$$Q_T = Q_n \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n$$

Q_n výkon udávaný výrobcem [W], obvykle pro teplotní spád 75/65 a vnitřní teplotu 20 °C

Δt teplotní rozdíl teplot navrhovaných [°C]

Δt_n teplotní rozdíl teplot od výrobce [°C]

n teplotní exponent otopného tělesa [-]

B.4.5. Skutečný výkon tělesa

$$Q_{T,skut} = Q_T \cdot \varphi \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$$

$Q_{T,skut}$ skutečný výkon otopného tělesa [W]

Q_T návrhový výkon otopného tělesa [W]

φ součinitel zohledňující způsob připojení těles [-]

$\varphi = 1$ pro tělesa VK (spodní připojení pravé, levé, střední), pro koupelnová (trubková) tělesa

z_1 součinitel na úpravu okolí (zákryt, umístění pod parapetem, nízko u podlahy, do niky) [-]

$z_1 = 1$ pro tělesa v objektu, která nejsou nijak zakryta

z_2 součinitel na počet článků

$z_2 = 1$ pro desková tělesa

z_3 součinitel na umístění tělesa v místnosti [-]

$z_3 = 1$ pro tělesa umístěná pod oknem

$z_3 = 0,95$ pro tělesa umístěná vedle okna

$z_3 = 0,9$ pro tělesa umístěná jinde

B.4.6. Navržená otopná tělesa v objektu

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 1 (KRAJNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY + BYTY										
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C										
číslo místnosti	název místnosti	ti	tepelná ztráta místnosti [W]	typ otopného tělesa	výkon tělesa [W]	φ	z1	z2	z3	skutečný výkon tělesa [W]
1.01.a	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	1	1	1	0,9	751
1.02.a	výtahová šachta	6	0							
1.03.a	zádveří 1	10	304	21 VK - 400/700	409	1	1	1	0,95	388,6
1.04.a	kotelna	15	500							
1.05.a	kancelář	20	990	33 VK - 500/1400	1139	1	1	1	1	1139
1.06.a	zádveří 2	10	304	21 VK - 400/700	409	1	1	1	0,95	388,6
1.07.a	chodba	20	0							
1.08.a	wc	20	0							
1.09.a	koupelna	20	159	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
1.10.a	kuchyň	20	514	21 VKL - 500/1400	612	1	1	1	1	612
1.11.a	obývací pokoj	20	618	21 VK - 500/1600	699	1	1	1	1	699
1.12.a	ložnice	20	740	22 VK - 500/1400	792	1	1	1	1	792
1.13.a	sklepní kóje	6	0							
1.14.a	sklepní kóje	6	0							
2.01.a	schodiště	10	0							
2.02.a	výtahová šachta	6	0							
2.03.a	chodba	20	0							
2.04.a	wc	20	0							
2.05.a	koupelna	20	144	KLCM 500/1220	167	1	1	1	0,9	150
2.06.a	kuchyň	20	551	21 VKL - 500/1400	612	1	1	1	1	612
2.07.a	ložnice	20	381	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
2.08.a	obývací pokoj	20	476	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
2.09.a	chodba	20	0							
2.10.a	ložnice	20	440	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
2.11.a	kuchyň	20	221	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
2.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
2.13.a	wc	20	0							
2.14.a	obývací pokoj	20	485	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
2.15.a	chodba	20	0							
2.16.a	wc	20	0							
2.17.a	koupelna	20	177	KLCM 500/1500	211	1	1	1	0,9	190
2.18.a	kuchyň	20	454	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
2.19.a	pokoj	20	439	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
2.20.a	obývací pokoj	20	457	21 VK - 500/1100	481	1	1	1	1	481
2.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
3.01.a	schodiště	10	0							
3.02.a	výtahová šachta	6	0							
3.03.a	chodba	20	0							
3.04.a	wc	20	0							
3.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
3.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
3.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
3.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
3.09.a	chodba	20	0							
3.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
3.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
3.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
3.13.a	wc	20	0							
3.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	1	1	1	1	481
3.15.a	chodba	20	0							
3.16.a	wc	20	0							
3.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
3.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
3.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
3.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
3.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481

4.01.a	schodiště	10	0							
4.02.a	výtahová šachta	6	0							
4.03.a	chodba	20	0							
4.04.a	wc	20	0							
4.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
4.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
4.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
4.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
4.09.a	chodba	20	0							
4.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
4.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
4.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
4.13.a	wc	20	0							
4.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
4.15.a	chodba	20	0							
4.16.a	wc	20	0							
4.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
4.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
4.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
4.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
4.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
5.01.a	schodiště	10	0							
5.02.a	výtahová šachta	6	0							
5.03.a	chodba	20	0							
5.04.a	wc	20	0							
5.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
5.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
5.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
5.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
5.09.a	chodba	20	0							
5.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
5.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
5.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
5.13.a	wc	20	0							
5.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	1	1	1	1	481
5.15.a	chodba	20	0							
5.16.a	wc	20	0							
5.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
5.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
5.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
5.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
5.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
6.01.a	schodiště	10	0							
6.02.a	výtahová šachta	6	0							
6.03.a	chodba	20	0							
6.04.a	wc	20	0							
6.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
6.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
6.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
6.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
6.09.a	chodba	20	0							
6.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
6.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
6.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
6.13.a	wc	20	0							
6.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
6.15.a	chodba	20	0							
6.16.a	wc	20	0							
6.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
6.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
6.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
6.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
6.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481

7.01.a	schodiště	10	0							
7.02.a	výtahová šachta	6	0							
7.03.a	chodba	20	0							
7.04.a	wc	20	0							
7.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
7.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
7.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
7.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
7.09.a	chodba	20	0							
7.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
7.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
7.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
7.13.a	wc	20	0							
7.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	1	1	1	1	481
7.15.a	chodba	20	0							
7.16.a	wc	20	0							
7.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
7.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
7.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
7.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
7.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
8.01.a	schodiště	10	0							
8.02.a	výtahová šachta	6	0							
8.03.a	chodba	20	0							
8.04.a	wc	20	0							
8.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
8.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
8.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
8.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
8.09.a	chodba	20	0							
8.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
8.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
8.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	1	1	1	0,9	137
8.13.a	wc	20	0							
8.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
8.15.a	chodba	20	0							
8.16.a	wc	20	0							
8.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	1	1	1	0,9	172
8.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
8.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	1	1	1	1	393
8.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	1	1	1	1	405
8.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
9.01.a	schodiště	10	0							
9.02.a	výtahová šachta	6	0							
9.03.a	chodba	20	0							
9.04.a	wc	20	0							
9.05.a	koupelna	20	151	KLCM 500/1220	167	1	1	1	0,9	152
9.06.a	kuchyň	20	618	21 VKL - 500/1600	699	1	1	1	1	699
9.07.a	ložnice	20	441	21 VKL - 500/1100	481	1	1	1	1	481
9.08.a	obývací pokoj	20	615	21 VK - 500/1600	699	1	1	1	1	699
9.09.a	chodba	20	0							
9.10.a	ložnice	20	525	21 VKL - 500/1400	612	1	1	1	1	612
9.11.a	kuchyň	20	353	21 VKL - 400/1100	405	1	1	1	1	405
9.12.a	koupelna	20	151	KLCM 500/1220	167	1	1	1	0,9	152
9.13.a	wc	20	0							
9.14.a	obývací pokoj	20	557	22 VK - 500/1100	622	1	1	1	1	622
9.15.a	chodba	20	0							
9.16.a	wc	20	0							
9.17.a	koupelna	20	191	KLCM 500/1500	211	1	1	1	0,9	192
9.18.a	kuchyň	20	496	21 VKL - 500/1200	524	1	1	1	1	524
9.19.a	pokoj	20	404	21 VKL - 400/1200	441	1	1	1	1	441
9.20.a	obývací pokoj	20	472	21 VK - 500/1200	524	1	1	1	1	524
9.21.a	ložnice	20	527	22 VKL - 500/1000	566	1	1	1	1	566

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 2 (PROSTŘEDNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY											
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C											
Č.M.		ti	tepelná ztráta místnosti	typ otopného tělesa	výkon tělesa (W)	φ	z1	z2	z3	skutečný výkon tělesa (W)	
1.01.b	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	1	1	1	0,9	750,6	
1.02.b	výtahová šachta	6	0	-							
1.03.b	zádveří 1	10	495	21 VK - 500/900	626	1	1	1	0,95	594,7	
1.04.b	kotelna	6	0	-							
1.05.b	kancelář	15	517	21 VK - 500/1100	624	1	1	1	1	624	
1.06.b	zádveří 2	10	495	21 VK - 500/900	626	1	1	1	0,95	594,7	

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 3 (PROSTŘEDNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY											
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C											
Č.M.		ti	tepelná ztráta místnosti	typ otopného tělesa	výkon tělesa (W)	φ	z1	z2	z3	skutečný výkon tělesa (W)	
1.01.c	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	1	1	1	0,9	750,6	
1.02.c	výtahová šachta	6	0	-							
1.03.c	zádveří 1	10	495	21 VK - 500/900	626	1	1	1	0,95	594,7	
1.04.c	kotelna	6	0	-							
1.05.c	kancelář	15	517	21 VK - 500/1100	624	1	1	1	1	624	
1.06.c	zádveří 2	10	495	21 VK - 500/900	626	1	1	1	0,95	594,7	

V chodbách jednotlivých bytů nebyla navržena otopná tělesa z důvodu malé tepelné ztráty. Při návrhu otopných těles do kuchyní byl výkon těchto těles zvětšen o tepelné ztráty chodeb.

B.5. Dimenzování a regulace otopných těles

B.5.1. Postup dimenzování

Stanovení základního okruhu (po nejvzdálenější a zároveň nejvýkonnější otopné těleso), který se dimenzuje jako první. Základní úsek se rozdělí na dílčí úseky, ve kterých je stejný hmotnostní průtok.

Do dimenzovací tabulky se pro každý úsek zapíše výkon Q [W] a délka úseku l [m] a dopočítají se ostatní hodnoty pro určení dispozičního tlaku soustavy. Dispoziční tlak je součet tlakových ztrát třením, tlakových ztrát místními odpory a tlakovou ztrátou od termostatického ventilu.

Hmotnostní průtok M [kg/h]

$$M = \frac{Q}{1,163 \cdot \Delta t}$$

M hmotnostní průtok [kg/h]

Q výkon [W]

Δt teplotní rozdíl [°C]

$$\Delta t = t_{w2} - t_{w1}$$

t_{w2} teplota vody vratu [°C]

t_{w1} teplota vody přívodu [°C]

Průměr potrubí je závislý na materiálu potrubí a teplotě otopné vody. Volba průměru potrubí se většinou řídí ekonomickou (optimální) rychlostí. Rychlost by měla směřem od zdroje k otopnému tělesu klesat. Při návrhu se snažíme respektovat rozsahy rychlostí a měrných tlakových ztrát, 0,15 – 0,6 m/s a 60 – 100 Pa/m pro přípojky k otopným tělesům, 0,6 – 1,0 m/s a 110 – 200 Pa/m pro hlavní horizontální rozvodné potrubí, je však možné, že rychlost a měrná tlaková ztráta nebude splněna v definovaném rozmezí.

Rychlost proudění w [m/s] a měrnou tlakovou ztrátu R [Pa/m] získáme buď z tabulek pro námi zvolené potrubí a teplotu otopné vody, anebo využijeme výpočtový program „Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí“, který je přístupný na www.tzb-info.cz.

Geometrie a charakteristiky potrubí		
Měď		42x1.5
Vnitřní průměr potrubí	d =	0.039 m ???
Drsnost potrubí	k =	0.02 mm ???
Délka potrubí	l =	1 m
Vlastnosti proudící tekutiny		
Voda		
Teplota	t =	54,5 °C
Hustota	ρ =	985.9 kg/m ³ ???
Kinematická viskozita	ν =	5.124e-7 m ² /s ???
<input checked="" type="radio"/> Průtok potrubím	Q_v =	2892 kg/h
<input type="radio"/> Rychlost proudění	w =	0.88 m/s
TLAKOVÁ ZTRÁTA TŘENÍM	P_{zt} =	131 Pa ???

Obr. 17 – Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí [43]

Tlakové ztráty třením Δp_λ [Pa]

$$R \cdot l = \Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

Δp_λ tlakové ztráty třením [Pa]

R měrná tlaková ztráta [Pa/m]

l délka úseku [m]

λ součinitel tření závislý na typu proudění a drsnosti materiálu [-]

d vnitřní profil potrubí [mm]

w rychlost vody v potrubí [m/s]

ρ hustota vody [kg/m³]

Tlakové ztráty místními odpory Δp_{ξ} [Pa]

$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

Z tlakové ztráty místními odpory [Pa]

Δp_{ξ} tlakové ztráty místními odpory [Pa]

ξ součinitel místního odporu [-]

w rychlost vody v potrubí [m/s]

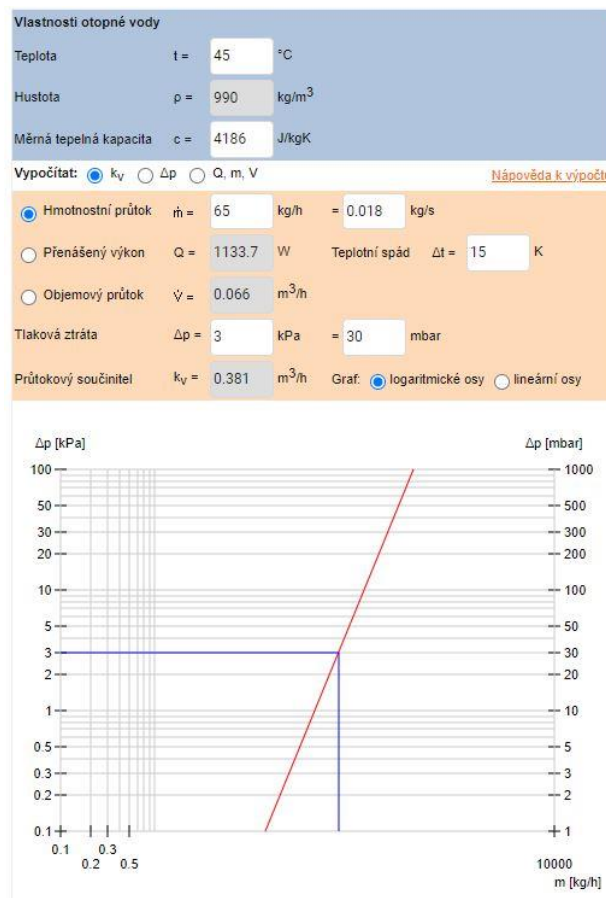
ρ hustota vody [kg/m³]

B.5.2. Přednastavení ventilů

Termostatické ventily u otopných těles se musí správně přednastavit, aby celá otopná soustava byla hydraulicky vyvážená. Tlakové ztráty se musí rovnat tam, kde se potrubí větví. Nejdříve se seřídí základní okruh a poté se seřizují ostatní tělesa k tlakové ztrátě základního okruhu.

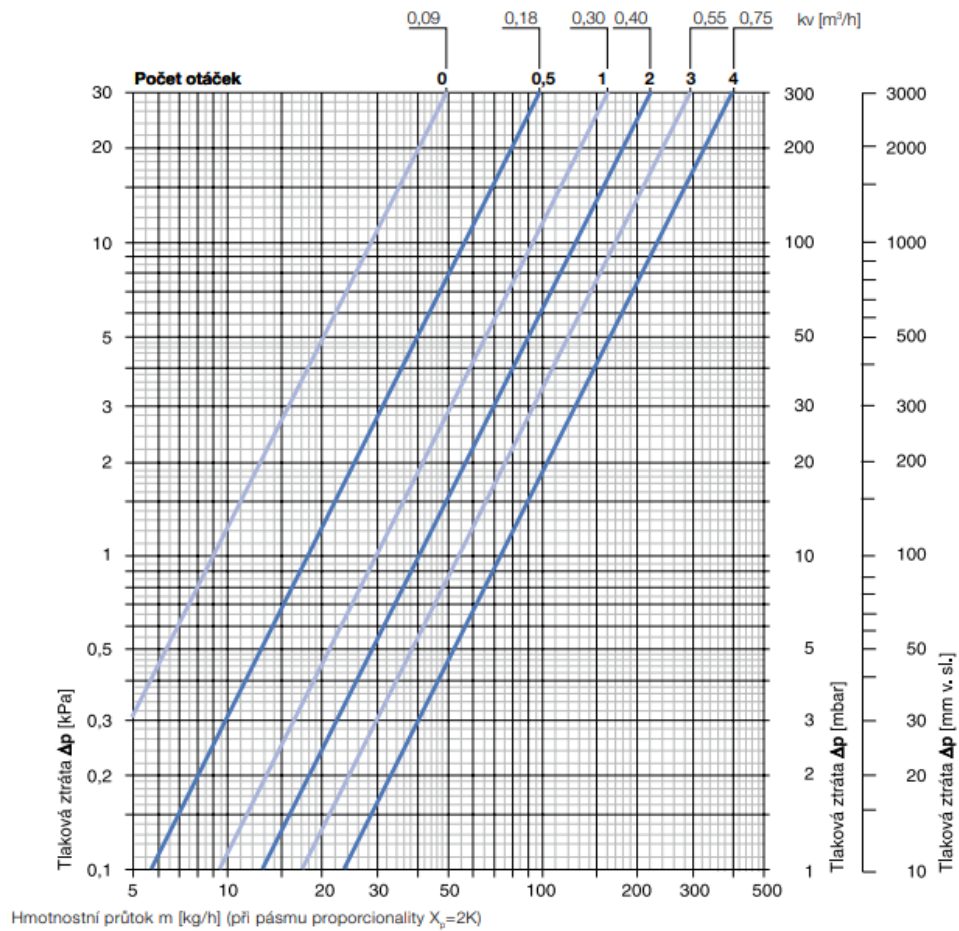
Výrobce poskytuje diagramy, ze kterých se podle hmotnostního průtoku a tlakové ztráty určí stupeň přednastavení. Pokud výrobce neposkytne diagram, udává přednastavení přes průtokový součinitel k_v .

Výpočet průtokového součinitele k_v přes výpočtový program „Výpočet průtokového součinitele k_v a graf tlakových ztrát“ na www.tzb-info.cz



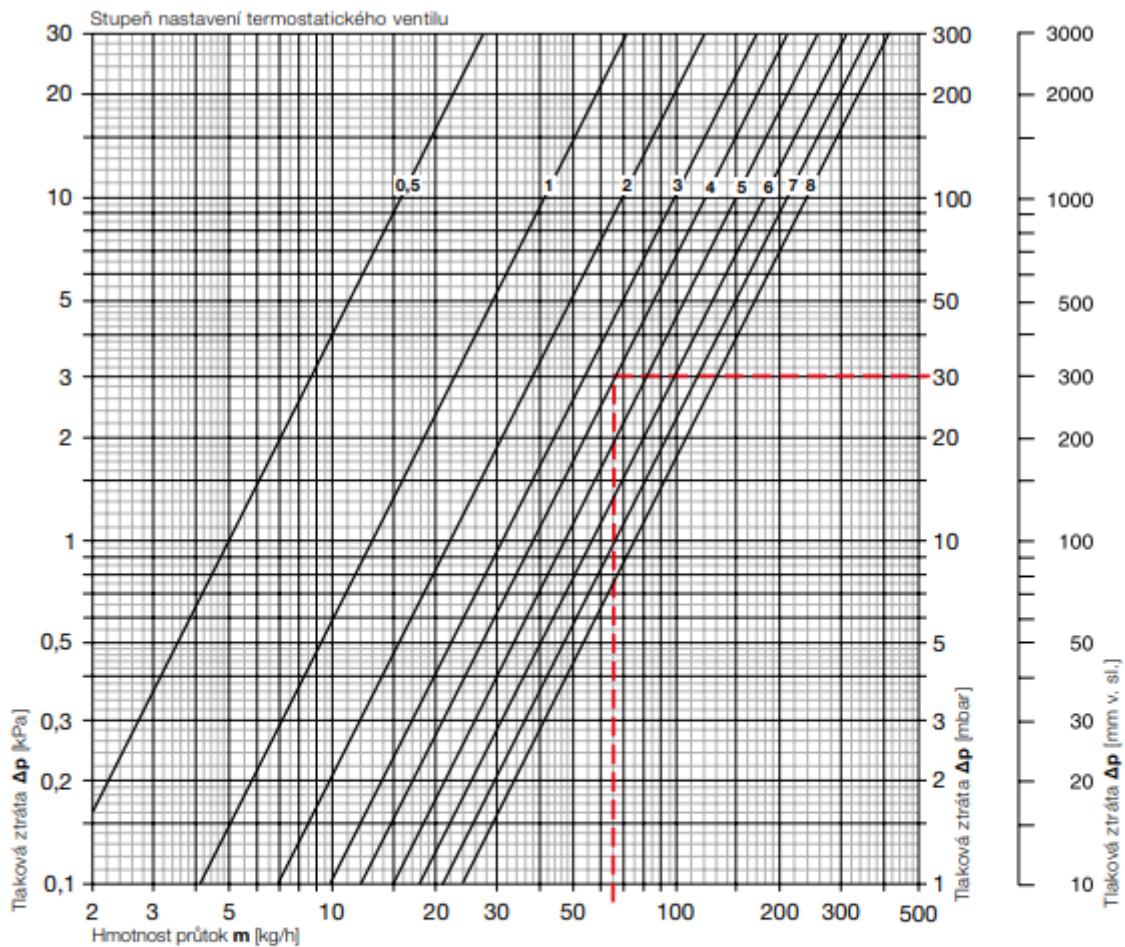
Obr. 18 – Výpočet průtokového součinitele k_v a graf tlakových ztrát [44]

Desková otopná tělesa VK a VKL mají součástí termostatický ventil, trubková tělesa jsou doplněna HM armaturou.



ARMATURA HM s termostatickou hlavicí	X_p [K]	k_v [m³/h] při přednastavení na stupeň (počet otáček)						k_{vs} [m³/h]	Max. teplota [°C]	Max. provozní tlak [bar]	Max. tlaková diference, při níž ventil ještě uzavírá Δp [bar]
		0	0,5	1	2	3	4				
DN 15 (½"); přímá a rohová armatura; dvoutrubková otopná soustava	1	0,09	0,17	0,22	0,25	0,28	0,38	1,10	120	10	1,0
	2	0,09	0,18	0,30	0,40	0,55	0,75				

Obr. 19 - Stupeň přednastavení – HM armatura [45]



Tabulka

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojvacích armatur																
Ventil s termostatickou hlaví																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m ³ /h]	0,05	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Ventil bez termostatické hlavice																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m ³ /h]	0,05	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,41	0,43	0,54	0,65	0,82	0,96	1,11	1,23	1,33	1,43

Obr. 20 - Stupeň přednastavení – termostatický ventil – tělesa ventil kompak [41]

B.5.3. Dimenzovací tabulky

B.5.3.1. od OT v bytech k patrovým R+S – vchod 1 – pro obě varianty stejné

BYT 9.3.a

BYT 9.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 908 (přednastavení 6,5) KV 0,62													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	699	60	25,4	16x2	30,3	0,15	769,6	21,72	241,9	1011,5	968	1980	1980
2	2046	176	12,9	20x2	67,8	0,25	874,6	10,20	315,6	1190,2	8830	10020	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 20 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 2,45 m ³ /h, 89 otáček, Δp_{RV} = 530 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _p = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 900 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 30 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 4,41 m ³ /h, 66 otáček, Δp_{RV} = 1449 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 282 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 5619 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 907													
1-1	481	41	7,4	16x2	13,3	0,10	98,42	11,32	56,0	154,5	879,6	1034	1034
1-2	1180	101	14,1	18x2	45,7	0,18	644,37	6,1	97,8	742,2	0	742	1776
1-3	1347	116	3	18x2	59,6	0,21	178,8	1,12	24,4	203,2	0	203	1980
Návrh přednastavení ventilu													
1979,5	-	1099,9	=	879,6	Pa	přednastavení ventilu TRV					4,5	KV	0,437
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 906													
1-1-1	699	60	0,2	16x2	30,3	0,15	6,06	8,72	97,119	103,18	930,9	1034	1034
Návrh přednastavení ventilu													
1034,1	-	103,2	=	930,9	Pa	přednastavení ventilu TRV					6,5	KV	0,632
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 905													
1-2-1	167	14	6,4	16x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	1740,0	1776	1776
Návrh přednastavení ventilu													
1776,3	-	36,3	=	1740,0	Pa	přednastavení ventilu HM					0	KV	0,106

BYT 9.2.a

BYT 9.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 910 (přednastavení 6,5) KV 0,62													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	612	53	2,9	16x2	20,6	0,13	59,74	11,32	94,7	154,4	759,0	913	913
2	1017	87	12,3	18x2	34,6	0,16	425,58	7,10	90,0	515,6	0	516	1429
3	1184	102	7,4	18x2	50,2	0,19	371,48	3,72	66,5	438,0	0	438	1867
4	1806	155	12,9	20x2	54,4	0,22	701,76	13,80	330,6	1032,4	9101	10133	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 15 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,56 m ³ /h, 63,5 otáček, Δp_{RV} = 1012 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _p = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 700 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 24 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 4,41 m ³ /h, 66 otáček, Δp_{RV} = 1449 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 282 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 5619 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 911													
1-1	405	35	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	838,0	913	913
Návrh přednastavení ventilu													
913,4	-	75,4	=	838,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				4	KV	0,382	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 912													
2-1	167	14	9,9	16x2	4	0,03	39,6	24,02	10,7	50,3	1378,7	1429	1429
Návrh přednastavení ventilu													
1429,0	-	50,3	=	1378,7	Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,119	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 914													
3-1	622	53	27	16x2	20,6	0,13	556,2	21,72	181,7	737,9	1129,0	1867	1867
Návrh přednastavení ventilu													
1866,9	-	737,9	=	1129,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				5,5	KV	0,508	

BYT 9.1.a

BYT 9.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 918 (přednastavení 7) KV 0,66													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma \xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	2,5	16x2	14,6	0,11	36,5	11,32	67,8	104,3	465	569	569
2	965	83	10,7	18x2	29	0,15	310,3	7,10	79,1	389,4	0	389	959
3	1489	128	1,6	20x2	38,5	0,18	61,6	0,90	14,4	76,0	0	76	1035
4	1700	146	3,2	20x2	46,1	0,2	147,52	3,72	73,7	221,2	0	221	1256
5	2266	195	15,9	20x2	77,5	0,27	1232,3	10,20	368,1	1600,3	9144	10744	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 24 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 2,48 m ³ /h, 90 otáček, Δp_{RV} = 633 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 1100 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 37 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 4,41 m ³ /h, 66 otáček, Δp_{RV} = 1449 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 282 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 5619 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 919													
1-1	441	38	5,2	16x2	14,6	0,11	75,92	11,32	67,8	143,7	425,6	569	569
Návrh přednastavení ventilu													
569,3	-	143,7	=	425,6	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,582	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 920													
1-2	524	45	2,2	16x2	12	0,09	26,4	16,52	66,2	92,6	866,0	959	959
Návrh přednastavení ventilu													
958,7	-	92,6	=	866,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				5	KV	0,484	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 917													
1-3	211	18	7,1	16x2	5,3	0,04	37,63	24,02	19,0	56,7	978,1	1035	1035
Návrh přednastavení ventilu													
1034,7	-	56,7	=	978,1	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,182	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 921													
1-4	566	49	18,9	16x2	16,7	0,12	315,63	19,12	136,3	451,9	804,0	1256	1256
Návrh přednastavení ventilu													
1255,9	-	451,9	=	804,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,546	

BYT 8.3.a

BYT 8.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 808 (přednastavení 6) KV 0,57													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124
2	1605	138	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 12 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,1 m ³ /h, 35,5 otáček, Δp_{RV} = 1591 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 550 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 19 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 807													
1-1	405	35	7,4	16x2	12	0,09	88,8	11,32	45,4	134,2	378	512	512
1-2	929	80	14,1	18x2	29	0,15	408,9	6,1	67,9	476,8	0	477	989
1-3	1081	93	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0	135	1124
Návrh přednastavení ventilu													
1123,9	-	746,3	=	377,6	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,569	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 806													
1-1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	456,7	512	512
Návrh přednastavení ventilu													
511,8	-	55,1	=	456,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				7	KV	0,666	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 805													
1-2-1	152	13	6,4	17x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989
Návrh přednastavení ventilu													
988,7	-	36,3	=	952,4	Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,133	

BYT 8.2.a

BYT 8.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 814 (přednastavení 7) KV 0,66													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,4	16x2	12	0,09	28,8	11,32	45,4	74,2	331	405	405
2	846	73	19,1	18x2	19,6	0,13	374,36	9,70	81,1	455,5	0	456	861
3	1479	127	8,5	18x2	69,7	0,23	592,45	13,80	361,4	953,8	10185	11139	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,83 m ³ /h, 20 otáček, Δp_{RV} = 2359 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 811													
1-1	405	35	3,3	16x2	12	0,09	39,6	11,32	45,4	85,0	320,2	405	405
Návrh přednastavení ventilu													
405,2	-	85,0	=	320,2	Pa	přednastavení ventilu TRV				6,5	KV	0,619	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 810													
2-1	481	41	25,2	16x2	13,3	0,1	335,16	21,50	106,4	441,6	319,1	761	761
2-2	633	54	4,4	16x2	20,6	0,13	90,64	1,12	9,4	100,0	0,0	100	861
Návrh přednastavení ventilu													
860,7	-	541,6	=	319,1	Pa	přednastavení ventilu TRV				7,5	KV	0,726	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 812													
2-1-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	26,40	11,8	51,4	709,3	761	761
Návrh přednastavení ventilu													
760,7	-	51,4	=	709,3	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,154	

BYT 8.1.a

BYT 8.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 818 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	13,2	16x2	12	0,09	158,4	16,52	66,2	224,6	534	759	759
2	1239	107	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	813
3	1430	123	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	975
4	1911	164	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9825	11025	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 17 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,28 m ³ /h, 45 otáček, Δp_{RV} = 1682 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 750 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 26 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 820													
1-1	405	35	4,2	16x2	12	0,09	50,4	11,32	45,4	95,8	360,4	456	456
1-2	798	69	12,4	18x2	19,6	0,13	243,04	7,10	59,4	302,4	0,0	302	759
Návrh přednastavení ventilu													
758,6	-	398,2	=	360,4	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,583	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 819													
1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	13,92	44,1	122,5	333,7	456	456
Návrh přednastavení ventilu													
456,2	-	122,5	=	333,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,588	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 817													
2-1	191	16	6,9	16x2	5,3	0,04	36,57	24,02	19,0	55,6	757,7	813	813
Návrh přednastavení ventilu													
813,3	-	55,6	=	757,7	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,184	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 821													
3-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	629,0	975	975
Návrh přednastavení ventilu													
975,0	-	346,0	=	629,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				5,5	KV	0,517	

BYT 7.3.a

BYT 7.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 708 (přednastavení 6) KV 0,57													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R.1+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124
2	1593	137	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp _{RV} = 12 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,09 m ³ /h, 35 otáček, Δp _{RV} = 1592 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp _{RV} = 550 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp _{RV} = 18 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp _{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp _{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp _{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 707													
1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	11,32	35,9	114,3	476,8	591	591
1-2	917	79	14,1	18x2	24	0,14	338,4	6,1	59,2	397,6	0,0	398	989
1-3	1069	92	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0,0	135	1124
Návrh přednastavení ventilu													
1123,9	-	647,2	=	476,8	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,492
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 706													
1-1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	535,9	591	591
Návrh přednastavení ventilu													
591,1	-	55,1	=	535,9	Pa	přednastavení ventilu TRV					6,5	KV	0,615
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 705													
1-1-2	152	13	6,4	16x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989
Návrh přednastavení ventilu													
988,7	-	36,3	=	952,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,133

BYT 7.2.a

BYT 7.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 710 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R.1+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	441	38	2,9	16x2	12	0,09	34,8	11,32	45,4	80,2	534	614	614
2	846	73	12,3	18x2	19,6	0,13	241,08	7,10	59,4	300,5	0	300	915
3	998	86	7,4	18x2	34,6	0,16	256,04	3,50	44,4	300,4	0	300	1215
4	1479	127	12,9	18x2	69,7	0,23	899,13	13,80	361,4	1260,5	9524	10784	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp _{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,98 m ³ /h, 30 otáček, Δp _{RV} = 1698 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp _{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp _{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp _{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp _{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp _{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 711													
1-1	405	35	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	538,8	614	614
Návrh přednastavení ventilu													
614,2	-	75,4	=	538,8	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,477
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 712													
1-2	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	24,02	10,7	50,3	864,4	915	915
Návrh přednastavení ventilu													
914,7	-	50,3	=	864,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,14
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 714													
1-3	481	41	27	16x2	13,3	0,1	359,1	21,72	107,5	466,6	748,4	1215	1215
Návrh přednastavení ventilu													
1215,1	-	466,6	=	748,4	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,474

BYT 7.1.a

BYT 7.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 718 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.l + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.l + Z + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	534	609	609
2	846	73	10,7	18x2	19,6	0,13	209,72	7,32	61,2	271,0	0	271	880
3	1251	108	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	935
4	1442	124	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	1097
5	1923	165	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9703	10903	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 17 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,34 m ³ /h, 50,5 otáček, Δp_{RV} = 1559 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 750 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 27 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 719													
1-1	405	35	5,2	16x2	12	0,09	62,4	11,32	45,4	107,8	501,6	609	609
Návrh přednastavení ventilu													
609,4	-	107,8	=	501,6	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,494
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 720													
1-2	405	35	2,2	16x2	12	0,09	26,4	16,52	66,2	92,6	787,7	880	880
Návrh přednastavení ventilu													
880,3	-	92,6	=	787,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					4	KV	0,394
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 717													
1-3	191	16	7,1	16x2	5,3	0,04	37,63	24,02	19,0	56,7	878,4	935	935
Návrh přednastavení ventilu													
935,0	-	56,7	=	878,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,5	KV	0,171
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 721													
1-4	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	750,7	1097	1097
Návrh přednastavení ventilu													
1096,8	-	346,0	=	750,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,473

BYT 6.3.a

BYT 6.3.a														
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 608 (přednastavení 6) KV 0,57														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124	
2	1605	138	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000	
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 12 Pa														
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,1 m ³ /h, 35,5 otáček, Δp_{RV} = 1591 Pa														
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 550 Pa														
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 19 Pa														
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa														
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa														
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 607														
1-1	405	35	7,4	16x2	12	0,09	88,8	11,32	45,4	134,2	377,6	512	512	
1-2	929	80	14,1	18x2	29	0,15	408,9	6,1	67,9	476,8	0,0	477	989	
1-3	1081	93	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0,0	135	1124	
Návrh přednastavení ventilu														
1123,9	-	746,3	=	377,6 Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,569			
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 606														
1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	456,7	512	512	
Návrh přednastavení ventilu														
511,8	-	55,1	=	456,7 Pa	přednastavení ventilu TRV				7	KV	0,666			
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 605														
1-2	152	13	6,4	17x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989	
Návrh přednastavení ventilu														
988,7	-	36,3	=	952,4 Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,133			

BYT 6.2.a

BYT 6.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 614 (přednastavení 7) KV 0,66													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,4	16x2	12	0,09	28,8	11,32	45,4	74,2	331	405	405
2	846	73	19,1	18x2	19,6	0,13	374,36	9,70	81,1	455,5	0	456	861
3	1479	127	8,5	18x2	69,7	0,23	592,45	13,80	361,4	953,8	10185	11139	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,83 m ³ /h, 20 otáček, Δp_{RV} = 2359 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 611													
1-1	405	35	3,3	16x2	12	0,09	39,6	11,32	45,4	85,0	320,2	405	405
Návrh přednastavení ventilu													
405,2	-	85,0	=	320,2	Pa	přednastavení ventilu TRV				6,5	KV	0,619	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 610													
2-1	481	41	25,2	16x2	13,3	0,1	335,16	21,50	106,4	441,6	319,1	761	761
2-2	633	54	4,4	16x2	20,6	0,13	90,64	1,12	9,4	100,0	0,0	100	861
Návrh přednastavení ventilu													
860,7	-	541,6	=	319,1	Pa	přednastavení ventilu TRV				7,5	KV	0,726	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 612													
2-1-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	26,40	11,8	51,4	709,3	761	761
Návrh přednastavení ventilu													
760,7	-	51,4	=	709,3	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,154	

BYT 6.1.a

BYT 6.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 618 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.l + Z [Pa]	Δp_{KV} [Pa]	R.l + Z + Δp_{KV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	13,2	16x2	12	0,09	158,4	16,52	66,2	224,6	534	759	759
2	1239	107	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	813
3	1430	123	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	975
4	1911	164	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9825	11025	12000
5													
Vyvažovací ventil R206B DN15, $k_v = 1,28 \text{ m}^3/\text{h}$, 45 otáček, $\Delta p_{KV} = 1682 \text{ Pa}$													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, $q_p = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 750 \text{ Pa}$													
KK DN15 R259D, $k_v = 10,2 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 26 \text{ Pa}$													
Vyvažovací ventil R206B DN25, $k_v = 2,34 \text{ m}^3/\text{h}$, 43 otáček, $\Delta p_{KV} = 3426 \text{ Pa}$													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, $k_v = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 187 \text{ Pa}$													
Regulátor tlakové difference R206C, $k_v = 2,24 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 3737 \text{ Pa}$													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 620													
1-1	405	35	4,2	16x2	12	0,09	50,4	11,32	45,4	95,8	360,4	456	456
1-2	798	69	12,4	18x2	19,6	0,13	243,04	7,10	59,4	302,4	0,0	302	759
Návrh přednastavení ventilu													
758,6	-	398,2	=	360,4	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,583	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 619													
1-1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	13,92	44,1	122,5	333,7	456	456
Návrh přednastavení ventilu													
456,2	-	122,5	=	333,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,588	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 617													
2-1	191	16	6,9	16x2	5,3	0,04	36,57	24,02	19,0	55,6	757,7	813	813
Návrh přednastavení ventilu													
813,3	-	55,6	=	757,7	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,184	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 621													
3-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	629,0	975	975
Návrh přednastavení ventilu													
975,0	-	346,0	=	629,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				5,5	KV	0,517	

BYT 5.3.a

BYT 5.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 508 (přednastavení 6) KV 0,57													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124
2	1593	137	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 12 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,09 m ³ /h, 35 otáček, Δp_{RV} = 1592 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 550 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 18 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 507													
1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	11,32	35,9	114,3	476,8	591	591
1-2	917	79	14,1	18x2	24	0,14	338,4	6,1	59,2	397,6	0,0	398	989
1-3	1069	92	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0,0	135	1124
Návrh přednastavení ventilu													
1123,9	-	647,2	=	476,8	Pa	přednastavení ventilu TRV				5	KV	0,492	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 506													
1-1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	535,9	591	591
Návrh přednastavení ventilu													
591,1	-	55,1	=	535,9	Pa	přednastavení ventilu TRV				6,5	KV	0,615	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 505													
1-2-1	152	13	6,4	16x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989
Návrh přednastavení ventilu													
988,7	-	36,3	=	952,4	Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,133	

BYT 5.2.a

BYT 5.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 510 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,9	16x2	12	0,09	34,8	11,32	45,4	80,2	534,0	614	614
2	846	73	12,3	18x2	19,6	0,13	241,08	7,10	59,4	300,5	0	300	915
3	998	86	7,4	18x2	34,6	0,16	256,04	3,50	44,4	300,4	0	300	1215
4	1479	127	12,9	18x2	69,7	0,23	899,13	13,80	361,4	1260,5	9524	10784	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,98 m ³ /h, 30 otáček, Δp_{RV} = 1698 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 511													
1-1	405	35	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	538,8	614	614
Návrh přednastavení ventilu													
614,2	-	75,4	=	538,8	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,477
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 512													
2-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	24,02	10,7	50,3	864,4	915	915
Návrh přednastavení ventilu													
914,7	-	50,3	=	864,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,14
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 514													
3-1	481	41	27	16x2	13,3	0,1	359,1	21,72	107,5	466,6	748,4	1215	1215
Návrh přednastavení ventilu													
1215,1	-	466,6	=	748,4	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,474

BYT 5.1.a

BYT 5.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 518 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma \xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	534,0	609	609
2	846	73	10,7	18x2	19,6	0,13	209,72	7,32	61,2	271,0	0	271	880
3	1251	108	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	935
4	1442	124	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	1097
5	1923	165	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9703	10903	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 17 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,34 m ³ /h, 50,5 otáček, Δp_{RV} = 1559 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 750 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 27 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 519													
1-1	405	35	5,2	16x2	12	0,09	62,4	11,32	45,4	107,8	501,6	609	609
Návrh přednastavení ventilu													
609,4	-	107,8	=	501,6	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,494
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 520													
2-1	405	35	2,2	16x2	12	0,09	26,4	16,52	66,2	92,6	787,7	880	880
Návrh přednastavení ventilu													
880,3	-	92,6	=	787,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					4	KV	0,394
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 517													
3-1	191	16	7,1	16x2	5,3	0,04	37,63	24,02	19,0	56,7	878,4	935	935
Návrh přednastavení ventilu													
935,0	-	56,7	=	878,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,5	KV	0,171
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 521													
4-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	750,7	1097	1097
Návrh přednastavení ventilu													
1096,8	-	346,0	=	750,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,473

BYT 4.3.a

BYT 4.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 408 (přednastavení 6) KV 0,57													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124
2	1605	138	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 12 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,1 m ³ /h, 35,5 otáček, Δp_{RV} = 1591 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 550 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 19 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 407													
1-1	405	35	7,4	16x2	12	0,09	88,8	11,32	45,4	134,2	377,6	512	512
1-2	929	80	14,1	18x2	29	0,15	408,9	6,1	67,9	476,8	0,0	477	989
1-3	1081	93	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0,0	135	1124
Návrh přednastavení ventilu													
1123,9	-	746,3	=	377,6	Pa	přednastavení ventilu TRV					6	KV	0,569
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 406													
1-1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	456,7	512	512
Návrh přednastavení ventilu													
511,8	-	55,1	=	456,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					7	KV	0,666
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 405													
1-2-1	152	13	6,4	17x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989
Návrh přednastavení ventilu													
988,7	-	36,3	=	952,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,133

BYT 4.2.a

BYT 4.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 414 (přednastavení 7) KV 0,66													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,4	16x2	12	0,09	28,8	11,32	45,4	74,2	331	405	405
2	846	73	19,1	18x2	19,6	0,13	374,36	9,70	81,1	455,5	0	456	861
3	1479	127	8,5	18x2	69,7	0,23	592,45	13,80	361,4	953,8	10185	11139	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,83 m ³ /h, 20 otáček, Δp_{RV} = 2359 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 411													
1-1	405	35	3,3	16x2	12	0,09	39,6	11,32	45,4	85,0	320,2	405	405
Návrh přednastavení ventilu													
405,2	-	85,0	=	320,2	Pa	přednastavení ventilu TRV				6,5	KV	0,619	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 410													
2-1	481	41	25,2	16x2	13,3	0,1	335,16	21,50	106,4	441,6	319,1	761	761
2-2	633	54	4,4	16x2	20,6	0,13	90,64	1,12	9,4	100,0	0,0	100	861
Návrh přednastavení ventilu													
860,7	-	541,6	=	319,1	Pa	přednastavení ventilu TRV				7,5	KV	0,726	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 412													
2-1-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	26,40	11,8	51,4	709,3	761	761
Návrh přednastavení ventilu													
760,7	-	51,4	=	709,3	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,154	

BYT 4.1.a

BYT 4.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 418 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.l + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.l + Z + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	13,2	16x2	12	0,09	158,4	16,52	66,2	224,6	534,0	759	759
2	1239	107	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	813
3	1430	123	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	975
4	1911	164	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9825	11025	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 17 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,28 m ³ /h, 45 otáček, Δp_{RV} = 1682 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _n = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 750 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 26 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 420													
1-1	405	35	4,2	16x2	12	0,09	50,4	11,32	45,4	95,8	360,4	456	456
1-2	798	69	12,4	18x2	19,6	0,13	243,04	7,10	59,4	302,4	0,0	302	759
Návrh přednastavení ventilu													
758,6	-	398,2	=	360,4	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,583	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 419													
1-1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	13,92	44,1	122,5	333,7	456	456
Návrh přednastavení ventilu													
456,2	-	122,5	=	333,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,588	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 417													
2-1	191	16	6,9	16x2	5,3	0,04	36,57	24,02	19,0	55,6	757,7	813	813
Návrh přednastavení ventilu													
813,3	-	55,6	=	757,7	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,184	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 421													
3-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	629,0	975	975
Návrh přednastavení ventilu													
975,0	-	346,0	=	629,0	Pa	přednastavení ventilu TRV				5,5	KV	0,517	

BYT 3.3.a

BYT 3.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 308 (přednastavení 6) KV 0,57													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	623	1124	1124
2	1593	137	12,9	18x2	80,5	0,25	1038,5	10,20	315,6	1354,0	9522	10876	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 12 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,09 m ³ /h, 35 otáček, Δp_{RV} = 1592 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _p = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 550 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 18 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 307													
1-1	393	34	7,4	16x2	10,6	0,08	78,44	11,32	35,9	114,3	476,8	591	591
1-2	917	79	14,1	18x2	24	0,14	338,4	6,1	59,2	397,6	0,0	398	989
1-3	1069	92	3	18x2	40,8	0,17	122,4	0,9	12,9	135,3	0,0	135	1124
Návrh přednastavení ventilu													
1123,9	-	647,2	=	476,8	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,492
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 306													
1-1-1	524	45	0,2	16x2	14,6	0,11	2,92	8,72	52,228	55,148	535,9	591	591
Návrh přednastavení ventilu													
591,1	-	55,1	=	535,9	Pa	přednastavení ventilu TRV					6,5	KV	0,615
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 305													
1-2-1	152	13	6,4	16x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	952,4	989	989
Návrh přednastavení ventilu													
988,7	-	36,3	=	952,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,133

BYT 3.2.a

BYT 3.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 310 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,9	16x2	12	0,09	34,8	11,32	45,4	80,2	534,0	614	614
2	846	73	12,3	18x2	19,6	0,13	241,08	7,10	59,4	300,5	0	300	915
3	998	86	7,4	18x2	34,6	0,16	256,04	3,50	44,4	300,4	0	300	1215
4	1479	127	12,9	18x2	69,7	0,23	899,13	13,80	361,4	1260,5	9524	10784	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 10 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,98 m ³ /h, 30 otáček, Δp_{RV} = 1698 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _p = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 450 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 16 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 311													
1-1	405	35	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	538,8	614	614
Návrh přednastavení ventilu													
614,2	-	75,4	=	538,8	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,477
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 312													
2-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	24,02	10,7	50,3	864,4	915	915
Návrh přednastavení ventilu													
914,7	-	50,3	=	864,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,25	KV	0,14
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 314													
3-1	481	41	27	16x2	13,3	0,1	359,1	21,72	107,5	466,6	748,4	1215	1215
Návrh přednastavení ventilu													
1215,1	-	466,6	=	748,4	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,474

BYT 3.1.a

BYT 3.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 318 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.l + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.l + Z + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	441	38	2,5	16x2	12	0,09	30	11,32	45,4	75,4	534,0	609	609
2	846	73	10,7	18x2	19,6	0,13	209,72	7,32	61,2	271,0	0	271	880
3	1251	108	1,6	20x2	27,9	0,15	44,64	0,90	10,0	54,7	0	55	935
4	1442	124	3,2	20x2	34,9	0,17	111,68	3,50	50,1	161,7	0	162	1097
5	1923	165	15,9	20x2	58,7	0,23	933,33	10,20	267,1	1200,4	9703	10903	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 17 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 1,34 m ³ /h, 50,5 otáček, Δp_{RV} = 1559 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 750 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 27 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, kv = 2,34 m ³ /h, 43 otáček, Δp_{RV} = 3426 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 3737 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 319													
1-1	405	35	5,2	16x2	12	0,09	62,4	11,32	45,4	107,8	501,6	609	609
Návrh přednastavení ventilu													
609,4	-	107,8	=	501,6	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,494
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 320													
2-1	405	35	2,2	16x2	12	0,09	26,4	16,52	66,2	92,6	787,7	880	880
Návrh přednastavení ventilu													
880,3	-	92,6	=	787,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					4	KV	0,394
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 317													
3-1	191	16	7,1	16x2	5,3	0,04	37,63	24,02	19,0	56,7	878,4	935	935
Návrh přednastavení ventilu													
935,0	-	56,7	=	878,4	Pa	přednastavení ventilu HM					0,5	KV	0,171
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 321													
4-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	750,7	1097	1097
Návrh přednastavení ventilu													
1096,8	-	346,0	=	750,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,473

BYT 2.3.a

BYT 2.3.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 208 (přednastavení 5) KV 0,47													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	25,4	16x2	14,6	0,11	370,8	21,72	130,1	500,9	927	1428	1428
2	1744	150	12,9	20x2	50,2	0,21	647,6	10,20	222,7	870,2	9702	10572	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 1,18 m ³ /h, 39,5 otáček, Δp_{RV} = 1666 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 650 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 22 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,97 m ³ /h, 51 otáček, Δp_{RV} = 2587 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 228 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 4535 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 207													
1-1	441	38	7,4	16x2	12	0,09	88,8	11,32	45,4	134,2	460,6	595	595
1-2	1053	91	14,1	18x2	40,8	0,17	575,28	6,1	87,3	662,5	0,0	663	1257
1-3	1220	105	3	18x2	50,2	0,19	150,6	1,12	20,0	170,6	0,0	171	1428
Návrh přednastavení ventilu													
1427,9	-	967,3	=	460,6	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,56	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 206													
1-1-1	612	53	0,2	16x2	20,6	0,13	4,12	8,72	72,947	77,067	517,7	595	595
Návrh přednastavení ventilu													
594,8	-	77,1	=	517,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				8	KV	0,75	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 205													
1-2-1	167	14	6,4	17x2	4	0,03	25,6	24,02	10,701	36,301	1221,0	1257	1257
Návrh přednastavení ventilu													
1257,3	-	36,3	=	1221,0	Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,127	

BYT 2.2.a

BYT 2.2.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 214 (přednastavení 7) KV 0,66													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	2,4	16x2	14,6	0,11	35,04	11,32	67,8	102,8	465,0	568	568
2	929	80	19,1	18x2	29	0,15	553,9	9,70	108,0	661,9	0	662	1230
3	1562	134	8,5	18x2	75	0,24	637,5	13,80	393,5	1031,0	9739	10770	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 11 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, k _v = 0,99 m ³ /h, 30,5 otáček, Δp_{RV} = 1860 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 500 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 18 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, k _v = 2,97 m ³ /h, 51 otáček, Δp_{RV} = 2587 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 228 Pa													
Regulátor tlakové difference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 4535 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 211													
1-1	405	35	3,3	16x2	12	0,09	39,6	11,32	45,4	85,0	482,9	568	568
Návrh přednastavení ventilu													
567,8	-	85,0	=	482,9	Pa	přednastavení ventilu TRV				5,5	KV	0,504	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 210													
2-1	481	41	25,2	16x2	13,3	0,1	335,16	21,50	106,4	441,6	688,2	1130	1130
2-2	633	54	4,4	16x2	20,6	0,13	90,64	1,12	9,4	100,0	0,0	100	1230
Návrh přednastavení ventilu													
1229,8	-	541,6	=	688,2	Pa	přednastavení ventilu TRV				5	KV	0,494	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 212													
2-1-1	152	13	9,9	16x2	4	0,03	39,6	26,40	11,8	51,4	1078,4	1130	1130
Návrh přednastavení ventilu													
1129,8	-	51,4	=	1078,4	Pa	přednastavení ventilu HM				0,25	KV	0,125	

BYT 2.1.a

BYT 2.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 218 (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma \xi [-]$	Z [Pa]	R.l + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.l + Z + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	524	45	13,2	16x2	14,6	0,11	192,72	16,52	98,9	291,7	749,0	1041	1041
2	1486	128	1,6	20x2	38,5	0,18	61,6	0,90	14,4	76,0	0	76	1117
3	1697	146	3,2	20x2	46,1	0,2	147,52	3,50	69,3	216,8	0	217	1334
4	2178	187	15,9	20x2	72,6	0,26	1154,3	10,20	341,3	1495,7	9171	10667	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, $k_v = 12,7$ m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 22$ Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, $k_v = 2,16$ m ³ /h, 79,5 otáček, $\Delta p_{RV} = 765$ Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, $q_p = 0,6$ m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 1000$ Pa													
KK DN15 R259D, $k_v = 10,2$ m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 34$ Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN25, $k_v = 2,97$ m ³ /h, 51 otáček, $\Delta p_{RV} = 2587$ Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, $k_v = 10$ m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 228$ Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, $k_v = 2,24$ m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 4535$ Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 220													
1-1	481	41	4,2	16x2	13,3	0,1	55,86	11,32	56,0	111,9	490,1	602	602
1-2	962	83	12,4	18x2	29	0,15	359,6	7,10	79,1	438,7	0,0	439	1041
Návrh přednastavení ventilu													
1040,7	-	550,6	=	490,1	Pa	přednastavení ventilu TRV				6	KV	0,586	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 219													
1-1-1	481	41	7,4	16x2	13,3	0,1	98,42	13,92	68,9	167,3	434,7	602	602
Návrh přednastavení ventilu													
602,0	-	167,3	=	434,7	Pa	přednastavení ventilu TRV				6,5	KV	0,622	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 217													
2-1	211	18	6,9	16x2	5,3	0,04	36,57	24,02	19,0	55,6	1061,1	1117	1117
Návrh přednastavení ventilu													
1116,7	-	55,6	=	1061,1	Pa	přednastavení ventilu HM				0,5	KV	0,175	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 221													
3-1	481	41	18,9	16x2	13,3	0,1	251,37	19,12	94,6	346,0	987,5	1334	1334
Návrh přednastavení ventilu													
1333,5	-	346,0	=	987,5	Pa	přednastavení ventilu TRV				4,5	KV	0,412	

BYT 1.1.a

BYT 1.1.a													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 112 (přednastavení 8) KV 0,75													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1+Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	792	68	7,4	16x2	42,6	0,17	315,24	11,32	161,9	477,2	846,0	1323	1323
2	1491	128	2,4	20x2	38,5	0,18	92,4	0,90	14,4	106,8	0	107	1430
3	2103	181	12,4	20x2	67,8	0,25	840,72	4,80	148,5	989,2	0	989	2419
4	2294	197	10,5	20x2	77,5	0,27	813,75	8,70	313,9	1127,7	8453	9581	12000
KK DN15 s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu R851T, kv = 12,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 25 Pa													
Vyvažovací ventil R206B DN15, kv = 0,82 m ³ /h, 19,5 otáček, Δp_{RV} = 5867 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q ₀ = 0,6 m ³ /h, Δp_{RV} = 1100 Pa													
KK DN15 R259D, kv = 10,2 m ³ /h, Δp_{RV} = 38 Pa													
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 634 Pa													
Regulátor tlakové diference R206C, kv = 2,24 m ³ /h, Δp_{RV} = 789 Pa													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 111													
1-1	699	60	0,2	16x2	30,3	0,15	6,06	8,72	97,1	103,2	1220,0	1323	1323
Návrh přednastavení ventilu													
1323,2	-	103,2	=	1220,0	Pa	přednastavení ventilu TRV					6	KV	0,552
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 110													
2-1	612	53	2,2	16x2	20,6	0,13	45,32	11,32	94,7	140,0	1290,0	1430	1430
Návrh přednastavení ventilu													
1430,0	-	140,0	=	1290,0	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,475
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 109													
3-1	191	16	6,9	16x2	5,3	0,04	36,57	24,02	19,0	55,6	2363,6	2419	2419
Návrh přednastavení ventilu													
2419,2	-	55,6	=	2363,6	Pa	přednastavení ventilu HM					0	KV	0,104

B.5.3.2. Společné prostory (3 vchody) – větev V4 – varianta 1 (předávací stanice)

SPOLEČNÉ PROSTORY - varianta 1 (předávací stanice)

Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 101c (přednastavení 8) KV 0,75													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	834	72	15,8	15x1,2	39,8	0,16	628,84	19,12	242,3	871,1	947,0	1818,1	1818,1
2	1460	126	0,3	18x1,2	45,8	0,18	13,74	1,12	18,0	31,7	0	31,7	1849,8
3	2086	179	7,2	22x1,5	35,3	0,18	254,16	1,12	18,0	272,1	0	272,1	2122,0
4	2710	233	20,8	28x1,5	13,7	0,13	284,96	0,90	7,5	292,5	0	292,5	2414,4
5	3544	305	7,8	28x1,5	22,2	0,17	173,16	0,90	12,9	186,0	0	186,0	2600,5
6	4170	359	0,3	28x1,5	32,6	0,21	9,78	0,90	19,6	29,4	0	29,4	2629,9
7	4796	412	7,2	28x1,5	41,6	0,24	299,52	0,90	25,7	325,2	0	325,2	2955,1
8	5420	466	20,8	28x1,5	51,6	0,27	1073,3	0,90	32,5	1105,8	0	1105,8	4060,8
9	6212	534	7,8	28x1,5	66,6	0,31	519,48	0,90	42,8	562,3	0	562,3	4623,1
10	6562	564	0,3	28x1,5	70,6	0,32	21,18	0,90	45,6	66,8	0	66,8	4689,9
11	6912	594	0,7	28x1,5	79	0,34	55,3	0,90	51,5	106,8	0	106,8	4796,7
12	8051	692	11,2	28x1,5	107	0,4	1198,4	10,20	807,8	2006,2	12977	14983,2	19780,0
4x KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x37=148 Pa													
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN25 R74M, kv = 9,7 m ³ /h, Δp_{RV} = 519 Pa													
Zpětný ventil DN25 R60, kv = 10,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 461 Pa													
Vyvažovací ventil DN25 R206B, kv = 5,03 m ³ /h, 75 otáček, Δp_{RV} = 1931 Pa													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, q _b = 1,5 m ³ /h, Δp_{RV} = 2100 Pa													
Trojcestný ventil ESBE VRG131 DN20, kv = 2,5 m ³ /h, autorita 0,4; doplněno servopohonem ESBE ARA661, Δp_{RV} = 7818 Pa													

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 106c													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1-1	626	54	11,5	15x1,2	16,8	0,12	193,2	16,52	117,8	311,0	1507,2	1818,1	1818,1
Návrh přednastavení ventilu													
1818,1	-	311,0	=	1507,2	Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,45

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 103c													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
2-1	626	54	6,2	15x1,2	16,8	0,12	104,16	16,52	117,8	221,9	1627,9	1849,8	1849,8
Návrh přednastavení ventilu													
1849,8	-	221,9	=	1627,9	Pa	přednastavení ventilu TRV					4,5	KV	0,437

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 105c													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
3-1	624	54	20,4	15x1,2	16,8	0,12	342,72	16,52	117,8	460,5	1661,5	2122,0	2122,0
Návrh přednastavení ventilu													
2122,0	-	460,5	=	1661,5	Pa	přednastavení ventilu TRV					4,5	KV	0,429

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 101b													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
4-1	834	72	8	15x1,2	39,8	0,16	318,4	16,52	209,3	527,7	1886,7	2414,4	2414,4
Návrh přednastavení ventilu													
2414,4	-	527,7	=	1886,7	Pa	přednastavení ventilu TRV					5,5	KV	0,531

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 106b														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
5-1	626	54	11,5	15x1,2	16,8	0,12	193,2	16,52	117,8	311,0	2289,5	2600,5	2600,5	
Návrh přednastavení ventilu														
2600,5	-	311,0	=	2289,5 Pa	přednastavení ventilu TRV					3,5	KV	0,365		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 103b														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
6-1	626	54	6,2	15x1,2	16,8	0,12	104,16	16,52	117,8	221,9	2408,0	2629,9	2629,9	
Návrh přednastavení ventilu														
2629,9	-	221,9	=	2408,0 Pa	přednastavení ventilu TRV					3,5	KV	0,358		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 105b														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
7-1	624	54	20,4	15x1,2	16,8	0,12	342,72	16,52	117,8	460,5	2494,6	2955,1	2955,1	
Návrh přednastavení ventilu														
2955,1	-	460,5	=	2494,6 Pa	přednastavení ventilu TRV					3,5	KV	0,349		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 101a														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
8-1	792	68	8	18x1,2	9,7	0,1	77,6	16,52	81,8	159,4	3901,5	4060,8	4060,8	
Návrh přednastavení ventilu														
4060,8	-	159,4	=	3901,5 Pa	přednastavení ventilu TRV					3,5	KV	0,35		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 106a														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
9-1	350	30	11,5	15x1,2	3,1	0,04	35,65	16,52	13,1	48,7	4574,4	4623,1	4623,1	
Návrh přednastavení ventilu														
4623,1	-	48,7	=	4574,4 Pa	přednastavení ventilu TRV					1	KV	0,141		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 103a														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
10-1	350	30	6,2	15x1,2	3,1	0,04	19,22	16,52	13,1	32,3	4657,6	4689,9	4689,9	
Návrh přednastavení ventilu														
4689,9	-	32,3	=	4657,6 Pa	přednastavení ventilu TRV					1	KV	0,139		

Dimenzování úseku k otopnému tělesu 105a														
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]	
11-1	1139	98	19,9	18x1,2	26	0,14	517,4	16,52	160,3	677,7	4119,1	4796,7	4796,7	
Návrh přednastavení ventilu														
4796,7	-	677,7	=	4119,1 Pa	přednastavení ventilu TRV					5	KV	0,488		

B.5.3.3. Společné prostory (pouze 1 vchod) – větev V2 – varianta 2 (tepelná čerpadla)

SPOLEČNÉ PROSTORY - varianta 2 (tepelná čerpadla)													
Dimenzování základního okruhu k otopnému tělesu 101a (přednastavení 5,5) KV 0,52													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{KV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1	792	68	14,2	15x1,2	32,8	0,15	465,76	19,12	212,9	678,7	1761,0	2440	2440
2	1142	98	0,3	18x1,2	26	0,14	7,8	0,90	8,7	16,5	0	17	2456
3	1492	128	0,7	18x1,2	50,5	0,19	35,35	1,12	20,0	55,4	0	55	2512
4	2631	226	8,25	22x1,5	50,8	0,22	419,1	2,62	62,8	481,9	3858	4340	6851
4x KK DN20 R259D, $k_v = 18,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{KV} = 4 \times 15 = 60 \text{ Pa}$													
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN20 R74M, $k_v = 5,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{KV} = 166 \text{ Pa}$													
Zpětný ventil DN20 R60, $k_v = 8 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{KV} = 81 \text{ Pa}$													
Vyvažovací ventil DN20 R206B, $k_v = 4,35 \text{ m}^3/\text{h}$, 75 otáček, $\Delta p_{KV} = 2101 \text{ Pa}$													
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN15, $q_b = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{KV} = 1450 \text{ Pa}$													
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 106a													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{KV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
1-1	350	30	9,2	15x1,2	8,4	0,07	77,28	16,52	40,1	117,3	2322,4	2440	2440
Návrh přednastavení ventilu													
2439,7	-	117,3	=	2322,4	Pa		přednastavení ventilu TRV			1,5	KV	0,197	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 103a													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{KV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
2-1	350	30	8	15x1,2	8,4	0,07	67,2	16,52	40,1	107,3	2349,0	2456	2456
Návrh přednastavení ventilu													
2456,2	-	107,3	=	2349,0	Pa		přednastavení ventilu TRV			1,5	KV	0,196	
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 105a													
č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	R.1 + Z [Pa]	Δp_{KV} [Pa]	R.1+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
3-1	1139	98	18,1	18x1,2	26	0,14	470,6	16,52	160,3	630,9	1880,7	2512	2512
Návrh přednastavení ventilu													
2511,6	-	630,9	=	1880,7	Pa		přednastavení ventilu TRV			7,5	KV	0,722	

