



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ DŘEVĚNÉ ROUBENKY V PODHORSKÉ OBLASTI

HEATING AND VENTILATION OF A WOODEN LOG HOUSE LOCATED IN THE FOOTHILLS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Roman Niemczyk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Bc. Roman Niemczyk
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Technika prostředí
Vedoucí práce:	doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu 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:

Návrh vytápění a větrání dřevěné roubenky v podhorské oblasti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Dřevěné roubenky mají na území českých zemí dlouhou tradici a na mnoha místech dnešní České republiky patřily ještě před 150 lety k běžnému nebo dokonce převažujícímu způsobu výstavby. V současnosti se dřevěné roubenky těší popularitě především u příznivců přírodních stavebních materiálů. Dřevěné roubenky se od zděných staveb liší nejenom v dynamice tepelného chování, ale také ve způsobu instalace technických zařízení budov. Rozvody potrubí, kabeláže, vzduchovodů nebo instalace otopných ploch, případně klimatizačních jednotek, musí zohledňovat specifický charakter těchto staveb.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout vytápění a větrání novostavby dřevěné roubenky nacházející se v podhorské oblasti bez možnosti připojení k rozvodům zemního plynu. Roubenka bude obývána celoročně z čehož vyplývá požadavek na nízkou náročnost obsluhy primárního zdroje tepla pro vytápění a ohřev vody. Jako sekundární (příležitostný) zdroj tepla pro vytápění bude použit teplovodní krb na dřevo s akumulací tepla ve vodním zásobníku. Pro snížení energetické náročnosti domu budou posouzeny možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. V rámci práce bude navrženo nucené větrání domu. Pro zvolené výsledné řešení budou provedeny podrobné technické výpočty a bude zpracována výkresová dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12831-1 - Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.

BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.

2013 ASHRAE handbook: Fundamentals. S.I. Editions: ASHRAE, 2013. ISBN 978-1-936504-47-3.

ZMRHAL, Vladimír. Větrání rodinných a bytových domů. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.

GEBAUER, Günter. Vzduchotechnika. Brno: Era, 2005. ISBN 9788073660277.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá výpočtem tepelných ztrát, návrhem větrání a vytápění dvoupodlažního rodinného domu. Součástí práce je charakteristika a popis objektu, výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831-1. Dále je proveden návrh otopné soustavy, včetně volby zdrojů tepla, výpočtu podlahového vytápění a tlakových ztrát. Následně je navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla. V poslední části je provedeno posouzení možnosti využití fotovoltaického systému pro daný objekt. K návrhům je rovněž vypracována příslušná technická dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelná ztráta, vytápění, větrání, tepelné čerpadlo, fotovoltaický systém, zpětné získávání tepla

ABSTRACT

This master's thesis deals with calculations of heat losses, design of ventilation and heating of a two-storey family house. Part of the thesis is the characteristics and description of the building, calculation of heat losses according to the standard ČSN EN 12831-1. Furthermore, the heating system is designed, including the choice of heat sources, calculation of underfloor heating and pressure losses. Subsequently, forced ventilation is proposed with heat recovery. The last part assesses the possibility of using a photovoltaic system for the object. Relevant technical documentation is also prepared for the proposals.

KEYWORDS

Heat loss, heating, ventilation, heat pump, photovoltaic system, heat recovery

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NIEMCZYK, Roman. *Návrh vytápění a větrání dřevěné roubenky v podhorské oblasti* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132417>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Pavel Charvát.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Pavla Charváta, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 15. května 2021

.....

Bc. Roman Niemczyk

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval doc. Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za vstřícné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracování diplomové práce. Poděkování rovněž patří mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Charakteristika objektu.....	12
1.1 Půdorysy domu	13
1.2 Údaje o místnostech.....	14
2 Výpočet tepelných ztrát.....	15
2.1 Výpočet součinitelů prostupu tepla pro dané konstrukce objektu	15
2.1.1 Stanovení součinitelů tepelné vodivosti použitých materiálů	15
2.1.2 Stanovení tepelných odporů přestupu tepla mezi vzduchem a stavebními konstrukcemi	16
2.1.3 Výpočet součinitelů prostupu tepla	16
2.1.4 Přehled vypočtených součinitelů prostupu tepla pro konstrukce objektu	18
2.2 Tepelná ztráta prostupem.....	19
2.2.1 Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí.....	20
2.2.2 Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes nevytápěný prostor	21
2.2.3 Měrný tepelný tok prostupem do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu.....	23
2.2.4 Měrný tepelný tok prostupem do zeměny	24
2.2.5 Přehled vypočtených tepelných ztrát prostupem	26
2.3 Tepelná ztráta nuceným rovnotlakým větráním	27
2.4 Souhrn tepelných ztrát objektu	36
3 Návrh otopné soustavy	37
3.1 Volba zdrojů tepla.....	37
3.1.1 Primární zdroj tepla	37
3.1.2 Sekundární zdroj tepla	39
3.2 Návrh podlahového vytápění	40
3.2.1 Výpočet podlahového vytápění	41
3.2.2 Výpočet tlakových ztrát podlahového vytápění	48
3.2.3 Přehled vypočtených tlakových ztrát ve smyčkách podlahového vytápění	53
3.2.4 Tlaková ztráta přípojovacího potrubí rozvaděčů podlahového vytápění.....	54
3.2.5 Tlaková ztráta třicestného ventilu čerpadlové skupiny podlahového vytápění..	57
3.2.6 Hydraulická regulace podlahového vytápění	58
3.3 Výpočet tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla.....	60
3.4 Výpočet tlakové ztráty okruhu teplovodního krbu	63
3.5 Prvky otopné soustavy	66
3.5.1 Akumulační nádrž.....	66
3.5.2 Oběhová čerpadla	67
3.5.3 Pojistný ventil	69
3.5.4 Expanzní nádoba.....	70
3.5.5 Izolace potrubí	73
3.5.6 Regulace otopné soustavy	73
3.6 Pořizovací náklady na otopnou soustavu.....	74
4 Návrh větrání objektu	75
4.1 Volba rekuperační jednotky	75
4.2 Návrh potrubní trasy	76

4.3	Výpočet tlakových ztrát potrubní trasy	78
4.3.1	Délkové tlakové ztráty vzduchotechnického potrubí.....	78
4.3.2	Místní tlakové ztráty vzduchotechnického potrubí.....	79
4.3.3	Tlaková ztráta průchodem přívodního vzduchu skrze přehřev vzduchu.....	80
4.3.4	Přehled tlakových ztrát vzduchotechnického potrubí	80
4.4	Koncové prvky a jejich zaregulování	81
4.5	Regulace větrací soustavy	84
4.6	Pořizovací náklady na větrací soustavu.....	85
5	Návrh fotovoltaických panelů	86
	Závěr	89
	Seznam použitých zkratk a symbolů	94
	Seznam příloh.....	101
	Příloha 1	102
	Příloha 2.....	104
	Příloha 3.....	106
	Příloha 4.....	118
	Příloha 5.....	125
	Příloha 6.....	127
	Příloha 7.....	139
	Příloha 8.....	142
	Příloha 9.....	143
	Příloha 10.....	146

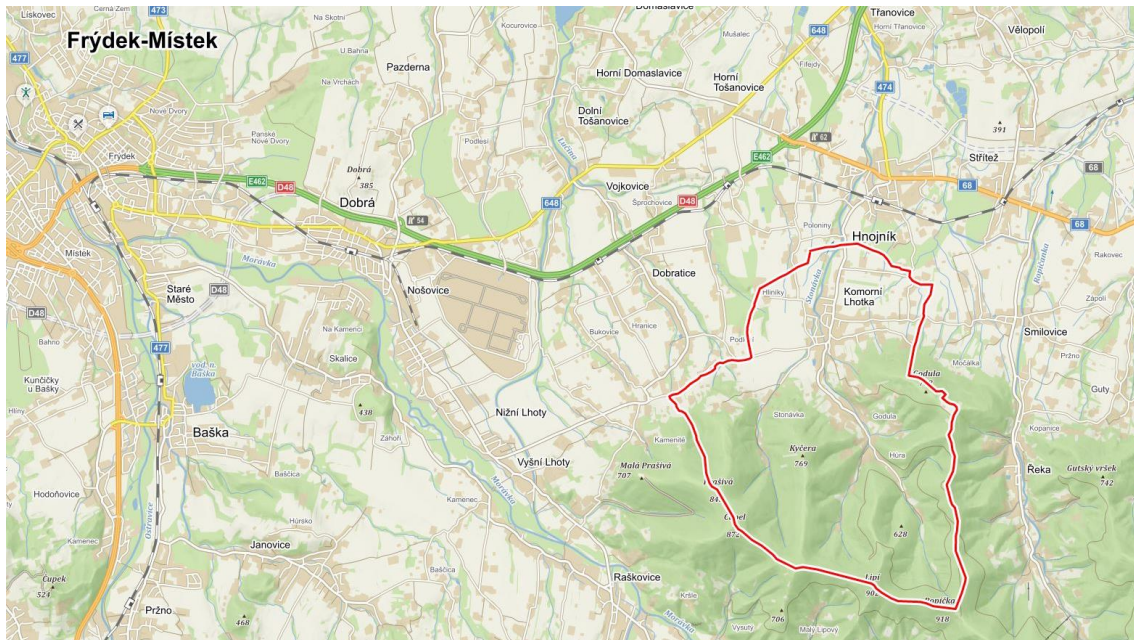
ÚVOD

Lidé v dnešní době, tráví čím dál více času v budovách - ať už v práci, nebo ve svém obydlí. Mnohem častěji je běžný tzv. homeoffice neboli práce z domu. S tímto trendem je velice úzce spjata tepelná pohoda prostředí – cílem je zajistit člověku stav vnitřního prostředí, který mu poskytuje podmínky pro zdravý pobyt a tvořivou práci. Pohoda prostředí je z velké části ovlivněna vytápěním a větráním objektů - úpravami vnitřního prostředí, kterými se zabývá tato diplomová práce.

Cílem této diplomové práce je návrh vytápění a větrání novostavby dřevěné roubenky v podhorské oblasti. Práce bude rozdělena na pět částí. První část bude věnována charakteristice a popisu objektu, rozměrům místností a zvoleným vnitřním výpočtovým teplotám jednotlivých místností. Tento objekt bude v budoucnu postaven v obci Komorní Lhotka v Moravskoslezském kraji a k tomuto místu se budou vztahovat venkovní údaje potřebné pro výpočty. V druhé části práce bude uveden výpočet tepelných ztrát prostupem a nuceným větráním dle normy ČSN EN 12831-1. V třetí části bude proveden návrh otopné soustavy, včetně volby zdrojů tepla, výpočtu podlahového vytápění, tlakových ztrát a následného zaregulování otopné soustavy. Dům bude obýván celoročně, proto je v práci dbáno na nízkou náročnost obsluhy primárního zdroje tepla pro vytápění a ohřev vody. Pozemek, na němž bude v dům postaven je bez možnosti připojení k rozvodům zemního plynu. Jako primární zdroj otopné soustavy bude navrženo tepelné čerpadlo, sekundárním zdrojem bude teplovodní krb, tyto dva zdroje budou doplněné elektrickým topným tělesem a napojené na akumulční nádrž. Otopná soustava bude zahrnovat podlahové vytápění. Ve čtvrté části bude navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla, výpočtem tlakových ztrát potrubní trasy a zaregulováním vzduchotechnické soustavy. V poslední části bude uvedeno posouzení možnosti využití fotovoltaických panelů s akumulací energie v lithiových bateriích.

1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

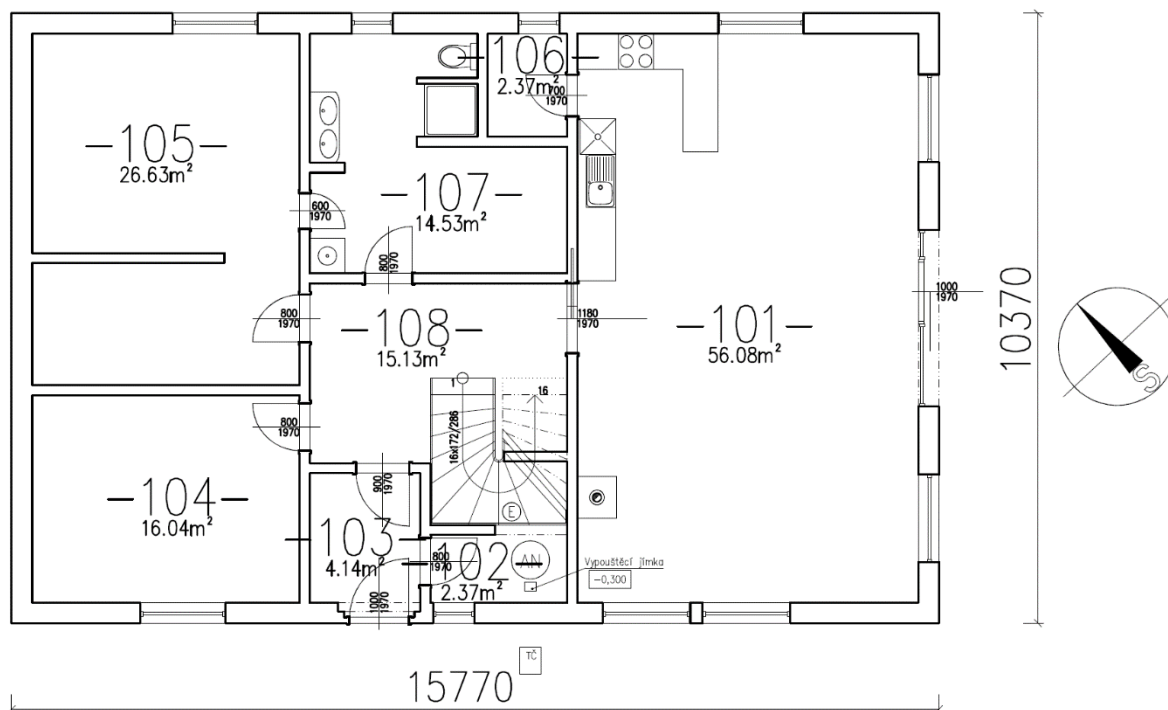
Dvoupodlažní dřevěná roubenka, pro níž je navržen systém vytápění a větrání bude v budoucnosti postavena v obci Komorní Lhotka. Obec se nachází na úpatí Moravskoslezských Beskyd, leží v nadmořské výšce 410 m.n.m. a patří do okresu Frýdek-Místek. Dům je dvoupatrový, nepodsklepený, rozměrově se tento dům řadí k větším rodinným domům a koncipován je pro čtyřčlennou rodinu. V domě se nachází čtyři obytné pokoje, s tím, že jeden je koncipován jako pokoj pro hosty. Dále také dva obývací pokoje, kuchyň, dvě koupelny a dvě toalety. Nechybí také šatna, technická místnost, spíž a předsíň.



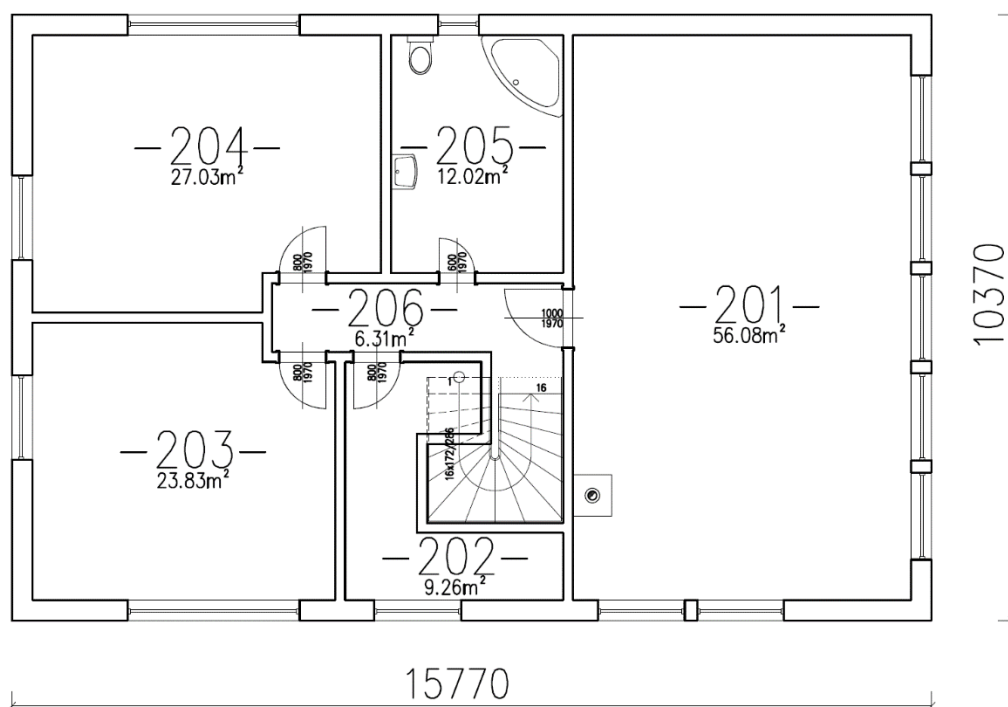
Obr. 1 Okolí obce Komorní Lhotka [30]

1.1 PŮDORYSY DOMU

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny půdorysy řešeného rodinného domu. Součástí půdorysů je číslování místností, rozměry místností, venkovní rozměr domu a orientace domu vzhledem k severu. Účel místností je uveden v tabulce 1.1.



Obr. 2 Půdorys 1.NP



Obr. 3 Půdorys 2.NP

1.2 ÚDAJE O MÍSTNOSTECH

Tabulka 1.1 udává pro danou místnost její účel využití, vnitřní výpočtovou teplotu, plochu místnosti a objem místnosti. Vnitřní výpočtové teploty místností $\theta_{\text{int},i}$ jsou dány normou ČSN EN 12831-1, národní přílohou NA.3 . Technická místnost a spíž jsou brány jako nevytápěné místnosti.

Tabulka 1.1 Údaje o místnostech [1]

Číslo místnosti	Účel místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
		$\theta_{\text{int},i}$	A_i	V_i
		[°C]	[m ²]	[m ³]
101	Obývací pokoj + kuchyň	20	56,08	151,42
102	Technická místnost	-	2,67	7,21
103	Předsíň	18	4,14	11,18
104	Pokoj pro hosty	20	16,04	43,31
105	Ložnice	20	26,63	71,9
106	Spíž	-	2,37	6,4
107	Koupelna	24	14,53	39,23
108	Chodba se schodištěm	20	15,13	40,86
201	Obývací pokoj	20	56,08	151,42
202	Šatna	20	9,26	25
203	Pokoj	20	23,83	64,34
204	Pokoj	20	27,03	72,98
205	Koupelna	24	12,02	32,45
206	Chodba	20	6,31	17,04

2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Tepelná ztráta je hodnota tepelného toku unikajícího z domu. Převážně se jedná o topné období, kdy z vytápěných místností uniká teplo do venkovního prostředí, nevytápěných místností, nebo do místností vytápěných na nižší teplotu. Tepelné ztráty rozlišujeme na tepelné ztráty, které vznikají prostupem konstrukcemi, kdy uniká teplo skrze stěny, podlahu a strop nebo tepelné ztráty větráním. Ty vnikají při větrání přirozeném i nuceném. Postup pro výpočet tepelných ztrát je dán normou ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3 [1].

2.1 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA PRO DANÉ KONSTRUKCE OBJEKTU

2.1.1 STANOVENÍ SOUČINITELŮ TEPELNÉ VODIVOSTI POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

K výpočtu součinitelů prostupu tepla pro dané konstrukce objektu je nutno znát hodnoty součinitelů tepelné vodivosti λ použitých materiálů. Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti λ materiálů byly určeny pomocí normy ČSN 73 0540-3, Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [2]. Některé hodnoty součinitelů tepelné vodivosti λ jsou také udávány výrobcem daného materiálu. Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti pro výrobky od firmy Isover byly zjištěny z webových stránek společnosti [3]. Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti pro izolaci od firmy Rockwool byly zjištěny z webových stránek společnosti [4]. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro podhled Rockford byla zjištěna z webových stránek společnosti Rockfon [5]. Tabulka 2.1 shrnuje hodnoty λ použitých materiálů.

Tabulka 2.1 Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti použitých materiálů

Kód materiálu	Popis	Součinitel tepelné vodivosti
		λ_i
		[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
1M	Beton	1,300
2M	Isover EPS 100Z	0,037
3M	Izolace STEPROCK HD Rockwool	0,037
4M	Systémová deska	0,035
5M	Litá anhydridová podlaha	1,200
6M	Plovoucí podlaha	0,133
7M	Hranol – dřevo rostlé tvrdé	0,220
8M	Isover Uniroll plus	0,036
9M	Isover TF Profi	0,033
10M	Palubka	0,220
11M	Deska	0,220
12M	Hydroizolace	0,035
13M	Podhled Rockford	0,040
14M	Střešní vata Isover	0,033
15M	Parozábrana	0,390
16M	Keramická dlažba	1,010
17M	Koberec	0,065

2.1.2 STANOVENÍ TEPELNÝCH ODPORŮ PŘESTUPU TEPLA MEZI VZDUCHEM A STAVEBNÍMI KONSTRUKCEMI

K výpočtu součinitelů prostupu tepla pro dané konstrukce je nutno znát také hodnoty tepelných odporů mezi vzduchem a stavebními částmi. Tyto hodnoty jsou určeny normou ČSN 73 0540-3, Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [2]. Hodnoty těchto odporů jsou shrnuty v tabulce 2.2. V této tabulce jsou uvedeny rovněž hodnoty tepelných odporů nevětraných vzduchových mezer [6].

Tabulka 2.2 Hodnoty tepelných odporů přestupu tepla mezi vzduchem a stavebními částmi

Kód materiálu	Popis	Tepelný odpor přestupu tepla mezi vzduchem a stavebními částmi
		R_{si}, R_{se}, R_{vz}
		$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
20	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – vodorovný tepelný tok	0,13
21	Odpor při přestupu tepla na vnější straně – vodorovný tepelný tok	0,04
22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok dolů	0,17
23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok nahoru	0,10
18M	Nevětraná vzduchová mezera 50 mm	0,16
19M	Nevětraná vzduchová mezera 300 mm	0,18

2.1.3 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Výpočet součinitelů prostupu tepla je proveden pomocí rovnice (2.1). Vzorový výpočet je proveden pro konstrukci vnitřní stěny. Výpočet všech konstrukcí je uveden v příloze 1.

$$U_k = \frac{1}{R_c} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (2.1)$$

kde

U_k $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ je součinitel prostupu tepla stavební části

R_c $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$ je celkový tepelný odpor konstrukce

Výpočet součinitele prostupu U_k pro konstrukci vnitřní stěny je proveden dosazením hodnoty celkového tepelného odporu konstrukce do rovnice (2.1).

$$U_k = \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1,82} = 0,55 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

Celkový tepelný odpor konstrukce je dán rovnicí (2.2).

$$R_c = R_{si} + \sum_{i=1} R_i + R_{se} \text{ [m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}\text{]} \quad (2.2)$$

kde

R_{si} $[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$ je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_i $[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$ je tepelný odpor i-tého materiálu v konstrukci

R_{se} $[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$ je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

Vzorový výpočet pro vnitřní stěnu je proveden dosazením hodnot tepelných odporů materiálů i-tých konstrukcí z tabulky 2.3 a jelikož se jedná o vnitřní stěnu, je nutno uvažovat z obou stran konstrukce tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce.

$$R_c = R_{si} + \sum_{i=1} R_i + R_{si} = 0,13 + 0,09 + 0,46 + 0,46 + 0,46 + 0,09 + 0,13 = 1,82 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

Tepelný odpor i-tého materiálu v konstrukci je vyjádřen pomocí rovnice (2.3).

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \text{ [m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}\text{]} \quad (2.3)$$

kde

d_i $[\text{m}]$ je tloušťka i-té konstrukce

λ_i $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ je součinitel tepelné vodivosti materiálu i-té konstrukce

Hodnoty součinitelů tepelných vodivostí materiálů a tloušťky konstrukcí vnitřní stěny jsou uvedeny v tabulce 2.3. Tepelný odpor i-tých materiálů je vypočten dosazením těchto hodnot do rovnice (2.3). Vzorový výpočet je proveden pro hranol – dřevo rostlé, tvrdé, jehož tloušťka v konstrukci vnitřní stěny je $d_i = 100 \text{ mm}$ a součinitel tepelné vodivosti $\lambda_i = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} = \frac{0,1}{0,22} = 0,46 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

Tabulka 2.3 Konstrukce vnitřní stěny

Kód materiálu	Konstrukce vnitřní stěny	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti	Tepelný odpor materiálu
		d_i	λ_i	R_i
		[mm]	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$
10M	Palubka	20	0,220	0,09
9M	Isover TF Profi	15	0,033	0,46
7M	Hranol – dřevo rostlé, tvrdé	100	0,220	0,46
9M	Isover TF Profi	15	0,033	0,46
10M	Palubka	20	0,220	0,09

2.1.4 PŘEHLED VYPOČTENÝCH SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA PRO KONSTRUKCE OBJEKTU

Přehled vypočtených součinitelů prostupu tepla pro dané konstrukce objektu je uveden v následující tabulce. Hodnoty součinitelů prostupu tepla pro okna a dveře jsou dány výrobcem. Zvoleným výrobcem oken a dveří je společnost ALBO okna - dveře s.r.o. a dané hodnoty součinitelů prostupu tepla byly převzaty z webové stránky společnosti [7].

Tabulka 2.4 Přehled součinitelů prostupu tepla pro konstrukce objektu

Kód konstrukce	Typ stavební části	Součinitel prostupu tepla
		U_k
		$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
1K	Podlaha 1. NP	0,234
2K	Podlaha 2. NP	0,209
3K	Vnější stěna	0,173
4K	Vnitřní stěna	0,554
5K	Strop 2. NP	0,274
6K	Střecha	0,152
7K	Okno	1,100
8K	Vnitřní dveře	1,100
9K	Venkovní dveře	1,000
10K	Posuvné dveře na terasu	0,960

2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

Návrhová tepelná ztráta prostupem budovy byla stanovena dle normy ČSN EN 12831-1. Tato tepelná ztráta prostupem je dána tepelnou ztrátou přímo do venkovního prostředí, tepelnou ztrátou nevytápěným prostorem, tepelnou ztrátou zeminou a tepelnou ztrátou do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu [1]. Rovnice (2.4) popisuje výpočet tepelné ztráty prostupem. Vzorový výpočet tepelné ztráty prostupem je uskutečněn pro místnost 107 – koupelna.

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (2.4)$$

kde

$\Phi_{T,i}$	[W]	je celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru
$H_{T,i}$	[W·K ⁻¹]	je celkový součinitel tepelné ztráty prostupem
$\theta_{int,i}$	[°C]	je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_e	[°C]	je výpočtová venkovní teplota

Výpočtová venkovní teplota θ_e je dána normou ČSN EN 12837-1, národní přílohou NA.1 a pro oblast Frýdek-Místek je $\theta_e = -15$ °C [1].

Vzorový výpočet pro místnost 107 je proveden dosazením celkového součinitele tepelné ztráty prostupem, výpočtové venkovní teploty $\theta_e = -15$ °C a výpočtové vnitřní teploty vytápěného prostoru $\theta_{int,i} = 24$ °C do rovnice (2.4).

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 7,2 \cdot [24 - (-15)] = 280,76 \text{ W}$$

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem je dán rovnicí (2.5).

$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,ig} \text{ [W·K}^{-1}\text{]} \quad (2.5)$$

kde

$H_{T,ie}$	[W·K ⁻¹]	je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e)
$H_{T,ia}$	[W·K ⁻¹]	je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních vytápěných prostor (a)
$H_{T,iae}$	[W·K ⁻¹]	je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy (ae)
$H_{T,ig}$	[W·K ⁻¹]	je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)

Vzorový výpočet pro místnost 107 je proveden dosazením jednotlivých měrných toků do rovnice (2.5).

$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,ig} = 2,17 + 2,06 + 0,694 + 2,27 = 7,2 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$$

2.2.1 MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM PŘÍMO DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí je dán rovnicí (2.6).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} [\text{W}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.6)$$

kde

A_k	$[\text{m}^2]$	je plocha stavební části
U_{kc}	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	je korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části
$f_{U,k}$	$[-]$	je opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot
$f_{ie,k}$	$[-]$	je teplotní opravný činitel

Hodnota měrného tepelného toku prostupem přímo do venkovního prostředí pro koupelnu 107 je dána dosazením plochy venkovní stěny koupelny, plochy okna a níže vypočtených součinitelů do rovnice (2.6).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} = 7,22 \cdot 0,223 \cdot 1 \cdot 1 + 0,49 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 2,17 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$$

Hodnota korigovaného součinitele prostupu tepla stavební části U_{kc} je stanovena dle rovnice (2.7).

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{TB} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.7)$$

kde

ΔU_{TB}	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	je přírážka na vliv tepelných vazeb
-----------------	--	-------------------------------------

Hodnota přírážky na vliv tepelných vazeb pro nové budovy s optimalizovanými tepelnými vazbami v souladu s obecně uznávanou praxí je $\Delta U_{TB} = 0,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Vzorový výpočet korigovaného součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu místnosti 107 je proveden dosazením hodnoty součinitele prostupu tepla U_k vnější stěny z tabulky 2.4 do rovnice (2.7).

$$U_{kc-\text{vnější stěna}} = U_{k-\text{vnější stěna}} + \Delta U_{TB} = 0,173 + 0,05 = 0,223 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

Rovněž stejný postup je nutno zopakovat pro okno v koupelně 107, které se nachází ve vnější stěně.

$$U_{kc-okno} = U_{k-okno} + \Delta U_{TB} = 1,1 + 0,05 = 1,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

Hodnota opravného činitele zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot je v případě, že při výpočtu součinitele prostupu tepla byly uvažovány hodnoty odporů při přestupu tepla dle normy ČSN EN ISO 6946 rovna $f_{U,k} = 1 [-]$ [1].

Hodnota teplotního opravného činitele $f_{ie,k}$ je dána rovnicí (2.8).

$$f_{ie,k} = f_1 + f_2 [-] \quad (2.8)$$

kde

f_1	[-]	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou
f_2	[-]	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části

V případě tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí je hodnota $f_1 = 1$. A v případě výšky uvažovaného vytápěného prostoru menší než 4 m je hodnota $f_2 = 0$. Hodnota výsledného teplotního opravného činitele $f_{ie,k} = 1 [-]$ [1].

2.2.2 MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM DO NEBO PŘES NEVYTÁPĚNÝ PROSTOR

Měrný tepelný tok postupem do nebo přes nevytápěný prostor je dán rovnicí (2.9).

$$H_{T,iae} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k} [\text{W}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.9)$$

kde

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

Vzorový výpočet měrného tepelného toku postupem do nebo přes nevytápěný prostor pro koupelnu 107 je proveden dosazením do rovnice (2.9).

$$H_{T,iae} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k} = 8,84 \cdot 0,604 \cdot 0,13 = 0,694 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$$

Hodnota teplotního opravného činitele $f_{iae,k}$ je dána rovnicí (2.10).

$$f_{iae,k} = f_1 + f_2 [-] \quad (2.10)$$

kde

f_1	[-]	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou
f_2	[-]	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části

V případě tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního nevytápěného prostoru je hodnota f_1 dána rovnicí (2.11). A v případě výšky uvažovaného vytápěného prostoru menší než 4 m je hodnota $f_2 = 0$ [1].

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-] \quad (2.11)$$

kde

θ_u [°C] je teplota vzduchu sousedních nevytápěných prostor

Vzorový výpočet teplotního opravného činitele pro koupelnu 107 je proveden dosazením vnitřní výpočtové teploty vytápěného prostoru z tabulky 1.1, teploty vzduchu sousedního nevytápěného prostoru z tabulky 2.5 a venkovní výpočtové teploty do rovnice (2.11).

$$f_{iae,k} = f_1 + f_2 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} + 0 = \frac{24 - 19}{24 - (-15)} = 0,13 [-]$$

V případě řešeného objektu byla teplota vzduchu sousedních nevytápěných prostor vypočítána pomocí bilance jednotlivých tepelných toků nevytápěné místnosti dle rovnice (2.12).

$$\Phi_{T,zisk} = \Phi_{T,ztráta} \quad (2.12)$$

kde

$\Phi_{T,zisk}$	[W]	je celkový návrhový zisk nevytápěné místnosti z okolních prostor
$\Phi_{T,ztráta}$	[W]	je celková návrhová tepelná ztráta nevytápěné místnosti do okolních prostor

Tato rovnice byla řešena pomocí funkce řešitel v programu Excel, proměnnou byla teplota vzduchu místnosti θ_u a výpočet byl ukončen, jakmile byly tepelné toky v rovnosti. Výsledné teploty vzduchu nevytápěných prostor jsou shrnuty v tabulce 2.5. Výpočet je shrnut v příloze 2.

Tabulka 2.5 Teploty vzduchu nevytápěných prostor

Číslo místnosti	Účel místnosti	Vnitřní teplota nevytápěné místnosti
		θ_u [°C]
102	Technická místnost	20
106	Spíž	19
301	Půda	0

2.2.3 MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM DO PROSTORŮ VYTÁPĚNÝCH NA ROZDÍLNOU TEPLOTU

Měrný tepelný tok prostupem do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu je dán rovnicí (2.13).

$$H_{T,ia} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ia,k} \text{ [W}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.13)$$

kde

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

Hodnota měrného tepelného toku prostupem do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu pro koupelnu 107 je dána dosazením plochy vnitřní stěny koupelny, plochy dveří, plochy stropu koupelny, korigovaného součinitele prostupu tepla stavební části a níže vypočteného teplotního opravného součinitele do rovnice (2.13).

$$H_{T,ia} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ia,k} = (26,28 + 2,36 + 5,13) \cdot 0,604 \cdot 0,103 = 2,06 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$$

Hodnota teplotního opravného činitele $f_{ia,k}$ je dána rovnicí (2.14).

$$f_{ia,k} = f_1 + f_2 \text{ [-]} \quad (2.14)$$

kde

f_1 [-] je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou

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

V případě tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního nevytápěného prostoru je hodnota f_1 dána rovnicí (2.15). A v případě výšky uvažovaného vytápěného prostoru menší než 4 m je hodnota $f_2 = 0$.

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{int,a}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]} \quad (2.15)$$

kde

$\theta_{int,a}$ [°C] je výpočtová teplota sousedního vytápěného prostoru

Vzorový výpočet teplotního opravného činitele pro koupelnu 107 je proveden dosazením vnitřní výpočtové teploty vytápěného prostoru z tabulky 1.1, teploty vzduchu sousedního vytápěného prostoru z tabulky 2.5 a venkovní výpočtové teploty do rovnice (2.15).

$$f_{ia,k} = \frac{24 - 20}{24 - (-15)} + 0 = 0,103 \text{ [-]}$$

2.2.4 MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM DO ZEMINY

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy je dán rovnicí (2.16).

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \text{ [W}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.16)$$

kde

$f_{\theta ann}$	[-]	je opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku
$U_{equiv,k}$	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	je ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemínou
$f_{ig,k}$	[-]	je teplotní opravný činitel
$f_{GW,k}$	[-]	je opravný činitel zohledňující vliv spodní vody

Hodnota měrného tepelného toku prostupem do zeminy pro koupelnu 107 je dána dosazením do rovnice (2.16).

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} = 1,45 \cdot 14,53 \cdot 0,208 \cdot 0,518 \cdot 1 = 2,27 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$$

Opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku je dán dle normy ČSN EN 12831-1, národní poznámkou 8, jako $f_{\theta ann} = 1,45$. Opravný činitel zohledňující vliv spodní vody, je $f_{GW,k} = 1$, pokud je hladina spodní vody více než 1 m pod úrovní základové desky, což je případ řešeného objektu. Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemínou je dán rovnicí (2.17).

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b+(c_1+B')^{n_1}+(c_2+z)^{n_2}+(c_3+U_k+\Delta U_{TB})^{n_3}} + d \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2.17)$$

kde

a, b, c, d, n	[-]	jsou parametry pro výpočet $U_{equiv,k}$ v závislosti na konkrétním případě
B'	[m]	je geometrický parametr podlahové desky
z	[m]	je hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy
U_k	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	je součinitel prostupu tepla stavební části, která je v kontaktu se zemínou

Parametry a, b, c, d, n pro výpočet $U_{equiv,k}$ jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831-1 [1].

Hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy, je u řešeného objektu rovna $z = 0$ m. Přírážka na vliv tepelných vazeb ΔU_{TB} je uvedena v kapitole 2.2.1. Hodnota $U_{equiv,k}$ pro ukázkový příklad koupelny 107 je rovna $U_{equiv,k} = 0,208 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Geometrický parametr podlahové desky B' je počítán podle rovnice (2.18). V případě řešeného objektu, je využito zjednodušení v případě B' a to, pokud je místnost dobře tepelně zaizolovaná, tzn. $U_{\text{floor}} \leq 0,5 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, lze počítat hodnotu geometrického parametru B' pro budovu jako celek. A následně tuto hodnotu využít u každé místnosti, která je dobře tepelně zaizolovaná. V případě řešeného objektu se jedná o všechny místnosti, které jsou v přímém kontaktu se zemínou.

$$B' = \frac{A_G}{0,5 \cdot P} [-] \quad (2.18)$$

kde

A_G	$[\text{m}^2]$	je plocha podlahové desky
P	$[\text{m}]$	je nechráněný obvod podlahové desky

Hodnota geometrického parametru B' pro řešený objekt je dána dosazením do rovnice (2.18).

$$B' = \frac{A_G}{0,5 \cdot P} = \frac{163,54}{0,5 \cdot 54,18} = 6,04 [-]$$

Teplotní opravný činitel $f_{ig,k}$ je dán rovnicí (2.19).

$$f_{ig,k} = f_1 + f_2 [-] \quad (2.19)$$

kde

f_1	$[-]$	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou
f_2	$[-]$	je opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části

V případě tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy je hodnota f_1 dána rovnicí (2.20). A v případě výšky uvažovaného vytápěného prostoru menší než 4 m je hodnota $f_2 = 0$ [1].

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{e,m}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-] \quad (2.20)$$

kde

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

V případě řešeného objektu v lokalitě Frýdek-Místek, začátku a konci otopného období při $\theta_{np,e} = 13 \text{ °C}$, dle normy ČSN EN 12831-1, národní přílohy NA.1, byla určena průměrná venkovní teplota za otopné období $\theta_{e,m} = 3,8 \text{ °C}$ [1].

Vzorový výpočet pro koupelnu 107 je uskutečněn dosazením do rovnice (2.19).

$$f_{ig,k} = \frac{24 - 3,8}{24 - (-15)} + 0 = 0,518 [-]$$

2.2.5 PŘEHLED VYPOČTENÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM

Přehled vypočtených tepelných ztrát prostupem jednotlivých místností je uveden v tabulce 2.6. Výpočty tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti jsou shrnuty v příloze 3.

Tabulka 2.6 Přehled vypočtených tepelných ztrát prostupem

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová tepelná ztráta prostupem konstrukcemi
		$\Phi_{T,i}$ [W]
101	Obývací pokoj + kuchyň	1214
102	Technická místnost	0
103	Předsíň	77
104	Pokoj pro hosty	324
105	Ložnice	335
106	Spíž	0
107	Koupelna	281
108	Chodba se schodištěm	71
201	Obývací pokoj	1126
202	Šatna	211
203	Pokoj	569
204	Pokoj	574
205	Koupelna	259
206	Chodba	19

2.3 TEPELNÁ ZTRÁTA NUCENÝM ROVNOTLAKÝM VĚTRÁNÍM

Existují tři typy nuceného větrání objektu – přetlakové (nevyužívá se u rodinných domů), rovnotlaké a podtlakové. Podtlakové větrání je typické odvodem znečištěného vzduchu z toalety, koupelny, kuchyně atd. a přívodem čerstvého vzduchu skrze větrací otvory v konstrukcích. Rovnotlaké nucené větrání je hojně využíváno u novostaveb rodinných domů. Jedná se o systém zapojení, který umožňuje přívod čerstvého vzduchu a odvod znečištěného vzduchu pomocí ventilátorů, aniž by vznikala tlaková diference mezi vnitřním a venkovním prostředím. Velikou výhodou rovnotlakého nuceného větrání je možnost použití zpětného získávání tepla a tím snížení energetické náročnosti budovy. Z tohoto důvodu, bylo zvoleno nucené rovnotlaké větrání a v této kapitole je proveden výpočet tepelných ztrát větráním. Návrhová tepelná ztráta větráním je dána normou ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3 [1].

Tepelná ztráta větráním pro dané místnosti je dána rovnicí (2.21). Při stanovení této tepelné ztráty se uvažuje maximální hodnota mezi objemovým průtokem venkovního vzduchu přiváděného do místnosti obálkou budovy a velkými otvory a minimálním objemovým průtokem vzduchu místnosti zmenšeným o objemový průtok vzduchu přiváděným do místnosti pro technické systémy. Tento člen je násoben rozdílem vnitřní a venkovní teploty, dalším členem je objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti násobený rozdílem vnitřní teploty a teploty přiváděného vzduchu, po tom, co projde zpětným získáváním tepla. Poslední člen je dán objemovým průtokem vzduchu přestupujícího do místnosti (i) ze sousední místnosti (j) a je násoben rozdílem teplot v místnostech (i) a (j).

$$\Phi_{V,i} = \rho_{vz} \cdot c_p \cdot \left[\max\{q_{V,env,i} + q_{V,open,i}; f_{i-z} \cdot q_{V,min,i} - q_{V,tech,i}\} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) + q_{V,sup,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{rec,z}) + q_{V,transfer,ij} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{transfer,ij}) \right] \text{ [W]} \quad (2.21)$$

kde

$\Phi_{V,i}$	[W]	je tepelná ztráta větráním místnosti
ρ_{vz}	[kg·m ⁻³]	je hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$
c_p	[Wh·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	je měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$
$q_{V,env,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	je objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy
$q_{V,open,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	je objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti velkými otvory v obálce budovy - v řešeném případě se nepředpokládají velké otvory v obálce budovy, tudíž: $q_{V,open,i} = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
f_{i-z}	[-]	je poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností, které jsou součástí uvažované zóny a výsledným objemovým průtokem vzduchu zóny - dle normy pro 2 a více místnosti v zóně: $f_{i-z} = 0,5$ [-]

$q_{v,min,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je minimální objemový průtok vzduchu místnosti
$q_{v,tech,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy
$q_{v,sup,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti
$\theta_{rec,z}$	$[^{\circ}C]$	je teplota vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde zpětným získáváním tepla a, pokud je instalován, pasivním přehřevem
$q_{v,transfer,ij}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)
$\theta_{transfer,ij}$	$[^{\circ}C]$	je teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)

Pro účely výpočtu tepelných ztrát lze považovat měrnou tepelnou kapacitu vzduchu c_p a hustotu vzduchu ρ za konstantní [1]. Jejich součin je uveden v rovnici (2.22).

$$\rho \cdot c_p = 1,2 \cdot 0,28 \doteq 0,34 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1} \quad (2.22)$$

Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy je dán rovnicí (2.23).

$$q_{v,env,i} = \frac{q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot \min\{q_{v,env,z}; q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}\} + \frac{q_{v,env,z} - q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot q_{v,leak+ATD,i} \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (2.23)$$

kde

$q_{v,inf-add,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny
$q_{v,env,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy
$q_{v,leak+ATD,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$f_{dir,z}$	$[-]$	je činitel orientace zóny - dle normy: $f_{dir,z} = 2$ $[-]$

Vzorový výpočet objemového průtoku venkovního vzduchu přiváděného do místnosti 104 obálkou budovy je dán dosazením do rovnice (2.23).

$$q_{v,env,i} = \frac{q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot \min\langle q_{v,env,z}; q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z} \rangle +$$

$$\frac{q_{v,env,z} - q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot q_{v,leak+ATD,i} = \frac{171,42}{171,42} \cdot \min\langle 171,42; 14,05 \cdot 2 \rangle +$$

$$\frac{171,42 - 171,42}{171,42} \cdot 14,05 = 28,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny je dán rovnicí (2.24).

$$q_{v,inf-add,z} = (q_{env,50} \cdot A_{env,z} + q_{v,ATD,50,z}) \cdot f_{qv,z} \cdot f_{e,z} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.24)$$

kde

$q_{env,50}$	$[\text{m}^3 \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})]$	je měrná průvzdušnost obálky budovy při rozdílu tlaků 50 Pa Dle normy: předpoklad – zkouška vzduchotěsnosti bude po dokončení stavby provedena, požadavky na vzduchotěsnost: vysoká úroveň - $q_{env,50} = 2 \text{ m}^3 \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$
$A_{env,z}$	$[\text{m}^2]$	je obálka větrací zóny
$q_{v,ATD,50,z}$	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	je objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa
$f_{qv,z}$	$[-]$	je číselný koeficient objemového průtoku - dle normy: pro výšku zóny $5\text{m} < \Delta h_z \leq 10\text{m}$, více než jednu venkovní fasádu a žádné stínění: $f_{qv,z} = 0,07 [-]$
$f_{e,z}$	$[-]$	je opravný číselný koeficient zohledňující dodatečný rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním - dle normy v případě rovnotlakého větrání: $f_{e,z} = 1 [-]$

Vzorový výpočet objemového průtoku vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděného do větrací zóny je dán dosazením do rovnice (2.24).

$$q_{v,inf-add,z} = (q_{env,50} \cdot A_{env,z} + q_{v,ATD,50,z}) \cdot f_{qv,z} \cdot f_{e,z} = (2 \cdot 518,29 + 1412,22) \cdot 0,07 \cdot 1 = 171,42 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Obálka větrací zóny je dána rovnicí (2.25).

$$A_{env,z} = \sum_i A_{env,i} \text{ [m}^2] \quad (2.25)$$

kde

$\sum_i A_{env,i}$	$[\text{m}^2]$	je součet ploch povrchů obálek všech místností náležících do uvažované zóny
--------------------	----------------	---

Součet ploch povrchů obálek všech místností náležících do uvažované zóny je dán rovnicí (2.26).

$$A_{env,i} = \sum_k A_k \text{ [m}^2\text{]} \quad (2.26)$$

kde

$\sum_k A_k$ [m²] je součet ploch povrchů všech stavební částí (k) náležících do místnosti (i), které oddělují uvažovaný prostor od venkovního prostředí a od nevytápěných prostor

Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa je dán rovnicí (2.27).

$$q_{v,ATD,50,z} = q_{v,ATD,design,z} \cdot \left(\frac{50 \text{ [Pa]}}{\Delta p_{ATD,design,z}} \right)^{V_{leak,z}} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]} \quad (2.27)$$

kde

$q_{v,ATD,design,z}$ [m³·h⁻¹] je návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do zóny (z)

$\Delta p_{ATD,design,z}$ [Pa] je návrhový rozdíl tlaků koncových vzduchotechnických zařízení ve větrací zóně (z), dle normy: $\Delta p_{ATD,design,z} = 4 \text{ Pa}$

$V_{leak,z}$ [-] je tlakový exponent netěsností, dle normy: $V_{leak,z} = 0,67$ [-]

Vzorový výpočet objemového průtoku vzduchu přiváděného do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa je dán dosazením do rovnice (2.27).

$$q_{v,ATD,50,z} = q_{v,ATD,design,z} \cdot \left(\frac{50 \text{ [Pa]}}{\Delta p_{ATD,design,z}} \right)^{V_{leak,z}} = 260 \cdot \left(\frac{50}{4} \right)^{0,67} = 1412,22 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy je dán rovnicí (2.28).

$$q_{v,env,z} = \max \{ q_{v,exh,z} + q_{v,comb,z} - q_{v,sup,z}; 0 \} + q_{v,inf-add,z} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]} \quad (2.28)$$

kde

$q_{v,exh,z}$ [m³·h⁻¹] je objemový průtok vzduchu odváděný z větrací zóny

$q_{v,comb,z}$ [m³·h⁻¹] je objemový průtok spalovacího vzduchu nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného vzduchu přiváděný do větrací zóny – v řešeném případě: $q_{v,comb,z} = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$q_{v,sup,z}$ [m³·h⁻¹] je objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny

Vzorový výpočet objemového průtoku vzduchu přiváděného do větrací zóny obálkou budovy je dán dosazením do rovnice (2.28).

$$q_{v,env,z} = \max \langle 260 + 0 - 260; 0 \rangle + 171,42 = 171,42 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny je dán rovnicí (2.29).

$$q_{v,sup,z} = \sum_i q_{v,sup,i} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.29)$$

kde

$q_{v,sup,i}$ [m³/h] je objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti (i)

Vzorový výpočet objemového průtoku vzduchu přiváděného do větrací zóny je dán dosazením do rovnice (2.29).

$$q_{v,sup,z} = \sum_i q_{v,sup,i} = 75 + 25 + 35 + 75 + 25 + 25 = 260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními je dán rovnicí (2.30).

$$q_{v,leak+ATD,i} = q_{v,leak,z} \cdot \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + q_{v,ATD,z} \cdot \frac{q_{v,ATD,design,i}}{q_{v,ATD,design,z}} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.30)$$

kde

$q_{v,leak,z}$ [m³·h⁻¹] je objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) netěsnostmi

$q_{v,ATD,z}$ [m³·h⁻¹] je objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními

$q_{v,ATD,design,i}$ [m³·h⁻¹] je návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti (i)

Vzorový výpočet objemového průtoku vzduchu přiváděného do místnosti 104 netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními je dán dosazením do rovnice (2.30).

$$q_{v,leak+ATD,i} = q_{v,leak,z} \cdot \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + q_{v,ATD,z} \cdot \frac{q_{v,ATD,design,i}}{q_{v,ATD,design,z}} = =$$

$$72,56 \cdot \frac{32,44}{518,29} + 98,86 \cdot \frac{25}{260} = 14,05 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) netěsnostmi je dán rovnicí (2.31)

$$q_{v,leak,z} = (1 - a_{ATD,z}) \cdot q_{v,env,z} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.31)$$

kde

$a_{ATD,z}$ [-] je autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně (z)

Vzorový výpočet objemový průtok venkovního vzduchu přiváděného do větrací zóny (z) netěsnostmi je dán dosazením do rovnice (2.31).

$$q_{v,leak,z} = (1 - a_{ATD,z}) \cdot q_{v,env,z} = (1 - 0,577) \cdot 171,42 = 72,56 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně je dána rovnicí (2.32).

$$a_{ATD,z} = \frac{q_{v,ATD,50,z}}{q_{v,ATD,50,z} + q_{env,50} \cdot A_{env,z}} [-] \quad (2.32)$$

Vzorový výpočet autority koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně byl proveden dosazením do rovnice (2.32).

$$a_{ATD,z} = \frac{q_{v,ATD,50,z}}{q_{v,ATD,50,z} + q_{env,50} \cdot A_{env,z}} = \frac{1412,22}{1412,22 + 2 \cdot 518,29} = 0,577 [-]$$

Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními je dán rovnicí (2.33).

$$q_{v,ATD,z} = a_{ATD,z} \cdot q_{v,env,z} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.33)$$

Vzorový výpočet objemového průtok venkovního vzduchu přiváděného do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními je dán dosazením do rovnice (2.33).

$$q_{v,ATD,z} = a_{ATD,z} \cdot q_{v,env,z} = 0,577 \cdot 171,42 = 98,86 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy je dán rovnicí (2.34).

$$q_{v,tech,i} = \max\{q_{v,sup,i} + q_{v,transfer,ij}; q_{v,exh,i} + q_{v,comb,i}\} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2.34)$$

kde

$q_{v,exh,i}$ [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] je objemový průtok vzduchu odváděný z místnosti

$q_{v,comb,i}$ [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] je objemový průtok spalovacího vzduchu nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného vzduchu přiváděného do místnosti - v řešeném případě: $q_{v,comb,i} = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Vzorový výpočet objemového průtok vzduchu přiváděného do místnosti pro technické systémy pro místnost 104 byl proveden dosazením do rovnice (2.34).

$$q_{v,tech,i} = \max\{q_{v,sup,i} + q_{v,transfer,ij}; q_{v,exh,i} + q_{v,comb,i}\} = \max\{25 + 0; 0 + 0\} = 25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Minimální objemový průtok vzduchu místnosti je dán rovnicí (2.35).

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]} \quad (2.35)$$

kde

$n_{min,i}$ [h⁻¹] je minimální intenzita větrání místnosti (i) – pro místnosti určené k pobytu: $n_{min,i} = 0 \text{ h}^{-1}$

V_i [m³] je vnitřní objem místnosti (i)

Dle normy ČSN EN 15665 - Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov – je nutno dbát také na doporučenou dávku venkovního čerstvého vzduchu na osobu, která je 25 m³·h⁻¹ na osobu. Norma rovněž stanovuje minimální dávku venkovního čerstvého vzduchu na osobu, která je 15 m³·h⁻¹ na osobu [8]. U místností je proto nutno zkontrolovat přiváděné množství čerstvého vzduchu, případně toto množství upravit v souladu s výše uvedenou normou. Vzorový výpočet minimálního objemového průtoku na základě objemu místnosti byl proveden pro místnost 104 dosazením do rovnice (2.35).

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i = 0,5 \cdot 43,31 = 21,66 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Minimální objemový průtok pro místnost 104 byl zvolen 25 m³·h⁻¹.

Souhrn jednotlivých objemových průtoků čerstvého vzduchu pro dané místnosti je uveden v tabulce 2.7.

Tabulka 2.7 Souhrn jednotlivých objemových průtoků čerstvého vzduchu pro dané místnosti

Číslo místnosti	Účel	Minimální objemový průtok vzduchu dle rovnice (2.35)	Minimální objemový průtok vzduchu podle počtu osob	Doporučený objemový průtok vzduchu podle počtu osob	Zvolený objemový průtok vzduchu
		$q_{v,min,i}$	$q_{v,min,osoby, \text{minimální}}$	$q_{v,min,osoby, \text{doporučený}}$	$q_{v,sup,i}$
		[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]
101	Obývací pokoj + kuchyň	76	60	100	75
104	Pokoj pro hosty	22	15	30	25
105	Ložnice	36	30	50	35
201	Obývací pokoj	76	60	100	75
203	Pokoj	32	15	25	25
204	Pokoj	37	15	25	25

Teplota vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde zpětným získáváním tepla a, pokud je instalován, pasivním předehevem je dána rovnicí (2.36).

$$\theta_{rec,z} = \theta_{e,x} + \eta_{ZZT} \cdot (\theta_{exh,z} - \theta_{e,x}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2.36)$$

kde

$\theta_{e,x}$ [°C] je teplota venkovního vzduchu po průchodu pasivním přehřevem

η_{ZZT} [-] je účinnost zpětného získávání tepla

$\theta_{exh,z}$ [°C] je teplota vzduchu odváděného ze zóny (z)

Byl zvolen pasivní přehřev teploty od firmy Systemair CB 150/1,2 230V/1. Topná spirála ohříváče je z nerezové oceli. Teplota venkovního vzduchu pro návrhové podmínky po průchodu pasivním přehřevem je dána výrobcem a je rovna $\theta_{e,x} = -2,9$ °C. Účinnost zpětného získávání tepla je 90 %. Vzorový výpočet byl proveden dosazením do rovnice (2.36).

$$\theta_{rec,z} = \theta_{e,x} + \eta_{ZZT} \cdot (\theta_{exh,z} - \theta_{e,x}) = -2,9 + 0,9 \cdot (21,69 - (-2,9)) = 19,23 \text{ °C}$$

Teplota vzduchu odváděného ze zóny (z) je dána rovnicí (2.37).

$$\theta_{exh,z} = \frac{\sum_i (q_{v,exh,i} \cdot \theta_{int,i})}{q_{v,exh,z}} \text{ [°C]} \quad (2.37)$$

Výpočet teploty vzduchu, který je odváděn ze zóny byl proveden dosazením do rovnice (2.37).

$$\theta_{exh,z} = \frac{\sum_i (q_{v,exh,i} \cdot \theta_{int,i})}{q_{v,exh,z}} = \frac{\sum_i (75 \cdot 20 + 60 \cdot 24 + 75 \cdot 20 + 50 \cdot 24)}{260} = 21,69 \text{ °C}$$

Vzorový výpočet tepelné ztráty větráním pro místnost 104 byl proveden dosazením do rovnice (2.21).

$$\begin{aligned} \Phi_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot [& \max\langle q_{V,env,i} + q_{V,open,i}; f_{i-z} \cdot q_{V,min,i} - \\ & q_{V,tech,i} \rangle \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) + q_{V,sup,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{rec,z}) + \\ & q_{V,transfer,ij} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{transfer,ij})] = 0,34 \cdot [\max\langle 28,1 + \\ & 0; 0,5 \cdot 25 - 25 \rangle \cdot (20 - (-15)) + 25 \cdot (20 - 19,23) + 0 \cdot \\ & (20 - 20)] = 340,8 \text{ W} \end{aligned}$$

V následující tabulce jsou uvedeny tepelné ztráty nuceným větráním jednotlivých místností. Souhrn všech výpočtů tepelné ztráty nuceným větráním objektu pro dané místnosti je uveden v příloze 4.

Tabulka 2.8 Tepelné ztráty nuceným větráním jednotlivých místností

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová tepelná ztráta nuceným větráním
		$\Phi_{V,i}$ [W]
101	Obývací pokoj + kuchyň	1085
102	Technická místnost	0
103	Předsíň	30
104	Pokoj pro hosty	341
105	Ložnice	482
106	Spíž	0
107	Koupelna	175
108	Chodba se schodištěm	71
201	Obývací pokoj	1060
202	Šatna	74
203	Pokoj	411
204	Pokoj	419
205	Koupelna	142
206	Chodba	21

2.4 SOUHRN TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

V následující tabulce je uveden souhrn tepelných ztrát objektu, který zahrnuje tepelné ztráty vstupem konstrukcemi a tepelné ztráty nuceným rovnotlakým větráním objektu.