B.5.4. Souhrnná tabulka přednastavení ventilů

B.5.4.1. Byty – vchod 1 – pro obě varianty stejně

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 1 (KRAJNÍ) - BYTY								
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C								
číslo místnosti	název místnosti	ti	tepelná ztráta místnosti [W]	typ otopného tělesa	výkon tělesa [W]	skutečný výkon tělesa [W]	přednastavení termostatického ventilu	
1.07.a	chodba	20	0			-		
1.08.a	wc	20	0			-		
1.09.a	koupelna	20	159	KLCM 450/1500	191	172	HM	0
1.10.a	kuchyň	20	514	21 VKL - 500/1400	612	612	TRV	5
1.11.a	obývací pokoj	20	618	21 VK - 500/1600	699	699	TRV	6
1.12.a	ložnice	20	740	22 VK - 500/1400	792	792	TRV	8

2.01.a	schodiště	10	0	-	-	-	-	-
2.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-	-
2.03.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
2.04.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
2.05.a	koupelna	20	144	KLCM 500/1220	167	150	HM	0,25
2.06.a	kuchyň	20	551	21 VKL - 500/1400	612	612	TRV	8
2.07.a	ložnice	20	381	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	6
2.08.a	obývací pokoj	20	476	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	5
2.09.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
2.10.a	ložnice	20	440	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5
2.11.a	kuchyň	20	221	21 VK - 400/1100	405	405	HM	5,5
2.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	TRV	0,25
2.13.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
2.14.a	obývací pokoj	20	485	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	7
2.15.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
2.16.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
2.17.a	koupelna	20	177	KLCM 500/1500	211	190	HM	0,5
2.18.a	kuchyň	20	454	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	5,5
2.19.a	pokoj	20	439	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	6,5
2.20.a	obývací pokoj	20	457	21 VK - 500/1100	481	481	TRV	6
2.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	4,5
3.01.a	schodiště	10	0	-	-	-	-	-
3.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-	-
3.03.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
3.04.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
3.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
3.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	6,5
3.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	5
3.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6

3.09.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
3.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
3.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
3.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
3.13.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
3.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	481	TRV	5
3.15.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
3.16.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
3.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
3.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
3.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
3.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	4
3.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5
4.01.a	schodiště	10	0	-	-	-	-	-
4.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-	-
4.03.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
4.04.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
4.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
4.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	7
4.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	6
4.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6
4.09.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
4.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	7,5
4.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6,5
4.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,5
4.13.a	wc	20	0	-	-	0	-	-
4.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	7
4.15.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
4.16.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
4.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
4.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
4.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	6
4.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6
4.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5,5

5.01.a	schodiště	10	0	-				
5.02.a	výtahová šachta	6	0	-				
5.03.a	chodba	20	0	-				
5.04.a	wc	20	0	-				
5.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
5.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	6,5
5.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	5
5.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6
5.09.a	chodba	20	0	-				
5.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
5.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
5.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
5.13.a	wc	20	0	-				
5.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	481	TRV	5
5.15.a	chodba	20	0	-				
5.16.a	wc	20	0	-				
5.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
5.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
5.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
5.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	4
5.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5
6.01.a	schodiště	10	0	-				
6.02.a	výtahová šachta	6	0	-				
6.03.a	chodba	20	0	-				
6.04.a	wc	20	0	-				
6.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
6.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	7
6.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	6
6.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6

6.09.a	chodba	20	0	-				
6.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	7,5
6.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6,5
6.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,5
6.13.a	wc	20	0	-				
6.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	7
6.15.a	chodba	20	0	-				
6.16.a	wc	20	0	-				
6.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
6.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
6.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	6
6.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6
6.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5,5
7.01.a	schodiště	10	0	-				
7.02.a	výtahová šachta	6	0	-				
7.03.a	chodba	20	0	-				
7.04.a	wc	20	0	-				
7.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
7.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	6,5
7.07.a	ložnice	20	343	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	5
7.08.a	obývací pokoj	20	453	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6
7.09.a	chodba	20	0	-				
7.10.a	ložnice	20	387	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
7.11.a	kuchyň	20	243	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
7.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
7.13.a	wc	20	0	-				
7.14.a	obývací pokoj	20	418	21 VK - 500/1100	481	481	TRV	5
7.15.a	chodba	20	0	-				
7.16.a	wc	20	0	-				
7.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
7.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
7.19.a	pokoj	20	341	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	5
7.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	4
7.21.a	ložnice	20	435	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5

8.01.a	schodiště	10	0	-	-	-	-	-
8.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-	-
8.03.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
8.04.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
8.05.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,25
8.06.a	kuchyň	20	489	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	7
8.07.a	ložnice	20	332	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	6
8.08.a	obývací pokoj	20	463	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	6
8.09.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
8.10.a	ložnice	20	418	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	7,5
8.11.a	kuchyň	20	243	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6,5
8.12.a	koupelna	20	133	KLCM 450/1220	152	137	HM	0,5
8.13.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
8.14.a	obývací pokoj	20	408	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	7
8.15.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
8.16.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
8.17.a	koupelna	20	166	KLCM 450/1500	191	172	HM	0,5
8.18.a	kuchyň	20	385	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	5,5
8.19.a	pokoj	20	351	21 VKL - 500/900	393	393	TRV	6
8.20.a	obývací pokoj	20	369	21 VK - 400/1100	405	405	TRV	6
8.21.a	ložnice	20	424	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	5,5
9.01.a	schodiště	10	0	-	-	-	-	-
9.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-	-
9.03.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
9.04.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
9.05.a	koupelna	20	151	KLCM 500/1220	167	152	HM	0
9.06.a	kuchyň	20	618	21 VKL - 500/1600	699	699	TRV	6,5
9.07.a	ložnice	20	441	21 VKL - 500/1100	481	481	TRV	4,5
9.08.a	obývací pokoj	20	615	21 VK - 500/1600	699	699	TRV	6,5
9.09.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
9.10.a	ložnice	20	525	21 VKL - 500/1400	612	612	TRV	6,5
9.11.a	kuchyň	20	353	21 VKL - 400/1100	405	405	TRV	4
9.12.a	koupelna	20	151	KLCM 500/1220	167	152	HM	0,25
9.13.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
9.14.a	obývací pokoj	20	557	22 VK - 500/1100	622	622	TRV	5,5
9.15.a	chodba	20	0	-	-	-	-	-
9.16.a	wc	20	0	-	-	-	-	-
9.17.a	koupelna	20	191	KLCM 500/1500	211	192	HM	0,5
9.18.a	kuchyň	20	496	21 VKL - 500/1200	524	524	TRV	7
9.19.a	pokoj	20	404	21 VKL - 400/1200	441	441	TRV	6
9.20.a	obývací pokoj	20	472	21 VK - 500/1200	524	524	TRV	5
9.21.a	ložnice	20	527	22 VKL - 500/1000	566	566	TRV	6

B.5.4.2. Společné prostory (3 vchody) – větev V4 – varianta 1 (předávací stanice)

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 1 (KRAJNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY							
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C							
číslo místnosti	název místnosti	ti	tepelná ztráta místnosti [W]	typ otopného tělesa	výkon tělesa [W]	skutečný výkon tělesa [W]	přednastavení termostatického ventilu
1.01.a	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	751	TRV 3,5
1.02.a	výtahová šachta	6	0	-	-	-	-
1.03.a	zádveří 1	10	304	21 VK - 400/700	409	389	TRV 1
1.04.a	kotelna	15	500	-	-	-	-
1.05.a	kancelář	20	990	33 VK - 500/1400	1139	1139	TRV 5
1.06.a	zádveří 2	10	304	21 VK - 400/700	409	389	TRV 1
1.13.a	sklepní kóje	6	0	-	-	-	-
1.14.a	sklepní kóje	6	0	-	-	-	-

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 2 (PROSTŘEDNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY							
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C							
Č.M.		ti	tepelná ztráta místnosti	typ otopného tělesa	výkon tělesa (W)	skutečný výkon tělesa [W]	přednastavení termostatického ventilu
1.01.b	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	750,6	TRV 5,5
1.02.b	výtahová šachta	6	0			-	
1.03.b	zádveří 1	10	495	21 VK - 500/900	626	594,7	TRV 3,5
1.04.b	kotelna	6	0			-	
1.05.b	kancelář	15	517	21 VK - 500/1100	624	624	TRV 3,5
1.06.b	zádveří 2	10	495	21 VK - 500/900	626	594,7	TRV 3,5

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 3 (PROSTŘEDNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY							
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C							
Č.M.		ti	tepelná ztráta místnosti	typ otopného tělesa	výkon tělesa (W)	skutečný výkon tělesa [W]	přednastavení termostatického ventilu
1.01.c	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	750,6	TRV 8
1.02.c	výtahová šachta	6	0			-	
1.03.c	zádveří 1	10	495	21 VK - 500/900	626	594,7	TRV 4,5
1.04.c	kotelna	6	0			-	
1.05.c	kancelář	15	517	21 VK - 500/1100	624	624	TRV 4,5
1.06.c	zádveří 2	10	495	21 VK - 500/900	626	594,7	TRV 5

B.5.4.3. Společné prostory (pouze 1 vchod) – větev V2 – varianta 2 (tepelná čerpadla)

NAVRŽENÁ TĚLESA PRO VCHOD 1 (KRAJNÍ) - SPOLEČNÉ PROSTORY							
TEPLOTNÍ ROZDÍL: 50/40 °C							
číslo místnosti	název místnosti	ti	tepelná ztráta místnosti [W]	typ otopného tělesa	výkon tělesa [W]	skutečný výkon tělesa [W]	přednastavení termostatického ventilu
1.01.a	schodiště	10	669	21 VK - 500/1200	834	751	TRV 5,5
1.02.a	výtahová šachta	6	0			-	
1.03.a	zádveří 1	10	304	21 VK - 400/700	409	389	TRV 1,5
1.04.a	kotelna	15	500			-	
1.05.a	kancelář	20	990	33 VK - 500/1400	1139	1139	TRV 7,5
1.06.a	zádveří 2	10	304	21 VK - 400/700	409	389	TRV 1,5
1.13.a	sklepní kóje	6	0			-	
1.14.a	sklepní kóje	6	0			-	

B.6. Návrh armatur – patrové R+S

Na každém patře je navržen patrový rozdělovač a sběrač, ze kterého vedou větve do jednotlivých bytů.

Každá větev je osazena kalorimetrem, vyvažovacím ventilem, kulovým kohoutem s jímkou a kulovým kohoutem s integrovaným sítkem (zastává funkci kulového kohoutu a filtru zároveň).

Před rozdělovačem a sběračem je osazen regulátor tlakové difference (na vratném potrubí) a vyvažovací ventil (na přívodním potrubí), které jsou propojeny pomocí měděné kapilární trubice. Tlaková ztráta regulátoru tlakové difference i vyvažovacího ventilu patří dle technické dokumentace na stranu bytu, regulátor tlakové difference bude udržovat tlak 12 kPa na každém patře.



Obr. 21 - GE555-B - Patrový rozdělovač s měřením spotřeby tepla, kulové kohouty s otvorem M10 pro montáž čidla, vyvažovací ventil. [46]

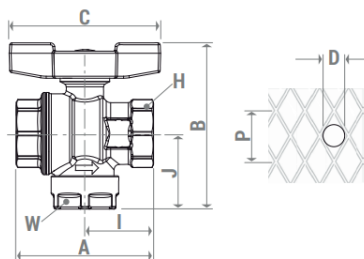


Obr. 22 - GE555-K3 - Vstupní sada pro patrové rozdělovače GE555, regulátor diferenčního tlaku, vyvažovací ventil, kulový kohout a filtr. [47]

R701F
Kulový kohout s
vestavěným sítkem,
plnoprůtokový



Dimenze a tlakové ztráty



Kód	Připojení	DN	A [mm]	I [mm]	B [mm]	J [mm]	C [mm]	H [mm]	W [mm]	P [mm] roztěr otvorů	D [μm] průměr otvorů	N počet otvorů na cm ²	Kv
R701FY023	G 1/2" F x G 1/2" F	15	59	30	69	31	63	wr. 25	wr. 27	1	500	70	2,5
R701FY024	G 3/4" F x G 3/4" F	20	66	33	80	36	73	wr. 31	wr. 30	1	500	70	4,6
R701FY025	G 1" F x G 1" F	25	79	40	94	46	73	wr. 38	wr. 40	1	500	70	10,0

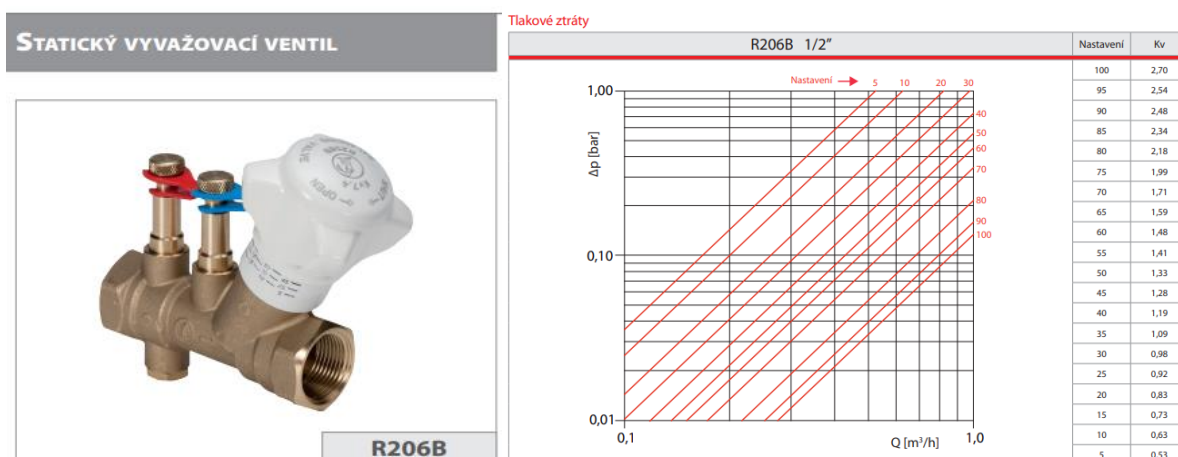
Obr. 23 - Kulový kohout s vestavěným sítkem, plnoprůtokový [48]



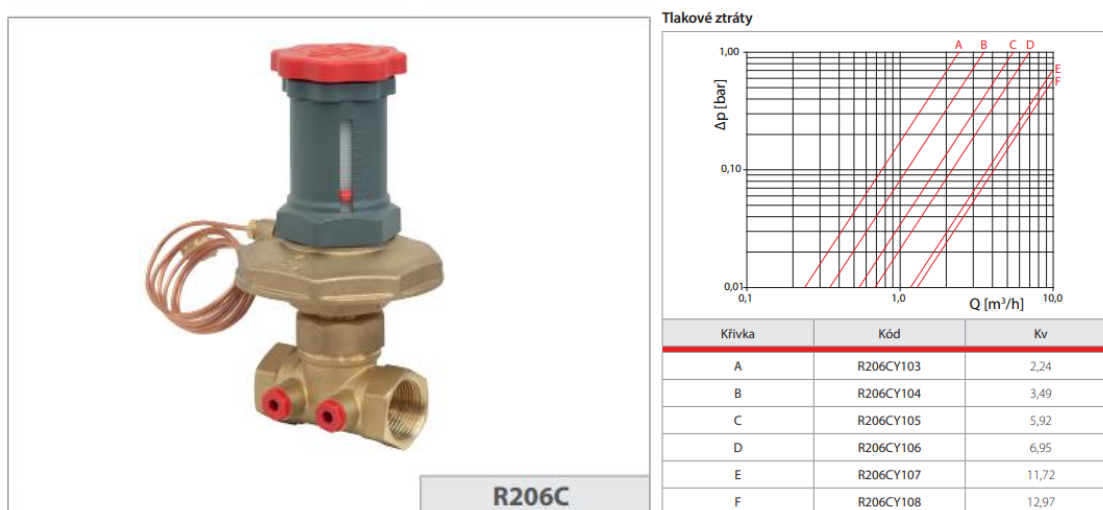
Rozměry a tlakové ztráty

Kód	DN	A [mm]	I [mm]	B [mm]	J [mm]	C [mm]	H [mm]	Kv
R851TY103	15	53	27	73	35	63	25	12,7
R851TY104	20	60	30	80	37	73	31	24,6
R851TY105	25	74	37	86	39	73	38	48,5

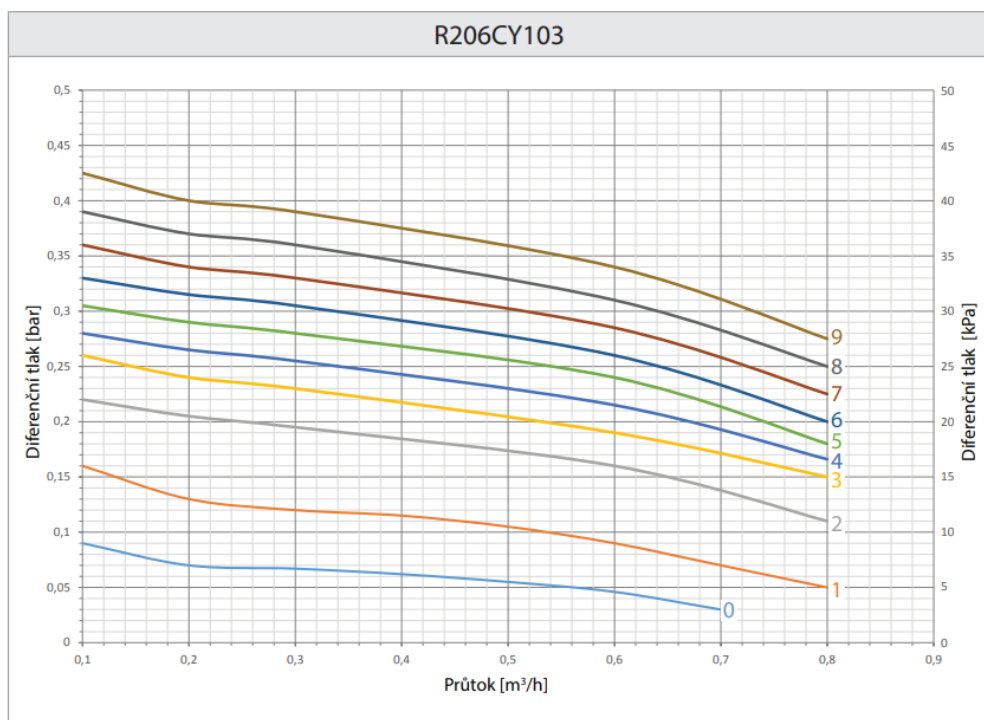
Obr. 24 - Kulový kohout s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu, plnopřůtokový [49]



Obr. 25 - Statický vyvažovací ventil R206B a jeho tlakové ztráty [50]



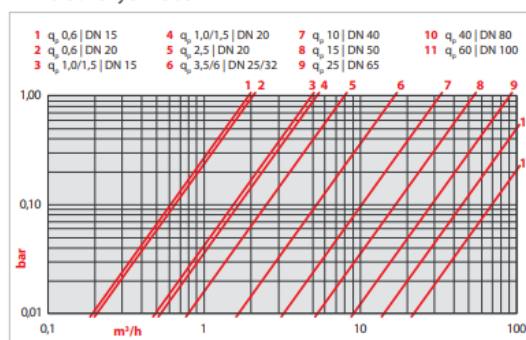
Obr. 26 - Regulátor tlakové diference R206C a jeho tlakové ztráty [51]



Obr. 27 – Nastavení „L“ (low-nízké) pro regulátor tlakové diference R206CY103 [51]



Křivka tlakových ztrát



		Sharky 775										
Jmenovitá světlost	DN	mm	15	15	20	25	25	40	50	65	80	100
Jmenovitý průtok	q_p	m^3/h	0,6	1,5	2,5	3,5	6	10	15	25	40	60/100
Stavební délka		mm	110	110	130	260	260	300	270	300	300	360
Závit		inch	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{4}$	2	příruba	příruba	příruba	příruba
Rozběhový průtok		l/h	1	2,5	4	7	7	20	40	50	80	120
Maximální průtok		m^3/h	1,2	3	5	7	12	20	30	50	80	120
PN		bar	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Max. teplota (měřič tepla)		$^{\circ}C$	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150

Obr. 28 - Ultrazvukový měřič tepla SHARKY775 a jeho charakteristiky [52]

Tabulka zobrazující jednotlivé kv hodnoty, stupně přednastavení a tlakové ztráty použitých armatur před a v patrovém rozdělovači a sběrači.

byt	Q [W]	M [kg/h]	R.I+Z+ Δp_{RV} [Pa]	kalorimetr	vyvažovací ventil			KK	KK	vyvažovací ventil			KK	RDT	Δp_{Dis} [Pa]
				SHARKY 775 DN15	R206B DN15			DN15 R851T	DN15 R259D	R206B DN25			DN25 R701F	R206C	
				Kv = 1,9	Δp_{RV} [Pa]	Kv	nastavení	Kv = 12,7	Kv = 10,2	Δp_{RV} [Pa]	Kv	nastavení	Kv = 10	Kv = 2,24	
1.1.a	2294	197	3547	1100	5867	0,82	19,5	25	38	-	-	-	634	789	12000
2.1.a	2178	187	2829	1000	765	2,16	79,5	22	34						12000
2.2.a	1562	134	2261	500	1860	0,99	30,5	11	18	2587	2,97	51	228	4535	12000
2.3.a	1744	150	2298	650	1666	1,18	39,5	14	22						12000
3.1.a	1923	165	2297	750	1559	1,34	50,5	17	27						12000
3.2.a	1479	127	2476	450	1698	0,98	30	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
3.3.a	1593	137	2478	550	1592	1,09	35	12	18						12000
4.1.a	1911	164	2175	750	1682	1,28	45	17	26						12000
4.2.a	1479	127	1815	450	2359	0,83	20	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
4.3.a	1605	138	2478	550	1591	1,10	35,5	12	19						12000
5.1.a	1923	165	2297	750	1559	1,34	50,5	17	27						12000
5.2.a	1479	127	2476	450	1698	0,98	30	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
5.3.a	1593	137	2478	550	1592	1,09	35	12	18						12000
6.1.a	1911	164	2175	750	1682	1,28	45	17	26						12000
6.2.a	1479	127	1815	450	2359	0,83	20	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
6.3.a	1605	138	2478	550	1591	1,10	35,5	12	19						12000
7.1.a	1923	165	2297	750	1559	1,34	50,5	17	27						12000
7.2.a	1479	127	2476	450	1698	0,98	30	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
7.3.a	1593	137	2478	550	1592	1,09	35	12	18						12000
8.1.a	1911	164	2175	750	1682	1,28	45	17	26						12000
8.2.a	1479	127	1815	450	2359	0,83	20	10	16	3426	2,34	43	187	3737	12000
8.3.a	1605	138	2478	550	1591	1,10	35,5	12	19						12000
9.1.a	2266	195	2856	1100	633	2,48	90	24	37						12000
9.2.a	1806	155	2899	700	1012	1,56	63,5	15	24	1449	4,41	66	282	5619	12000
9.3.a	2046	176	3170	900	530	2,45	89	20	30						12000

Varianta 1

B.7. Návrh přípravy teplé vody – varianta 1

Stanovení podle ČSN 06 0320.

B.7.1. Potřeba teplé vody

100 osob $n_i = 100$ osoby

uvažovaná plocha pro úklid $n_u = 242,5$ m²

Objem dávky teplé vody v dané periodě V_d [m³]

$V_d = 0,082$ m³ /osoba – umývání, vaření, úklid

$V_d = 0,02$ m³ /100 m² – úklid společných prostor

Potřeba teplé vody pro mytí osob V_o [m³]

$$V_o = n_i \cdot V_d$$

$$V_o = 100 \cdot 0,082 = 8,2 \text{ m}^3$$

Potřeba teplé vody pro mytí a úklid podlah V_u [m³]

$$V_u = n_u \cdot V_d$$

$$V_u = 2,425 \cdot 0,02 = 0,0485 \text{ m}^3$$

Celková potřeba teplé vody V_{2p} [m³ /den]

$$V_{2p2} = V_o + V_u$$

$$V_{2p2} = 8,2 + 0,0485 = 8,2485 \text{ m}^3$$

B.7.2. Stanovení potřeby tepla

Teplo odebrané z ohříváče Q_{2t} [kWh]

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot 8,2485 \cdot (55 - 10) = 431,7 \text{ kWh}$$

V_{2p} potřeba vody [m³ /den]

θ_2 teplota vody výstupu [°C]; $\theta_2 = 55$ °C

θ_1 teplota vody vstupu [°C]; $\theta_1 = 10$ °C

Ztracené teplo Q_{2z} [kWh]

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z$$

$$Q_{2z} = 17,36 \cdot 0,3 = 129,5 \text{ kWh}$$

Celkové teplo dodané do ohříváče Q_{2p} [kWh]

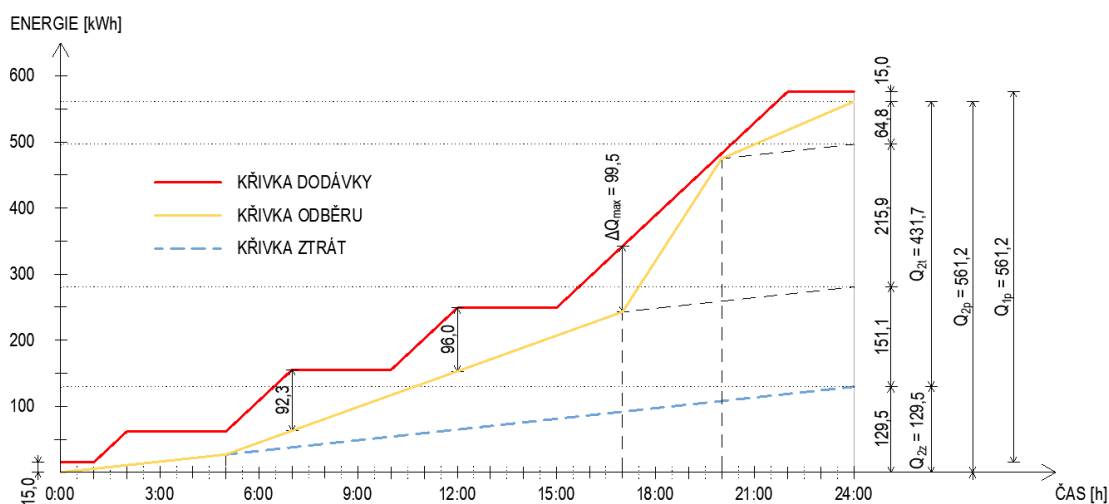
$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z}$$

$$Q_{2p} = 431,7 + 129,5 = 561,2 \text{ kWh}$$

B.7.3. Stanovení křivky odběru tepla

Pro bytové domy udává norma ČSN 06 0320 časové rozložení odběru teplé vody. Rozdělení na časové úseky a podíl spotřeby:

Časový úsek	Podíl spotřeby [%]	Odebrané teplo $Q_{2t,i}$ [kWh]	Celkové teplo $Q_{2p,i}$ [kWh]
5:00 - 17:00	35	151,10	196,42
17:00 - 20:00	50	215,85	280,61
20:00 - 24:00	15	64,76	84,18



Obr. 29 – Křivka odběru teplé vody

B.7.4. Návrh zásobníku

$$\Delta Q_{max} = 99,5 \text{ kWh}$$

Objem zásobníku V_z [m³]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{1,163 \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

$$V_z = \frac{99,5}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 1,9 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon pro zásobníkový ohřev Q_{1n} [kW]

Doba provozu ohřivače je čtyřikrát denně po dobu 1, 2, 2 a 7 hodin, celkem tedy 12 hodin.

$$Q_{1n} = \frac{Q_{1p}}{t}$$

$$Q_{1n} = \frac{561,2}{12} = 46,8 \text{ kW}$$

Δt pro teplotní spád 65/45 °C

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

T_1 teplota přívodu [°C]
 T_2 teplota vratu [°C]
 t_1 teplota studené vody [°C]
 t_2 teplota teplé vody [°C]

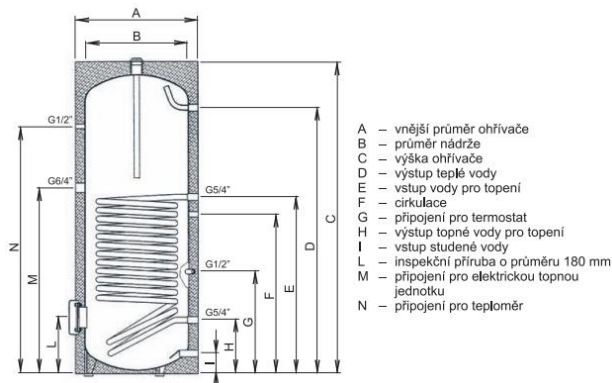
$$\Delta t = \frac{(65-55)-(45-10)}{\ln \frac{(65-55)}{(45-10)}} = 19,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplosměnná plocha

$$A = \frac{Q_{1n}}{U \cdot \Delta t}$$

$$A = \frac{46800}{420 \cdot 19,96} = 5,58 \text{ m}^2$$

Jsou navrženy dva nepřímotopné stacionární zásobník od firmy Quantum typ Q7-1000-ZJV o objemu 1000 l a teplosměnné ploše 4 m², celkový objem tedy 2000 l a celková teplosměnná plocha 8 m².



Obr. 30 – Zásobník Q7-1000-ZJV [53]

B.8. Návrh zdroje tepla – varianta 1

V první variantě je navrženo centrální zásobování teplem, protože se v blízkosti nachází horkovod. Zdroj tepla je navrženo pro polovinu objektu, tedy 3 vchody. Zdroj bude zajišťovat vytápění a přípravu teplé vody. Teplotní spád primárního okruhu 100/60 °C, teplotní spád sekundárního okruhu 65/50 °C.

B.8.1. Vstupní parametry pro návrh

Lokalita: Brno

Venkovní výpočtová teplota: -12 °C

Teplotní spád pro otopnou soustavu: 50/40 °C

Teplotní spád pro ohřev teplé vody: 65/50 °C

Tepelný výkon pro vytápění: 40,92+37,62+37,62 kW (vchod 1+vchod 2+vchod 3)

Tepelný výkon pro ohřev teplé vody: 46,8+46,8+46,8 kW (vchod 1+vchod 2+vchod 3)

B.8.2. Potřebný výkon

$$Q_{PRIP,1} = 0,7 \cdot Q_{TOP} + 0,7 \cdot Q_{VET} + Q_{TV} + Q_{TECH}$$

$$Q_{PRIP,2} = Q_{TOP} + Q_{VET} + Q_{TECH}$$

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{PRIP,1}; Q_{PRIP,2})$$

Q_{TOP} tepelný výkon pro vytápění

Q_{VET} tepelný výkon pro větrání

Q_{TV} tepelný výkon pro přípravu teplé vody

Q_{TECH} tepelný výkon pro technologie

$$Q_{PRIP,1} = 0,7 \cdot (40,92 + 37,62 + 37,62) + 0,7 \cdot 0 + (3 \cdot 46,8) + 0 = 221,71 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP,2} = (40,92 + 37,62 + 37,62) + 0 + 0 = 116,16 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP} = \max(221,71; 116,16) = 221,71 \text{ kW}$$

Navrhuji 2 deskové výměníky, každý o výkonu 120 kW, celkový součtový výkon je 240 kW.

⚙️

Médium 1	Water				
Médium 2	Water				

Výkon	Strana 1		Strana 2	
	120,0	kW		
Vstupní teplota	100,00	°C	50,00	°C
Výstupní teplota	60,00	°C	65,00	°C
Max. tlak. ztráta	20,0	kPa	10,0	kPa

VÝMĚNÍK	DP1	DP2	m S1	m S2
TEPLA	[kPa]	[kPa]	[m³/h]	[m³/h]
B16Hx90	1.60	10.0	2.647	6.992
B28Hx106	1.69	10.4	2.647	6.992
B85Hx140	1.67	10.5	2.647	6.992
B35TM0x40	1.20	7.09	2.647	6.992

Číslo položky	Připojení
16094-040*1	4x2"(54)

SPOČÍTAT

Obr. 31 – Návrh deskového výměníku [54]

PRODUCT SHEET

B35T

The B35T is ideal for many applications in district heating, heat recovery for industry, HVAC, combined heat & power and engine oil cooling. It is the perfect choice for efficient heat transfer with a low pressure drop in systems with up to 2½" piping and 58 m³/h (255 gpm) water flow.



Basic specifications

Maximum number of plates (NoP)	260
Max flow	27 m³/h (118.88 gpm)
Channel volume	0.18/0.18 dm³ (0.0064/0.0064 ft³)
Material	316 stainless steel plates, copper brazing
Weight excl. connections	15.76+(0.256*NoP) kg 34.73+(0.564*NoP) lb

Obr. 32 – Deskový výměník SWEP [55]

B.9. Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí v kotelně – varianta 1

B.9.1. Od patrových R+S k R+S v kotelně (vchod 1) – větev V1

č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	přirozený vztlak [Pa]	Δp_{RV} - byt [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1 + Z - přirozený vztlak + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
Dimenzování okruhu k R+S v 9.NP														
1	6118	526	6,7	28x1,5	62,7	0,3	420,1	2,82	125,6	109,0	12000	303	12740	12740
2	11113	956	5,7	35x1,5	54,3	0,33	309,5	1,12	60,4	109,0	0	0	261	13001
3	16108	1385	5,7	42x1,5	42,1	0,33	240,0	0,90	48,5	109,0	0	0	179	13180
4	21103	1815	5,7	42x1,5	69,1	0,43	393,9	1,12	102,5	109,0	0	0	387	13567
5	26098	2244	5,7	54x1,5	26,6	0,31	151,6	0,90	42,8	109,0	0	0	85	13653
6	31093	2674	5,7	54x1,5	37	0,37	210,9	0,90	61,0	109,0	0	0	163	13816
7	36088	3103	5,7	54x1,5	49,1	0,43	279,9	0,90	82,4	109,0	0	0	253	14069
8	41572	3575	2,4	54x1,5	62,8	0,49	150,7	0,90	107,0	45,9	0	0	212	14281
9	43866	3772	18,7	54x1,5	70,2	0,52	1312,7	8,90	1191,2	57,4	0	27823	30270	44550
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 282 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 21 Pa														
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x58=232 Pa														
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN50 R74M, kv = 35,9 m ³ /h, Δp_{RV} = 1126 Pa														
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, Δp_{RV} = 907 Pa														
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 18,95 m ³ /h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4042 Pa														
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN25, qp = 3,5 m ³ /h, Δp_{RV} = 7000 Pa														
Trojcestný ventil ESBE VRG131 DN25, kv = 10 m ³ /h, autorita 0,33; doplněno servopohonem ESBE ARA661, Δp_{RV} = 14516 Pa														
Dimenzování úseku k R+S v 8.NP														
1-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														
Dimenzování úseku k R+S v 7.NP														
2-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														
Dimenzování úseku k r+s v 6.np														
3-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														
Dimenzování úseku k r+s v 5.np														
4-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														
Dimenzování úseku k r+s v 4.np														
5-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														
Dimenzování úseku k r+s v 3.np														
6-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 2.np														
7-1	5484	472	1,0	28x1,5	51,6	0,27	51,6	19,12	690,0	0,0	12000	245	12987	12987
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp _{RV} = 228 Pa														
KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp _{RV} = 17 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 1.np														
8-1	2294	197	1,2	18x1,2	60,9	0,23	73,08	19,12	500,7	0,0	12000	672	13246	13246
KK DN15 s vestavěným sítkem R701F, kv = 2,5 m ³ /h, Δp _{RV} = 634 Pa														
KK DN15 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp _{RV} = 38 Pa														

Na každém patře je před bytem (patrovým rozdělovačem a sběračem) umístěn regulátor tlakové diference, který udržuje tlakovou ztrátu na straně bytu 12 kPa. Oběhové čerpadlo pro tuto větev V1 je navrženo na nejnepříznivější tlakovou ztrátu, která je tedy k nejbližšímu místu a tím je 9. NP.

B.9.2. Teplá voda pro vchod 1 – větev V5

č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R.1 + Z + Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
Dimenzování okruhu od R+S k zásobníkovému ohřivači TV (65/45)												
1	46800	2012	12,30	42x1,5	79,8	0,47	981,5	8,90	973,2	11653	13608	13608
4x KK DN40 R259D, kv = 105 m ³ /h, Δp _{RV} = 4x38=152 Pa												
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN40 R74M, k _v = 20,8 m ³ /h, Δp _{RV} = 963 Pa												
Zpětný ventil DN40 R60, kv = 24 m ³ /h, Δp _{RV} = 723 Pa												
Vyvažovací ventil DN40 R206B, k _v = 11,21 m ³ /h, 50 otáček, Δp _{RV} = 3315 Pa												
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN20, q _p = 2,5 m ³ /h, Δp _{RV} = 6500 Pa												
Rozdělení průtoku před zásobníkovými ohřivači TV												
1-1	23400	1006	5,45	35x1,5	59	0,35	321,6	4,12	249,8	38	609	14217
1-2	23400	1006	5,45	35x1,5	59	0,35	321,6	4,12	249,8	38	609	14217
4x KK DN25 R259D, kv = 36,3 m ³ /h, Δp _{RV} = 4x37=148 Pa												

B.9.3. Zdroj tepla – primární a sekundární okruh

č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R.1 + Z + Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
Dimenzování okruhu od horkovodní přípojky k deskovému výměníku (100/60) - PRIMÁRNÍ OKRUH												
1	240000	5159	2,45	76x2	17,3	0,36	42,4	13,80	885,3	3328	4256	4256
4x KK DN65 R259D, kv = 240 m ³ /h, Δp _{RV} = 4x49 = 196 Pa												
2-cestný regulační ventil HYDRONIX VSB6 DN50, k _v = 30 m ³ /h, Δp _{RV} = 3132 Pa, autorita 0,46; doplněno elektromechanickým pohonem MVE-210R s havarijní funkcí;												
Rozdělení průtoku před deskovými výměníky												
1-1	120000	2580	1,3	54x1,5	26,4	0,36	34,3	2,82	180,9	2384	2599	6855
1-2	120000	2580	1,3	54x1,5	26,4	0,36	34,3	2,82	180,9	2384	2599	6855
2x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp _{RV} = 2x28=56 Pa												
2-cestný regulační ventil ESBE VLE122 DN40, k _v = 25 m ³ /h, Δp _{RV} = 1128 Pa, autorita 0,43												
Deskový výměník SWEP B35TM0x40, Δp _{RV} = 1200 Pa												

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od R+S k deskovému výměníku (65/50) - SEKUNDÁRNÍ OKRUH												
1	240000	13758	3,80	76x2	141	0,96	535,8	13,80	6295,4	1356	8187	8187
4x KK DN65 R259D, kv = 240 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x339=1356 Pa												
Rozdělení průtoku před deskovými výměníky												
1-1	120000	6879	1,6	54x1,5	218	0,95	348,8	2,82	1259,8	7472	9081	17268
1-2	120000	6879	1,6	54x1,5	218	0,95	348,8	2,82	1259,8	7472	9081	17268
2x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x196=392 Pa												
Deskový výměník SWEP B35TM0x40, Δp_{RV} = 7090 Pa												

B.10. Návrh armatur – varianta 1

B.10.1. Návrh vyvažovacích ventilů

Na všechny větve byly navrženy vyvažovací ventily od firmy Giacomini – statický vyvažovací ventil R206B.

Větev V1 – m = 3772 kg/h, DN50, kv = 18,95 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4042 Pa

Větev V4 – m = 692 kg/h, DN25, kv = 5,03 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 1931 Pa

Větev V5 – m = 2012 kg/h, DN40, kv = 11,21 m³/h, 50 otáček, Δp_{RV} = 3315 Pa



Obr. 33 – Statický vyvažovací ventil R206B [50]

B.10.2. Návrh směšovacích ventilů

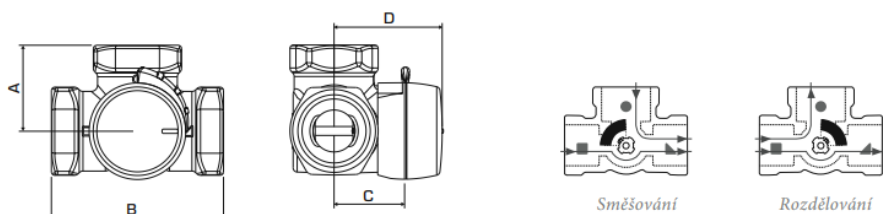
Na větve určené pro vytápění byly navrženy trojcestné směšovací ventily od firmy ESBE typ VRG 131, každý směšovací ventil bude doplněn o servopohon od firmy ESBE typ ARA661.

Větev V1 – m = 3772 kg/h, DN25, kv = 10 m³/h, Δp_{RV} = 14516 Pa, autorita 0,33

Větev V4 – m = 692 kg/h, DN20, kv = 2,5 m³/h, Δp_{RV} = 7818 Pa, autorita 0,4

OTOČNÉ SMĚŠOVACÍ VENTILY

SMĚŠOVACÍ VENTILY ŘADA VRG130



Zploštělý konec hřídele srdce ventilu, stejně jako ukazatel knoflíku indikuje otevřenou pozici

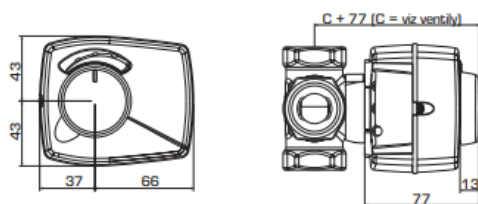
OTOČNÉ SMĚŠOVACÍ VENTILY ŘADY VRG131, VNITŘNÍ ZÁVIT

Obj. č.	Označení	DN	Kvs *	Připojení	A	B	C	D	Hmot. [kg]	Nahrazuje	Pozn.
1160 01 00	VRG131	15	0.4	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	—	
1160 02 00	VRG131	15	0.63	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-0.6	
1160 03 00	VRG131	15	1	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-1.0	
1160 04 00	VRG131	15	1.63	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-1.6	
1160 05 00	VRG131	15	2.5	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-2.5	
1160 06 00	VRG131	15	4	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-4	
1160 07 00	VRG131	20	2.5	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	—	
1160 08 00	VRG131	20	4	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	3 MG 20-4	
1160 09 00	VRG131	20	6.3	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	3 MG 20-6.3	
1160 10 00	VRG131	25	6.3	Rp 1"	41	82	34	52	0.70	3 MG 25-6.3	
1160 11 00	VRG131	25	10	Rp 1"	41	82	34	52	0.70	3 MG 25-12	
1160 12 00	VRG131	32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	0.95	3 MG 32-16	
1160 13 00	VRG131	40	25	Rp 1 1/2"	58	116	44	62	1.75	3 G 40-28	
1160 14 00	VRG131	50	40	Rp 2"	62	125	44	62	2.05	3 G 50-44	

Obr. 34 – Směšovací ventily ESBE VRG 131 [56]

OTOČNÉ SMĚŠOVACÍ VENTILY

SERVOPOHONY ŘADA ARA600 S 3-BODOVÝM ŘÍZENÍM



Instalační rozměry pro servopohony řady ARA600 s ventily VRG100, VRG200, VRG300 a VRB100

ŘADA ARA600, 3-BOD. 230VAC

Obj. číslo	Označení	Napájení [VAC]	Doba běhu 90° [s]	Řídicí signál *	Krouticí moment [Nm]	Poznámka
1210 11 00	ARA641	230	30	3-bod. SPDT	6	1)
1210 16 00	ARA642					
1210 12 00	ARA651	230	60	3-bod. SPDT	6	1)
1210 17 00	ARA652					
1210 13 00	ARA661	230	120	3-bod. SPDT	6	1)
1210 18 00	ARA662					
1210 14 00	ARA671	230	240	3-bod. SPDT	6	1)
1210 19 00	ARA672					
1210 15 00	ARA691	230	120/240/480/1200	3-bod. SPDT	6	1)
1210 20 00	ARA692					

* 3-bod. SPDT = Jeden kontakt, dva směry Pozn. 1) S přidávaným mikrospínačem

Obr. 35 – Servopohon ESBE ARA661 [57]

B.10.3. Návrh kalorimetrů

Na všechny větve byly navrženy ultrazvukové kompaktní měřiče tepla SHARKY 775.

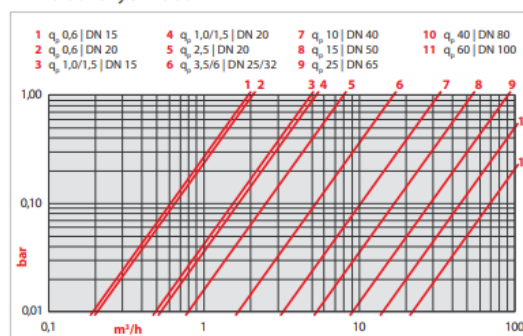
Větev V1 – $m = 3772 \text{ kg/h}$, DN25, $q_p = 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 7000 \text{ Pa}$

Větev V4 – $m = 692 \text{ kg/h}$, DN15, $q_p = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 2100 \text{ Pa}$

Větev V5 – $m = 2012 \text{ kg/h}$, DN20, $q_p = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 6500 \text{ Pa}$



Křivka tlakových ztrát



		Sharky 775										
Jmenovitá světlost	DN	mm	15	15	20	25	25	40	50	65	80	100
Jmenovitý průtok	q_p	m^3/h	0,6	1,5	2,5	3,5	6	10	15	25	40	60/100
Stavební délka		mm	110	110	130	260	260	300	270	300	300	360
Závit		inch	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{4}$	2	příruba	příruba	příruba	příruba
Rozběhový průtok		l/h	1	2,5	4	7	7	20	40	50	80	120
Maximální průtok		m^3/h	1,2	3	5	7	12	20	30	50	80	120
PN		bar	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Max. teplota (měřič tepla)		$^{\circ}\text{C}$	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150

Obr. 36 – Ultrazvukový měřič tepla SHARKY775 a jeho charakteristiky [52]

B.10.4. Návrh regulačního ventilu

Na primární okruh před každý deskový výměník byl navržen regulační ventil od firmy ESBE, typ VLE 122, DN40, $kv = 25 \text{ m}^3/\text{h}$, $m = 3439 \text{ kg/h}$, $\Delta p_{RV} = 2053 \text{ Pa}$, autorita 0,45.

2-cestné zdvihové ventily řada VLE 122, PN 16, max. teplota 150 $^{\circ}\text{C}$

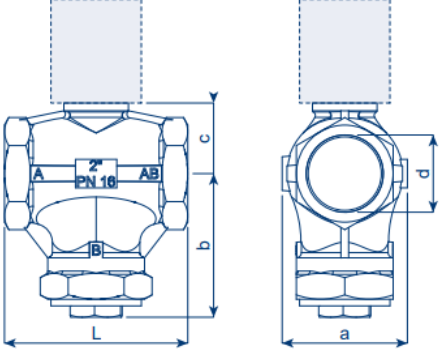
Obj. číslo	Typ	Připojení	DN (mm)	Kvs (m^3/hod)
21250100	VLE 122	G 1"	15	0,25
21250200	VLE 122	G 1"	15	0,4
21250300	VLE 122	G 1"	15	0,63
21250400	VLE 122	G 1"	15	1
21250500	VLE 122	G 1"	15	1,6
21250600	VLE 122	G 1"	15	2,5
21250700	VLE 122	G 1"	15	4
21250800	VLE 122	G 1 1/4"	20	6,3
21250900	VLE 122	G 1 1/2"	25	10
21251000	VLE 122	G 2"	32	16
21251100	VLE 122	G 2 1/4"	40	25
21251200	VLE 122	G 2 3/4"	50	36

Obr. 37 – 2-cestné zdvihové ventily VLE 122 [58]

B.10.5. Návrh regulačního ventilu s havarijní funkcí

Na primární okruh před deskové výměníky byl navržen regulační ventil od firmy HYDRONIX typ VSB8 DN50, kv = 30 m³/h, m = 5159 kg/h, ΔpRV = 3132 Pa, autorita 0,46; regulační ventil je doplněn elektromechanickým pohonem MVE-210R s havarijní funkcí.

model	DN	Kvs	rozměry [mm]					hmotnost [kg]
			Ø d	L	a	b	c	
2TGB15FR00	15	0,4	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
2TGB15FR0	15	0,63	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
2TGB15FR1	15	1,0	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
2TGB15FR2	15	1,6	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
2TGB15FR3	15	2,5	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
2TGB15F	15	4,0	G ½"	76,5	50	34	29	0,8
VSB3	20	6,3	G ¾"	85	54	79	34,5	1,1
VSB4	25	10	G 1"	95	62	83	39,5	1,5
VSB5	32	16	G 1¼"	108	70	90	43,5	2
VSB6	40	25	G 1½"	122	84	98	51	2,7
VSB8	50	30	G 2"	142	97	111	54,5	4
VSB9	65	48	G 2½"	154	97	111	54,5	4



Obr. 38 – Regulační ventily HYDRONIX [59]

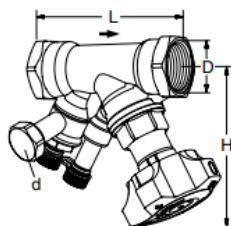
označení *	pohony bez havarijní funkce				pohony s havarijní funkcí		
	MVE 206(S)	MVE 210(S)	MVE 215(S)	MVE 222	MVE 206(S)R	MVE 210(S)R	MVE 215(S)R
napájecí napětí	230 V~ ±10%, 50–60 Hz				230 V~ ±10%, 50–60 Hz		
pracovní příkon	13 VA	18 VA	21 VA	25 VA	13 VA	18 VA	21 VA
příkon při nabíjení kondenzátorů	-	-	-	-	32 VA (max. 300 s)		
zaručený počet uzavření havarijní funkcí	-	-	-	-	1000		
velikost zdroje	20 VA	30 VA	50 VA	80 VA	50 VA	60 VA	80 VA
ovládací síla	600 N	1000 N	1500 N	2200 N	600 N	1000 N	1500 N
pracovní zdvih	5–60 mm, (5–32 mm zkrácená verze „S“)				5–60 mm, (5–32 mm zkrácená verze „S“)		
	rychlost přeběhu				rychlost přeběhu a havarijní funkce		
spojitě 5–14,9 mm	15 s	15 s	15 s	60 s	1,1 s/mm	1,1 s/mm	1,1 s/mm
spojitě 15–24,9 mm	20 s	20 s	20 s	60 s	1,1 s/mm	1,1 s/mm	1,1 s/mm
spojitě 25–39,9 mm	25 s	25 s	25 s	60 s	1,1 s/mm	1,1 s/mm	1,1 s/mm
spojitě 40–60 mm	30 s	30 s	30 s	60 s	1,1 s/mm	1,1 s/mm	1,1 s/mm
3-bodové řízení	60 s	60 s	60 s	60 s	60 s	60 s	60 s
zatěžovatel	max. 50% / 60 minut				max. 50% / 60 minut		
hmotnost	1,7 kg				1,6 kg		

Obr. 39 – Servopohony k regulačním ventilům HYDRONIX [60]

B.10.6. Návrh regulátoru tlakové difference a řídicího ventilu

Na primární okruh byl navržen regulátor tlakové difference od firmy IMI HYDRONIC, STAP v kombinaci s vyvažovacím ventilem STAD. Tlakové ztráta vyvažovacího ventilu se započítává do tlakové ztráty soustavy pro zvýšení tlakové difference. Neznáme přesné tlakové poměry v místě napojení, regulátor tlakové difference je navržen pouze orientačně podle hmotnostního průtoku $m = 5156 \text{ kg/h}$ a požadované tlakové difference $\Delta p = 6,855 + 21,688 = 28,543 \text{ kPa}$.

Vyvažovací ventil STAD - DN50, $m = 5159 \text{ kg/h}$, $kv = 11,4 \text{ m}^3/\text{h}$, 2 otáčky, $\Delta p_{RV} = 21688 \text{ Pa}$



S vypouštěním

Vnitřní závit.

Závity dle ISO 228. Délka závitů dle ISO 7/1.

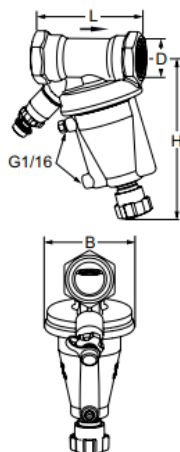
DN	D	L	H	Kvs	Kg	Objednací č.
d = G3/4						
10*	G3/8	73	100	1,36	0,53	52 851-610
15*	G1/2	84	100	2,56	0,56	52 851-615
20*	G3/4	94	100	5,39	0,64	52 851-620
25	G1	105	105	8,59	0,77	52 851-625
32	G1 1/4	121	110	14,2	1,1	52 851-632
40	G1 1/2	126	120	19,3	1,5	52 851-640
50	G2	155	120	32,3	2,1	52 851-650

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. 40 – Vyvažovací ventil STAD a jeho charakteristiky [61]

Regulátor tlakové diference STAP DN50, $m = 5159 \text{ kg/h}$, $\Delta p = 28,543 \text{ Pa}$



Vnitřní závit

Kapilára 1m a přechodky G1/2" a G3/4" jsou součástí dodávky.

DN	D	L	H	B	Kv_m	q_{max} [m ³ /h]	Kg	Objednací č.
5-25 kPa								
15*	G1/2	84	137	72	1,4	1,0	1,1	52 265-115
20*	G3/4	91	139	72	3,1	2,2	1,2	52 265-120
10-40 kPa								
32	G1 1/4	133	179	110	8,5	6,0	2,6	52 265-132
40	G1 1/2	135	181	110	12,8	9,1	2,9	52 265-140
10-60 kPa								
15*	G1/2	84	137	72	1,4	1,0	1,1	52 265-015
20*	G3/4	91	139	72	3,1	2,2	1,2	52 265-020
25	G1	93	141	72	5,5	3,9	1,3	52 265-025
20-80 kPa								
32	G1 1/4	133	179	110	8,5	6,0	2,6	52 265-032
40	G1 1/2	135	181	110	12,8	9,1	2,9	52 265-040
50	G2	137	187	110	24,4	17,3	3,5	52 265-050

Obr. 41 – Regulátor tlakové diference STAP [62]

B.11. Návrh oběhových čerpadel – varianta 1

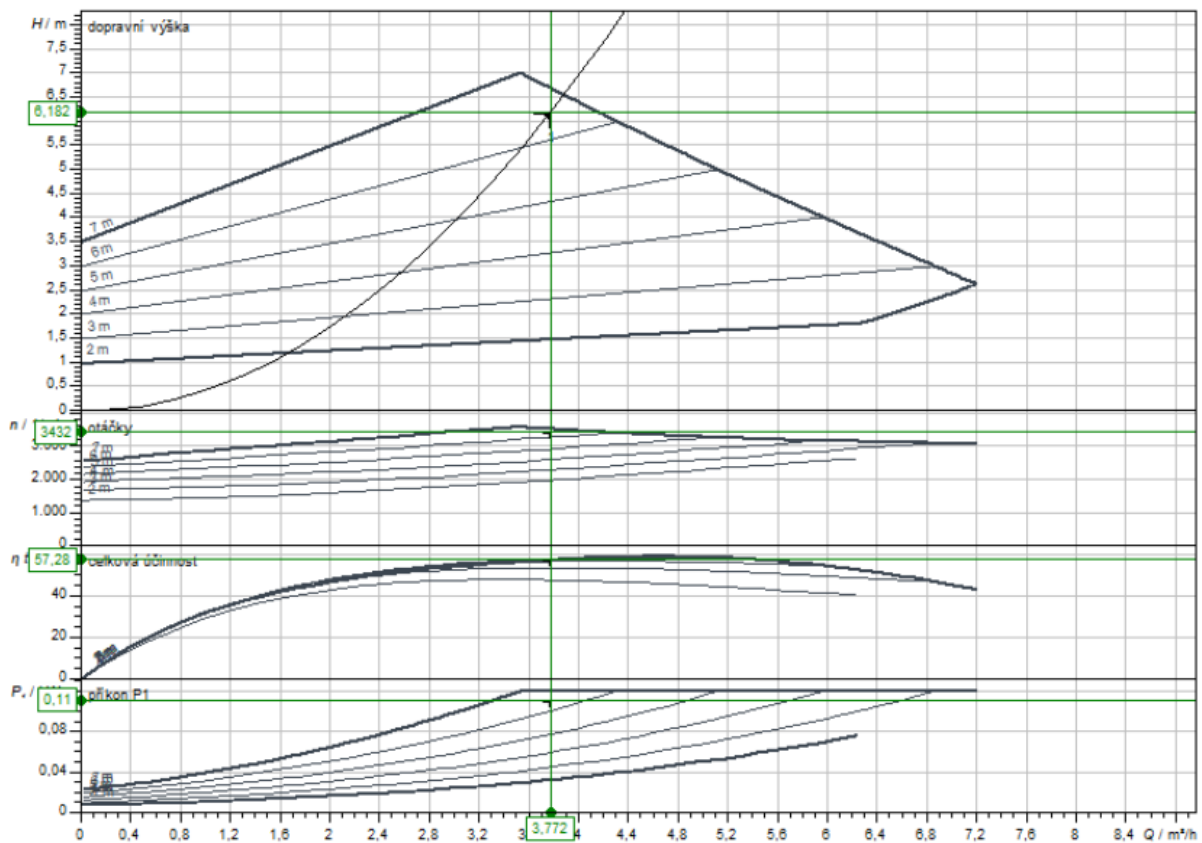
Na všechny větve byla navržena oběhová čerpadla od firmy Wilo.

B.11.1. Čerpadlo pro větev V1

Hmotnostní průtok 3,772 m³/h

Tlaková ztráta 17,268+44,550 = 61,818 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10



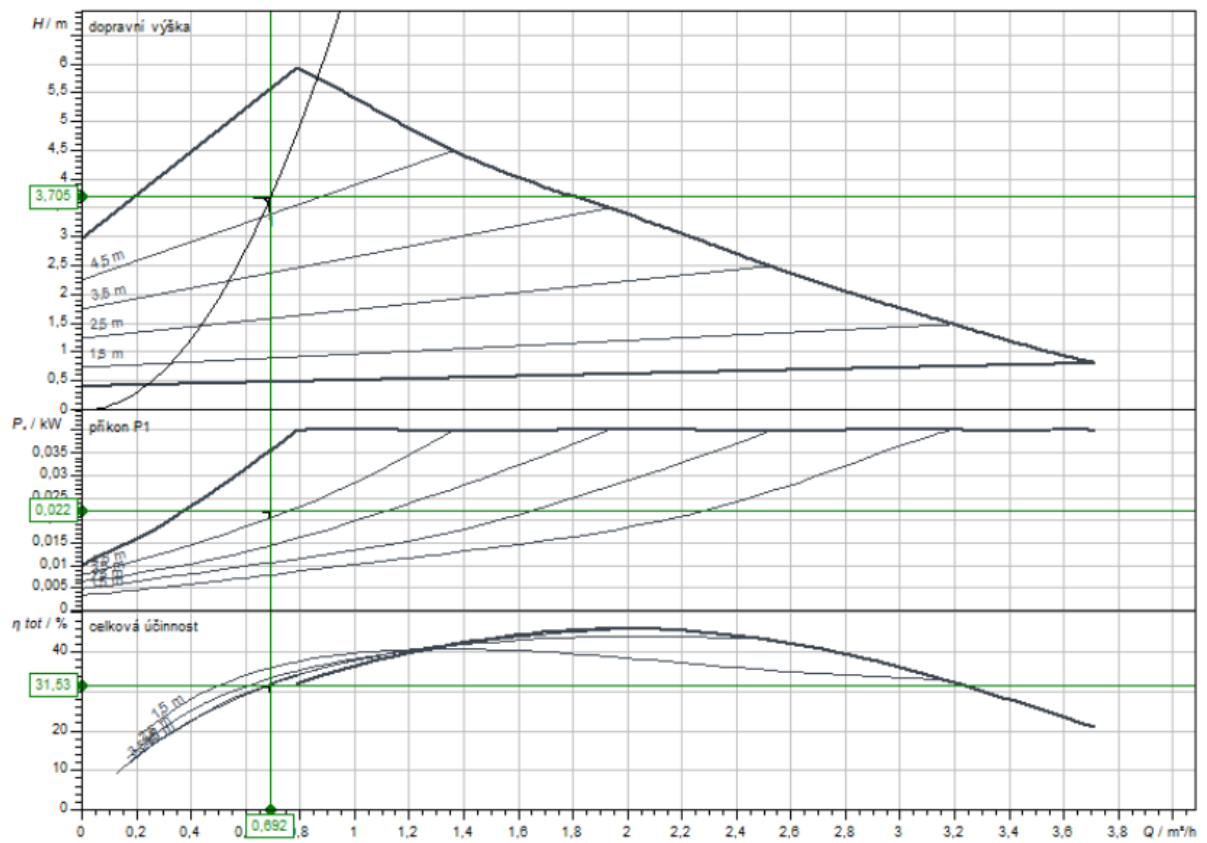
Obr. 42 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V1 [63]

B.11.2. Čerpadlo pro větev V4

Hmotnostní průtok 0,692 m³/h

Tlaková ztráta 17,268+19,780 = 37,048 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Stratos PICO 15/0,5-6



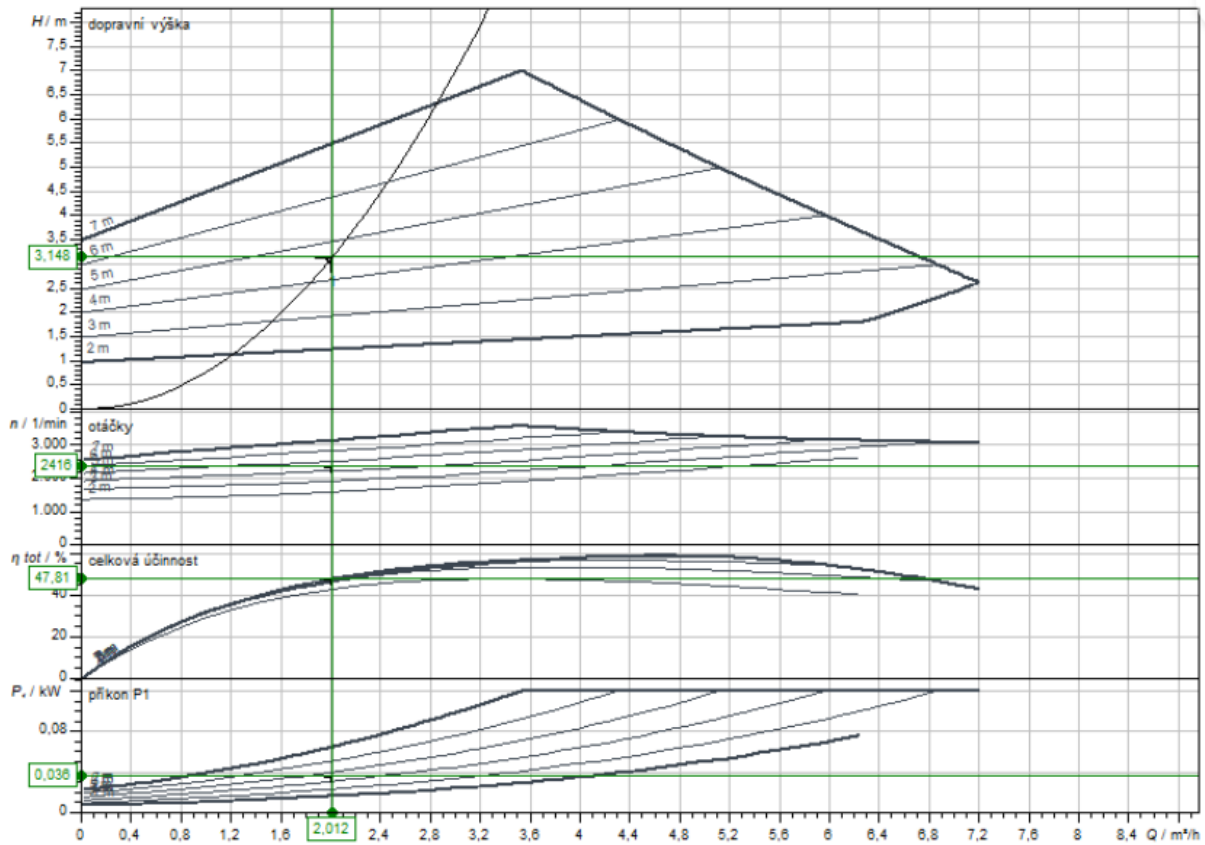
Obr. 43 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V4 [63]

B.11.3. Čerpadlo pro větev V5

Hmotnostní průtok 2,012 m³/h

Tlaková ztráta 17,268+14,217 = 31,485 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10



Obr. 44 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V5 [63]

B.12. Návrh dalších zařízení – varianta 1

B.12.1. Návrh rozdělovače a sběrače

Pro objekt je navrženo 5 větví – pro vytápění vchod 1, pro vytápění a přípravu teplé vody vchod 2, pro vytápění a přípravu teplé vody vchod 3, pro vytápění společných prostor, pro přípravu teplé vody vchod 1, navrhuji kombinovaný rozdělovač a sběrač RS KOMBI od firmy ETL.

Průtok soustavy je 17,5 m³/h, navrhuji RS KOMBI modul 150, maximální průtok 23 m³/h. Osová vzdálenost jednotlivých větví 200 mm.

TABULKA UVÁDÍ POUZE ORIENTAČNÍ VÝKONOVÉ PARAMETRY! VŽDY ZÁLEŽÍ NA ROZMÍSTĚNÍ HRDEL!								
Q _{max} = [m ³ /hod]	6	10	15	23	42	65	95	130
do výkonu [kW] při Δt=20	120	250	350	550	1000	1500	2100	3000
MODUL	80	100	120	150	200	250	300	350
Průtok, průřez komor S _p (m ²)	0,0019	0,0028	0,0040	0,0070	0,0114	0,0176	0,0271	0,0380
Max. délka (m)	1,5	2,0	3,0					

Těla všech RS KOMBI standardně PN 0,6 MPa, teplota 110 °C

Obr. 45 – Rozdělovač a sběrač ETL [64]

B.12.2. Návrh armatury pro doplňování vody

Pro doplňování vody do soustavy volím připojovací skupinu Fillset Impuls 0,8 od firmy Reflex. Součástí armatury je systémový oddělovač typu BA s integrovaným filtrem, uzávěry na vstupní a výstupní straně a vodoměr s výstupem impulzů.



Obr. 46 – Fillset Impuls 0,8 [65]

B.12.3. Návrh armatury pro úpravu doplňované vody

Pro úpravu doplňované vody je navržen Fillsoft I. od firmy Reflex.



Obr. 47 – Fillsoft I [66]

B.13. Návrh zabezpečovacích zařízení

Z důvodu objemových změn v soustavě je nutné navrhnout expanzní zařízení. Z důvodu velkého objemu topné vody v otopné soustavě navrhuji čerpadlový expanzní automat Variomat – řídicí jednotku VS 2-1/60 se základní nádobou VG 300 o objemu 300 l, který udržuje tlak, odplyňuje a doplňuje vodu do soustavy. Expanzní automat je připojen na vratné potrubí k deskovým výměníkům. Minimální provozní přetlak je 270 kPa, maximální provozní přetlak je 500 kPa, otevírací přetlak pojistných ventilů je 500 kPa. Na výstupní potrubí z každého deskového výměníku je navržen pojistný ventil DUCO 1 1/2“ × 2“.

B.13.1. Návrh expanzní nádoby

OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]			
DRUH ZAŘÍZENÍ	OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍCH [l]
DESKOVÝ VÝMĚNÍK	1,8	2	3,6
R+S	35	1	35
ZÁSOBNÍK TV	50	6	300
CELKOVÝ OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]			338,6

OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]				
	DIMENZE	OBJEM NA 1 m POTRUBÍ [l]	DÉLKA POTRUBÍ [m]	OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]
UHLIKOVÁ OCEL IVAR	15x1,2	0,125	109,7	13,68
	18x1,2	0,191	39,8	7,61
	22x1,5	0,284	7,2	2,04
	28x1,5	0,491	118,0	57,92
	35x1,5	0,804	49,8	40,05
	42x1,5	1,195	71,1	84,94
	54x1,5	2,043	117,8	240,64
PEX-AL-PEX	76x2	4,072	129,4	526,85
	16x2,0	0,113	3083,7	348,76
	18x2,0	0,154	1603,5	246,84
	20x2,0	0,201	688,8	138,49
CELKOVÝ OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]				1707,82

OT - BYTY - VCHOD 1			
TYP OTOPNÉHO TĚLESA	OBJEM VODY V TĚLESE [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V TĚLESECH [l]
RADIK 21 VK/VKL - 500/1200	6,12	17	104,04
RADIK 21 VK/VKL - 500/1100	5,61	17	95,37
RADIK 21 VK/VKL - 500/1400	7,14	3	21,42
RADIK 21 VK/VKL - 500/1600	8,16	3	24,48
RADIK 22 VK/VKL - 500/1400	7,14	1	7,14
RADIK 21 VK/VKL - 400/1200	5,28	14	73,92
RADIK 21 VK/VKL - 400/1100	4,84	20	96,8
RADIK 21 VK/VKL - 500/900	4,59	6	27,54
RADIK 22 VK/VKL - 500/1100	5,61	1	5,61
RADIK 22 VK/VKL - 500/1000	5,1	1	5,1
KLCM 450/1500	5,7	7	39,9
KLCM 500/1220	4,8	3	14,4
KLCM 450/1220	4,5	13	58,5
KLCM 500/1500	6,1	2	12,2
CELKOVÝ OBJEM VODY V OT [l]			586,42

OT - SPOLEČNÉ PROSTORY - VCHOD 1			
TYP OTOPNÉHO TĚLESA	OBJEM VODY V TĚLESE [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V TĚLESECH [l]
RADIK 21 VK/VKL - 500/1200	6,12	1	6,12
RADIK 21 VK/VKL - 400/700	3,08	2	6,16
RADIK 33 VK/VKL - 500/1400	10,64	1	10,64
CELKOVÝ OBJEM VODY V OT [l]			22,92

OT - SPOLEČNÉ PROSTORY - VCHOD 2 = VCHOD 3			
TYP OTOPNÉHO TĚLESA	OBJEM VODY V TĚLESE [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V TĚLESECH [l]
RADIK 21 VK/VKL - 500/1200	6,12	1	6,12
RADIK 21 VK/VKL - 500/1100	5,61	1	5,61
RADIK 21 VK/VKL - 500/900	4,59	2	9,18
CELKOVÝ OBJEM VODY V OT [l]			20,91

Celkový objem vody v soustavě je $338,6+1707,82+3 \times 586,42+22,92+20,91+20,91 = 3870,4$ l.

Vstupní parametry

Výška otopné soustavy:	24,0 m
Maximální teplota v soustavě:	65 °C
Výška manometrické roviny:	2,0 m
Celkový výkon deskových výměníků:	240 kW

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$$

V_e expanzní objem [m³]

V_o objem vody v soustavě [m³]

n koeficient tepelné roztažnosti

$$V_e = 1,3 \cdot 3,8074 \cdot 0,01949 = 0,098065 \text{ m}^3$$

Nejnižší dovolený provozní přetlak

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g + \Delta p_z$$

p_{ddov} nejnižší dovolený přetlak [kPa]

h výška mezi neutrálním bodem a nejvyšším místem soustavy [m]

ρ hustota vody [kg/m³]

g tíhové zrychlení [m/s²]

Δp_z tlaková ztráta soustavy mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem ve směru proudění [kPa]

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 24 \cdot 1000 \cdot 9,81 + 0 = 258,984 \text{ kPa}$$

Volím: $p_a = 270 \text{ kPa} \geq p_{ddov} = 258,984 \text{ kPa}$

Nejvyšší dovolený přetlak soustavy

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g)$$

p_{hdov} nejvyšší dovolený přetlak [kPa]

p_k nejmenší konstrukční přetlak prvku v soustavě

h_{MR} výška manometrické roviny [m]

$$p_{hdov} \leq 600 - (1,5 \cdot 1000 \cdot 9,81) = 585,285 \text{ kPa}$$

Volím: $p_h = 500 \text{ kPa} \leq p_{hdov} = 585,285 \text{ kPa}$

Maximální konstrukční přetlaky prvků v soustavě

pk - maximální konstrukční přetlak	
OT - desková	10 bar
OT - trubková	10 bar
potrubí - uhlíková ocel + spoje	10 bar
potrubí - pex-al-pex + spoje	10 bar
ohřivač TV	10 bar
oběhové čerpadlo	10 bar
deskový výměník	50 bar
expanzní nádoba	6 bar

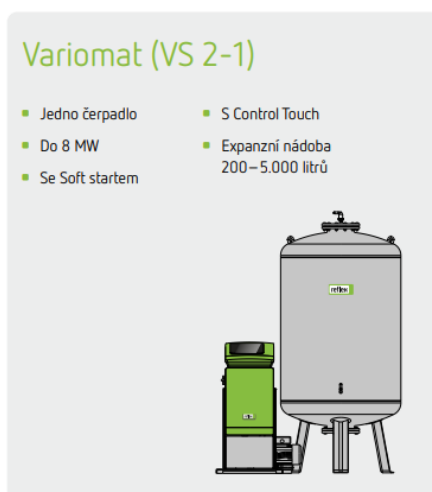
Objem expanzní nádoby

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_h + 100}{p_h - p_d}$$

p_h nejvyšší provozní přetlak [kPa]

p_d nejnižší provozní přetlak [kPa]

$$V_{ep} = 0,098065 \cdot \frac{500 + 100}{500 - 270} = 0,256 \text{ m}^3 = 256 \text{ l}$$

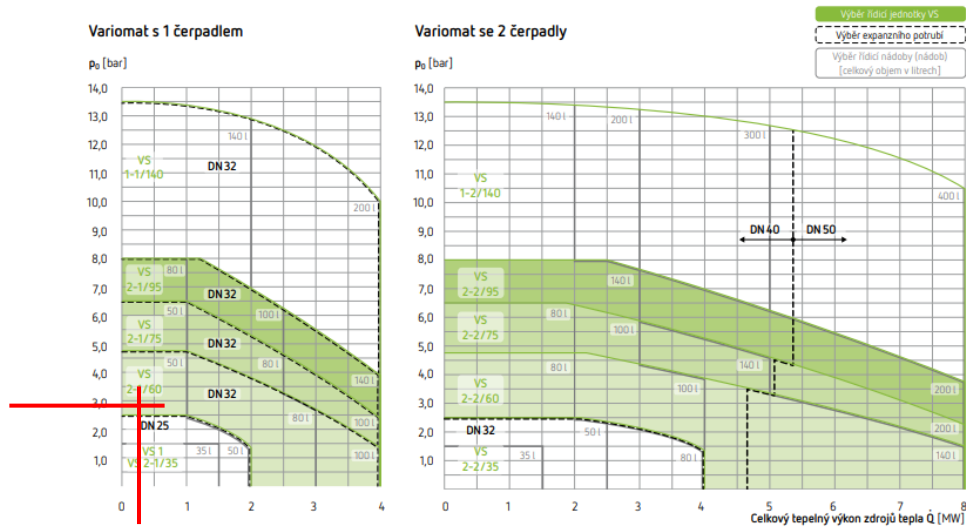


Obr. 48 – Expanzní automat Variomat – zařízení na udržování tlaku, odplynování a doplňování [67]

Výběr a výpočet

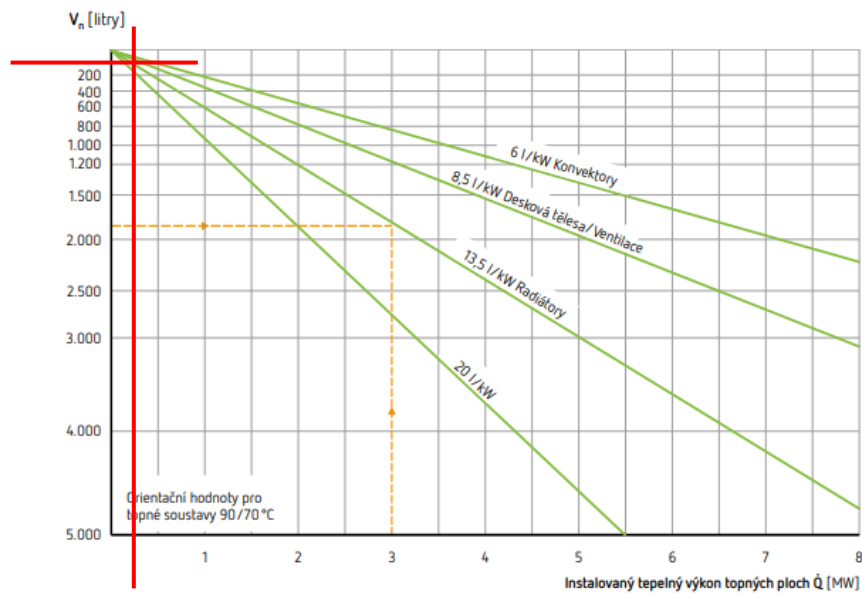
pro topné soustavy s výstupní větví do 120 °C

Výběr řídicí jednotky Variomat & řídicí nádoby Reflex



Obr. 49 – Výběr řídicí jednotky Variomat [67]

Návrh nádob Variomat



Obr. 50 – Návrh nádob Variomat [67]

Navrhuji čerpadlový expanzní automat Variomat – řídicí jednotku VS 2-1/60. Dle zjednodušeného návrhu od výrobce objem základní nádoby 120 l, dle výpočtu expanzní nádoby objem 256 l. Navrhuji základní nádobu VG300 o jmenovitém objemu 300 l a maximálním využitelném objemu 270 l.

Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60, pro udržování tlaku, odplynování a doplňování, 10 bar

Číslo výrobku: 8910200

reflex

Thinking solutions.



Podrobnosti

Typ	VS 2-1/60
Řídicí jednotka	vedle stojící
Max. dovol. provozní teplota	70 °C
Dovol. provozní teplota – zdroj	105 °C
max. dovol. provozní tlak	10 bar
Max. nastavený tlak p ₀	4,8 bar
Max. hladina akustického tlaku	55 dB(A)
Stupeň ochrany	IP 54
Elektrická přípojka	230V/50Hz
Připojení expanzního potrubí	Rp 1"
Připojení doplňování	Rp 1/2"
Elektrický příkon	1,10 kW
Max. výška	921 mm
Šířka	470 mm
Hloubka	572 mm
Hmotnost	36,90 kg

Obr. 51 – Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60 [68]

Reflex Variomat základní nádoba VG 300, pro expanzní automaty Variomat, šedá, 6 bar

Číslo výrobku: 8600111

reflex

Thinking solutions.



Podrobnosti

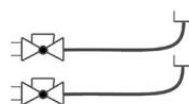
Typ	VG 300
Barva	šedá
Jmenovitý objem	300 l
Max. využitelný objem	270 l
Max. přípustná teplota soustavy	110 °C
Max. dovol. provozní teplota	70 °C
max. dovol. provozní tlak	6 bar
Připojení	G 1"
Průměr	634 mm
Max. výška	1357 mm
Výška přípojky vody	146 mm
Sklopný rozměr cca	1364 mm
Hmotnost	55,20 kg

Obr. 52 – Reflex Variomat základní nádoba VG 300 [69]

Variomat-připojovací souprava



Připojovací souprava Variomat



2 připojovací hadice
G 1" x G 1" s uzávěrem
se zajištěním

Připojovací souprava Variomat pro jednočtrpadlové zařízení



2 připojovací hadice
G 1 1/4" x G 1"

Připojovací souprava Variomat pro dvoúčtrpadlové zařízení

Obr. 53 – Připojovací souprava [67]

Expanzní potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

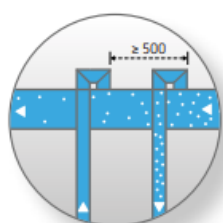
Q_p pojistný výkon [kW]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 240^{0,5} = 19,3 \text{ mm}$$

Dle výpočtu DN20, dle návrhu z grafu DN32 volím expanzní potrubí DN32.

Připojení

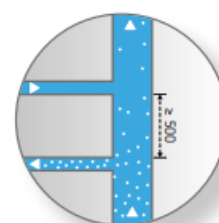
Aby se zabránilo přímému vnikání hrubých nečistot do Variomatu, musí být připojovací potrubí napojeno do hlavního potrubí shora, z boku nebo zespodu jako vnořené potrubí. Musí být dodržena minimální vzdálenost 500 mm mezi napojovacími body.



Shora



Zespodu
jako vnořené



Z boku
(je možná vodorovná i svislá montáž)



Obr. 54 – Připojovací souprava [67]

B.13.2. Návrh pojistných ventilů

Pro ochranu zařízení proti překročení nejvyššího povoleného přetlaku se navrhují pojistné ventily u zdrojů tepla, tyto ventily nesmí být odděleny od zdroje tepla uzavírací armaturou. Pro deskový výměník s teplotním spádem na straně primární straně 100/70 °C uvažují s vznikem směsi páry a vody, posuzují jako skupinu A2.

Vstupní parametry pro návrh:

Výkon zdroje (1 výměník):	120 kW
Nejvyšší dovolený přetlak:	500 kPa
Konstanta syté páry K:	1,12 kW/mm ²

Předběžně navrhují pojistný ventil DUCO 1 1/2“ × 2“, 500 kPa

výtokový součinitel ventilu α_v :	0,549
průřezová plocha je:	1017 mm ²
součinitel zvětšení sedla a:	1,36

Minimální průřez sedla pojistného ventilu

$$A_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_d}}$$

Q_p pojistný výkon [kW], v případě skupiny A2, $Q_p = 2 \cdot Q_n = 2 \cdot 120 = 240 \text{ kW}$

Q_n jmenovitý výkon zdroje [kW], $Q_n = 120 \text{ kW}$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 2 \cdot 120}{0,549 \cdot \sqrt{500}} = \mathbf{39,1 \text{ mm}^2}$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{39,1}{\pi}} = \mathbf{7,06 \text{ mm}}$$

$$d_0 = a \cdot d_i$$

$$d_0 = 1,36 \cdot 7,06 = \mathbf{9,6 \text{ mm}}$$

Vnitřní průměr pojistného ventilu

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{240} = \mathbf{36,69 \text{ mm}}$$

Navržený pojistný ventil má jmenovitou světlost DN 40 mm. Navržený pojistný ventil vyhovuje.

B.14. Návrh tepelné izolace – varianta 1

Návrh i výpočet tepelné izolace rozvodů potrubí byl proveden pomocí výpočetního programu „Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací“ na www.tzb-info.cz. Program pracuje v souladu s vyhláškou č. 193/2007.

Tloušťka tepelné izolace může být v případě potrubí vedeného uvnitř budovy v podlaze nebo ve zdi snížena na polovinu.

Potrubí z uhlíkové oceli, které je vedeno ve společných prostorech, bude izolováno izolací Rockwool PIPO ALS.

Potrubí z pex-al-pex, které je použito v bytech, je vedeno v soklových lištách, vzduch obklopující trubku uzavřenou pod soklovou lištou tvoří izolaci, tudíž nenavrhují tepelnou izolaci potrubí.

rozměr potrubí	teplotní spád	teplota okolí	součinitel přestupu tepla izolovaného potrubí	určující součinitel přestupu tepla	tl. izolace	tl. izolace + potrubí	typ	posouzení
Dxt [mm]	[°C/°C]	ti [°C]	U [W/(m2.K)]	Uo [W/(m2.K)]	[mm]	[mm]		
15x1,2	50/40	10	0,143	0,15	25	65	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
18x1,2		10	0,144	0,15	30	78	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		10	0,16	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
28x1,5		10	0,159	0,18	40	108	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5		10	0,18	0,18	40	115	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		10	0,261	0,27	25	92	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		10	0,234	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5	65/45	15	0,164	0,18	50	135	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		15	0,241	0,27	30	102	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	65/50	15	0,24	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		10	0,3	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,302	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	100/60	15	0,252	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,317	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje

Izolace

-- Vlastní hodnoty --

Rozměry izolace

Tloušťka $s_{iz} = 15$ mm

Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.04$ W / m K

Trubka

-- Vlastní hodnoty --

Rozměry trubky

Průměr $d = 15$ mm

Tloušťka stěny $s_t = 1$ mm

Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K

Rozsah provozních teplot: není uveden

Potrubí	
Teplota média	$t_{in} = 70$ °C
Teplota v okolí potrubí	$t_{out} = 20$ °C
Relativní vlhkost vzduchu	$\phi = 85$ % ???
Teplota rosného bodu	$t_w = 13.6$ °C
Součinitel přestupu tepla	
na vnějším povrchu	$\alpha_e = 10$ W / m ² K
Délka potrubí	$l = 1$ m

Určující souč. přestupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 10 - DN 15 => $U_{o,193/2007} = 0.15$ W / m K
Součinitel přestupu tepla izolovaného potrubí	$U_o = 0.197 \leq 0.15$ W / m K => NEVYHOVUJE (peřil'čná tl. izolace = 28.4 mm)
Povrchová teplota izolovaného potrubí	$t_{p,iz} = 27$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	$q_p = 23.6$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací	$q_{iz} = 9.8$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí	58 %
Sřední spotřeba izolace	0.0942 m ² - platí pro plošnou izolaci

Obr. 55 – Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [70]

B.15. Návrh dilatace potrubí – varianta 1

Rozdílem teploty otopné vody a prostředí dochází k délkové roztažnosti potrubí, tuto roztažnost je nutné kompenzovat, aby nevznikaly poruchy v systému. Kompenzace je umožněna, když dochází ke změně směru potrubí, aby byla umožněna dilatace musí být dodržena vzdálenost L_B , která je vzdáleností od změny směru potrubí po pevný bod (pevný bod neumožňuje posun potrubí). Pro delší úseky se navrhují kompenzátory tvaru „U“.

Délková roztažnost Δl [mm]

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

α součinitel teplotní roztažnosti [mm/(m.K)]; pro měď $\alpha=0,011$ mm/(m.K)

l délka potrubí [m]

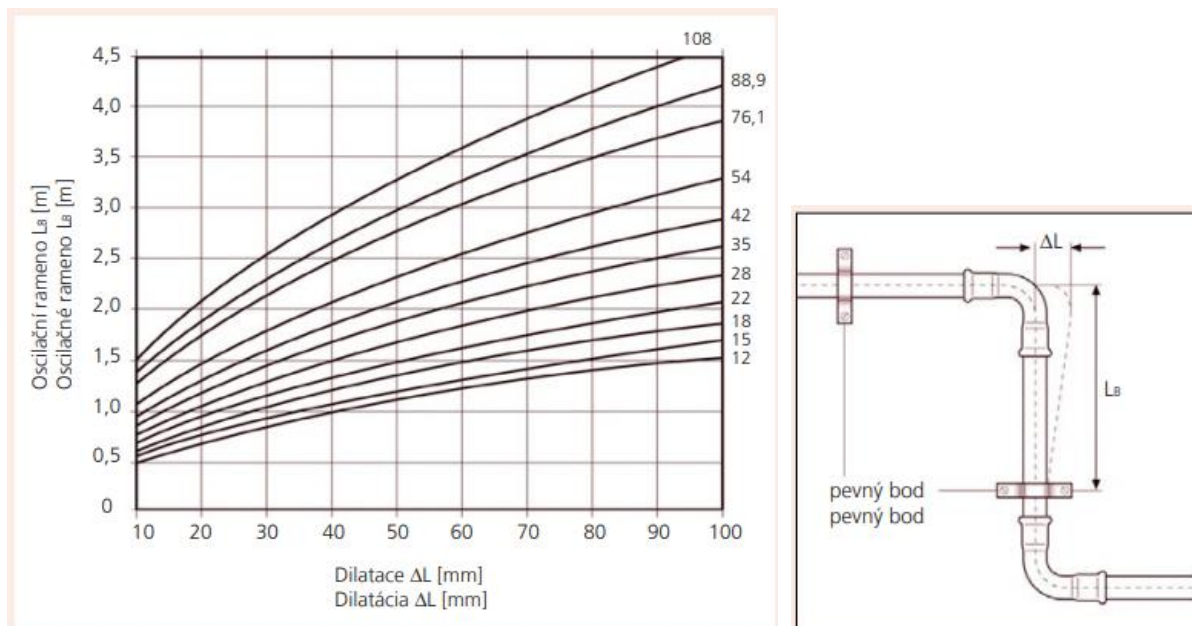
Δt rozdíl teplot [°C]

$$\Delta t = t_m - t_i$$

t_m nejvyšší teplota teplotnosné látky v potrubí

t_i nejnižší teplota okolí

Kompenzace délkové roztažnosti potrubí bude provedena dodržáním montážní vzdálenosti L_B , která je závislá na vzdálenosti uchycení potrubí pomocí pevného bodu.

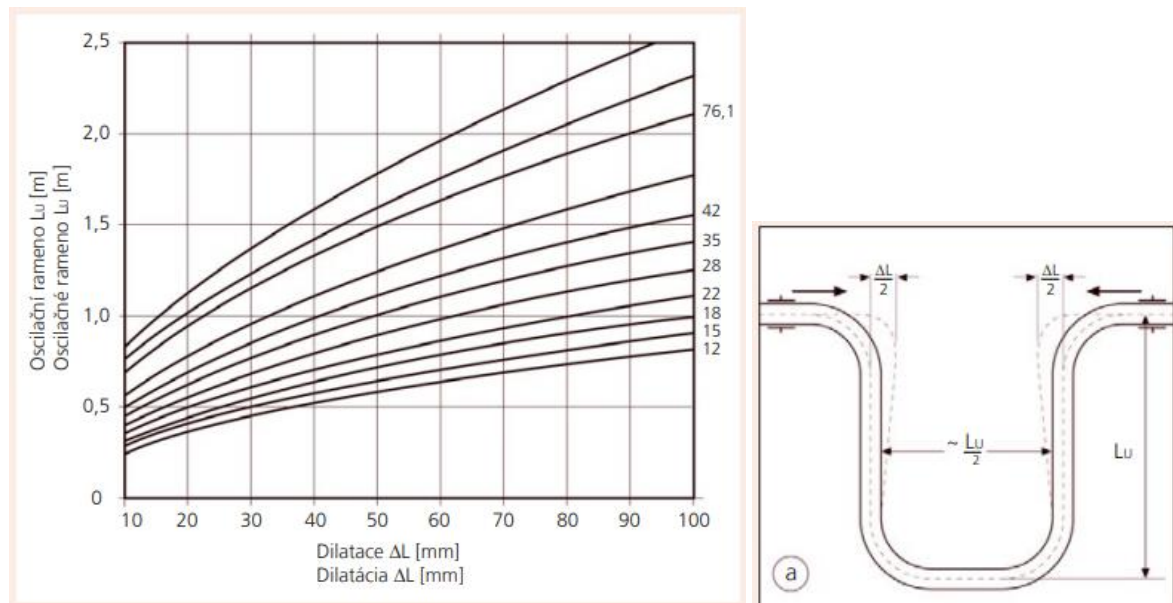


Obr. 56 – Délka oscilačního ramene L_B v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]

Ø trubky / Ø rúry	12	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108
Vzdálenost (m) / Vzdialenosť (m)	1,5			2,5		3,5		5			

Obr. 57 – Vzdálenosti uchycení potrubí [71]

Kompenzace délkové roztažnosti potrubí bude u dlouhých rozvodů provedena pomocí kompenzátorů ve tvaru „U“.



Obr. 58 – Délka oscilačního ramene L_u v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]

Stoupací potrubí S1, teplotní spád 50/40 °C, délka 21,2 m, dimenze potrubí 54x1,5:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 21,2 \cdot (50 - 10) = 9,33 \text{ mm}$$

Navrhuji kompenzátor tvaru U, $L_u = 0,5$ m.

Horizontální potrubí, teplotní spád 65/50 °C, délka 33,5 m, dimenze potrubí 76x2:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 33,5 \cdot (65 - 6) = 21,74 \text{ mm}$$

Navrhuji kompenzátor tvaru U, $L_u = 1,0$ m.

Horizontální potrubí, teplotní spád 65/50 °C, délka 15,9 m, dimenze potrubí 76x2:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 15,9 \cdot (65 - 6) = 10,32 \text{ mm}$$

Navrhuji kompenzátor tvaru U, $L_u = 0,75$ m.

Horizontální potrubí, teplotní spád 50/40 °C, délka 5,6 m, dimenze potrubí 18x1,2:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 6 \cdot (50 - 10) = 2,64 \text{ mm}$$

Z důvodu malých délkových teplotních roztažností nenavrhuji kompenzátor.

B.16. Tepelná bilance – varianta 1

B.16.1. V zimním období

Tepelná produkce zdroje tepla a potrubních rozvodů do okolí:

$$Q_{z,z1} = p \cdot Q_z$$

p tepelná produkce od zdroje tepla a rozvodů do okolí, cca 0,5 % [-]

Q_z výkon zdroje tepla [W]

$$Q_{z,z1} = 0,005 \cdot 240000 = \mathbf{1200\ W}$$

Tepelná produkce od zásobníků teplé vody:

$$Q_{z,z2} = \frac{q \cdot V}{24}$$

q měrná denní tepelná ztráta do okolí [Wh/(l.den)]

V objem [l]

Zásobníky teplé vody: $q = 3,9\ Wh/(l \cdot den)$, $V = 1000\ l$

$$Q_{z,z2} = \frac{3,9 \cdot 2 \cdot 1000}{24} = \mathbf{325\ W}$$

V kotelně bude umístěno tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro předeřev teplé vody, které odebírá z místnosti výkon 500 W.



Obr. 59 – ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC – Ohříváč teplé vody s tepelným čerpadlem [72]

Celková tepelná produkce:

$$Q_{z,z} = 1200 + 325 - 500 = \mathbf{1025\ W}$$

Teplota vzduchu v kotelně pro zimní teplotu:

$$t_{i,z} = t_e + \frac{Q_{z,z}}{H_T + H_V}$$

t_e venkovní teplota v zimě [°C]

$Q_{z,z}$ produkce tepla do okolí [W]

H_T měrná ztráta prostupem [W/K]

H_V měrná ztráta větráním [W/K]

$$t_{i,z} = -12 + \frac{1025}{10,44 + 8,08} = 43,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

V kotelně není nutné vytápění. Maximální přípustná teplota v kotelně je 35 °C, při 0,5 /h výměně vzduchu bude dosažena teplota vyšší než maximální, proto je nutné zvýšit výměnu vzduchu.

$$H_{v,i} = V \cdot n \cdot \rho \cdot c = V \cdot n \cdot 0,34 = 47,55 \cdot 1,0 \cdot 0,34 = 16,17 \text{ W/K}$$

$$t_{i,z} = -12 + \frac{1025}{10,44 + 16,17} = 26,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Při 1,0 /h výměně vzduchu nebude překročena maximální dovolená teplota vzduchu v kotelně. Do místnosti je tedy nutné přivádět a odvádět 48 m³/h, požadavek na profesi VZT.

B.16.2. V letním období

Tepelná produkce zdroje tepla a potrubních rozvodů do okolí:

$$Q_{z,L1} = p \cdot Q_z + I \cdot S_o$$

p tepelná produkce od zdroje tepla a rozvodů do okolí, cca 0,5 %

Q_z výkon zdroje tepla [W]

I oslunění okna dle světových stran [W/m²]

S_o plocha okna [m²]

$$Q_{z,L1} = 0,005 \cdot 120000 + 80 \cdot 2,1 \cdot 0,5 = 684 \text{ W}$$

Tepelná produkce od zásobníků teplé vody:

$$Q_{z,L2} = \frac{q \cdot V}{24}$$

q měrná denní tepelná ztráta do okolí [Wh/(l.den)]

V objem [l]

Zásobníky teplé vody: $q = 3,9 \text{ Wh}/(l \cdot \text{den}), V = 1000 \text{ l}$

$$Q_{z,z2} = \frac{3,9 \cdot 2 \cdot 1000}{24} = 325 \text{ W}$$

V kotelně je umístěno tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro předeřev teplé vody, které odebírá z místnosti výkon 500 W.

Celková tepelná produkce:

$$Q_{z,z} = 684 + 325 - 500 = 509 \text{ W}$$

Teplota v kotelně pro průměrnou letní teplotu:

$$t_{i,L} = t_e + \frac{Q_{Z,L}}{H_T + H_V}$$

t_e venkovní teplota v létě [°C]

$Q_{Z,Z}$ produkce tepla do okolí [W]

H_T měrná ztráta prostupem [W/K]

H_V měrná ztráta větráním [W/K]

$$t_{i,L} = 29 + \frac{509}{10,44 + 8,08} = \mathbf{56,48\text{ }^\circ\text{C}}$$

Maximální přípustná teplota v kotelně v létě je 35 °C, při 0,5 /h výměně vzduchu bude dosažena teplota vyšší než maximální, proto je nutné zvýšit výměnu vzduchu.

$$H_{V,i} = V \cdot n \cdot \rho \cdot c = V \cdot n \cdot 0,34 = 47,55 \cdot 0,34 = \mathbf{80,84\text{ W/K}}$$

$$t_{i,L} = 29 + \frac{509}{10,44+80,84} = \mathbf{34,58\text{ }^\circ\text{C}}$$

Při 5 /h výměně vzduchu nebude překročena maximální dovolená teplota vzduchu v kotelně. Do místnosti je tedy nutné přivádět a odvádět 240 m³/h, požadavek na profesi VZT.

B.17.Roční potřeba tepla a paliva – varianta 1

B.17.1. Příprava teplé vody

Požadované teplo pro ohřev vody $E_{TV,d}$ [kWh/den]:

$$E_{TV,d} = V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)[kWh/den]$$

V spotřeba teplé vody za den [m³ /den]

t_1 teplota vstupní vody [°C], 10 °C

t_2 teplota výstupní vody [°C], 55 °C

$$E_{TV,d,1} = 1 \cdot 8,2485 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10) = \mathbf{431,69\text{ kWh/den}}$$

$$E_{TV,d,3} = 3 \cdot 8,2485 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10) = \mathbf{1295,06\text{ kWh/den}}$$

Vstupní teplota vody v zimě +10 °C a v létě +15 °C, v létě je vyšší teplota vody, ale také mírně stoupá její spotřeba), proto korekce na proměnlivou vstupní teplotu:

$$k_t = \frac{(t_{tv} - t_{sv,L})}{(t_{tv} - t_{sv,Z})} [-]$$

k_t korekce proměnlivosti vstupní teploty vody [-]

t_{tv} výstupní teplota vody [°C]

$t_{sv,L}$ vstupní teplota vody v létě [°C]

$t_{sv,Z}$ vstupní teplota vody v zimě [°C]

$$k_t = \frac{(55 - 15)}{(55 - 10)} = \mathbf{0,89}$$

Roční potřeba tepelné energie E_{TV} [MWh/rok]:

$$E_{TV} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} \cdot (350 - d) \text{ [MWh/rok]}$$

$E_{TV,d}$ denní potřeba tepla [kWh/den]

d počet dnů otopného období – pro danou oblast $d = 232$ dní

k_t korekce proměnlivosti vstupní teploty vody [-]

$$E_{TV,1} = 431,69 \cdot 232 + 0,89 \cdot 431,69 \cdot (350 - 232) = 145488 \text{ kWh/rok} = \mathbf{145,49 \text{ MWh/rok}}$$

$$E_{TV,3} = 1295,06 \cdot 232 + 0,89 \cdot 1295,06 \cdot (350 - 232) = 436464 \text{ kWh/rok} = \mathbf{436,46 \text{ MWh/rok}}$$

Roční spotřeba tepelné energie $E_{TV,SK}$ [MWh/rok]:

$$E_{TV,SK} = \frac{E_{TV}}{\eta_{zdroj} \cdot \eta_{distr}} \text{ [MWh/rok]}$$

E_{TV} potřeba tepla pro přípravu teplé vody [MWh/rok]

η_{zdroj} účinnost zdroje [-]; $\eta_{zdroj} = 0,95$

η_{distr} účinnost distribuční soustavy [-]; $\eta_{distr} = 0,9$

$$E_{TV,SK,1} = \frac{145,49}{0,95 \cdot 0,9} = \mathbf{170,16 \text{ MWh/rok}}$$

$$E_{TV,SK,3} = \frac{436,46}{0,95 \cdot 0,9} = \mathbf{510,48 \text{ MWh/rok}}$$

B.17.2. Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem, infiltrací a přirozeným větráním

Měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací a přirozeným větráním:

$$H_{T+I} = \frac{Q}{\Delta t} \text{ [W/K]}$$

Q tepelná ztráta prostupem, infiltrací a přirozeným větráním [W]

Δt rozdíl teplot [°C], $\Delta t = t_i - t_e$

t_i vnitřní průměrná teplota [°C]

t_e venkovní výpočtová teplota [°C]

$$H_{T+I,1} = \frac{40920}{(20 - (-12))} = \mathbf{1279 \text{ W/K}}$$

$$H_{T+I,3} = \frac{116160}{(20 - (-12))} = \mathbf{3630 \text{ W/K}}$$

Roční potřeba tepelné energie E_{UT} [MWh/rok]:

$$E_{UT} = 24 \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D \cdot H_{T+I} \text{ [MWh/rok]}$$

ε součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku $\varepsilon = 0,8$ až $0,9$

e součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění v noci nebo o sobotách a nedělích

$$e = e_t \cdot e_d \text{ [-]}$$

$e_t = 0,8$ pro 5denní provoz; $e_t = 1,0$ pro 7denní provoz

$e_d = 0,8$ pro přerušované vytápění v noci, $e_d = 1,0$ pro nepřerušované vytápění

D počet denostupňů; závisí na teplotě t_{em}

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \text{ [denostupeň]}$$

d počet dnů otopného období; $d = 232$ dní

t_{is} průměrná teplota vytápěných místností; $t_{is} = 20$ °C

t_{es} průměrná venkovní teplota otopného období; $t_{es} = 4$ °C

$$D = 232 \cdot (20 - 4) = \mathbf{3712 \text{ denostupňů}}$$

H_{T+I} měrná tepelná ztráta prostupem, infiltrací a přirozeným větráním

$$E_{UT,1} = 24 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3712 \cdot 1279 = 96852019 \text{ Wh/rok} = \mathbf{96,85 \text{ MWh/rok}}$$

$$E_{UT,3} = 24 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3712 \cdot 3630 = 274881024 \text{ Wh/rok} = \mathbf{274,88 \text{ MWh/rok}}$$

Roční spotřeba tepelné energie $E_{UT,SK}$ [MWh/rok]:

$$E_{UT,SK} = \frac{E_{TU}}{\eta_{zdroj} \cdot \eta_{distr}} \text{ [MWh/rok]}$$

E_{UT} potřeba tepla pro vytápění [MWh/rok]

η_{zdroj} účinnost zdroje [-]; $\eta_{zdroj} = 0,95$

η_{distr} účinnost distribuční soustavy [-]; $\eta_{distr} = 0,90$

$$E_{UT,SK,1} = \frac{96,85}{0,95 \cdot 0,90} = \mathbf{113,27 \text{ MWh/rok}}$$

$$E_{UT,SK,3} = \frac{274,88}{0,95 \cdot 0,90} = \mathbf{321,50 \text{ MWh/rok}}$$

B.17.3. Celková roční potřeba a spotřeba tepelné energie pro 1 vchody

Celková potřeba $E_{UT} = 96,85 + 145,49 = 242,34 \text{ MWh/rok}$

Celková spotřeba $E_{UT} = 113,27 + 170,16 = 283,43 \text{ MWh/rok}$

B.17.4. Celková roční potřeba a spotřeba tepelné energie pro 3 vchod

Celková potřeba $E_{UT} = 274,88 + 436,46 = 711,34 \text{ MWh/rok}$

Celková spotřeba $E_{UT} = 321,50 + 510,48 = 831,98 \text{ MWh/rok}$

Varianta 2

B.18.Návrh přípravy teplé vody – varianta 2

Stanovení podle ČSN 06 0320.

B.18.1. Potřeba teplé vody

100 osob $n_i = 100$ osoby

uvažovaná plocha pro úklid $n_u = 242,5$ m²

Objem dávky teplé vody v dané periodě V_d [m³]

$V_d = 0,082$ m³ /osoba – umývání, vaření, úklid

$V_d = 0,02$ m³ /100 m² – úklid společných prostor

Potřeba teplé vody pro mytí osob V_o [m³]

$$V_o = n_i \cdot V_d$$

$$V_o = 100 \cdot 0,082 = 8,2 \text{ m}^3$$

Potřeba teplé vody pro mytí a úklid podlah V_u [m³]

$$V_u = n_u \cdot V_d$$

$$V_u = 2,425 \cdot 0,02 = 0,0485 \text{ m}^3$$

Celková potřeba teplé vody V_{2p} [m³ /den]

$$V_{2p2} = V_o + V_u$$

$$V_{2p2} = 8,2 + 0,0485 = 8,2485 \text{ m}^3$$

B.18.2. Stanovení potřeby tepla

Teplo odebrané z ohříváče Q_{2t} [kWh]

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot 8,2485 \cdot (55 - 10) = 431,7 \text{ kWh}$$

V_{2p} potřeba vody [m³ /den]

θ_2 teplota vody výstupu [°C]; $\theta_2 = 55$ °C

θ_1 teplota vody vstupu [°C]; $\theta_1 = 10$ °C

Ztracené teplo Q_{2z} [kWh]

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z$$

$$Q_{2z} = 17,36 \cdot 0,3 = 129,5 \text{ kWh}$$

Celkové teplo dodané do ohříváče Q_{2p} [kWh]

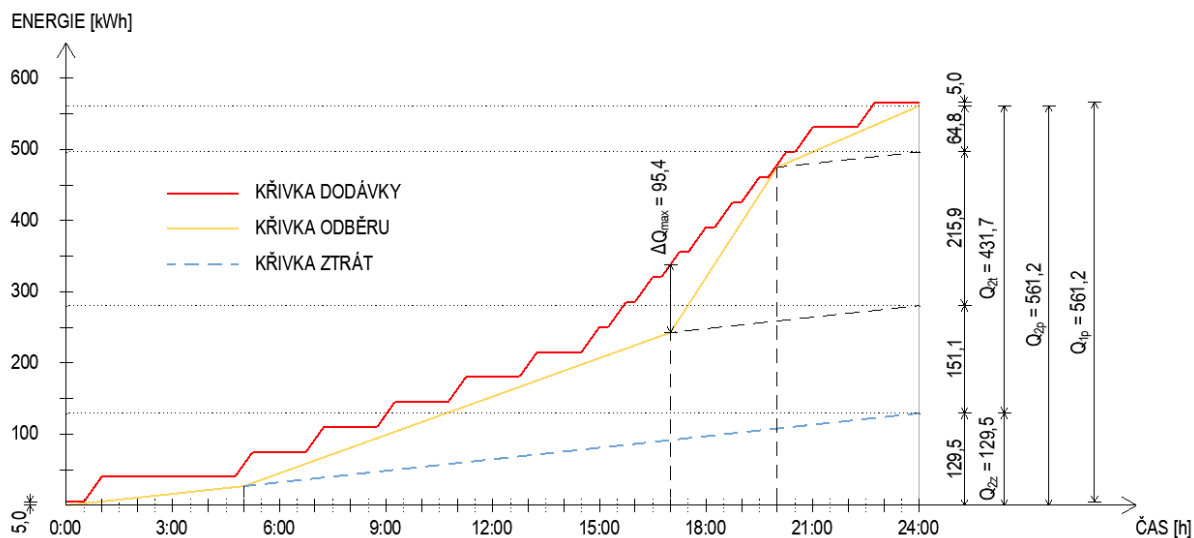
$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z}$$

$$Q_{2p} = 431,7 + 129,5 = 561,2 \text{ kWh}$$

B.18.3. Stanovení křivky odběru tepla

Pro bytové domy udává norma ČSN 06 0320 časové rozložení odběru teplé vody. Rozdělení na časové úseky a podíl spotřeby:

Časový úsek	Podíl spotřeby [%]	Odebrané teplo $Q_{2t,i}$ [kWh]	Celkové teplo $Q_{2p,i}$ [kWh]
5:00 - 17:00	35	151,10	196,42
17:00 - 20:00	50	215,85	280,61
20:00 - 24:00	15	64,76	84,18



Obr. 60 – Křivka odběru teplé vody

B.18.4. Návrh zásobníku

$$\Delta Q_{max} = 95,4 \text{ kWh}$$

Objem zásobníku V_z [m³]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{1,163 \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

$$V_z = \frac{95,4}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 1,82 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon pro zásobníkový ohřev Q_{1n} [kW]

Doba provozu ohříváče je šestnáctkrát denně po dobu 0,5 hodin.

$$Q_{1n} = \frac{Q_{1p}}{t}$$

$$Q_{1n} = \frac{561,2}{8} = 70,15 \text{ kW}$$

Δt pro teplotní spád topné vody 55/50 °C, ohřev teplé vody na 50 °C

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

T_1 teplota přívodu [°C]

T_2 teplota vratu [°C]

t_1 teplota studené vody [°C]

t_2 teplota teplé vody [°C]

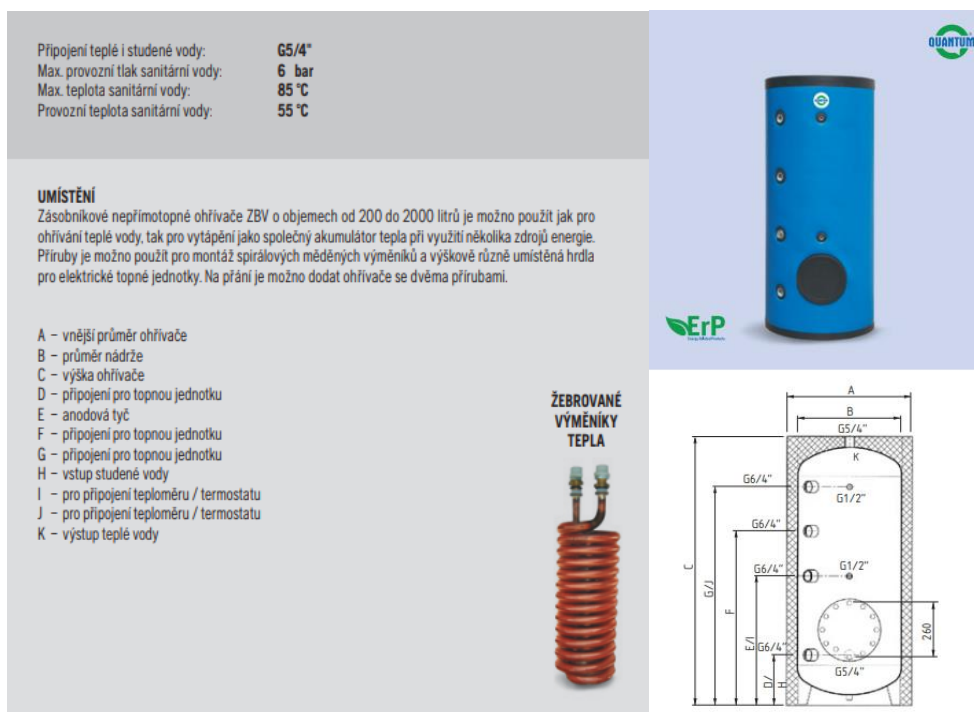
$$\Delta t = \frac{(55-50)-(50-10)}{\ln \frac{(55-50)}{(50-10)}} = 16,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplosměnná plocha

$$A = \frac{Q_{1n}}{U \cdot \Delta t}$$

$$A = \frac{70150}{420 \cdot 16,83} = 9,93 \text{ } m^2$$

Jsou navrženy dva nepřímotopné stacionární zásobník od firmy Quantum typ Q7-1000-ZBV o objemu 1000 l s žebrovaným výměníkem tepla o teplosměnné ploše 5,3 m², celkový objem tedy 2000 l a celková teplosměnná plocha 10,6 m².



Obr. 61 – Zásobník Q7-1000-ZBV [73]



Zásobníkové ohřivače vody s nepřímým ohřevem pro akumulaci topné a teplé vody.



Záruka na nádrž s glazurou sintonfon 3 roky, s keramickou glazurou 5 let.

Typ ohřivače	Třída ErP	A	B	C	D/H	E/I	F	G/I	Hmotnost [kg]
Q7-200-ZBV	A	610	500	1300	240	620	835	1050	70
Q7-300-ZBV	B	610	500	1700	240	620	1080	1450	80
Q7-500-ZBV	B	760	600	1700	280	660	1040	1420	120
Q7-800-ZBV	B	1000	800	1880	335	685	1045	1485	175
Q7-1000-ZBV	B	1000	800	2130	335	705	1105	1735	200
Q7-1500-ZBV	C	1200	1000	2300	430	880	1380	1830	295
Q7-2000-ZBV	C	1300	1100	2405	425	935	1445	1995	360

Žebrované výměníky tepla

Kód	Výkon [kW]	Plocha [m ²]	Délka spirály [mm]	Průměr spirály [mm]	Připojení
644652	17	0,75	420	142	3/4"
644654	23	1,0	420	142	3/4"
644657	35	1,5	440	170	3/4"
644659	45	2,0	520	170	3/4"
644661	54	2,6	570	191	3/4"
644662	65	3,2	660	191	3/4"
644663	90	4,5	750	191	1"
644664	105	5,3	850	191	1"
644665	125	6,3	980	191	1"

Obr. 62 – Zásobník Q7-1000-ZBV [73]

Přepočet potřebného výkonu podle teplosměnné plochy

$$Q_{1n'} = \frac{A \cdot U \cdot \Delta t}{1000}$$

$$Q_{1n'} = \frac{2,5 \cdot 3,420 \cdot 16,83}{1000} = 74,93 \text{ kW}$$

Celková doba ohřevu

$$t_{celk} = \frac{Q_{1p}}{Q_{1n'}}$$

$$t_{celk} = \frac{561,2}{74,93} = 7,49 \text{ hod}$$

Doba pro překlenutí v době přednostního ohřevu (16x 30 min) s přestávkami 15 min.

$$t_{ohřev} = \frac{t_{celk}}{\text{počet ohřevů}}$$

$$t_{ohřev} = \frac{7,49}{16} = 0,47 \text{ hod} = 28 \text{ min}$$

Ohřev trvá 28 minut s přestávkami 17 minut, tzn. AKU nádrž se musí ohřát za 17 minut.

Skutečný průtok při $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (teplotní spád 55/50 $^\circ\text{C}$)

$$m_{TV} = \frac{Q_{1n'}}{1,163 \cdot \Delta t}$$

$$m_{TV} = \frac{74,93}{1,163,5} = 12,89 \text{ m}^3/\text{h}$$

Průtok pro 1 TČ je 3,1 – 6,9 m³/h, pro 2 TČ 6,2 – 13,8 m³/h, pro 3 TČ 9,3 – 20,7 m³/h, minimální průtok čerpadlem vyhoví.

B.18.5. Návrh topné vložky

Teplá voda se musí dohřát z 50 °C na teplotu 55 °C.

Návrh výkonu elektrická topné vložky

$$Q_{tv} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 2,0 \cdot (55 - 50) = 11,63 \text{ kW}$$

Navrhuji do obou zásobníků elektrické topné těleso TJ 6/4“ – 7,5 o výkonu 7,5 kW.

Elektrická topná tělesa pro nepřímotopné ohřivače vody řady ZBV, ZJV, ZDV, ZVN, WWM				
Typ ohřivače	Označení (kód)	Výkon (kW)	Napětí (V/Hz)	Z st. délka (mm)
TJ 6/4“ - 2,0	2110311	2,0	1PE-N 230/50	350
TJ 6/4“ - 2,5	2110312	2,5	1PE-N 230/50	360
TJ 6/4“ - 3,75	2110314	3,7	3PE-N 400/50	350
TJ 6/4“ - 4,5	2110315	4,5	3PE-N 400/50	400
TJ 6/4“ - 6,0	2110316	6,0	3PE-N 400/50	520
TJ 6/4“ - 7,5	2110317	7,5	3PE-N 400/50	580
TJ 6/4“ - 9,0	2110318	9,0	3PE-N 400/50	610

Obr. 63 – Topná vložka [74]

B.19. Návrh zdroje tepla – varianta 2

Hlavním zdrojem tepla je kaskáda tří tepelných čerpadel HELIOTHERM S40L-M-Solid vzduch-voda ve splitovém provedení. Vnitřní jednotky jsou v kotelně a venkovní jednotky jsou na ploché střeše. Propojení vnitřních a venkovních jednotek je provedeno izolovaným chladivovým potrubím. Provoz tepelných čerpadel je paralelně bivalentní.

Jako bivalentní zdroj navrhuji elektrokotel Protherm – RAY 24 KE, maximální výkon kotle je 24 kW, které zajišťují pokrytí tepelných ztrát při přednostním ohřevu teplé vody (nabíjí akumulaci nádrž). Ale navrhuji kotle 2, první je bivalentním zdrojem a druhý je navržen jako 100% záloha, např. kdyby nastala porucha na straně tepelných čerpadel, aby byl zajištěn tepelný výkon pro vytápění.

Tepelná čerpadla jsou invertorová, tzn. kompresor dokáže měnit otáčky v závislosti na venkovní teplotě a potřebě topné vody, snižuje se počet vypnutí a zapnutí tepelného čerpadla.

B.19.1. Vstupní parametry pro návrh

Lokalita: Brno

Venkovní výpočtová teplota: -12 °C

Teplotní spád tepelného čerpadla: 55/50 °C

Teplotní spád pro otopnou soustavu: 50/40 °C

Teplotní spád pro ohřev teplé vody: 55/50 °C

Tepelný výkon pro vytápění: 40,92 kW

Tepelný výkon pro ohřev teplé vody: 74,93 kW

B.19.2. Výpočet potřebného výkonu

$$Q_{vyt} = 0,95 \cdot Q_{TOP}$$

$$Q_{tv} = 1,0 \cdot Q_{TV}$$

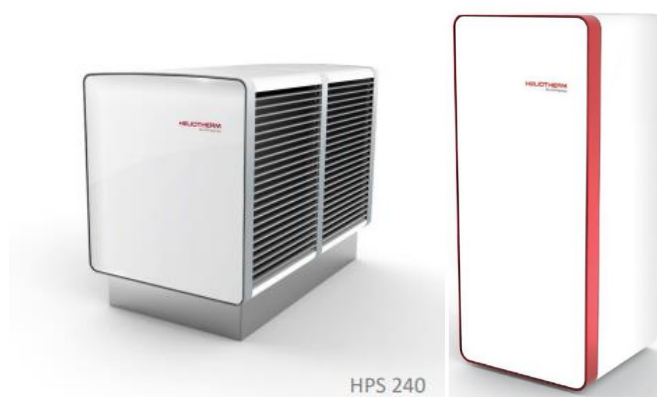
Q_{TOP} tepelný výkon pro vytápění

Q_{TV} tepelný výkon pro přípravu teplé vody

$$Q_{vyt} = 0,95 \cdot 40,92 = 38,69 \text{ kW}$$

$$Q_{tv} = 1,0 \cdot 74,93 = 74,93 \text{ kW}$$

Navrhuji kaskádu tří tepelných čerpadel HELIOTHERM S40L-M-Solid vzduch-voda ve splitovém provedení. Výkon jednoho tepelného čerpadla při venkovní teplotě $t_e = -12 \text{ °C}$ je 28,44 kW, při $t_e = 20 \text{ °C}$ je 53,3 kW.



Obr. 64 - Venkovní jednotka HPS 240 a vnitřní jednotka Heliotherm S40L-M-Solid [75]

SILENT SOURCE - venkovní jednotka	HPS 240	HPS 300
Pro vnitřní jednotku	S30L-M-Solid / S40L-M-Solid	S55L-M-Solid
Elektrické napájení	400 V, 3N, 50 Hz	400 V, 3N, 50 Hz
Max. příkon	380 W	570 W
Doporučené jištění	jištěno z vnitřní jednotky	
Elektrické krytí	IP54	
Připojovací rozměry - kapalina	28 mm	35 mm
Připojovací rozměry - plyn	42 mm	42 mm
Provozní rozsah venkovních teplot vytápění	-25°C až +45°C	
Provozní rozsah venkovních teplot chlazení	+10°C až +45°C	
Hladina akustického výkonu (7/35°C, EN 12102)	54 dB(A)	58 dB(A)
Max. průtok vzduchu	4.000 - 10.000 m3/h	6.000 - 15.000 m3/h
Rozměry (výška x délka x hloubka)	1 506 x 1 998 x 1 137 (mm)	1 506 x 2 953 x 1 135 (mm)
Hmotnost	281 kg	455 kg
Připojení odvodu kondenzátu	vsakovací šachta (volitelné)	

Obr. 65 – Technický list tepelného čerpadla [76]

SOLID M SPLIT - vnitřní jednotka	S30L-M-Solid	S40L-M-Solid	S55L-M-Solid
Energetická třída - produkt	A+++	A+++	A+++
Topný výkon při A2 / W35	38,6 kW	44,8 kW	58,0 kW
COP při A2 / W35 při 60%	4,3	4,4	4,3
Topný výkon při A-10 / W35 při 100%	27,7 kW	38,6 kW	45,24 kW
SCOP podl. topení / radiátory (průměrné klima)	5,15 / 3,45	5,01 / 3,45	5,15 / 3,45
Energ. účinnost (nizkoteplotní/vysokoteplotní)	- / -	197 % / 135 %	203 % / 135 %
Chladicí výkon při A35 / W18 při 100%	27,97 kW	45,96 kW	59,94 kW
EER při A35 / W18 při 100%	4,21	4,18	4,21
Chladicí výkon při A35 / W7 při 100%	28,20 kW	43,65 kW	56,40 kW
EER při A35 / W7 při 100%	4,02	3,99	4,02
SEER (fan-coily) / SEER (plošné chlazení)	6,14 / 6,5	5,38 / 6,15	6,14 / 6,5
Elektrické napájení	400 V, 3N, 50 Hz + 230 V, 1N, 50 Hz (pro regulaci)		
Maximální proud	26 A	31 A	52 A
Maximální rozběhový proud	10 A	12 A	18 A
Maximální příkon kompresoru	13,0 kW	14,4 kW	19,9 kW
Doporučené jištění	3 x 32 A/C (TČ) + 1 x 13 A/B (regulace)	3 x 40 A/C (TČ) + 1 x 13 A/B (regulace)	3 x 63 A/C (TČ) + 1 x 13 A/B (regulace)
Elektrické krytí	IP 45		
Hladina akustického výkonu (7/35°C, EN 12102)	53 dB(A)	54 dB(A)	56 dB(A)
Množství chladiva (R-410A) pro potrubí do 10 m	12 kg (není v dodávce)	18 kg (není v dodávce)	34 kg (není v dodávce)
Množství oleje	2,3 l	2,3 l	2,3 l
Kompresor	Scroll - frekvenčně řízený		
Odtávání	horkým plynem		
Připojovací rozměry – kapalina / plyn	22 mm / 28 mm	22 mm / 28 mm	22 mm / 35 mm
Propojovací potrubí – kapalina / plyn	18 mm / 28 mm	18 mm / 35 mm	22 mm / 42 mm
Minimální a max. průtok kondenzátorem	2,2 - 4,7 m3/h	3,1 - 6,9 m3/h	4,4 - 9,3 m3/h
Interní tlaková ztráta	28 kPa	29 kPa	31 kPa
Maximální dovolený tlak vody	10 bar		
Maximální teplota topné vody při A 0°C	62°C		
Připojení topného okruhu (vnější závit)	6/4 "	2 "	2 1/2 "
Rozměry (výška x délka x hloubka) mm	1.602 x 687 x 715	1.602 x 687 x 715	1.700 x 913 x 1.203
Hmotnost	210 kg	350 kg	380 kg
Odpovídající venkovní jednotka	HPS 240	HPS 240	HPS 300

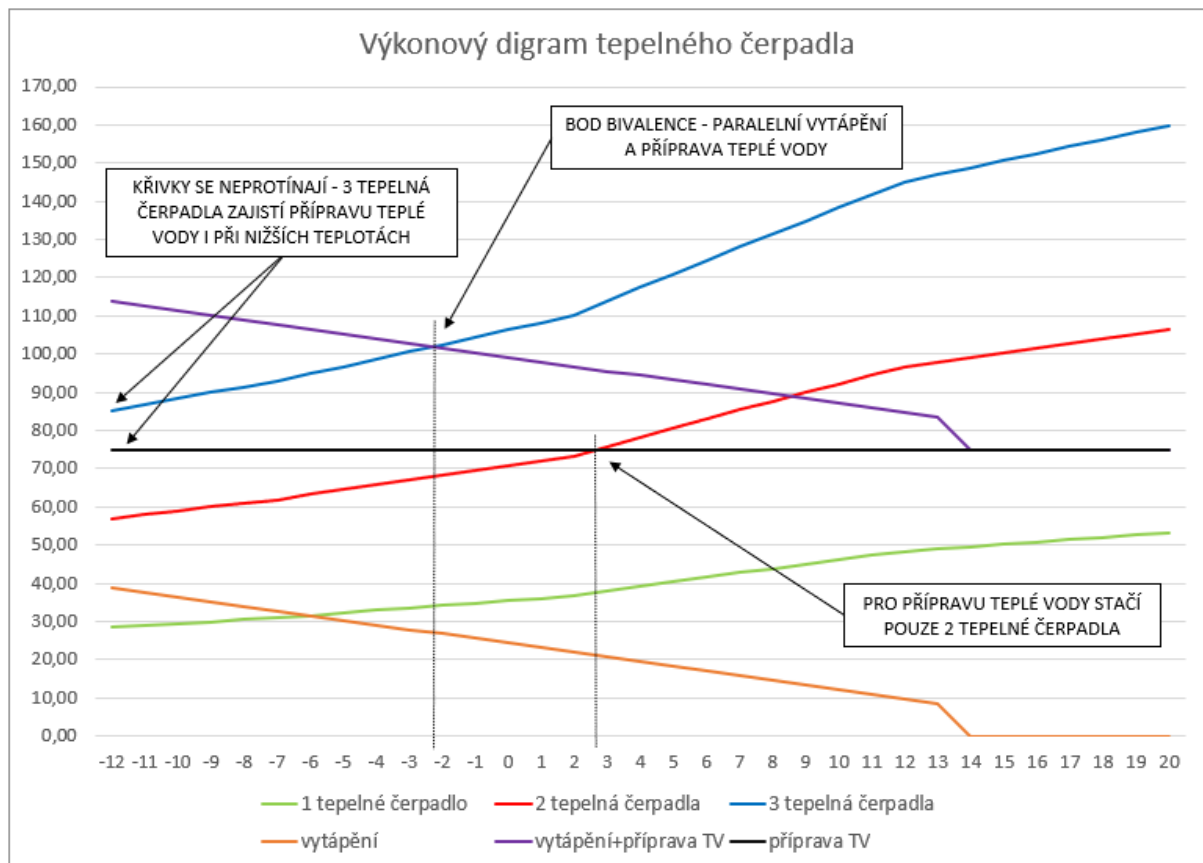
Obr. 66 – Technický list tepelného čerpadla [76]

B.19.3. Výkonový diagram tepelného čerpadla

Tabulka, zobrazující závislost maximálního topného výkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě a závislost potřebného výkonu pro vytápění na venkovní teplotou.