Tabulka 2.9 Souhrn tepelných ztrát objektu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová tepelná ztráta vstupem konstrukcemi	Návrhová tepelná ztráta nuceným větráním	Celková návrhová tepelná ztráta
		$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	Φ_C
		[W]	[W]	[W]
101	Obývací pokoj + kuchyň	1214	1085	2299
102	Technická místnost	0	0	0
103	Předsíň	77	30	107
104	Pokoj pro hosty	324	341	665
105	Ložnice	335	482	817
106	Spíž	0	0	0
107	Koupelna	281	175	456
108	Chodba se schodištěm	71	71	142
201	Obývací pokoj	1126	1060	2186
202	Šatna	211	74	285
203	Pokoj	569	411	980
204	Pokoj	574	419	993
205	Koupelna	259	142	401
206	Chodba	19	21	40
Suma návrhových tepelných ztrát		5060	4311	9371

3 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY

V rámci návrhu otopné soustavy byl zpracován návrh zdrojů tepla, návrh podlahového vytápění, dále také výpočet tlakových ztrát soustavy, následně bylo provedeno zaregulování soustavy a byl proveden návrh prvků otopné soustavy jako např. oběhová čerpadla, expanzní nádoba, pojistný ventil. Výkresová dokumentace je v příloze 10. Výkres rozvinutého schématu obsahuje schéma akumulární nádrže a tepelného čerpadla Regulus [9], převzatý z katalogu výrobce a rovněž schéma teplovodního krbu BEF [10], také převzatého z katalogu výrobce.

3.1 VOLBA ZDROJŮ TEPLA

3.1.1 PRIMÁRNÍ ZDROJ TEPLA

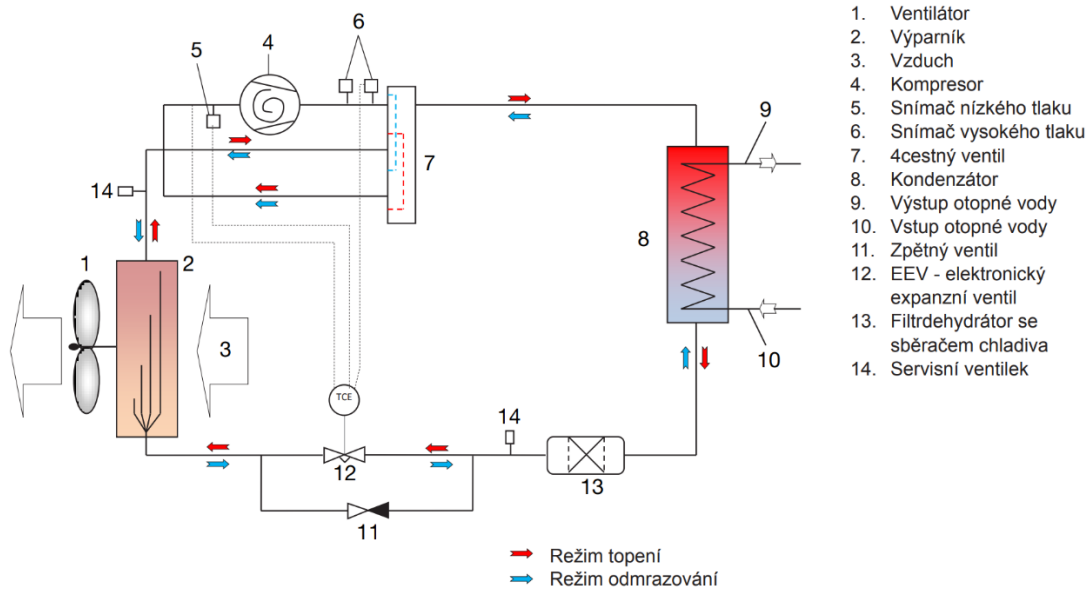
Primárním zdrojem bylo zvoleno tepelné čerpadlo firmy Regulus monoblok EcoAir 410. Tepelné čerpadlo má topný výkon až 11,5 kW, maximální výstupní teplota je 65 °C. Tepelné čerpadlo je napojeno přímo na akumulární nádobu, která se nachází v technické místnosti 102. Výhodou tohoto tepelného čerpadla je funkce odmrazování pomocí přehřátých par. V případě nutnosti odmrazení se zastaví ventilátor, čtyřcestný ventil změni směr proudění a přehřáté páry chladiva proudí do výparníku. Jakmile dojde k odmrazení, znovu se zapne ventilátor, přehřáté páry chladiva proudí do kondenzátoru a tepelné čerpadlo funguje v normálním provozu. Schéma tepelného čerpadla je na obrázku 6. Požadovaný teplotní spád tepelného čerpadla je kvůli volbě otopné soustavy s podlahovým vytápěním 45/35 °C. Tepelné čerpadlo bylo navrženo tak, aby bylo mírně poddimenzováno pro případ řešeného objektu. Při venkovní teplotě -15 °C je výkon tepelného čerpadla 5,22 kW což je nedostatečné na pokrytí tepelných ztrát objektu. Z tohoto důvodu je akumulární nádoba osazena dvěma topnými tělesy 1f s termostatickou hlavicí, typu D od firmy Regulus (každé těleso o výkonu 3 kW), které v případě nevyužívání sekundárního zdroje tepla doplňují výkon tepelného čerpadla. Tento krok byl zvolen z ekonomického důvodu a to, aby při vyšších venkovních teplotách nedocházelo k častému vypínání a zapínání tepelného čerpadla a k následnému snižování životnosti. Topná tělesa na akumulární nádobě jsou řízena na základě venkovní teploty a jejich spuštění případně vypnutí udává graf bivalentní křivky tepelného čerpadla – obrázek 7.



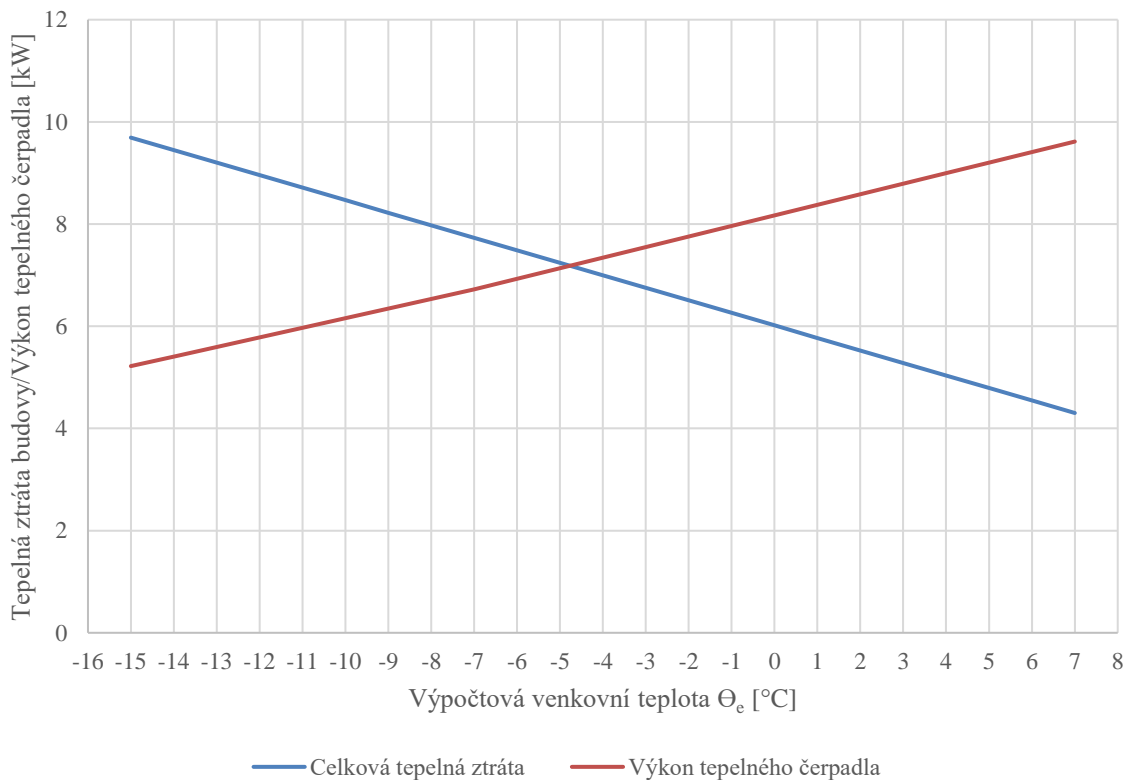
Obr. 4 Tepelné čerpadlo EcoAir 410 [38]



Obr. 5 Topné těleso 1f typ D [37]



Obr. 6 Schéma tepelného čerpadla [9]



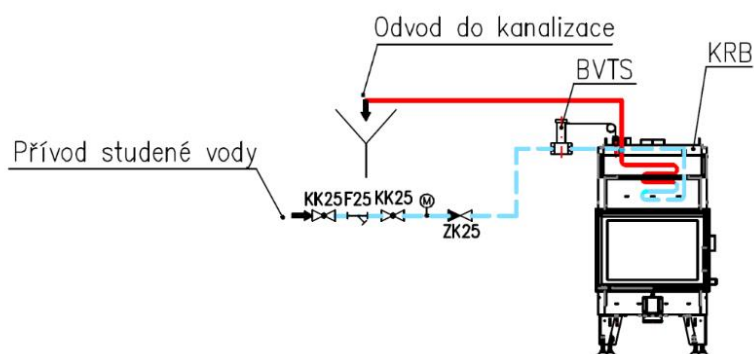
Obr. 7 Bivalentní křivka tepelného čerpadla [9]

3.1.2 SEKUNDÁRNÍ ZDROJ TEPLA

Jako sekundární zdroj tepla byl zvolen teplovodní krb BEF AQUATIC WH 70 – obrázek 8. Krb je umístěn v místnosti 101, v části obývacího pokoje. Je napojen přímo na akumulační nádrž pro efektivní využití výkonu. Tepelný výkon krbu do vody je 8 kW a do prostoru 2 kW. Výrobce uvádí účinnost spalování v krbu 87 %. Jako palivo jsou využívána buková polena. Spotřeba paliva je v tomto případě 3 kg/h. Jako ochrana proti přehřátí je instalována bezpečnostní dochlazovací smyčka, která je využita například v případě, že dojde k výpadku elektrické energie a přestane fungovat oběhové čerpadlo. Pokud stoupne teplota v krbu nad 95 °C začne proudit dochlazovací smyčkou studená voda, která odvede přebytečnou energii do odpadní jímky. Spuštění proudění studené vody smyčkou je uskutečněno skrze ventil BVTS – viz schéma na obrázku 9. Ke krbu je vedeno potrubí pro přívod vzduchu pod podlahou místnosti 101 a je vyústěno na fasádu domu. Odvod spalin je zajištěn kouřovodem, který vede na střechu domu.



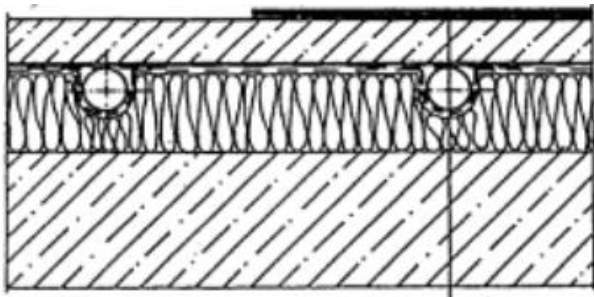
Obr. 9 BEF AQUATIC WH 70
[10]



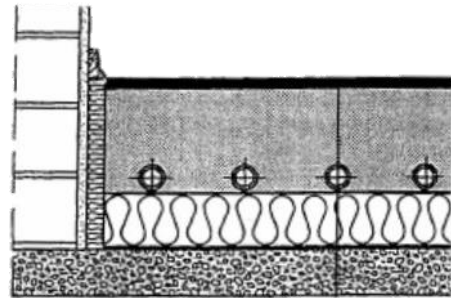
Obr. 8 Schéma zapojení bezpečnostní dochlazovací
smyčky krbu

3.2 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Hlavním zdrojem tepla ve vytápěných místnostech bylo zvoleno teplovodní podlahové vytápění. Teplovodní soustavy s podlahovým vytápěním se liší podle způsobu montáže na suchý způsob a mokrý způsob [11]. U suchého způsobu jsou trubky ukládány do kovových roštů, nebo desek z tvrdé tepelné izolace, pro zachování polohy otopného hada. Mezi výhody suchého způsobu patří například možnost uvedení do provozu ihned po instalaci. Není nutné dodržovat čas na vyzrání betonu, který je u mokrého způsobu obvykle udáván výrobcem. Mokrý způsob montáže je uskutečněn zalitím trubek v cementové vrstvě, případně anhydridové vrstvě – případ řešeného objektu, skrze níž dochází k rozvodu tepla.

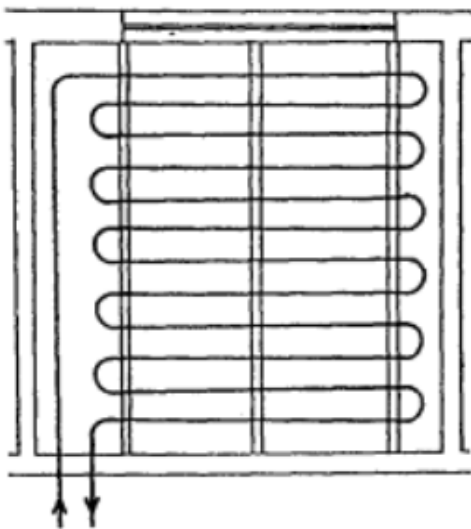


Obr. 10 Suchý způsob montáže podlahového vytápění [31]

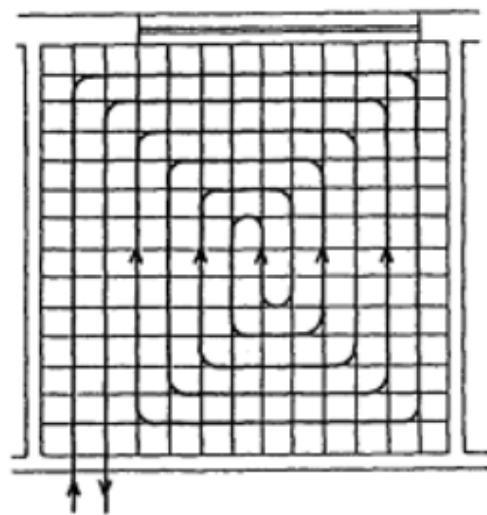


Obr. 11 Mokrý způsob montáže podlahového vytápění [32]

Podlahové vytápění lze také rozlišit podle způsobu pokládání otopného hada. Ten může být pokládán buď ve tvaru spirály, nebo ve tvaru meandru. U spirály je hlavní výhodou rovnoměrnost teploty podlahy, kdežto meandrový způsob pokládky je charakteristický nerovnoměrností teploty podlahy, která ve směru proudění klesá. Výhodný tento způsob pokládky může být například u místností, u nichž je nutno z jedné strany dodat více tepla.



Obr. 12 Meandrový způsob pokládky otopného hada [33]



Obr. 13 Spirálový způsob pokládky otopného hada [34]

3.2.1 VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Návrh podlahového vytápění byl proveden pomocí Topenářské příručky 3 [11]. V řešeném případě bude pokládka otopného hada uskutečněna mokrým způsobem ve tvaru spirály. Vzorový výpočet podlahového vytápění bude proveden pro místnost 104. Výpočet střední povrchové teploty podlahové plochy je uveden v rovnici (3.1). Tato teplota je omezena hygienickými limity, které udávají její maximální hodnotu pro různé místnosti. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1 Přehled hygienických limitů pro střední povrchovou teplotu

Typ místnosti	Střední povrchová teplota
	t_p
	[°C]
Místnosti pro trvalý pobyt lidí – např. obývací pokoj, pracovna atd.	29
Místnosti, kde lidé chodí převážně bosí – např. koupelna	35

$$t_p = \theta_{int,i} + \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - \theta_{int,i}) \cdot \frac{tgh\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.1)$$

kde

$\theta_{int,i}$	[°C]	je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
Λ_a	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	je tepelná propustnost vrstvy nad trubkami
Λ_b	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	je tepelná propustnost vrstvy pod trubkami
α_p	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	je součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy
t_m	[°C]	je průměrná hodnota přívodní a zpětné teploty teplotonosné látky
m	[m ⁻¹]	je charakteristické číslo podlahy
l	[m]	je rozteč potrubí

Vzorový výpočet pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.1).

$$t_p = \theta_{int,i} + \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - \theta_{int,i}) \cdot \frac{tgh\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} = 20 + \frac{4,48}{12} \cdot (38 - 20) \cdot \frac{tgh\left(6,31 \cdot \frac{0,3}{2}\right)}{6,31 \cdot \frac{0,3}{2}} = 25,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami je dána rovnicí (3.2).

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (3.2)$$

kde

- a [m] je tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek
- λ_a [W·m⁻¹·K⁻¹] je součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek

Konstrukce podlahy nad osou trubek včetně tlouštěk jednotlivých vrstev a součinitelů tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pro podlahu v místnosti 104 je uvedena v tabulce 3.2. U části místnosti 101 a místnosti 201, 203 a 204 je místo plovoucí podlahy koberec. U koupelen 107 a 205 je na anhydridové podlaže položena keramická dlažba. Výpočet jednotlivých tepelných propustností konstrukcí podlah pro dané místnosti je uveden v příloze 5.

Tabulka 3.2 Složení podlahy 1.NP nad osou trubek

Složení podlahy 1.NP nad osou trubek			
Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
		d	λ
		[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
6M	Plovoucí podlaha	12	0,133
5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,200

Hodnota součinitele přestupu tepla na povrchu podlahy je rovna $\alpha_p = 12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ [11].

Vzorový výpočet tepelné propustnosti vrstvy nad trubkami pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.2).

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} = \frac{1}{\frac{0,012}{0,1333} + \frac{0,06}{1,2} + \frac{1}{12}} = 4,48 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami je dána rovnicí (3.3).

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_p'}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (3.3)$$

kde

- b [m] je tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek
- λ_b [W·m⁻¹·K⁻¹] je součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek
- α_p' [W·m⁻²·K⁻¹] je součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy

Konstrukce podlahy pod osou trubek včetně tloušťek jednotlivých vrstev a součinitelů tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pro podlahu v 1. nadzemním podlaží je shodná pro všechny místnosti a je uvedena v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3 Složení podlahy 1.NP pod osou trubek

Složení podlahy 1.NP pod osou trubek			
Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
		d	λ
		[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
4M	Systémová deska	10	0,035
3M	Izolace Rockwool steprock HD	30	0,037
2M	Isover EPS 100Z	100	0,037
12M	Hydroizolace PENEFOL 750	2	0,035
1M	Betonová deska	150	1,300

V případě podlahy v patře, je nutno ještě počítat s hodnotou součinitele přestupu tepla na spodní straně podlahy, která je $\alpha_p' = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ [11]. U podlahy v přízemí, což je i případ vzorového výpočtu se člen s α_p' zanedbává.

Vzorový výpočet tepelné propustnosti vrstvy pod trubkami pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.3).

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_p'}} = \frac{1}{\frac{0,01}{0,035} + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,002}{0,035} + \frac{0,15}{1,3} + 0} = 0,24 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Charakteristické číslo podlahy je dáno rovnicí (3.4).

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d_{out}}} \text{ [m}^{-1}\text{]} \quad (3.4)$$

kde

λ_d [W·m⁻¹·K⁻¹] je součinitel tepelné vodivosti materiálu, v němž jsou trubky zalaty

d_{out} [m] je vnější průměr trubky

Vzorový výpočet charakteristického čísla podlahy pro místnost 104 je proveden dosazením do rovnice (3.4).

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d_{out}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (4,48 + 0,244)}{\pi^2 \cdot 1,2 \cdot 0,02}} = 6,31 \text{ m}^{-1}$$

Potrubí pro podlahové vytápění bylo zvoleno od firmy GIACOMINI – vícevrstvá trubka 20x2 PEX/AL/PEX [12]. Potrubí je zobrazeno na obrázku 14.



Obr. 14 Vícevrstvá trubka 20x2 PEX/AL/PEX – GIACOMINI [12]

Měrný tepelný výkon podlahy směrem nahoru je dán rovnicí (3.5).

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (t_p - \theta_{int,i}) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3.5)$$

kde

\dot{q} $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$ je měrný tepelný výkon podlahy směrem nahoru

Vzorový výpočet měrného tepelného výkonu podlahy směrem nahoru pro místnost 104 je proveden dosazením do rovnice (3.5).

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (t_p - \theta_{int,i}) = 12 \cdot (25,24 - 20) = 62,84 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Měrný tepelný výkon podlahy směrem dolů je dán rovnicí (3.6).

$$\dot{q}' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_p'}{\Lambda_a} \cdot (t_p - \theta_{int,i}) + \Lambda_b \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{int,i}') \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3.6)$$

kde

$\theta_{int,i}'$ $[\text{°C}]$ je teplota místnosti, případně zeminy pod řešenou místností

\dot{q}' $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$ je měrný tepelný výkon podlahy směrem dolů

Vzorový výpočet měrného tepelného výkonu podlahy směrem dolů pro místnost 104 je proveden dosazením do rovnice (3.6). Teplota přilehlé zeminy byla stanovena normou ČSN EN 12831-1 a je rovna $\theta_{int,i}' = 5 \text{ °C}$ [1].

$$\begin{aligned} \dot{q}' &= \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_p'}{\Lambda_a} \cdot (t_p - \theta_{int,i}) + \Lambda_b \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{int,i}') = 0,244 \cdot \\ &\frac{8}{4,48} \cdot (25,24 - 20) + 0,244 \cdot (20 - 5) = 5,95 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

Tepelný výkon okrajové zóny je dán rovnicí (3.7).

$$\dot{Q}_o = \dot{Q}_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \frac{0,448 \cdot l}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad [\text{W}] \quad (3.7)$$

kde

\dot{Q}_o [W] je tepelný výkon okrajové zóny

\dot{Q}_p [W] je tepelný výkon otopné plochy

O_p [m] je obvod krajních trubek

S_p [m²] je plocha ohraničená krajními trubkami

Vzorový výpočet tepelného výkonu okrajové zóny pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.7).

$$\dot{Q}_o = \dot{Q}_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \frac{0,448 \cdot l}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} = 671,5 \cdot \frac{13,24}{10,69} \frac{0,448 \cdot 0,3}{\operatorname{tgh}\left(6,31 \cdot \frac{0,3}{2}\right)} = 151,37 \text{ W}$$

Tepelný výkon otopné plochy je dán rovnicí (3.8).

$$\dot{Q}_p = \dot{q} \cdot S_p \quad [\text{W}] \quad (3.8)$$

kde

Vzorový výpočet tepelného výkonu otopné plochy pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.8).

$$\dot{Q}_p = \dot{q} \cdot S_p = 62,84 \cdot 10,69 = 671,5 \text{ W}$$

Plocha ohraničená krajními trubkami je dána rovnicí (3.9).

$$S_p = (A - 2 \cdot r) \cdot (B - 2 \cdot r) \quad [\text{m}^2] \quad (3.9)$$

kde

A [m] je šířka místnosti

B [m] je délka místnosti

r [m] je šířka okraje

Vzorový výpočet plochy ohraničené krajními trubkami pro místnost 104:

$$S_p = (A - 2 \cdot r) \cdot (B - 2 \cdot r) = (4,55 - 2 \cdot 0,36) \cdot (3,53 - 2 \cdot 0,36) = 10,69 \text{ m}^2$$

Šířka okraje je dána rovnicí (3.10).

$$r = \frac{2,3}{m} \text{ [m]} \quad (3.10)$$

Vzorový výpočet šířky okraje pro místnost 104:

$$r = \frac{2,3}{m} = \frac{2,3}{6,31} = 0,36 \text{ m}$$

Obvod krajních trubek je dán rovnicí (3.11).

$$O_p = 2 \cdot [(A - 2 \cdot r) + (B - 2 \cdot r)] \text{ [m]} \quad (3.11)$$

Vzorový výpočet obvodu krajních trubek pro místnost 104:

$$O_p = 2 \cdot [(A - 2 \cdot r) + (B - 2 \cdot r)] = 2[(4,55 - 2 \cdot 0,36) + (3,53 - 2 \cdot 0,36)] = 13,24 \text{ m}$$

Plocha zastavěná nábytkem je dána rovnicí (3.12).

$$S_n = \frac{S_{n\%}}{100} \cdot S \text{ [m}^2\text{]} \quad (3.12)$$

kde

$S_{n\%}$ [%] je procento plochy zabírané nábytkem

S [m²] je plocha místnosti

Pro místnost 104 je procento plochy zabírané nábytkem rovno $S_{n\%} = 30 \%$. Vzorový výpočet plochy zastavěné nábytkem je dán dosazením do rovnice (3.12).

$$S_n = \frac{S_{n\%}}{100} \cdot S = \frac{30}{100} \cdot 16,04 = 4,81 \text{ m}^2$$

Plocha místnosti je dána rovnicí (3.13).

$$S = A \cdot B \text{ [m}^2\text{]} \quad (3.13)$$

Vzorový výpočet plochy místnosti pro místnost 104:

$$S = A \cdot B = 4,55 \cdot 3,53 = 16,04 \text{ m}^2$$

Skutečný výkon předávaný do místnosti je dán rovnicí (3.14).

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_o + \dot{Q}_p - 0,5 \cdot S_n \cdot \dot{q} \text{ [W]} \quad (3.14)$$

kde

\dot{Q}_C [W] je skutečný výkon předávaný do místnosti

Vzorový výpočet pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.14).

$$\begin{aligned} \dot{Q}_c &= \dot{Q}_o + \dot{Q}_p - 0,5 \cdot S_n \cdot \dot{q} = 151,37 + 671,5 - 0,5 \cdot 4,81 \cdot \\ 62,84 &= 671,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Celkový tepelný příkon otopné vody je dán rovnicí (3.15).

$$\dot{Q}_{PC} = (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_p \text{ [W]} \quad (3.15)$$

kde

\dot{Q}_{PC} [W] je tepelný příkon otopné vody

Vzorový výpočet celkového tepelného příkonu otopné vody pro místnost 104:

$$\dot{Q}_{PC} = (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_p = (62,84 + 5,95) \cdot 10,69 = 735,04 \text{ W}$$

Délka otopného hada je dána rovnicí (3.16).

$$L_{oh} = \frac{S_p}{l} + L_p \text{ [m]} \quad (3.16)$$

kde

L_p [m] je délka přípojky smyčky

Vzorový výpočet pro místnost 104 je dán dosazením do rovnice (3.16). Délka přípojky otopného hada u místnosti 104 je rovna $L_p = 4,6$ m.

$$L_{oh} = \frac{S_p}{l} + L_p = \frac{10,69}{0,3} + 4,6 = 40,22 \text{ m}$$

Shrnutí jednotlivých výkonů podlahového vytápění pro dané smyčky je uvedeno v tabulce 3.4. Výpočet výkonů jednotlivých smyček pro dané místnosti je uveden v příloze 6.

Tabulka 3.4 Shrnutí jednotlivých výkonů podlahového vytápění

Rozdělovač	Číslo místnosti	Označení smyčky	Povrchová teplota nášlapné vrstvy	Celkový tepelný příkon otopné vody	Skutečný výkon předávaný do místnosti
			t_p	\dot{Q}_{PC}	\dot{Q}_C
			[°C]	[W]	[W]
A	101	1-A	23,8	619	617
		1-B	25,2	932	936
		1-C	25,2	747	743
	104	2	25,2	735	672
	105	3	26,0	889	822
	107	4	28,8	520	528
B	201	5-A	25,0	786	814
		5-B	25,0	786	814
		5-C	25,0	625	688
	203	6	25,0	1009	1056
	204	7	24,5	1049	1072
	205	8	28,8	479	477

Vytápění v místnostech, které nejsou pobytové a mají velmi nízkou tepelnou ztrátu, je provedeno podlahovým vytápěním skrze přípojky hlavních smyček podlahového vytápění. Byla určena potřebná délka přípojky, která prochází místností a dodává potřebný výkon pro pokrytí tepelné ztráty dané místnosti. Konkrétně se jedná o místnosti 103 – Předsíň, 108 – Chodba se schodištěm, 202 – Šatna a 206 – Chodba. Výpočet tepelných výkonů dodávaných v těchto místnostech je uveden v příloze 7.