Venkovní teplota:	S40L-M-Solid			Tepelné ztráty [kW]	Příprava teplé vody [kW]	Celkový potřebný výkon [kW]
	3x	2x	1x			
	Maximální topný výkon [kW]	Maximální topný výkon [kW]	Maximální topný výkon [kW]			
-12	85,32	56,88	28,44	38,87	74,93	113,80
-11	86,84	57,90	28,95	37,66	74,93	112,59
-10	88,37	58,91	29,46	36,44	74,93	111,37
-9	89,89	59,93	29,96	35,23	74,93	110,16
-8	91,42	60,94	30,47	34,01	74,93	108,94
-7	92,94	61,96	30,98	32,80	74,93	107,73
-6	94,85	63,24	31,62	31,59	74,93	106,52
-5	96,77	64,51	32,26	30,37	74,93	105,30
-4	98,68	65,79	32,89	29,16	74,93	104,09
-3	100,59	67,06	33,53	27,94	74,93	102,87
-2	102,51	68,34	34,17	26,73	74,93	101,66
-1	104,42	69,61	34,81	25,51	74,93	100,44
0	106,33	70,89	35,44	24,30	74,93	99,23
1	108,25	72,16	36,08	23,08	74,93	98,01
2	110,16	73,44	36,72	21,87	74,93	96,80
3	113,77	75,85	37,92	20,65	74,93	95,58
4	117,38	78,26	39,13	19,44	74,93	94,37
5	121,00	80,66	40,33	18,22	74,93	93,15
6	124,61	83,07	41,54	17,01	74,93	91,94
7	128,22	85,48	42,74	15,79	74,93	90,72
8	131,58	87,72	43,86	14,58	74,93	89,51
9	134,94	89,96	44,98	13,36	74,93	88,29
10	138,30	92,20	46,10	12,15	74,93	87,08
11	141,66	94,44	47,22	10,93	74,93	85,86
12	145,02	96,68	48,34	9,72	74,93	84,65
13	146,88	97,92	48,96	8,50	74,93	83,43
14	148,74	99,16	49,58	0,00	74,93	74,93
15	150,60	100,40	50,20	0,00	74,93	74,93
16	152,46	101,64	50,82	0,00	74,93	74,93
17	154,32	102,88	51,44	0,00	74,93	74,93
18	156,18	104,12	52,06	0,00	74,93	74,93
19	158,04	105,36	52,68	0,00	74,93	74,93
20	159,90	106,60	53,30	0,00	74,93	74,93

Tabulka pro sestavení výkonového diagramu tepelného čerpadla s výstupní teplotou topné vody 55 °C, topná voda je dále řízena podle ekvitemní křivky.



Obr. 67 - Výkonový diagram tepelného čerpadla

Z diagramu je patrné, že by bod bivalence nastal při teplotě $t_e = -2 \text{ } ^\circ\text{C}$, kdy se protíná křivka výkonu 3 tepelných čerpadel a křivka energie. Tento bod bivalence je pro PARALELNÍ vytápění a přípravu teplé vody.

Je navržena PŘEDNOSTNÍ příprava teplé vody, tzn. že v době přípravy teplé vody budou všechna 3 tepelná čerpadla ohřívat TV a vytápění bude zajišťovat teplo akumulované v akumulární nádrži. Křivka výkonu 3 tepelných čerpadel a křivka energie potřebné pro přípravu teplé vody se neprotne, tzn. tepelná čerpadla pokryjí požadavek výkonu na přípravu teplé vody i při nižších teplotách, než je návrhová venkovní teplota $t_e = -12 \text{ } ^\circ\text{C}$. Z toho vyplývá, že by neměl být potřebný bivalentní zdroj. Bivalentní zdroj však navržen bude, aby zajistil potřebný výkon na vytápění ve formě dobití akumulární nádrže v době přednostní přípravy teplé vody.

Z grafu je dále patrné, že od $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ by měl stačit výkon pouze 2 tepelných čerpadel pro přípravu teplé vody i nabití akumulární nádrže, to je případ bez zohlednění doby odtávání. Se zohledněním doby odtávání budou stačit pro přípravu teplé vody a nabití akumulární nádrže 2 tepelná čerpadla od $6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

B.19.4. Návrh bivalentního zdroje

Bivalentní zdroj by neměl být potřebný, ale navrhuji ho pro dobíjení akumulární nádrže mezi i při přednostní přípravě teplé vody. Navrhuji 2 elektrokotle od firmy Protherm - RAY 24 KE, maximální výkon jednoho kotle je 24 kW. Pro nabíjení akumulární nádrže potřebuji pouze 1 kotel, druhý kotel je navržen jako 100% záloha, např. kdyby nastala porucha na straně tepelných čerpadel, aby byl zajištěn tepelný výkon pro vytápění.

	18 KE /14 EU	21 KE /14 EU	24 KE /14 EU	28 KE /14 EU
Provozní tlak, max.	300 kPa (3 000 mbar)	300 kPa (3 000 mbar)	300 kPa (3 000 mbar)	300 kPa (3 000 mbar)
Objem expanzní nádoby	8 l	8 l	8 l	8 l
Připojky topení výstup/vstup	G 3/4	G 3/4	G 3/4	G 3/4
Rozměr kotle, šířka	410 mm	410 mm	410 mm	410 mm
Rozměr kotle, výška	740 mm	740 mm	740 mm	740 mm
Rozměr kotle, hloubka	315 mm	315 mm	315 mm	315 mm
Čistá hmotnost cca	25,0 kg	26,0 kg	27,0 kg	27,0 kg
Rozsah nastavení topení	25 ... 85 °C	25 ... 85 °C	25 ... 85 °C	25 ... 85 °C
Rozsah nastavení teplá voda (s exter- ním zásobníkem)	35 ... 70 °C	35 ... 70 °C	35 ... 70 °C	35 ... 70 °C
Bezpečnostní omezovač teploty	95 °C	95 °C	95 °C	95 °C
Jmenovitý objemový tok (při $\Delta T = 10$ K)	1 548 l/h	1 806 l/h	2 064 l/h	2 408 l/h
"Zbytková dopravní výška čerpadla (při $\Delta T = 10$ K)"	24 kPa (240 mbar)	20 kPa (200 mbar)	16,5 kPa (165,0 mbar)	11 kPa (110 mbar)
Počet topných tyčí (kus \times kW)	3 \times 6	3 \times 7	4 \times 6	4 \times 7
Elektrické připojení	3 \times 230V/400V + N + PE, 50 Hz	3 \times 230V/400V + N + PE, 50 Hz	3 \times 230V/400V + N + PE, 50 Hz	3 \times 230V/400V + N + PE, 50 Hz
Třída ochrany	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40
Topný výkon	18 kW	21 kW	24 kW	28 kW
Příkon, max.	3 \times 27,5 A	3 \times 32 A	3 \times 36,5 A	3 \times 43 A
Spínací stupeň	2,0 kW	2,3 kW	2,0 kW	2,3 kW
Bezpečnostní jmenovitý proud	32 A	40 A	40 A	50 A

Obr. 68 – Technický list elektrokotle [77]

Z důvodu malého konstrukční přetlaku elektrokotlů (3 bar) navrhuji deskový výměník na oddělení elektrokotlů od soustavy. Navrhuji deskový výměník SWEP B35TM0x20.

Médium 1 Water

Médium 2 Water

	Strana 1	Strana 2
Výkon	24,00 kW	
Vstupní teplota	70,00 °C	50,00 °C
Výstupní teplota	55,00 °C	55,00 °C
Max. tlak. ztráta	20,0 kPa	20,0 kPa

SPOČÍTAT

VÝMĚNÍK TEPLA	DP1 [kPa]	DP2 [kPa]	m S1 [m ³ /h]	m S2 [m ³ /h]
B10THx40	2.05	14.9	1.401	4.187
B16Hx40	2.00	14.3	1.401	4.187
B28Hx46	2.21	15.3	1.401	4.187
B85Hx60	2.21	16.0	1.401	4.187
B35TM0x20	1.40	9.08	1.401	4.187

Číslo položky	Připojení
16094-020*1	4x2"(54)

Obr. 69 – Výpočet výměníku 24 kW [54]

PRODUCT SHEET**B35T**

The B35T is ideal for many applications in district heating, heat recovery for industry, HVAC, combined heat & power and engine oil cooling. It is the perfect choice for efficient heat transfer with a low pressure drop in systems with up to 2½" piping and 58 m³/h (255 gpm) water flow.

**Basic specifications**

Maximum number of plates (NoP)	260
Max flow	27 m³/h (118.88 gpm)
Channel volume	0.18/0.18 dm³ (0.0064/0.0064 ft³)
Material	316 stainless steel plates, copper brazing
Weight excl. connections	15.76+(0.256*NoP) kg 34.73+(0.564*NoP) lb

Obr. 70 – Deskový výměník B35T [55]

B.20.Návrh akumulční nádrže – varianta 2

Doporučený objem akumulční nádrže je 10-20 l/kW výkonu tepelného čerpadla. Výkon zdroje je 159,9 kW, navrhuji tedy akumulční nádrž Reflex Storatherm Heat H 1500/1 o objemu 1500 l.

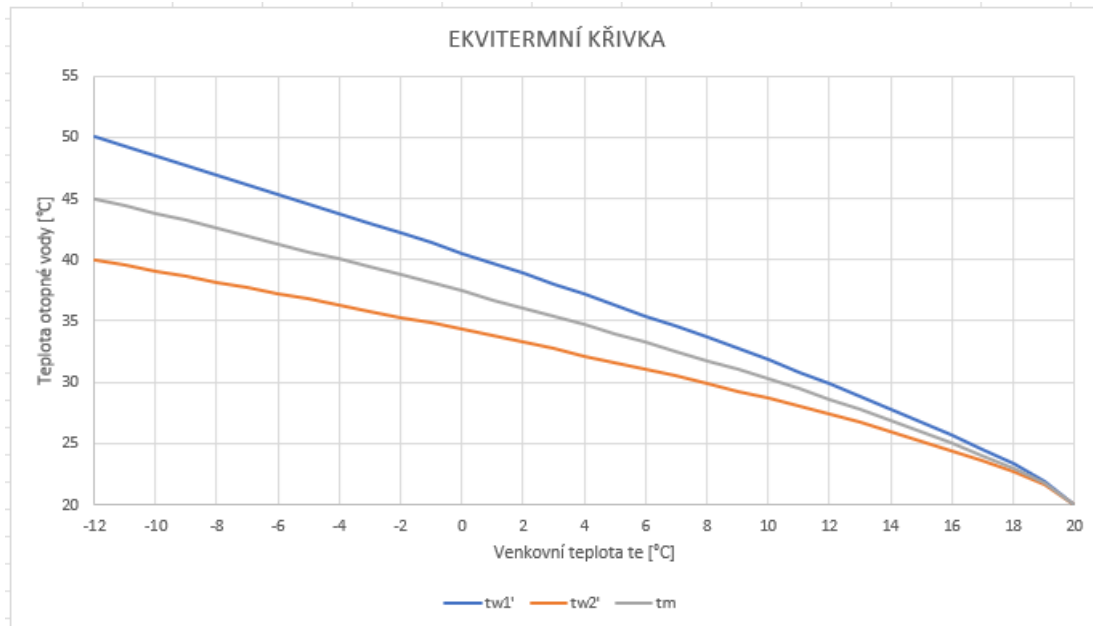
Akumulční nádrž slouží pro překlenutí přednostního ohřevu teplé vody a pro snížení počtu sepnutí kompresorů tepelných čerpadel, zvýší se tedy životnost tepelných čerpadel. Akumulční nádrž zároveň slouží jako hydraulické oddělení zdrojů tepla od soustavy.

Přednostní příprava teplé vody probíhá 16x denně po dobu 0,5 hod. a zajišťují ji všechna 3 tepelná čerpadla.

Do akumulční nádrže je dodávána topná voda o teplotě 55 °C. Do akumulční nádrže jsou připojena zvlášť tepelná čerpadla a zvlášť elektrokotle.

Z akumulční nádrže vystupují dvě větve, větev V1 pro vytápění bytů a větev V2 pro vytápění společných prostor. Výstupní teplota z akumulční nádrže do otopného systému je řízena podle ekvitermní křivky s teplotním spádem otopné vody 50/40 °C při $t_e = -12$ °C.

Ekvitermní křivka s teplotním spádem 50/40 °C, podle které bude řízena výstupní teplota z akumulární nádrže do soustavy.



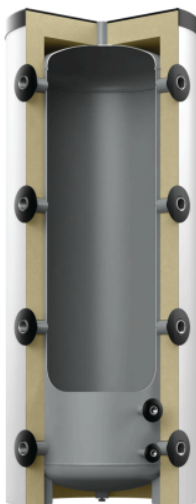
Obr. 71 – Ekvitermní křivka

Reflex Storatherm Heat HF 1500_C, akumulární zásobník pro topné a chladicí soustavy, stříbrná, 6 bar



Číslo výrobku: 7839500

Thinking solutions.



Podrobnosti

Typ	HF 1500_C
Barva	stříbrná
Izolace	✓
Druh izolace	foliový plášť
Tloušťka izolace	120 mm
Třída energetické účinnosti	C
Jmenovitý objem	1500 l
Počet nátrubků	9 St.
Provozní teplota	95 °C
Provozní tlak	6 bar
Připojení	Rp 1 1/2"
Tepelné ztráty	167 W
Průměr	1240 mm
Max. výška	2120 mm
Sklopný rozměr cca	2178 mm
Hmotnost	186,00 kg

Obr. 72 – Akumulární nádrž Reflex Storatherm Heat H 1500/1 [78]

B.20.1. Teplotní stav při $t_e = -12\text{ °C}$

V provozu jsou 3 tepelná čerpadla i bivalentní zdroj.

Objem akumulární nádrže:	1,5 m ³
Přívodní otopná voda dodávána do AKU nádrže:	55 °C
Přívodní otopná voda z AKU nádrže do systému:	50 °C
Potřebný tepelný výkon pro vytápění:	38,87 kW
Výkon bivalentního zdroje:	24 kW
Výkon jednoho tepleného čerpadla bez doby odtávání:	28,44 kW
Výkon jednoho tepelného čerpadla při započtení doby odtávání:	25,60 kW

Předpokládá odtávání každou hodinu po dobu 6 minut. Odtávání probíhá horkým plynem.

Energie uložená do akumulární nádrže:

$$E_{AN} = c \cdot V_{AN} \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,5 \cdot (55 - 50) = 8,72 \text{ kWh}$$

Doba vybití akumulární nádrže při přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{vybití}} = \frac{E_{AN}}{Q_{VYT} - Q_{BZ}} = \frac{8,72}{38,87 - 22} = 0,52 \text{ hod} = 31 \text{ min}$$

Do akumulární nádrže je dodáván výkon 22 kW z elektrokotle a odebírán výkon pro vytápění. Přednostní příprava teplé vody trvá 28 minut, akumulární nádrž se vybití za 31 minut, je splněna podmínka, že doba vybití akumulární nádrže je delší než přednostní příprava teplé vody. Je tedy zajištěno překlenutí doby přednostního ohřevu teplé vody akumulární nádrží.

Odebraná energie z akumulární nádrže v době přednostní přípravy teplé vody:

$$E_{AN,-12} = (Q_{VYT} - Q_{BZ}) \cdot \tau_{\text{ohřev}} = (38,87 - 22) \cdot 0,47 = 7,93 \text{ kWh}$$

Doba nabití akumulární nádrže po přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{nabití}} = \frac{E_{AN,-12}}{Q_{TC} - Q_{VYT}} = \frac{7,93}{3 \cdot 25,60 - 38,87} = 0,21 \text{ hod} = 12,5 \text{ min}$$

Do akumulární nádrže dodávají výkon 3 tepelná čerpadla. Nejkratší doba mezi přednostními přípravami teplé vody je 17 minut. Nabití akumulární nádrže pomocí 3 tepelných čerpadel trvá 12,5 minut. Je splněna podmínka, že doba nabití akumulární nádrže je kratší než doba mezi přednostními přípravami teplé vody.

B.20.2. Teplotní stav při $t_e = -5\text{ °C}$

V provozu jsou pouze 3 tepelná čerpadla, bivalentní zdroj už není potřebný.

Objem akumulární nádrže:	1,5 m ³
Přívodní otopná voda dodávána do AKU nádrže:	55 °C
Přívodní otopná voda z AKU nádrže do systému:	44,6 °C
Potřebný tepelný výkon pro vytápění:	30,37 kW
Výkon bivalentního zdroje:	0 kW
Výkon jednoho tepleného čerpadla bez doby odtávání:	32,26 kW
Výkon jednoho tepelného čerpadla při započtení doby odtávání:	29,03 kW

Předpokládá odtávání každou hodinu po dobu 6 minut. Odtávání probíhá horkým plynem.

Energie uložená do akumulární nádrže:

$$E_{AN} = c \cdot V_{AN} \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,5 \cdot (55 - 44,6) = 18,17 \text{ kWh}$$

Doba vybití akumulární nádrže při přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{vybití}} = \frac{E_{AN}}{Q_{VYT} - Q_{BZ}} = \frac{18,17}{30,37 - 0} = 0,52 \text{ hod} = 35,9 \text{ min}$$

Z akumulární nádrže je odebírán výkon pouze pro vytápění, není dodáván žádný výkon. Přednostní příprava teplé vody trvá 28 minut, akumulární nádrž se vybití za 36 minut, je splněna podmínka, že doba vybití akumulární nádrže je delší než přednostní příprava teplé vody. Je tedy zajištěno překlenutí doby přednostního ohřevu teplé vody akumulární nádrží.

Odebraná energie z akumulární nádrže v době přednostní přípravy teplé vody:

$$E_{AN,-12} = (Q_{VYT} - Q_{BZ}) \cdot \tau_{\text{ohřev}} = (30,37 - 0) \cdot 0,47 = 14,27 \text{ kWh}$$

Doba nabití akumulární nádrže po přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{nabití}} = \frac{E_{AN,-12}}{Q_{TČ} - Q_{VYT}} = \frac{14,27}{3 \cdot 29,03 - 30,37} = 0,25 \text{ hod} = 15,1 \text{ min}$$

Do akumulární nádrže dodávají výkon 3 tepelná čerpadla. Nejkratší doba mezi přednostními přípravami teplé vody je 17 minut. Nabití akumulární nádrže pomocí 3 tepelných čerpadel trvá 15 minut. Je splněna podmínka, že doba nabití akumulární nádrže je kratší než doba mezi přednostními přípravami teplé vody.

B.20.3. Teplotní stav při $t_e = +6\text{ °C}$

V provozu jsou pouze 2 tepelná čerpadla.

Objem akumulární nádrže:	1,5 m ³
Přívodní otopná voda dodávána do AKU nádrže:	55 °C
Přívodní otopná voda z AKU nádrže do systému:	35,4 °C
Potřebný tepelný výkon pro vytápění:	17,01 kW
Výkon bivalentního zdroje:	0 kW
Výkon jednoho tepleného čerpadla bez doby odtávání:	41,54 kW
Výkon jednoho tepelného čerpadla při započtení doby odtávání:	37,38 kW

Předpokládá odtávání každou hodinu po dobu 6 minut. Odtávání probíhá horkým plynem.

Energie uložená do akumulární nádrže:

$$E_{AN} = c \cdot V_{AN} \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,5 \cdot (55 - 35,4) = 34,15 \text{ kWh}$$

Doba vybití akumulární nádrže při přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{vybití}} = \frac{E_{AN}}{Q_{VYT} - Q_{BZ}} = \frac{34,15}{17,01 - 0} = 2,0 \text{ hod} = 120,5 \text{ min}$$

Z akumulární nádrže je odebírán výkon pouze pro vytápění, není dodáván žádný výkon. Přednostní příprava teplé vody trvá 28 minut, akumulární nádrž se vybití za 121 minut, je splněna podmínka, že doba vybití akumulární nádrže je delší než přednostní příprava teplé vody. Je tedy zajištěno překlenutí doby přednostního ohřevu teplé vody akumulární nádrží.

Odebraná energie z akumulární nádrže v době přednostní přípravy teplé vody:

$$E_{AN,-12} = (Q_{VYT} - Q_{BZ}) \cdot \tau_{\text{ohřev}} = (17,01 - 0) \cdot 0,47 = 8,0 \text{ kWh}$$

Doba nabití akumulární nádrže po přednostní přípravě teplé vody:

$$\tau_{\text{nabití}} = \frac{E_{AN,-12}}{Q_{TC} - Q_{VYT}} = \frac{8,0}{2 \cdot 37,38 - 17,01} = 0,14 \text{ hod} = 8,3 \text{ min}$$

Do akumulární nádrže dodávají výkon 2 tepelná čerpadla. Nejkratší doba mezi přednostními přípravami teplé vody je 17 minut. Nabití akumulární nádrže pomocí 2 tepelných čerpadel trvá 9 minut. Je splněna podmínka, že doba nabití akumulární nádrže je kratší než doba mezi přednostními přípravami teplé vody.

B.21. Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí v kotelně – varianta 2

B.21.1. Od patrových R+S k AKU nádrži v kotelně (vchod 1) – větev V1

č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dst	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	$\Sigma\xi$ [-]	Z [Pa]	přirozený vztlak [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	R.1 + Z - přirozený vztlak + Δp_{RV} [Pa]	Δp_{DIS} [Pa]
Dimenzování základního okruhu k R+S v 9.NP														
1	6118	526	6,7	28x1,5	62,7	0,3	420,1	2,82	125,6	109,0	12000	303	12740	12740
2	11113	956	5,7	35x1,5	54,3	0,33	309,5	1,12	60,4	109,0	0	0	261	13001
3	16108	1385	5,7	42x1,5	42,1	0,33	240,0	0,90	48,5	109,0	0	0	179	13180
4	21103	1815	5,7	42x1,5	69,1	0,43	393,9	1,12	102,5	109,0	0	0	387	13567
5	26098	2244	5,7	54x1,5	26,6	0,31	151,6	0,90	42,8	109,0	0	0	85	13653
6	31093	2674	5,7	54x1,5	37	0,37	210,9	0,90	61,0	109,0	0	0	163	13816
7	36088	3103	5,7	54x1,5	49,1	0,43	279,9	0,90	82,4	109,0	0	0	253	14069
8	41572	3575	2,4	54x1,5	62,8	0,49	150,7	0,90	107,0	45,9	0	0	212	14281
9	43866	3772	18,2	54x1,5	70,2	0,52	1274,1	10,40	1392,0	28,7	0	13307	15944	30225
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 282 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 21 Pa														
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x58=232 Pa														
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN50 R74M, kv = 35,9 m ³ /h, Δp_{RV} = 1126 Pa														
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, Δp_{RV} = 907 Pa														
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 18,95 m ³ /h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4042 Pa														
Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 DN25, qp = 3,5 m ³ /h, Δp_{RV} = 7000 Pa														

Dimenzování úseku k R+S v 8.NP														
1-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k R+S v 7.NP														
2-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 6.np														
3-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 5.np														
4-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 4.np														
5-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 3.np														
6-1	4995	429	1,0	28x1,5	44,8	0,25	44,8	19,12	591,5	0,0	12000	201	12837	12837
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, Δp_{RV} = 187 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, Δp_{RV} = 14 Pa														

Dimenzování úseku k r+s v 2.np														
7-1	5484	472	1,0	28x1,5	51,6	0,27	51,6	19,12	690,0	0,0	12000	245	12987	12987
KK DN25 s vestavěným sítkem R701F, kv = 10 m ³ /h, ΔpRV = 228 Pa														
KK DN25 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, ΔpRV = 17 Pa														

Dimenzování úseku k bytu v 1.np ke kk														
8-1	2294	197	1,2	18x1,2	60,9	0,23	73,08	19,12	500,7	0,0	12000	672	13246	13246
KK DN15 s vestavěným sítkem R701F, kv = 2,5 m ³ /h, ΔpRV = 634 Pa														
KK DN15 R259Y, kv = 36,3 m ³ /h, ΔpRV = 38 Pa														

Na každém patře je před bytem (patrovým rozdělovačem a sběračem) umístěn regulátor tlakové difference, který udržuje tlakovou ztrátu na straně bytu 12 kPa. Oběhové čerpadlo pro tuto větev V1 je navrženo na nejnepříznivější tlakovou ztrátu, která je tedy k nejbližšímu místu a tím je 9. NP.

B.21.2. Zdroj tepla

V okruzích od tepelných čerpadel jsou voleny malé teplotní spády z důvodu zajištění minimálního průtoku tepelným čerpadlem. Průtok pro tepelné čerpadlo je 3,1 – 6,9 m³/h, minimální průtok tepelným čerpadlem **vyhoví**.

B.21.2.1. Okruh TČ1 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C

č. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R.1 [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	ΔpRV [Pa]	R.1 + Z + ΔpRV [Pa]	ΔpDIS [Pa]
Dimenzování okruhu od TČ1 k zásobníkovému ohřivači TV (55/50)												
1	24980	4296	5,55	54x1,5	70,9	0,59	393	4,12	710	34342	35445	35445
2	49960	8592	1,10	76x2	46,5	0,59	51	1,12	193	0	244	35690
3	74940	12887	8,45	76x2	98,2	0,89	830	7,40	2901	10659	14390	50080
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, ΔpRV = 4x76=304 Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, ΔpRV = 337 Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, ΔpRV = 1184 Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, ΔpRV = 3517 Pa												
Tepelné čerpadlo ΔpRV = 29000 Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, ΔpRV = 10659 Pa												
Rozdělení průtoku před zásobníkovými ohřivači TV												
3-1	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61649
3-2	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61649
2x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, ΔpRV = 2x171=342 Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, ΔpRV = 7915 Pa												

B.21.2.2. Okruh TČ2 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od TČ2 k zásobníkovému ohřivači TV (55/50)												
1	24980	4296	4,45	54x1,5	70,9	0,59	316	2,60	448	34342	35106	35106
2	49960	8592	2,20	76x2	46,5	0,59	102	2,42	417	0	519	35625
3	74940	12887	8,45	76x2	98,2	0,89	830	7,40	2901	10659	14390	50015
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 4x76=304$ Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 337$ Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 1184$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 3517$ Pa												
Tepelné čerpadlo $\Delta p_{RV} = 29000$ Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, $\Delta p_{RV} = 10659$ Pa												
Rozdělení průtoku před zásobníkovými ohřivači TV												
3-1	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61584
3-2	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61584
2x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x171=342$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 7915$ Pa												

B.21.2.3. Okruh TČ3 – zásobníkový ohřivač – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od TČ3 k zásobníkovému ohřivači TV (55/50)												
1	24980	4296	5,55	54x1,5	70,9	0,59	393	4,12	710	34342	35445	35445
2	49960	8592	1,10	76x2	46,5	0,59	51	1,12	193	0	244	35690
3	74940	12887	8,45	76x2	98,2	0,89	830	7,40	2901	10659	14390	50080
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 4x76=304$ Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 337$ Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 1184$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 3517$ Pa												
Tepelné čerpadlo $\Delta p_{RV} = 29000$ Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, $\Delta p_{RV} = 10659$ Pa												
Rozdělení průtoku před zásobníkovými ohřivači TV												
3-1	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61649
3-2	37470	6444	5,6	54x1,5	149	0,89	834	6,32	2478	8257	11569	61649
2x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x171=342$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 7915$ Pa												

B.21.2.4. Okruh elektrokotel – deskový výměník – 70/55 °C

Varianta, při které je v provozu pouze jeden kotel a druhý je vypnutý.

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od EK1 k VÝMĚNÍKU (70/55)												
1	24000	1376	1,9	35x1,5	83,7	0,48	159	1,52	173	1357	1689	1689
2	24000	1376	1,35	42x1,5	33,5	0,33	45	2,20	119	1436	1600	3289
2x KK DN32 R259D, kv = 73,5 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x36=72 Pa												
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN32 R74M, kv = 17 m ³ /h, Δp_{RV} = 679 Pa												
Zpětný ventil DN32 R60, kv = 18 m ³ /h, Δp_{RV} = 606 Pa												
2x KK DN40 R259D, kv = 105 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x18=36 Pa												
Deskový výměník SWEP B35TM0x20, Δp_{RV} = 1400 Pa												

B.21.2.5. Okruh elektrokotel – deskový výměník – 70/55 °C

Varianta, při které jsou v provozu oba kotle na poloviční výkon.

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od EK1 k VÝMĚNÍKU (70/55)												
1	12000	688	1,9	35x1,5	24,3	0,24	46	1,52	43	340	430	430
2	24000	1376	1,35	42x1,5	33,5	0,33	45	2,20	119	1436	1600	2029
2x KK DN32 R259D, kv = 73,5 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x9=18 Pa												
Y-filtr s integrovaným magnetem a nerezovým sítkem DN32 R74M, kv = 17 m ³ /h, Δp_{RV} = 170 Pa												
Zpětný ventil DN32 R60, kv = 18 m ³ /h, Δp_{RV} = 152 Pa												
2x KK DN40 R259D, kv = 105 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x18=36 Pa												
Deskový výměník SWEP B35TM0x20, Δp_{RV} = 1400 Pa												

B.21.2.6. Okruh deskový výměník – AKU nádrž – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od VÝMĚNÍKU k AKU (55/50)												
1	24000	4127	15,65	54x1,5	66,6	0,57	1042	17,10	2750	16416	20208	20208
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x70=280 Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x1093 = 2186 Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 18,95 m ³ /h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4870 Pa												
Deskový výměník SWEP B35TM0x20, Δp_{RV} = 9080 Pa												

B.21.2.7. Okruh TČ1 – AKU nádrž – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od TČ1 k AKU nádrži (55/50)												
	25600	4402	5,55	54x2	75,3	0,61	418	4,12	759	34612	35789	35789
	51200	8805	1,10	76x2	49,4	0,61	54	1,12	206	0	261	36049
	76800	13207	15,35	76x2	102	0,91	1566	16,90	6927	21766	30259	66309
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 4x80=320$ Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 354$ Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 1244$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 3694$ Pa												
Tepelné čerpadlo $\Delta p_{RV} = 29000$ Pa												
2x KK DN65 R259D, kv = 240 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x311=622$ Pa												
2x Zpětný ventil DN65 R60, kv = 60 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x4975 = 9950$ Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, $\Delta p_{RV} = 11194$ Pa												

B.21.2.8. Okruh TČ2 – AKU nádrž – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od TČ2 k AKU nádrži (55/50)												
	25600	4402	4,45	54x2	75,3	0,61	335	2,60	479	34612	35426	35426
	51200	8805	2,20	76x2	49,4	0,61	109	2,42	446	0	554	35980
	76800	13207	15,35	76x2	102	0,91	1566	16,90	6927	21766	30259	66240
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 4x80=320$ Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 354$ Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 1244$ Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, $\Delta p_{RV} = 3694$ Pa												
Tepelné čerpadlo $\Delta p_{RV} = 29000$ Pa												
2x KK DN65 R259D, kv = 240 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x311=622$ Pa												
2x Zpětný ventil DN65 R60, kv = 60 m ³ /h, $\Delta p_{RV} = 2x4975 = 9950$ Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, $\Delta p_{RV} = 11194$ Pa												

B.21.2.9. Okruh TČ3 – AKU nádrž – 55/50 °C

č. ú.	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]
Dimenzování okruhu od TČ3 k AKU nádrži (55/50)												
	25600	4402	5,55	54x2	75,3	0,61	418	4,12	759	34612	35789	35789
	51200	8805	1,10	76x2	49,4	0,61	54	1,12	206	0	261	36049
	76800	13207	15,35	76x2	102	0,91	1566	16,90	6927	21766	30259	66309
4x KK DN50 R259D, kv = 158 m ³ /h, Δp_{RV} = 4x80=320 Pa												
Magnetický odkalovač DN50 R146M, kv = 75 m ³ /h, Δp_{RV} = 354 Pa												
Zpětný ventil DN50 R60, kv = 40 m ³ /h, Δp_{RV} = 1244 Pa												
Vyvažovací ventil DN50 R206B, kv = 23,21 m ³ /h, 90 otáček, Δp_{RV} = 3694 Pa												
Tepelné čerpadlo Δp_{RV} = 29000 Pa												
2x KK DN65 R259D, kv = 240 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x311=622 Pa												
2x Zpětný ventil DN65 R60, kv = 60 m ³ /h, Δp_{RV} = 2x4975 = 9950 Pa												
Trojcestný přepínací ventil ESBE VRG231 DN50, kv = 40 m ³ /h + servopohonem ESBE ARA600, Δp_{RV} = 11194 Pa												

B.22. Návrh armatur – varianta 2

B.22.1. Návrh vyvažovacích ventilů

Na všechny větve byly navrženy vyvažovací ventily od firmy Giacomini – statický vyvažovací ventil R206B.

TČ1 – m = 4296 (4402) kg/h, DN50, kv = 23,21 m³/h, 90 otáček, Δp_{RV} = 3517 (3694) Pa

TČ2 – m = 4296 (4402) kg/h, DN50, kv = 23,21 m³/h, 90 otáček, Δp_{RV} = 3517 (3694) Pa

TČ3 – m = 4296 (4402) kg/h, DN50, kv = 23,21 m³/h, 90 otáček, Δp_{RV} = 3517 (3694) Pa

ZÁSOBNÍK 1 – m = 6444 kg/h, DN50, kv = 23,21 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 7915 Pa

ZÁSOBNÍK 2 – m = 6444 kg/h, DN50, kv = 23,21 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 7915 Pa

VÝMĚNÍK-AKU – m = 4127 kg/h, DN50, kv = 18,95 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4870 Pa

Větev V1 – m = 3772 kg/h, DN50, kv = 18,95 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 4042 Pa

Větev V2 – m = 226 kg/h, DN20, kv = 4,35 m³/h, 75 otáček, Δp_{RV} = 2101 Pa



Obr. 73 – Statický vyvažovací ventil R206B [50]

B.22.2. Návrh přepínacích ventilů

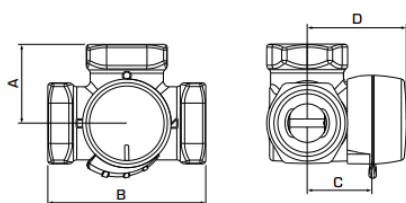
Na přepínání mezi dobíjením akumulární nádrže a přednostní přípravou teplé vody je navržen trojcestný přepínací ventil od firmy ESBE typ VRG 231, přepínací ventil bude doplněn o servopohon od firmy ESBE typ ARA600.

přednostní přípravy teplé vody – $m = 12887 \text{ kg/h}$, DN50, $kv = 40 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 10659 \text{ Pa}$

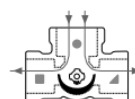
dobíjení AKU nádrže – $m = 13207 \text{ kg/h}$, DN50, $kv = 40 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p_{RV} = 11194 \text{ Pa}$

ROTAČNÍ SMĚŠOVACÍ VENTILY

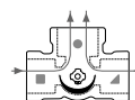
PŘEPÍNAČÍ VENTILY ŘADA VRG230



VRG231, VRG232



Rozdělování



Směšování

Zploštělý konec osy ventilu, stejně jako ukazatel knoflíku směřuje do středu srdce ventilu.

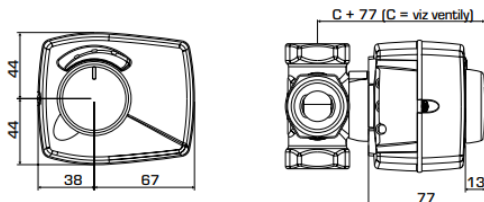
ŘADA VRG231, VNITŘNÍ ZÁVIT

Obj. číslo	Označení	DN	Kvs *	Připojení	A	B	C	D	Hmot. [kg]	Poznámka
11620100	VRG231	20	6,3	Rp 3/4"	36	72	32	50	0,43	
11620200	VRG231	25	10	Rp 1"	41	82	34	52	0,70	
11620300	VRG231	32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	0,95	
11621400	VRG231	40	30	Rp 1 1/2"	53	106	44	62	1,72	
11621600	VRG231	50	40	Rp 2"	60	120	46	64	2,39	

Obr. 74 – Směšovací ventily ESBE VRG 231 [79]

OTOČNÉ SMĚŠOVACÍ VENTILY

SERVOPOHONY ŘADA ARA600 S 2-BODOVÝM ŘÍZENÍM



Instalační rozměry pro servopohony řady ARA600 s ventily VRG100, VRG200, VRG300, VRB100 a VRH100

ŘADA ARA600, 2-BOD. 24 V AC

Obj. číslo	Označení	Napájení [V AC]	Doba běhu 90° [s]	Řídicí signál*	Krouticí moment [Nm]	Poznámka
12120100	ARA637	24	15	2-bod. SPST	3	2)
12120200	ARA647	24	30	2-bod. SPST	6	
12120600	ARA658	24	60	2-bod. SPST	6	1)

Obr. 75 – Servopohon ESBE ARA600 [57]

B.23.Návrh oběhových čerpadel – varianta 2

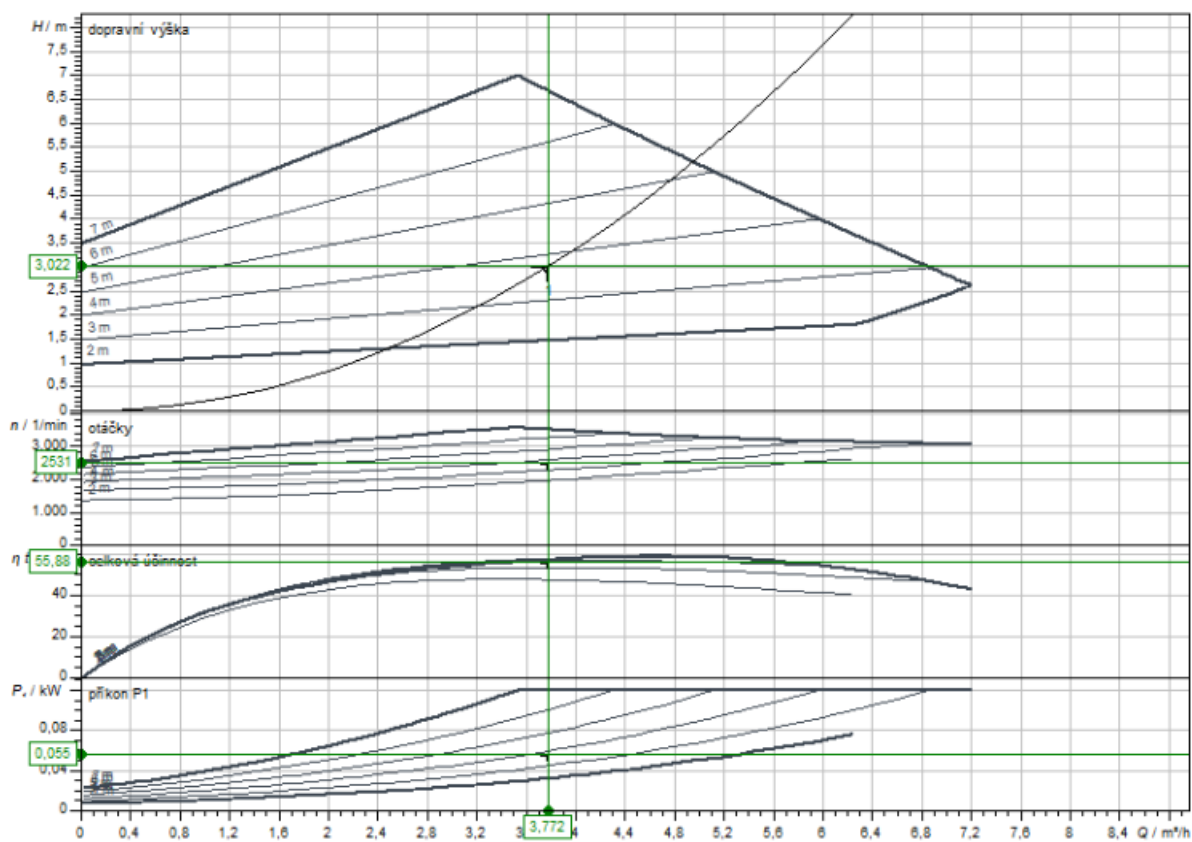
Byla navržena oběhová čerpadla od firmy Wilo.

B.23.1. Čerpadlo pro větev V1

Hmotnostní průtok 3,772 m³/h

Tlaková ztráta 30,225 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10.



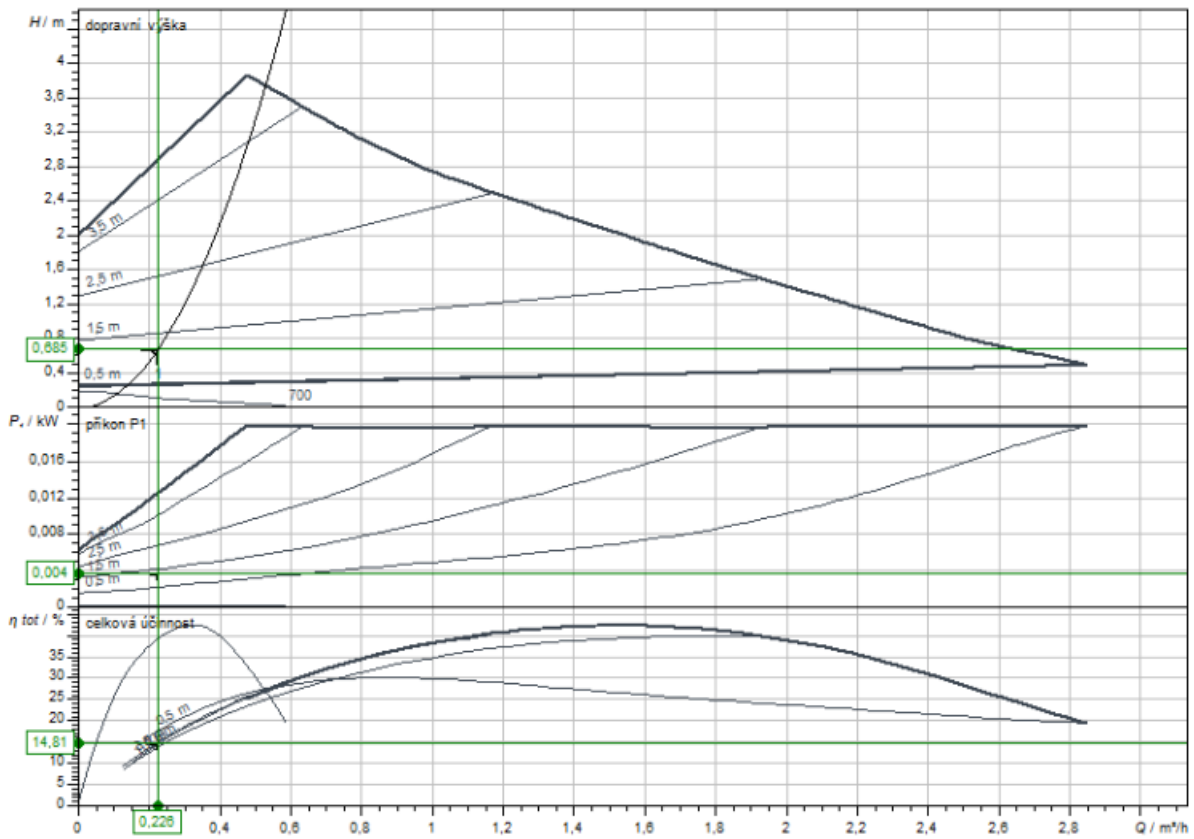
Obr. 76 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V1 [63]

B.23.2. Čerpadlo pro větev V2

Hmotnostní průtok 0,226 m³/h

Tlaková ztráta 6,851 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Stratos PICO 15/0,5-4



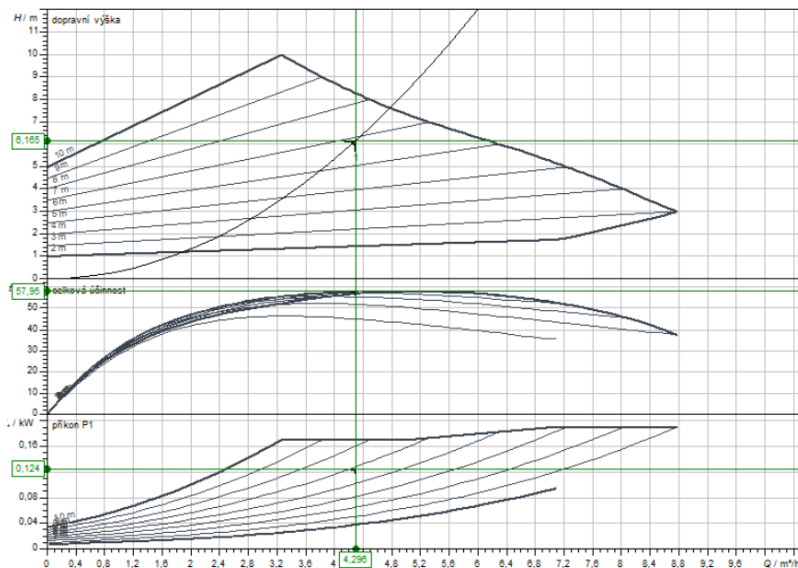
Obr. 77 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V2 [63]

B.23.3. Čerpadlo pro TČ1

TČ1 – zásobník TV

Hmotnostní průtok 4,296 m³/h

Tlaková ztráta 61,649 kPa

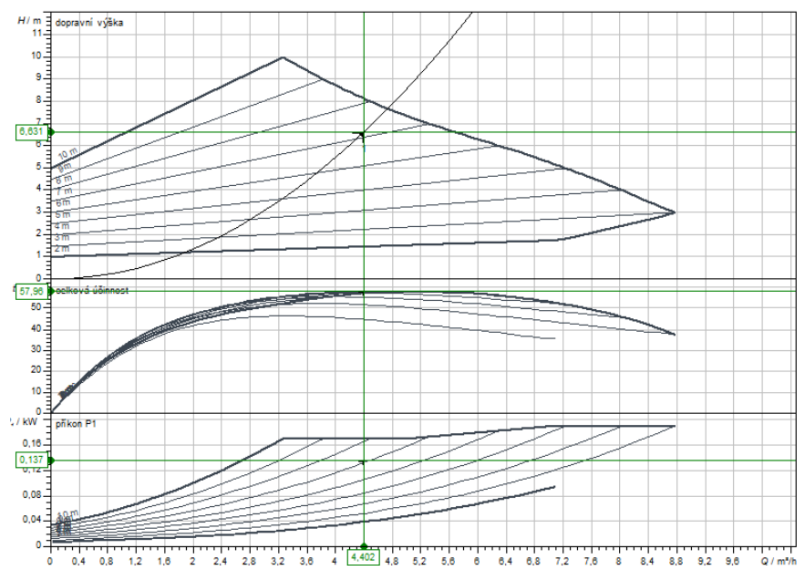


Obr. 78 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

TČ1 – AKU nádrž

Hmotnostní průtok 4,402 m³/h

Tlaková ztráta 66,309 kPa



Obr. 79 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

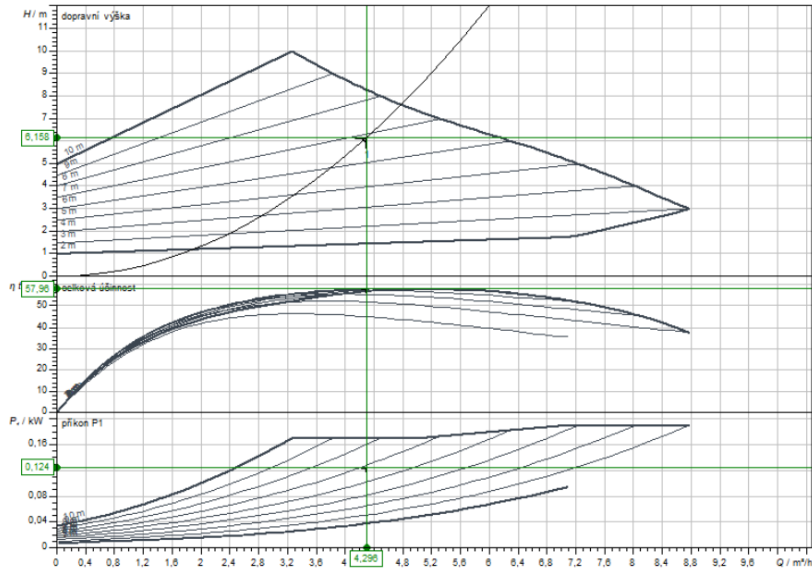
Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10.

B.23.4. Čerpadlo pro TČ2

TČ2 – zásobník TV

Hmotnostní průtok 4,296 m³/h

Tlaková ztráta 61,584 kPa

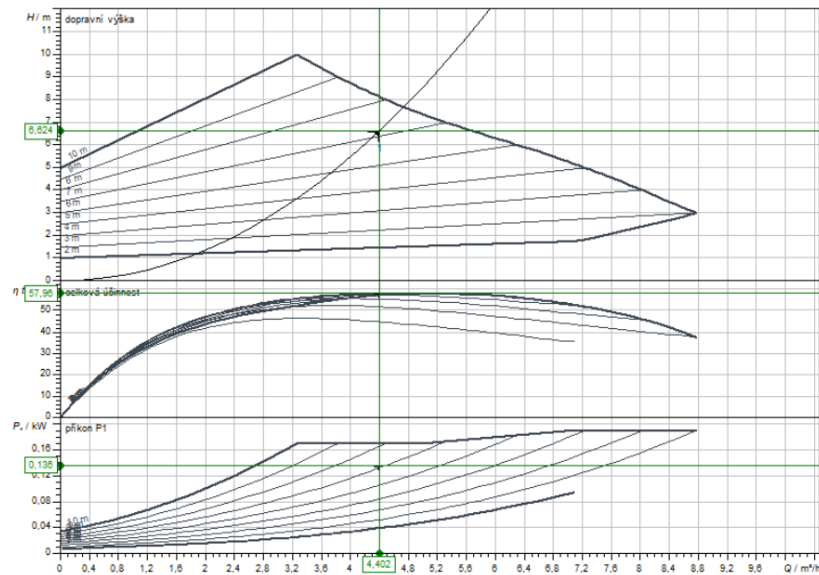


Obr. 80 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

TČ2 – AKU nádrž

Hmotnostní průtok 4,402 m³/h

Tlaková ztráta 66,240 kPa



Obr. 81 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

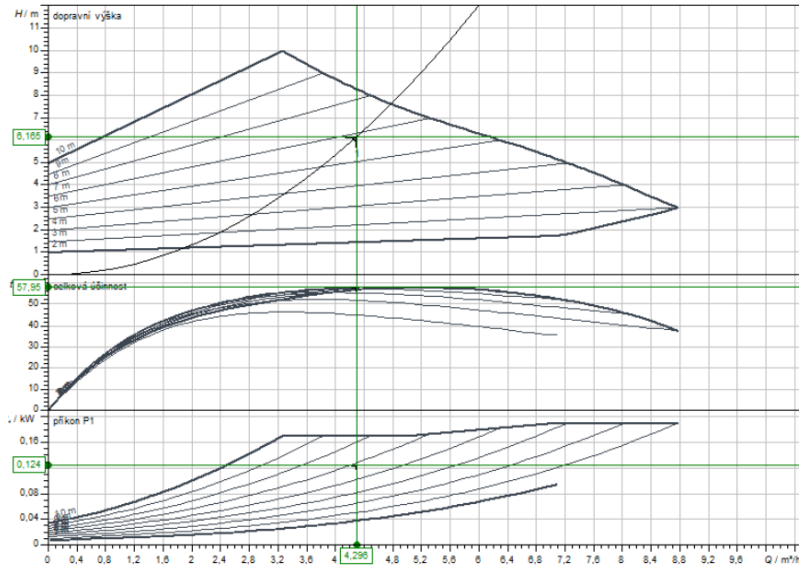
Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10.

B.23.5. Čerpadlo pro TČ3

TČ3 – zásobník TV

Hmotnostní průtok 4,296 m³/h

Tlaková ztráta 61,649 kPa

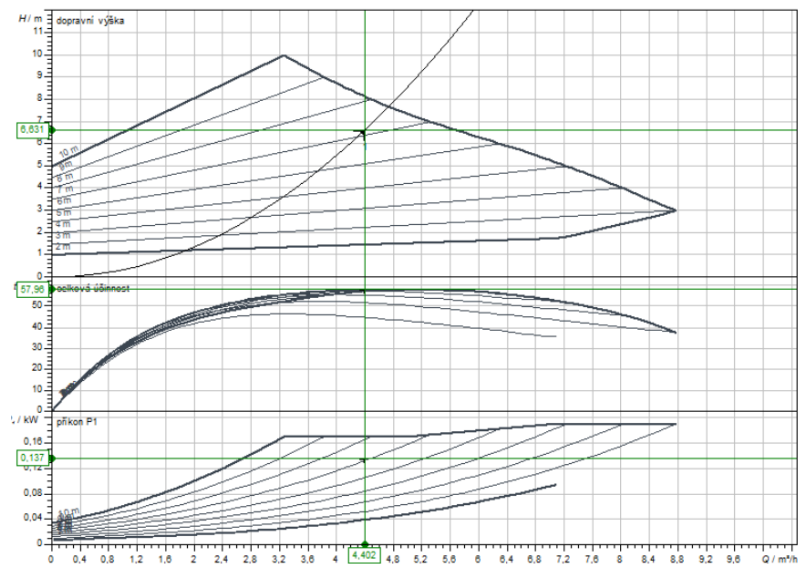


Obr. 82 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

TČ3 – AKU nádrž

Hmotnostní průtok 4,402 m³/h

Tlaková ztráta 66,309 kPa



Obr. 83 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 [63]

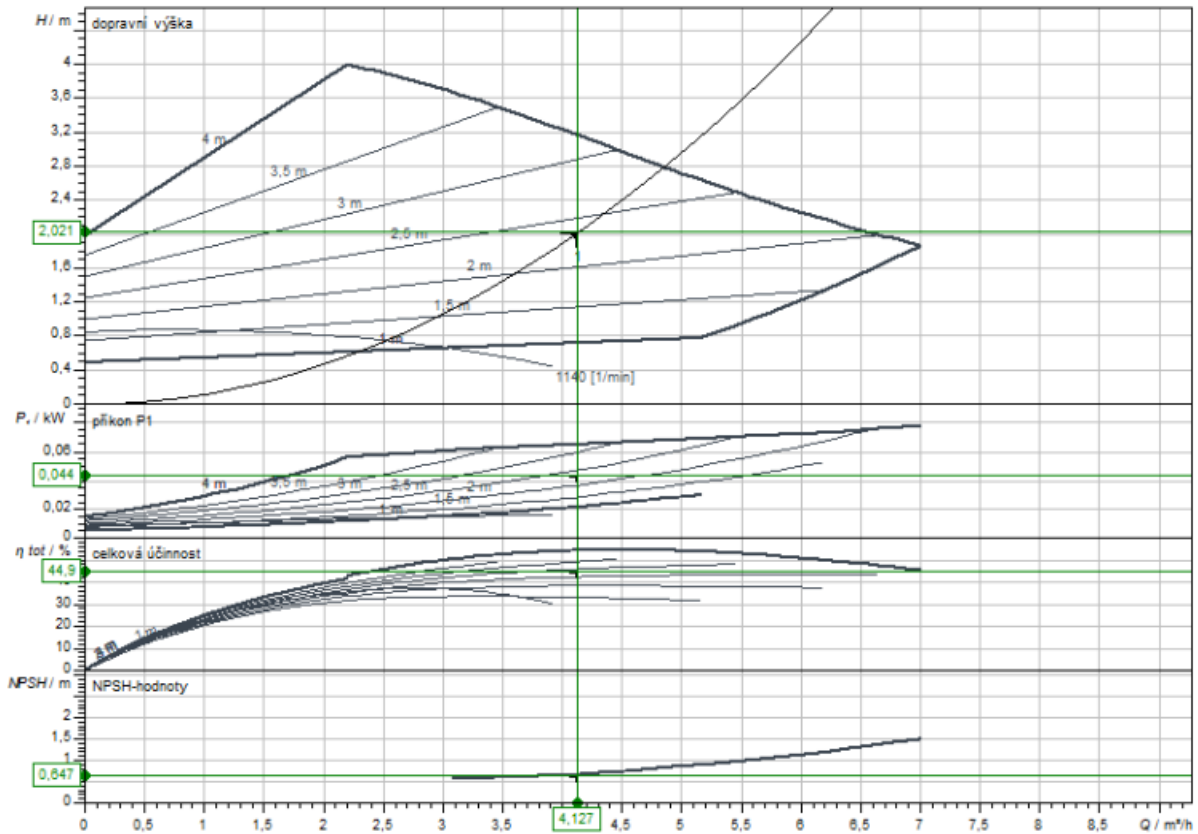
Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10.

B.23.6. Čerpadlo pro okruh deskový výměník – AKU nádrž

Hmotnostní průtok 4,127 m³/h

Tlaková ztráta 20,208 kPa

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Stratos MAXO 25/0,5-4 PN10-R7.



Obr. 84 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Stratos MAXO 25/0,5-4 PN10-R7 [63]

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo Stratos MAXO 25/0,5-4 PN10-R7.

B.23.7. Čerpadlo pro okruh elektrokotel – deskový výměník

Varianta – pouze jeden kotel v provozu

Hmotnostní průtok 1,376 m³/h

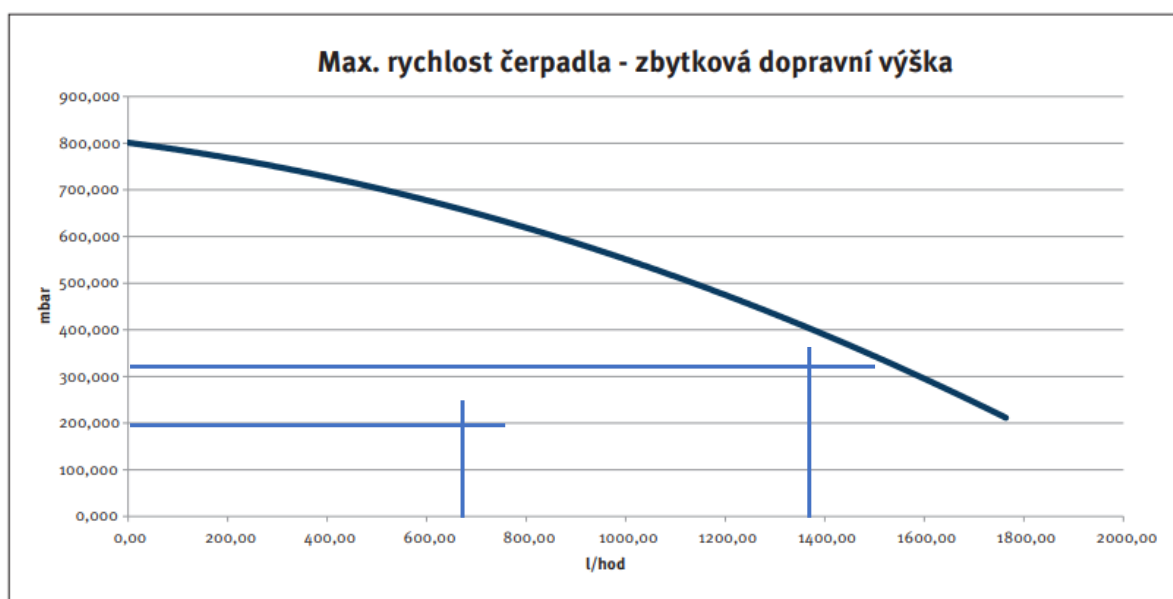
Tlaková ztráta 3,289 kPa

Varianta – oba kotle v provozu na poloviční výkon

Hmotnostní průtok 0,688 m³/h

Tlaková ztráta 2,029 kPa

V kotli je instalováno oběhové čerpadlo, které vyhovuje navrženému průtoku a tlakovým ztrátám.

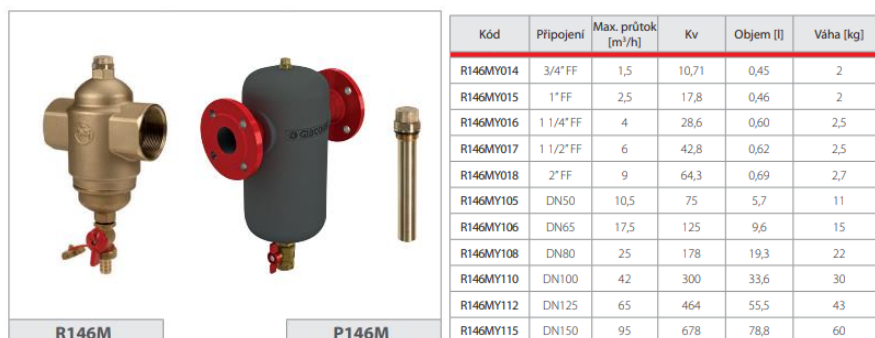


Obr. 85 – Křivka oběhového čerpadla elektrokotle [77]

B.24. Návrh dalších zařízení – varianta 2

B.24.1. Magnetický odkalovač

Pro ochranu tepelných čerpadel jsou na vratném potrubí umístěny magnetické odkalovače R146M od firmy Giacomini.



Obr. 86 – Magnetický odkalovač R146M [80]

B.24.2. Návrh armatury pro doplňování vody

Pro doplňování vody do soustavy volím připojovací skupinu Fillset Impuls 0,8 od firmy Reflex. Součástí armatury je systémový oddělovač typu BA s integrovaným filtrem, uzávěry na vstupní a výstupní straně a vodoměr s výstupem impulzů.



Obr. 87 – Fillset Impuls 0,8 [65]

B.24.3. Návrh armatury pro úpravu doplňované vody

Pro úpravu doplňované vody je navržen Fillsoft I. od firmy Reflex.



Obr. 88 – Fillsoft I [66]

B.25.Návrh zabezpečovacích zařízení – varianta 2

Z důvodu objemových změn v soustavě je nutné navrhnout expanzní zařízení. Z důvodu velkého objemu topné vody v otopné soustavě navrhuji čerpadlový expanzní automat Variomat – řídicí jednotku VS 2-1/60 se základní nádobou VG 300 o objemu 300 l, který udržuje tlak, odplyňuje a doplňuje vodu do soustavy. Expanzní automat je připojen na vratné potrubí k tepelným čerpadlům. Minimální provozní přetlak je 270 kPa, maximální provozní přetlak je 500 kPa, otevírací přetlak pojistných ventilů je 500 kPa. Na výstupní potrubí z každého tepelného čerpadla je navržen pojistný ventil DUCO 1/2“ × 3/4“, 500 kPa. Na výstupní potrubí z deskového výměníku, pro oddělení elektrokotlů od soustavy z důvodu nízkého konstrukčního tlaku (3 bary), je navržen pojistný ventil DUCO 1 1/4“ × 1 1/2“, 500 kPa. Elektrokotle mají svoji vlastní integrovanou expanzní nádobu i pojistný ventil.

B.25.1. Návrh expanzní nádoby

OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]				
	DIMENZE	OBJEM NA 1 m POTRUBÍ [l]	DÉLKA POTRUBÍ [m]	OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]
UHLÍKOVÁ OCEL VAR	15x1,2	0,125	31,4	3,92
	18x1,2	0,191	20,3	3,88
	22x1,5	0,284	8,3	2,34
	28x1,5	0,491	13,7	6,72
	35x1,5	0,804	5,7	4,58
	42x1,5	1,195	11,4	13,62
	54x1,5	2,043	82,3	168,02
	76x2	4,072	23,8	96,90
PEX-AL-PEX	16x2,0	0,113	1027,9	116,25
	18x2,0	0,154	534,5	82,28
	20x2,0	0,201	229,6	46,16
CELKOVÝ OBJEM VODY V POTRUBÍ [l]				544,68

OT - BYTY - VCHOD 1			
TYP OTOPNÉHO TĚLESA	OBJEM VODY V TĚLESE [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V TĚLESECH [l]
RADIK 21 VK/VKL - 500/1200	6,12	17	104,04
RADIK 21 VK/VKL - 500/1100	5,61	17	95,37
RADIK 21 VK/VKL - 500/1400	7,14	3	21,42
RADIK 21 VK/VKL - 500/1600	8,16	3	24,48
RADIK 22 VK/VKL - 500/1400	7,14	1	7,14
RADIK 21 VK/VKL - 400/1200	5,28	14	73,92
RADIK 21 VK/VKL - 400/1100	4,84	20	96,8
RADIK 21 VK/VKL - 500/900	4,59	6	27,54
RADIK 22 VK/VKL - 500/1100	5,61	1	5,61
RADIK 22 VK/VKL - 500/1000	5,1	1	5,1
KLCM 450/1500	5,7	7	39,9
KLCM 500/1220	4,8	3	14,4
KLCM 450/1220	4,5	13	58,5
KLCM 500/1500	6,1	2	12,2
CELKOVÝ OBJEM VODY V OT [l]			586,42

OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]			
DRUH ZAŘÍZENÍ	OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍCH [l]
DESKOVÝ VÝMĚNÍK	1,8	1	1,8
TEPELNÉ ČERPADLO	30	3	90
ZÁSOBNÍK TV	50	2	100
AKU NÁDRŽ	1500	1	1500
CELKOVÝ OBJEM VODY V ZAŘÍZENÍ [l]			1691,8

OT - SPOLEČNĚ PROSTORY - VCHOD 1			
TYP OTOPNÉHO TĚLESA	OBJEM VODY V TĚLESE [l]	POČET [ks]	OBJEM VODY V TĚLESECH [l]
RADIK 21 VK/VKL - 500/1200	6,12	1	6,12
RADIK 21 VK/VKL - 400/700	3,08	2	6,16
RADIK 33 VK/VKL - 500/1400	10,64	1	10,64
CELKOVÝ OBJEM VODY V OT [l]			22,92

Celkový objem vody v soustavě je $1691,8+544,68+586,42+22,92 = 2845,82$ l.

Vstupní parametry

Výška otopné soustavy: 24,0 m
 Maximální teplota v soustavě: 55 °C
 Výška manometrické roviny: 2,0 m
 Celkový výkon čerpadel: 159,9 kW

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$$

V_e expanzní objem [m³]

V_o objem vody v soustavě [m³]

n koeficient tepelné roztažnosti

$$V_e = 1,3 \cdot 0,284582 \cdot 0,01413 = 0,0523 \text{ m}^3$$

Nejnižší dovolený provozní přetlak

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g + \Delta p_z$$

p_{ddov} nejnižší dovolený přetlak [kPa]

h výška mezi neutrálním bodem a nejvyšším místem soustavy [m]

ρ hustota vody [kg/m³]

g tíhové zrychlení [m/s²]

Δp_z tlaková ztráta soustavy mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem ve směru proudění [kPa]

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 24,0 \cdot 1000 \cdot 9,81 + 0 = 258,98 \text{ kPa}$$

Volím: $p_d = 270 \text{ kPa} \geq p_{ddov} = 258,98 \text{ kPa}$

Nejvyšší dovolený přetlak soustavy

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g)$$

p_{hdov} nejvyšší dovolený přetlak [kPa]

p_k nejmenší konstrukční přetlak prvku v soustavě

h_{MR} výška manometrické roviny [m]

$$p_{hdov} \leq 600 - (2 \cdot 1000 \cdot 9,81) = 580,38 \text{ kPa}$$

Volím: $p_h = 500 \text{ kPa} \leq p_{hdov} = 580,38 \text{ kPa}$

pk - maximální konstrukční přetlak	
AKU nádrž	6 bar
tepelné čerpadlo	10 bar
OT - desková	10 bar
OT - trubková	10 bar
potrubí - uhlíková ocel + spoje	10 bar
potrubí - pex-al-pex + spoje	10 bar
ohřívač TV	6 bar
expanzní nádoba	6 bar
oběhové čerpadlo	10 bar
deskový výměník	50 bar

Objem expanzní nádoby

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_h + 100}{p_h - p_d}$$

p_h nejvyšší provozní přetlak [kPa]

p_d nejnižší provozní přetlak [kPa]

$$V_{ep} = 0,0523 \cdot \frac{500 + 100}{500 - 270} = 0,136 \text{ m}^3 = 136 \text{ l}$$

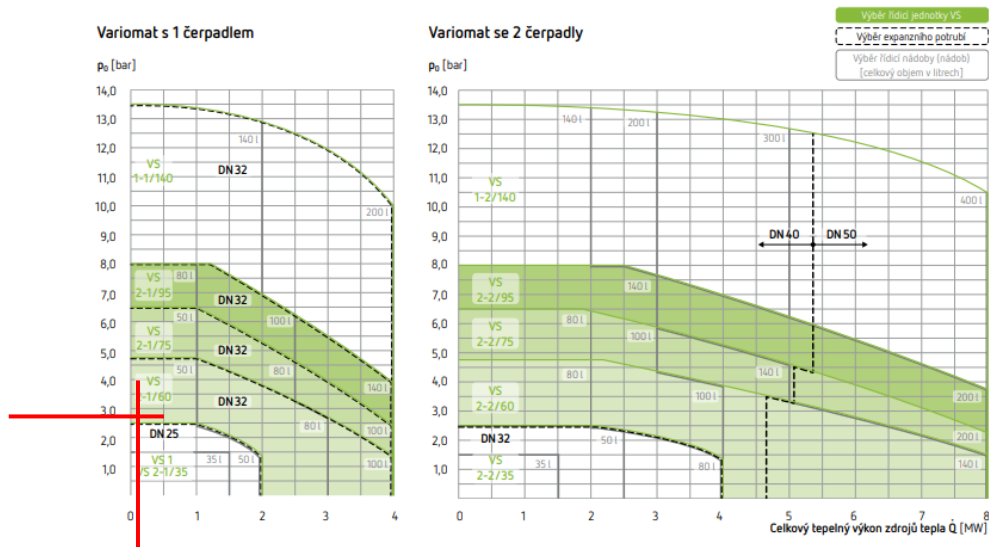


Obr. 89 – Expanzní automat Variomat - zařízení na udržování tlaku, odplyňování a doplňování [67]

Výběr a výpočet

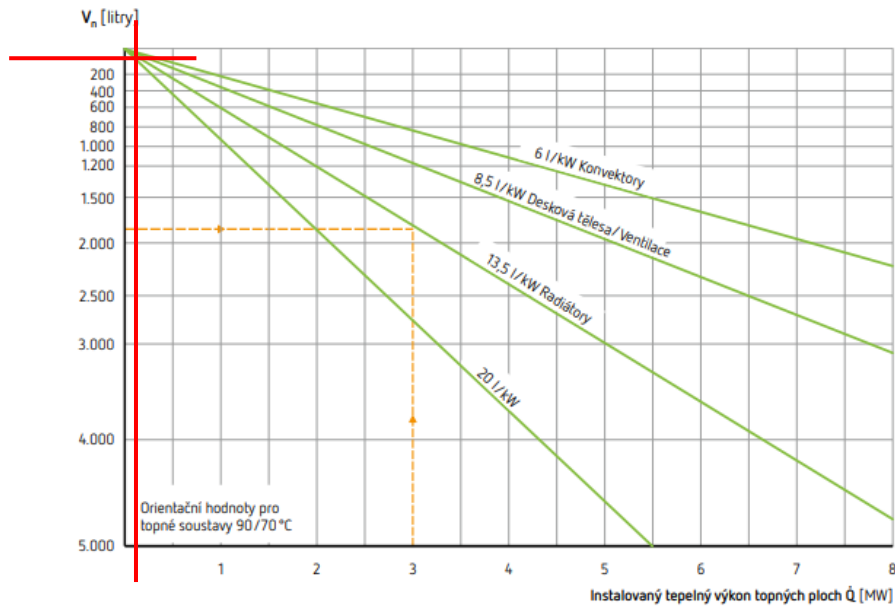
pro topné soustavy s výstupní větrí do 120°C

Výběr řídicí jednotky Variomat & řídicí nádoby Reflex



Obr. 90 - Výběr řídicí jednotky Variomat [67]

Návrh nádob Variomat



Obr. 91 - Návrh nádob Variomat [67]

Navrhuji čerpadlový expanzní automat Variomat – řídicí jednotku VS 2-1/60. Dle zjednodušeného návrhu od výrobce objem základní nádoby 90 l, dle výpočtu expanzní nádoby objem 136 l. Navrhuji základní nádobu VG200 o jmenovitém objemu 200 l a maximálním využitelném objemu 180 l.

Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60, pro udržování tlaku, odplyňování a doplňování, 10 bar

Číslo výrobku: 8910200



Thinking solutions.



Podrobnosti

Typ	VS 2-1/60
Řídicí jednotka	vedle stojící
Max. dovol. provozní teplota	70 °C
Dovol. provozní teplota – zdroj	105 °C
max. dovol. provozní tlak	10 bar
Max. nastavený tlak p_0	4,8 bar
Max. hladina akustického tlaku	55 dB(A)
Stupeň ochrany	IP 54
Elektrická přípojka	230V/50Hz
Připojení expanzního potrubí	Rp 1"
Připojení doplňování	Rp 1/2"
Elektrický příkon	1,10 kW
Max. výška	921 mm
Šířka	470 mm
Hloubka	572 mm
Hmotnost	36,90 kg

Obr. 92 – Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60 [68]

Reflex Variomat základní nádoba VG 200, pro expanzní automaty Variomat, šedá, 6 bar

Číslo výrobku: 8600011



Thinking solutions.



Podrobnosti

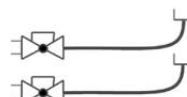
Typ	VG 200
Barva	šedá
Jmenovitý objem	200 l
Max. využitelný objem	180 l
Max. přípustná teplota soustavy	110 °C
Max. dovol. provozní teplota	70 °C
max. dovol. provozní tlak	6 bar
Připojení	G 1"
Průměr	634 mm
Max. výška	1057 mm
Výška přípojky vody	146 mm
Sklopný rozměr cca	1066 mm
Hmotnost	33,50 kg

Obr. 93 – Reflex Variomat základní nádoba VG 200 [81]

Variomat-připojovací souprava



Připojovací souprava Variomat



2 připojovací hadice
G 1" x G 1" s uzavěrem
se zajištěním

Připojovací souprava Variomat pro jednočerpádlové zařízení



2 připojovací hadice
G 1 1/4" x G 1"

Připojovací souprava Variomat pro dvoučerpádlové zařízení

Obr. 94 – Připojovací souprava [67]

Expanzní potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

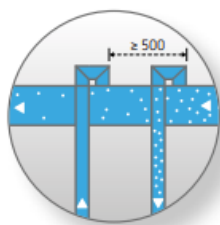
Q_p pojistný výkon [kW]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 159,9^{0,5} = 17,6 \text{ mm}$$

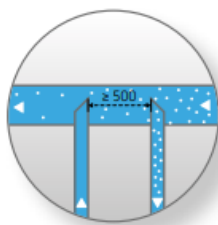
Dle výpočtu DN20, dle návrhu z grafu DN32 volím expanzní potrubí DN32.

Připojení

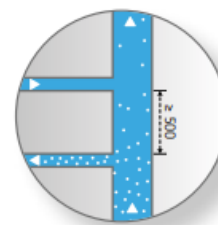
Aby se zabránilo přímému vnikání hrubých nečistot do Variomatu, musí být připojovací potrubí napojeno do hlavního potrubí shora, z boku nebo zespodu jako vnořené potrubí. Musí být dodržena minimální vzdálenost 500 mm mezi napojovacími body.



Shora



Zespodu
jako vnořené



Z boku
(je možná vodorovná i svislá montáž)



Obr. 95 – Připojení Variomatu [67]

Expanzní nádoba – elektrokotel

Elektrokotle jsou od soustavy odděleny deskovým výměníkem z důvodu malého konstrukčního přetlaku (3 bar), je tedy nutné zajistit kompenzaci tepelné roztažnosti otopné vody v okruhu elektrokotle – deskový výměník. Elektrokotle obsahují vestavěnou expanzní nádobu o objemu 8 l. Tato nádoba vyhovuje, pokud je v systému maximálně 100 l otopné vody o teplotě maximálně 75 °C. V okruhu elektrokotle – deskový výměník je méně než 200 l vody a teplotní spád je zde 70/55 °C. Vestavěné expanzní nádoby jsou dostačující, není nutné navrhovat další expanzní nádobu.

B.25.2. Návrh pojistných ventilů

Pro ochranu zařízení proti překročení nejvyššího povoleného přetlaku se navrhuje pojistné ventily u zdrojů tepla, tyto ventily nesmí být odděleny od zdroje tepla uzavírací armaturou.

Pro tepelná čerpadla uvažují se skupinou A1, protože nemůže vzniknout pára. U elektrokotlů pára vzniknout může, takže skupina B2. U deskového výměníku uvažují s vznikem směsi páry a vody, posuzují jako skupinu A2.

Vstupní parametry pro návrh – tepelná čerpadla – skupina A1:

Výkon zdroje:	53,3 kW
Nejvyšší dovolený přetlak:	500 kPa
Konstanta syté páry K:	1,83 kW/mm ²

Předběžně navrhují pojistný ventil DUCO 1/2“ × 3/4“, 500 kPa

výtokový součinitel ventilu α_v :	0,54
průřezová plocha je:	177 mm ²
součinitel zvětšení sedla a:	1,37

Minimální průřez sedla pojistného ventilu

$$A_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_d}}$$

Q_p pojistný výkon [kW], $Q_p = 53,3 \text{ kW}$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 53,3}{0,549 \cdot \sqrt{500}} = 8,83 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{8,83}{\pi}} = 3,35 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i$$

$$d_0 = 1,37 \cdot 3,35 = 4,59 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pojistného ventilu

$$d_i = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_i = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{53,3} = 14,38 \text{ mm}$$

Navržený pojistný ventil má jmenovitou světlost DN 15 mm. Navržený pojistný ventil vyhovuje.

Vstupní parametry pro návrh – elektrokotle – skupina B2:

Výkon zdroje:	24 kW
Nejvyšší dovolený přetlak:	300 kPa
Konstanta syté páry K:	1,26 kW/mm ²

Předběžně navrhují pojistný ventil DUCO 1“ × 1 1/4“, 300 kPa

výtokový součinitel ventilu α_v :	0,684
průřezová plocha je:	380 mm ²
součinitel zvětšení sedla a:	1,23

Minimální průřez sedla pojistného ventilu

$$A_0 = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K}$$

Q_p pojistný výkon [kW], $Q_p = 24 \text{ kW}$

$$A_0 = \frac{24}{0,684 \cdot 1,23} = 28,53 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{28,53}{\pi}} = 6,03 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i$$

$$d_0 = 1,23 \cdot 6,03 = 7,41 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pojistného ventilu

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{24} = 21,86 \text{ mm}$$

Navržený pojistný ventil má jmenovitou světlost DN 25 mm. Navržený pojistný ventil vyhovuje.

Vstupní parametry pro návrh – deskový výměník – skupina A2:

Výkon zdroje:	48 kW (na stranu bezpečnou, uvažují s max. výkonem elektrokotlů)
Nejvyšší dovolený přetlak:	500 kPa
Konstanta syté páry K:	1,83 kW/mm ²

Předběžně navrhují pojistný ventil DUCO 1 1/4“ × 1 1/2“, 500 kPa

výtokový součinitel ventilu α_v :	0,693
průřezová plocha je:	804 mm ²
součinitel zvětšení sedla a:	1,21

Minimální průřez sedla pojistného ventilu

$$A_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_d}}$$

Q_p pojistný výkon [kW], v případě skupiny A2, $Q_p = 2 \cdot Q_n = 2 \cdot 48 = 96 \text{ kW}$

Q_n jmenovitý výkon zdroje [kW], $Q_n = 48 \text{ kW}$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 96}{0,693 \cdot \sqrt{500}} = 12,39 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{12,39}{\pi}} = 3,97 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i$$

$$d_0 = 1,21 \cdot 3,97 = 4,81 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pojistného ventilu

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_i = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{96} = 28,72 \text{ mm}$$

Navržený pojistný ventil má jmenovitou světlost DN 32 mm. Navržený pojistný ventil vyhovuje.

B.26. Návrh tepelné izolace – varianta 2

Návrh i výpočet tepelné izolace rozvodů potrubí byl proveden pomocí výpočetního programu „Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací“ na www.tzb-info.cz. Program pracuje v souladu s vyhláškou č. 193/2007.

Tloušťka tepelné izolace může být v případě potrubí vedeného uvnitř budovy v podlaze nebo ve zdi snížena na polovinu.

Potrubí z uhlíkové oceli, které je vedeno ve společných prostorech bude izolováno izolací Rockwool PIPO ALS.

Potrubí z pex-al-pex, které je použito v bytech, je vedeno v soklových lištách a vzduch obklopující trubku uzavřenou pod soklovou lištou tvoří izolaci, tudíž nenavrhují tepelnou izolaci potrubí.

rozměr potrubí	teplotní spád	teplota okolí	součinitel přestupu tepla izolovaného potrubí	určující součinitel přestupu tepla	tl. izolace	tl. izolace + potrubí	typ	posouzení
Dxt [mm]	[°C/°C]	ti [°C]	U [W/(m2.K)]	Uo [W/(m2.K)]	[mm]	[mm]		
35x1,5	70/55	15	0,166	0,18	50	135	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		15	0,244	0,27	30	102	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	55/50	15	0,238	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,3	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
15x1,2	50/40	10	0,143	0,15	25	75	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
18x1,2		10	0,144	0,15	30	78	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		10	0,16	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		15	0,161	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
28x1,5		10	0,159	0,18	40	108	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5		10	0,18	0,18	40	115	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		10	0,261	0,27	25	92	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		10	0,234	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		15	0,235	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje

Izolace

-- Vlastní hodnoty --

Rozměry izolace

Tloušťka s_{iz} = 15 mm

Souč. tepelné vodivosti λ_{iz} = 0.04 W / m K

Trubka


-- Vlastní hodnoty --

Rozměry trubky

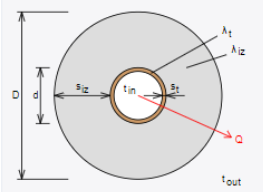
Průměr d = 15 mm

Tloušťka stěny s_t = 1 mm

Souč. tepelné vodivosti λ_t = 372 W / m K



Rozsah provozních teplot: není uveden



$D = d + 2 s_{iz} = 45 \text{ mm}$

Potrubí

Teplota média	t_{in} = 70 °C
Teplota v okolí potrubí	t_{out} = 20 °C
Relativní vlhkost vzduchu	ϕ = 65 % ???
Teplota rosného bodu	t_w = 13.6 °C

Součinitel přestupu tepla

na vnějším povrchu α_e = 10 W / m² K

Délka potrubí l = 1 m

Určující souč. přestupu tepla (dle vyhl. 193/2007) **DN 10 - DN 15** => $U_{0,193/2007} = 0.15 \text{ W / m K}$

Součinitel přestupu tepla izolovaného potrubí $U_0 = 0.197 \leq 0.15 \text{ W / m K}$ => **NEVYHOVUJE** (požádání tl. izolace = 23.4 mm)

Povrchová teplota izolovaného potrubí $t_{p,iz} = 27 \text{ °C} > t_w$ => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci

Tepelná ztráta potrubí bez izolace $q_p = 23.6 \text{ W/m}$

Tepelná ztráta potrubí s izolací $q_{iz} = 9.8 \text{ W/m}$

Energetická úspora izolovaného potrubí **58 %**

Sřední spotřeba izolace **0.0942 m²** - platí pro plošnou izolaci

Obr. 96 – Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [70]

B.27.Návrh dilatace potrubí – varianta 2

Rozdílem teploty otopné vody a prostředí dochází k délkové roztažnosti potrubí, tuto roztažnost je nutné kompenzovat, aby nevznikaly poruchy v systému. Kompenzace je umožněna, když dochází ke změně směru potrubí, aby byla umožněna dilatace musí být dodržena vzdálenost L_B , která je vzdáleností od změny směru potrubí po pevný bod (pevný bod neumožňuje posun potrubí). Pro delší úseky se navrhují kompenzátory tvaru „U“.

Délková roztažnost Δl [mm]

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

α součinitel teplotní roztažnosti [mm/(m.K)]; pro měď $\alpha=0,011$ mm/(m.K)

l délka potrubí [m]

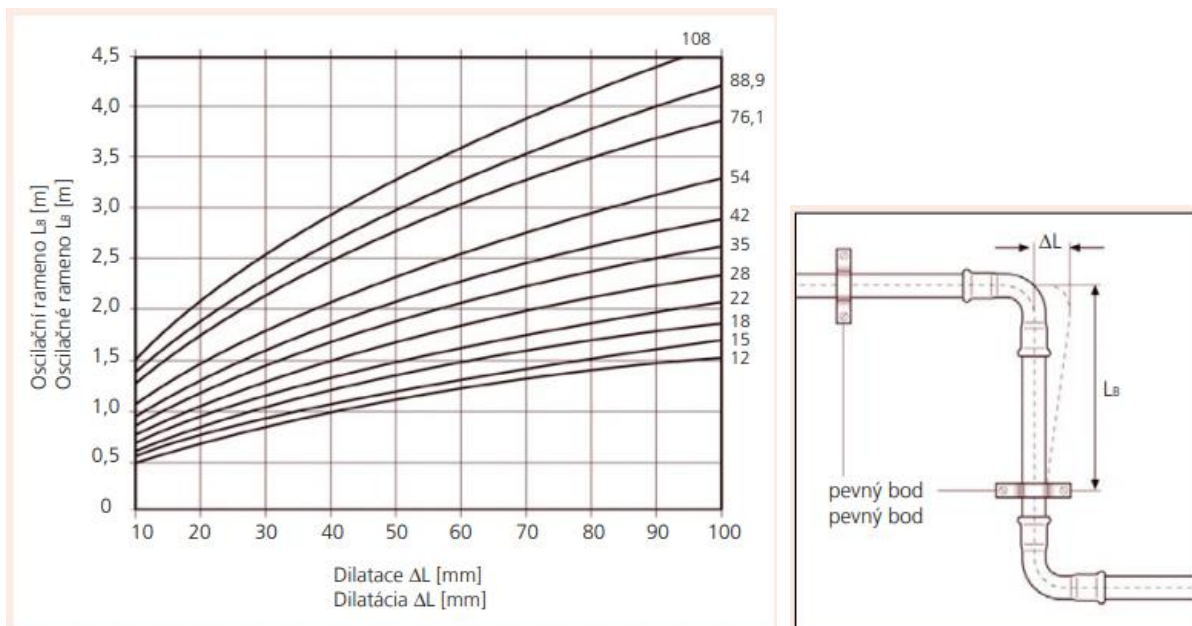
Δt rozdíl teplot [°C]

$$\Delta t = t_m - t_i$$

t_m nejvyšší teplota teplotnosné látky v potrubí

t_i nejnižší teplota okolí

Kompenzace délkové roztažnosti potrubí bude provedena dodržáním montážní vzdálenosti L_B , která je závislá na vzdálenosti uchycení potrubí pomocí pevného bodu.

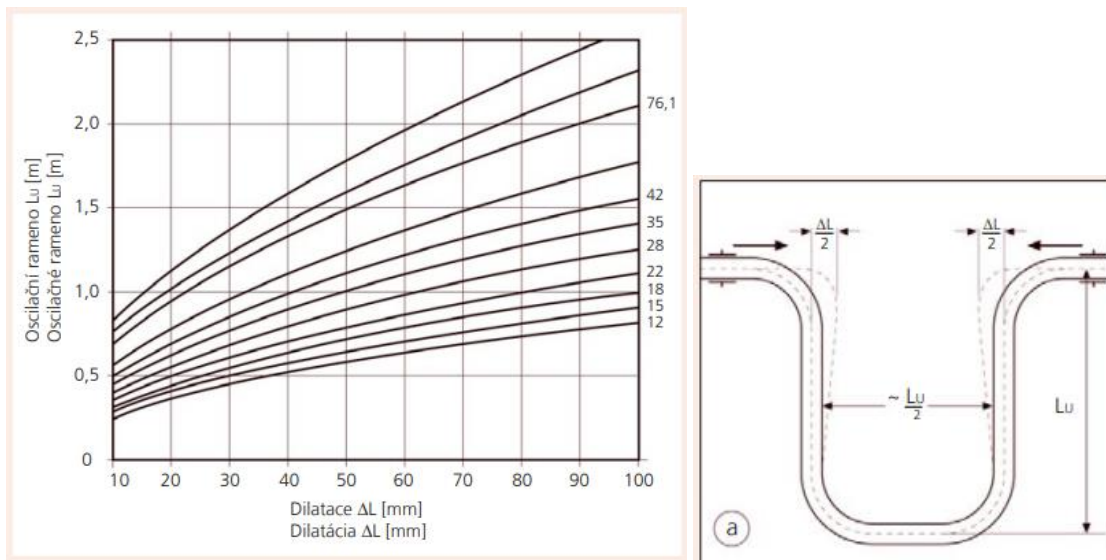


Obr. 97 – Délka oscilačního ramene L_B v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]

Ø trubky / Ø rúry	12	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108
Vzdálenost (m) / Vzdialenosť (m)	1,5		2,5			3,5		5			

Obr. 98 – Vzdálenosti uchycení potrubí [71]

Kompensace délkové roztažnosti potrubí bude u dlouhých rozvodů provedena pomocí kompenzátorů ve tvaru „U“.



Obr. 99 – Délka oscilačního ramene L_u v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]

Stoupací potrubí S1, teplotní spád 50/40 °C, délka 21,2 m, dimenze potrubí 54x1,5:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 21,2 \cdot (50 - 10) = 9,33 \text{ mm}$$

Navrhuji kompenzátor tvaru U, $L_u = 0,5$ m.

Horizontální potrubí, teplotní spád 50/40 °C, délka 5,6 m, dimenze potrubí 54x1,5:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 5,6 \cdot (50 - 10) = 2,46 \text{ mm}$$

Horizontální potrubí, teplotní spád 50/40 °C, délka 5,6 m, dimenze potrubí 18x1,2:

$$\Delta l = 0,011 \cdot 6 \cdot (50 - 10) = 2,64 \text{ mm}$$

Z důvodu malých délkových teplotních roztažností nenavrhuji na horizontální potrubí kompenzátor.

B.28. Tepelná bilance – varianta 2

B.28.1. V zimním období

Tepelná produkce zdroje tepla a potrubních rozvodů do okolí:

$$Q_{z,z1} = p \cdot Q_z$$

p tepelná produkce od zdroje tepla a rozvodů do okolí, cca 0,5 % [-]

Q_z výkon zdroje tepla [W]

$$Q_{z,z1} = 0,005 \cdot 109320 = 547 \text{ W}$$

Tepelná produkce od zásobníků teplé vody a akumulční nádrže:

$$Q_{z,z2} = \frac{q \cdot V}{24}$$

q měrná denní tepelná ztráta do okolí [Wh/(l.den)]

V objem [l]

Zásobníky teplé vody: $q = 3,9 \text{ Wh}/(l \cdot \text{den}), V = 1000 \text{ l}$

$$Q_{z,z2} = \frac{3,9 \cdot 2 \cdot 1000}{24} = 325 \text{ W}$$

Akumulční nádrž: $q = 1,7 \text{ Wh}/(l \cdot \text{den}), V = 1500 \text{ l}$

$$Q_{z,z3} = \frac{1,7 \cdot 1500}{24} = 106 \text{ W}$$

V kotelně bude umístěno tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro předehřev studené vody, které odebírá z místnosti výkon 500 W.



Obr. 100 – ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC – Ohříváč teplé vody s tepelným čerpadlem [72]

Celková tepelná produkce:

$$Q_{z,z} = 547 + 325 + 106 - 500 = 477 \text{ W}$$

Teplota vzduchu v kotelně pro zimní teplotu:

$$t_{i,z} = t_e + \frac{Q_{z,z}}{H_T + H_V}$$

t_e venkovní teplota v zimě [°C]
 $Q_{z,z}$ produkce tepla do okolí [W]
 H_T měrná ztráta prostupem [W/K]
 H_V měrná ztráta větráním [W/K]
 $t_{i,z} = -12 + \frac{477}{10,44 + 8,08} = 13,8 \text{ °C}$

V kotelně nebude nutné vytápění.

B.28.2. V letním období

Tepelná produkce zdroje tepla a potrubních rozvodů do okolí:

$$Q_{z,L1} = p \cdot Q_Z + I \cdot S_o$$

p tepelná produkce od zdroje tepla a rozvodů do okolí, cca 0,5 %

Q_Z výkon zdroje tepla [W]

I oslunění okna dle světových stran [W/m²]

S_o plocha okna [m²]

$$Q_{z,L1} = 0,005 \cdot 74930 + 80 \cdot 2,1 \cdot 0,5 = 459 \text{ W}$$

Tepelná produkce od zásobníků teplé vody:

$$Q_{z,L2} = \frac{q \cdot V}{24}$$

q měrná denní tepelná ztráta do okolí [Wh/(l.den)]

V objem [l]

Zásobníky teplé vody: $q = 3,9 \text{ Wh}/(l \cdot \text{den}), V = 1000 \text{ l}$

$$Q_{z,z2} = \frac{3,9 \cdot 2 \cdot 1000}{24} = 325 \text{ W}$$

V kotelně je umístěno tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro předeřev teplé vody, které odebírá z místnosti výkon 500 W.

Celková tepelná produkce:

$$Q_{z,z} = 459 + 325 - 500 = 284 \text{ W}$$

Teplota v kotelně pro průměrnou letní teplotu:

$$t_{i,L} = t_e + \frac{Q_{Z,L}}{H_T + H_V}$$

t_e venkovní teplota v létě [°C]

$Q_{Z,Z}$ produkce tepla do okolí [W]

H_T měrná ztráta prostupem [W/K]

H_V měrná ztráta větráním [W/K]

$$t_{i,L} = 29 + \frac{284}{10,44 + 8,08} = 44,34 \text{ °C}$$

Maximální přípustná teplota v kotelně v létě je 35 °C, při 0,5 /h výměně vzduchu bude dosažena teplota vyšší než maximální, proto je nutné zvýšit výměnu vzduchu.

$$H_{V,i} = V \cdot n \cdot \rho \cdot c = V \cdot n \cdot 0,34 = 47,55 \cdot 2,5 \cdot 0,34 = 40,42 \text{ W/K}$$

$$t_{i,L} = 29 + \frac{284}{10,44+40,42} = 34,6 \text{ °C}$$

Při 2,5 /h výměně vzduchu nebude překročena maximální dovolená teplota vzduchu v kotelně. Do místnosti je tedy nutné přivádět a odvádět 120 m³/h, požadavek na profesi VZT.

B.29. Roční potřeba tepla a paliva – varianta 2

B.29.1. Příprava teplé vody

Součinitel ročního provozu TČ pro přípravu teplé vody 50 °C: $f_{W,COP} = 0,77$

Jmenovitý topný faktor TČ:

$COP_n = 3,1$

Roční provozní topný faktor pro ohřev TV

$$COP_{W,gen} = f_{W,COP} \cdot COP_n$$

$$COP_{W,gen} = 0,77 \cdot 3,1 = 2,39$$

Požadované teplo pro ohřev vody $E_{TV,d}$ [kWh/den]:

$$E_{TV,d} = V \cdot c \cdot (t_2 - t_1) [kWh/den]$$

V spotřeba teplé vody za den [m³/den]

t_1 teplota vstupní vody [°C], 10 °C

t_2 teplota výstupní vody [°C], 50 °C

$$E_{TV,d} = 8,2485 \cdot 1,163 \cdot (50 - 10) = 383,7 \text{ kWh/den}$$

Vstupní teplota vody v zimě +10 °C a v létě +15 °C, v létě je vyšší teplota vody, ale také mírně stoupá její spotřeba), proto korekce na **proměnlivou vstupní teplotu:**

$$k_t = \frac{(t_{tv} - t_{sv,L})}{(t_{tv} - t_{sv,Z})} [-]$$

k_t korekce proměnlivosti vstupní teploty vody [-]

t_{tv} výstupní teplota vody [°C]

$t_{sv,L}$ vstupní teplota vody v létě [°C]

$t_{sv,Z}$ vstupní teplota vody v zimě [°C]

$$k_t = \frac{(50 - 15)}{(50 - 10)} = \mathbf{0,875}$$

Roční potřeba tepelné energie E_{TV} [MWh/rok]:

$$E_{TV} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} \cdot (350 - d) [MWh/rok]$$

$E_{TV,d}$ denní potřeba tepla [kWh/den]

d počet dnů otopného období

k_t korekce proměnlivosti vstupní teploty vody [-]

$$E_{TV} = 383,7 \cdot 232 + 0,875 \cdot 383,7 \cdot (350 - 232) = 128635 \text{ kWh/rok} = \mathbf{128,64 MWh/rok}$$

Roční spotřeba elektrické energie $E_{TV,EL}$ [MWh/rok]:

$$E_{TV,EL} = \frac{E_{TV}}{COP_{W,gen} \cdot \eta_{distr}} [MWh/rok]$$

E_{TV} potřeba tepla pro přípravu teplé vody [MWh/rok]

η_{distr} účinnost distribuční soustavy [-]; $\eta_{distr} = 0,9$

$COP_{H,gen}$ roční provozní topný faktor pro vytápění

$$E_{TV,EL} = \frac{128,64}{2,39 \cdot 0,9} = \mathbf{59,8 MWh/rok}$$

Roční potřeba a spotřeba elektrické energie pro dohřev teplé vody $E_{TV,DOHŘEV,EL}$ [MWh/rok]:

$$E_{TV,DOHŘEV,EL} = \sum d \cdot h_{den} \cdot Q_{el} [MWh/rok]$$

$$E_{TV,DOHŘEV,EL} = 350 \cdot 11,63 \cdot 8 = 32564 \text{ kWh/rok} = \mathbf{32,56 MWh/rok}$$

B.29.2. Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem, infiltrací a přirozeným větráním

Součinitel ročního provozu TČ pro vytápění o teplotě otopné vody 55 °C: $f_{H,COP} = 0,88$

Jmenovitý topný faktor tepelného čerpadla: $COP_n = 3,1$

Roční provozní topný faktor pro vytápění

$$COP_{H,gen} = f_{H,COP} \cdot COP_n$$

$$COP_{H,gen} = 0,88 \cdot 3,1 = 2,73$$

Měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací a přirozeným větráním:

$$H_{T+I} = \frac{Q}{\Delta t} [W/K]$$

Q tepelná ztráta prostupem, infiltrací a přirozeným větráním [W]

Δt rozdíl teplot [°C]

$$\Delta t = t_i - t_e$$

t_i vnitřní průměrná teplota [°C]

t_e venkovní výpočtová teplota [°C]

$$H_{T+I,1} = \frac{40730}{(20 - (-12))} = 1272,8 \text{ W/K}$$

Roční potřeba tepelné energie E_{UT} [MWh/rok]:

$$E_{UT} = 24 \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D \cdot H_{T+I} [MWh/rok]$$

ε součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku $\varepsilon = 0,8$ až $0,9$

e součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění v noci nebo o sobotách a nedělích

$$e = e_t \cdot e_d [-]$$

$e_t = 0,8$ pro 5denní provoz; $e_t = 1,0$ pro 7denní provoz

$e_d = 0,8$ pro přerušované vytápění v noci, $e_d = 1,0$ pro nepřerušované vytápění

D počet denostupňů; závisí na teplotě tem

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) [denostupeň]$$

d počet dnů otopného období; $d = 232$ dní

t_{is} průměrná teplota vytápěných místností; $t_{is} = 20$ °C

t_{es} průměrná venkovní teplota otopného období; $t_{es} = 4,0$ °C

$$D = 232 \cdot (20 - 4) = 3712 \text{ denostupňů}$$

H_{T+I} měrná tepelná ztráta prostupem, infiltrací a přirozeným větráním

$$E_{UT} = 24 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3712 \cdot 1272,8 = 96382525 \text{ Wh/rok} = 96,38 \text{ MWh/rok}$$

Roční spotřeba elektrické energie $E_{UT,EL}$ [MWh/rok]

$$E_{UT,EL} = \frac{E_{UT}}{COP_{H,gen} \cdot \eta_{distr}} [MWh/rok]$$

E_{UT} potřeba tepla pro vytápění [MWh/rok]

η_{distr} účinnost distribuční soustavy [-]; $\eta_{distr} = 0,95$

$COP_{H,gen}$ roční provozní topný faktor pro vytápění

$$E_{UT,EL} = \frac{96,38}{2,73 \cdot 0,95} = 37,16 \text{ MWh/rok}$$

Roční potřeba a spotřeba elektrické energie bivalentního zdroje $E_{TV,EL}$ [MWh/rok]:

$$E_{UT,BV,EL} = \sum d \cdot h_{den} \cdot Q_{el} \text{ [MWh/rok]}$$

$$E_{UT,BV,EL} = 1200 \text{ kWh/rok} = 1,2 \text{ MWh/rok}$$

venkovní teplota [°C]	počet hodin t	počet dní v roce d	h_{den}	výkon bivalentního zdroje Q_{bz} [kW]	Spotřeba el. energie E_{bz} [kWh]
-12	24	1,0	8	22	176,00
-11	43	1,8	8	18	258,00
-10	32	1,3	8	16	170,67
-9	58	2,4	8	12	232,00
-8	72	3,0	8	8	192,00
-7	86	3,6	8	4	114,67
-6	89	3,7	8	2	59,33

B.29.3. Celková roční potřeba a spotřeba elektrické energie

$$\text{Celková potřeba } E_{UT} = 128,64 + 32,56 + 96,38 + 1,2 = 258,78 \text{ MWh/rok}$$

$$\text{Celková spotřeba } E_{UT} = 59,8 + 32,56 + 37,16 + 1,2 = 130,72 \text{ MWh/rok}$$

B.30. Hodnocení navržených variant

Do hodnocení navržených variant zahrnuji pouze zdroje tepla, otopná tělesa a potrubí vedoucí k nim je v obou variantách totožné.

B.30.1. Hodnocení z hlediska vnitřního prostředí

Z hlediska vnitřního prostředí by předávací stanice neměla nijak ovlivnit uživatele domu, naopak tepelná čerpadla přináší rizika spojená s hlukem a přenosem vibrací do konstrukcí. Výhodnější je předávací stanice.

B.30.2. Hodnocení z hlediska uživatelského komfortu a rizik

Předávací stanice je závislá na dodávání tepla ze zdroje CZT, při jakékoliv poruše na straně výroby tepla nebo distribuce tepla u dodavatele tepla, bude objekt bez tepla. Tepelná čerpadla představují decentralizovaný zdroj. Byla navržena tři tepelná čerpadla a bivalentní zdroj, což představuje rezervu při poruše některého z nich. Z hlediska nezávislosti jsou tepelná čerpadla výhodnější.

B.30.3. Hodnocení z prostorového a konstrukčního hlediska

Předávací stanice je navržena pro polovinu objektu (3 vchody), vyžaduje tedy menší prostorové nároky. Předávací stanice je umístěna v kotelně ve vchodu 1, vchod 2 a vchod 3 mají pouze technickou místnost, ve které je regulační uzel, který zajišťuje vytápění bytů a přípravu teplé vody (2 nepřímotopné zásobníky teplé vody). Kaskáda tepelných čerpadel musí být navržena pro každý vchod, každý vchod má tedy svoji vlastní kotelnu, kotelna obsahuje spoustu zařízení (3 vnitřní jednotky tepelných čerpadel, 2 elektrokotle, deskový výměník, akumulární nádrž, nepřímotopné zásobníky teplé vody, tepelné čerpadlo pro přehřev studené vody a čerpadlový expanzní automat se základní nádobou), která zabírají podstatně více místa než zařízení v kotelně s předávací stanicí (2 deskové výměníky, rozdělovač a sběrač, 2 nepřímotopné zásobníky teplé vody, tepelné čerpadlo pro přehřev studené vody a čerpadlový expanzní automat se základní nádobou). Součástí tepelných čerpadla jsou venkovní jednotky, které budou umístěny na střeše, je tedy nutný statický výpočet a případné úpravy konstrukce střechy, je nutné zajistit také odvod kondenzátu od venkovních jednotek. Výhodnější je předávací stanice.

B.30.4. Hodnocení z ekonomického hlediska

Zhodnocení investičních nákladů na pořízení základních prvků u porovnávaných zdrojů tepla. V níže uvedených tabulkách jsou ceny jednotlivých základních prvků. Ceny jsou uváděny s DPH. Doba životnosti tepelných čerpadel i deskových výměníků je 15 – 20 let.

Varianta 1 - předávací stanice	cena za 1 ks	celková cena
deskový výměník SWEP B35x40 - 2 ks	22 600 Kč	15 067 Kč
rozdělovač a sběrač ETL RS KOMBI modul 150 - 1ks	12 968 Kč	4 323 Kč
nepřímotopný zásobník teplé vody Quantum Q7-1000-ZJV - 2 ks	79 581 Kč	159 162 Kč
tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro přehřev studené vody - 1 ks	52 249 Kč	17 416 Kč
čerpací expanzní automat Variomat - řídicí jednotka VS 2-1/60 - 1 ks	211 746 Kč	70 582 Kč
čerpací expanzní automat Variomat - základní nádoba VG300 - 1 ks	36 841 Kč	12 280 Kč
Celková cena pro 1 vchod		278 830 Kč

Ve variantě 1 je navržena kotelná pro 3 vchody, zajímá nás pouze 1 vchod, proto jsou ceny u společných položek poděleny třemi.

Varianta 2 - kaskáda tepelných čerpadel	cena za 1 ks	celková cena
tepelné čerpadlo Heliotherm S40L-M-Solid - 3 ks	750 000 Kč	2 250 000 Kč
akumulační nádrž Reflex storatherm HF 1500_C s izolací - 1 ks	44 899 Kč	44 899 Kč
elektrokotel Protherm RAY 24 KE - 2 ks	20 135 Kč	40 270 Kč
deskový výměník SWEP B35x20 - 1 ks	18 700 Kč	18 700 Kč
žebrovaný výměník tepla s teplosměnnou plochou 5,3 m ² - 2 ks	30 000 Kč	60 000 Kč
nepřímotopný zásobník teplé vody Quantum Q7-1000-ZBV - 2 ks	64 993 Kč	129 986 Kč
topná vložka TJ 6/4" – 7,5 - 2 ks	8 200 Kč	16 400 Kč
tepelné čerpadlo ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC pro přehřev studené vody - 1 ks	52 249 Kč	52 249 Kč
čerpací expanzní automat Variomat - řídicí jednotka VS 2-1/60 - 1 ks	211 746 Kč	211 746 Kč
čerpací expanzní automat Variomat - základní nádoba VG200 - 1 ks	36 841 Kč	36 841 Kč
Celková cena pro 1 vchod		2 861 091 Kč

Náklady na provoz:

Varianta 1 - předávací stanice	
Spotřeba tepelné energie	283,43 MWh/rok
Cena tepelné energie	1023 Kč/MWh
Celková cena za rok	289949 Kč/rok

Varianta 2 - kaskáda tepelných čerpadel	
Spotřeba elektrické energie	130,72 MWh/rok
Cena tepelné energie	6000 Kč/MWh
Měsíční poplatky	1200 Kč/měsíc
Celková cena za rok	798720 Kč/rok

Z hlediska pořizovacích nákladů i nákladů na provoz zařízení je předávací stanice výhodnější.

B.30.5. Hodnocení z hlediska dopadu na životní prostředí

Teplárny využívají kombinovanou výrobu tepla a elektřiny, palivem je zemní plyn, dále využívají energii uvolněnou při spalování odpadů. Tepelná čerpadla odebírají tepelnou energii z okolního vzduchu. Z hlediska dopadu na životní prostředí je tedy výhodnější tepelné čerpadlo.

C.1. Technická zpráva – varianta 1

C.1.1. Úvod

C.1.1.1. Umístění objektu

Objekt se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Brno.

C.1.1.2. Popis objektu

Jedná se o panelový dům typu G57. Objekt má obdélníkový tvar, je nepodsklepený, má 9 nadzemních podlaží a je ukončený plochou střechou. Obvodové, vnitřní nosné i nenosné stěny jsou ze struskopemzobetonových panelů, bytové jádro je umakartové, stropy jsou ze železobetonových panelů. Budova projde rekonstrukcí, budou zatepleny obvodové stěny, bude kompletně zrekonstruována a zateplena střecha a budou vyměněny všechny výplně otvorů. Navržené úpravy splní tepelně technické požadavky.

C.1.1.3. Popis provozu objektu

Řešená budova je určena pro bydlení, bude provozována nepřetržitě. V 1.NP se nachází kotelna, kancelář, sklepní kóje a jeden byt, v každém dalším nadzemním podlaží se nachází tři byty. Byty jsou v dispozici 2+1 nebo 3+1. Jeden vchod obsahuje celkem 25 bytů. Celá budova má celkem 6 vchodů.

C.1.1.4. Popis navrhovaného řešení

Varianta 1 (zdroj tepla je předávací stanice) řeší vytápění a ohřev teplé vody pro polovinu objektu, tedy 3 vchody.

Je navrženo centrální zásobování teplem. Budova bude připojena k horkovodu. Předávací stanice v budově bude vybavena deskovými výměníky tepla. Příprava teplé vody probíhá pro každý vchod samostatně. Pro každý chod je jsou navrženy dva nepřímotopné zásobníky teplé vody. Pro vytápění jsou navržena desková tělesa, větrání je řešeno jako přirozené, pouze podtlakový odvod vzduchu ventilátory z WC a koupelen.

C.1.2. Podklady

C.1.2.1. Výkresová dokumentace

Podkladem pro zpracování tohoto návrhu byla výkresová dokumentace.

C.1.2.2. Použité normy a vyhlášky

Projekt byl vypracován v souladu s platnými normami, zákony a vyhláškami.

Vyhláška č.499/2009 Sb. o dokumentaci staveb

Zákon č. 283/2021 Sb. stavební zákon

Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov

Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

ČSN EN 12 828+A1 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav

ČSN EN 12 831-1 - Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3

ČSN EN 12 831-3 - Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3

ČSN 06 0310 - Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž

ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení

ČSN 73 0331-1 - Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data

ČSN 73 0334 – Typické hodnoty pro výpočet energetické náročnosti budov

ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0540-3 -Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin - Navrhování a projektování

ČSN 73 0540-4 - Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení

Technická pravidla H–132 98 Ohřívání užitkové vody – Zásady pro navrhování

C.1.3. Tepelné ztráty a potřeby tepla

C.1.3.1. Klimatické údaje

Lokalita:	Brno
Venkovní výpočtová teplota:	$\theta_e = -12 \text{ °C}$
Průměrná venkovní teplota v otopném období:	$\theta_{em} = 4,0 \text{ °C}$
Délka otopného období:	$d = 232 \text{ dnů}$
Nadmořská výška:	227 m n. m.

C.1.3.2. Vnitřní návrhové teploty

sklepní kóje	6 °C
schodiště, zádveří	10 °C
kotelna	15 °C
kancelář, chodba, kuchyň, obývací pokoj, ložnice, pokoj, WC	20 °C
koupelna	24 °C

C.1.3.3. Tepelně technické parametry stavebních konstrukcí

SO01	Obvodová stěna zateplená tl. 450 mm	0,172 W/(m ² .K)
SO02	Obvodová stěna zateplená tl. 420 mm	0,174 W/(m ² .K)
SO03	Prosklená stěna – vchod	1,1 W/(m ² .K)
SN01	Vnitřní nosná stěna tl. 200 mm – rozdíl teplot do 5 °C	1,781 W/(m ² .K)
SN02	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,268 W/(m ² .K)
SN03	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – k nevytápěným prostorám	0,268 W/(m ² .K)
SN04	Vnitřní nenosná stěna tl. 100 mm – rozdíl teplot do 5 °C	2,468 W/(m ² .K)
SN05	Vnitřní nenosná stěna tl. 230 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,279 W/(m ² .K)
SN06	Umakartová stěna – bytové jádro	1,805 W/(m ² .K)
STR1	Strop + podlaha – mezi byty – rozdíl teplot do 5 °C	1,97 W/(m ² .K)
STR2	Strop + podlaha – nad exteriérem – vchod	0,149 W/(m ² .K)
STR3	Strop + podlaha – nad nevytápěným prostorem	0,272 W/(m ² .K)
STR4	Strop + podlaha – nad zádveřím – rozdíl teplot do 10 °C	0,272 W/(m ² .K)
STRĚ	Střecha	0,144 W/(m ² .K)
PDL	Podlaha na zemině – nezateplená	3,873 W/(m ² .K)
D1	Vchodové dveře – plastové, celoprosklené – 1,8x2,25	1,1 W/(m ² .K)
D2	Vchodové dveře – dřevěné, bytové – 0,8x1,97	2 W/(m ² .K)
D3	Interiérové dveře – dřevěné – 0,6x1,97	2 W/(m ² .K)
D4	Interiérové dveře – dřevěné – 0,8x1,97	2 W/(m ² .K)
O1	Plastové okno, trojsklo – 0,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O2	Plastové okno, trojsklo – 1,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O3	Plastové okno, trojsklo – 1,5x1,4	0,8 W/(m ² .K)
BD1	Balkonové dveře – plastové, trojsklo – 0,7x2,25	0,8 W/(m ² .K)

C.1.3.4. Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty byly počítány pro každou místnost zvlášť podle ČSN EN 12831-1

Pro 1. vstup (krajní):

Tepelná ztráta prostupem 23,40 kW

Tepelná ztráta větráním a infiltrací 17,52 kW

Pro 2. vstup:

Tepelná ztráta prostupem 20,38 kW

Tepelná ztráta větráním a infiltrací 17,24 kW

Tepelné ztráty pro 2. a 3. vchod jsou stejné.

C.1.3.5. Potřebné tepelné výkony

Potřebný výkon pro vytápění	116,16 kW
Potřebný výkon pro přípravu teplé vody	140,40 kW

C.1.3.6. Spotřeba a potřeba tepla

Potřeba tepelné energie byla stanovena podle denostupňové metody.

Pro polovinu objektu (3 vchody):

Potřeba tepelné energie pro vytápění:	274,88 MWh/rok
Potřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody:	436,46 MWh/rok
Celková potřeba tepelné energie:	711,34 MWh/rok
Spotřeba tepelné energie pro vytápění:	321,50 MWh/rok
Spotřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody:	510,48 MWh/rok
Celková spotřeba tepelné energie:	831,98 MWh/rok

Pro 1 vchod:

Potřeba tepelné energie pro vytápění:	96,85 MWh/rok
Potřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody:	145,49 MWh/rok
Celková potřeba tepelné energie:	242,34 MWh/rok
Spotřeba tepelné energie pro vytápění:	113,27 MWh/rok
Spotřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody:	170,16 MWh/rok
Celková spotřeba tepelné energie:	283,43 MWh/rok

C.1.4. Zdroj tepla

C.1.4.1. Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Zdrojem tepla je předávací stanice vybavená dvěma deskovými výměníky pro pokrytí tepelných ztrát a přípravu teplé vody. Jsou použity deskové výměníky SWEP B35TM0x40, každý o výkonu 120 kW. Výkon jednoho výměníku zajistí přípravu teplé vody v letním období. Teplotní spád primárního okruhu je 100/60 °C v topném období, v mimotopném období 70/60 °C (pouze příprava teplé vody). Teplotní spád sekundárního okruhu je 65/50 °C. Zdroj tepla je společný pro tři vchody, je umístěn v kotelně ve vchodu 1.

C.1.4.2. Zabezpečovací zařízení

Z důvodu objemových změn v soustavě je nutné navrhnout expanzní zařízení. Z důvodu velkého objemu topné vody v otopné soustavě je navržen čerpadlový expanzní automat Variomat s řídicí

jednotkou VS 2-1/60 a základní nádobou VG 300 o objemu 300 l, který udržuje tlak, odplyňuje a doplňuje vodu do soustavy. Expanzní automat je připojen na vratné potrubí k deskovým výměníkům.

Na výstupní potrubí z každého deskového výměníku je navržen pojistný ventil DUCO 1 1/2“ × 2“.

Minimální provozní přetlak je 270 kPa, maximální provozní přetlak je 500 kPa, otevírací přetlak pojistných ventilů je 500 kPa.

C.1.5. Otopná soustava

Pro vytápění celého objektu je zvolena uzavřená dvoutrubková otopná soustava s nuceným oběhem vody. Z rozdělovače a sběrače, který je umístěn v kotelně ve vchodu 1, vychází celkem 5 větví. Na rozvody otopné soustavy ve společných prostorách (zádveří, schodiště) jsou použity trubky z uhlíkové oceli. Rozvody uvnitř bytu jsou provedeny z vícevrstevných pex-al-pex trubek a jsou vedeny v soklových lištách. Pokud potrubí prochází stavebními konstrukcemi musí být opatřeno chráničkou. Potrubí z kotelny je vedeno pod stropem, vzdálenost uchycení potrubí je závislá na rozměru potrubí a také na délkové teplotní roztažnosti. Vodorovné části potrubí jsou ve spádu 0,3 %.

Otopné větve a tepelné spády:

- | | |
|--|----------|
| - V1 – OT byty – vchod 1 | 50/40 °C |
| - V2 – OT byty + TV – vchod 2 | 65/50 °C |
| - V3 – OT byty + TV – vchod 3 | 65/50 °C |
| - V4 – OT společné prostory – všechny vchody | 50/40 °C |
| - V5 – TV – vchod 1 | 65/45 °C |

Každá větev má vlastní oběhové čerpadlo a kalorimetr.

C.1.5.1. Otopná soustava s OT pro byty - vchod 1 – větev V1

Je navržen teplotní spád 50/40 °C. Z R+S v kotelně ve vchodu 1 vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem, z prostoru schodiště vede stoupací potrubí S1 až do 9. NP. Na každé patře je osazen patrový rozdělovač a sběrač, ze kterého vedou tři větve, každá do jednoho bytu. Každá větev je osazena kalorimetrem pro měření spotřeby tepla. Před každým patrovým rozdělovačem a sběračem je osazen regulátor tlakové difference. V bytech je použito vícevrstevné potrubí pex-al-pex. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL, jsou napojena pomocí přímého šroubení. V koupelnách jsou použita trubková otopná tělesa Koralux linear classic M, připojena pomocí HM armatury v přímém provedení. Všechna tělesa jsou regulována pomocí termostatického ventilu a jsou vybavena termostatickou hlavicí pro regulaci teploty v místnosti.

C.1.5.2. Otopná soustava s OT pro byty a ohřevem TV – vchod 2 – větev V2

Je navržen teplotní spád 65/50 °C. Z R+S v kotelně ve vchodu 1 vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem do technické místnosti ve vchodu 2. Zde je proveden regulační uzel, který rozděluje otopnou vodu do dalších dvou větví – OT byty vchod 2 a TV vchod 2.

Teplotní spád pro vytápění je 50/40 °C. Z technické místnosti vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem, z prostoru schodiště vede stoupací potrubí až do 9. NP. Na každém patře je osazen patrový rozdělovač a sběrač, ze kterého vedou tři větve, každá do jednoho bytu. Každá větev je osazena kalorimetrem pro měření spotřeby tepla. Před každým patrovým rozdělovačem a sběračem je osazen regulátor tlakové difference. V bytech je použito vícevrstvé potrubí pex-al-pex. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL, jsou napojena pomocí přímého šroubení. V koupelnách jsou použita trubková otopná tělesa Koralux linear classic M, připojena pomocí HM armatury v přímém provedení. Všechna tělesa jsou regulována pomocí termostatického ventilu, dále jsou vybavena termostatickou hlavicí pro regulaci teploty v místnosti.

Teplotní spád pro přípravu teplé vody je 65/45 °C. Ohřev teplé vody je zásobníkový, jsou navrženy dva nepřímotopné stacionární zásobníky od firmy Quantum, Q7-1000-ZJV o objemu 1000 l s teplosměnnou plochou výměníku 4 m².

Podrobné řešení této větve (návrh OT, dimenzování a regulace OT, návrh OČ, dalších armatur, tepelných izolací, dilatace potrubí apod.) není součástí diplomové práce.

C.1.5.3. Otopná soustava s OT pro byty a ohřevem TV – vchod 3 – větev V3

Je navržen teplotní spád 65/50 °C. Z R+S v kotelně ve vchodu 1 vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem do technické místnosti ve vchodu 3. Zde je proveden regulační uzel, který rozděluje otopnou vodu do dalších dvou větví – OT byty vchod 3 a TV vchod 3.

Teplotní spád pro vytápění je 50/40 °C. Z technické místnosti vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem, z prostoru schodiště vede stoupací potrubí až do 9.NP. Na každém patře je osazen patrový rozdělovač a sběrač, ze kterého vedou tři větve, každá do jednoho bytu. Každá větev je osazena kalorimetrem pro měření spotřeby tepla. Před každým patrovým rozdělovačem a sběračem je osazen regulátor tlakové difference. V bytech je použito vícevrstvé potrubí pex-al-pex. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL, jsou napojena pomocí přímého šroubení. V koupelnách jsou použita trubková otopná tělesa Koralux linear classic M, připojena pomocí HM armatury v přímém provedení. Všechna tělesa jsou regulována pomocí termostatického ventilu, dále jsou vybavena termostatickou hlavicí pro regulaci teploty v místnosti.

Teplotní spád pro přípravu teplé vody je 65/45 °C. Ohřev teplé vody je zásobníkový, jsou navrženy dva nepřímotopné stacionární zásobníky od firmy Quantum, Q7-1000-ZJV o objemu 1000 l s teplosměnnou plochou výměníku 4 m².

Podrobné řešení této větve (návrh OT, dimenzování a regulace OT, návrh OČ, dalších armatur, tepelných izolací, dilatace potrubí apod.) není součástí diplomové práce.

C.1.5.4. Otopná soustava s OT pro společné prostory – větev V4

Je navržen teplotní spád 50/40 °C. Z R+S v kotelně ve vchodu 1 vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem. Tato větev je navržena pro společné prostory pro všechny tři vchody. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL jsou napojena pomocí přímého šroubení. Všechna tělesa regulována pomocí termostatického ventilu, dále jsou vybavena termostatickou hlavicí pro individuální regulaci teploty.

C.1.5.5. Příprava teplé vody – větev V5

Je navržen teplotní spád 65/45 °C. Z R+S v kotelně ve vchodu 1 vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem k zásobníkům teplé vody. Ohřev teplé vody je zásobníkový, jsou navrženy dva nepřímotopné stacionární zásobníky od firmy Quantum, Q7-1000-ZJV o objemu 1000 l s teplosměnnou plochou výměníku 4 m².

Studená voda je předehřívána v ohříváči teplé vody s tepelným čerpadlem, který odebírá teplo z místnosti.

C.1.5.6. Oběhová čerpadla

Oběhová čerpadla zajišťují nucený oběh teplotnosné látky v otopné soustavě. Jsou navržena oběhová čerpadla od firmy Wilo.

Větev V1 – OT byty – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10

Větev V4 – OT společné prostory – Wilo Stratos PICO 15/0,5-6

Větev V5 – příprava TV – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10

C.1.5.7. Plnění, doplňování a vypouštění otopné soustavy

První plnění systému bude provedeno upravenou vodou, může být použita voda z horkovodu.

Doplňování vody do systému zajišťuje magnetický ventil, který je součástí expanzního automatu Variomat VS 2-1/60 (Hydraulický a řídicí modul pro udržování tlaku, odplyňování a doplňování v uzavřených okruzích topné a chladicí vody) od firmy Reflex. Doplňování je plně automatické. Pokud dojde k poklesu tlaku, systém se doplní vodou z horkovodu, která má dostatečnou kvalitu. Na doplňovacím potrubí bude osazen vodoměr, který je vlastnictvím teplárny. Je připravena i možnost doplnění vodou z vodovodního řádu přes Fillset Impuls (sestava se systémovým oddělovačem, kulovými kohout a impulzním vodoměrem) a Fillsoft (úprava vody – změkčování nebo odsolování) od firmy Reflex, je nutný dostatečný přetlak ve vodovodním řádu.

Topná soustava se bude vypouštět pomocí vypouštěcích kohoutů v nejnižších místech soustavy, případné odvzdušnění bude probíhat v nejvyšších místech soustavy.

C.1.5.8. Regulace soustavy

Otopná tělesa jsou regulována termostatickými ventily a zároveň jsou na všech otopných tělesech umístěny termostatické hlavice, které umožňují individuální řízení teploty v jednotlivých místnostech.

Otopná soustava bude regulována pomocí trojcestných směšovacích ventilů, kterou jsou řízeny ekvitermní křivkou, tedy v závislosti na venkovní teplotě.

Deskové výměníky jsou regulovány přímými regulačními ventily.

C.1.5.9. Měření a vyúčtování spotřeby tepla

Jedná se o objekt pro bydlení, je tedy nutné zajistit měření spotřeby tepla pro jednotlivé bytové jednotky. Na vstupu do každé bytové jednotky bude umístěn kalorimetr (ultrazvukový měřič tepla SHARKY 775). Dále budou měřeny spotřeba tepla na všech větvích vystupujících z R+S, budou zde umístěny kalorimetry (ultrazvukový měřič tepla SHARKY 775). Teplo je odebíráno z teplárny, je tedy nutné opatřit horkovodní přípojku kalorimetrem, kalorimetr je vlastnictvím teplárny. Všechny kalorimetry musí být umístěny na vratném potrubí.

C.1.5.10. Tepelná izolace

Návrh tloušťky izolace je v souladu s vyhláškou č. 193/2007.

Budou izolovány i všechny armatury podle jejich nominálních DN, izolovány budou pouze v tom případě, že izolace nebude bránit jejich funkci.

Je nutné dodržovat pokynů výrobce při montáži izolací.

rozměr potrubí	teplotní spád	teplota okolí	součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	určující součinitel prostupu tepla	tl. izolace	tl. izolace + potrubí	typ	posouzení
Dxt [mm]	[°C/°C]	t _i [°C]	U [W/(m ² .K)]	U _o [W/(m ² .K)]	[mm]	[mm]		
15x1,2	50/40	10	0,143	0,15	25	65	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
18x1,2		10	0,144	0,15	30	78	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		10	0,16	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
28x1,5		10	0,159	0,18	40	108	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5		10	0,18	0,18	40	115	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		10	0,261	0,27	25	92	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		10	0,234	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5	65/45	15	0,164	0,18	50	135	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		15	0,241	0,27	30	102	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	65/50	15	0,24	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		10	0,3	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,302	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	100/60	15	0,252	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,317	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje

C.1.6. Požadavky na ostatní profese

C.1.6.1. Stavební práce

Před instalací zdroje tepla a dalších zařízení otopné soustavy musí být provedeny stavební úpravy, které zlepší tepelně technické vlastnosti celého objektu. Bude provedeno zateplení obvodových stěn, stropu v 1.NP a dalších stěn oddělujících prostory bytu v 1.NP od společných prostor (sklepní kóje, zádveří, schodiště), budou osazeny nové výplně otvorů – plastová okna s izolačními trojskly a vchodové dveře. Bude provedena nová konstrukce střechy.

Pro rozvody otopné soustavy je nutné provést prostupy v konstrukcích, horizontální a vertikální rozvody v prostoru bytových jednotek budou vedeny v krycích (soklových) lištách na potrubí.

C.1.6.2. Zdravotechnika

V kotelně jsou umístěny dva zásobníky pro ohřev teplé vody, proto je nutné zajistit přívod studené vody. Zásobníky budou napojeny na rozvod studené vody, teplé vody a cirkulace. Studená voda bude předeřívána tepelný čerpadlem odebírajícím teplo z místnosti.

Úkap pojistného ventilu od deskových výměníků bude sveden do kanalizace.

V kotelně musí být umístěna podlahová vpust', která bude připojena na kanalizaci přes zápachovou uzávěrku.

Dále je potřeba zajistit přívod studené vody pro případné doplňování vody do systému.

C.1.6.3. Vzduchotechnika

V kotelně musí být zajištěno nucené větrání pro zimní i letní období. V zimě musí být zajištěna minimálně 1 /h výměna vzduchu (minimální průtok vzduchu 48 m³/h), v létě musí být zajištěna minimálně 5 /h výměna vzduchu (minimální průtok vzduchu 240 m³/h), aby nebyla překročena nejvyšší povolená teplota vzduchu.