3.2.2 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Výpočet tlakových ztrát podlahového vytápění byl proveden podle Topenářské příručky 3 [11]. Celková tlaková ztráta Δp_z ve smyčce podlahového vytápění je dána součtem tlakových ztrát délkových Δp_{zl} a tlakových ztrát místních Δp_{zm} . Tento výpočet je uveden v rovnici (3.17). Vzorový výpočet tlakových ztrát smyčky je proveden pro místnost 104. Výpočet tlakových ztrát pro dané místnosti je uveden v příloze 6.

$$\Delta p_{z-p} = \Delta p_{zl-p} + \Delta p_{zm-p} \quad [\text{Pa}] \quad (3.17)$$

kde

Δp_{z-p} [Pa] je celková tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění

Δp_{zl-p} [Pa] je délková tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění

Δp_{zm-p} [Pa] je místní tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění

Vzorový výpočet tlakových ztrát Δp_z smyčky pro místnost 104:

$$\Delta p_{z-p} = \Delta p_{zl-p} + \Delta p_{zm-p} = 581,12 + 738,88 = 1320 \text{ Pa}$$

VÝPOČET DÉLKOVÝCH TLAKOVÝCH ZTRÁT

Délkové tlakové ztráty jsou dány rovnicí (3.18).

$$\Delta p_{zl-p} = L_{oh} \cdot \frac{\lambda}{d_{in}} \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (3.18)$$

kde

L_{oh}	[m]	je délka otopného hada – dána rovnicí (3.16)
λ	[-]	je součinitel ztráty třením
d_{in}	[m]	je vnitřní průměr trubky
w_s	[m·s ⁻¹]	je rychlost proudění otopné vody
ρ	[kg·m ⁻³]	je hustota otopné vody

Vzorový výpočet délkových tlakových ztrát pro smyčku v místnosti 104 je dán dosazením do rovnice (3.18). Zvolené potrubí GIACOMINI – vícevrstvá trubka 20x2 PEX/AL/PEX [12] má vnitřní průměr $d_{in} = 16 \text{ mm}$.

$$\Delta p_{zl-p} = L_{oh} \cdot \frac{\lambda}{d_{in}} \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \rho = 40,22 \cdot \frac{0,0385}{0,016} \cdot \frac{0,11^2}{2} \cdot 995 = 581,12 \text{ Pa}$$

Součinitel ztráty třením λ se počítá rozdílně v závislosti na hodnotě Reynoldsova čísla Re . Reynoldsovo číslo je dáno rovnicí (3.19).

$$Re = \frac{w_s \cdot l_{char}}{\nu} \text{ [-]} \quad (3.19)$$

kde

l_{char}	[m]	je charakteristický rozměr
ν	[m ² ·s ⁻¹]	je kinematická viskozita vody

Rychlost proudění otopné vody ve smyčce je dána rovnicí (3.20).

$$w_s = \frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot d_{in}^2} \text{ [m·s}^{-1}\text{]} \quad (3.20)$$

kde

\dot{m}	[kg·s ⁻¹]	je hmotnostní tok trubkou
-----------	-----------------------	---------------------------

Vzorový výpočet pro smyčku v místnosti 104 je proveden dosazením do rovnice (3.20).

$$w_s = \frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot d_{in}^2} = \frac{4 \cdot 0,022}{\pi \cdot 995 \cdot 0,016^2} = 0,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hmotnostní tok trubkou je dán rovnicí (3.21).

$$\dot{m} = \frac{Q_{PC} \cdot 3600}{c \cdot \Delta t} \text{ [kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.21)$$

kde

Q_{PC} [W] je celkový tepelný příkon otopné vody – dle rovnice (3.15)

c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] je měrná tepelná kapacita vody – $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Δt [K] je teplotní spád smyčky podlahové vytápění – $\Delta t = 8 \text{ K}$

Vzorový výpočet hmotnostního toku trubkou pro místnost 104:

$$\dot{m} = \frac{Q_{PC}}{c \cdot \Delta t} = \frac{735,04}{4180 \cdot 8} = 0,022 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

V řešeném případě podlahového vytápění je charakteristickým rozměrem l_{char} vnitřní průměr potrubí d_{in} . Kinematická viskozita vody je $\nu = 3,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. Vzorový výpočet Reynoldsova čísla pro smyčku v místnosti 104 je proveden dosazením do rovnice (3.19).

$$Re = \frac{w_s \cdot l_{char}}{\nu} = \frac{0,11 \cdot 0,016}{3,86 \cdot 10^{-7}} = 4554,32 [-]$$

Pokud je hodnota Re menší než 2320 jedná se o oblast laminárního proudění a součinitel ztráty třením λ je dán rovnicí (3.22).

$$\lambda = \frac{64}{Re} [-] \quad (3.22)$$

kde

Re [-] je Reynoldsovo číslo

Pokud je hodnota Re větší než 2320, ale zároveň menší než 4000 jedná se o oblast přechodovou mezi laminárním a turbulentním prouděním, součinitel ztráty třením λ je dán rovnicí (3.23) – jedná se o interpolaci krajních hodnot [11].

$$\lambda = \lambda_{2320} + \frac{\lambda_{4000} - \lambda_{2320}}{4000 - 2320} \cdot (Re - 2320) [-] \quad (3.23)$$

kde

λ_{2320} [-] je součinitel ztráty třením pro $Re = 2320$

λ_{4000} [-] je součinitel ztráty třením pro $Re = 4000$

Pokud je hodnota Re větší než 4000, jedná se o oblast plně rozvinutého turbulentního proudění, součinitel ztráty třením λ je dán Colebrookovou rovnicí (3.24) a je určován iteračně [11].

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 \cdot d_{in}} \right) [-] \quad (3.24)$$

kde

k [m] je drsnost potrubí – dána výrobcem a rovna $k = 0,006$ m [12]

V řešeném případě smyčky v místnosti 104 je hodnota Reynoldsova čísla větší než 4000 a proto byla hodnota součinitele ztráty třením určena pomocí funkce řešitel v programu Excel. Hodnota součinitele ztráty třením je $\lambda = 0,0385$ [-].

VÝPOČET MÍSTNÍCH TLAKOVÝCH ZTRÁT

Místní tlakové ztráty Δp_{zm-p} jsou dány rovnicí (3.25).

$$\Delta p_{zm-p} = \sum \xi \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (3.25)$$

kde

$\sum \xi$ [-] je suma součinitelů místních tlakových ztrát

Vzorový výpočet místních tlakových ztrát smyčky v místnosti 104 je dán dosazením do rovnice (3.25).

$$\Delta p_{zm-p} = \sum \xi \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \rho = \sum 123,03 \cdot \frac{0,11^2}{2} \cdot 995 = 738,88 \text{ Pa}$$

Suma součinitelů místních tlakových ztrát $\sum \xi$ je dána rovnicí (3.26).

$$\sum \xi = 2(n - 1) \cdot \xi_\varphi [-] \quad (3.26)$$

kde

n [-] je počet ohybů spirály

ξ_φ [-] je součinitel místní ztráty pro ohyb potrubí

Vzorový výpočet sumy součinitelů místních tlakových ztrát pro smyčku v místnosti 104 je dán dosazením do rovnice (3.26).

$$\sum \xi = 2 \cdot (n - 1) \cdot \xi_\varphi = 2 \cdot (31 - 1) \cdot 2,05 = 123,03 [-]$$

Součinitel místní ztráty pro ohyb potrubí ξ_φ je dán rovnicí (3.27).

$$\xi_\varphi = \xi_{90} \sqrt{\left(\frac{\varphi}{90}\right)^3} [-] \quad (3.27)$$

kde

ξ_{90}	[-]	je součinitel místní ztráty pro ohyb 90°
φ	[-]	je úhel ohybu potrubí – u spirály 90°

Vzorový výpočet součinitele místní ztráty pro ohyb potrubí ve smyčce místnosti 104 je dán dosazením do rovnice (3.27).

$$\xi_{\varphi} = \xi_{90} \cdot \sqrt{\left(\frac{\varphi}{90}\right)^3} = 2,05 \cdot \sqrt{\left(\frac{90}{90}\right)^3} = 2,05 [-]$$

Součinitel místní ztráty pro ohyb 90° ξ_{90} je dán rovnicí (3.28).

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{l}{d_{in}} [-] \quad (3.28)$$

kde

l	[m]	je rozteč potrubí
d_{in}	[m]	je vnitřní průměr trubky

Vzorový výpočet součinitele místní ztráty pro ohyb 90° byl proveden dosazením do rovnice (3.28).

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{l}{d_{in}} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{0,3}{0,016} = 2,05 [-]$$

Počet ohybů spirály n je dán rovnicí (3.29).

$$n = \frac{A}{l} \cdot 2 [-] \quad (3.29)$$

kde

A	[m]	je šířka místnosti
-----	-----	--------------------

Vzorový výpočet počtu ohybů spirály pro smyčku v místnosti 104 byl proveden dosazením do rovnice (3.29).

$$n = \frac{A}{l} \cdot 2 = \frac{4,55}{0,3} \cdot 2 \doteq 31 [-]$$

3.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH TLAKOVÝCH ZTRÁT VE SMYČKÁCH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Tabulka 3.5 Přehled vypočtených tlakových ztrát ve smyčkách podlahového vytápění

Rozdělovač	Číslo místnosti	Označení smyčky	Délková tlaková ztráta	Místní tlaková ztráta	Celková tlaková ztráta
			Δp_{zl-p}	Δp_{zm-p}	Δp_{z-p}
			[Pa]	[Pa]	[Pa]
A	101	1-A	297	848	1145
		1-B	1357	1504	2861
		1-C	894	967	1860
	104	2	581	739	1320
	105	3	1437	1381	2819
	107	4	221	305	526
B	201	5-A	1145	1456	2601
		5-B	1435	1456	2891
		5-C	353	924	1277
	203	6	2344	2136	4481
	204	7	2277	2055	4332
	205	8	221	373	594

Součinitel ztráty třením λ je počítán dle rovnice (3.24) a jeho hodnota je určena pomocí funkce řešitel v programu Excel. Pro připojovací potrubí k prvkům otopné soustavy byla zvolena měděná trubka s drsností $k = 0,006$ m. Hodnota součinitele ztráty třením pro tento případ je rovna $\lambda = 0,0265$ [-].

Vzorové dosazení pro potrubí č. 2:

$$\Delta p_{zl} = l_t \cdot \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d_{in}^5} = 1,2 \cdot \frac{0,811 \cdot 0,0265 \cdot 0,145^2}{995 \cdot 0,025^5} = 56,43 \text{ [Pa]}$$

Hmotnostní průtok trubkou č. 2 je dán celkovým tepelným příkonem otopné vody, který je nutné přivést do rozvaděče A. Tento vztah je uveden v rovnici (3.31).

$$\dot{m} = \frac{(\sum Q_{PC})}{c \cdot \Delta t} \text{ [kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.31)$$

Vzorový výpočet pro potrubí č. 2:

$$\dot{m} = \frac{(\sum Q_{PC})}{c \cdot \Delta t} = \frac{4862,38}{4180,8} = 0,145 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY PŘIPOJOVACÍHO POTRUBÍ

Místní tlakové ztráty jsou počítány podle rovnice (3.32).

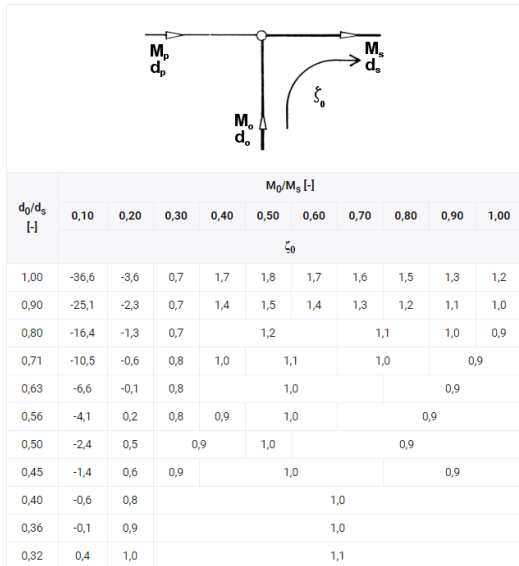
$$\Delta p_{zm} = \rho \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \sum \xi \text{ [Pa]} \quad (3.32)$$

Rychlost proudění otopné vody ve smyčce je dána rovnicí (3.20). Vzorový výpočet je proveden pro potrubí č. 2:

$$w_s = \frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot d_{in}^2} = \frac{4 \cdot 0,145}{\pi \cdot 995 \cdot 0,025^2} = 0,298 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

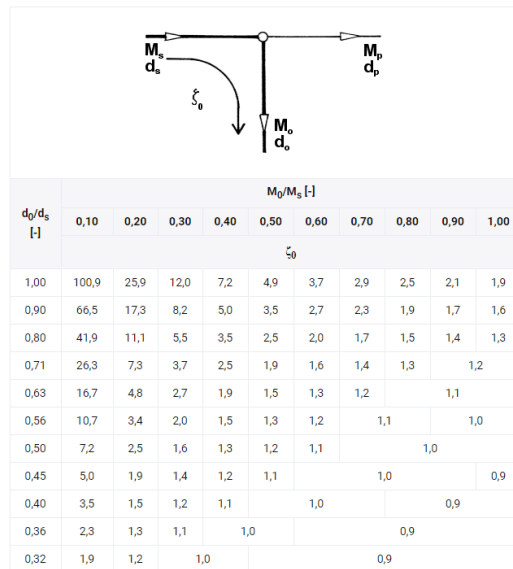
Suma součinitelů místních tlakových ztrát $\sum \xi$ je dána součtem jednotlivých prvků, které místní tlakovou ztrátu vytvářejí – kolena, T-kusy, napojení na nádobu atd. Tyto prvky a výpočet ξ je dán následujícími obrázky.

T-kus pravouhlý, odbočka ζ_0 - spojení



Obr. 16 T-kus spojení [35]

T-kus pravouhlý, odbočka ζ_0 - rozdělení



Obr. 17 T-kus rozdělení [35]

	Koleno	DN	ζ
		10 - 15	2,00
		20 - 25	1,50
		32 - 40	1,00
	Napojení potrubí na • rozdělovač • sběrač • nádobu	1,00	
		50 a více	0,50

Obr. 18 Koleno, napojení na rozdělovač/sběrač [36]

V řešeném případě pro potrubí č.2 se jedná o místní tlakovou ztrátu v třech kolenech $\xi = 3 \cdot 1,5 = 4,5$, dále místní tlaková ztráta v T-kusu odbočka – rozdělení $\xi = 2,5$. Tudíž $\sum \xi = 7$. Přehled hodnot součinitelů místních ztrát je uveden v příloze 8.

Vzorový výpočet místních tlakových ztrát pro potrubí č. 2:

$$\Delta p_{zm} = \rho \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \sum \xi = 995 \cdot \frac{0,298^2}{2} \cdot 7 = 308,65 \text{ Pa}$$

Souhrn tlakových ztrát přípojovacího potrubí je uveden v tabulce 3.6.

Tabulka 3.6 Souhrn tlakových ztrát přípojovacího potrubí podlahového vytápění

Číslo úseku	Hmotnostní průtok	Průměr potrubí	Délka úseku	Délková tlaková ztráta	Místní tlaková ztráta	Celková tlaková ztráta
	\dot{m}	d	l_t	Δp_{z1-p}	Δp_{zm-p}	Δp_z
	[kg·h ⁻¹]	[mm]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	1102	32	0,22	12	73	85
2	524	25	1,2	56	309	365
3	524	25	1,2	56	309	365
4	1102	32	0,22	12	73	85
5	578	25	6,5	364	538	902
6	578	25	6,5	364	538	902

3.2.5 TLAKOVÁ ZTRÁTA TŘÍCESTNÉHO VENTILU ČERPADLOVÉ SKUPINY PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Čerpadlová skupina byla zvolena od firmy Herz – Směšovaná čerpadlová skupina PUMPFIX CONSTANT DN25 [13]. Výrobce udává hodnotu průtokového součinitele $K_v = 5,83 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Z něj je následně určena tlaková ztráta třícestného ventilu podlahového vytápění dle rovnice (3.33).

$$\Delta p_{pupmfix-p} = \frac{\rho \cdot 10^6}{\left(\frac{K_v \cdot 100}{Q}\right)^2} [\text{Pa}] \quad (3.33)$$

kde

K_v [m³·h⁻¹] je průtokový součinitel

Q [m³·h⁻¹] je objemový průtok vody podlahového vytápění

Vzorový výpočet tlakové ztráty třícestného ventilu je proveden dosazením do rovnice (3.33).

$$\Delta p_{pupmfix-p} = \frac{\rho}{\left(\frac{K_v \cdot 100}{Q}\right)^2} = \frac{995 \cdot 10^6}{\left(\frac{5,83 \cdot 100}{1,10}\right)^2} = 3553,27 \text{ Pa}$$



Obr. 19 PUMPFIX CONSTANT DN25 [13]

3.2.6 HYDRAULICKÁ REGULACE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Pro podlahové vytápění byl zvolen 6-ti okruhový rozdělovač/sběrač nerez od firmy Herz – obrázek 20. Zaregulování soustavy je provedeno pomocí regulační armatury, na níž je nastavován počet otáček pro zvětšení tlakové ztráty. Počet otáček byl určen podle nomogramu na obrázku 21. Cílem bylo, aby všechny okruhy měly stejnou tlakovou ztrátu, proto výchozím bodem regulace byl okruh s největší tlakovou ztrátou, včetně tlakové ztráty přípojky rozvaděče od akumulární nádoby. Souhrn tlakových ztrát je uveden v tabulce 3.7.



Obr. 20 Rozdělovač/sběrač Herz - 6-ti okruhový [48]

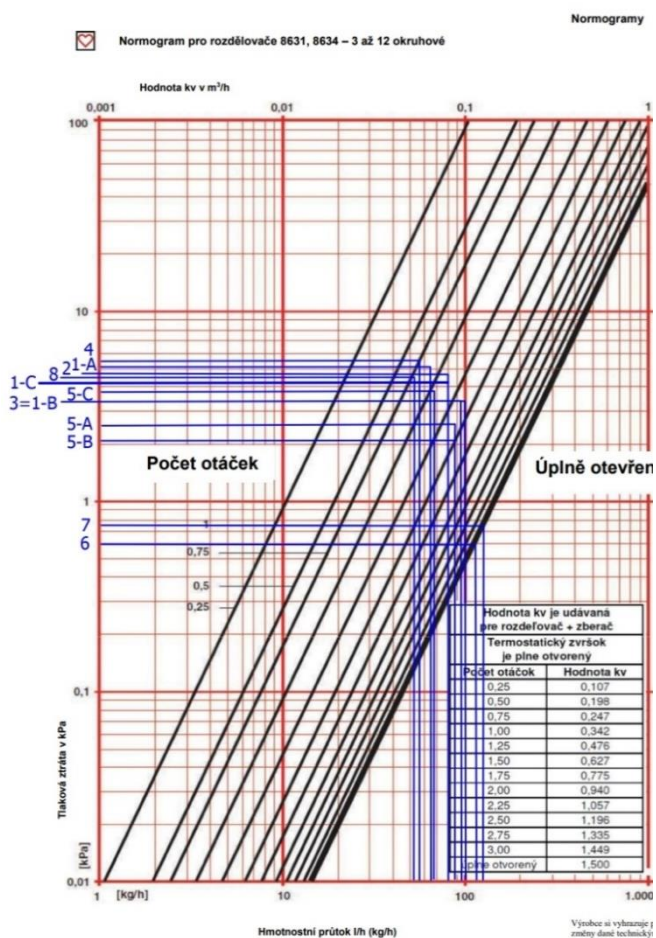
Tabulka 3.7 Souhrn tlakových ztrát podlahového vytápění

Rozdělovač	Číslo místnosti	Označení smyčky	Tlaková ztráta smyčky	Tlaková ztráta přípojovacího potrubí	Tlaková ztráta třicestného ventilu	Celková tlaková ztráta
			Δp_{z-p}	Δp_z	$\Delta p_{pupmfix-p}$	Δp_z
			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
A	101	1-A	1145	899	3553	5598
		1-B	2861			314
		1-C	1860			6313
	104	2	1320			5773
	105	3	2819			7271
107	4	526	4978			
B	201	5-A	2601	1974		8129
		5-B	2891			8418
		5-C	1277		6804	
	203	6	4481		10008	
	204	7	4332		9859	
	205	8	594		6121	

Zaregulování bylo provedeno pro smyčku 6 v místnosti 203 a je shrnuto v tabulce 3.8.

Tabulka 3.8 Zaregulování podlahového vytápění

Rozdělovač	Označení smyčky	Celková tlaková ztráta	Hmotnostní průtok trubkou	Nastavení tlakové ztráty	Tlaková ztráta po zaregulování	Počet otáček
		Δp_z	\dot{m}	Δp_{z-reg}	$\Delta p_{z-zareg}$	$n_{otáček}$
		[Pa]	[kg·h ⁻¹]	[Pa]	[Pa]	[-]
A	1-A	5598	66,6	5010	10608	0,85
	1-B	7314	100,3	3295	10609	1,40
	1-C	6313	80,4	4295	10608	1,15
	2	5773	79,1	4835	10608	1,15
	3	7271	95,7	3340	10611	1,35
	4	4978	56,0	5630	10608	0,75
B	5-A	8129	87,3	2480	10609	1,35
	5-B	8418	87,3	2190	10608	1,50
	5-C	6804	69,5	3800	10604	1,00
	6	10008	111,7	600	10608	Plně otevřený
	7	9859	115,7	750	10609	Plně otevřený
	8	6121	52,7	4490	10611	0,75

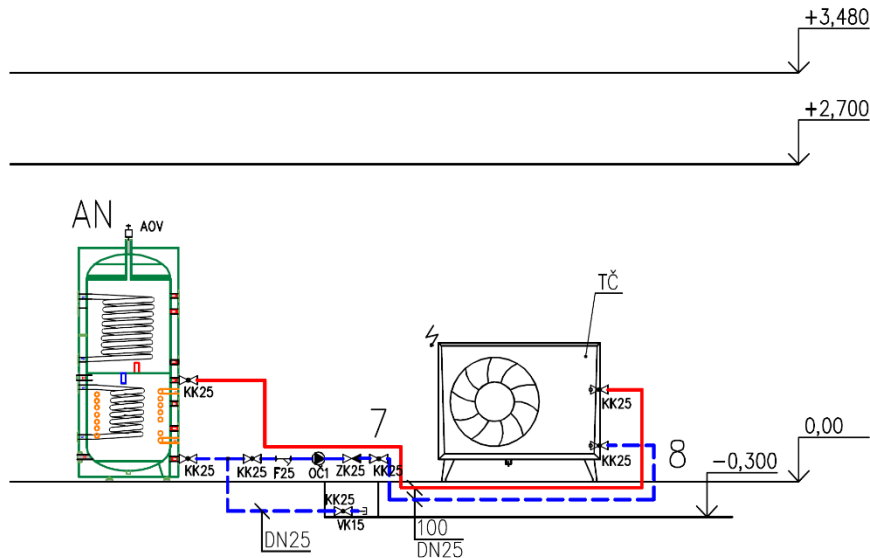


Obr. 21 Nomogram pro rozdělovače Herz [15]

3.3 VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPELNÉHO ČERPADLA

Následující obrázek je rozvinutým schématem zapojení okruhu tepelného čerpadla včetně číslování potrubí.

Výpočet tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla byl proveden podle rovnice (3.34). Přehled výpočtů tlakových ztrát jednotlivých kusů potrubí je uveden v příloze 8.



Obr. 22 Rozvinuté schéma zapojení tepelného čerpadla

$$\Delta p_{z-t\check{c}} = \Delta p_{zl-t\check{c}} + \Delta p_{zm-t\check{c}} + \Delta p_{t\check{c}} \text{ [Pa]} \quad (3.34)$$

kde

$\Delta p_{z-t\check{c}}$ [Pa] je celková tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla

$\Delta p_{zl-t\check{c}}$ [Pa] je délková tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla

$\Delta p_{zm-t\check{c}}$ [Pa] je místní tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla

$\Delta p_{t\check{c}}$ [Pa] je tlaková ztráta výměníku tepelného čerpadla

Vzorové dosazení pro výpočet tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla bylo provedeno dosazením do rovnice (3.34).

$$\Delta p_{z-t\check{c}} = 830,56 + 1750,06 + 1450 = 4030,63 \text{ Pa}$$

DÉLKOVÉ TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPELNÉHO ČERPADLA

Pro připojení tepelného čerpadla k akumulární nádobě byla zvolena měděná trubka s drsností $k = 0,006$ m. Hodnota součinitele ztráty třením pro tento případ je rovna $\lambda = 0,0237$. Vzorové dosazení pro připojovací potrubí č. 7 tepelného čerpadla je provedeno dosazením do rovnice (3.30). Rovnici je nutno vynásobit 2, protože stejnou délkovou tlakovou ztrátu bude mít i potrubí č. 8.

$$\Delta p_{zl-tč} = 2 \cdot l_t \cdot \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d_{in}^5} = 2 \cdot 3,5 \cdot \frac{0,811 \cdot 0,0237 \cdot 0,245^2}{995 \cdot 0,025^5} = 830,56 \text{ [Pa]}$$

Hmotnostní průtok trubkou č. 7 je dán celkovým potřebným tepelným výkonem tepelného čerpadla – tzn. celkovým tepelným příkonem otopné vody z kapitoly 3.2.1, včetně tepelného výkonu předávaného do místností, které jsou vytápěny pouze přípojkami smyček podlahového vytápění.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{tč}}{c \cdot \Delta t} \text{ [kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.35)$$

kde

$\dot{Q}_{tč}$ [W] je tepelný výkon tepelného čerpadla

Vzorové výpočet pro potrubí č. 7 byl proveden dosazením do rovnice (3.35).

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{tč}}{c \cdot \Delta t} = \frac{10233,75}{4180 \cdot 10} = 0,245 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPELNÉHO ČERPADLA

Místní tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla byly vypočteny dosazením do rovnice (3.32). Rovnici je nutno vynásobit dvěma, protože stejnou místní tlakovou ztrátu bude mít jak potrubí č. 7, tak i potrubí č. 8. Hodnota součinitelů místních ztrát byla určena stejným způsobem jako v kapitole 3.2.4. Přehled hodnot součinitelů místních ztrát je uveden v příloze 8.

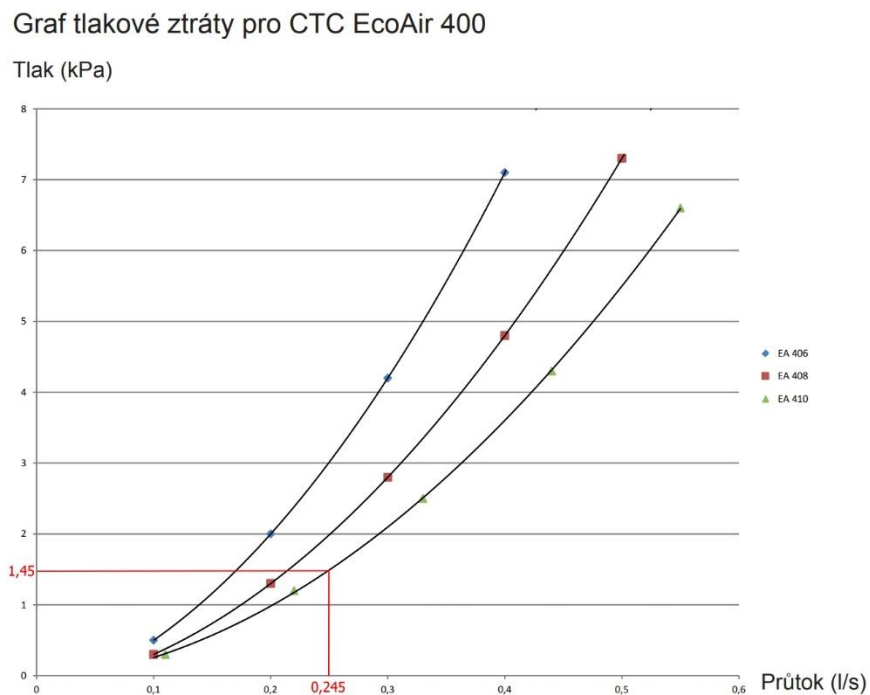
$$\Delta p_{zm-tč} = 2 \cdot \rho \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \sum \xi = 2 \cdot 995 \cdot \frac{0,501^2}{2} \cdot 7 = 1750,06 \text{ Pa}$$

Rychlost proudění otopné vody ve smyčce je dána rovnicí (3.20). Vzorový výpočet je proveden pro potrubí č. 7 (shodně i pro potrubí č. 8):

$$w_s = \frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot d_{in}^2} = \frac{4 \cdot 0,245}{\pi \cdot 995 \cdot 0,025^2} = 0,501 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

TLAKOVÁ ZTRÁTA VÝMĚNÍKU TEPELNÉHO ČERPADLA

Tlaková ztráta výměníku tepelného čerpadla je dána výrobcem a byla odečtena z grafu výrobce. Průtok výměníkem tepelného čerpadla EcoAir 410 je $Q_{tč} = 0,245 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Tlaková ztráta odečtená z grafu je rovna $\Delta p_{tč} = 1450 \text{ Pa}$.

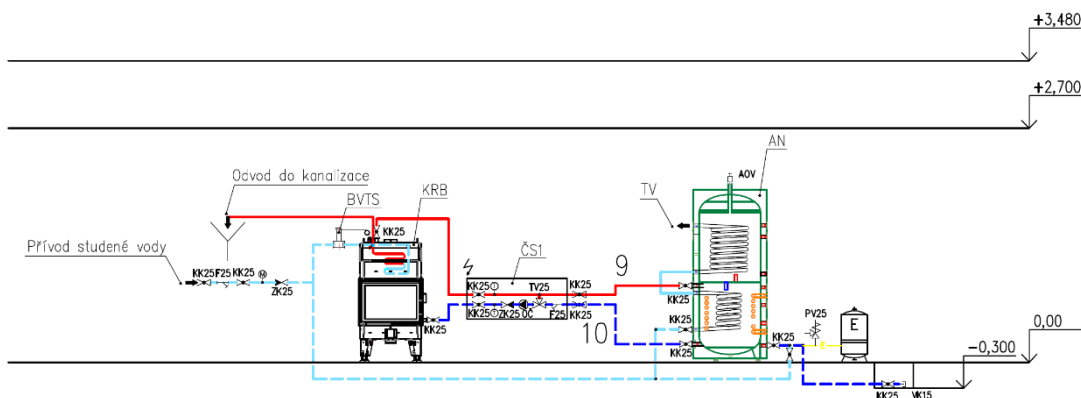


Obr. 23 Graf tlakové ztráty pro EcoAir [9]

3.4 VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPLOVODNÍHO KRBU

Následující obrázek je schématem zapojení okruhu teplovodního krbu včetně číslování potrubí.