C.1.6.4. Elektroinstalace

Pro napojení regulačních armatur (oběhová čerpadla, trojcestné ventily se servopohonem) se musí zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie. Budou provedeny zásuvky s napětím 230 V. Před připojením spotřebičů musí být na elektroinstalaci provedena revize.

C.1.7. Montáž, uvedení do provozu a provoz

C.1.7.1. Zdroj

Instalaci může provádět pouze osoba, která má odpovídající osvědčení o kvalifikaci a oprávnění k činnosti. Návod pro uvedení zařízení do provozu je v technické dokumentaci zařízení.

C.1.7.2. Otopná soustava

Podle normy ČSN 06 0310 bude otopná soustava instalovaná a uvedená do provozu. Instalaci může provádět pouze osoba, která má odpovídající kvalifikaci k této činnosti. Před uvedením soustavy do provozu je nutné seřadit všechny seřizovací armatury dle hodnot uvedených v projektu.

C.1.7.3. Zkouška zařízení

Provádí se dva druhy zkoušek, tlaková zkouška (zkouška těsnosti) a provozní zkouška (dilatační a topná). Dle ČSN 06 0310.

Tlaková zkouška (zkouška těsnosti) se provádí ještě před zazděním drážek, zakrytím kanálků a provedením nátěrů a izolací. Zkušební tlak odpovídá nejvyššímu dovolenému přetlaku určenému v projektu pro danou část zařízení. Soustava se naplní vodou, řádně se odvzdušní a celé zařízení (spoje, armatury, otopná tělesa atd.) se prohlédne, nesmějí se projevit viditelné netěsnosti. Soustava zůstane napuštěná minimálně 6 hodin, po kterých se provede nová prohlídka. Zkouška je úspěšná, neobjeví-li se při této zkoušce netěsnosti. Pokud se objeví při zkoušce netěsnosti, musí se odstranit a zkouška těsnosti se opakuje. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora. O provedení tlakové zkoušky se napíše protokol.

Dilatační zkouška se provádí před topnou zkouškou, zazděním drážek, zakrytím kanálků a provedením nátěrů a izolací. Při této zkoušce se teplota ohřeje na nejvyšší dovolenou teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu, poté se postup ještě jednou opakuje. Při zjištění netěsností při podrobné prohlídce je nutno zkoušku po provedení opravy opakovat. Zkouška se provádí v každé roční době. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora. Výsledek zkoušky se zapíše do stavebního deníku nebo se provede samostatný zápis.

Topná zkouška se provádí za účelem zjištění funkce, nastavení a seřízení zařízení. Provádí se v průběhu topného období po provedení tlakové zkoušky. Součástí topné zkoušky je seřízení soustavy, projeví-li se tato potřeba v průběhu topné zkoušky, během zkoušky se zaškolí obsluha zařízení a provede se o tom záznam. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora, uživatele, dodavatele a projektanta. Po ukončení zkoušky se její výsledek zhodnotí a zapíše se do protokolu. Při zjištění závady je nutno topnou zkoušku po odstranění závady opakovat.

C.1.7.4. Způsob obsluhy a ovládání

Provozovatel objektu je povinen si zajistit osobu, která bude soustavu obsluhovat. Tato osoba musí být seznámena s provozními i bezpečnostními podmínkami zařízení, musí se řídit návody a pokyny k obsluze zařízení. Před začátkem topné sezóny se musí soustava odvzdušnit. Musí být pravidelně kontrolovány zabezpečovací zařízení i technické zařízení v intervalech, které jsou stanoveny výrobcem nebo závaznými právními předpisy.

C.1.8. Ochrana zdraví a životního prostředí

C.1.8.1. Vliv na životní prostředí

Životní prostředí nebude poškozeno instalací ani provozem zařízení.

C.1.8.2. Hospodaření s odpady

Je nutné dodržovat zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. během instalace i provozu zařízení.

C.1.9. Bezpečnost a požární ochrana

C.1.9.1. Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost při realizaci díla je povinen zajistit zhotovitel podle zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Všechny práce spojené s realizací díla mohou provádět pouze kvalifikované osoby.

C.1.9.2. Bezpečnost při provozu a užívání díla

Zařízení při provozu mohou obsluhovat pouze pověřené a zaškolené osoby. Je žádoucí se řídit postupy uvedenými v návodech k obsluze zařízení a pokynech pro obsluhu zařízení.

Zařízení se může uvést do provozu pouze po provedení všech zkoušek, jejich provedení se zapisuje do stavebního deníku, popřípadě se dokládá protokoly o jejich provedení.

C.1.9.3. Požární ochrana

Musí být dodrženy požadavky na požární ochranu dle normy ČSN 73 0810 během realizace a užívání díla.

C.2. Technická zpráva – varianta 2

C.2.1. Úvod

C.2.1.1. Umístění objektu

Objekt se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Brno.

C.2.1.2. Popis objektu

Jedná se o panelový dům typu G57. Objekt má obdélníkový tvar, je nepodsklepený, má 9 nadzemních podlaží a je ukončený plochou střechou. Obvodové, vnitřní nosné i nenosné stěny jsou ze struskopemzobetonových panelů, bytové jádro je umakartové, stropy jsou ze železobetonových panelů. Budova projde rekonstrukcí, budou zatepleny obvodové stěny, bude kompletně zrekonstruována a zateplena střecha a budou vyměněny všechny výplně otvorů. Navržené úpravy splní tepelně technické požadavky.

C.2.1.3. Popis provozu objektu

Řešená budova je určena pro bydlení, bude provozována nepřetržitě. V 1.NP se nachází kotelná, kancelář, sklepní kóje a jeden byt, v každém dalším nadzemním podlaží se nachází tři byty. Byty jsou v dispozici 2+1 nebo 3+1. Jeden vchod obsahuje celkem 25 bytů. Celá budova má celkem 6 vchodů.

C.2.1.4. Popis navrhovaného řešení

Varianta 2 (zdroj tepla je kaskáda tepelných čerpadel) řeší vytápění a ohřev teplé vody pouze pro jeden vchod, a to krajní.

Je navržen zdroj tepla ve formě kaskády tří splitových tepelných čerpadel vzduch-voda a jako bivalentní zdroj jsou navrženy dva elektrokotle, jeden kotel slouží jako 100 % záloha pro případ, kdyby nastala porucha u tepelných čerpadel. Pro pokrytí spotřeby teplé vody jsou navrženy dva nepřímotopné zásobníky teplé vody. Příprava teplé vody je navržena jako přednostní. Pro vytápění jsou navržena desková tělesa, větrání je řešeno jako přirozené, pouze podtlakový odvod vzduchu ventilátory z WC a koupelen.

C.2.2. Podklady

C.2.2.1. Výkresová dokumentace

Podkladem pro zpracování tohoto návrhu byla výkresová dokumentace.

C.2.2.2. Použité normy a vyhlášky

Projekt byl vypracován v souladu s platnými normami, zákony a vyhláškami.

Vyhláška č.499/2009 Sb. o dokumentaci staveb

Zákon č. 283/2021 Sb. stavební zákon

Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov

Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

ČSN EN 12 828+A1 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav

ČSN EN 12 831-1 - Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3

ČSN EN 12 831-3 - Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3

ČSN EN 15450 - Tepelné soustavy v budovách – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly

ČSN 06 0310 - Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž

ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení

ČSN 73 0331-1 - Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data

ČSN 73 0334 – Typické hodnoty pro výpočet energetické náročnosti budov

ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0540-3 -Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin - Navrhování a projektování

ČSN 73 0540-4 - Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení

Technická pravidla H–132 98 Ohřívání užitkové vody – Zásady pro navrhování

C.2.3. Tepelné ztráty a potřeba tepla

C.2.3.1. Klimatické údaje

Lokalita:	Brno
Venkovní výpočtová teplota:	$\theta_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$
Průměrná venkovní teplota v otopném období:	$\theta_{em} = 4,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Délka otopného období:	$d = 232 \text{ dnů}$
Nadmořská výška:	227 m n. m.

C.2.3.2. Vnitřní návrhové teploty

sklepní kóje	6 °C
schodiště, zádveří	10 °C
kotelna	15 °C
kancelář, chodba, kuchyň, obývací pokoj, ložnice, pokoj, WC	20 °C
koupelna	24 °C

C.2.3.3. Tepelně technické parametry stavebních konstrukcí

SO01	Obvodová stěna zateplená tl. 450 mm	0,172 W/(m ² .K)
SO02	Obvodová stěna zateplená tl. 420 mm	0,174 W/(m ² .K)
SO03	Prosklená stěna – vchod	1,1 W/(m ² .K)
SN01	Vnitřní nosná stěna tl. 200 mm – rozdíl teplot do 5 °C	1,781 W/(m ² .K)
SN02	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,268 W/(m ² .K)
SN03	Vnitřní nosná stěna tl. 330 mm – k nevytápěným prostorám	0,268 W/(m ² .K)
SN04	Vnitřní nenosná stěna tl. 100 mm – rozdíl teplot do 5 °C	2,468 W/(m ² .K)
SN05	Vnitřní nenosná stěna tl. 230 mm – rozdíl teplot do 10 °C	0,279 W/(m ² .K)
SN06	Umakartová stěna – bytové jádro	1,805 W/(m ² .K)
STR1	Strop + podlaha – mezi byty – rozdíl teplot do 5 °C	1,97 W/(m ² .K)
STR2	Strop + podlaha – nad exteriérem – vchod	0,149 W/(m ² .K)
STR3	Strop + podlaha – nad nevytápěným prostorem	0,272 W/(m ² .K)
STR4	Strop + podlaha – nad zádveřím – rozdíl teplot do 10 °C	0,272 W/(m ² .K)
STRĚ	Střecha	0,144 W/(m ² .K)
PDL	Podlaha na zemině – nezateplená	3,873 W/(m ² .K)
D1	Vchodové dveře – plastové, celoprosklené – 1,8x2,25	1,1 W/(m ² .K)
D2	Vchodové dveře – dřevěné, bytové – 0,8x1,97	2 W/(m ² .K)
D3	Interiérové dveře – dřevěné – 0,6x1,97	2 W/(m ² .K)
D4	Interiérové dveře – dřevěné – 0,8x1,97	2 W/(m ² .K)
O1	Plastové okno, trojsklo – 0,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O2	Plastové okno, trojsklo – 1,5x2,1	0,8 W/(m ² .K)
O3	Plastové okno, trojsklo – 1,5x1,4	0,8 W/(m ² .K)
BD1	Balkonové dveře – plastové, trojsklo – 0,7x2,25	0,8 W/(m ² .K)

C.2.3.4. Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty byly počítány pro každou místnost zvlášť podle ČSN EN 12831-1

Pro 1. vchod (krajní):

Tepelná ztráta prostupem 23,4 kW

Tepelná ztráta větráním a infiltrací 17,52 kW

C.2.3.5. Potřebné tepelné výkony

Potřebný výkon pro vytápění	40,92 kW
Potřebný výkon pro přípravu teplé vody	74,93 kW

C.2.3.6. Spotřeba a potřeba tepla

Potřeba tepelné energie byla stanovena podle denostupňové metody.

Potřeba tepelné energie pro vytápění:	96,38 MWh/rok
Potřeba tepelné energie bivalentního zdroje:	1,2 MWh/rok
Potřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody:	128,64 MWh/rok
Potřeba tepelné energie pro dohřev teplé vody:	32,56 MWh/rok
Celková potřeba tepelné energie:	258,78 MWh/rok
Spotřeba elektrické energie pro vytápění:	37,16 MWh/rok
Spotřeba elektrické energie bivalentního zdroje:	1,2 MWh/rok
Spotřeba elektrické energie pro přípravu teplé vody:	59,8 MWh/rok
Spotřeba elektrické energie pro dohřev teplé vody:	32,56 MWh/rok
Celková spotřeba elektrické energie:	130,72 MWh/rok

C.2.4. Zdroj tepla

C.2.4.1. Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Hlavním zdrojem tepla je kaskáda tří tepelných čerpadel HELIOTHERM S40L-M-Solid vzduch-voda ve splitovém provedení. Vnitřní jednotky jsou umístěny v kotelně a venkovní jednotky na ploché střeše. Propojení vnitřních a venkovních jednotek je provedeno izolovaným chladivovým potrubím. Výkon jednoho tepelného čerpadla při venkovní teplotě $t_e = -12\text{ °C}$ je 28,44 kW, při $t_e = 20\text{ °C}$ je 53,3 kW. Provoz tepelných čerpadel je paralelně bivalentní.

Bod bivalence pro přednostní ohřev topné vody nastane při venkovní teplotě, která je nižší než venkovní výpočtová teplota, předností ohřev teplé vody tedy zajistí pouze tepelná čerpadla.

Potřebný výkon bivalentního zdroje pro překlenutí doby přednostního ohřevu teplé vody je 22 kW. Jsou navrženy 2 elektrokotle RAY 24 KE od firmy Protherm s maximálním výkonem jednoho kotle 24 kW. Bivalentní zdroj pracuje do teploty -5 °C . 1 kotel je 100% zálohou, například kdyby nastala porucha na straně tepelných čerpadel, aby byl zajištěn tepelný výkon pro pokrytí tepelných ztrát.

C.2.4.2. Zabezpečovací zařízení

Z důvodu objemových změn v soustavě je nutné navrhnout expanzní zařízení. Z důvodu velkého objemu topné vody v otopné soustavě je navržen čerpadlový expanzní automat Variomat s řídicí jednotkou VS 2-1/60 a základní nádobou VG 200 o objemu 200 l, který udržuje tlak, odplyňuje a doplňuje vodu do soustavy. Expanzní automat je připojen na vratné potrubí k tepelným čerpadlům.

Na výstupní potrubí z každého tepelného čerpadla je navržen pojistný ventil DUCO 1/2“ × 3/4“, 500 kPa, k deskovému výměníku je navržen pojistný ventil DUCO 1 1/4“ × 1 1/2“, 500 kPa.

Minimální provozní přetlak je 270 kPa, maximální provozní přetlak je 500 kPa, otevírací přetlak pojistných ventilů je 500 kPa.

Elektrokotle jsou kvůli malému provoznímu přetlaku (3 bary) od soustavy odděleny deskovým výměníkem, součástí kotlů je pojistný ventil i expanzní nádoba, nenavrhují tedy další expanzní nádobu, ani pojistný ventil. Pojistný ventil elektrokotle musí splňovat parametry pojistného ventilu DUCO 1“ × 1 1/4“, 300 kPa.

C.2.5. Otopná soustava

Pro vytápění celého objektu je zvolena uzavřená dvoutrubková otopná soustava s nuceným oběhem vody, z akumulační nádrže vychází 2 větve – OT byty a OT společné prostory. Na rozvody otopné soustavy ve společných prostorách (zádveří, schodiště) jsou použity trubky z uhlíkové oceli. Rozvody uvnitř bytů jsou provedeny z vícevrstvých pex-al-pex trubek a jsou vedeny v soklových lištách. Pokud potrubí prochází stavebními konstrukcemi musí být opatřeno chráničkou. Potrubí z kotelny je vedeno pod stropem, vzdálenost uchycení potrubí je závislá na rozměru potrubí a také na délkové teplotní roztažnosti. Vodorovné části potrubí jsou ve spádu 0,3 %.

Otopné větve a tepelné spády:

- V1 – OT byty 50/40 °C
- V2 – OT společné prostory 50/40 °C

Každá větev má vlastní oběhové čerpadlo a kalorimetr.

C.2.5.1. Otopná soustava s OT pro byty – větev V1

Je navržen teplotní spád 50/40 °C. Z akumulační nádrže v kotelně vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem, z prostoru schodiště vede stoupač potrubí S1 až po 9. NP. Na každé patře je osazen patrový rozdělovač a sběrač, ze kterého vedou tři větve, každá do jednoho bytu. Každá větev je osazena kalorimetrem pro měření spotřeby tepla. Před každým patrovým rozdělovačem a sběračem je osazen regulátor tlakové difirence. V bytech je použito vícevrstvé potrubí pex-al-pex. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL, jsou napojena pomocí přímého šroubení. V koupelnách jsou použita trubková otopná tělesa Koralux linear classic M, připojena

pomocí HM armatury v přímém provedení. Všechna tělesa jsou regulována pomocí termostatického ventilu a jsou vybavena termostatickou hlavicí pro regulaci teploty v místnosti.

C.2.5.2. Otopná soustava s OT pro společné prostory – větev V2

Je navržen teplotní spád 50/40 °C. Z akumulární nádrže v kotelně vede tepelně izolované potrubí z uhlíkové oceli pod stropem. Otopná tělesa jsou od firmy Korado. Desková otopná tělesa Radik v provedení VK nebo VKL, jsou napojena pomocí přímého šroubení. Všechna tělesa regulována pomocí termostatického ventilu jsou vybavena termostatickou hlavicí pro individuální regulaci teploty.

C.2.5.3. Akumulační nádrž

Pro překlenutí doby přednostního ohřevu teplé vody a omezení počtu spínání kompresorů tepelných čerpadel je navržena akumulární nádrž Reflex Storatherm Heat H 1500/1 o objemu 1500 l.

C.2.5.4. Příprava teplé vody

Je navržena přednostní příprava teplé vody. Všechna tři čerpadla dodávají tepelnou energii 16x denně po dobu 28 minut do dvou zásobníkových ohřivačů teplé vody od firmy Quantum, Q7-1000-ZBV o objemu 1000 l s teplosměnnou plochou žebrovaného výměníku 5,3 m². Tepelné čerpadlo ohřeje vodu na 50 °C, pro dohřev teplé vody na 55 °C je do každého zásobníku navržena topná vložka TJ 6/4“ – 7,5 s výkonem 7,5 kW. Zásobníky jsou připojeny na studenou vodu, teplou vodu a cirkulaci. Studená voda je předehřívána v ohřivači teplé vody s tepelným čerpadlem, který odebírá teplo z místnosti.

C.2.5.5. Oběhová čerpadla

Oběhová čerpadla zajišťují nucený oběh teplotnosné látky v otopné soustavě. Jsou navržena oběhová čerpadla od firmy Wilo. Elektrokotle obsahují vlastní oběhová čerpadla.

Větev V1 – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10

Větev V2 – Wilo Stratos PICO 15/0,5-4

TČ1 – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10

TČ2 – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10

TČ3 – Wilo Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10

Deskový výměník – AKU nádrž – Wilo Stratos MAXO 25/0,5-4 PN10-R7

C.2.5.6. Plnění, doplňování a vypouštění otopné soustavy

První plnění systému bude provedeno upravenou vodou.

Doplňování vody do systému zajišťuje magnetický ventil, který je součástí expanzního automatu Variomat VS 2-1/60 (Hydraulický a řídicí modul pro udržování tlaku, odplynování a doplňování v uzavřených okruzích topné a chladicí vody) od firmy Reflex. Doplňování je plně automatické. Pokud dojde k poklesu tlaku, systém se doplní vodou z vodovodního řadu. Je nutný dostatečný přetlak ve vodovodním řadu. Musí být zajištěno oddělení vodovodního řadu a otopné soustavy, bude osazen Reflex Fillset impuls, který je vybaven systémovým oddělovačem a vodoměrem. Pro zajištění kvality vody bude osazen Reflex Fillsoft – náplně buď pro změkčení nebo pro odsolení vody.

Topná soustava se bude vypouštět pomocí vypouštěcích kohoutů v nejnižších místech soustavy, případné odvzdušnění bude probíhat v nejvyšších místech soustavy.

C.2.5.7. Regulace soustavy

Otopná tělesa jsou regulována termostatickými ventily a zároveň jsou na všech otopných tělesech umístěny termostatické hlavice, které umožňují individuální řízení teploty v jednotlivých místnostech.

Výstupní teplota z tepelných čerpadel a elektrokotlů bude řízena ekvitemní křivkou, tedy v závislosti na venkovní teplotě.

C.2.5.8. Měření a vyúčtování spotřeby tepla

Jedná se o objekt pro bydlení, je tedy nutné zajistit měření spotřeby tepla pro jednotlivé bytové jednotky. Na vstupu do každé bytové jednotky bude umístěn kalorimetr (ultrazvukový měřič tepla SHARKY 775). Dále bude měřena spotřeba tepla na větvích vystupujících z akumulární nádrže, budou zde umístěny kalorimetry (ultrazvukový měřič tepla SHARKY 775). Kalorimetry musí být umístěny na vratném potrubí.

C.2.5.9. Tepelná izolace

Návrh tloušťky izolace je v souladu s vyhláškou č. 193/2007.

Budou izolovány i všechny armatury podle jejich nominálních DN, izolovány budou pouze v tom případě, že izolace nebude bránit jejich funkci.

Je nutné dodržovat pokynů výrobce při montáži izolací.

rozměr potrubí	teplotní spád	teplota okolí	součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	určující součinitel prostupu tepla	tl. izolace	tl. izolace + potrubí	typ	posouzení
Dxt [mm]	[°C/°C]	ti [°C]	U [W/(m ² .K)]	Uo [W/(m ² .K)]	[mm]	[mm]		
35x1,5	70/55	15	0,166	0,18	50	135	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		15	0,244	0,27	30	102	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5	55/50	15	0,238	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
76x2		15	0,3	0,34	40	156	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
15x1,2	50/40	10	0,143	0,15	25	75	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
18x1,2		10	0,144	0,15	30	78	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		10	0,16	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
22x1,5		15	0,161	0,18	30	82	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
28x1,5		10	0,159	0,18	40	108	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
35x1,5		10	0,18	0,18	40	115	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
42x1,5		10	0,261	0,27	25	92	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		10	0,234	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje
54x1,5		15	0,235	0,27	40	134	ROCKWOOL - PIPO/PIPO ALS	Vyhovuje

C.2.6. Požadavky na ostatní profese

C.2.6.1. Stavební práce

Před instalací zdroje tepla a dalších zařízení otopné soustavy musí být provedeny stavební úpravy, které zlepší tepelně technické vlastnosti celého objektu. Bude provedeno zateplení obvodových stěn, stropu v 1.NP a dalších stěn oddělujících prostory bytu v 1.NP od společných prostor (sklepní kóje, zádveří, schodiště), budou osazeny nové výplně otvorů – plastová okna s izolačními trojskly a vchodové dveře. Bude provedena nová konstrukce střechy.

Konstrukce střechy bude posouzena statikem tak, aby odolala zatížení od venkovních jednotek tepelných čerpadel a také zabránila přenosu vibrací do okolních konstrukcí. Střešní konstrukce bude vyspádována od venkovních jednotek ke střešním vpustím. Plocha ve směru toku bude opatřena elektrickým topným kabelem, aby nedocházelo k tvorbě ledové plochy.

Pro rozvody otopné soustavy je nutné provést prostupy v konstrukcích, horizontální a vertikální rozvody v prostoru bytových jednotek budou vedeny v krycích lištách na potrubí.

Vnitřní jednotky tepelného čerpadla musí být osazeny na antivibrační rohož, aby bylo zabráněno přenosu vibrací do okolních konstrukcí.

C.2.6.2. Zdravotechnika

V kotelně jsou umístěny dva zásobníky pro ohřev teplé vody, proto je nutné zajistit přívod studené vody. Zásobníky budou napojeny na rozvod studené vody, teplé vody a cirkulace. Studená voda bude přehřívána tepelným čerpadlem odebírajícím teplo z místnosti.

Úkap pojistného ventilu a kondenzát od tepelných čerpadel bude sveden do kanalizace.

V kotelně musí být umístěna podlahová vpust', která bude připojena na kanalizaci přes zápachovou uzávěrku.

Dále je potřeba zajistit přívod studené vody pro automatické doplňování vody do systému.

C.2.6.3. Vzduchotechnika

V kotelně musí být zajištěno nucené větrání pro letní období, musí být zajištěna minimálně 2,5 /h výměna vzduchu (minimální průtok vzduchu 120 m³/h), aby nebyla překročena nejvyšší povolená teplota vzduchu.

C.2.6.4. Elektroinstalace

Pro napojení zdroje tepla a dalších regulačních armatur (oběhová čerpadla, trojcestné ventily se servopohonem) se musí zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie. Napojení tepelných čerpadel na elektrickou síť třífázovým napětím 400 V, ostatní zásuvky s napětím 230 V. Před připojením spotřebičů musí být na elektroinstalaci provedena revize.

C.2.7. Montáž, uvedení do provozu a provoz

C.2.7.1. Zdroj

Instalaci může provádět pouze osoba, která má odpovídající osvědčení o kvalifikaci a oprávnění k činnosti. Návod pro uvedení zařízení do provozu je v technické dokumentaci zařízení.

C.2.7.2. Otopná soustava

Podle normy ČSN 06 0310 bude otopná soustava instalovaná a uvedená do provozu. Instalaci může provádět pouze osoba, která má odpovídající kvalifikaci k této činnosti. Před uvedením soustavy do provozu je nutné seřadit všechny seřizovací armatury dle hodnot uvedených v projektu.

C.2.7.3. Zkouška zařízení

Provádí se dva druhy zkoušek, tlaková zkouška (zkouška těsnosti) a provozní zkouška (dilatační a topná). Dle ČSN 06 0310.

Tlaková zkouška (zkouška těsnosti) se provádí ještě před zazdění drážek, zakrytím kanálků a provedením nátěrů a izolací. Zkušební tlak odpovídá nejvyššímu dovolenému přetlaku určenému v projektu pro danou část zařízení. Soustava se naplní vodou, řádně se odvzdušní a celé zařízení (spoje, armatury, otopná tělesa atd.) se prohlédne, nesmějí se projevit viditelné netěsnosti. Soustava zůstane napuštěná minimálně 6 hodin, po kterých se provede nová prohlídka. Zkouška je úspěšná, neobjeví-li se při této zkoušce netěsnosti. Pokud se objeví při zkoušce netěsnosti, musí se odstranit a zkouška

těsnosti se opakuje. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora. O provedení tlakové zkoušky se napíše protokol.

Dilatační zkouška se provádí před topnou zkouškou, zazděním drážek, zakrytím kanálků a provedením nátěrů a izolací. Při této zkoušce se teplotná látka ohřeje na nejvyšší dovolenou teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu, poté se postup ještě jednou opakuje. Při zjištění netěsností při podrobné prohlídce je nutno zkoušku po provedení opravy opakovat. Zkouška se provádí v každé roční době. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora. Výsledek zkoušky se zapíše do stavebního deníku nebo se provede samostatný zápis.

Topná zkouška se provádí za účelem zjištění funkce, nastavení a seřízení zařízení. Provádí se v průběhu topného období po provedení tlakové zkoušky. Součástí topné zkoušky je seřízení soustavy, projeví-li se tato potřeba v průběhu topné zkoušky, během zkoušky se zaškolí obsluha zařízení a provede se o tom záznam. Zkoušky se provádějí za účasti zástupce investora, uživatele, dodavatele a projektanta. Po ukončení zkoušky se její výsledek zhodnotí a zapíše se do protokolu. Při zjištění závady je nutno topnou zkoušku po odstranění závady opakovat.

C.2.7.4. Způsob obsluhy a ovládání

Provozovatel objektu je povinen si zajistit osobu, která bude soustavu obsluhovat. Tato osoba musí být seznámena s provozními i bezpečnostními podmínkami zařízení, musí se řídit návody a pokyny k obsluze zařízení. Před začátkem topné sezóny se musí soustava odvzdušnit. Musí být pravidelně kontrolovány zabezpečovací zařízení i technické zařízení v intervalech, které jsou stanoveny výrobcem nebo závaznými právními předpisy.

C.2.8. Ochrana zdraví a životního prostředí

C.2.8.1. Vliv na životní prostředí

Životní prostředí nebude poškozeno instalací ani provozem zařízení.

C.2.8.2. Hospodaření s odpady

Je nutné dodržovat zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. během instalace i provozu zařízení.

C.2.9. Bezpečnost a požární ochrana

C.2.9.1. Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost při realizaci díla je povinen zajistit zhotovitel podle zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Všechny práce spojené s realizací díla mohou provádět pouze kvalifikované osoby.

C.2.9.2. Bezpečnost při provozu a užívání díla

Zařízení při provozu mohou obsluhovat pouze pověřené a zaškolené osoby. Je žádoucí se řídit postupy uvedenými v návodech k obsluze zařízení a pokynech pro obsluhu zařízení.

Zařízení se může uvést do provozu pouze po provedení všech zkoušek, jejich provedení se zapisuje do stavebního deníku, popřípadě se dokládá protokoly o jejich provedení.

C.2.9.3. Požární ochrana

Musí být dodrženy požadavky na požární ochranu dle normy ČSN 73 0810 během realizace a užívání díla.

Experimentální část

D.1. Úvodní informace o experimentálním měření

Experimentální měření probíhalo ve 3 různých objektech pro bydlení, bytový dům v Brně Jundrov, rodinný dům v Olomouci a panelový dům v Brně Slatina. Byly měřeny veličiny vnitřního prostředí, teplota vnitřního vzduchu, relativní vlhkost a koncentrace CO₂, z měřených veličin byla dopočítána teplota rosného bodu. Úkolem měření bylo zjistit, zda jsou dodržena kritéria pro hodnocení vnitřního prostředí objektů pro bydlení. Jednalo se o dlouhodobé měření v topném období.

D.2. Základní informace experimentálního měření

D.2.1. Informace o měřených objektech

D.2.1.1. Brno Jundrov – Jasanová

Bytový dům vytápěný ústředním teplovodním vytápěním s deskovými otopnými tělesy, zdroj tepla CZT, větraný přirozeně v kombinaci s podtlakovým odvodem vzduchu z hygienických zařízení. Realizace stavby v roce 2012. Měření ve 3 bytových jednotkách. Datum měření 28.10.2022 – 23.11.2022.

D.2.1.1.1. Bytová jednotka č.1 – Jasanová 3a

- 3.NP (poslední patro)
- dispozice 3+KK
- obývaná trvale – 5 uživatelů
- umístění dataloggerů
 - o č.416 – ložnice
 - o č.423 – dětský pokoj

D.2.1.1.2. Bytová jednotka č.2 – Jasanová 3c

- 2. NP
- dispozice 3+KK
- obývaná trvale – 1 uživatel
- umístění dataloggeru
 - o č.418 – ložnice

D.2.1.1.3. Bytová jednotka č.3 – Jasanová 3c

- 1.NP
- dispozice 3+KK
- obývaná trvale – 3 uživatelé
- umístění dataloggerů
 - o č.420 – obývací pokoj s kuchyní
 - o č.421 – ložnice



Obr. 101 – Bytový dům - Brno Jundrov – Jasanová [82]

D.2.1.2. Olomouc

Novostavba rodinného domu. Dům je zateplený, PENB v klasifikační třídě C. V přízemí a ve 2.NP stropní vytápění. Zdroj tepla je tepelné čerpadlo vzduch/voda. Větrání přirozeně v kombinaci s podtlakovým odvodem vzduchu z hygienických zařízení. Realizace stavby v roce 2020. Datum měření 29.11.2022 – 26. 1.2023.

- obývaná trvale – 5 uživatelů
- umístění dataloggerů
 - č.418 – dětský pokoj
 - č.420 – obývací pokoj s kuchyní
 - č.421 – ložnice



Obr. 102 – Rodinný dům – Olomouc

D.2.1.3. Brno Slatina

Panelový dům vytápěný ústředním teplovodním vytápěním s článkovými otopnými tělesy, zdroj tepla CZT, větraný přirozeně v kombinaci s podtlakovým odvodem vzduchu z hygienických zařízení. Dům je zateplený. Měření v 1 bytové jednotce. Datum měření 10.2.2023 – 12.5.2023.

- 6.NP (poslední patro)
- dispozice 3+1
- obývaná trvale - 3 uživatelé + kočka
- umístění dataloggerů
 - o č.418 – pokoj (tchán)
 - o č.420 – obývací pokoj
 - o č.421 – ložnice s balkonem



Obr. 103 - Panelový dům – Brno Slatina

D.2.2. Popis měření

Měření s časovým krokem 10 minut probíhalo v otopném období 2022/23. Hodnoty snímaných veličin vnitřního prostředí byly ukládány do paměti záznamníků dat (dataloggerů) umístěných v jednotlivých místnostech při běžném užívání bytových jednotek.

D.2.3. Technika používaná při měření

Datalogger pro záznam CO_2 , teploty vzduchu a relativní vlhkosti + dopočet teploty rosného bodu.



Obr. 104 - Datalogger

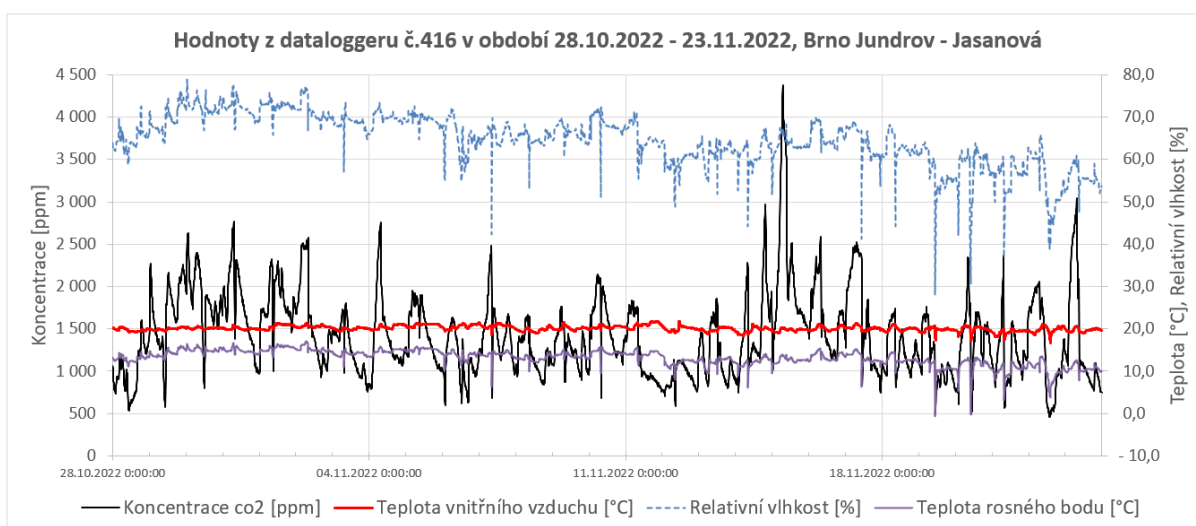
D.3. Výsledky experimentálního měření

Výsledkem měření byla data, která byla zpracována do grafů, ke každé měřené místnosti je zpracovaný graf zobrazující průběh koncentrace CO₂, teploty vnitřního vzduchu, teploty rosného bodu a relativní vlhkosti v měřeném období. Dále je ke každé místnosti přiřazena tabulka zobrazující průměrné, minimální a maximální hodnoty jednotlivých veličin. Tabulky i grafy jsou zpracovány za celou dobu měření v jednotlivých bytových jednotkách.

D.3.1. Brno Jundrov – Jasanová

D.3.1.1. Bytová jednotka č.1 – ložnice (datalogger č. 416)

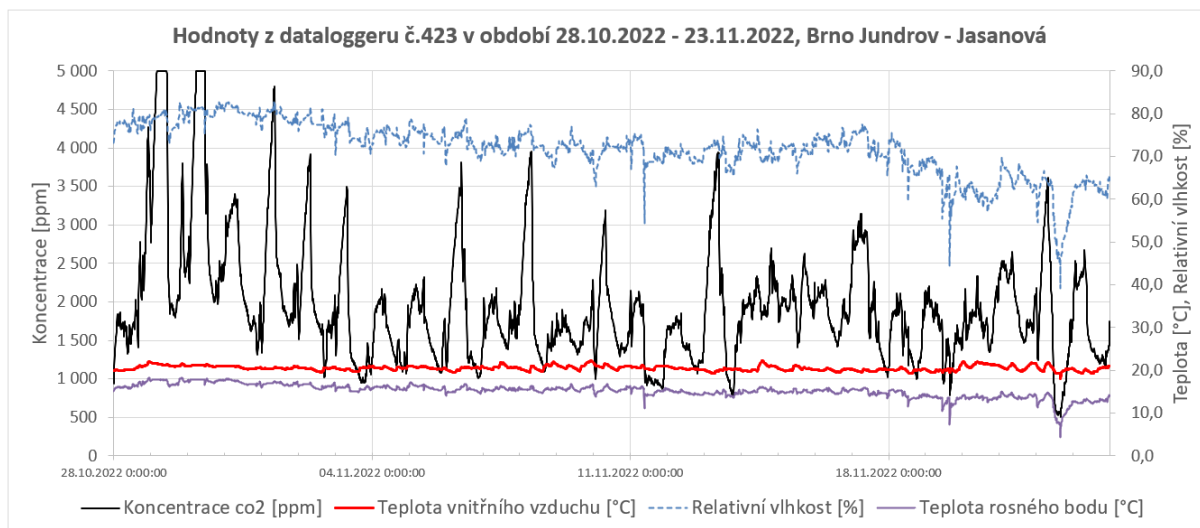
	Tepota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	20,1	64,7	1 419,1	13,2
Minimální hodnota	16,7	28,1	457,0	-0,8
Maximální hodnota	21,8	78,9	4 375,0	17,0



Obr. 105 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.1.2. Bytová jednotka č.1 – dětský pokoj (datalogger č. 423)

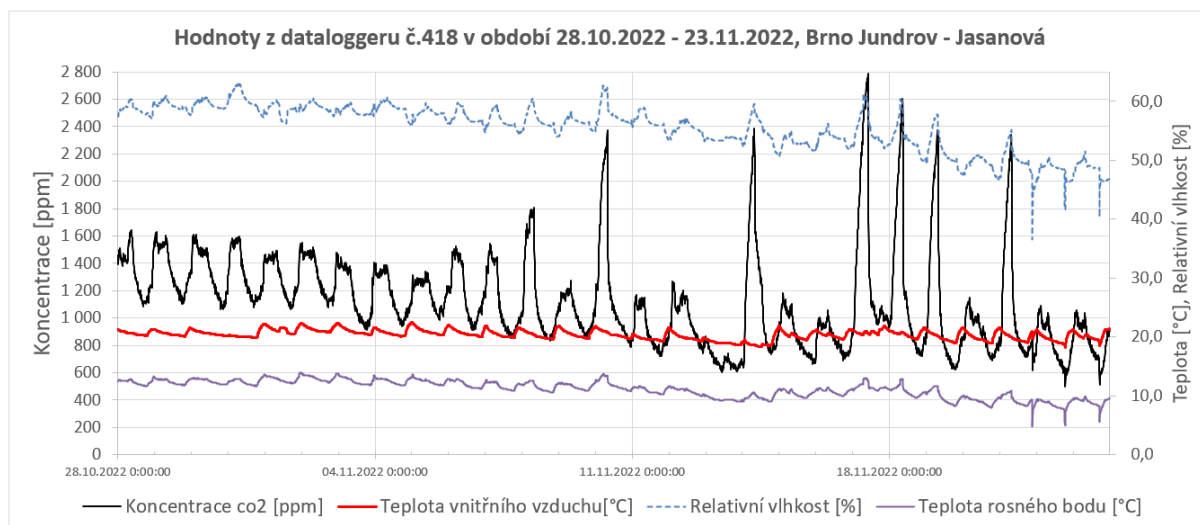
	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	20,5	71,9	1 957,3	15,2
Minimální hodnota	18,1	39,1	501,0	4,4
Maximální hodnota	22,3	82,7	5 000,0	18,3



Obr. 106 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.1.3. Bytová jednotka č.2 – ložnice (datalogger č. 418)

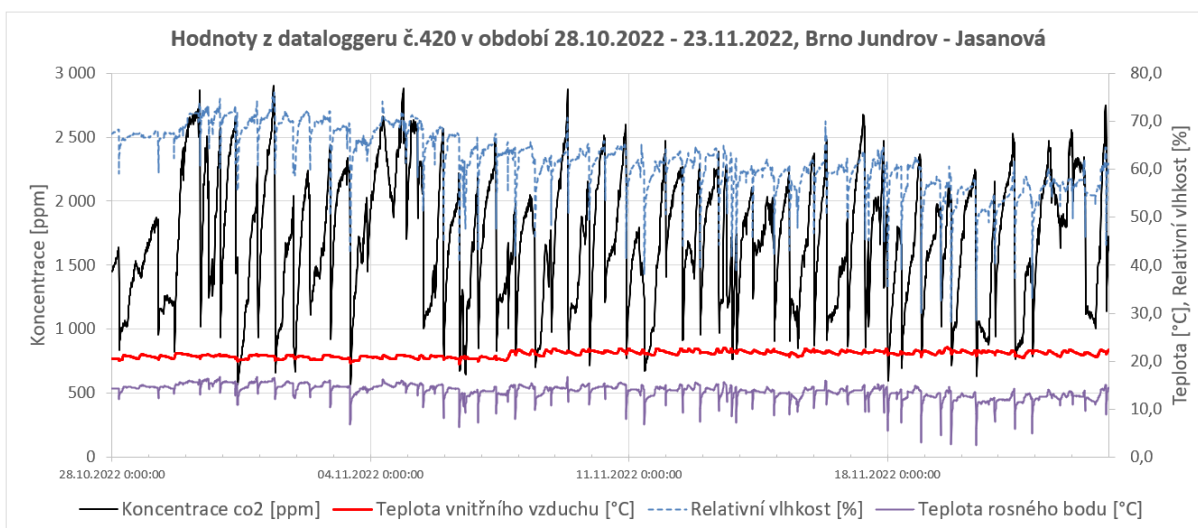
	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	20,4	55,5	1 115,9	11,2
Minimální hodnota	18,2	36,5	498,0	4,8
Maximální hodnota	22,4	63,0	2 787,0	13,9



Obr. 107 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.1.4. Bytová jednotka č.3 – obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)

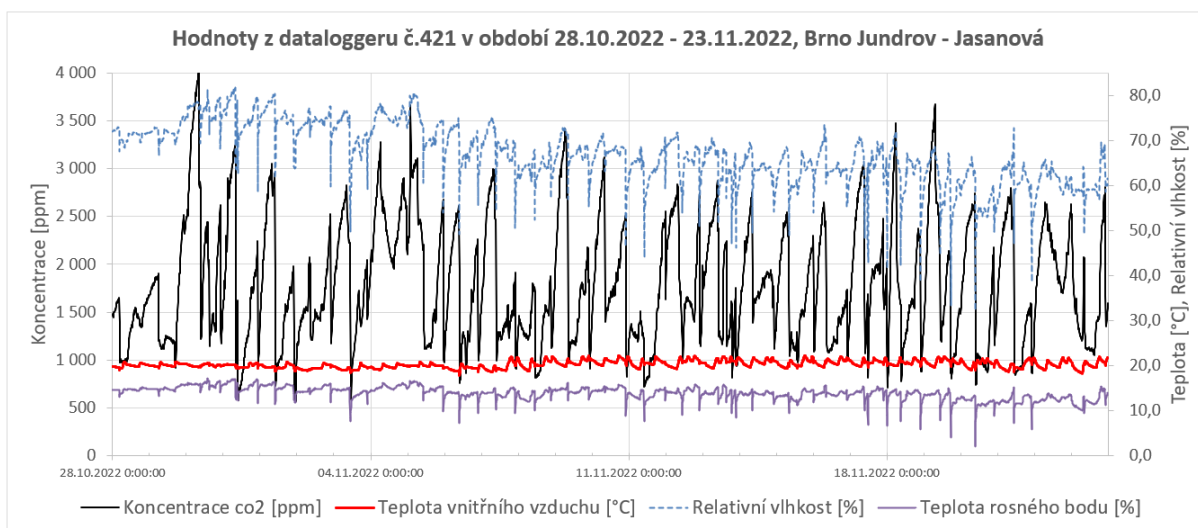
	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [°C]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	21,5	62,1	1 698,8	13,8
Minimální hodnota	19,3	28,3	566,0	2,4
Maximální hodnota	22,9	75,9	2 905,0	16,8



Obr. 108 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.1.5. Bytová jednotka č.3 – ložnice (datalogger č. 421)

	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [°C]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	20,3	67,2	1 795,9	14,0
Minimální hodnota	17,9	32,1	566,0	2,1
Maximální hodnota	22,2	81,8	4 008,0	17,3

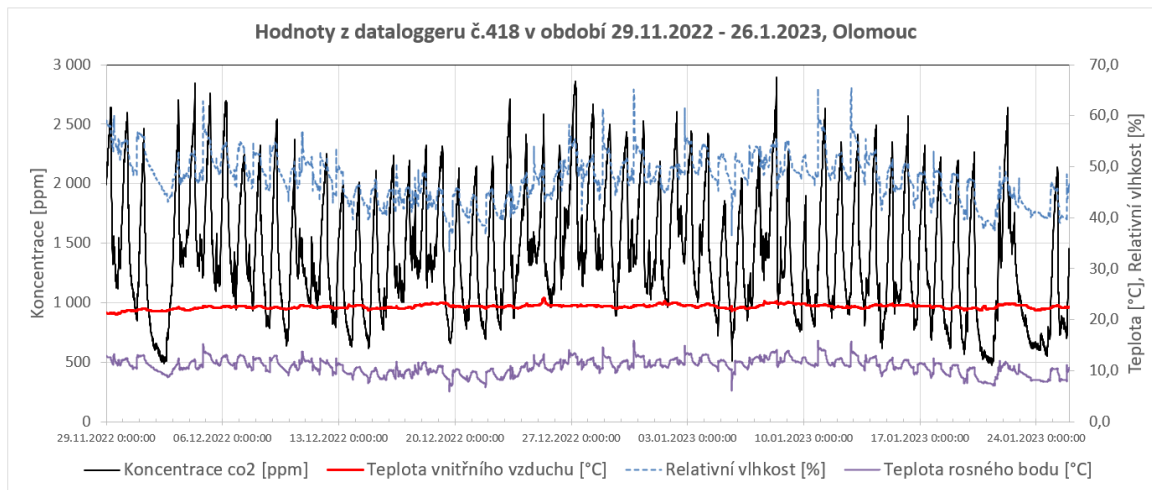


Obr. 109 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.2. Olomouc

D.3.2.1. Dětský pokoj (datalogger č. 418)

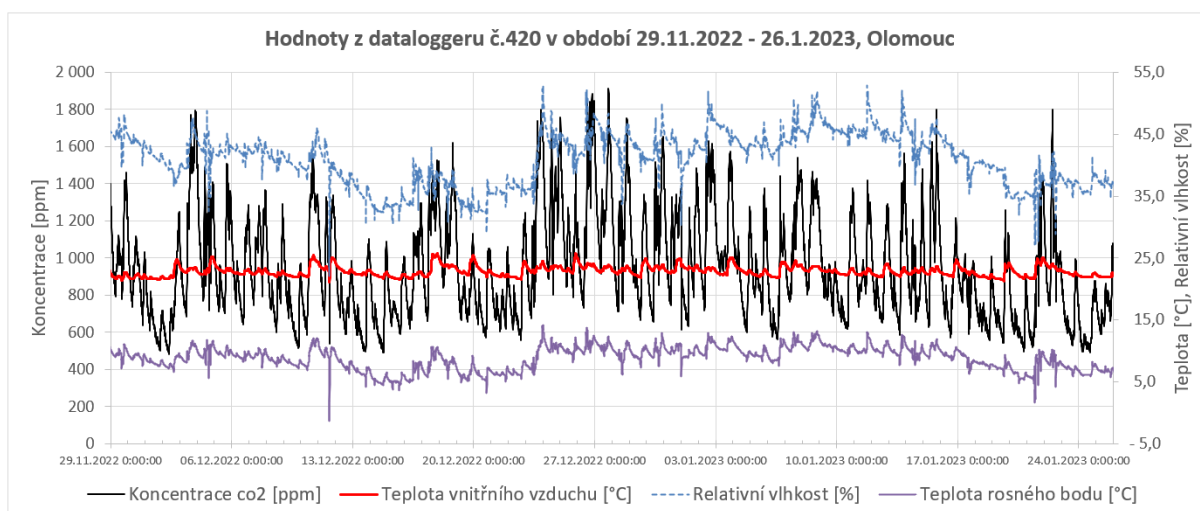
	Tepota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [°C]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	22,5	47,7	10,8	1 405,6
Minimální hodnota	21,1	33,4	5,9	472,0
Maximální hodnota	24,3	65,5	16,0	2 898,0



Obr. 110 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.2.2. Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)

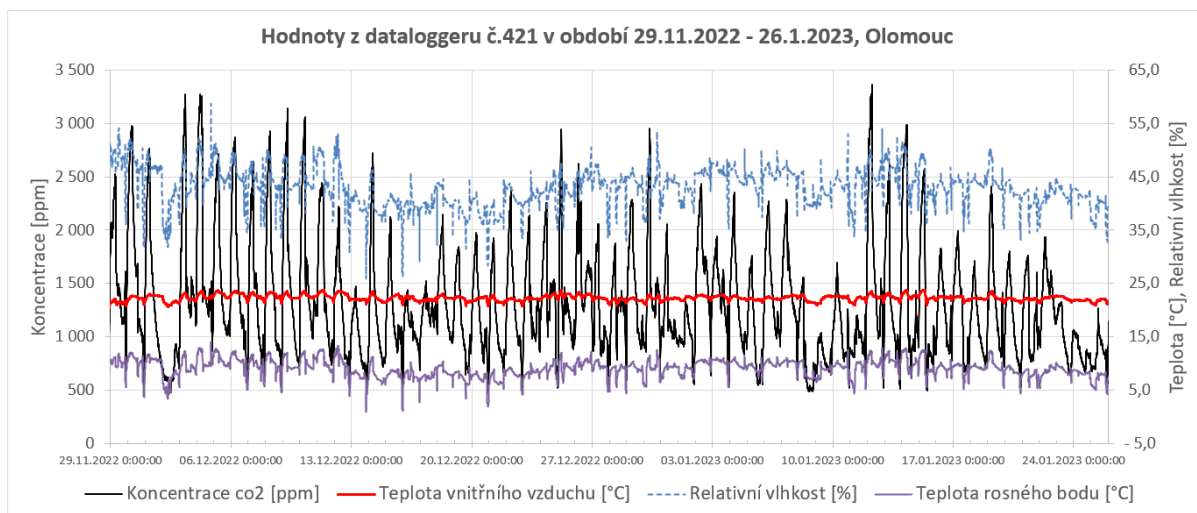
	Tepota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [°C]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	22,9	41,0	8,9	948,4
Minimální hodnota	21,1	22,1	-1,4	484,0
Maximální hodnota	25,8	52,9	14,2	1 911,0



Obr. 111 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.2.3. Ložnice (datalogger č. 421)

	Tepota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Koncentrace co2 [ppm]	Teplota rosného bodu [°C]
Průměrná hodnota	22,3	43,0	9,1	1 313,0
Minimální hodnota	20,8	31,9	3,7	494,0
Maximální hodnota	23,8	58,8	14,0	3 361,0

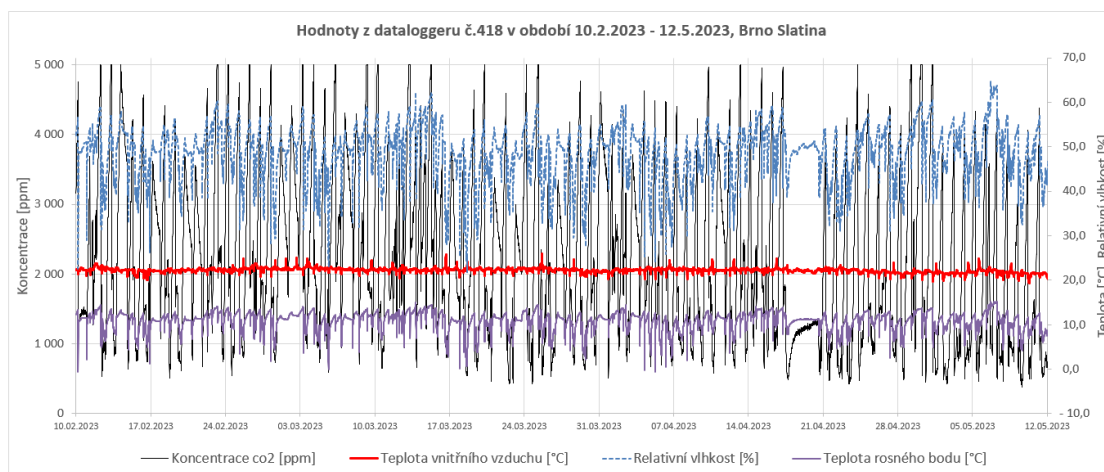


Obr. 112 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.3. Brno Slatina

D.3.3.1. Pokoj (datalogger č. 418)

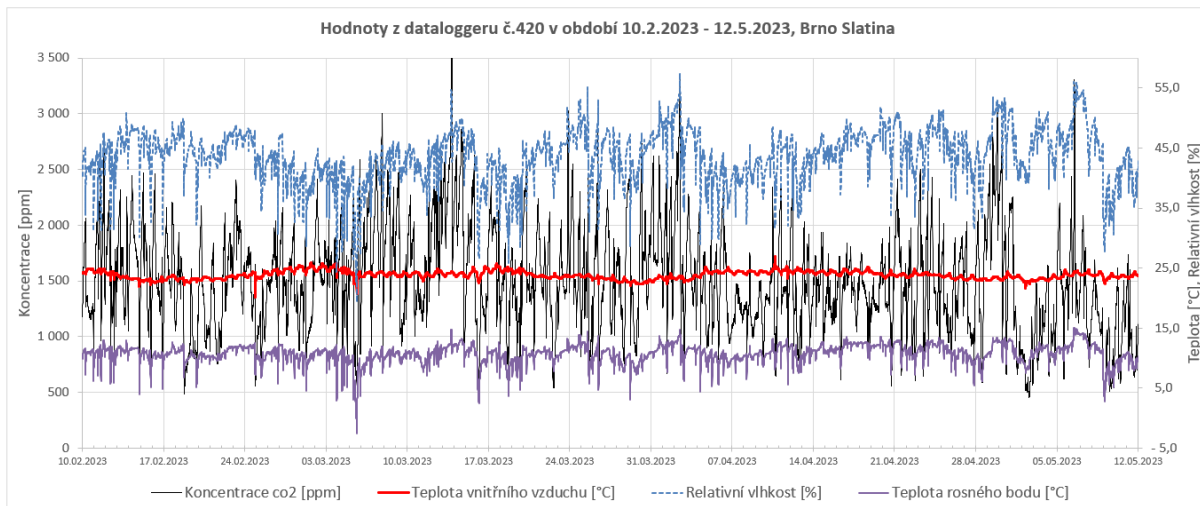
	Tepota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota rosného bodu [°C]	Koncentrace co2 [ppm]
Průměrná hodnota	22,2	48,9	10,9	2 187,1
Minimální hodnota	19,4	21,6	-0,7	382,0
Maximální hodnota	25,9	64,9	15,2	5 000,0



Obr. 113 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.3.2. Obývací pokoj (datalogger č. 420)

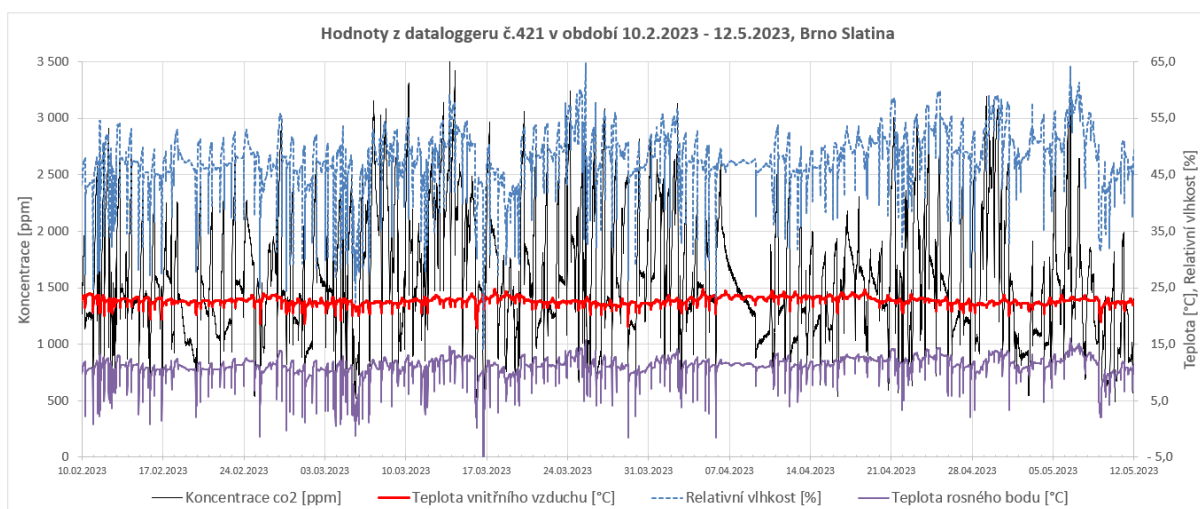
	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota rosného bodu [°C]	Koncentrace co2 [ppm]
Průměrná hodnota	23,9	43,8	10,7	1 497,0
Minimální hodnota	20,1	19,3	-2,5	455,0
Maximální hodnota	26,9	57,5	15,0	3 942,0



Obr. 114 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.3.3.3. Ložnice (datalogger č. 421)

	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota rosného bodu [°C]	Koncentrace co2 [ppm]
Průměrná hodnota	22,7	48,1	11,1	1 602,8
Minimální hodnota	17,8	14,2	-6,1	431,0
Maximální hodnota	24,8	64,8	16,0	3 738,0



Obr. 115 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

D.4. Vyhodnocení experimentálního měření

Teplota vnitřního vzduchu

V zimním období se optimální teplota vnitřního vzduchu pro oblečeného člověka považuje za $21,5 \pm 2$ °C. V letním období se za optimální teplotu považuje 26 ± 2 °C.

Relativní vlhkost

Doporučené hodnoty relativní vlhkosti se pohybují v rozmezí 30–70 %. V zimním období by se měla pohybovat mezi 45 až 60 % naopak v létě mezi 40 až 55 %.

Nízká relativní vlhkost (suchý vzduch) Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržením pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí.

Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění.

Teplota rosného bodu

Rosný bod v °C	Vliv na člověka
více než 24	Těžko snesitelné dusno, problémy s dýcháním u citlivějších osob
21-24	Velmi nepohodlné vlhko a dusno
18-21	Nepohodlné pro citlivější osoby, ještě snesitelné pro ostatní
16-18	Pro většinu přijatelné, citlivější osoby cítí větší vlhkost
13-16	Dobře snesitelné
10-13	Příjemné až ideální
méně než 10	Suché pro citlivější osoby, přijatelné pro ostatní

Obr. 116 – Vliv teploty rosného bodu na člověka [16]

Koncentrace CO₂

Vyhláška č. 268/2009 Sb. udává jako maximální hodnotu koncentrace CO₂ 1500 ppm, avšak doporučená nejvyšší koncentrace CO₂ je 1000 ppm.

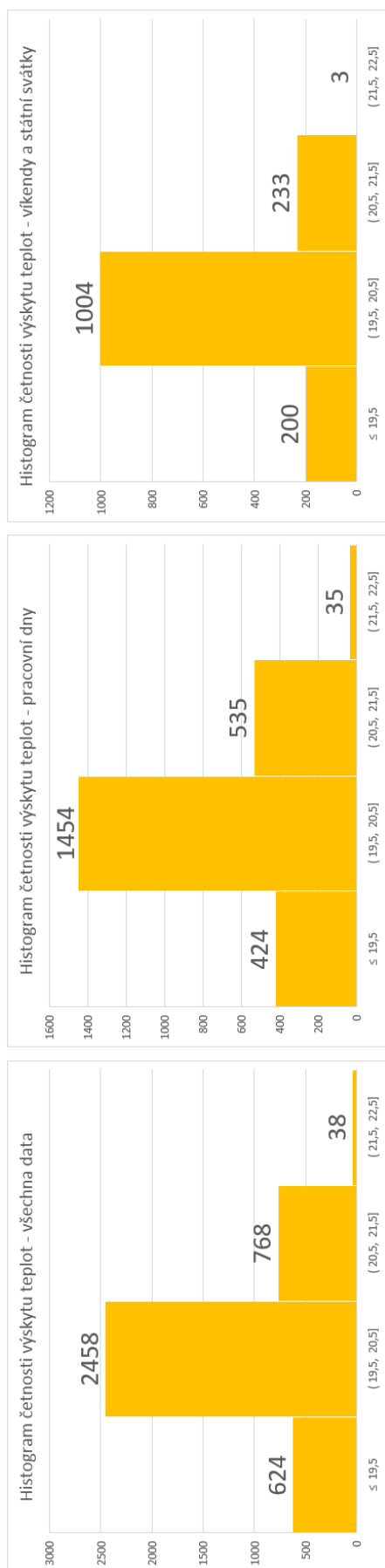
Koncentrace CO ₂ [ppm]	Účinky
350 – 400	koncentrace ve venkovním ovzduší
700	koncentrace stále vnímaná jako čerstvý vzduch
1000	doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory
1500	maximální hodnota pro obytné prostory stanovená vyhláškou
> 2000	nastávají příznaky únavy, snižování koncentrace, bolesti hlavy
5000	maximální krátkodobá bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zrychlený tep
> 15 000	dýchací potíže, při dlouhodobé expozici poškození zdraví
> 25 000	možná ztráta vědomí a smrt

Obr. 117 – Vliv koncentrace CO₂ na člověka [26]

Bytová jednotka č. 1 – ložnice (datalogger č. 416)

Teplota vnitřního vzduchu [°C]

	celkem	<=19,5 [%]	19,5; 20,5 [%]	20,5; 21,5 [%]	>21,5 [%]				
všechna data	3888	624	16,0	2458	63,2	768	19,8	38	1,0
pracovní dny	2448	424	17,3	1454	59,4	535	21,9	35	1,4
víkendy a státní svátky	1440	200	13,9	1004	69,7	233	16,2	3	0,2



Obr. 118 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

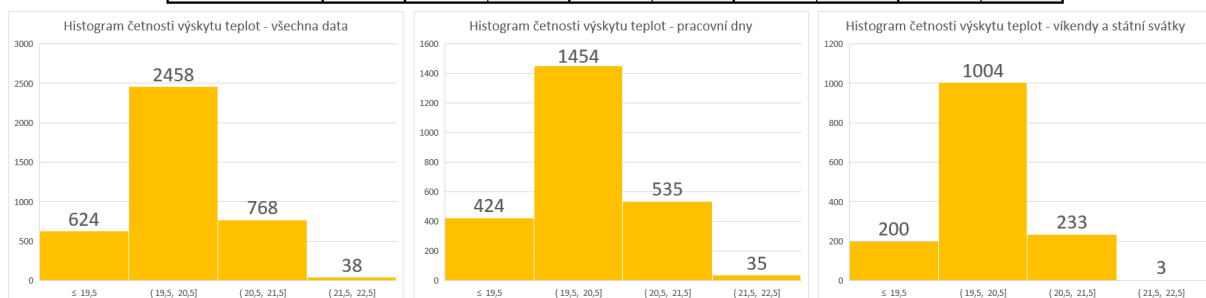
Každá hodnocená veličina (vnitřní teplota vzduchu, relativní vlhkost, teplota rosného bodu a koncentrace CO₂) má z naměřených dat vytvořené histogramy četnosti výskytu hodnot pro všechna data (1. graf v obrázku), pro data měřená v pracovních dnech (2. graf v obrázku) a pro data měřená o víkendech a státních svátcích (3. graf v obrázku). Rozdělení dat na pracovní dny a víkendy bylo provedeno z důvodu, že může být vidět rozdíl v užívání obytných místností, předpokládá se jiný denní režim. Data z histogramů byla následně převedena do tabulek, které udávají procentuální zastoupení jednotlivých hodnot v čase, umožňuje to snadnější vyhodnocení jednotlivých veličin. Ke každé hodnocené veličině je tedy přiložena tabulka a obrázek s třemi histogramy, který lépe vystihne rozložení hodnot do jednotlivých kategorií, které se u každé veličiny liší.

D.4.1. Brno Jundrov – Jasanová

D.4.1.1. Bytová jednotka č.1 – ložnice (datalogger č. 416)

Teplota vnitřního vzduchu [°C]

	celkem	<=19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	>21,5	[%]
všechna data	3888	624	16,0	2458	63,2	768	19,8	38	1,0
pracovní dny	2448	424	17,3	1454	59,4	535	21,9	35	1,4
víkendy a státní svátky	1440	200	13,9	1004	69,7	233	16,2	3	0,2

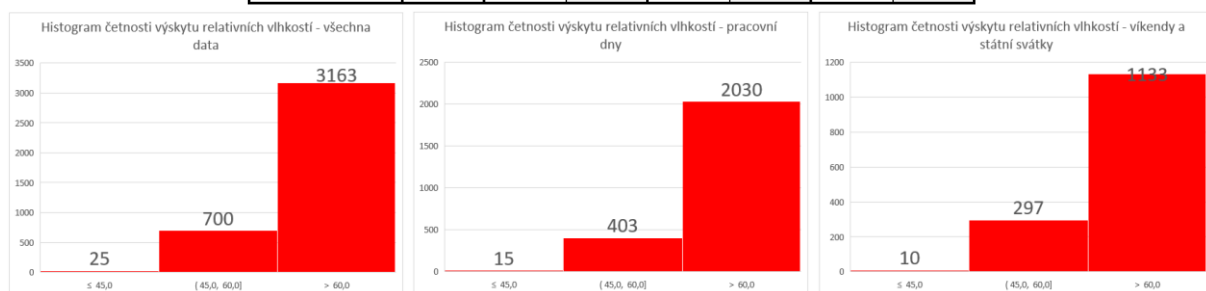


Obr. 118 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 83 % času měření pohybovala v rozmezí 19,5 – 21,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	3888	25	0,6	700	18,0	3163	81,4
pracovní dny	2448	15	0,6	403	16,5	2030	82,9
víkendy a státní svátky	1440	10	0,7	297	20,6	1133	78,7

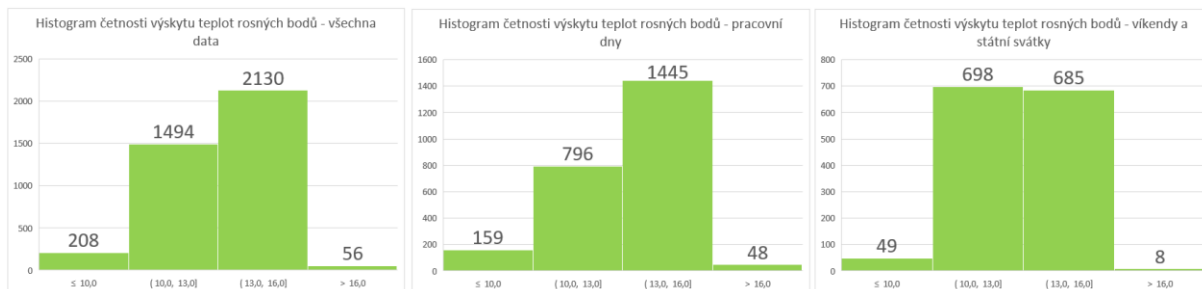


Obr. 119 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 81,4 % času pohybovala nad 60 %, což je nevyhovující. Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění. Optimální rozmezí relativní vlhkosti v zimním období je 45–60 %. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – použít odvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	3888	208	5,3	1494	38,4	2130	54,8	56	1,4	0	0
pracovní dny	2448	159	6,5	796	32,5	1445	59,0	48	2,0	0	0
víkendy a státní svátky	1440	49	3,4	698	48,5	685	47,6	8	0,6	0	0



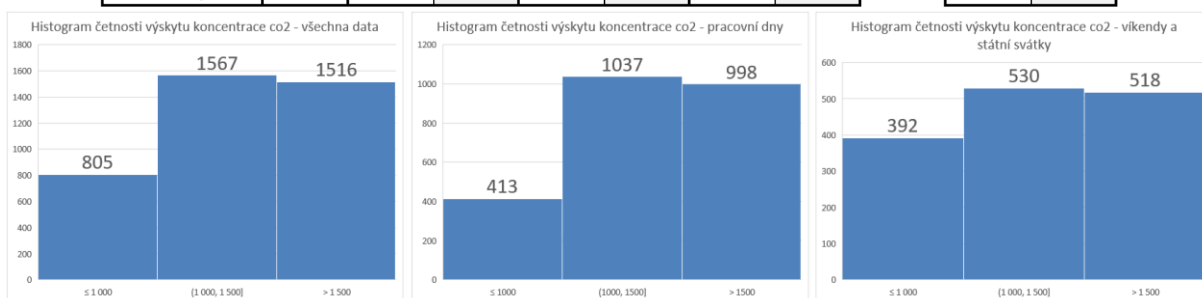
Obr. 120 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu se 93,2 % času pohybovala v rozmezí 10–16 °C, 10–13 °C je ideální stav (38,4 %), 13–16 °C je dobře snesitelná (54,8 % času). Hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, o víkendech se hodnoty pohybovaly více času v rozmezí 10–13 °C.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	3888	805	20,7	1567	40,3	1516	39,0
pracovní dny	2448	413	16,9	1037	42,4	998	40,8
víkendy a státní svátky	1440	392	27,2	530	36,8	518	36,0

>2000	[%]
479	12,3
327	13,4
152	10,6



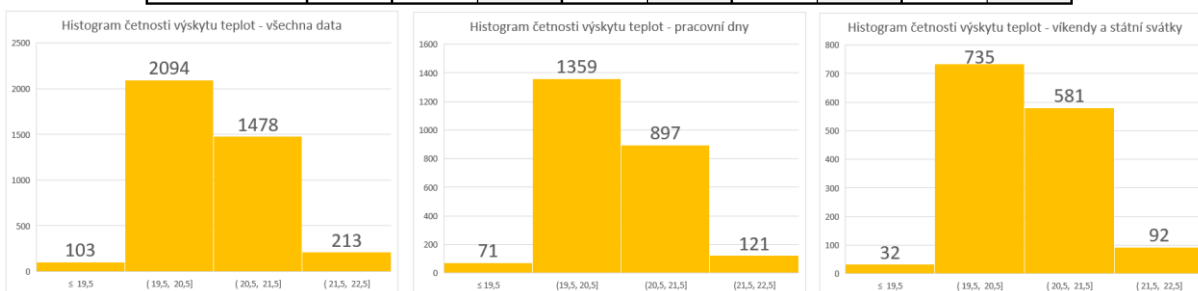
Obr. 121 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 39 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. 61 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 20,7 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 12,3 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, o víkendech se hodnoty pohybují více času v pod 1000 ppm. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.1.2. Bytová jednotka č.1 – dětský pokoj (datalogger č. 423)

Teplota vnitřního vzduchu [°C]

	celkem [měření]	<=19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	>21,5	[%]
všechna data	3888	103	2,6	2094	53,9	1478	38,0	213	5,5
pracovní dny	2448	71	2,9	1359	55,5	897	36,6	121	4,9
víkendy a státní svátky	1440	32	2,2	735	51,0	581	40,3	92	6,4



Obr. 122 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 91,9 % času měření pohybovala v rozmezí 19,5 – 21,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	3888	3	0,1	142	3,7	3743	96,3
pracovní dny	2448	2	0,1	84	3,4	2362	96,5
víkendy a státní svátky	1440	1	0,1	58	4,0	1381	95,9

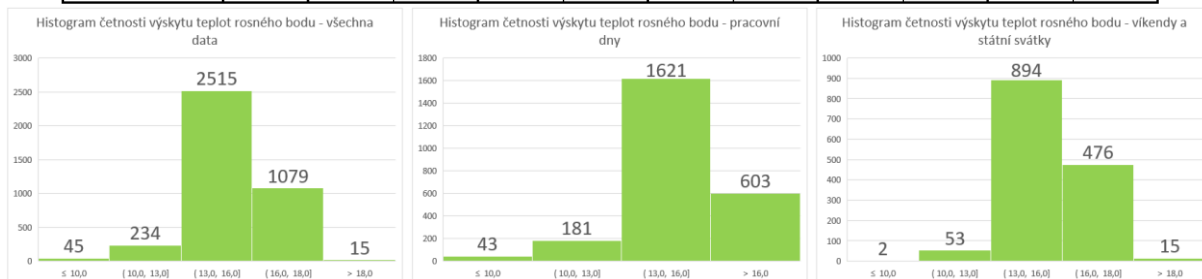


Obr. 123 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 96,3 % času pohybovala nad 60 %, což je nevhovující. Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění. Optimální rozmezí relativní vlhkosti v zimním období je 45–60 %. Hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – použít odvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	3888	45	1,2	234	6,0	2515	64,7	1079	27,8	15	0,4
pracovní dny	2448	43	1,8	181	7,4	1621	66,2	603	24,6	0	0
víkendy a státní svátky	1440	2	0,1	53	3,7	894	62,1	476	33,1	15	1,0

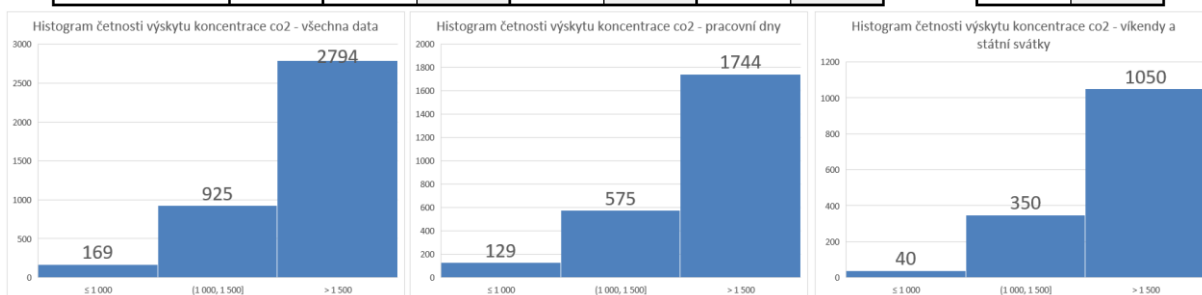


Obr. 124 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu se 92,5 % času pohybovala v rozmezí 13–18 °C, 13–16 °C je dobře snesitelné (64,7 % času), 16–18 °C je pro většinu lidí přijatelné, citlivější osoby cítí větší vlhkost (27,8 % času). Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, o víkendech se hodnoty pohybovaly více času v rozmezí 16–18 °C.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]	>2000	[%]
všechna data	3888	169	4,3	925	23,8	2794	71,9	1364	35,1
pracovní dny	2448	129	5,3	575	23,5	1744	71,2	784	32,0
víkendy a státní svátky	1440	40	2,8	350	24,3	1050	72,9	580	40,3



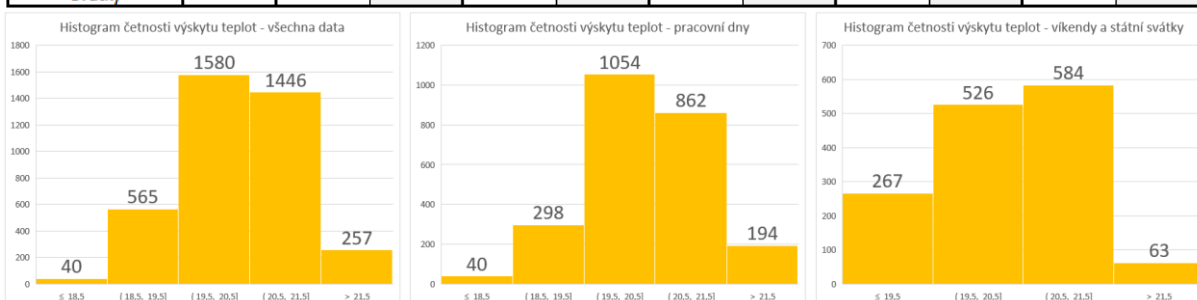
Obr. 125 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 71,9 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 28,1 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 4,3 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 35,1 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.1.3. Bytová jednotka č.2 – ložnice (datalogger č. 418)

Teplota vnitřního vzduchu [°C]

	celkem	<=18,5	[%]	18,5; 19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	>21,5	[%]
všechna data	3888	40	1,0	565	14,5	1580	40,6	1446	37,2	257	6,6
pracovní dny	2448	40	1,6	298	12,2	1054	43,1	862	35,2	194	7,9
víkendy a státní svátky	1440	0	0,0	267	18,5	526	36,5	584	40,6	63	4,4

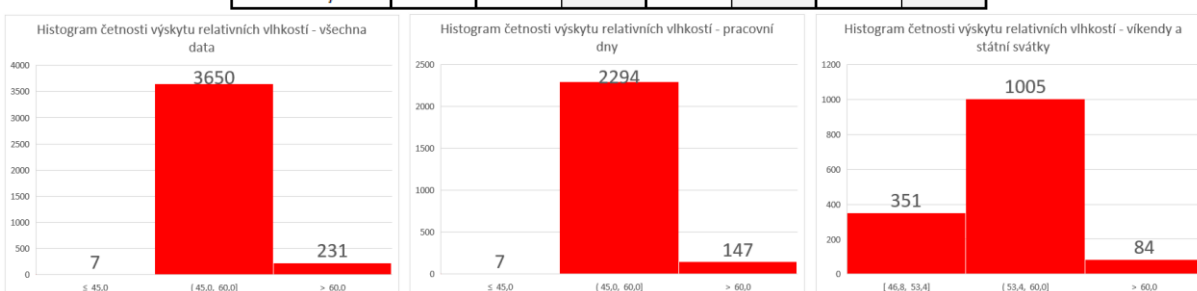


Obr. 126 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 77,8 % času měření pohybovala v rozmezí 19,5–21,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Relativní vlhkost [%]

	celkem	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	3888	7	0,2	3650	93,9	231	5,9
pracovní dny	2448	7	0,3	2294	93,7	147	6,0
víkendy a státní svátky	1440	351	24,4	1005	69,8	84	5,8

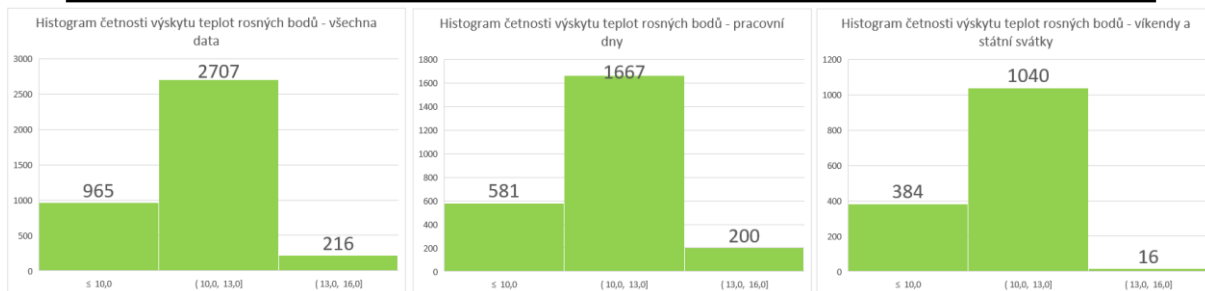


Obr. 127 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 93,9 % času pohybovala v rozmezí 45–60 %, což je vyhovující. Naměřené hodnoty relativní vlhkosti se o víkendech pohybovaly v nižších hodnotách – 24,4 % času pod 45 %. Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržení pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	3888	965	24,8	2707	69,6	216	5,6	0	0,0	0	0
pracovní dny	2448	581	23,7	1667	68,1	200	8,2	0	0,0	0	0
víkendy a státní svátky	1440	384	26,7	1040	72,2	16	1,1	0	0,0	0	0

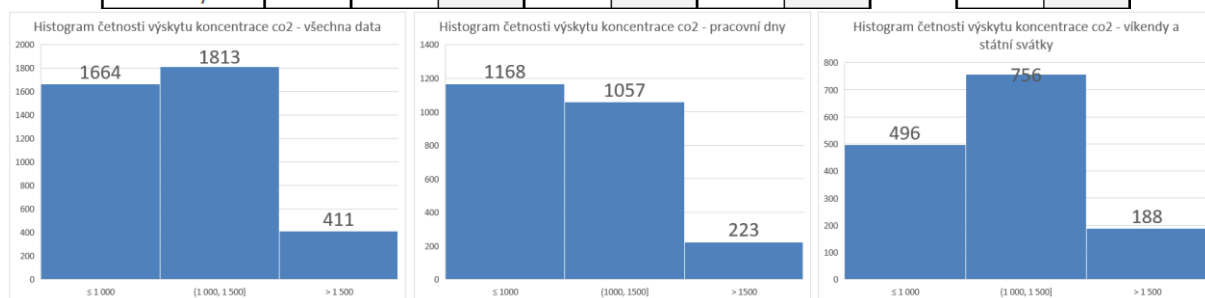


Obr. 128 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 94,4 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (69,6 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (24,8 % času). Hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]	>2000	[%]
všechna data	3888	1664	42,8	1813	46,6	411	10,6	123	3,2
pracovní dny	2448	1168	47,7	1057	43,2	223	9,1	72	2,9
víkendy a státní svátky	1440	496	34,4	756	52,5	188	13,1	51	3,5



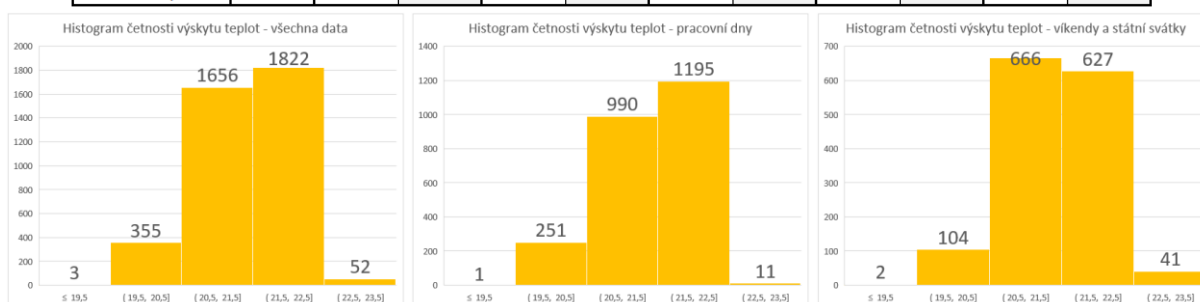
Obr. 129 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 89,4 % času pohybovala pod 1500 ppm, Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena 42,8 % času měření. Hodnota 1500 ppm byla překročena pouze 10,6 % času. Hodnota 2000 ppm byla překročena pouze 3,2 % času. Je to vyhovující. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, v pracovních dnech se hodnoty pohybovaly více času pod 1000 ppm. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.1.4. Bytová jednotka č.3 – obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)

Teplota [°C]

	celkem	<=19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	>22,5	[%]
všechna data	3888	3	0,1	355	9,1	1656	42,6	1822	46,9	52	1,3
pracovní dny	2448	1	0,0	251	10,3	990	40,4	1195	48,8	11	0,4
víkendy a státní svátky	1440	2	0,1	104	7,2	666	46,3	627	43,5	41	2,8

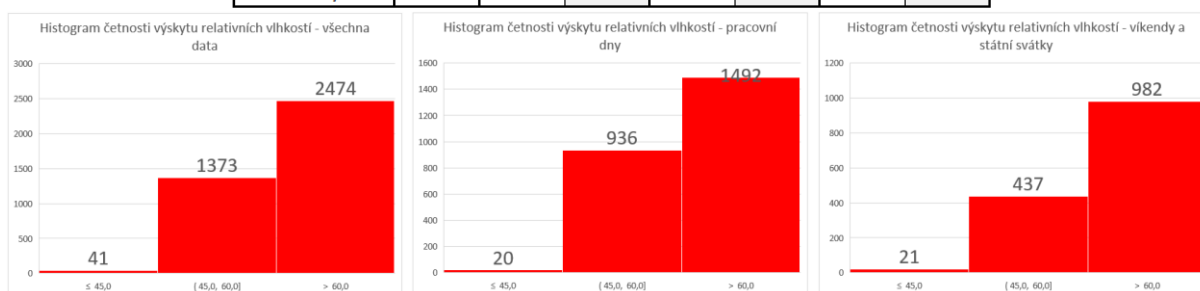


Obr. 130 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 89,5 % času měření pohybovala v rozmezí 20,5 – 22,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	3888	41	1,1	1373	35,3	2474	63,6
pracovní dny	2448	20	0,8	936	38,2	1492	60,9
víkendy a státní svátky	1440	21	1,5	437	30,3	982	68,2

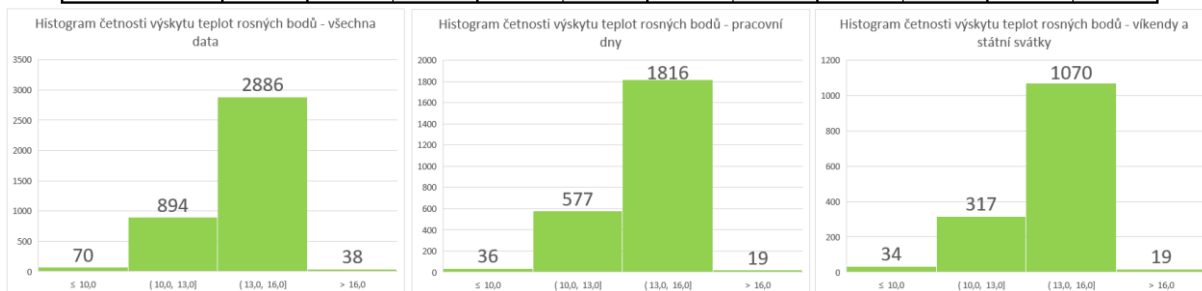


Obr. 131 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 63,6 % času pohybovala nad 60 %, což je nevyhovující. Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění. Pouze 35,3 % času je pohybovala v rozmezí 45–60 %, které je optimální v zimním období. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, o víkendech se hodnoty pohybovaly více času nad 60 %. Doporučení – použít odvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	3888	70	1,8	894	23,0	2886	74,2	38	1,0	0	0
pracovní dny	2448	36	1,5	577	23,6	1816	74,2	19	0,8	0	0
víkendy a státní svátky	1440	34	2,4	317	22,0	1070	74,3	19	1,3	0	0

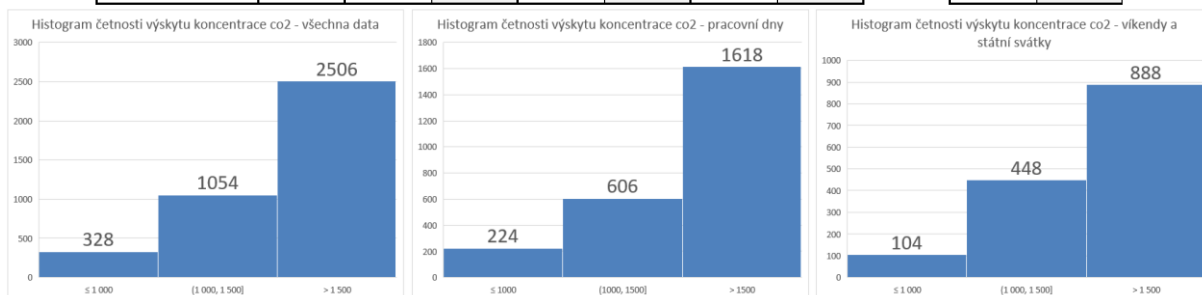


Obr. 132 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu se 97,2 % času pohybovala v rozmezí 10–16 °C, 10–13 °C je ideální stav (23 % času), 13–16 °C je dobře snesitelné (74,2 % času). Hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]	>2000	[%]
všechna data	3888	328	8,4	1054	27,1	2506	64,5	1174	30,2
pracovní dny	2448	224	9,2	606	24,8	1618	66,1	758	31,0
víkendy a státní svátky	1440	104	7,2	448	31,1	888	61,7	416	28,9



Obr. 133 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 64,5 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 35,5 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 8,4 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 30,2 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, o víkendech se hodnoty pohybovaly více času v rozmezí 1000–1500 ppm. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.1.5. Bytová jednotka č.3 – ložnice (datalogger č. 421)

Teplota [°C]

	celkem	<=18,5	[%]	18,5; 19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	>21,5	[%]
všechna data	3888	14	0,4	630	16,2	1781	45,8	1185	30,5	278	7,2
pracovní dny	2448	11	0,4	499	20,4	1017	41,5	738	30,1	183	7,5
víkendy a státní svátky	1440	3	0,2	131	9,1	764	53,1	447	31,0	95	6,6



Obr. 134 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 76,3 % času měření pohybovala v rozmezí 19,5–21,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	3888	10	0,3	521	13,4	3357	86,3
pracovní dny	2448	5	0,2	333	13,6	2110	86,2
víkendy a státní svátky	1440	5	0,3	188	13,1	1247	86,6

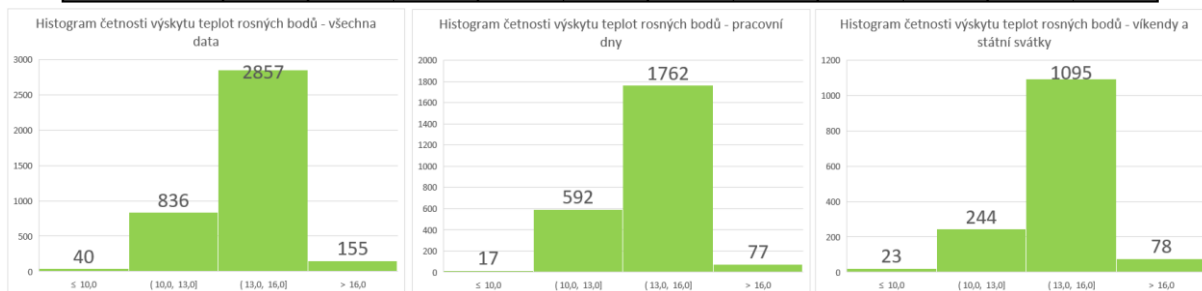


Obr. 135 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 86,3 % času pohybovala nad 60 %, což je nevyhovující. Vysoká relativní vlhkost (vlhký vzduch) připravuje vhodné podmínky pro různé bakterie, plísně a roztoče. Mohou vznikat vážné zdravotní problémy, mezi které lze zařadit revma, nachlazení, nespavost, kožní problémy, alergie, chronickou rýmu, astma a další respirační onemocnění. Pouze 13,4 % času je pohybovala v rozmezí 45–60 %, které je optimální v zimním období. Naměřené hodnoty téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – použít odvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	3888	40	1,0	836	21,5	2857	73,5	155	4,0	0	0
pracovní dny	2448	17	0,7	592	24,2	1762	72,0	77	3,1	0	0
víkendy a státní svátky	1440	23	1,6	244	16,9	1095	76,0	78	5,4	0	0

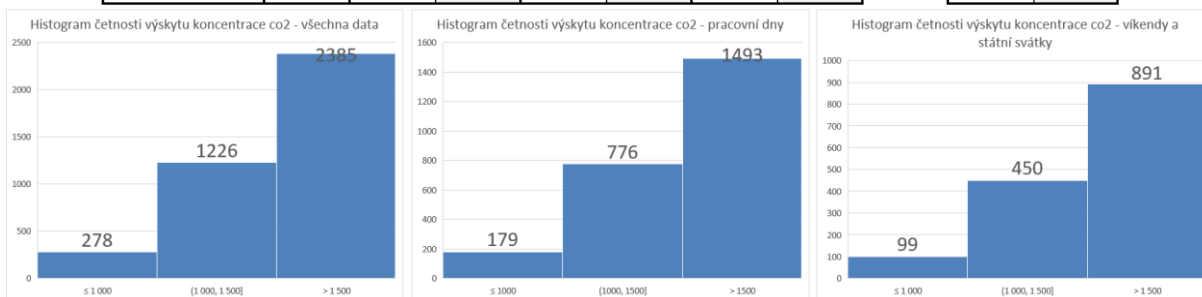


Obr. 136 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu se 95 % času pohybovala v rozmezí 10–16 °C, 10–13 °C je ideální stav (21,5 % času), 13–16 °C je dobře snesitelné (73,5 % času). Hodnoty relativní vlhkosti se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]	>2000	[%]
všechna data	3888	278	7,2	1226	31,5	2384	61,3	1353	34,8
pracovní dny	2448	179	7,3	776	31,7	1493	61,0	817	33,4
víkendy a státní svátky	1440	99	6,9	450	31,3	891	61,9	536	37,2



Obr. 137 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 61,3 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 38,7 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 7,2 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 34,8 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.2. Olomouc

D.4.2.1. Dětský pokoj (datalogger č. 418)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	>23,5	[%]
všechna data	8352	139	1,7	4076	48,8	4105	49,1	32	0,4
pracovní dny	5904	139	2,4	3389	57,4	2376	40,2	0	0,0
víkendy a státní svátky	2448	0	0,0	687	28,1	1729	70,6	32	1,3

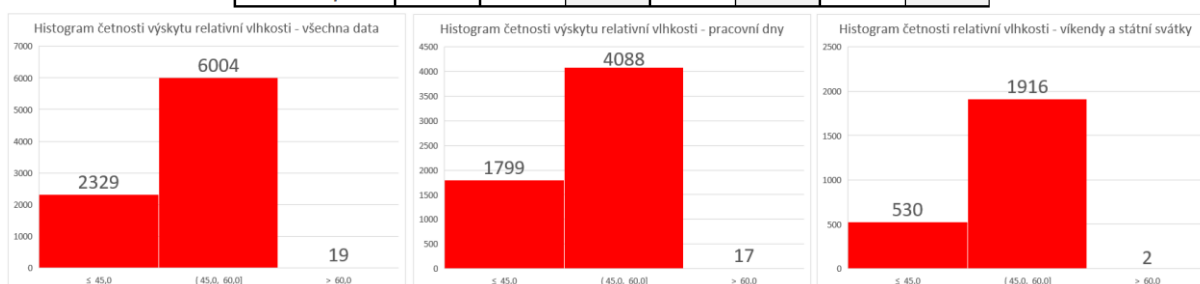


Obr. 138 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 97,9 % času měření pohybovala v rozmezí 21,5–23,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	8352	2329	27,9	6004	71,9	19	0,2
pracovní dny	5904	1799	30,5	4088	69,2	17	0,3
víkendy a státní svátky	2448	530	21,7	1916	78,3	2	0,1

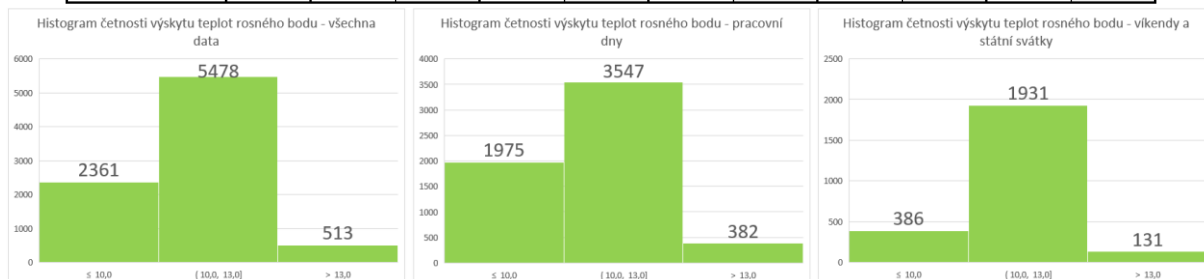


Obr. 139 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 71,9 % času pohybovala v rozmezí 45–60 %, což je vyhovující. 27,9 % času byla pod 45 %, kdy vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Naměřené hodnoty se o víkendy pohybovaly více času v rozmezí 45–60 %.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	8352	2361	28,3	5478	65,6	513	6,1	0	0	0	0
pracovní dny	5904	1975	33,5	3547	60,1	382	6,5	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	2448	386	15,8	1931	78,9	131	5,4	0	0	0	0



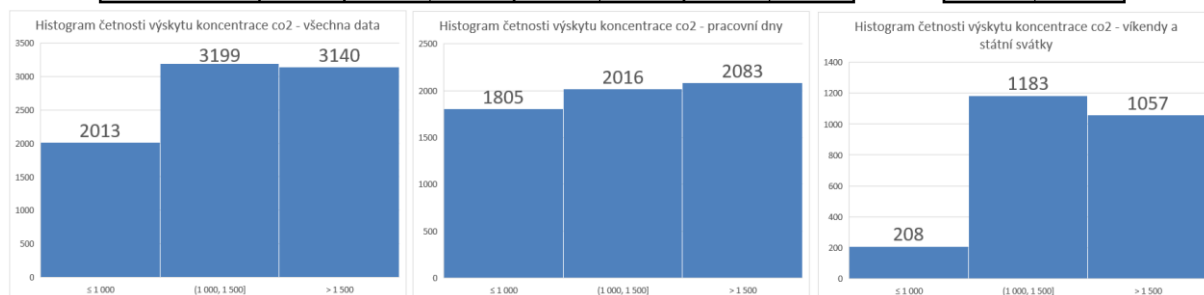
Obr. 140 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 93,9 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (65,6 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (28,3 % času). Hodnoty teploty rosného bodu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	8352	2013	24,1	3199	38,3	3140	37,6
pracovní dny	5904	1805	30,6	2016	34,1	2083	35,3
víkendy a státní svátky	2448	208	8,5	1183	48,3	1057	43,2

>2000	[%]
1347	16,1
948	16,1
399	16,3



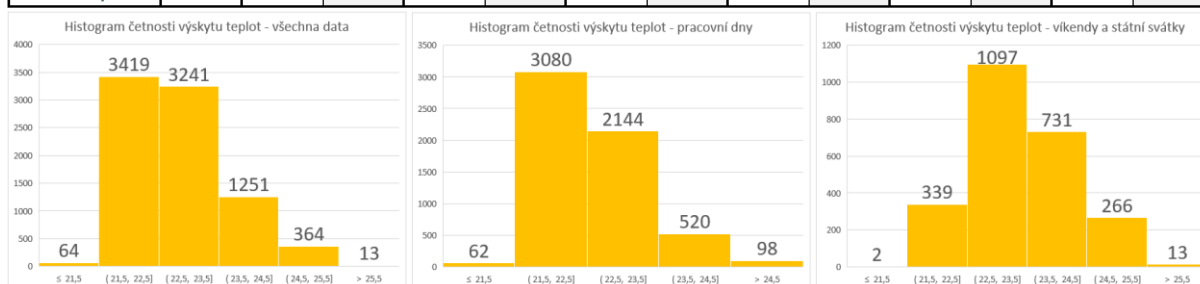
Obr. 141 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 62,4 % času pohybovala pod 1500 ppm, Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena 24,1 % času měření. Hodnota 1500 ppm byla překročena 37,6 % času. Hodnota 2000 ppm byla překročena pouze 16,1 % času. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, v pracovních dnech se hodnoty pohybovaly více času pod 1000 ppm. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.2.2. Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	23,5; 24,5	[%]	24,5; 25,5	[%]	>25,5	[%]
všechna data	8352	64	0,8	3419	40,9	3241	38,8	1251	15,0	364	4,4	13	0,2
pracovní dny	5904	62	1,1	3080	52,2	2144	36,3	520	8,8	98	1,7	0	0,0
víkendy a státní svátky	2448	2	0,1	339	13,8	1097	44,8	731	29,9	266	10,9	13	0,5



Obr. 142 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 79,7 % času měření pohybovala v rozmezí 21,5–23,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	8352	6902	82,6	1450	17,4	0	0
pracovní dny	5904	4948	83,8	956	16,2	0	0
víkendy a státní svátky	2448	1954	79,8	494	20,2	0	0

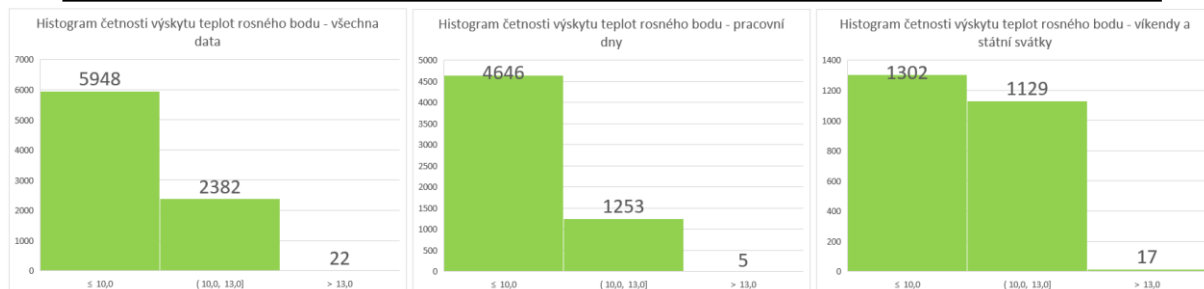


Obr. 143 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 82,6 % času pohybovala v pod 45 %, což je nevyhovující. Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržení pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – použít zvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	8352	5948	71,2	2382	28,5	22	0,3	0	0	0	0
pracovní dny	5904	4646	78,7	1253	21,2	5	0,1	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	2448	1302	53,2	1129	46,1	17	0,7	0	0	0	0

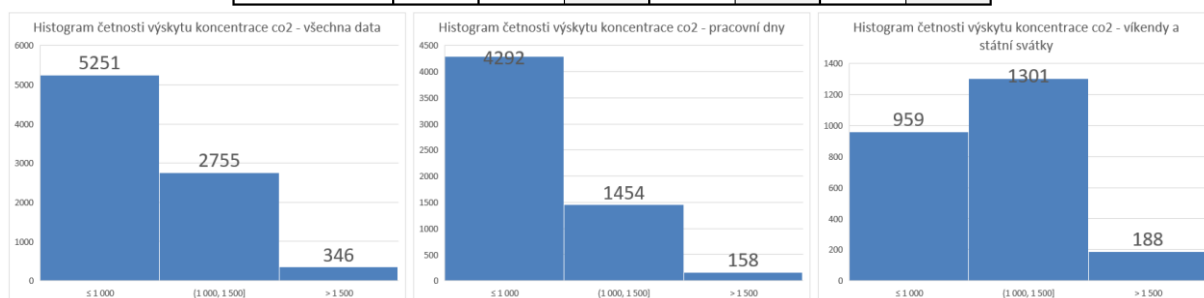


Obr. 144 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 99,7 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (28,5 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (71,2 % času). Naměřené hodnoty teploty rosného bodu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	8352	5251	62,9	2755	33,0	346	4,1
pracovní dny	5904	4292	72,7	1454	24,6	158	2,7
víkendy a státní svátky	2448	959	39,2	1301	53,1	188	7,7



Obr. 145 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 95,9 % času pohybovala pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena 62,9 % času měření. Hodnota 1500 ppm byla překročena pouze 4,1 % času. Hodnota 2000 ppm nebyla překročena vůbec. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, v pracovních dnech se hodnoty pohybovaly více času pod 1000 ppm.

D.4.2.3. Ložnice (datalogger č. 421)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	>23,5	[%]
všechna data	8352	775	9,3	5366	64,2	2110	25,3	101	1,2
pracovní dny	5904	687	11,6	3880	65,7	1313	22,2	24	0,4
víkendy a státní svátky	2448	88	3,6	1486	60,7	797	32,6	77	3,1



Obr. 146 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 89,5 % času měření pohybovala v rozmezí 21,5–23,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	8352	5969	71,5	2383	28,5	0	0
pracovní dny	5904	4181	70,8	1723	29,2	0	0
víkendy a státní svátky	2448	1788	73,0	660	27,0	0	0

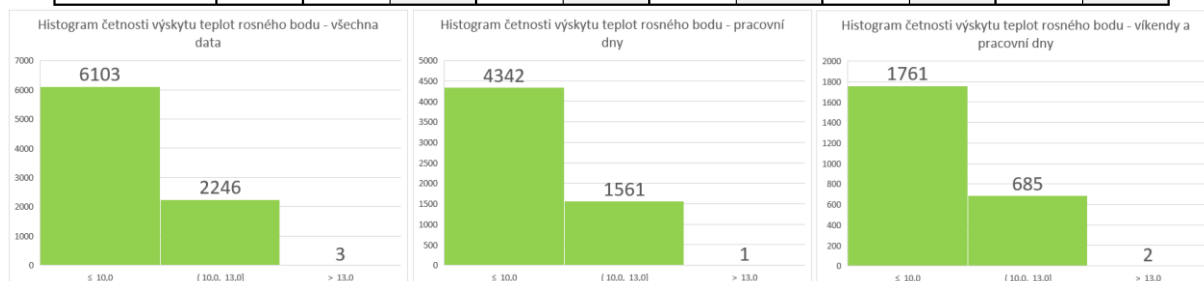


Obr. 147 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 71,5 % času pohybovala pod 45 %, což je nevyhovující. Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržením pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – použít zvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	8352	6103	73,1	2246	26,9	3	0	0	0	0	0
pracovní dny	5904	4342	73,5	1561	26,4	1	0	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	2448	1761	71,9	685	28,0	2	0,1	0	0	0	0



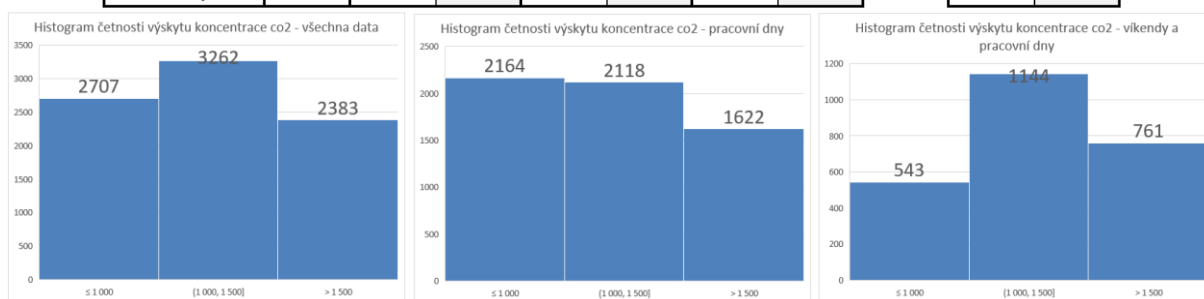
Obr. 148 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 100 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (26,9 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (73,1 % času). Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	8352	2707	32,4	3262	39,1	2383	28,5
pracovní dny	5904	2164	36,7	2118	35,9	1622	27,5
víkendy a státní svátky	2448	543	22,2	1144	46,7	761	31,1

>2000	[%]
951	11,4
596	10,1
355	14,5



Obr. 149 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

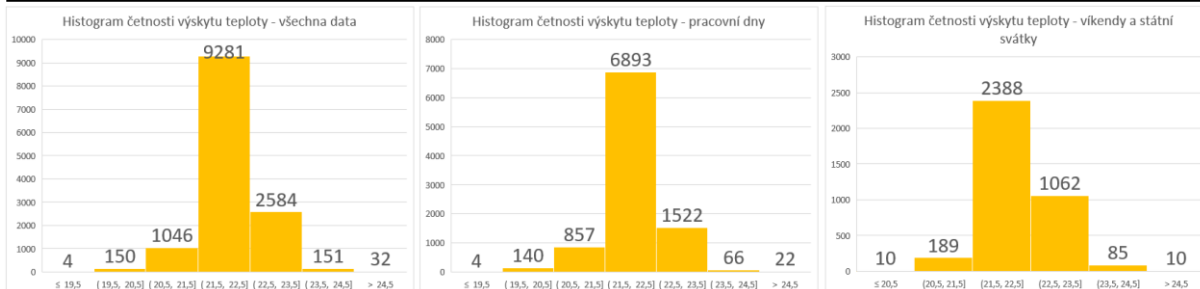
Koncentrace CO₂ se 71,5 % času pohybovala pod 1500 ppm, Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena 32,4 % času měření. Hodnota 1500 ppm byla překročena 28,5 % času. Hodnota 2000 ppm byla překročena pouze 11,4 % času. Naměřené hodnoty se liší o víkendech a v pracovních dnech, v pracovních dnech se hodnoty pohybovaly více času pod 1000 ppm. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.3. Brno Slatina

D.4.3.1. Pokoj (datalogger č. 418)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	23,5; 24,5	[%]	>24,5	[%]
všechna data	13248	4	0,0	150	1,1	1046	7,9	9281	70,1	2584	19,5	151	1,1	32	0,2
pracovní dny	9504	4	0,0	140	1,5	857	9,0	6893	72,5	1522	16,0	66	0,7	22	0,2
víkendy a státní svátky	3744	0	0,0	10	0,3	189	5,0	2388	63,8	1062	28,4	85	2,3	10	0,3

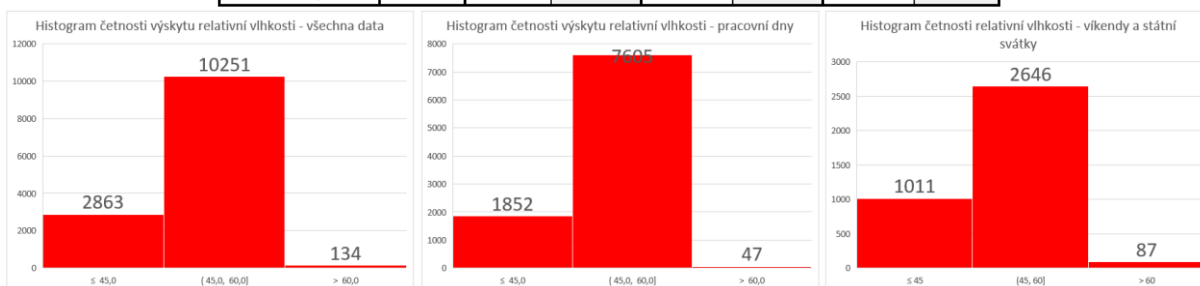


Obr. 150 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 89,6 % času měření pohybovala v rozmezí 21,5–23,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	13248	2863	21,6	10251	77,4	134	1,0
pracovní dny	9504	1852	19,5	7605	80,0	47	0,5
víkendy a státní svátky	3744	1011	27,0	2646	70,7	87	2,3

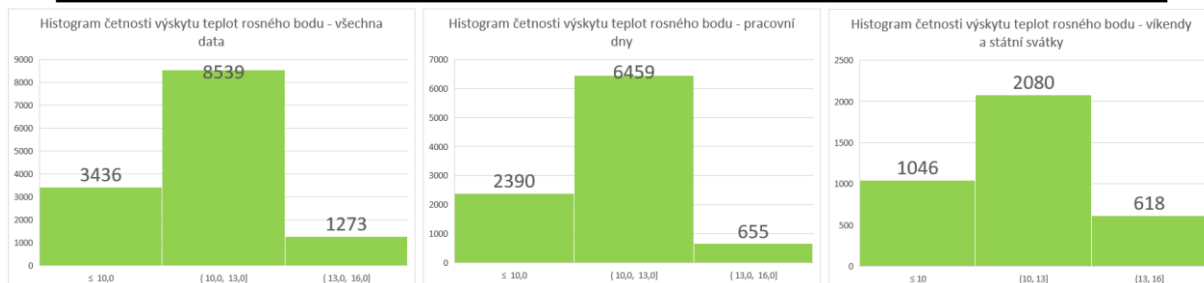


Obr. 151 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 77,4 % času pohybovala v rozmezí 45–60 %, což je vyhovující. 21,6 % času byla pod 45 %, kdy vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Naměřené hodnoty se o víkendech pohybovaly delší čas pod 45 %.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	13248	3436	25,9	8539	64,5	1273	9,6	0	0	0	0
pracovní dny	9504	2390	25,1	6459	68,0	655	6,9	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	3744	1046	27,9	2080	55,6	618	16,5	0	0	0	0



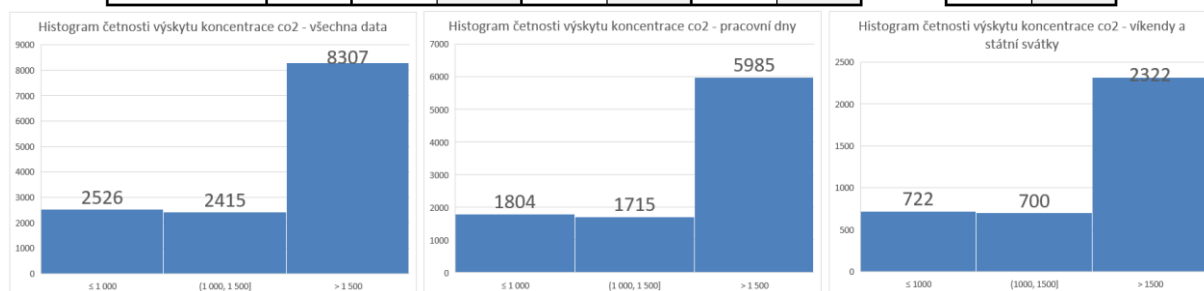
Obr. 152 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 91,4 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (64,5 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (25,9 % času). Hodnoty teploty rosného bodu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	13248	2526	19,1	2415	18,2	8307	62,7
pracovní dny	9504	1804	19,0	1715	18,0	5985	63,0
víkendy a státní svátky	3744	722	19,3	700	18,7	2322	62,0

>2000	[%]
6530	49,3
4762	50,1
1768	47,2



Obr. 153 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 62,7 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 37,3 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 19,1 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 49,3 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.3.2. Obývací pokoj (datalogger č. 420)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	23,5; 24,5	[%]	24,5; 25,5	[%]	>25,5	[%]
všechna data	13248	5	0,0	194	1,5	4181	31,6	6957	52,5	1852	14,0	59	0,4
pracovní dny	9504	3	0,0	172	1,8	3386	35,6	4671	49,1	1225	12,9	47	0,5
víkendy a státní svátky	3744	2	0,1	22	0,6	795	21,2	2286	61,1	627	16,7	12	0,3

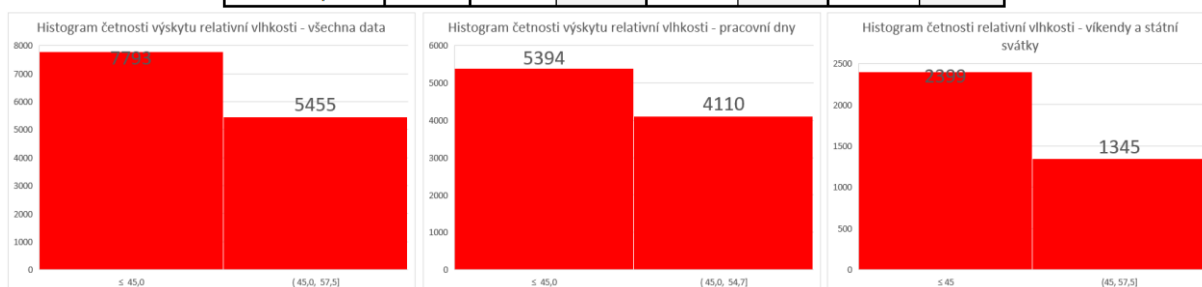


Obr. 154 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 84,1 % času měření pohybovala v rozmezí 22,5–24,5 °C, jedná se o vyšší hodnoty, než které jsou doporučeny. Teplota by se měla pohybovat v rozmezí 19,5–23,5 °C. Teplota 23,5 °C byla překročena 66,9 % času měření. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	13248	7793	58,8	5455	41,2	0	0,0
pracovní dny	9504	5394	56,8	4110	43,2	0	0,0
víkendy a státní svátky	3744	2399	64,1	1345	35,9	0	0,0

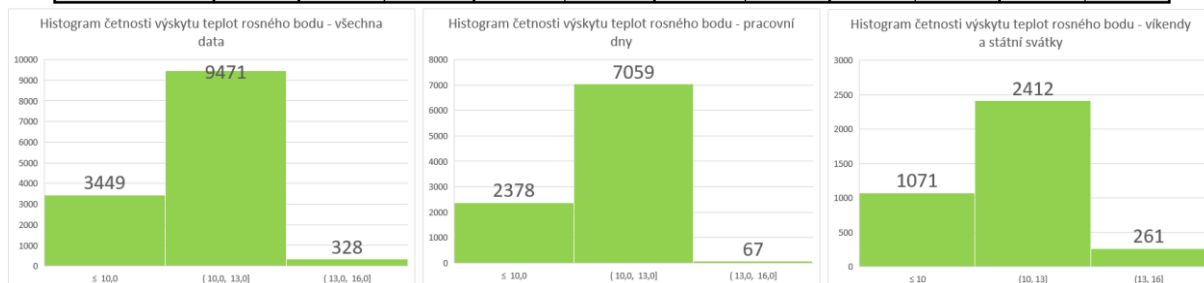


Obr. 155 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 58,8 % času pohybovala pod 45 %, což je nevyhovující. Vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Suchý vzduch dále způsobuje bolesti hlavy, poruchy hlasu, potíže s udržením pozornosti, pokles výkonnosti, celkovou únavu a laryngitidu u dětí. Relativní vlhkost se 41,2 % času pohybovala v rozmezí 45–60 %. Naměřené hodnoty se o víkendech pohybovaly delší čas pod 45 %. Doporučení – použít zvlhčovač.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	13248	3449	26,0	9471	71,5	328	2,5	0	0	0	0
pracovní dny	9504	2378	25,0	7059	74,3	67	0,7	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	3744	1071	28,6	2412	64,4	261	7,0	0	0	0	0

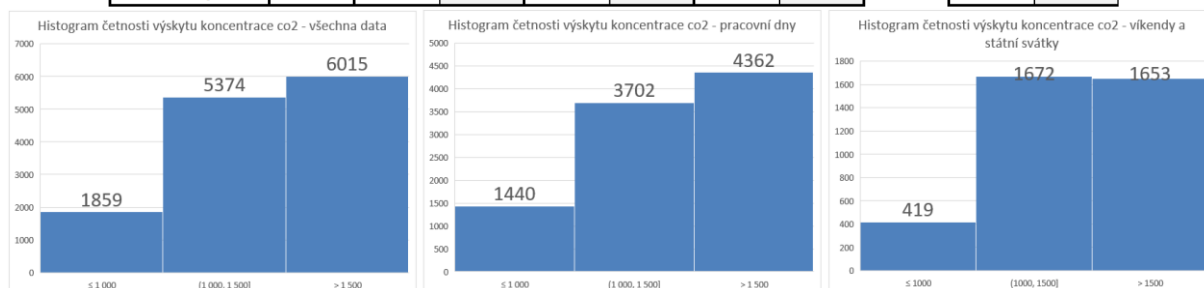


Obr. 156 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 97,5 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (71,5 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (26 % času). Naměřené hodnoty teploty rosného bodu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovních dnech.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]	>2000	[%]
všechna data	13248	1859	14,0	5374	40,6	6015	45,4	1985	15,0
pracovní dny	9504	1440	15,2	3702	39,0	4362	45,9	1354	14,2
víkendy a státní svátky	3744	419	11,2	1672	44,7	1653	44,2	631	16,9



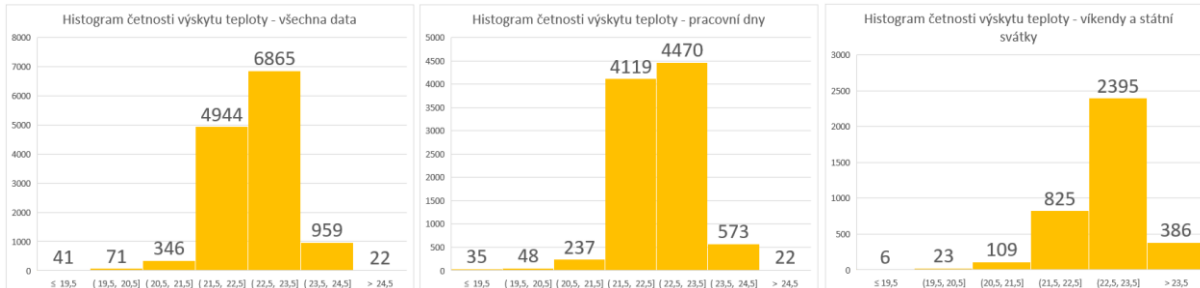
Obr. 157 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 45,4 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 54,6 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 14 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 15 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.4.3.3. 421 – Ložnice (datalogger č. 421)

Teplota [°C]

	celkem [měření]	<=19,5	[%]	19,5; 20,5	[%]	20,5; 21,5	[%]	21,5; 22,5	[%]	22,5; 23,5	[%]	23,5; 24,5	[%]	>24,5	[%]
všechna data	13248	41	0,3	71	0,5	346	2,6	4944	37,3	6865	51,8	959	7,2	22	0,2
pracovní dny	9504	35	0,4	48	0,5	237	2,5	4119	43,3	4470	47,0	573	6,0	22	0,2
víkendy a státní svátky	3744	6	0,2	23	0,6	109	2,9	825	22,0	2395	64,0	386	10,3	0	0,0

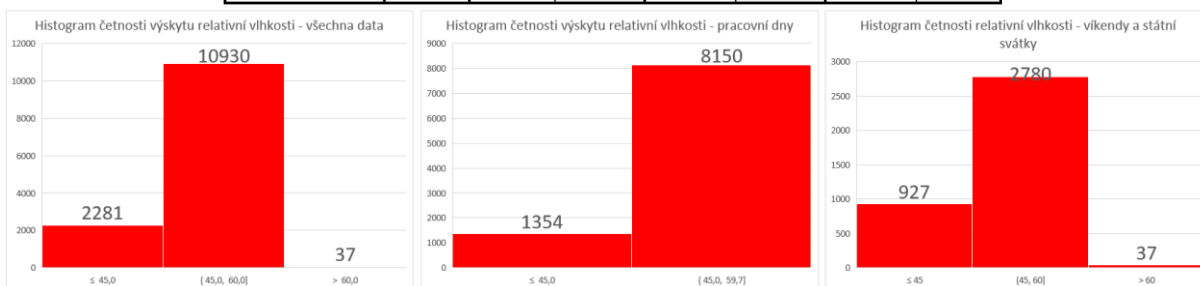


Obr. 158 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu

Teplota vnitřního vzduchu se 89,1 % času měření pohybovala v rozmezí 21,5–23,5 °C, což je vyhovující. Naměřené hodnoty teploty vnitřního vzduchu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dny.

Relativní vlhkost [%]

	celkem [měření]	<=45	[%]	45;60	[%]	>60	[%]
všechna data	13248	2281	17,2	10930	82,5	37	0,3
pracovní dny	9504	1354	14,2	8150	85,8	0	0,0
víkendy a státní svátky	3744	927	24,8	2780	74,3	37	1,0

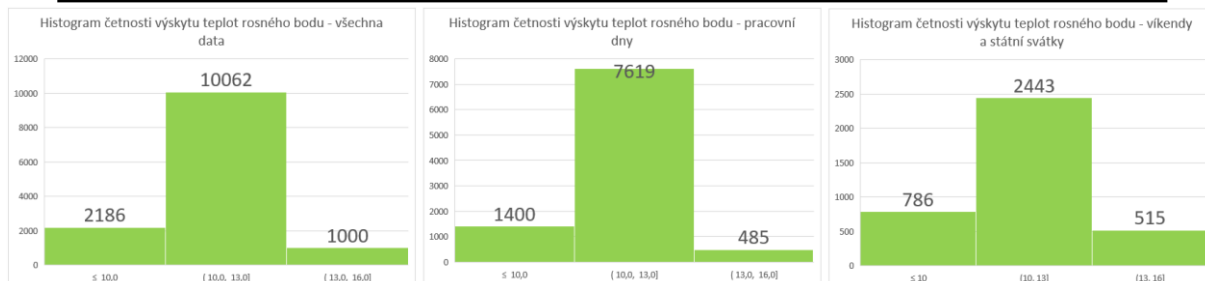


Obr. 159 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

Relativní vlhkost se 82,5 % času pohybovala v rozmezí 45–60 %, což je vyhovující. 17,2 % času byla pod 45 %, kdy vznikají zdravotní rizika spojená s vysycháním sliznic (kašel, škrábání v krku, záněty dutin, vyrážky, pálení očí, rýma, ucpaný nos), které oslabují organismus a jeho obranyschopnost. Naměřené hodnoty se o víkendech pohybovaly delší čas pod 45 %.

Teplota rosného bodu [°C]

	celkem [měření]	<=10	[%]	10;13	[%]	13;16	[%]	16;18	[%]	>18	[%]
všechna data	13248	2186	16,5	10062	76,0	1000	7,5	0	0	0	0
pracovní dny	9504	1400	14,7	7619	80,2	485	5,1	0	0	0	0
víkendy a státní svátky	3674	716	19,5	2443	66,5	515	14,0	0	0	0	0



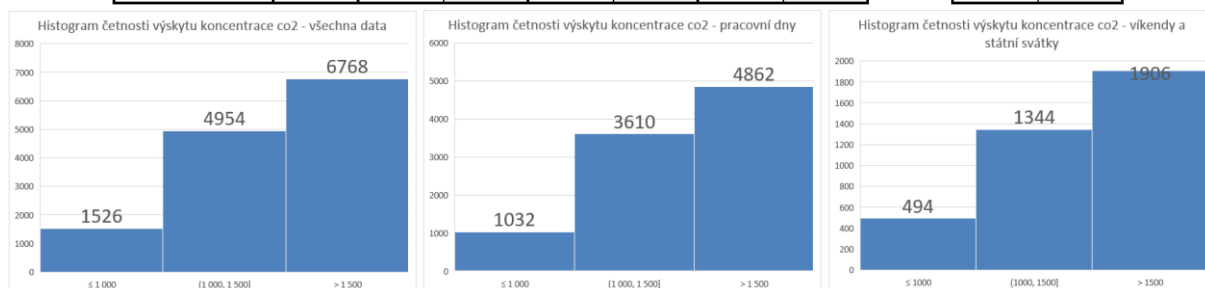
Obr. 160 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu

Teplota rosného bodu byla 92,5 % času do 13 °C, 10–13 °C je ideální stav (76 % času), pod 10 °C je prostředí suché pro citlivější osoby a přijatelné pro ostatní (16,5 % času). Hodnoty teploty rosného bodu se o víkendech pohybovaly ve vyšších hodnotách než v pracovní dnech.

Koncentrace CO₂ [ppm]

	celkem [měření]	<=1000	[%]	1000; 1500	[%]	>1500	[%]
všechna data	13248	1526	11,5	4954	37,4	6768	51,1
pracovní dny	9504	1032	10,9	3610	38,0	4862	51,2
víkendy a státní svátky	3744	494	13,2	1344	35,9	1906	50,9

>2000	[%]
3074	23,2
2139	22,5
935	25,0



Obr. 161 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂

Koncentrace CO₂ se 51,1 % času pohybovala nad 1500 ppm, tzn. pouze 48,9 % času byla dodržena koncentrace CO₂ pod 1500 ppm. Doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory je 1000 ppm a tato hodnota byla dodržena pouze 11,5 % času měření. Hodnota 2000 ppm byla překročena 23,2 % času, to může způsobit bolesti hlavy, snižování koncentrace a objevují se příznaky únavy. Naměřené hodnoty jsou téměř totožné pro víkendy i pracovní dny. Doporučení – častější a intenzivnější větrání.

D.5. Analýza chování obyvatel dle naměřených dat

Dle průběhu jednotlivých veličin v čase se z grafů dají vyčíst opakující se vzorce chování, například prudký pokles veličin (hlavně koncentrace CO₂) znázorňuje větrání v místnosti. Intenzivní větrání se obvykle provádí před spaním a po probuzení. Takže lze určit přibližný čas, kdy uživatelé bytových jednotek chodí spát a čas, kdy vstávají. Tyto časy se obvykle liší o víkendu a v pracovní dny. Vzrůstající hodnoty naznačují přítomnost osob, konstantní hodnoty mohou značit nepřítomnost osob. Prudký pokles hodnot by měl znamenat intenzivní větrání, úplné otevření okna. Pozvolný pokles hodnot by měl značit pozvolné větrání, tedy větrání pomocí ventilace.