Výpočet tlakové ztráty okruhu teplovodního krbu byl proveden podle rovnice (3.36).



Obr. 24 Rozvinuté schéma zapojení teplovodního krbu

$$\Delta p_{z-krb} = \Delta p_{zl-krb} + \Delta p_{zm-krb} + \Delta p_{pupmfix-krb} + \Delta p_{krb} \text{ [Pa]} \quad (3.36)$$

kde

Δp_{z-krb}	[Pa]	je celková tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
Δp_{zl-krb}	[Pa]	je délková tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
Δp_{zm-krb}	[Pa]	je místní tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
$\Delta p_{pupmfix-krb}$	[Pa]	je tlaková ztráta třicístného ventilu teplovodního krbu
Δp_{krb}	[Pa]	je tlaková ztráta výměníku teplovodního krbu

Vzorové dosazení pro výpočet tlakové ztráty okruhu teplovodního krbu bylo provedeno dosazením do rovnice (3.36).

$$\Delta p_{z-krb} = \Delta p_{zl-krb} + \Delta p_{zm-krb} + \Delta p_{pupmfix-krb} + \Delta p_{krb} = \\ 464,42 + 1318,5 + 1368,74 + 1300 = 4451,65 \text{ Pa}$$

DÉLKOVÉ TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPLOVODNÍHO KRBU

Délková tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu byla vypočítána podle rovnice (3.30). Přehled výpočtů tlakových ztrát jednotlivých kusů potrubí je uveden v příloze 8. Pro připojení teplovodního krbu k akumulární nádobě byla zvolena měděná trubka s drsností $k = 0,006$ m. Hodnota součinitele ztráty třením pro tento případ je rovna $\lambda = 0,0249$. Rovnici je nutno vynásobit dvěma, protože stejnou délkovou tlakovou ztrátu bude mít jak potrubí č. 9, tak i potrubí č. 10.

$$\Delta p_{zl-krb} = 2 \cdot l_t \cdot \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d_{in}^5} = 2 \cdot 3 \cdot \frac{0,811 \cdot 0,0249 \cdot 0,191^2}{980 \cdot 0,025^5} = 464,42 \text{ [Pa]}$$

Hmotnostní průtok trubkou č. 9 je dán celkovým tepelným výkonem teplovodního krbu do vody, který je dán výrobcem.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{krb}}{c \cdot \Delta t} \text{ [kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.37)$$

kde

\dot{Q}_{krb} [W] je tepelný výkon teplovodního krbu do vody

Vzorový výpočet pro potrubí č. 9 byl proveden dosazením do rovnice (3.37).

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{krb}}{c \cdot \Delta t} = \frac{8000}{4180 \cdot 10} = 0,191 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY OKRUHU TEPLOVODNÍHO KRBU

Místní tlakové ztráty okruhu teplovodního krbu byly vypočteny dosazením do rovnice (3.32). Rovnici je nutno vynásobit 2, protože stejnou místní tlakovou ztrátu bude mít jak potrubí č. 9, tak i potrubí č. 10. Hodnota součinitelů místních ztrát byla určena stejně jak v kapitole 3.2.4. Přehled hodnot součinitelů místních ztrát je uveden v příloze 8.

$$\Delta p_{zm-krb} = 2 \cdot \rho \cdot \frac{w_s^2}{2} \cdot \sum \xi = 2 \cdot 980 \cdot \frac{0,398^2}{2} \cdot 8,5 = 1318,5 \text{ Pa}$$

Rychlost proudění otopné vody ve smyčce je dána rovnicí (3.20). Vzorový výpočet je proveden pro potrubí č. 9 (shodně i pro potrubí č. 10):

$$w_s = \frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot d_{in}^2} = \frac{4 \cdot 0,191}{\pi \cdot 980 \cdot 0,025^2} = 0,398 \text{ ms}^{-1}$$

TLAKOVÁ ZTRÁTA TŘÍCESTNÉHO VENTILU TEPLOVODNÍHO KRBU

Čerpadlová skupina včetně třícestného ventilu teplovodního krbu je shodná s čerpadlovou skupinou podlahového vytápění z kapitoly 3.2.5. Vzorový výpočet tlakové ztráty třícestného ventilu teplovodního krbu je proveden dosazením do rovnice (3.33).

$$\Delta p_{pupmfix-krb} = \frac{\rho}{\left(\frac{K_v \cdot 100}{Q}\right)^2} = \frac{980 \cdot 10^6}{\left(\frac{5,83 \cdot 100}{0,689}\right)^2} = 1368,74 \text{ Pa}$$

TLAKOVÁ ZTRÁTA VÝMĚNÍKU TEPLOVODNÍHO KRBU

Tlaková ztráta výměníku teplovodního krbu je dána výrobcem a byla odečtena z grafu uváděného výrobcem. Průtok výměníkem teplovodního krbu je $Q_t = 0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Tlaková ztráta odečtená z grafu je rovna $\Delta p_{\text{krb}} = 1300 \text{ Pa}$.



Obr. 25 Závislost tlakové ztráty výměníku teplovodního krbu na objemovém průtoku vody [10]

3.5 PRVKY OTOPNÉ SOUSTAVY

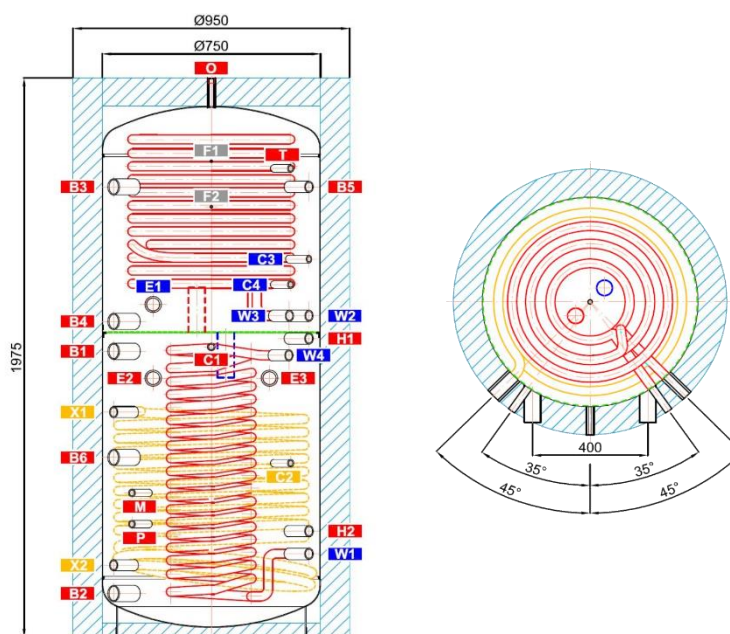
Tato kapitola se věnuje popisu a návrhu prvků otopné soustavy, jako např. akumulární nádrže, oběhových čerpadel, pojistného ventilu, expanzní nádoby atd.

3.5.1 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Součástí otopné soustavy je i akumulární nádrž. Ta je součástí systému, protože sníží počet startů tepelného čerpadla, zvýší tím jeho životnost a rovněž zvyšuje ekonomičnost celého otopného systému. Byla zvolena akumulární nádrž od firmy Regulus – Akumulární nádrž s nerezovým výměníkem TV HSK 750 PR z důvodu kombinace dvou zdrojů tepla, které mají odlišnou výstupní teplotu – tepelné čerpadlo a teplovodní krb. Tato nádrž je přímo navržena pro kombinaci kotle na tuhá paliva a tepelného čerpadla. Tato modifikace spočívá v tom, že nádrž obsahuje dělicí plech, který zvyšuje účinnost obnovitelných zdrojů tepla. Do spodní části nádrže je připojeno tepelné čerpadlo, do horní části teplovodní krb. Objem nádrže je 738 l a její součástí jsou rovněž dva nerezové trubkové výměníky pro přípravu teplé vody – tyto výměníky lze propojit. Do akumulární nádrže lze zapojit až tři elektrické topné spirály na doplnění výkonu tepelného čerpadla při nízkých teplotách. Na obrázku 27 je schéma akumulární nádoby včetně popisů jednotlivých otvorů. Přívodní topná voda od tepelného čerpadla bude napojena na otvor B1, vratná větev na otvor B2. Přívodní topná voda od krbu bude napojena na otvor B4, vratná větev ke krbu na otvor B6. V otvorech E2 a E3 budou elektrická topná tělesa pro doplnění výkonu tepelného čerpadla. Topná voda do podlahového vytápění bude připojena na otvor H1 a vratná větev z podlahového vytápění na otvor H2. Přívod vody pro přípravu teplé vody bude připojen na otvor W1. Otvor W4 bude propojen s otvorem W2 pro zvětšení výměníku na přípravu teplé vody. Otvor W3 bude výstup teplé vody. Akumulární nádrž bude umístěna v technické místnosti 102.



Obr. 27 Regulus HSK 750 PR [39]



Obr. 26 Schéma akumulární nádrže Regulus HSK 750 PR [39]

3.5.2 OBĚHOVÁ ČERPADLA

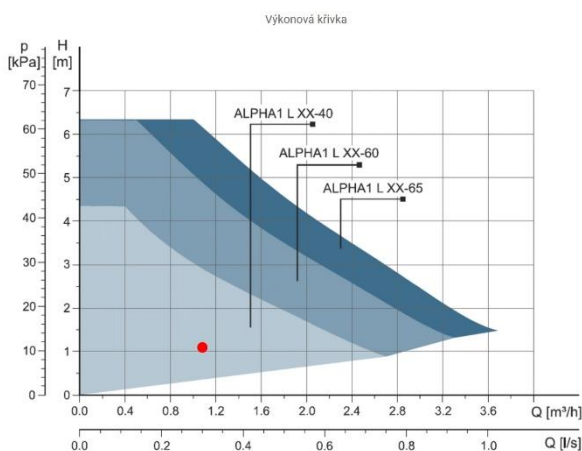
U otopných soustav, využívajících nucený oběh teplotnosné látky slouží k dopravě teplotnosné látky oběhová čerpadla. Jejich volba byla provedena na základě tlakové ztráty okruhu, maximálního průtoku teplotnosné látky, případně na dopravní výšce čerpadla. Volba oběhového čerpadla byla provedena pro okruh podlahového vytápění, okruh teplovodního krbu a okruh tepelného čerpadla.

Hodnoty pro návrh oběhového čerpadla okruhu podlahového vytápění jsou uvedeny v tabulce 3.9.

Tabulka 3.9 Návrh oběhového čerpadla okruhu podlahového vytápění

Návrh oběhového čerpadla okruhu podlahového vytápění			
Maximální průtok	Q	[m ³ ·h ⁻¹]	1,102
Tlaková ztráta okruhu	Δp_z	[Pa]	10611
Dopravní výška čerpadla	H _{čerp}	[m]	1,09

Následně byly tyto údaje zakresleny do grafu výkonových křivek oběhových čerpadel řady ALPHA1 od firmy GRUNDFOS a pro okruh podlahového vytápění bylo zvoleno oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180.



Obr. 28 Graf výkonových křivek oběhových čerpadel při volbě oběhového čerpadla podlahového vytápění [18]



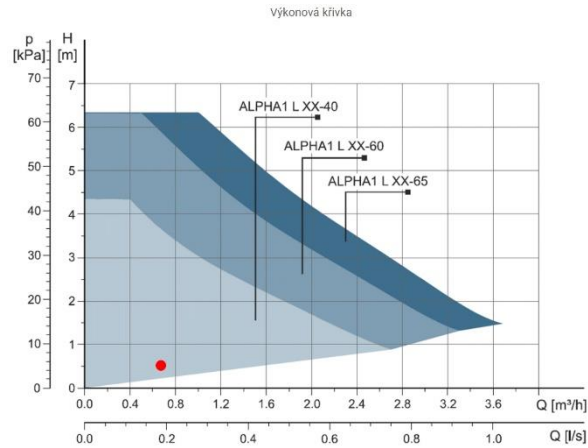
Obr. 29 Oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40-180 [40]

Hodnoty pro návrh oběhového čerpadla okruhu teplovodního krbu jsou uvedeny v tabulce 3.10.

Tabulka 3.10 Návrh oběhového čerpadla okruhu teplovodního krbu

Návrh oběhového čerpadla okruhu teplovodního krbu			
Maximální průtok	Q	[m ³ ·h ⁻¹]	0,689
Tlaková ztráta okruhu	Δp_z	[Pa]	4452
Dopravní výška čerpadla	H _{čerp}	[m]	0,463

Následně byly tyto údaje zakresleny do grafu výkonových křivek oběhových čerpadel řady ALPHA1 od firmy GRUNDFOS a pro okruh teplovodního krbu bylo zvoleno oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180.



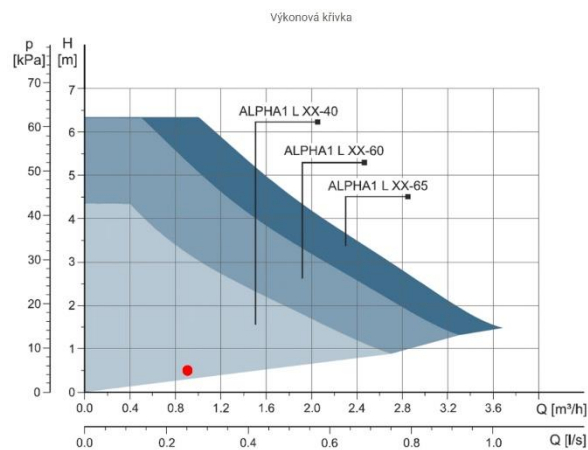
Obr. 30 Graf výkonových křivek oběhových čerpadel při volbě oběhového čerpadla teplovodního krbu [18]

Hodnoty pro návrh oběhového čerpadla okruhu tepelného čerpadla jsou uvedeny v tabulce 3.11.

Tabulka 3.11 Návrh oběhového čerpadla okruhu tepelného čerpadla

Návrh oběhového čerpadla okruhu tepelného čerpadla			
Maximální průtok	Q	[m ³ ·h ⁻¹]	0,881
Tlaková ztráta okruhu	Δp_z	[Pa]	4031
Dopravní výška čerpadla	$H_{\text{čerp}}$	[m]	0,413

Následně byly tyto údaje zakresleny do grafu výkonových křivek oběhových čerpadel řady ALPHA1 od firmy GRUNDFOS a pro okruh tepelného čerpadla bylo zvoleno oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180.



Obr. 31 Graf výkonových křivek oběhových čerpadel při volbě oběhového čerpadla tepelného čerpadla [18]

3.5.3 POJISTNÝ VENTIL

Pojistný ventil je důležitým prvkem otopné soustavy. Jeho funkcí je ochrana proti překročení nejvyššího přípustného přetlaku a následnému poškození prvků otopné soustavy. Pojistný ventil je instalován v pojistném místě. Pojistné místo nesmí být osazeno uzavírací armaturou. Výpočet pojistného ventilu je proveden podle Topenářské příručky 3 [11]. Návrh pojistného ventilu vychází z určení průřezu sedla pojistného ventilu. Výpočet průřezu sedla pojistného ventilu byl proveden na základě rovnice (3.38).

$$S_0 = \frac{2 \cdot \dot{Q}_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.38)$$

kde

S_0	[mm ²]	je průřez sedla pojistného ventilu
\dot{Q}_p	[kW]	je pojistný výkon – v případě řešeného objektu $\dot{Q}_p = 8$ kW
α_w	[-]	je výtokový součinitel
p_{ot}	[Pa]	je otevírací přetlak pojistného ventilu

Výtokový součinitel, je udáván výrobcem a pro pojistný ventil výrobce Regulus je $\alpha_w = 0,3$ [-] [9].

Otevírací přetlak musí být navržen pro prvek otopné soustavy, který má nejnižší maximální přípustný konstrukční přetlak p_k .

Tabulka 3.12 Přehled nejnižších přípustných konstrukčních přetlaků prvků otopné soustavy

Prvek otopné soustavy	Přehled maximálních přípustných konstrukčních přetlaků prvků otopné soustavy		
	p_k	[kPa]	
Rozdělovač-sběrač podlahového vytápění	p_k	[kPa]	1000
Trubky podlahového vytápění	p_k	[kPa]	600
Akumulační nádrž	p_k	[kPa]	400
Tepelné čerpadlo	p_k	[kPa]	300
Teplovodní krb	p_k	[kPa]	350

Prvek s nejnižším maximálním přípustným konstrukčním přetlakem otopné soustavy je tepelné čerpadlo. Na základě tohoto konstrukčního přetlaku byl určen otevírací přetlak pojistného ventilu $p_{ot} = 250$ kPa.

Vzorový výpočet průřezu sedla pojistného ventilu byl proveden dosazením do rovnice (3.38).

$$S_0 = \frac{2 \cdot \dot{Q}_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 8}{0,3 \cdot \sqrt{250}} = 3,37 \text{ mm}^2$$

Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí byl určen podle rovnice (3.39).

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \text{ [mm]} \quad (3.39)$$

kde

d_p [mm] je minimální vnitřní průměr pojistného potrubí

Vzorový výpočet byl provede dosazením do rovnice (3.39).

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{8} = 11,70 \text{ mm}$$

Na základě těchto výpočtů byl zvolen pojistný ventil, který vyhovuje návrhu – Regulus F/F G 1/2" s otevíracím přetlakem $p_{ot} = 250 \text{ kPa}$ a průřezem $S_0 = 132,73 \text{ mm}^2$.



Obr. 32 Pojistný ventil Regulus
F/F G 1/2" [41]

3.5.4 EXPANZNÍ NÁDOBA

Výpočet objemu expanzní nádoby byl proveden podle Topenářské příručky 3 [11] a je uveden v rovnici (3.40).

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot \frac{n_{exp}}{\eta_{exp}} \text{ [l]} \quad (3.40)$$

kde

V_e	[l]	je objem expanzní nádoby
V_0	[l]	je objem vody v soustavě
n_{exp}	[-]	je součinitel roztažnosti
η_{exp}	[-]	je stupeň využití expanzní nádoby

Vzorový výpočet byl proveden dosazením do rovnice (3.40).

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot \frac{n_{exp}}{\eta_{exp}} = 1,3 \cdot 951,95 \cdot \frac{0,02551}{0,615} = 51,37 \text{ l}$$

Objem vody v soustavě je dán součtem vodních objemů všech prvků soustavy dle tabulky 3.13.

Tabulka 3.13 Přehled objemů vody v jednotlivých prvcích otopné soustavy

Objem vody v soustavě			
Objem vody v teplovodním krbu	V_k	[l]	20
Objem vody v podlahovém vytápění	V_{pod}	[l]	163
Objem vody v potrubí	V_p	[l]	13
Objem vody v tepelném čerpadle	$V_{tč}$	[l]	3
Objem vody v akumulční nádrži	V_{an}	[l]	753
Objem vody v soustavě	V_0	[l]	952

Součinitel roztažnosti je určen na základě maximální teploty t_{max} . V řešeném případě je $t_{max} = 75 \text{ °C}$ a $n_{exp} = 0,02551$.

$\Delta t = t_{max} - 10$ [K]	20	30	40	45	50	55	60	65	70
n [-]	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01949	0,02243	0,02551	0,02863
$\Delta t = t_{max} - 10$ [K]	75	80	85	90	95	100	105	110	115
n [-]	0,03198	0,03553	0,03916	0,04313	0,04704	0,05112	0,05529	0,05991	0,06435

Obr. 33 Tabulka k určení součinitele roztažnosti [42]

Stupeň využití expanzní nádoby je určen podle rovnice (3.41).

$$\eta_{exp} = \frac{p_{hdov} - p_{ddov}}{p_{hdov}} \quad [-] \quad (3.41)$$

kde

p_{hdov} [kPa] je nejvyšší absolutní dovolený tlak

p_{ddov} [kPa] je nejnižší absolutní dovolený tlak

Vzorový výpočet byl provede dosazením do rovnice (3.41).

$$\eta_{exp} = \frac{p_{hdov} - p_{ddov}}{p_{hdov}} = \frac{350 - 134,9}{350} = 0,615 \quad [-]$$

Nejvyšší absolutní dovolený tlak je určen podle rovnice (3.42).

$$p_{hdov} = p_{ot} + p_b \text{ [kPa]} \quad (3.42)$$

kde

p_b [kPa] je barometrický tlak – $p_b = 100$ kPa

Vzorový výpočet je proveden dosazením do rovnice (3.42).

$$p_{hdov} = p_{ot} + p_b = 250 + 100 = 350 \text{ kPa}$$

Nejnižší absolutní dovolený tlak je určen podle rovnice (3.43).

$$p_{ddov} = \frac{1,1 \cdot h_{EN} \cdot \rho \cdot g}{1000} + p_b \text{ [kPa]} \quad (3.43)$$

kde

h_{EN} [m] je výška vodního sloupce nad expanzní nádobou – v případě řešeného objektu $h_{EN} = 3,3$ m

g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] je gravitační zrychlení, $g = 9,81$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Vzorový výpočet je proveden dosazením do rovnice (3.43).

$$p_{ddov} = \frac{1,1 \cdot h_{EN} \cdot \rho \cdot g}{1000} + p_b = \frac{1,1 \cdot 3,3 \cdot 980 \cdot 9,81}{1000} + 100 = 134,9 \text{ kPa}$$

Vypočtený objem expanzní nádoby $V_e = 51,37$ l byl porovnán s katalogem výrobce a byla zvolena nejbližší větší expanzní nádoba, což je expanzní nádoba Regulus HS060 o objemu 60 litrů.



Obr. 34 Expanzní nádoba HS060 [43]

3.5.5 IZOLACE POTRUBÍ

Pro rozvody otopné vody od zdrojů tepla do akumulární nádoby a od akumulární nádoby k rozdělovačům/sběračům podlahového vytápění bylo použito měděné potrubí o rozměrech DN 25 a DN 32. Tyto potrubí jsou izolovány pro snížení tepelných ztrát potrubí PE STANDART izolací od firmy TUBEX. Jedná se o kruhově extrudovanou polyetylenovou izolace trubek o tloušťce 10 mm. Rozvody podlahového vytápění nejsou izolovány.

3.5.6 REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

Pro regulaci vytápění místnosti byla zvolena sestava EvoHome od firmy Honeywell [14]. Jedná se o řídicí jednotku, zónové regulátory podlahového vytápění a termoelektrické servopohony, které jsou instalovány na jednotlivých rozdělovačích/sběračích podlahového vytápění. Vše je řízeno přes mobilní aplikaci. Tato aplikace rovněž zaznamenává údaje o teplotách v místnostech z instalovaných čidel teploty. Regulace zdrojů tepla je uskutečněna pomocí regulátoru Regulus IR14 CTC. Tento regulátor je použit jak pro regulaci otopné soustavy, tak i pro regulaci větrací soustavy, jeho funkce jsou popsány v kapitole 4.5.



Obr. 35 Řídicí jednotka [14]



Obr. 36 Zónový regulátor [14]



Obr. 37 Termoelektrický servopohon [14]

3.6 POŘIZOVACÍ NÁKLADY NA OTOPNOU SOUSTAVU

Souhrn pořizovacích nákladů na otopnou soustavu byl stanoven na základě údajů od internetových obchodníků. Ceny tepelného čerpadla, topných těles, akumulční nádrže, expanzní nádoby a pojistného ventilu byly zjištěny z webových stránek společnosti Regulus [9]. Cena teplovodního krbu byla zjištěna z webových stránek společnosti BEF HOME [10]. Ceny rozdělovačů/sběračů, přechodek na plastovou trubku, čerpadlových skupin byly zjištěny z webových stránek společnosti Herz [15]. Ceny měděných trubek byly zjištěny z webových stránek společnosti PROFI-UNION [16]. Cena trubky otopného hada podlahového vytápění a systémové desky byla zjištěna z webových stránek společnosti LIKOST [17]. Cena oběhových čerpadel byla zjištěna z webových stránek společnosti Grundfos Sales Czechia and Slovakia [18]. Cena regulační sestavy EvoHome byla zjištěna z webových stránek společnosti BOLA [19].

Tabulka 3.14 Pořizovací náklady na otopnou soustavu

Položka	Množství	Cena bez DPH	Cena s DPH
	[-]	[Kč]	[Kč]
Tepelné čerpadlo vzduch/voda EcoAir 410	1 ks	143 400	173 514
Teplovodní krb BEF AQUATIC WH V 70	1 ks	38 888	47 054
Topné těleso s termostatickou hlavici, typ D 3kW	2 ks	8 460	10 235
Akumulační nádrž HSK 750 PR	1 ks	57 800	69 938
Rozdělovač/sběrač nerez, 6-cestný	2 ks	9 788	11 844
Přechodka na plastovou trubku G 3/4	12 ks	1 056	1 278
Cu měděná trubka 35x1,5 mm 1m	1 ks	311	376
Cu trubka Supersan 28x1,5 mm 1m	30ks	8 727	10 560
GIACOMINI vícevrstvá trubka 20x2 PEX/AL/PEX	900 m	31 240	37 800
GABOTHERM systémová deska Solotop 1350x750x1 mm	270 ks	47 752	57 780
Expanzní nádoba HS060	1 ks	2 370	2 868
PUMPFIX CONSTANT bez čerpadla	2 ks	8 399	10 163
Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	3 ks	8 652	10 469
Pojistný ventil G 1/2“ F/F	1 ks	145	175
Honeywell EvoHome	1 ks	28 117	34 021
Suma nákladů na otopnou soustavu		395 105	478 075

4 NÁVRH VĚTRÁNÍ OBJEKTU

4.1 VOLBA REKUPERAČNÍ JEDNOTKY

Byla zvolena rekuperační jednotka firmy Regulus Sentinel Kinetic Advance SX. Tato rekuperační jednotka splňuje požadavek na množství vzduchu, dokonce je mírně předimenzovaná, kvůli možnosti nárazového provětrání celého domu. Maximální výkon jednotky je 414 m³/h. Rekuperační jednotka má integrovaný digitální regulátor s dotykovým displejem, vestavěný automatický bypass, či hrdlo pro odvod kondenzátu. Vnitřní prostor rekuperační jednotky je velice kvalitně izolován, což umožňuje umístění jednotky do nevytápěných prostor - případ řešeného objektu. Jednotka je vybavena WiFi modulem, který umožňuje ovládání jednotky skrze chytrý telefon nebo tablet. Jednotka je rovněž vybavena dvěma filtry s třídou filtrace G3. Rovněž je umožněno přidat do série za filtry G3 rovněž filtry s třídou filtrace F5 pro oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Integrovaný automatický bypass umožňuje v letním období pro větrání využít chladnější venkovní vzduch [20].



Obr. 38 Sentinel Kinetic Advance SX [20]

4.2 NÁVRH POTRUBNÍ TRASY

Mezi nejčastěji využívané tvary potrubí patří kruhové a čtyřhranné potrubí. Kvůli kruhovým výstupům z rekuperační jednotky bylo pro návrh zvoleno potrubí kruhové. Rozvody vzduchovodů jsou vedeny pod stropem v sádkartonovém podhledu. Pro zajištění průchodu vzduchu z jednotlivých místností, kde je vzduch přiváděn do místnosti, ze kterých je vzduch odváděn, jsou dveře opatřeny mřížkami. Při volbě rozměrů potrubí bylo dbáno na rady výrobce a rozměry byly určeny podle doporučených rychlostí vzduchu ve vzduchovodech podle Technického průvodce – Větrání a klimatizace [21]. Tyto doporučené a maximální hodnoty pro obytné budovy jsou vyjádřeny v tabulce 4.1.

Tabulka 4.1 Doporučené a maximální rychlosti proudění vzduchu ve vzduchovodech

Druh úseku	Doporučená rychlost	Maximální rychlost
	W_{dop} [m·s ⁻¹]	W_{max} [m·s ⁻¹]
Za ventilátorem (za tlumičem hluku)	5	8,5
Hlavní stoupačky	3,5 - 4,5	6
Odbočky rozvodu v podlaží	3	5
Odvod vzduchu	3,5	4,5

Metoda výpočtu dimenze potrubí spočívá ve zvolení rychlosti vzduchu v potrubí, na jejím základě byl určen návrhový průměr potrubí, následně byl zvolen vyhovující rozměr potrubí z katalogu výrobce a na závěr byla vypočtena skutečná rychlost proudění vzduchu v potrubí. Výpočet návrhového průměru potrubí je dán rovnicí (4.1).

$$d_{návrhový} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w_{dop}}} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4.1)$$

kde

- $d_{návrhový}$ [mm] je návrhový průměr potrubí
 \dot{V} [m³·h⁻¹] je objemový průtok vzduchu potrubím
 w_{dop} [m·s⁻¹] je doporučená rychlost vzduchu v potrubí

Vzorový výpočet pro potrubí č. 1, kde je objemový průtok vzduchu roven $\dot{V} = 0,0722 \text{ m}^3/\text{s}$, je proveden dosazením do rovnice (4.1).

$$d_{návrhový} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w_{dop}}} \cdot 1000 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0722}{3,14 \cdot 5}} \cdot 1000 \doteq 136 \text{ mm}$$

Bylo zvoleno vzduchotechnické PVC potrubí od firmy DALAP. Tento typ potrubí slouží pro přívod nebo odvod vzduchu prostorů veřejných budov, obytných budov ale i průmyslových hal [22]. Potrubí je zcela kompatibilní s dalšími vzduchotechnickými prvky firmy DALAP, jako například spojky, redukce, odbočky atd. Dle vypočteného návrhového průměru pro potrubí č. 1 $d_{návrhový} = 136 \text{ mm}$ bylo zvoleno potrubí z nabídky výrobce o průměru

$d_{\text{skutečný}} = 150$ mm. Následně byla vypočtena skutečná rychlost proudění vzduchu v potrubí č. 1 dle rovnice (4.2) a porovnána s limity maximálních rychlostí.

$$w = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d_{\text{skutečný}}^2} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4.2)$$

kde

w $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ je skutečná rychlost vzduchu v potrubí

$d_{\text{skutečný}}$ $[\text{mm}]$ je skutečný průměr potrubí dle nabídky výrobce

Vzorový výpočet skutečné rychlosti vzduchu v potrubí je dán dosazením do rovnice (4.2).

$$w = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d_{\text{skutečný}}^2} = \frac{4 \cdot 0,0722}{3,14 \cdot 0,15^2} = 4,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Přehled jednotlivých rychlostí a rozměrů potrubí je uveden v následující tabulce.

Tabulka 4.2 Přehled jednotlivých rychlostí a rozměrů potrubí

Číslo úseku	Objemový průtok	Návrhový průměr	Skutečný průměr	Skutečná rychlost
	\dot{V} $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	$d_{\text{návrhový}}$ $[\text{mm}]$	$d_{\text{skutečný}}$ $[\text{mm}]$	w $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
1	260	136	150	4,09
2	260	136	150	4,09
3	60	103	125	1,36
4	25	94	100	0,88
5	35	111	100	1,24
6	200	133	150	3,14
7	75	94	125	1,70
8	125	105	150	1,96
9	75	94	125	1,70
10	50	77	125	1,13
11	25	54	125	0,57
12	25	54	125	0,57
13	50	77	125	1,13
14	75	94	125	1,70
15	125	105	125	2,83
16	75	94	125	1,70
17	60	84	125	1,36
18	135	109	125	3,06
19	260	115	150	4,09
20	260	136	150	4,09

4.3 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT POTRUBNÍ TRASY

Výpočet tlakových ztrát potrubní trasy byl proveden obdobně jako výpočet tlakových ztrát v kapitole 3.2.4. Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí je dána součtem tlakové ztráty délkové a tlakové ztráty místní dle rovnice (4.3). Výpočet všech kusů potrubí je uveden v příloze 9.

$$\Delta p_{z-vz} = \Delta p_{zl-vz} + \Delta p_{zm-vz} \text{ [Pa]} \quad (4.3)$$

kde

Δp_{z-vz} [Pa] je celková tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

Δp_{zl-vz} [Pa] je délková tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

Δp_{zm-vz} [Pa] je místní tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

Vzorový výpočet pro potrubí č. 3 byl proveden dosazením do rovnice (4.3).

$$\Delta p_{z-vz} = \Delta p_{zl-vz} + \Delta p_{zm-vz} = 2,12 + 24,35 = 26,47 \text{ Pa}$$

4.3.1 DÉLKOVÉ TLAKOVÉ ZTRÁTY VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Délkové tlakové ztráty vzduchotechnického potrubí byly vypočteny dle rovnice (4.4).

$$\Delta p_{zl-vz} = L_{vz} \cdot \frac{\lambda_{vz}}{d_{skutečný}} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{vz} \text{ [Pa]} \quad (4.4)$$

kde

L_{vz} [m] je délka vzduchotechnického potrubí

λ_{vz} [-] je součinitel ztráty třením vzduchotechnického potrubí

ρ_{vz} [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] je hustota vzduchu, pro vzduch o teplotě 20 °C
 $\rho_{vz} = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Vzorový výpočet pro potrubí č. 3 byl proveden dosazením do rovnice (4.4).

$$\Delta p_{zl-vz} = L_{vz} \cdot \frac{\lambda_{vz}}{d_{skutečný}} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{vz} = 6 \cdot \frac{0,0398}{0,125} \cdot \frac{1,36^2}{2} \cdot 1,2 = 2,12 \text{ Pa}$$

Součinitel ztráty třením vzduchotechnického potrubí λ se počítá rozdílně v závislosti na hodnotě Reynoldsova čísla Re . Reynoldsovo číslo je dáno rovnicí (4.5).

$$Re = \frac{w \cdot l_{char}}{v_{vzduch}} \text{ [-]} \quad (4.5)$$

kde

l_{char}	[m]	je charakteristický rozměr – v řešeném případě průměr potrubí
ν_{vz}	[m ² ·s ⁻¹]	je kinematická viskozita vzduchu - pro vzduch o teplotě 20 °C $\nu_{vz} = 15,11 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Vzorový výpočet pro potrubí č. 3 byl proveden dosazením do rovnice (4.5).

$$Re = \frac{w \cdot l_{char}}{\nu_{vz}} = \frac{1,36 \cdot 0,125}{15,11 \cdot 10^{-6}} = 11\,235,3 [-]$$

Pokud je hodnota Re větší než 4000, jedná se o oblast plně rozvinutého turbulentního proudění, součinitel ztráty třením λ je dán Colebrookovou rovnicí (3.24) a je určován iteračně.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{vz}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda_{vz}}} + \frac{k}{3,72 \cdot d_{skutečný}} \right) [-] \quad (4.6)$$

kde

k	[m]	je drsnost potrubí – dána výrobcem a rovna $k = 0,001 \text{ m}$ [12]
---	-----	---

V řešeném případě potrubí č. 3 je hodnota Reynoldsova čísla větší než 4000 a proto byla hodnota součinitele ztráty třením určena pomocí funkce řešitel v programu Excel. Hodnota součinitele ztráty třením je rovna $\lambda_{vz} = 0,0398 [-]$.

4.3.2 MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

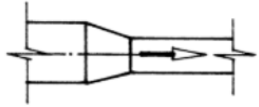
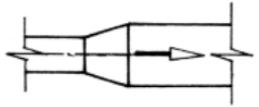
Místní tlakové ztráty jsou počítány podle rovnice (4.7).

$$\Delta p_{zm-vz} = \rho_{vz} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \sum \xi \text{ [Pa]} \quad (4.7)$$

kde

$\sum \xi$	[-]	je suma součinitelů místních tlakových ztrát
------------	-----	--

Suma součinitelů místních tlakových ztrát kolen a T-kusů je dána stejně jak v kapitole 3.2.4. Navíc v tomto případě bylo počítáno se zúžením, případně rozšířením potrubí dle obrázku 39.

	Redukce - zúžení plynulé	1,50
	Redukce - rozšíření	o 1 DN - 0,10 o 2 DN - 0,20 o 3 DN - 0,30

Obr. 39 Součinitelé místních tlakových ztrát pro redukce potrubí [36]

V řešeném vzorovém případě pro potrubí č. 3 je suma součinitelů místních tlakových ztrát $\sum \xi = 22 [-]$. Přehled výpočtu součinitelů místních tlakových ztrát pro jednotlivé kusy potrubí je uveden v příloze 9. Vzorový výpočet místní tlakové ztráty pro potrubí č. 3 byl proveden dosazením do rovnice (4.7).

$$\Delta p_{zm-vz} = \rho_{vz} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \sum \xi = 1,2 \cdot \frac{1,36^2}{2} \cdot 22 = 24,35 \text{ Pa}$$

4.3.3 TLAKOVÁ ZTRÁTA PRŮCHODEM PŘÍVODNÍHO VZDUCHU SKRZE PŘEDEHŘEV VZDUCHU

Tlaková ztráta průchodem čerstvého vzduchu skrze přehřev vzduchu firmy Systemair CB 150/1,2 je udávána výrobcem a pro dané návrhové podmínky je rovna $\Delta p_{\text{přehřev}} = 7 \text{ Pa}$ [23]. Proto je nutné u zaregulování koncových prvků zohlednit i tuto ztrátu na přívodu.

4.3.4 PŘEHLED TLAKOVÝCH ZTRÁT VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

V následující tabulce je uveden přehled tlakových ztrát jednotlivých částí vzduchotechnického potrubí.

Tabulka 4.3 Přehled tlakových ztrát jednotlivých částí vzduchotechnického potrubí

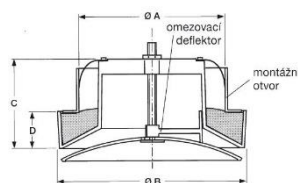
Číslo úseku	Délková tlaková ztráta	Místní tlaková ztráta	Celková tlaková ztráta potrubí
	Δp_{z1-vz} [Pa]	Δp_{zm-vz} [Pa]	Δp_{z-vz} [Pa]
1	3,68	11,02	14,70
2	5,52	11,02	16,54
3	2,12	24,35	26,47
4	0,21	4,27	4,48
5	2,68	2,11	4,79
6	0,97	7,12	8,08
7	2,69	19,19	21,89
8	1,68	9,27	10,94
9	4,04	5,19	9,23
10	1,80	6,84	8,64
11	0,33	1,04	1,37
12	0,33	1,04	1,37
13	1,63	4,23	5,86
14	0,11	3,80	3,91
15	4,10	28,72	0,04
16	3,44	2,59	6,04
17	0,21	6,86	7,07
18	11,65	15,13	26,78
19	6,44	5,01	11,45
20	13,80	11,02	24,82

4.4 KONCOVÉ PRVKY A JEJICH ZAREGULOVÁNÍ

Koncovými prvky vzduchotechnického potrubí byly zvoleny plastové talířové ventily od firmy Soler & Palau Ventilation Group. Jsou rozlišeny na ventily přívodní a odvodní. Oba typy ventilů mají snadno nastavitelný středový element pro regulaci průtoku. Přívodní ventily lze vybavit nastavitelným deflektorem, který omezuje proud přiváděného vzduchu do prostoru v úhlu 180°. Regulace průtoku vzduchu se provádí otáčením středového disku, kterým lze měnit otevření ventilu. Instalace ventilů probíhá zasunutím plochých pružin do zděře, která umožňuje ventilu upevnění do stropní konstrukce. Přívodní ventily byly zvoleny typu VST a jsou použity dva rozměry VST-100 a VST-125, které jsou zobrazeny na obrázcích 40 a 41. Všechny odvodní ventily byly zvoleny typu VEF 125, tento typ ventilu je zobrazen na obrázcích 42 a 43.



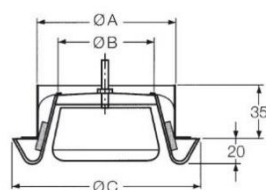
Obr. 40 Přívodní ventil [44]



Obr. 41 Schéma přívodního ventilu [44]

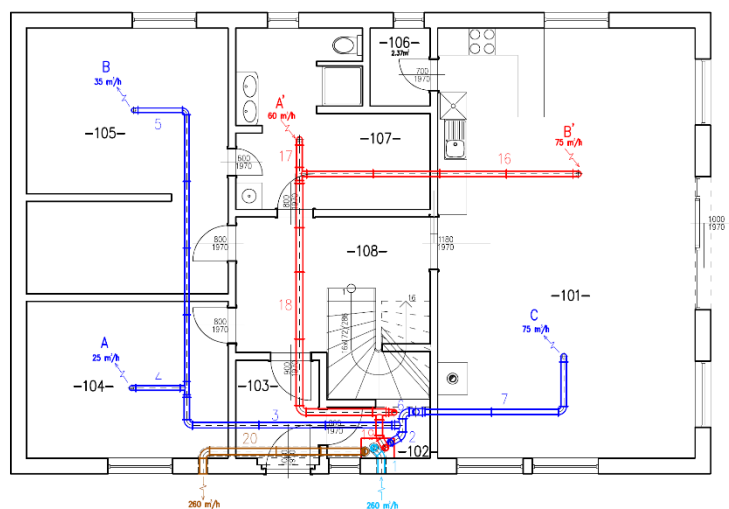


Obr. 43 Odvodní ventil [45]

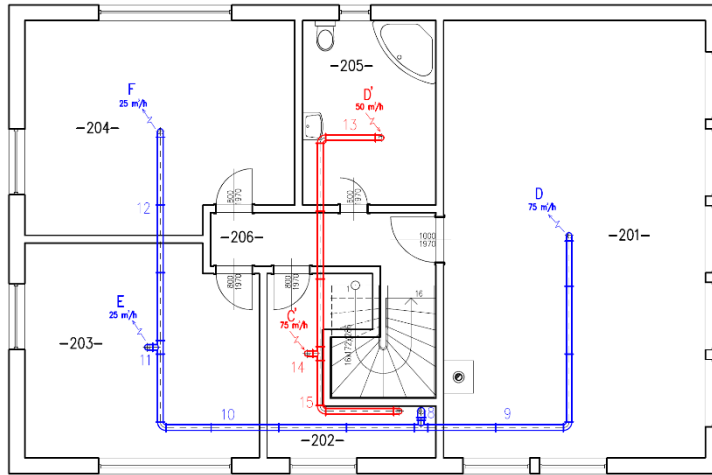


Obr. 42 Schéma odvodního ventilu [45]

Princip zaregulování vzduchotechnického potrubí je obdobný jako u zaregulování otopné soustavy. Opět je podstatná stejná tlaková ztráta pro každou větev a zaregulování proběhlo pro větev s největší tlakovou ztrátou. Je nutno rozlišit přívodní potrubí a odvodní potrubí. Na uvedených schématech lze vidět očíslované kusy potrubí i označené koncové prvky.



Obr. 44 Schéma zapojení vzduchotechnických rozvodů I.NP



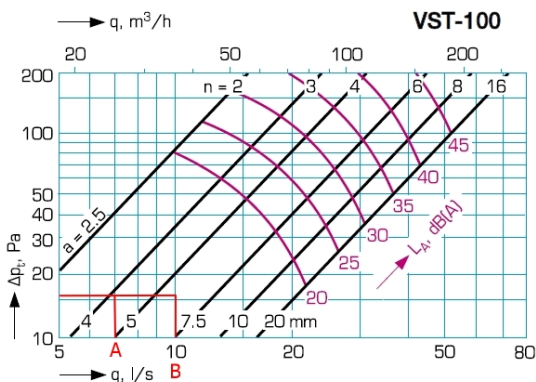
Obr. 45 Schéma zapojení vzduchotechnických rozvodů 2.NP

Souhrn tlakových ztrát pro větve jednotlivých vyústek je uveden v tabulce 4.4.

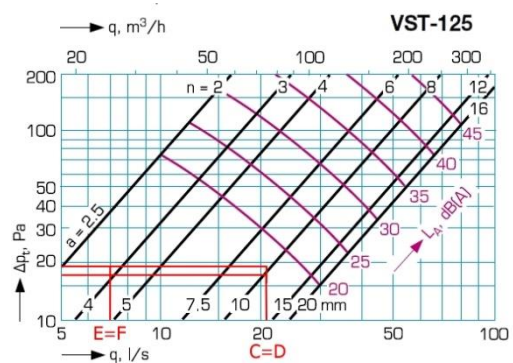
Tabulka 4.4 Souhrn tlakových ztrát pro větve jednotlivých vyústek

Vyústka	Potrubní trasa	Průměr vyústky		Typ ventilu
		$d_{vyústky}$	[mm]	
Prívodní potrubí				
A	1+2+3+4	100		VST-100
B	1+2+3+5	100		VST-100
C	1+2+6+7	125		VST-125
D	1+2+6+8+9	125		VST-125
E	1+2+6+8+10+11	125		VST-125
F	1+2+6+8+10+12	125		VST-125
Odvodní potrubí				
A'	13+15+19+20	125		VEF 125
B'	14+15+19+20	125		VEF 125
C'	16+18+19+20	125		VEF 125
D'	17+18+19+20	125		VEF 125

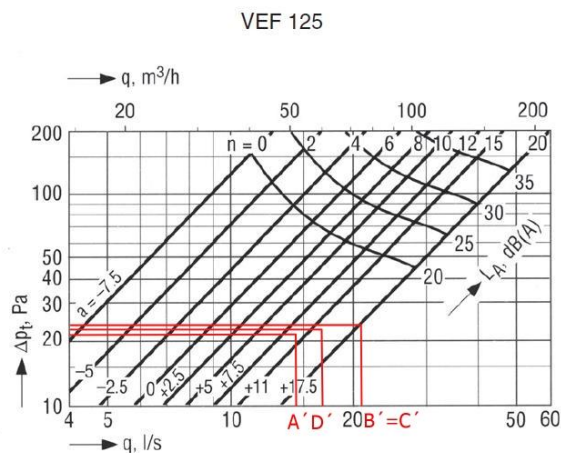
Zaregulování bylo provedeno na základě grafů výrobce, dle typu ventilu.



Obr. 47 Zaregulování ventilů VST-100 [44]



Obr. 46 Zaregulování ventilů VST-125 [46]



Obr. 48 Zaregulování ventilů VEF 125 [45]

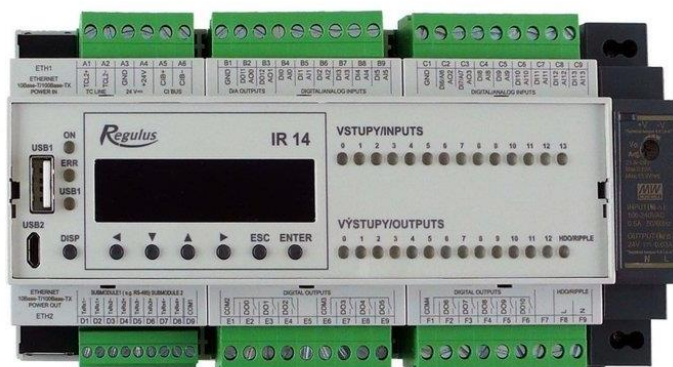
Zaregulování a nastavení ventilů je shrnuto v tabulce 4.5.

Tabulka 4.5 Zaregulování a nastavení ventilů

Vyústka	Průtok vzduchu	Tlaková ztráta potrubí	Nastavení tlakové ztráty	Tlaková ztráta po zaregulování	Otáčky disku	Otevření ventilu
	\dot{V}	Δp_{z-vz}	$\Delta p_{z-reg-vz}$	$\Delta p_{z-zareg-vz}$	n_{disku}	$a_{ventilu}$
	[l/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[-]	[mm]
Přívodní potrubí						
A	7	69,20	16	85,2	3	4
B	10	69,51	16	85,51	5	6
C	21	68,22	17	85,22	8	10
D	21	66,50	19	85,5	7,5	9,5
E	7	66,87	19	85,87	2,75	3,5
F	7	67,28	19	86,28	2,75	3,5
Odvodní potrubí						
A'	14	70,85	21,5	92,35	13	9
B'	21	68,91	23	91,91	20	17,5
C'	21	69,10	23	92,10	20	17,5
D'	17	70,13	22	92,13	16	13

4.5 REGULACE VĚTRACÍ SOUSTAVY

Jelikož zdroje tepla i větrací jednotka byla zvolena od firmy Regulus je regulace jak větrací soustavy, tak i regulace zdrojů tepla uskutečněna pouze jedním regulátorem. Jedná se o regulátor Regulus IR14 CTC, který je na obrázku 49. Tento regulátor umí obsloužit ohřev vody tepelným čerpadlem, spínat bivalentní zdroj tepla, regulovat sekundární zdroj tepla – teplovodní krb a regulovat rovněž rekuperační jednotku v závislosti na venkovní teplotě. Regulátor je ovládán pomocí sedmi tlačítek a informace jsou zobrazeny na čtyřřádkovém displeji. Regulátor umožňuje nastavit různé dny v týdnu, víkend, případně má i funkce „prázdniny“ pro delší nepřítomnost v domě. V rámci vzduchotechnické jednotky lze nastavit výkon jednotky v režimu „komfort“ a „útlum“. Rovněž automaticky otevírá klapku letního bypassu v případě, že venkovní teplota je nižší než nastavená vnitřní teplota v domě. Venkovní teplota musí být ale zároveň vyšší než servisně nastavená minimální hodnota venkovní teploty. Regulátor rovněž umožňuje nastavení životnosti filtrů, tato funkce upozorní uživatele na výměnu filtrů ve vzduchotechnické jednotce. Co se týče regulace otopné soustavy, tak základní ekvitermní křivka v regulátoru, je vypočtena pomocí parametrů otopné soustavy, které jsou zadány servisně. Teplovodní krb lze regulovat pomocí čerpadlové skupiny kotle, nebo případně pomocí vzduchové škrtkové klapky. Zajímavou funkcí regulátoru je předpověď počasí, která umožňuje regulátoru s předstihem reagovat na venkovní podmínky [24].



Obr. 49 Regulátor IR14 CTC [24]

4.6 POŘIZOVACÍ NÁKLADY NA VĚTRACÍ SOUSTAVU

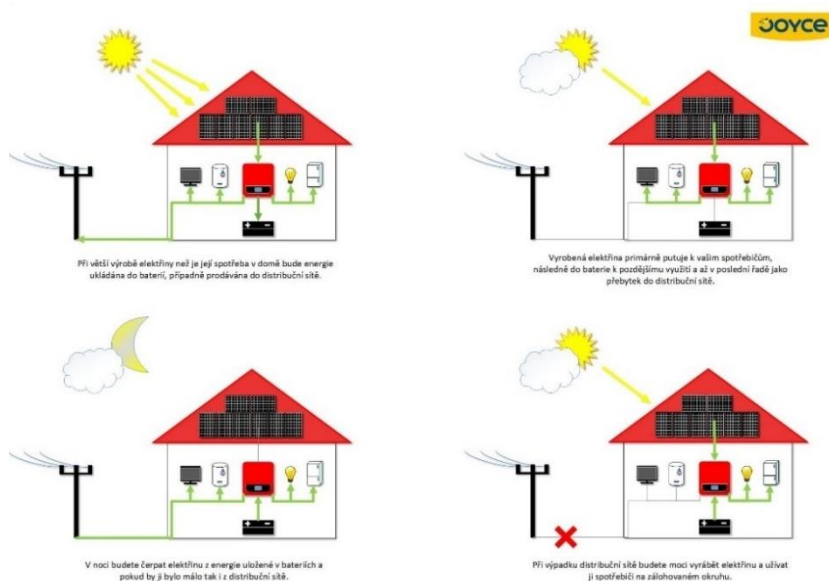
Souhrn pořizovacích nákladů na větrací soustavu byl stanoven na základě údajů od internetových obchodníků. Cena rekuperační jednotky a regulátoru byla zjištěna z webových stránek společnosti Regulus [9]. Cena přehřevu vzduchu byla zjištěna z webové stránky společnosti Systemair [23]. Ceny plastových talířových ventilů byly zjištěny z webových stránek společnosti Elektrodesign [25] a ceny veškerých ostatních komponentů byly zjištěny z webových stránek společnosti Dalap [22].

Tabulka 4.6 Pořizovací náklady na větrací soustavu

Položka	Množství	Cena bez DPH	Cena s DPH
	[-]	[Kč]	[Kč]
Rekuperační jednotka Sentinel Advance SX	1 ks	78 500	94 985
Přehřev pro rekuperaci Systemair CB 150/1,2 230V/1	1 ks	5 946	7 195
Protidešťová kruhová mřížka se sítkou ø 150 mm	2 ks	96	116
Izolace potrubí	10 m	1 669	2 020
Potrubí kruhové plastové ø 150 mm /1,5 m	12 ks	3 144	3 804
Potrubí kruhové plastové ø 125 mm /1,5 m	31 ks	6 820	5 252
Potrubí kruhové plastové ø 100 mm /1,5 m	6 ks	1 068	1 292
Koleno kruhové plastové 90° ø 150 mm	11 ks	1 254	1 517
Koleno kruhové plastové 90° ø 125 mm	16 ks	1 392	1 684
Koleno kruhové plastové 90° ø 100 mm	3 ks	240	290
Redukce pro kruhové potrubí plastové ø 150 mm / ø 125 mm	1 ks	369	446
Redukce pro kruhové potrubí plastové ø 125 mm / ø 150 mm	1 ks	37	45
Rozbočka T ø 150 mm	3 ks	459	556
Rozbočka T ø 125 mm	4 ks	548	663
Rozbočka T ø 100 mm	1 ks	92	111
VST 100 Plastový talířový ventil přívodní ø 100 mm	4 ks	1 256	1 520
VST 125 Plastový talířový ventil přívodní ø 125 mm	2 ks	680	823
VEF 125 Plastový talířový ventil odvodní ø 125 mm	4 ks	1 152	1 394
Regulátor IR 14 CTC	1 ks	28 900	34 969
Suma nákladů na otopnou soustavu		133 622	158 682

5 NÁVRH FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

Tato kapitola se zabývá posouzením možnosti využití fotovoltaického systému s ohledem na vyhlášku o energetické náročnosti budov - č. 264/2020 Sb. [26], konkrétně se jedná o § 7 - Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie. Tato kapitola neřeší detailně celý rozsah posouzení alternativních systémů dodávek energie, jak je uveden v § 7. Systém byl vyhodnocen jako nejvhodnější varianta s ohledem na zdroj tepla pro vytápění. Fotovoltaický systém byl zvolen od firmy JOYCE ČR, s.r.o. a to systém s 12 FV panely s 5,28 kWp a akumulací v bateriích o kapacitě 9,6 kWh. Základní údaje jsou shrnuty v tabulce 5.1. Systém funguje následovně, pokud dostatečně svítí slunce panely vyrábějí elektřinu, která pokrývá spotřebu v domě. Zdrojem tepla v objektu je tepelné čerpadlo, a to je schopno využít velkou část produkované energie. Tepelné čerpadlo je rovněž využíváno i pro ohřev teplé vody, tudíž pro vyprodukovanou elektřinu bude odbyt i v létě. Pokud panely produkují více elektřiny, než je aktuální spotřeba v domě, přebytečná energie se ukládá do baterií. Tato přebytečná energie je využívána později, například večer, kdy bývá větší spotřeba a panely už elektřinu neprodukují. Takto vyrobenou elektřinu lze využít k nabíjení chytrých mobilů, notebooků, drobné elektroniky, může být využita pro osvětlení domu, případně pro provoz ledničky. Velikou výhodou systému je rovněž funkce, že při výpadku proudu, lze elektřinu vyrábět a následně užívat. Možnosti využití funkcí panelů, jsou uvedeny na obrázku 50, který uvádí výrobce ve svém katalogu [27].



Obr. 50 Možnosti využití fotovoltaických panelů [27]

Fotovoltaický systém byl zvolen na základě rozměru střechy a počtu fotovoltaických panelů, který výrobce nabízí. Zvolený systém obsahuje fotovoltaické panely Axitec 440W, viz obrázek 52. Součástí jsou rovněž 4 vysokonapěťové lithiové baterie LiFePO4 Baterie Pylontech H48050 - obrázek 51, a všechny potřebné součásti jako konstrukce, kabely, elektroinstalace atd. Výrobce uvádí záruku na výkon fotovoltaických panelů 25 let, 15 let na mechanické části panelů, 10 let na lithiové baterie a 2 roky na elektroinstalace.



Obr. 51 LiFePO4 Baterie Pylontech H48050 [47]



Obr. 52 Axitec 440W [28]

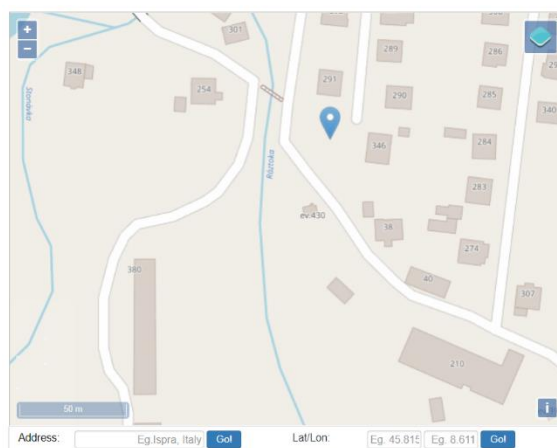
Tabulka 5.1 Fotovoltaické panely [28]

Fotovoltaické panely		
Počet panelů	[-]	12
Jmenovitý výkon	[Wp]	440
Jmenovité napětí	[V]	40,99
Jmenovitý proud	[A]	10,74
Hmotnost 1 panelu	[kg]	23,8
Výška panelu	[mm]	2094
Šířka panelu	[mm]	1038
Tloušťka panelu	[mm]	35
Celkový výkon 12 panelů	[kWp]	5,28

Cena fotovoltaického systému včetně DPH je 348 000 Kč, ale v rámci České republiky lze aktuálně využít dotaci Nová zelená úsporám – C.3.7., která v Moravskoslezském kraji, což je případ řešeného objektu, činí 170 000 Kč. Tudíž celková cena fotovoltaického systému včetně dotace je 178 000 Kč včetně DPH.

V rámci posouzení návrhu provedeno srovnání sezónního topného faktoru tepelného čerpadla, který je udáván výrobcem - je roven 3,92 [9] s faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie – ten je dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. roven pro elektřinu 2,60 [26]. Pokud je topný faktor tepelného čerpadla větší než, faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů – což je řešený případ, tepelné čerpadlo dodá více energie, než jaká byla spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na výrobu elektrické energie. Fotovoltaické panely tento poměr ještě více zlepšují, protože snižují spotřebu primární neobnovitelné energie.

Na závěr posouzení možnosti využití fotovoltaických panelů byla provedena orientační simulace zisků z fotovoltaických panelů během roku. Tato simulace byla uskutečněna pomocí online simulačního programu PVGIS [29], který umožňuje zadat všechny potřebné parametry pro simulaci. Na obrázku 53 je zobrazena mapa lokalizace objektu v PVGIS, skrze toto umístění, byly vypočteny zisky z fotovoltaických panelů.



Obr. 53 Mapa lokalizace objektu v PVGIS [29]

Obrázek 54 ukazuje zadané vstupní parametry simulace, a to PV technology – technologii fotovoltaických panelů, Installed peak PV power – instalovaný maximální výkon, System loss - systémové ztráty, dále Slope – úhel naklonění fotovoltaických panelů a také Azimuth – azimut.

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database* PVGIS-SARAH

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]* 5,52

System loss [%]* 14

Fixed mounting options

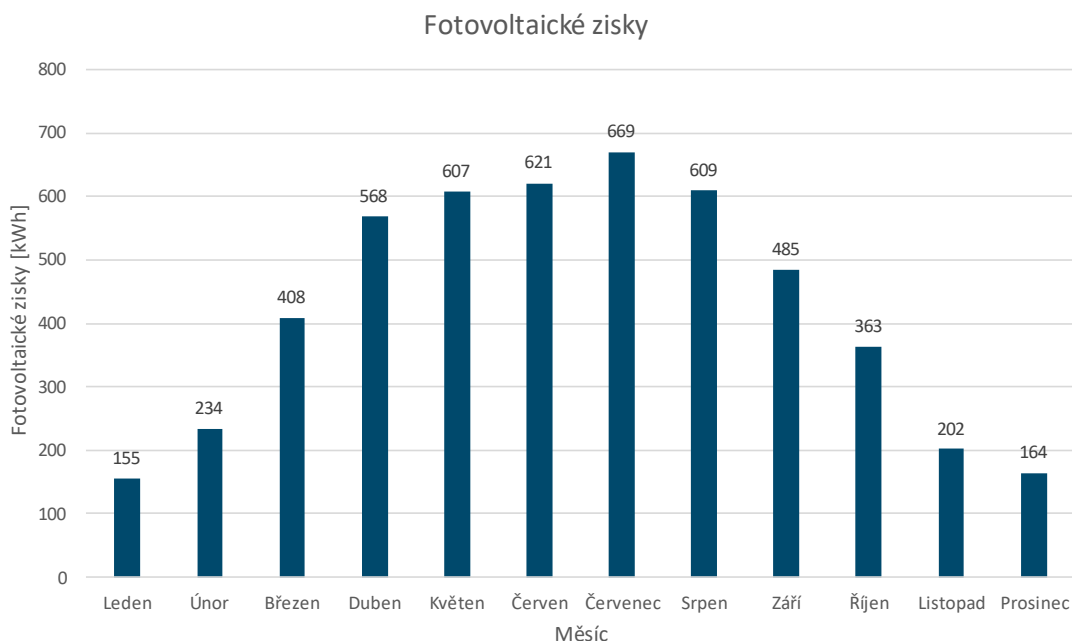
Mounting position* Free-standing

Slope [°]* 35 Optimize slope

Azimuth [°]* 45 Optimize slope and azimuth

Obr. 54 Vstupní parametry simulace [29]

Výsledkem simulace je následující obrázek. Z něj lze vyvodit, že největší zisky z fotovoltaických panelů budou v letním období a konkrétně největší zisk bude v měsíci červenci a to 669 kWh.



Obr. 55 Zisky z fotovoltaických panelů [29]

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vytápění a větrání novostavby dřevěné roubenky v podhorské oblasti. Dále také posoudit možnosti využití obnovitelných zdrojů energie, provedení potřebných technických výpočtů a zpracování výkresové dokumentace.

V první části diplomové práce je uvedena charakteristika objektu. Jedná se o dvoupatrový, nepodsklepený rodinný dům, jehož užitná plocha je 270 m². Oblast, ve které se v budoucnu bude objekt nacházet je obec Komorní Lhotka, v Moravskoslezském kraji. Obec leží v okrese Frýdek-Místek, pro který je venkovní výpočtová teplota rovna – 15 °C.

Druhá část diplomové práce se zabývá výpočtem tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831-1. Vstupními parametry pro výpočet jsou teploty v místnostech, klimatické údaje dané lokality, materiál a skladba konstrukcí. Byla určena tepelná ztráta prostupem, v níž jsou zahrnuté tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí, tepelné ztráty nevytápěným prostorem, tepelné ztráty zeminou a tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu. Tepelná ztráta prostupem pro daný objekt je rovna 5 060 W. Následně byla vypočtena rovněž tepelná ztráta nuceným rovnotlakým větráním se zpětným získáváním tepla. Tato tepelná ztráta je rovna 4 311 W. Celková tepelná ztráta objektu je pak dána součtem tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty nuceným větráním a je rovna 9 371 W.

Třetí část diplomové práce je věnována návrhu otopné soustavy. Primárním zdrojem otopné soustavy bylo zvoleno tepelné čerpadlo Regulus EcoAir 410 o jmenovitém výkonu 11,5 kW. Sekundárním zdrojem byl zvolen teplovodní krb BEF AQUATIC WH 70, krb je umístěn v obývacím pokoji jeho výkon je 8 kW do vody a 2 kW do prostoru. Jako palivo budou využívána buková polena. Tepelné čerpadlo i teplovodní krb jsou napojeny přímo na akumulární nádobu Regulus HSK 750 PR, tato akumulární nádoba je osazena dvěma topnými tělesy 1f s termostatickou hlavicí a výkonem 3 kW pro doplnění výkonu tepelného čerpadla při nízkých teplotách. Dále se tato kapitola zabývá návrhem podlahového vytápění. Byl zvolen mokřý způsob pokládky otopného hada ve tvaru spirály. Součástí je i výpočet tlakových ztrát celé soustavy, následné zaregulování na stejnou tlakovou ztrátu, návrh oběhových čerpadel, výpočet zabezpečovacích zařízení, jako expanzní nádoba a pojistný ventil. Rovněž nechybí návrh regulace systému vytápění. Na závěr této části je uveden přibližný součet nákladů na otopnou soustavu. Cena s DPH činí 478 075 Kč.

Čtvrtá část diplomové práce se zabývá návrhem nuceného větrání objektu. Byla zvolena rekuperační jednotka Regulus Sentinel Kinetic Advance SX. Tato nástěnná jednotka s maximálním výkonem 414 m³/h má vestavěný automatický bypass, je vybavena WiFi modulem, pro jednoduché ovládání skrze chytrý telefon. Rovněž je vybavena filtry s třídou filtrace G3. Dále je v této části uveden návrh potrubní trasy, včetně volby typu potrubí, výpočtu tlakových ztrát, volby koncových prvků a následné zaregulování na stejnou tlakovou ztrátu. Závěrem této části je stejně jako u otopné soustavy uveden přibližný součet nákladů na vzduchotechnickou soustavu. Cena s DPH činí 158 682 Kč.

Pátá část diplomové práce je věnována posouzení možnosti využití fotovoltaických panelů. S ohledem na rozměr střechy, byl zvolen fotovoltaický systém firmy JOYCE ČR, který obsahuje 12 fotovoltaických panelů Axitec 440W o maximálním výkonu 5,28 kWp s akumulací přebytečné energie v bateriích. Rovněž je v této části provedena orientační simulace zisků z fotovoltaických panelů během roku pro danou lokalitu v online simulačním módu PVGIS. Cena s DPH, po odečtení dotace v rámci Moravskoslezského kraje, činí 170 000 Kč.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. 1.9.2018. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [2] ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. 1.11.2005. Český normalizační institut, 2005.
- [3] Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: https://www.e-isover.cz/?gclid=CjwKCAjwv_iEBhASEiwARoemvE3FV4OvulrYXO8bsTjHFqsZeD60zn4iQAfdrVT3mcnxknvs1huz6BoCIyUQAvD_BwE
- [4] ROCKWOOL, a.s. [online]. 2021 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.rockwool.cz/>
- [5] Rockfon Blanka® Activity. Rockfon [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.rockfon.cz/produkty/rockfon-blanka-activity/?selectedCat=documents#Vlastnosti>
- [6] EN ISO 6946: Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method. 2007. 2007.
- [7] ALBO okna - dveře s.r.o. [online]. 2021 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.albo.cz/>
- [8] ČSN EN 15665: Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. 12/2009. Český normalizační institut, 2009.
- [9] REGULUS spol. s r.o. [online]. 2015-2021 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/>
- [10] BEF HOME S.R.O. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.krby-bef.cz/>
- [11] VALENTA, Vladimír. Topenářská příručka 3: Návod na projektování tepelných zařízení. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [12] GIACOMINI vícevrstvá trubka 20x2 PEX/AL/PEX. In: LIKOST, spol. s r.o. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.likost.cz/trubky-pro-teplovodni-podlahove-vyta/giacomini-vicevrstva-trubka-20x2-pe-al-pe-1m>
- [13] Směšovaná čerpadlová skupina PUMPFIX CONSTANT DN25. In: Herz, s.r.o. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/podlahove-vytapeni-push/čerpadlove-skupiny/1451402-3103>

- [14] Honeywell Evohome. In: *BOLA spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.evohome.cz/evohome-wifi/>
- [15] *Herz, s.r.o.* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/>
- [16] *PROFI-UNION, spol. s r.o* [online]. © 2007-2020 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/>
- [17] *LIKOST, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.likost.cz/>
- [18] *Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o.* [online]. Čajkovského 21 779 00 Olomouc [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>
- [19] *BOLA spol. s.r.o.* [online]. Severní 276, 252 25 Jinočany [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.evohome.cz/>
- [20] Rekuperační jednotka Sentinel Advance SX. *Regulus* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/rekuperacni-jednotka-sentinel-advance-sx>
- [21] CHYSKÝ, J. a HEMZAL K. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.
- [22] *Dalap* [online]. 2021 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://dalap.cz/>
- [23] *Systemair, a.s.* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/>
- [24] Regulátor IR 14 CTC. *Regulus* [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/regulator-ir-14-ctc>
- [25] *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.* [online]. © 2003–2009 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/>
- [26] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů*. 2020, číslo 264. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264#p7>
- [27] Fotovoltaická elektrárna 5,28 kWp (12 panelů) + baterie 9,6 kWh– FVE s akumulací přebytků do baterie. *JOYCE ČR, s.r.o.* [online]. 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.joyce-energie.cz/sestava-12-panelu-pylon/>
- [28] AXIPREMIUM XL HC: 144 halfcell, monocrystalline XL HC. *AXITEC ENERGY GMBH & CO. KG.* [online]. 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.axitecsolar.com/en/solarmodul/axipremium-xl-hc-0>
- [29] PVGIS: PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. *EU SCIENCE HUB: The European Commission's science and knowledge service* [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP

- [30] *Mapy.cz: Okolí obce Komorní Lhotka* [online]. In: . [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=18.4615461&y=49.6701292&z=12&source=muni&id=4540>
- [31] Suchý způsob montáže podlahového vytápění. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [32] Mokrý způsob montáže podlahového vytápění. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [33] Meandrový způsob pokládky otopného hada. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [34] Spirálový způsob pokládky otopného hada. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [35] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Hodnoty součinitelů místních ztrát - T-kusy - podrobně. *TZB-info* [online]. 2001-2021 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/24-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-t-kusy-podrobne>
- [36] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Hodnoty součinitelů místních ztrát - základní tvarovky v potrubí. *TZB-info* [online]. 2001-2021 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/21-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-zakladni-tvarovky-v-potrubi>
- [37] Topné těleso poniklované 1f s termostatickou hlavici, typ D. In: *Regulus* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/topne-teleso-poniklovane-1f-s-termostatickou-hlavici-typ-d>
- [38] Tepelné čerpadlo EcoAir 410. In: *Regulus* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/tepelne-cerpadlo-ecoair-410-svt-4760>
- [39] Akumulační nádrž s nerezovým výměníkem TV HSK 750 PR. In: *Regulus* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-s-nerezovym-vymenikem-tv-hsk-750-pr>
- [40] Grundfos ALPHA1 L 25-40 180. In: *Aquafam a.s.* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadlabezstarosti.cz/obehova-cerpadla/1058-grundfos-alpha1-l-25-40-180>
- [41] Pojistný ventil G 1/2“ F/F. In: *Regulus* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/pojistny-ventil-g-1-2-f-f>

- [42] BAŠTA, Jiří. Tabulka k určení součinitele roztažnosti n. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [43] Expanzní nádoba HS060. In: *Regulus* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-hs060>
- [44] VST 10-1 plastový talířový ventil přívodní s deflektorem. In: *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.* [online]. © 2003–2009 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vst-10-1-plastovy-talirovy-ventil-privodni-s-deflektorem>
- [45] VEF 125 plastový talířový ventil odvodní. In: *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.* [online]. © 2003–2009 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vef-125-plastovy-talirovy-ventil-odvodni>
- [46] VST 12-1 plastový talířový ventil přívodní s deflektorem. In: *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.* [online]. © 2003–2009 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vst-12-1-plastovy-talirovy-ventil-privodni-s-deflektorem>
- [47] Baterie Pylontech H48050. In: *Solid Power Distribution* [online]. 2019 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.solidpower.cz/baterie-pylontech-h48050-p1498/>
- [48] Rozdělovač/sběrač nerez. In: *Herz* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/podlahove-vytapeni-push/rozdlovace-podlahoveho-vytapeni-nerez/rozdlovac-sberac-nerez-3555>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[m]	Tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek
A	[m]	Šířka místnosti
a, b, c, d, n	[-]	Parametry pro výpočet $U_{\text{equiv},k}$ v závislosti na konkrétním případě
$A_{\text{env},z}$	[m ²]	Obálka větrací zóny
A_G	[m ²]	Plocha podlahové desky
A_i	[m ²]	Plocha místnosti
A_k	[m ²]	Plocha stavební části
a_{ventilu}	[mm]	Otevření ventilu koncového prvku vzduchotechnického zařízení
b	[m]	Tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek
B	[m]	Délka místnosti
B'	[m]	Geometrický parametr podlahové desky
c	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita vody
c_p	[Wh·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
d_i	[m]	Tloušťka i -té konstrukce
d_{in}	[m]	Vnitřní průměr trubky
$d_{\text{návrhový}}$	[mm]	Návrhový průměr potrubí
d_{out}	[m]	Vnější průměr trubky
d_p	[mm]	Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí
$d_{\text{skutečný}}$	[mm]	Skutečný vzduchotechnického průměr potrubí dle nabídky výrobce
$d_{\text{vyústky}}$	[mm]	Průměr vyústky
f_1	[-]	Opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou
f_2	[-]	Opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části
$f_{\text{dir},z}$	[-]	Činitel orientace zóny
$f_{e,z}$	[-]	Opravný činitel zohledňující dodatečný rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním
$f_{\text{GW},k}$	[-]	Opravný činitel zohledňující vliv spodní vody
$f_{\text{ia},k}$	[-]	Teplotní opravný činitel
$f_{\text{iae},k}$	[-]	Teplotní opravný činitel
$f_{\text{ie},k}$	[-]	Teplotní opravný činitel

$f_{ig,k}$	[-]	Teplotní opravný činitel
f_{i-z}	[-]	Poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností, které jsou součástí uvažované zóny a výsledným objemovým průtokem vzduchu zóny
$f_{qv,z}$	[-]	Činitel objemového průtoku
$f_{U,k}$	[-]	Opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot
$f_{\theta ann}$	[-]	Opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku
g	[m·s ⁻²]	Gravitační zrychlení
$H_{\check{c}erp}$	[m]	Dopravní výška čerpadla
h_{EN}	[m]	Výška vodního sloupce nad expanzní nádobou
$H_{T,i}$	[W·K ⁻¹]	Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem
$H_{T,ia}$	[W·K ⁻¹]	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních vytápěných prostor (a)
$H_{T,iae}$	[W·K ⁻¹]	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy (ae)
$H_{T,ie}$	[W·K ⁻¹]	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e)
$H_{T,ig}$	[W·K ⁻¹]	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)
k	[m]	Drsnost potrubí
K_v	[m ³ ·h ⁻¹]	Průtokový součinitel
l	[m]	Rozteč potrubí
l_{char}	[m]	Charakteristický rozměr
L_{oh}	[m]	Délka otopného hada
L_p	[m]	Délka přípojky smyčky
l_t	[m]	Délka potrubí v otopné soustavě
L_{vz}	[m]	Délka vzduchotechnického potrubí
m	[m ⁻¹]	Charakteristické číslo podlahy
\dot{m}	[kg·s ⁻¹]	Hmotnostní tok trubkou
n	[-]	Počet ohybů spirály
n_{disku}	[-]	Otáčky disku koncového prvku vzduchotechnického zařízení
n_{exp}	[-]	Součinitel roztažnosti
$n_{min,i}$	[h ⁻¹]	Minimální intenzita větrání místnosti (i)
$n_{otáček}$	[-]	Počet otáček na rozdělovači/sběrači podlahového vytápění

O_p	[m]	Obvod krajních trubek
P	[m]	Nechráněný obvod podlahové desky
p_b	[kPa]	Barometrický tlak
p_{ddov}	[kPa]	Nejnižší absolutní dovolený tlak
p_{hdov}	[kPa]	Nejvyšší absolutní dovolený tlak
p_k	[kPa]	Konstrukční přetlak prvku v otopné soustavě
p_{ot}	[kPa]	Otvírací přetlak pojistného ventilu
Q	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vody
\dot{q}	[W·m ⁻²]	Měrný tepelný výkon podlahy směrem nahoru
\dot{q}'	[W·m ⁻²]	Měrný tepelný výkon podlahy směrem dolů
\dot{Q}_C	[W]	Skutečný výkon předávaný do místnosti
$q_{env,50}$	[m ³ ·(m ⁻² ·h ⁻¹)]	Měrná průvzdušnost obálky budovy při rozdílu tlaků 50 Pa
\dot{Q}_{krb}	[W]	Tepelný výkon teplovodního krbu do vody
\dot{Q}_o	[W]	Tepelný výkon okrajové zóny
\dot{Q}_p	[W]	Tepelný výkon otopné plochy
\dot{Q}_p	[kW]	Pojistný výkon
\dot{Q}_{PC}	[W]	Tepelný příkon otopné vody
$\dot{Q}_{tč}$	[W]	Tepelný výkon tepelného čerpadla
$q_{v,ATD,50,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa
$q_{v,ATD,design,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti (i)
$q_{v,ATD,design,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do zóny (z)
$q_{v,ATD,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$q_{v,comb,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok spalovacího vzduchu nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného vzduchu přiváděný do místnosti
$q_{v,comb,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok spalovacího vzduchu nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného vzduchu přiváděný do větrací zóny
$q_{v,env,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy
$q_{v,env,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy
$q_{v,exh,i}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vzduchu odváděný z místnosti
$q_{v,exh,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vzduchu odváděný z větrací zóny
$q_{v,inf-add,z}$	[m ³ ·h ⁻¹]	Objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny

$q_{v,leak,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny (z) netěsnostmi
$q_{v,leak+ATD,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$q_{v,min,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Minimální objemový průtok vzduchu místnosti
$q_{v,open,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti velkými otvory v obálce budovy
$q_{v,sup,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti
$q_{v,sup,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti (i)
$q_{v,sup,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny
$q_{v,tech,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy
$q_{v,transfer,ij}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)
r	$[m]$	Šířka okraje
R_c	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Celkový tepelný odpor konstrukce
Re	$[-]$	Reynoldsovo číslo
R_i	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor i-tého materiálu v konstrukci
R_{se}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_{vz}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor vzduchové mezery
S	$[m^2]$	Plocha místnosti
S_0	$[mm^2]$	Průřez sedla pojistného ventilu
$S_{n\%}$	$[\%]$	Procento plochy zabírané nábytkem
S_p	$[m^2]$	Plocha ohraničená krajními trubkami
t_m	$[^\circ C]$	Průměrná hodnota přívodní a zpětné teploty teplonosné látky
t_p	$[^\circ C]$	Střední povrchová teplota podlahy
$U_{equiv,k}$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemí
U_k	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Součinitel prostupu tepla stavební části
U_{kc}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části
$U_{k-vnější stěna}$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Korigovaný součinitel prostupu tepla vnější stěnou
$U_{k-vnější stěna}$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Součinitel prostupu tepla vnější stěnou
\dot{V}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Objemový průtok vzduchu potrubím
V_0	$[l]$	Objem vody v soustavě
V_{an}	$[l]$	Objem vody v akumulační nádrži
V_e	$[l]$	Objem expanzní nádoby

V_i	[m ³]	Objem místnosti
V_k	[l]	Objem vody v teplovodním krbu
$V_{leak,z}$	[-]	Tlakový exponent netěsností
V_p	[l]	Objem vody v potrubí
V_{pod}	[l]	Objem vody v podlahovém vytápění
$V_{tč}$	[l]	Objem vody v tepelném čerpadle
w	[m·s ⁻¹]	Skutečná rychlost vzduchu v potrubí
w_{dop}	[m·s ⁻¹]	Doporučená rychlost ve vzduchovodech
w_{max}	[m·s ⁻¹]	Maximální rychlost ve vzduchovodech
w_s	[m·s ⁻¹]	Rychlost proudění otopné vody
z	[m]	Hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy
$\alpha_{ATD,z}$	[-]	Autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně (z)
α_p	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy
α_p'	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy
α_w	[-]	Výtokový součinitel
$\Delta p_{ATD,design,z}$	[Pa]	Návrhový rozdíl tlaků koncových vzduchotechnických zařízení ve větrací zóně (z)
Δp_{krb}	[Pa]	Tlaková ztráta výměníku teplovodního krbu
$\Delta p_{pumpfix-krb}$	[Pa]	Tlaková ztráta třicestného ventilu teplovodního krbu
$\Delta p_{pumpfix-p}$	[Pa]	Tlaková ztráta třicestného ventilu podlahového vytápění
$\Delta p_{tč}$	[Pa]	Tlaková ztráta výměníku tepelného čerpadla
Δp_z	[Pa]	Tlaková ztráta
Δp_{z-krb}	[Pa]	Celková tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
Δp_{zl}	[Pa]	Délková tlaková ztráta
Δp_{zl-krb}	[Pa]	Délková tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
Δp_{zl-p}	[Pa]	Délková tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění
$\Delta p_{zl-tč}$	[Pa]	Délková tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla
Δp_{zl-vz}	[Pa]	Délková tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí
Δp_{zm}	[Pa]	Místní tlaková ztráta
Δp_{zm-krb}	[Pa]	Místní tlaková ztráta okruhu teplovodního krbu
Δp_{zm-p}	[Pa]	Místní tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění
$\Delta p_{zm-tč}$	[Pa]	Místní tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla
Δp_{zm-vz}	[Pa]	Místní tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

Δp_{z-p}	[Pa]	Celková tlaková ztráta smyčky podlahového vytápění
Δp_{z-reg}	[Pa]	Nastavení tlakové ztráty okruhů podlahového vytápění
$\Delta p_{z-reg-vz}$	[Pa]	Nastavení tlakové ztráty na koncovém prvku vzduchotechnického zařízení
$\Delta p_{z-tč}$	[Pa]	Celková tlaková ztráta okruhu tepelného čerpadla
Δp_{z-vz}	[Pa]	Celková tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí
$\Delta p_{z-zareg}$	[Pa]	Tlaková ztráta po zaregulování okruhů podlahového vytápění
$\Delta p_{z-zareg-vz}$	[Pa]	Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí po zaregulování
Δt	[K]	Teplotní spád
ΔU_{TB}	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Přirážka na vliv tepelných vazeb
η_{exp}	[-]	Stupeň využití expanzní nádoby
η_{ZZT}	[-]	Účinnost zpětného získávání tepla
θ_e	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{e,m}$	[°C]	Průměrná venkovní teplota za otopné období
$\theta_{e,x}$	[°C]	Teplota venkovního vzduchu po průchodu pasivním předeřevem
$\theta_{exh,z}$	[°C]	Teplota vzduchu odváděného ze zóny (z)
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová vnitřní teplota
$\theta_{int,i}'$	[°C]	Teplota místnosti, případně zeminy pod řešenou místností
$\theta_{rec,z}$	[°C]	Teplota vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde zpětným získáváním tepla a, pokud je instalován, pasivním předeřevem
$\theta_{transfer,ij}$	[°C]	Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)
θ_u	[°C]	Teplota vzduchu sousedních nevytápěných prostor
λ	[-]	Součinitel ztráty třením
λ_{2320}	[-]	Součinitel ztráty třením pro Re= 2320
λ_{4000}	[-]	Součinitel ztráty třením pro Re= 4000
Λ_a	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami
λ_a	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek
Λ_b	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami
λ_b	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek
λ_d	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu, v němž jsou trubky zality
λ_i	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu i-té konstrukce
λ_{vz}	[-]	Součinitel ztráty třením vzduchotechnického potrubí
ν	[m ² ·s ⁻¹]	Kinematická viskozita vody
ν_{vz}	[m ² ·s ⁻¹]	Kinematická viskozita vzduchu

ξ	[-]	Součinitel místní tlakové ztráty
ξ_{90}	[-]	Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°
ξ_{φ}	[-]	Součinitel místní ztráty pro ohyb potrubí
ρ	[kg·m ⁻³]	Hustota otopné vody
ρ_{vz}	[kg·m ⁻³]	Hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
φ	[-]	Úhel ohybu potrubí
$\Phi_{T,i}$	[W]	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru
$\Phi_{T,zisk}$	[W]	Celkový návrhový zisk nevytápěné místnosti z okolních prostor
$\Phi_{T,ztráta}$	[W]	Celková návrhová tepelná ztráta nevytápěné místnosti do okolních prostor
$\Phi_{V,i}$	[W]	Tepelná ztráta větráním místnosti

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výpočet součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební konstrukce
Příloha 2	Výpočet teplot nevytápěných místností
Příloha 3	Výpočet tepelných ztrát prostupem pro jednotlivé místnosti objektu
Příloha 4	Výpočet nuceného větrání objektu
Příloha 5	Složení podlah pro výpočet podlahového vytápění
Příloha 6	Výpočet podlahového vytápění pro jednotlivé místnosti objektu
Příloha 7	Vlastnosti podlahového vytápění pro místnosti vytápěné přípojkami smyček
Příloha 8	Výpočet tlakových ztrát otopné soustavy
Příloha 9	Výpočet tlakových ztrát vzduchotechnické soustavy
Příloha 10	Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA 1

Vlastnosti konstrukcí						
Kód	Kód materiálu	Typ konstrukce	d_i	λ_i	R_i	U_k
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K ¹ ·W ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Podlaha 1. NP						
1	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem dolů			0,17	0,234
	6M	Plovoucí podlaha	12	0,133	0,090	
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2	0,05	
	4M	Systémová deska	10	0,035	0,286	
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	30	0,037	0,811	
	2M	Isover EPS 100Z	100	0,037	2,703	
	12M	Hydroizolace PENEFOL 750	2	0,035	0,057	
	1M	Betonová deska	150	1,3	0,115	
Podlaha 2. NP						
2	22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem nahoru			0,1	0,201
	6M	Plovoucí podlaha	12	0,1333	0,090	
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2	0,05	
	4M	Systémová deska	10	0,035	0,286	
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	60	0,037	1,622	
	11M	Deska	300	0,22	1,364	
	19M	Vzduchová mezera u podhledu	300		0,18	
	13M	Podhled Rockford	40	0,04	1	
	22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem nahoru			0,1	
Vnější stěna						
3	21	Odpor při přestupu tepla na vnější straně – vodorovný tepelný tok			0,04	0,173
	7M	Hranol – dřevo rostlé, tvrdé	100	0,22	0,0455	
	8M	Isover Uniroll plus	120	0,036	3,333	
	9M	Isover Uniroll profi	50	0,033	1,515	
	15M	Parozábrana	1	0,39	0,003	
	18M	Vzduchová mezera	49		0,16	
	10M	Palubka	30	0,22	0,136	
	20	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – vodorovný tepelný tok			0,13	
Vnitřní stěna						
4	20	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – vodorovný tepelný tok			0,13	0,554
	10M	Palubka	20	0,22	0,091	
	9M	Isover TF Profi	15	0,033	0,455	
	7M	Hranol – dřevo rostlé, tvrdé	100	0,22	0,455	
	9M	Isover TF Profi	15	0,033	0,454	
	20	Palubka	20	0,22	0,091	
	20	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – vodorovný tepelný tok			0,13	

Vlastnosti konstrukcí						
Kód	Kód materiálu	Typ konstrukce	d_i	λ_i	R_i	U_k
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K ¹ ·W ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Strop 2. NP						
5	22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem nahoru			0,1	0,234
	11M	Deska	300	0,22	1,364	
	9M	Isover TF Profi	30	0,033	0,909	
	19M	Vzduchová mezera u podhledu	300		0,18	
	13M	Podhled Rockford	40	0,04	1	
	22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem nahoru			0,1	
Střecha						
6	22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – tepelný tok směrem nahoru			0,1	0,152
	10M	Palubka	30	0,22	0,136	
	14M	Střešní vata Isover	20	0,033	6,061	
	19M	Parozábrana	1	0,39	0,003	
	7M	Latě	40	0,22	0,182	
	1M	Střešní taška	50	1,3	0,039	
	21	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
Okno						
7	7K	Okno				1,1
Vnitřní dveře						
8	8K	Vnitřní dveře				1,1
Venkovní dveře						
9	9K	Venkovní dveře				1,0
Posuvné dveře na terasu						
10	10K	Posuvné dveře na terasu				0,96

PŘÍLOHA 2

102 – Technická místnost							
Výpočtová venkovní teplota			Θ_e	[°C]	-15		
Vypočtená vnitřní teplota na základě rovnováhy tepelných toků			$\Theta_{int,i}$	[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot			$\Theta_{int,i}-\Theta_e$	[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	5,80	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	0,49	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				1,859			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	2,67	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitele		$f_{\Theta_{ann}}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,46	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta_{ann}} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$			[W·K ⁻¹]		
		0,371					
Tepelné zisky z vytápěných prostorů							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	0,057	18	1,529	0,604		
8K	Vnitřní dveře	0,057	18	1,576	1,15		
2K	Podlaha 2. NP	0	20	2,67	0,259		
4K	Vnitřní stěna	0	20	9,396	1,1		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$			[W·K ⁻¹]		
		-0,156					
Zisk z akumulací nádob		85					[W]
Tepelný zisk		79,53					[W]
Tepelná ztráta		78,04					[W]

106 – Spíž							
Výpočtová venkovní teplota			Θ_e	[°C]	-15		
Vypočtená vnitřní teplota na základě rovnováhy tepelných toků			$\Theta_{int,i}$	[°C]	19		
Výpočtový rozdíl teplot			$\Theta_{int,i}-\Theta_e$	[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	3,17	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	0,49	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				1,271			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'			A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]		
			168,05	54,18	6,20		
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	2,37	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitelé		$f_{\Theta_{ann}}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,434	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou			$H_{T,ig}=f_{\Theta_{ann}} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$		[W·K ⁻¹]		
			0,309				
Tepelné zisky z vytápěných prostorů							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,029	20	3,346	0,604		
8K	Vnitřní dveře	-0,029	20	1,379	1,15		
2K	Podlaha 2. NP	-0,147	24	2,37	0,259		
4K	Vnitřní stěna	-0,147	24	8,3835	1,1		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu			$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$		[W·K ⁻¹]		
			1,553				
Tepelný zisk			52,78				[W]
Tepelná ztráta			53,72				[W]

PŘÍLOHA 3

101 - Obývací pokoj + kuchyň							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e	[°C]	-15			
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$	[°C]	20			
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$	[°C]	35			
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	41,01	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	10,51	1,11	0,05	1,16	1	1
10K	Posuvné dveře na terasu	5,91	0,96	0,05	1,01	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				27,21			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{iae,k}$ [-]	Θ_u [°C]
4K	Vnitřní stěna	3,10	0,55	0,05	0,60	0	20
4K	Vnitřní stěna	3,35	0,55	0,05	0,60	0,03	19
8K	Vnitřní dveře	1,38	1,10	0,05	1,15	0,03	19
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				0,10			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	56,08	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitelé		$f_{\Theta ann}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,46	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$			[W·K ⁻¹]		
		7,79					
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	6,09	0,60		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$			[W·K ⁻¹]		
		-0,42					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					34,69	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			1214,10	[W]	

103 - Předsín							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	18		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	33		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	3,11	0,17	0,05	0,22	1	1
9K	Venkovní dveře	1,97	1,00	0,05	1,25	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				2,76			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{iae,k}$ [-]	Θ_u [°C]
4K	Vnitřní stěna	1,53	0,55	0,05	0,60	-0,06	20
8K	Vnitřní dveře	1,58	1,10	0,05	1,15	-0,06	20
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				0,10			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'			A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]		
			168,05	54,18	6,20		
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	2,96	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitelé		$f_{\Theta_{ann}}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,41	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou			$H_{T,ig}=f_{\Theta_{ann}} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$			[W·K ⁻¹]	
			0,36				
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,06	20	5,94	0,60		
4K	Vnitřní stěna	-0,06	20	5,92	0,60		
8K	Vnitřní dveře	-0,06	20	1,77	1,15		
2K	Podlaha 2. NP	-0,06	20	2,72	0,259		
2K	Podlaha 2. NP	-0,06	20	1,42	0,259		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu			$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$			[W·K ⁻¹]	
			-0,62				
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					2,33	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			77,02	[W]

104 – Pokoj pro hosty							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	19,70	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	2,10	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				6,82			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				0			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G	P	$B' = 2A_G/P$			
		[m ²]	[m]	[m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	ΔU_{tb}		
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	16,04	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitele		$f_{\Theta ann}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$			
		[-]	[-]	[-]			
		1,45	0,46	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$				[W·K ⁻¹]	
		2,23					
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	0,06	18	5,94	0,60		
2K	Podlaha 2. NP	-0,06	20	16,04	0,259		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu				$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$			[W·K ⁻¹]
				0,21			
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					9,25	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			323,74	[W]	

105 – Ložnice							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	20,38	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	2,10	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				6,97			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{iae,k}$ [-]	Θ_u [°C]
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				0			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	26,63	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitele		$f_{\Theta ann}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,46	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$			[W/K]		
		3,7					
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	13,70	0,60		
8K	Vnitřní dveře	-0,11	24	1,18	1,15		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$			[W·K ⁻¹]		
		-1,1					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					9,57	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			334,81	[W]	

107 – Koupelna							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	24		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	39		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	7,22	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	0,49	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				2,18			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
4K	Vnitřní stěna	8,84	0,55	0,05	0,60	0,13	19
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				0,69			
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G	P	$B' = 2A_G/P$			
		[m ²]	[m]	[m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	ΔU_{tb}		
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	14,53	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitele		$f_{\Theta ann}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$			
		[-]	[-]	[-]			
		1,45	0,52	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$				[W·K ⁻¹]	
		2,28					
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	0,10	20	9,82	0,60		
8K	Vnitřní dveře	0,10	20	1,18	1,15		
4K	Vnitřní stěna	0,10	20	10,25	0,60		
8K	Vnitřní dveře	0,10	20	1,58	1,15		
4K	Vnitřní stěna	0,10	20	5,82	0,60		
2K	Podlaha 2. NP	0,10	20	5,13	0,259		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$				[W·K ⁻¹]	
		2,07					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					7,2	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			280,76	[W]	

108 – Chodba se schodištěm							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí		$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$				[W·K ⁻¹]	
		0					
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{iae,k}$ [-]	Θ_u [°C]
5K	Strop 2. NP	4,54	0,274	0,05	0,324	0,57	0
4K	Vnitřní stěna	6,29	0,55	0,05	0,60	0	20
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru		$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$				[W·K ⁻¹]	
		0,84					
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_G [m ²]	P [m]	$B' = 2A_G/P$ [m]			
		168,05	54,18	6,20			
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{equiv,k}$ [-]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
1K	Podlaha 1. NP	15,13	0,23	0,21	0,05		
Korekční činitelé		$f_{\Theta ann}$ [-]	$f_{ig,k}$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]			
		1,45	0,46	1			
Součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=f_{\Theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k})$				[W·K ⁻¹]	
		2,10					
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	10,25	0,60		
8K	Vnitřní dveře	-0,11	24	1,58	1,15		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$				[W·K ⁻¹]	
		-0,91					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					2,03	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			70,97	[W]	

201 – Obývací pokoj							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e	[°C]	-15			
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$	[°C]	20			
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$	[°C]	35			
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	46,92	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	10,51	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				22,56			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
5K	Strop 2. NP	56,08	0,274	0,05	0,324	0,57	0
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				10,38			
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	11	0,60		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu				$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$		[W·K ⁻¹]	
				-0,76			
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					32,18	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$		1126,29	[W]	

202 – Šatna							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	7,86	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	2,22	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				4,31			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
5K	Strop 2. NP	56,08	0,274	0,05	0,324	0,57	0
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				1,71			
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$			[W·K ⁻¹]	0	
		0					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					6,02	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			210,77	[W]	

203 – Pokoj							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	20,63	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	6,31	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				11,86			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
5K	Strop 2. NP	23,83	0,274	0,05	0,324	0,57	0
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				4,41			
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$			[W·K ⁻¹]		
		0					
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					16,27	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$		569,34	[W]	

204 – Pokoj							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{U,k}$ [-]	$f_{ie,k}$ [-]
3K	Vnější stěna	22,66	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	6,31	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				12,31			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ΔU_{tb} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$f_{iae,k}$ [-]	Θ_u [°C]
5K	Strop 2. NP	27,03	0,274	0,05	0,324	0,57	0
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				5,00			
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$ [-]	$\Theta_{int,a}$ [°C]	A_k [m ²]	U_{kc} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
2K	Podlaha 2. NP	-0,11	24	5,13	0,259		
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	11	0,60		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu				$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$			[W·K ⁻¹]
				-0,91			
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					16,40	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			574,11	[W]

205 – Koupelna							
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	24		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	39		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]
3K	Vnější stěna	7,48	0,17	0,05	0,22	1	1
7K	Okno	0,49	1,11	0,05	1,16	1	1
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$			[W·K ⁻¹]
				2,23			
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]
5K	Strop 2. NP	12,02	0,274	0,05	0,324	0,62	0
2K	Podlaha 2. NP	2,37	0,209	0,05	0,259	0,13	19
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru				$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$			[W·K ⁻¹]
				2,47			
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu							
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}		
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]		
4K	Vnitřní stěna	0,11	20	11	0,60		
4K	Vnitřní stěna	0,11	20	11	0,60		
4K	Vnitřní stěna	0,11	20	6,78	0,60		
8K	Vnitřní dveře	0,11	20	1,18	1,15		
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu				$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_{kc}$		[W·K ⁻¹]	
				1,92			
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					6,63	[W·K ⁻¹]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			258,50	[W]	

206 – Chodba								
Výpočtová venkovní teplota		Θ_e		[°C]	-15			
Výpočtová vnitřní teplota		$\Theta_{int,i}$		[°C]	20			
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i}-\Theta_e$		[°C]	35			
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[-]	
Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí		$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}$					[W·K ⁻¹]	
		0						
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Kód	Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc}=U_k+\Delta U_{tb}$	$f_{iae,k}$	Θ_u	
		[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[°C]	
5K	Strop 2. NP	6,31	0,274	0,05	0,324	0,57	0	
Součinitel tepelné ztráty do nevytápěného prostoru		$H_{T,iae}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{iae,k}$					[W·K ⁻¹]	
		1,17						
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu								
Kód	Stavební část	$f_{ia,k}$	$\Theta_{int,a}$	A_k	U_{kc}			
		[-]	[°C]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]			
4K	Vnitřní stěna	-0,11	24	6,78	0,60			
8K	Vnitřní dveře	-0,11	24	1,18	1,15			
Součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu		$H_{T,ia}=\sum_k f_{ia,k} \cdot A_k \cdot U_k$			[W·K ⁻¹]			
		-0,62						
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem								
$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iae}+H_{T,ig}+H_{T,ia}$					0,54	[W·K ⁻¹]		
Návrhová tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i}-\Theta_e)$			19,04	[W]		

PŘÍLOHA 4

Výpočet nuceného větrání pro zónu			
Celkový objemový průtok zóny	q_{cz}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	260
Poměr objemového průtoku vzduchu mezi místností a zónou	f_{i-z}	[-]	0,5
Průvzdušnost při rozdílu tlaků 50 Pa	q_{env50}	$[m^3 \cdot (m^{-2} \cdot h^{-1})]$	2
Tlakový exponent netěsností	$V_{leak,z}$	[-]	0,67
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do větrací zóny	$q_{v, ATD, design, z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	260
Návrhový rozdíl tlaků koncových vzduchotechnických zařízení ve větrací zóně	$\Delta p_{ATD, design, z}$	[Pa]	4
Objem průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa	$q_{v,ATD,50,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	1412,22
Činitel objemového průtoku	$f_{qv,z}$	[-]	0,07
Opravný činitel zohledňující dodatečný rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním	$f_{e,z}$	[-]	1
Obálka větrací zóny	$A_{env,z}$	$[m^2]$	518,29
Objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny	$q_{v,inf-add,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	171,42
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do zóny obálkou budovy	$q_{v,env,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	171,42
Objemový průtok vzduchu odváděný ze zóny	$q_{v,exh,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	260
Objemový průtok vzduchu přiváděný do zóny	$q_{v,sup,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	260
Autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně	$a_{ATD,z}$	[-]	0,577
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny netěsnostmi	$q_{v,leak,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	72,56
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,ATD,z}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	98,86
Činitel orientace zóny	$f_{dir,z}$	[-]	2
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti velkými otvory v obálce budovy	$q_{v,open,i}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	0
Teplota vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde zpětným získáváním tepla	$\Theta_{rec,z}$	$[^{\circ}C]$	19,23
Vstupní teplota do rekuperace	$\Theta_{e,x}$	$[^{\circ}C]$	-2,9
Průměrná odváděná teplota	$\Theta_{p,od}$	$[^{\circ}C]$	21,69
Účinnost rekuperace	η_{ZZT}	[%]	90
Tepelná ztráta větráním budovy	$\Phi_{V,build}$	[W]	4312,48

101 - Obývací pokoj + kuchyň			
Objem místnosti	V_i	151,42	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	116,13	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	44,77	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	89,55	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	89,55	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	89,55	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-37,5	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	1085,18	[W]

103 - Předstíň			
Objem místnosti	V_i	11,18	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	9,62	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	1,35	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	2,69	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	2,69	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	2,69	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	30,23	[W]

104 - Pokoj pro hosty			
Objem místnosti	V_i	43,31	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	32,44	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	14,05	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	28,09	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	28,09	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i}+q_{v,open,i}$	28,09	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-12,5	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	340,84	[W]

105 - Ložnice			
Objem místnosti	V_i	71,90	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	46,95	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	35	[m ³ /h]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ /h]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	35	[m ³ /h]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	19,88	[m ³ /h]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	39,76	[m ³ /h]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ /h]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	39,76	[m ³ /h]
MAX	$q_{v,env,i}+q_{v,open,i}$	39,76	[m ³ /h]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-17,5	[m ³ /h]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	35	[m ³ /h]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ /h]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	35	[m ³ /h]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	482,27	[W]

107 - Koupelna			
Objem místnosti	V_i	39,23	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	25,22	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	60	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	3,53	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	7,06	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,envn,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	7,06	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	7,06	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-60	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	60	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	20	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	60	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	175,24	[W]

108 - Chodba se schodištěm			
Objem místnosti	V_i	40,85	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	21,42	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	3,00	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	6,00	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,envn,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	6,00	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	6,00	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-60	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	60	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	20	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	60	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	71,37	[W]

201 - Obývací pokoj			
Objem místnosti	V_i	151,42	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	108,46	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	43,70	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	87,40	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	87,40	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	87,40	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-37,5	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	75	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	1059,63	[W]

202 - Šatna			
Objem místnosti	V_i	25,00	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	22,22	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ /h]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	75	[m ³ /h]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ /h]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	3,11	[m ³ /h]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	6,22	[m ³ /h]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ /h]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	6,22	[m ³ /h]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	6,22	[m ³ /h]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-75	[m ³ /h]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ /h]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	75	[m ³ /h]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	20	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	75	[m ³ /h]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	74,04	[W]

203 - Pokoj			
Objem místnosti	V_i	64,34	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	53,53	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	17,00	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	34,00	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	34,00	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	34,00	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-12,5	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	411,12	[W]

204 - Pokoj			
Objem místnosti	V_i	72,98	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	56,00	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	17,35	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	34,69	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,env,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	34,69	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	34,69	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-12,5	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	-	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	25	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	419,34	[W]

205 - Koupelna			
Objem místnosti	V_i	32,45	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	19,99	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	50	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	2,80	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	5,60	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,envn,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	5,60	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	5,60	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-50	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	50	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	20	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	50	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	142,20	[W]

206 - Chodba			
Objem místnosti	V_i	17,04	[m ³]
Obálka místnosti	$A_{env,i}$	6,31	[m ²]
Minimální objemový průtok vzduchu místnosti	$q_{v,min,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Odvod vzduchu	$q_{v,exh,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti	$q_{v,ATD,design,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními	$q_{v,leak+ATD,i}$	0,88	[m ³ ·h ⁻¹]
MIN	$q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}$	1,77	[m ³ ·h ⁻¹]
	$q_{v,envn,z}$	171,42	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy	$q_{v,env,i}$	1,77	[m ³ ·h ⁻¹]
MAX	$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$	1,77	[m ³ ·h ⁻¹]
	$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}$	-125	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti	$q_{v,sup,i}$	0	[m ³ ·h ⁻¹]
Objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti (i) ze sousední místnosti (j)	$q_{v,transfer,ij}$	125	[m ³ ·h ⁻¹]
Teplota vzduchu přestupujícího do místnosti (i) z ze sousední místnosti (j)	$\Theta_{transfer,ij}$	20	[°C]
Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy	$q_{v,tech,i}$	125	[m ³ ·h ⁻¹]
Tepelná ztráta větráním místnosti	$\Phi_{V,i}$	21,02	[W]

PŘÍLOHA 5

Složení podlah pro výpočet podlahového vytápění 1. NP				
Složení podlahy v místnostech 101 (úsek 1-B a 1-C), 103,104,105,108				
	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	6M	Plovoucí podlaha	12	0,1333
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	30	0,037
	2M	Isover EPS 100Z	100	0,037
	12M	Hydroizolace PENEFOFOL 750	2	0,035
	1M	Betonová deska	150	1,3
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	4,48	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Složení podlahy místnosti 107 - Koupelna				
	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	16M	Keramická dlažba	10	1,01
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	30	0,037
	2M	Isover EPS 100Z	100	0,037
	12M	Hydroizolace PENEFOFOL 750	2	0,035
	1M	Betonová deska	150	1,3
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	6,98	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Složení podlahy místnosti 101 - Obývací pokoj + kuchyň – úsek PV 1-A				
	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	17M	Koberec	15	0,065
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	30	0,037
	2M	Isover EPS 100Z	100	0,037
	12M	Hydroizolace PENEFOFOL 750	2	0,035
	1M	Betonová deska	150	1,3
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	6,98	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Složení podlah pro výpočet podlahového vytápění 2. NP**Složení podlahy v místnostech 202 - Šatna, 205 - Chodba**

	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	6M	Plovoucí podlaha	12	0,1333
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	60	0,037
	11M	Deska	300	0,22
	19M	Vzduchová mezera u podhledu	300	1,666
	13M	Podhled Rockford	40	0,04
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	4,48	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Složení podlahy místnosti 206 - Koupelna

	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	16M	Keramická dlažba	10	1,01
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	60	0,037
	11M	Deska	300	0,22
	19M	Vzduchová mezera u podhledu	300	1,666
	13M	Podhled Rockford	40	0,04
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	6,98	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Složení podlahy v místnostech 201, 203, 204

	Kód materiálu	Popis	Tloušťka konstrukce	Součinitel tepelné vodivosti
			d_i	λ_i
			[mm]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Nad osou trubek	17M	Koberec	9	0,065
	5M	Litá anhydridová podlaha	60	1,2
Pod osou trubek	4M	Systémová deska	10	0,035
	3M	Izolace Rockwool steprock HD	60	0,037
	11M	Deska	300	0,22
	19M	Vzduchová mezera u podhledu	300	1,666
	13M	Podhled Rockford	40	0,04
Tepelná propustnost nad trubkou		Λ_a	3,68	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

PŘÍLOHA 6

101 - Obývací pokoj + kuchyň			
Teplná ztráta místnosti	Q_{zt}	2299,27	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 1-A			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	3,40	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,03	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,46	[m]
Plocha místnosti	S	19,72	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	15,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	2,96	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	12,14	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	14,74	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	129,92	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	23,80	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	45,66	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,32	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	616,49	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	618,67	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	4,50	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	65,18	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	66,60	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,0925	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	3833,32	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0172	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_{ϕ}	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	199,33	[-]
Počet ohybů spirály	n	58	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	848,12	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	4,56	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	297,25	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	1145,38	[Pa]

101 - Obývací pokoj + kuchyň			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	2299,27	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 1-B			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	3,40	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,3	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	19,72	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	15,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	2,96	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	13,55	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	15,49	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	177,10	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	25,24	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	62,84	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,95	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	935,49	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	931,87	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	17,40	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	62,56	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	100,32	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,139	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	5773,88	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0361	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	2,05	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	2,05	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	155,83	[-]
Počet ohybů spirály	n	39	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	1504,27	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	21,69	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	1356,86	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	2861,12	[Pa]

101 - Obývací pokoj + kuchyň			
Teplná ztráta místnosti	Q_{zt}	2299,27	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 1-C			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	2,87	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,3	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	16,65	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	15,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	2,50	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	10,86	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	14,43	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	164,98	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	25,24	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	62,84	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,95	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	768,95	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	746,99	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	24,00	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	60,20	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	80,42	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,112	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	4628,37	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0384	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	2,05	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	2,05	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	155,83	[-]
Počet ohybů spirály	n	39	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	966,59	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	14,84	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	893,56	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	1860,16	[Pa]

104 – Pokoj pro hosty			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	664,58	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 2			
Rozměr místnosti	A	4,55	[m]
Rozměr místnosti	B	3,53	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,3	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	16,04	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	30,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	4,81	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	10,69	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	13,24	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	151,37	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	25,24	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	62,84	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,95	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	671,70	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	735,04	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	4,60	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	40,22	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	79,13	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,110	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	4554,32	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0384	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	2,05	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	2,05	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	123,027	[-]
Počet ohybů spirály	n	31	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	738,88	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	14,45	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	581,12	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	1320	[Pa]

105 – Ložnice			
Teplná ztráta místnosti	Q_{zt}	817,08	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 3			
Rozměr místnosti	A	4,55	[m]
Rozměr místnosti	B	3,73	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	16,95	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	25,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	4,24	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	11,45	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	13,64	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	155,95	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	25,95	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	71,35	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	6,25	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	821,80	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	888,63	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	14,80	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	72,05	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	95,67	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,133	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	5506,01	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,037	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	157,37	[-]
Počet ohybů spirály	n	46	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	1381,40	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	19,95	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	1437,29	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	2818,69	[Pa]

107 – Koupelna			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	456	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	24,00	[°C]
Teplota přilehlé zeminy	Θ_{ez}	5,00	[°C]
Úsek 4			
Rozměr místnosti	A	2,95	[m]
Rozměr místnosti	B	4,08	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	7,81	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,29	[m]
Plocha místnosti	S	12,04	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	10,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	1,20	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	8,24	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	11,70	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	91,68	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	28,76	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	57,11	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,97	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	528,08	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	519,97	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	13,80	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	55,014	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	55,98	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,0777	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	3221,76	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0214	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	101,42	[-]
Počet ohybů spirály	n	30	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	304,80	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	4,014	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	220,81	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	525,61	[Pa]

201 – Obývací pokoj			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	2185,91	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Úsek 5-A			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	3,40	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,78	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,40	[m]
Plocha místnosti	S	19,72	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	20,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	3,94	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	13,03	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	15,22	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	156,18	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,98	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	59,72	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,49	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	816,72	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	810,69	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	2,00	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	67,17	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	87,28	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,121	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	5023,09	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0379	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	199,33	[-]
Počet ohybů spirály	n	58	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	1456,30	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	17,05	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	1145,11	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	2601,41	[Pa]

201 – Obývací pokoj			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	2185,91	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Úsek 5-B			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	3,40	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,78	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,40	[m]
Plocha místnosti	S	19,72	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	20,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	3,94	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	13,03	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	15,22	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	156,18	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,98	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	59,72	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,49	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	816,72	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	810,69	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	19,00	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	84,16	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	87,28	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,121	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	5023,09	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0379	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	199,33	[-]
Počet ohybů spirály	n	58	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	1456,30	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	17,05	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	1434,94	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	2891,24	[Pa]

201 – Obývací pokoj			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	2185,91	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Úsek 5-C			
Rozměr místnosti	A	5,80	[m]
Rozměr místnosti	B	2,87	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,78	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,40	[m]
Plocha místnosti	S	16,65	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	15,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	2,50	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	10,38	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	14,16	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	145,31	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,98	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	59,72	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,49	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	690,66	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	645,71	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	24,20	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	76,10	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	69,52	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,0965	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	4000,86	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,016	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	199,33	[-]
Počet ohybů spirály	n	58	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	923,88	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	4,63	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	352,60	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	1276,48	[Pa]

203 – Pokoj			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	980,45	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Úsek 6			
Rozměr místnosti	A	5,20	[m]
Rozměr místnosti	B	4,59	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,78	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,40	[m]
Plocha místnosti	S	23,84	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	15,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	3,58	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	16,69	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	16,39	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	168,17	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,98	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	59,72	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,49	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	1057,97	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	1038,06	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	6,40	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	89,84	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	111,75	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,155	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	6431,83	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0352	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	178,35	[-]
Počet ohybů spirály	n	52	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	2136,36	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	26,09	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	2344,20	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	4480,55	[Pa]

204 – Pokoj			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	993,45	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Úsek 7			
Rozměr místnosti	A	5,98	[m]
Rozměr místnosti	B	4,52	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,3	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	5,78	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,40	[m]
Plocha místnosti	S	27,03	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	20,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	5,41	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	19,31	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	17,82	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	182,87	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,45	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	53,45	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,23	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	1070,48	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	1075,06	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	17,80	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	82,16	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	115,74	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,161	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	6661,11	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0348	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	2,051	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	2,051	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	159,94	[-]
Počet ohybů spirály	n	40	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	2054,77	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	27,72	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	2277,09	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	4331,86	[Pa]

205 – Koupelna			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	400,70	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	24,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	24,00	[°C]
Úsek 8			
Rozměr místnosti	A	4,08	[m]
Rozměr místnosti	B	2,95	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,2	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	7,83	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,29	[m]
Plocha místnosti	S	12,02	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	25,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	3,01	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	8,24	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	11,70	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	91,36	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	28,75	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	57,03	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	2,37	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	475,57	[W]
Celkový tepelný příkon otopné vody	Q_{PC}	489,47	[W]
Délka přípojky smyčky	L_p	17,40	[m]
Délka otopného hada	L_{oh}	58,60	[m]
Hydraulický výpočet			
Hmotnostní tok trubkou	m	52,69	[kg·h ⁻¹]
Rychlost proudění	w	0,0732	[m·s ⁻¹]
Reynoldsovo číslo	Re	3032,77	[-]
Součinitel ztráty třením	λ	0,0227	[-]
Součinitel místní tlakové ztráty pro 90°	ξ_{90}	1,749	[-]
Úhel ohybu spirály	ϕ	90	[°]
Součinitel místní tlakové ztráty pro spirálu	ξ_ϕ	1,749	[-]
Suma součinitelů místních tlakových ztrát	$\sum \xi$	139,88	[-]
Počet ohybů spirály	n	41	[-]
Místní tlakové ztráty	Δp_{zm}	372,54	[Pa]
Součinitel délkové tlakové ztráty	R	3,77	[Pa·m ⁻¹]
Délkové tlakové ztráty	Δp_{zl}	221,12	[Pa]
Celková tlaková ztráta smyčky	Δp_z	593,66	[Pa]

PŘÍLOHA 7

103 – Předsín			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	107,25	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	18,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	5,00	[°C]
Rozměr místnosti	A	1,88	[m]
Rozměr místnosti	B	2,20	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,34	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	4,14	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	0,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	0,00	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	1,69	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	5,25	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	84,21	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	24,96	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	83,47	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	5,82	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	225,62	[W]
Potřebná délka otopného hada	L_p	5	[m]

108 – Chodba se schodištěm			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	142,35	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	5,00	[°C]
Rozměr místnosti	A	4,36	[m]
Rozměr místnosti	B	2,30	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	1,9	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,31	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	10,03	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	0,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	0,00	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	5,71	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	10,41	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	119,01	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	21,12	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	13,42	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	4,15	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	195,59	[W]
Potřebná délka otopného hada	L_p	3	[m]

202 - Šatna			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	284,81	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Rozměr místnosti	A	3,97	[m]
Rozměr místnosti	B	2,94	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	0,65	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,34	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	11,67	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	20,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	2,33	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	7,18	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	10,92	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	124,38	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	23,14	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	37,72	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	1,57	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	351,33	[W]
Potřebná délka otopného hada	L_p	11	[m]

206 - Chodba			
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zt}	40,07	[W]
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Vnitřní výpočtová teplota v dolní místnosti	$\Theta_{int,i}$	20,00	[°C]
Rozměr místnosti	A	4,99	[m]
Rozměr místnosti	B	1,18	[m]
Střední teplota otopné vody	t_m	38	[°C]
Rozteč potrubí otopného hada	l	1	[m]
Výpočet podlahového vytápění			
Charakteristické číslo podlahy	m	6,34	[m ⁻¹]
Šířka okraje	r	0,36	[m]
Plocha místnosti	S	5,88	[m ²]
Procento plochy zabírané nábytkem	$S_{n\%}$	10,00	[%]
Plocha zastavěná nábytkem	S_n	0,59	[m ²]
Plocha ohraničená krajními trubkami	S_p	1,93	[m ²]
Obvod krajních trubek	O_p	9,43	[m]
Výkon okrajové zóny	Q_o	107,41	[W]
Povrchová teplota nášlapné vrstvy	t_p	22,18	[°C]
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	q	26,18	[W