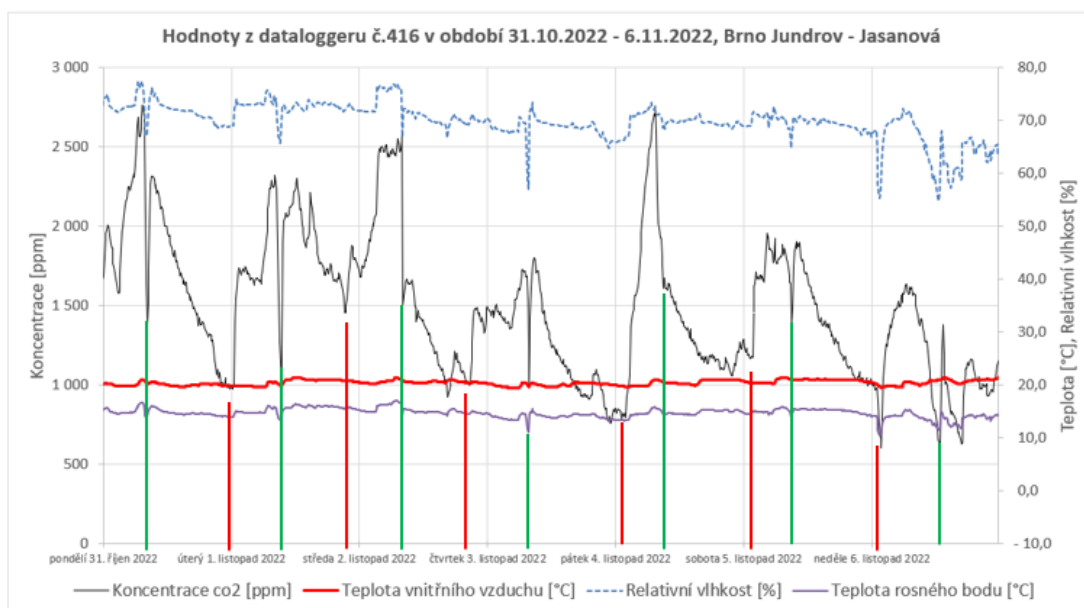
Byly vytvořeny grafy s průběhy veličin pouze po dobu sedmi dnů, aby byly změny lépe vidět. Tato analýza je pouze mojí teorií a není ověřena u uživatelů jednotlivých bytových jednotek.

Všechny veličiny v grafech jsou spolu propojeny, je patrné, že při změně jedné nastane změna i ostatních. Nejvíce jsou změny vidět na křivce průběhu hodnot koncentrace CO₂.

D.5.1. Brno Jundrov – Jasanová

D.5.1.1. Bytová jednotka č.1

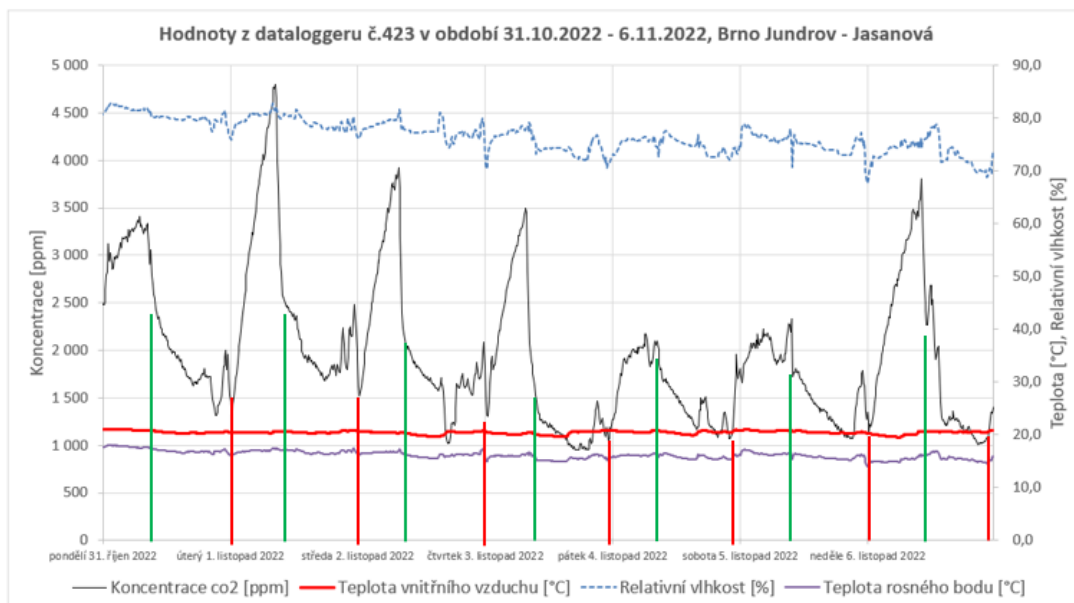
Ložnice (datalogger č. 416)



Obr. 162 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Zeleně naznačen prudký pokles koncentrace CO₂, vyvětrání po probuzení a následný pozvolný pokles. Přes den je ložnice nejspíš prázdná a ve večerních hodinách (označeno červeně) příchod osob a následný prudký nárůst hodnot až do ranních hodin. Režim podobný v pracovní dny, o víkendu vstávání i probuzení později, hlavně v neděli.

Dětský pokoj (datalogger č. 423)

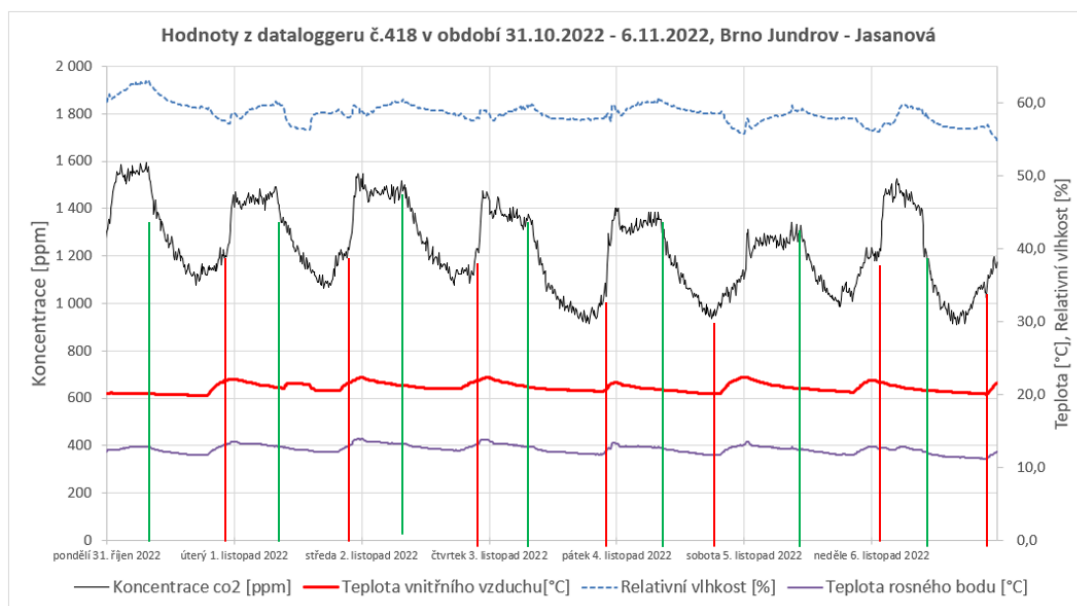


Obr. 163 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Zeleně naznačen prudký pokles koncentrace CO_2 , intenzivní větrání po probuzení. V pátek a v sobotu dosáhla koncentrace CO_2 nižších hodnot, pravděpodobně bylo v pokoji o osobu méně než v ostatní dny nebo se celou noc větralo. Čas vstávání v pracovní dny podobný, o víkendu později. Následuje další pokles a následně je každý den prudký nárůst v odpoledních až večerních hodinách. Poté je červeně naznačen prudký pokles hodnot, nejspíš intenzivní větrání před spaním. Tento čas je téměř totožný ve všechny dny.

D.5.1.2. Bytová jednotka č.2

Ložnice (datalogger č. 418)

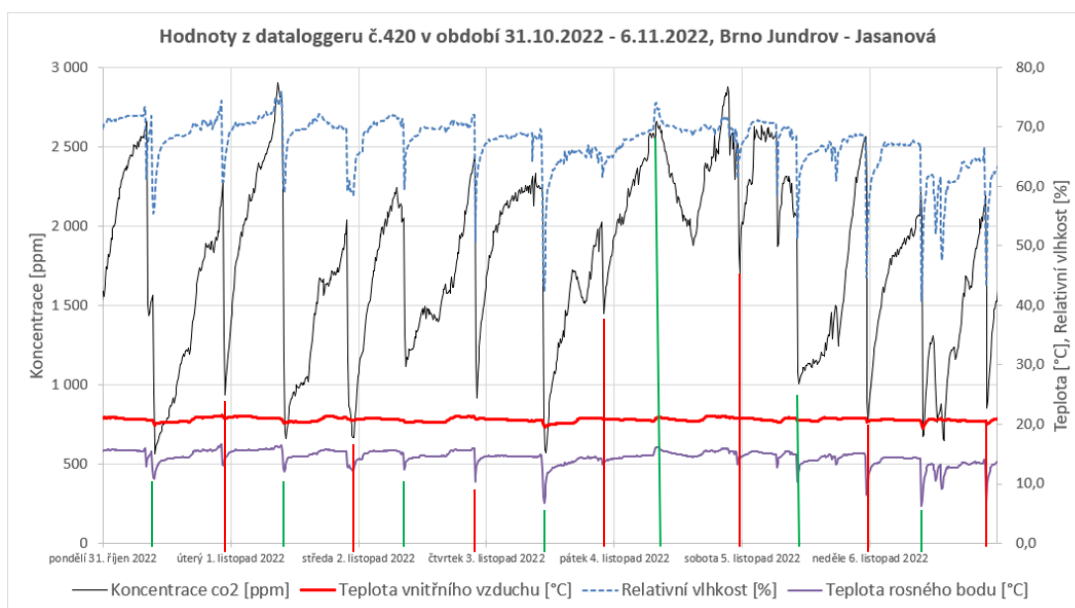


Obr. 164 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Zeleně jsou naznačeny časy, kdy koncentrace CO₂ pozvolně klesne, může to značit otevření dveří do sousední místnosti a opuštění ložnice po probuzení. Doba vstávání v pracovní dny je téměř totožná, o víkendu je o něco později. Pozvolný nárůst hodnot může znamenat otevření dveří do ložnice a prudký nárůst (označený červeně) přítomnost osoby v ložnici, po prudkém nárůstu následuje téměř konstantní křivka, může to znamenat větrání pomocí ventilace nebo mikroventilace. Znovu je vidět nárůst hodnot v neděli až čtvrtek v podobný čas, v pátek a v sobotu je později.

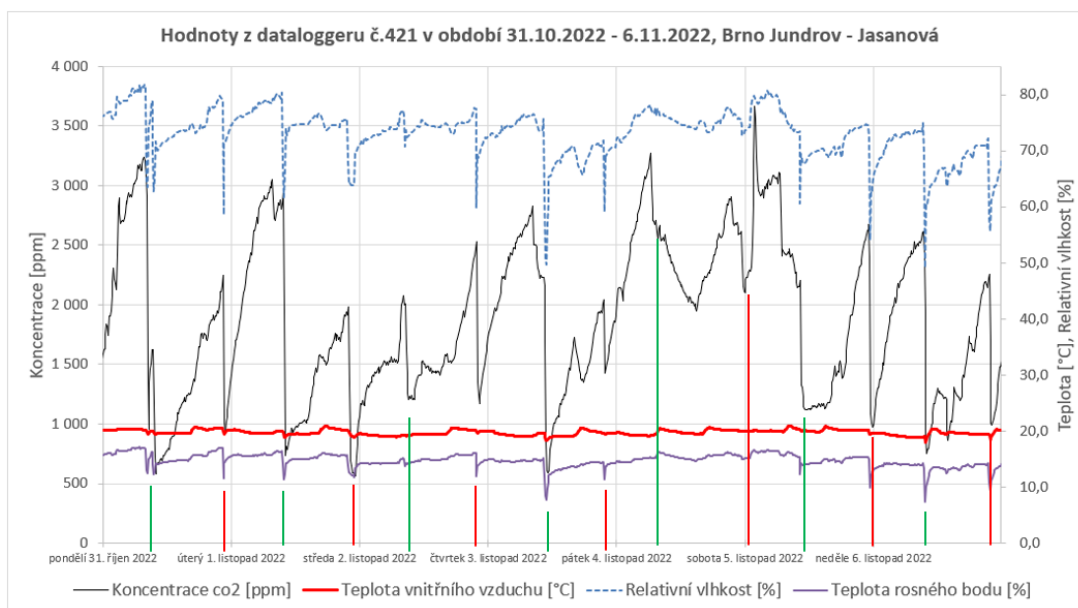
D.5.1.3. Bytová jednotka č.3

Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)



Obr. 165 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Ložnice (datalogger č. 421)



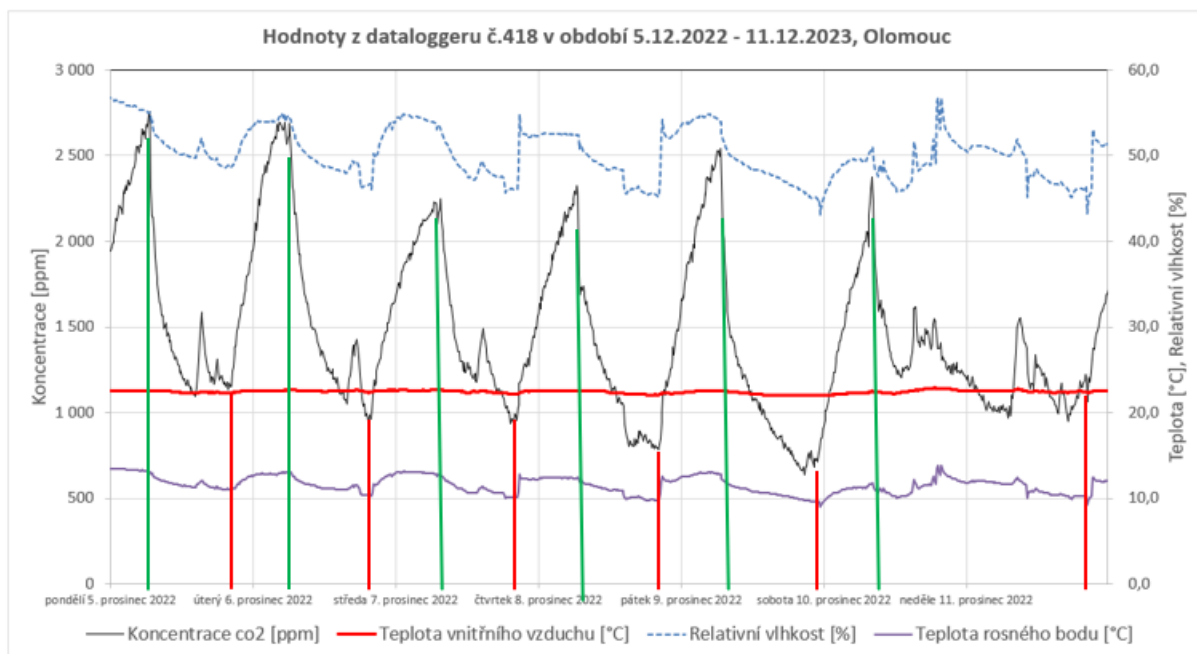
Obr. 166 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Průběh hodnot v obou místnostech (obývací pokoj s kuchyní a ložnice) je téměř totožný, nejspíše to znamená, že dveře oddělující místnosti jsou pořád otevřené.

Zeleně naznačený prudký pokles koncentrace CO₂ naznačuje intenzivní větrání po probuzení, následuje pozvolný růst hodnot, může to znamenat, že je celý den v místnosti přítomna nejspíše pouze jedna osoba, následný prudší nárůst hodnot může značit přítomnost další osoby. Čas probuzení je zase v pracovní dny téměř totožný, o víkendech je o něco později. Červeně je naznačen prudký pokles ve večerních hodinách, intenzivní větrání před spaním a následný prudký nárůst až do ranních hodin. Zase neděle až čtvrtek v podobný čas (před půlnocí), v pátek a v sobotu déle.

D.5.2. Olomouc

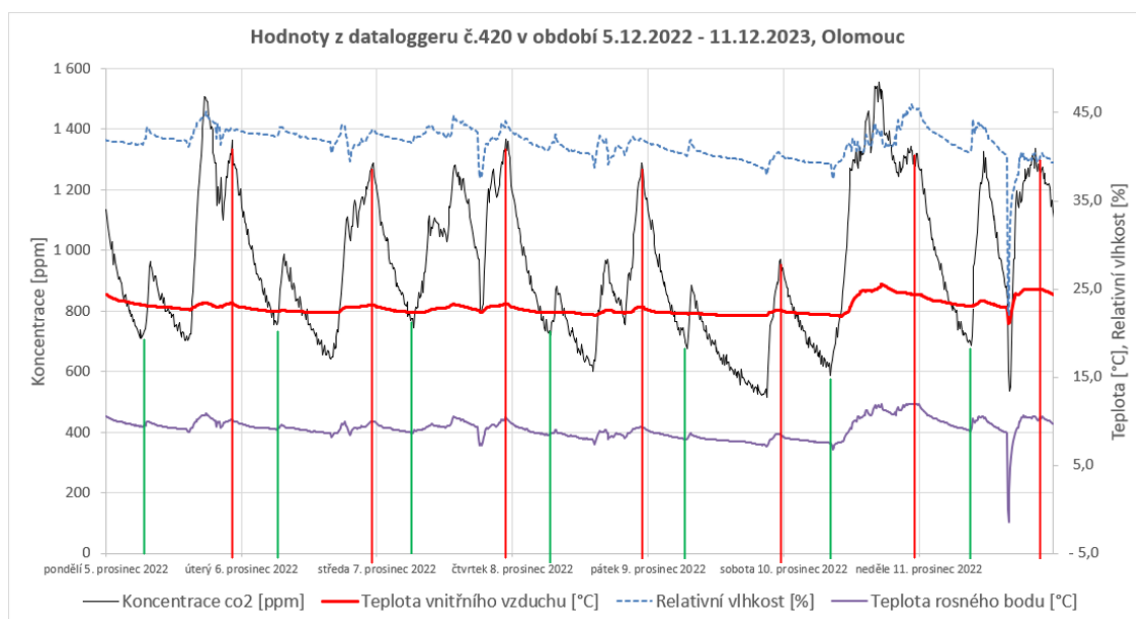
Dětský pokoj (datalogger č. 418)



Obr. 167 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

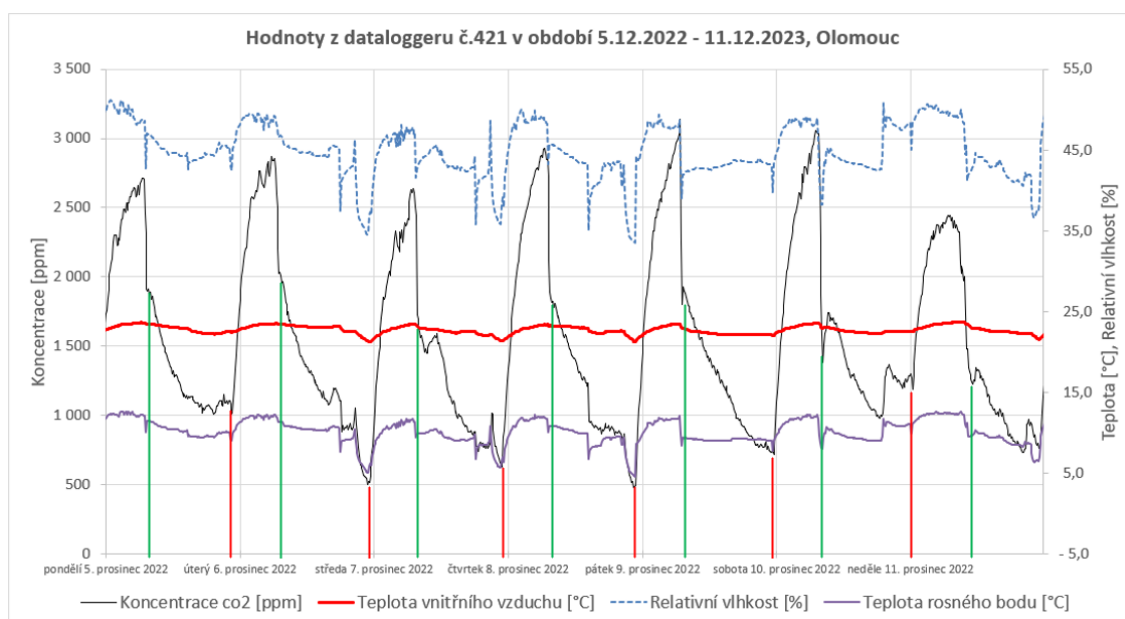
Zeleně je naznačen prudký pokles koncentrace CO₂, nejspíš intenzivní větrání po probuzení. V pondělí až středu následuje pokles hodnot až do odpoledních hodin, poté hodnoty vzrůstají, nejspíše je někdo v pokoji, následuje prudký pokles (označen červeně) nejspíše větrání před spaním a poté zase prudký nárůst až do ranních hodin. Ve čtvrtek a pátek v pokoji odpoledne nejspíš nikdo nebyl a přišel až před spaním (označeno červeně) a nastává prudký nárůst zase až do ranních hodin. V noci ze soboty na neděli nenastává obvyklý nárůst hodnot, je možné, že v pokoji nikdo nespál a přišel až v neděli ráno/dopoledne.

Obývací pokoj s kuchyní (datalogger č. 420)



Obr. 168 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Ložnice (datalogger č. 421)



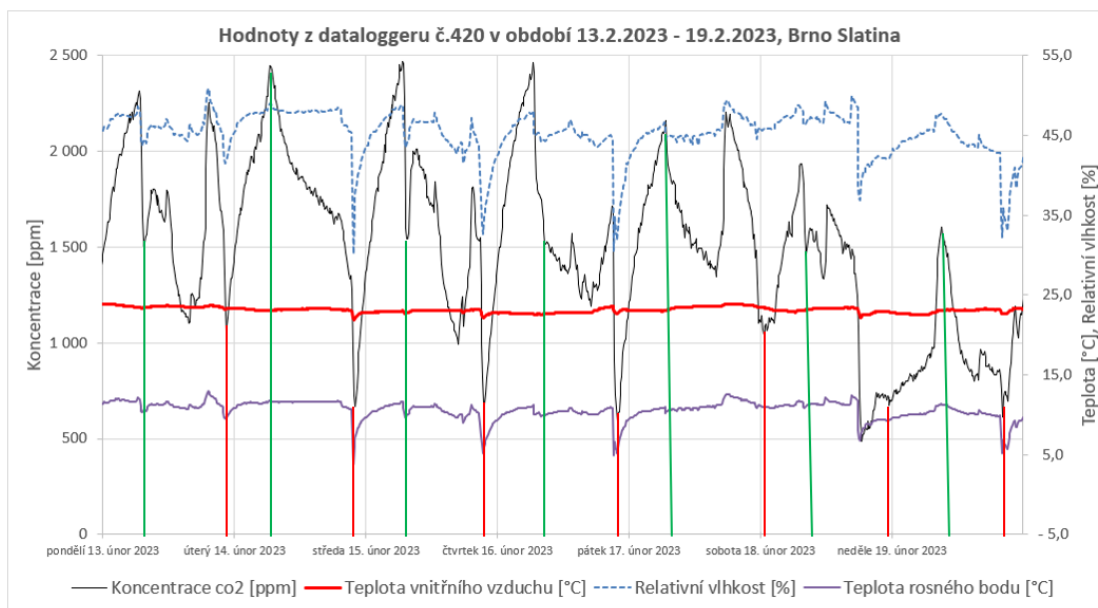
Obr. 169 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Obývací pokoj s kuchyní a ložnice jsou spolu úzce svázáni. Zeleně je naznačen prudký pokles koncentrace CO₂ v ložnici a v obývacím pokoji s kuchyní je také zelenou barvou vyznačen ve stejnou dobu prudký nárůst, znamená to tedy minimálně otevření dveří a přesunutí osob z ložnice do obývacího pokoje. Stejný princip se opakuje i ve večerních hodinách, kdy v obývacím pokoji začne pozvolně klesat koncentrace CO₂ (označeno červeně) a ve stejnou dobu v ložnici (označeno červeně) začíná prudce narůstat. Zjednodušeně řečeno, červené i zelené označení znamená přesouvání osob z místnosti do místnosti, což se projevuje poklesy a vzrůsty koncentrace CO₂. V obývacím pokoji jsou i další prudké poklesy, znamená to větrání místnosti. Zase je patrný rozdílný režim v pracovní dny a o víkendu.

D.5.3. Brno Slatina

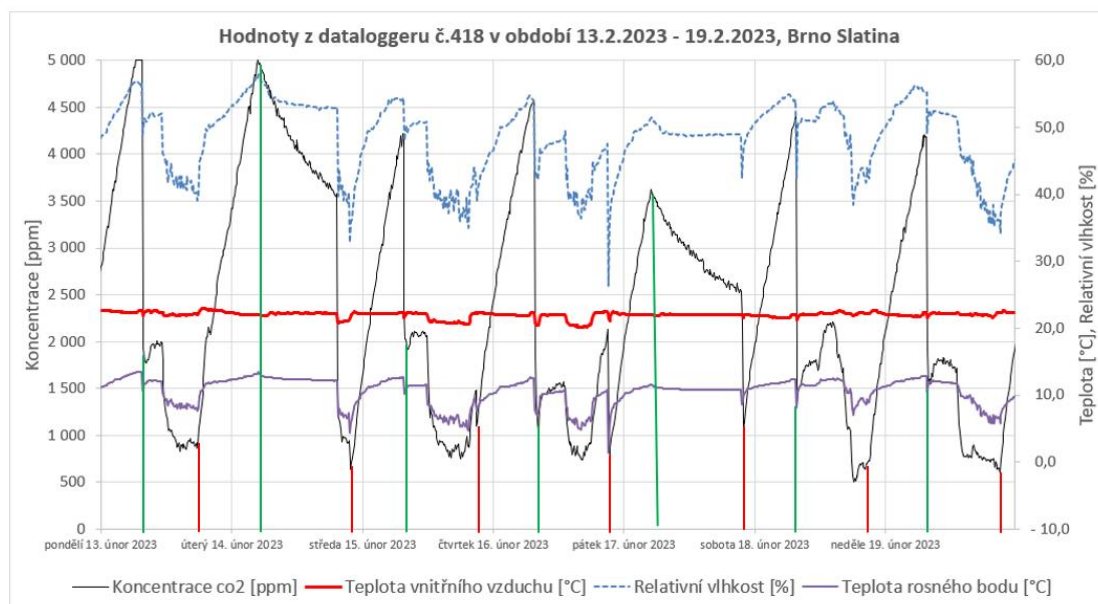
Z níže přiložených grafů je patrné, že zlomy nastávají v totožné časy v ve dvou nebo i všech třech místnostech, znamená to jediné, že nejspíše zůstávají mezi těmito místnostmi otevřené dveře. Pro obývací pokoj, ve kterém nikdo nespí, není tedy nutné popisovat změny hodnot, protože je závislý na obou dalších místnostech, a to pokoji a ložnici.

Obývací pokoj (datalogger č. 420)



Obr. 170 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

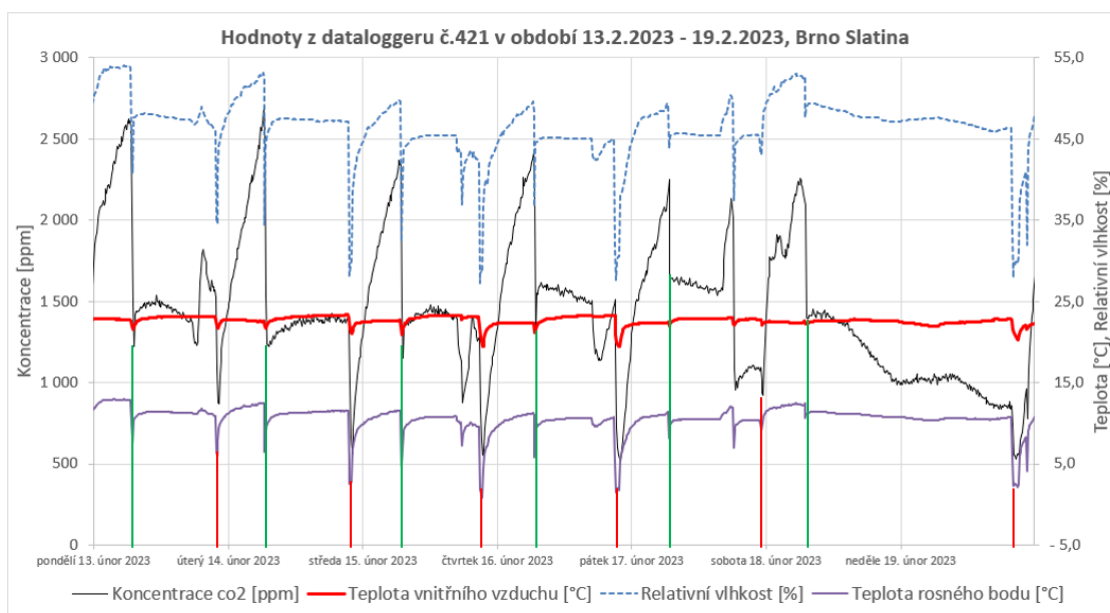
Pokoj (datalogger č. 418)



Obr. 171 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Zeleně jsou vyznačeny prudké poklesy koncentrace CO₂, intenzivní větrání po probuzení, výjimkou je úterý a pátek, kdy nejspíše větrání neproběhlo a byly pouze otevřeny dveře do vedlejší místnosti (obývacího pokoje). Poklesy se nezdají být nijak pravidelné, je možné, že osoba vstává každý den v jiný čas. V úterý a pátek nastává prudký pokles ve večerních hodinách (označeno červeně) a poté už následuje jen nárůst hodnot. V ostatní dny hodnoty klesají znovu prudce v odpoledních hodinách a večer (označeno červeně) následně rostou až do ranních hodin. Nárůst hodnot nastává každý den před půlnocí.

Ložnice (datalogger č. 421)



Obr. 172 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne

Prudký pokles označený zeleně znamená intenzivní větrání po probuzení a následné opuštění ložnice. Hodnoty se celý den pohybují téměř v přímce, v pokoji nejspíše nikdo není, prudký pokles nastává až ve večerních hodinách, nejspíše intenzivní větrání před spaním a poté nastává zase prudký nárůst hodnot (označeno červeně). Časy probuzení jsou v pracovní dny podobné, v sobotu nepatrně později. Časy usínání jsou v pracovní dny také podobné (před půlnocí), v sobotu později. V noci ze soboty na neděli nenastal nárůst hodnot, v ložnici nejspíše nikdo nespál.

D.6. Závěr

Vyhodnocením jednotlivých dat v bytových jednotkách se ukazuje, že největším problémem je vysoká koncentrace CO₂ a nízká nebo vysoká relativní vlhkost.

Koncentrace CO₂ nepřekročila hodnotu 2000 ppm pouze v 1 místnosti z 11 sledovaných. Hodnota 1500 ppm byla překročena ve všech sledovaných místnostech. Z grafů průběhů měřených veličin je zřejmé, že větrání není průběžné, ale pouze nárazové, obvykle pouze dvakrát denně, infiltrace je nízká a výměnu vzduchu nezajistí, z toho důvodu koncentrace CO₂ překračují požadovanou maximální

hodnotu 1500 ppm, a to jak v pokojích sledovaného bytového a panelového domu, tak v rodinném domě (mimo obývací pokoj s kuchyní). Pravidelné větrání vícekrát denně by se mělo zařadit do každodenní činnosti.

Relativní vlhkost se pouze ve 4 místnostech z 11 posuzovaných pohybovala v optimálním rozmezí 45–60 % po většinu času měření. Ve 3 místnostech se pohybovala po většinu času pod 45 % a ve zbývajících 4 místnostech nad 60 %. Při nízké relativní vlhkosti by se měla místnost uměle zvlhčovat, při vysoké relativní vlhkosti, by se měly minimalizovat zdroje vlhkosti, kterými může být sušení prádla nebo vznik páry při vaření nebo při koupání. Je žádoucí využívat digestoř při vaření a ventilátor v koupelně, dále je vhodné pořídit odvlhčovač.

Teplota vnitřního vzduchu se v 10 z 11 sledovaných místností pohybovala po většinu času měření v optimálních hodnotách, pouze v 1 místnosti se teplota pohybovala ve vyšších hodnotách.

Teplota rosného bodu je úzce spojena s relativní vlhkostí, v místnostech s vysokou relativní teplotou byly teploty rosného bodu ve vyšších hodnotách. Vyšší teploty rosného bodu mohou způsobovat v kritických místech jako jsou kouty místností nebo okolí oken kondenzaci vodní páry a následný vznik plísní. V bytovém i panelovém domě se v některých měřených místnostech plísně vyskytovaly.



Obr. 173 - Výskyt plísní ve sledovaných objektech

Celkového nejlepšího hodnocení všech sledovaných veličin dosáhla ložnice s dataloggerem č. 418 v bytové jednotce č.2, Brno Jundrov – Jasanová. Všechny sledované veličiny se po většinu času měření pohybovaly v optimálním rozmezí.

Bytové jednotky č.1 a č.3. Brno Jundrov – Jasanová mají problém s vysokou relativní vlhkostí i s vysokou koncentrací CO₂, hodnota 2000 ppm byla překročena 12,3 – 34,8 % času měření.

Rodinný dům v Olomouci má ve dvou místnostech problém s nízkou relativní vlhkostí. Koncentrace CO₂ se pohybuje v celkem přijatelných číslech, hodnota 2000 ppm byla překročena pouze ve dvou místnostech, hodnota 1500 ppm byla překročena ve všech místnostech a to 4,1 – 37,6 % času.

Bytová jednotka v Brně Slatina má nízkou relativní vlhkost po většinu času měření pouze v jedné místnosti (obývací pokoj), v ostatních je v optimálním rozmezí 45–60 %. Hodnota 1500 ppm koncentrace CO₂ byla překročena ve všech místnost poměrně dlouho a to 45,4 – 62,7 % času měření, v jedné místnosti byla dokonce hodnota 2000 ppm překročena po dobu 49,3 %.

ZÁVĚR

Zadáním diplomové práce byl návrh teplovodního vytápění a přípravy teplé vody pro panelový dům G57 v Brně, který má 9 nadzemních podlaží a není podsklepený. Práce byla rozdělena do tří částí, a to teoretické, výpočtové a experimentální.

V teoretické části jsem se věnovala vnitřnímu prostředí budov. Uvedla jsem faktory a teorii vnitřního prostředí, dále jsem vnitřní prostředí rozdělila na jednotlivé složky, které jsem popsala. U každé složky jsem uvedla zdroj jejího působení, účinky na osoby, kritéria jejího hodnocení a také možnosti, jak ji optimalizovat. Na závěr jsem popsala syndrom nemocných budov.

Ve výpočtové části jsem provedla kompletní návrh vytápění objektu a přípravy teplé vody. Navrhla jsem zdroj tepla ve dvou variantách. První variantou bylo centrální zásobování teplem. Předávací stanice se dvěma deskovými výměníky zajišťuje teplo pro polovinu objektu, tedy tři vchody. Druhou variantou byla kaskáda tří tepelných čerpadel vzduchu/voda ve splitovém provedení s přednostní přípravou teplé vody pro jeden vchod. Dále byly pro obě varianty navrženy armatury, oběhová čerpadla, zabezpečovací zařízení a další zařízení. Po zhodnocení obou variant jsem dospěla k názoru, že pro objekt je výhodnějším zdrojem předávací stanice.

V experimentální části jsem se zabývala dlouhodobým měření vybraných parametrů vnitřního prostředí ve 3 různých objektech pro bydlení, bytový dům v Brně Jundrov, rodinný dům v Olomouci a panelový dům v Brně Slatina. Úkolem měření bylo zjistit, zda jsou dodržena kritéria vnitřního prostředí objektů pro bydlení.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] KABELE, Karel; VEVERKOVÁ, Zuzana a DVOŘÁKOVÁ, Pavla. *Vnitřní prostředí budov* [online]. In: JAGA MEDIA, S.R.O. ASB-portal. 2022. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>.
- [2] KRAUS, Michal. *Budovy a prostředí* [přednáška]. In: Studijní materiály VŠTE [online]. České Budějovice: VŠTE v Českých Budějovicích, 3.7.2017. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/el/5610/projektclill/L_SP/um/3628345/1_Budovy_a_prostredi.pdf.
- [3] SVOBODOVÁ, Jindřiška. *Mikroklima budov* [přednáška]. In: Studijní materiály MUNI [online]. Brno: MUNI v Brně, 27.4.2010. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1441/jaro2011/FY2BP_HSP/um/MB_01.pdf.
- [4] GEBAUER, Günter. *Formování vnitřního prostředí budov* [online]. In: INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT s.r.o. Časopis stavebnictví. 2007-2022. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-formovani-vnitriho-prostredi-budov.html>.
- [5] NAVRÁTILOVÁ, Olga. *Základní pojmy* [přednáška]. In: Stránka pro studenty FAST [online]. Brno: VUT v Brně. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/tzb/navratilova.o/1P-uvod.pdf>.
- [6] KRAUS, Michal. *Teplota a vlhkost vnitřního prostředí* [přednáška]. In: Studijní materiály VŠTE [online]. České Budějovice: VŠTE v Českých Budějovicích, 3.7.2017. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/el/5610/projektclill/L_SP/um/3628345/2_Teplota_a_vlhkost_vnitriho_prostredi.pdf.
- [7] Přispěvatelé WikiSkript, *Tepelně-vlhkostní mikroklima* [online]. WikiSkripta, c2018. Datum poslední revize 28. 06. 2018, 17:41 UTC. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Tepeln%C4%9B-vlhkostn%C3%AD_mikroklima.
- [8] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť* [online]. In: Státní zdravotní ústav 2023. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://szu.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/pracovni-prostredi-a-zdravi/factory-pracovniho-prostredi/fyzikalni/tep-vlhk-mikroklim/mikrokli-pod-vnitri-pract/>.
- [9] KABELE, Karel. *Teorie vnitřního prostředí budov - 3.přednáška* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-03.pdf>.

- [10] CENTNEROVÁ, Lada. *Tepelná pohoda a nepohoda* [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>.
- [11] RUBINOVÁ, Olga. *Hodnocení tepelně vlhkostního mikroklimatu budov*. [přednáška]. In: Studijní materiály VUT [online]. Brno: VUT v Brně. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://lms.fce.vutbr.cz/pluginfile.php/?file=/7982/mod_resource/content/3/tp04_18.pdf.
- [12] KABELE, Karel. *Energetické systémy budov I - Vytápění budov* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esb1,125esbb/soubory/2011_12/125esb1,125esbb-01.pdf.
- [13] VAVERKA, Jiří; CHYBÍK, Josef a MRLÍK, František. *Stavební fyzika. 2, Stavební tepelná technika*. Brno: Vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-214-1649-1.
- [14] FYZMATIK. *Tepelný odpor oblečení*. In: FYZMATIK.píše [online]. 27.1.2010. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://fyzmatik.pise.cz/214-tepelny-odpor-obleceni.html>.
- [15] RUBINOVÁ, Olga a RUBINA, Aleš. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka* [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>.
- [16] VIESSMANN. *Nadměrná vlhkost v bytě*. [online]. In: VIESSMANN. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/info-a-tipy-k-nakupu/nadmerna-vlhkost.html>.
- [17] GAVRI.CZ. *Výhrajte nad vlhkostí vzduchu: zvlhčovačem nebo odvlhčovačem snadno udržíte ideálních 55%*. In: GAVRI.CZ [online]. 8.1.2018. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.gavri.cz/blog-1/jak-vlhkost-vzduchu-ovlivnuje-vas-zivot/>.
- [18] SLÁDEK, Dominik. *Správná vlhkost je klíčem k pevnému zdraví*. In: VENTILATORY.CZ [online]. 22.2.2019. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/spravna-vlhkost-je-klicem-k-pevnemu-zdravi-x31298>.
- [19] MINÁŘOVÁ, Ivana. *Relativní vlhkost vzduchu*. In: Geniální dům [online]. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.genialnidum.cz/co-je/relativni-vlhkost-vzduchu/>.
- [20] ANDRES, Petr. *Vlhkost vzduchu a hygiena prostředí* [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/18142-vlhkost-vzduchu-a-hygiena-prostredi>.
- [21] Příspěvatelé Wikipedie, *Rosný bod* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2023, Datum poslední revize 25. 11. 2023, 12:01 UTC. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Rosn%C3%BD_bod.

- [22] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: ÚNMZ, říjen 2006
- [23] JOKL, Miloslav. *Teorie vnitřního prostředí budov*. 2. přeprac. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1991. ISBN 80-01-00481-3.
- [24] DVOŘÁKOVÁ, Pavla. *Teorie vnitřního prostředí budov – KVALITA VZDUCHU* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-04.pdf>.
- [25] Příspěvatelé PowerWiki. *Tepelná pohoda*. [online], PowerWiki Elektroenergetika, katedra elektroenergetiky ČVUT. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.powerwiki.cz/wiki/Tuma2#section-Tuma2>.
- [26] LUPAČ, Mirek. *Seriál - Úspory tepla a vnitřní prostředí budov - díl první* [online]. In: poradme.se. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://poradme.se/index.php?title=Seri%C3%A1l_-_%C3%9Aspory_tepla_a_vnit%C5%99n%C3%AD_prost%C5%99ed%C3%AD_budov_-_d%C3%ADl_prvn%C3%AD.
- [27] BRZEZINA, Jáchym. *Není ozon, jako ozon* [online]. In: chmibrno.cz 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2018/08/01/neni-ozon-jako-ozon/>.
- [28] ARNIKA. *Těkavé organické látky (VOC)* [online]. In: ARNIKA. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/tekave-organicke-latky-voc>.
- [29] DVOŘÁKOVÁ, Pavla. *Teorie vnitřního prostředí budov – SVĚTELNÉ MIKROKLIMA* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-11.pdf>.
- [30] Medihum s.r.o. *Časté poruchy zraku a jejich léčba* [online]. In: Medihum s.r.o., Bratislava. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://medihum.cz/magazin/caste-poruchy-zraku-jejich-lecba>.
- [31] New-learn.info. *Quality of Light* [online]. In: New-learn.info. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.new-learn.info/packages/mulcom/comfort/visual/quality/index.html>.
- [32] THOMELIGHTING. *Vhodná teplota chromatičnosti (barva světla)* [online]. In: thomelighting.com. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.thomelighting.com/postupy/kategorie-i/sub-kategorie-ii/vhodna-teplota-chromaticnosti-barva-svetla/>.
- [33] VEVERKOVÁ, Zuzana. *AKUSTICKÉ MIKROKLIMA* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-07.pdf>.

- [34] KABRHELOVÁ, Hana. *Elektrostatické, elektroiontové a elektromagnetické mikroklima* [přednáška]. In: Studijní materiály ČVUT [online]. Praha: ČVUT v Praze. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-10.pdf>.
- [35] MATHAUSEROVÁ, Zuzana a LEPŠÍ, Jana. Hygiena vnitřního prostředí (A 3.10) [online]. In: ČKAIT. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/a-3-10/>.
- [36] KAŠÍK, Petr. *Jaká je správná koncentrace CO₂ ve zdravé budově?* [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/17612-jaka-je-spravna-koncentrace-co2-ve-zdrave-budove>.
- [37] Příspěvatelé Wikipedie. *Oxid uhličitý* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2023, Datum poslední revize 10. 12. 2023, 16:56 UTC. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD.
- [38] Bezpečnost práce. *Syndrom nemocných/nezdravých budov (SBS). Příznaky, faktory, prevence a kontrola* [online]. In: CRDR spol. s r.o. BOZP.cz 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/syndrom-nemocnych-budov/>.
- [39] NANO4 HOUSE. *Syndrom nemocných budov* [online]. In: nano4house 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://nano4house.cz/pojem/syndrom-nemocnych-budov/>.
- [40] Bezpečnost práce.info. *Syndrom nezdravých (nemocných) budov (sbs). Velký výtah studií předních světových vědců* [online]. In: Magazín BezpečnostPráce.info, z.s. 2013 – 2022. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/rizika/syndrom-nezdravych-budov/#cozpusobuje>.
- [41] Korado. *Katalog RADIK*. [online]. In: Korado 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.korado.cz/priloha?page=67&p=1&type=file&_gl=1*qftijv*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjwyYKUBhDJARIsAMj9lkHMLpCpG5XI-EHIpGC88HJcuY3Sa-QdJGCHmaBHQogzucdgDiTrX7waAhCeEALw_wcB.
- [42] Korado. *Katalog KORALUX*. [online]. In: Korado 2024 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.korado.cz/priloha?page=39&p=1&type=file&_gl=1*pggg7q*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjwyYKUBhDJARIsAMj9lkHMLpCpG5XI-EHIpGC88HJcuY3Sa-QdJGCHmaBHQogzucdgDiTrX7waAhCeEALw_wcB.
- [43] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí*. [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>.

- [44] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet průtokového součinitele k_v a graf tlakových ztrát*. [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/48-vypocet-prutokoveho-soucinitele-kv-a-graf-tlakovych-ztrat>.
- [45] Korado. *Technický list ARMATURA HM*. [online]. Korado 2024 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://img.korado.cz/userfiles/file/531/45ce36824654289991b0907068e729c0.pdf>.
- [46] GIACOMINI. *GE555-B*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/katalog/ge555-2>.
- [47] GIACOMINI. *GE555-K3*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/katalog/ge555-k3>
- [48] GIACOMINI. *Katalogový list R701F*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/data/technicke-dokumenty/katalogove-listy/R701F.pdf>
- [49] GIACOMINI. *Katalogový list R851T*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/data/technicke-dokumenty/katalogove-listy/katalogovylistr851t.pdf>
- [50] GIACOMINI. *Katalogový list R206B*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/data/technicke-dokumenty/katalogove-listy/katalogovylistr206b.pdf>
- [51] GIACOMINI. *Katalogový list R206C*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.giacomini.cz/data/technicke-dokumenty/katalogove-listy/katalogovylistr206c_new.pdf
- [52] ENBRA. *Kompaktní měřič tepla ultrazvukový Sharky 775* [online]. In: ENBRA, a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.enbra.cz/data/file/7/51367-produktovy-list_395_613.pdf.
- [53] QUANTUM. *Q7-ZJV* [online]. In: QUANTUM, a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://quantumas.cz/cs/q7-zjv>.
- [54] Výměníky tepla Ostrava. *Online výpočet výměníku voda-voda* [online]. In: VZH Ostrava, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.vymeniky-tepla.cz/vypocet/>.
- [55] Výměníky tepla Ostrava. *Deskový výměník SWEP B35TM0x40* [online]. In: VZH Ostrava, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.vymeniky-tepla.cz/files/pdf/B35T-M.pdf>.
- [56] BOLA. *Směšovací ventily řada VRG 130*. [online]. In: BOLA spol. s r. o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/0/454/VRG131_132_133_26.pdf.

- [57] BOLA. *Servopohony řada ARA600*. [online]. In: BOLA spol. s r. o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/0/403/ARA_pohony_11.pdf.
- [58] ESBE. *Lineární ventily*. [online]. In: REMAK a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/Productlist-price/06-linearni-ventily.pdf>.
- [59] HYDRONIX. *2-cestný regulační ventil VSB*. [online]. In: Hydronix s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.hydronix.cz/2-cestny-regulacni-ventil-vsbl/>.
- [60] HYDRONIX. *Elektromechanické pohony MVE5xxR, MVE2xxR s havarijní funkcí*. [online]. In: Hydronix s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.hydronix.cz/elektromechanicke-pohony-mve5xxr-mve2xxr-s-havarijni-funkci/>.
- [61] IMI Hydronic Engineering. *Technický katalog STAD – PN25* [online]. In: IMI Hydronic Engineering. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://assets.imi-hydronic.com/Documents/Catalogues/Czech/Low/STAD_PN25_CS_low.pdf
- [62] IMI Hydronic Engineering. *Technický katalog STAP* [online]. In: IMI Hydronic Engineering. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://assets.imi-hydronic.com/Documents/Catalogues/Czech/Low/STAP_DN15-50_CS_low.pdf
- [63] Wilo. *Rychlý návrh* [online]. In: WILO CS, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://wilo.com/cz/cs/N%C3%A1stroje/V%C3%BDb%C4%9Br-a-dimenzov%C3%A1n%C3%AD/Rychl%C3%A9-dimenzov%C3%A1n%C3%AD-%C4%8Derpadel/cs>
- [64] ETL. *Katalogový list RS KOMBI* [online]. In: ETL - Ekotherm a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://etl.cz/wp-content/uploads/2023/02/ETL-2023-RS-KOMBI.pdf>
- [65] Reflex. *Produktový list Reflex Fillset Standard 0,8* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/c44cc0f2-59fd-4f19-ae3c-04a86d0cf99f/content?locale=cs>
- [66] Reflex. *Produktový list Reflex Fillsoft pouzdro FG I* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/2c8ec7f1-0e4c-419e-9eeb-fdc1a106c5e1/content?locale=cs>
- [67] Reflex. *Produktová brožura Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/76f55622-166b-4188-9dc6-263a16686964/content?locale=cs>
- [68] Reflex. *Produktový list Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://reflex-winkelmann.com/cs/produkty/8910200>

- [69] Reflex. *Produktový list Reflex Variomat základní nádoba VG 300* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/ee0ff8d7-66a9-4d6f-8a62-07802b982b93/content?locale=cs>
- [70] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací*. [online]. In: Topinfo s.r.o. TZB - info. 2001 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-ztraty-potrubu-s-izolaci>.
- [71] IVAR.CS. *Návod TRUBKA IVAR.C - STEEL* [online]. In: IVAR CS spol. s r.o., 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.ivarcs.cz/storage/Folder_File/80001-82000/c37538cd-1f32-4965-b956-1a7db025a268_file_csnvod-ivar-cs-eurotubi-manual.pdf
- [72] KAMODY. *ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC Ohříváč vody s tepelným čerpadlem 242 l 3069655* [online]. In: Kamody s.r.o., 2004 - 2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.kamody.cz/ariston-nuos-primo-240-sys-hc-ohrivac-vody-s-tepelnym-čerpadlem-3069655-213223?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAmsurBhBvEiwA6e-WPAFeI9vbiuePzT3h7WQajL4R1BINzXuTJGhIwO5Qsi_sJ-CrQ3zXBhoCudkQAvD_BwE.
- [73] QUANTUM. *Katalogy – zásobníkové ohříváče vody* [online]. In: QUANTUM, a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://quantumas.cz/files/2022/05/quantum_katalog_plynove-ohrivace-16-03-2022.pdf
- [74] QUANTUM. *Aktuální ceník* [online]. In: QUANTUM, a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://quantumas.cz/files/2023/05/quantum_cenik_vyrobky_05-2023_web.pdf.
- [75] PROJEKTUJ TEPELNÁ ČERPADLA. *HELIO THERM SOLID M – Projekční pokyny* [online]. In: GT Energy s.r.o. 2019-2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/?download=_/product.9/heliotherm-split-30-55_pokyny-pro-navrh.pdf.
- [76] PROJEKTUJ TEPELNÁ ČERPADLA. *Technický list Heliotherm SOLID M* [online]. In: GT Energy s.r.o. 2019-2024. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/?download=_/product.9/heliotherm-split-30-55_tech-list.pdf
- [77] Protherm. *Projekční podklady Ray KE* [online]. In: Protherm 2022. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/projekcni-podklady/pp-4-1-ray-ke-verze-7-09032023-2605646.pdf>
- [78] Reflex. *Produktový list Reflex Storatherm Heat HF 1500_C* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/f8dfb4bb-6124-4ea2-b3f3-9bad3b161f99/content?locale=cs>
- [79] ESBE. *Přepínací ventil VRG 230*. [online]. In: REMAK a.s. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://esbe.eu/storage/9A2452DF093060AA681E79E71B156BC375432F731942A085917E7326BC>

D07261/6df6e698c0284429be24d9e6e9b326c1/pdf/media/4146868422b04b7a9e097ea5e9624dd3/VR
G230_cs_J_LR.pdf.

[80] GIACOMINI. *Katalogový list R146M*. [online]. In: GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/data/technicke-dokumenty/katalogove-listy/katalogovylistr146m.pdf>

[81] Reflex. *Produktový list Reflex Variomat základní nádoba VG 200* [online]. In: Reflex Winkelmann. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://xom-web.reflex.de/xom-rest/assets/d34f9477-db6a-4cc2-b500-56becedea532/content?locale=cs>.

[82] MAPY.CZ. *Jasanová, Brno – Jundrov* [online]. In: Seznam.cz, 2023. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?pano=1&pid=105049323&newest=1&yaw=1.190&fov=1.571&pitch=0.083&x=16.5541946&y=49.2057015&q=jundrov%20jasanov%C3%A1&z=18>

[83] SEVEn. *Návrh a kritéria kvality pro vnitřní osvětlení*. [online]. In: SEVEn. [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.svn.cz/storage/app/uploads/public/5bc/998/4be/5bc9984be1bd4054121663.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 – Agencie a jejich mikroklima [1]
Obr. 2 – rozložení složek mikroklimatu [4]
Obr. 3 – zastoupení fyzikálních veličin v tepelně-vlhkostním mikroklimatu [4]
Obr. 4 - Optimální relativní vlhkost v závislosti na teplotě [17]
Obr. 5 - Optimální rozmezí relativní vlhkosti vzduchu [17]
Obr. 6 - Vliv teploty rosného bodu na člověka [16]
Obr. 7 - Kategorie tepelného prostředí [22]
Obr. 8 - Sedmibodová stupnice tepelných pocitů [22]
Obr. 9 - Závislost indexu PPD na indexu PMV [22]
Obr. 10 – Koncentrace CO₂ nad venkovní koncentrací [ppm] podle kategorie bytu [35]
Obr. 11 – Vliv koncentrace CO₂ na člověka [26]
Obr. 12 – Teplota chromatičnosti [32]
Obr. 13 - Přípustné hodnoty ozáření elektromagnetickým zářením [34]
Obr. 14 – Technický list RADIK VK [41]
Obr. 15 – Technický list RADIK VKL [41]
Obr. 16 - Technický list – KORALUX LINEAR CLASSIC – M [42]
Obr. 17 – Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí [43]
Obr. 18 – Výpočet průtokového součinitele kv a graf tlakových ztrát [44]
Obr. 19 - Stupeň přednastavení – HM armatura [45]
Obr. 20 - Stupeň přednastavení – termostatický ventil – tělesa ventil kompakt [41]
Obr. 21 - GE555-B – Patrový rozdělovač s měřením spotřeby tepla, kulové kohouty s otvorem M10 pro montáž čidla, vyvažovací ventil. [46]
Obr. 22 - GE555-K3 – Vstupní sada pro patrové rozdělovače GE555, regulátor diferenčního tlaku, vyvažovací ventil, kulový kohout a filtr. [47]
Obr. 23 - Kulový kohout s vestavěným sítkem, plnoprůtokový [48]
Obr. 24 - Kulový kohout s otvorem M10x1 mm pro měřicí sondu, plnoprůtokový [49]
Obr. 25 - Statický vyvažovací ventil R206B a jeho tlakové ztráty [50]
Obr. 26 - Regulátor tlakové difference R206C a jeho tlakové ztráty [51]
Obr. 27 – Nastavení „L“ (low-nízké) pro regulátor tlakové difference R206CY103 [51]
Obr. 28 - Ultrazvukový měřič tepla SHARKY775 a jeho charakteristiky [52]
Obr. 29 – Křivka odběru teplé vody
Obr. 30 – Zásobník Q7-1000-ZJV [53]
Obr. 31 – Návrh deskového výměníku [54]
Obr. 32 – Deskový výměník SWEP [55]

- Obr. 33 – Statický vyvažovací ventil R206B [50]
- Obr. 34 – Směšovací ventily ESBE VRG 131 [56]
- Obr. 35 – Servopohon ESBE ARA661 [57]
- Obr. 36 – Ultrazvukový měřič tepla SHARKY775 a jeho charakteristiky [52]
- Obr. 37 – 2-cestné zdvihové ventily VLE 122 [58]
- Obr. 38 – Regulační ventily HYDRONIX [59]
- Obr. 39 – Servopohony k regulačním ventilům HYDRONIX [60]
- Obr. 40 – Vyvažovací ventil STAD a jeho charakteristiky [61]
- Obr. 41 – Regulátor tlakové difference STAP [62]
- Obr. 42 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V1 [63]
- Obr. 43 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V4 [63]
- Obr. 44 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V5 [63]
- Obr. 45 – Rozdělovač a sběrač ETL [64]
- Obr. 46 – Fillset Impuls 0,8 [65]
- Obr. 47 – Fillsoft I [66]
- Obr. 48 – Expanzní automat Variomat – zařízení na udržování tlaku, odplyňování a doplňování [67]
- Obr. 49 – Výběr řídicí jednotky Variomat [67]
- Obr. 50 – Návrh nádob Variomat [67]
- Obr. 51 – Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60 [68]
- Obr. 52 – Reflex Variomat základní nádoba VG 300 [69]
- Obr. 53 – Připojovací souprava [67]
- Obr. 54 – Připojovací souprava [67]
- Obr. 55 – Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [70]
- Obr. 56 – Délka oscilačního ramene LB v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]
- Obr. 57 – Vzdálenosti uchycení potrubí [71]
- Obr. 58 – Délka oscilačního ramene Lu v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]
- Obr. 59 – ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC – Ohřivač teplé vody s tepelným čerpadlem [72]
- Obr. 60 – Křivka odběru teplé vody
- Obr. 61 – Zásobník Q7-1000-ZBV [73]
- Obr. 62 – Zásobník Q7-1000-ZBV [73]
- Obr. 63 – Topná vložka [74]
- Obr. 64 - Venkovní jednotka HPS 240 a vnitřní jednotka Heliotherm S40L-M-Solid [75]
- Obr. 65 – Technický list tepelného čerpadla [76]
- Obr. 66 – Technický list tepelného čerpadla [76]
- Obr. 67 - Výkonový diagram tepelného čerpadla
- Obr. 68 – Technický list elektrokotle [77]
- Obr. 69 – Výpočet výměníku 24 kW [54]

- Obr. 70 – Deskový výměník B35T [55]
- Obr. 71 – Ekvitermní křivka
- Obr. 72 – Akumulační nádrž Reflex Storatherm Heat H 1500/1 [78]
- Obr. 73 – Statický vyvažovací ventil R206B [50]
- Obr. 74 – Směšovací ventily ESBE VRG 231 [79]
- Obr. 75 – Servopohon ESBE ARA600 [57]
- Obr. 76 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V1 [63]
- Obr. 77 – Křivka oběhového čerpadla pro větev V2 [63]
- Obr. 78 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 79 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 80 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 81 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 82 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 83 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Yonos MAXO 25/0,5-7 PN 10 [63]
- Obr. 84 – Křivka oběhového čerpadla Wilo Stratos MAXO 25/0,5-4 PN10-R7 [63]
- Obr. 85 – Křivka oběhového čerpadla elektrokotle [77]
- Obr. 86 – Magnetický odkalovač R146M [80]
- Obr. 87 – Fillset Impuls 0,8 [65]
- Obr. 88 – Fillsoft I [66]
- Obr. 89 – Expanzní automat Variomat – zařízení na udržování tlaku, odplynování a doplňování [67]
- Obr. 90 - Výběr řídicí jednotky Variomat [67]
- Obr. 91 - Návrh nádob Variomat [67]
- Obr. 92 – Reflex Variomat řídicí jednotka VS 2-1/60 [68]
- Obr. 93 – Reflex Variomat základní nádoba VG 200 [81]
- Obr. 94 – Připojovací souprava [67]
- Obr. 95 – Připojení Variomatu [67]
- Obr. 96 – Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [70]
- Obr. 97 – Délka oscilačního ramene LB v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]
- Obr. 98 – Vzdálenosti uchycení potrubí [71]
- Obr. 99 – Délka oscilačního ramene Lu v závislosti na dimenzi potrubí a prodloužení Δl [71]
- Obr. 100 – ARISTON NUOS PRIMO 240 SYS HC – Ohřívač teplé vody s tepelným čerpadlem [72]
- Obr. 101 – Bytový dům – Brno Jundrov – Jasanová [82]
- Obr. 102 – Rodinný dům – Olomouc
- Obr. 103 - Panelový dům – Brno Slatina
- Obr. 104 – Datalogger
- Obr. 105 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
- Obr. 106 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období

Obr. 107 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 108 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 109 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 110 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 111 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 112 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 113 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 114 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 115 – Tabulka hodnot a graf průběhu měřených veličin v zadaném období
Obr. 116 – Vliv teploty rosného bodu na člověka [16]
Obr. 117 – Vliv koncentrace CO₂ na člověka [26]
Obr. 118 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 119 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativní vlhkosti
Obr. 120 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 121 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 122 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 123 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
Obr. 124 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 125 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 126 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 127 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
Obr. 128 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 129 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 130 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 131 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
Obr. 132 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 133 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 134 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 135 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
Obr. 136 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 137 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 138 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 139 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
Obr. 140 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
Obr. 141 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
Obr. 142 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
Obr. 143 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí

- Obr. 144 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
- Obr. 145 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
- Obr. 146 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
- Obr. 147 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
- Obr. 148 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
- Obr. 149 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
- Obr. 150 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
- Obr. 151 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
- Obr. 152 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
- Obr. 153 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
- Obr. 154 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
- Obr. 155 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
- Obr. 156 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
- Obr. 157 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
- Obr. 158 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot vnitřního vzduchu
- Obr. 159 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu relativních vlhkostí
- Obr. 160 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu teplot rosného bodu
- Obr. 161 – Tabulka a histogramy četnosti výskytu koncentrace CO₂
- Obr. 162 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 163 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 164 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 165 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 166 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 167 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 168 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 169 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 170 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 171 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 172 – Graf průběhu měřených veličin po dobu 1 týdne
- Obr. 173 - Výskyt plísni ve sledovaných objektech

SEZNAM PŘÍLOH

- P01 – PŮDORYS 1. NP – VARIANTA 1
- P02 – PŮDORYS 1. NP – VARIANTA 2
- P03 – PŮDORYS 2. NP – TYPICKÉ PODLAŽÍ – VARIANTA 1
- P04 – PŮDORYS 2. NP – TYPICKÉ PODLAŽÍ – VARIANTA 2
- P05 – PŮDORYS 3. NP
- P06 – PŮDORYS 4. NP
- P07 – PŮDORYS 5. NP
- P08 – PŮDORYS 6. NP
- P09 – PŮDORYS 7. NP
- P10 – PŮDORYS 8. NP
- P11 – PŮDORYS 9. NP
- P12 – SCHÉMA ZAPOJENÍ OT – BYTY
- P13 – SCHÉMA ZAPOJENÍ OT – SPOLEČNÉ PROSTORY – VARIANTA 1
- P14 – SCHÉMA ZAPOJENÍ OT – SPOLEČNÉ PROSTORY – VARIANTA 2
- P15 – PŮDORYS KOTELNY – VARIANTA 1
- P16 – PŮDORYS KOTELNY – VARIANTA 2
- P17 – SCHÉMA ZDROJE – VARIANTA 1
- P18 – SCHÉMA ZDROJE – VARIANTA 2
- P19 – VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT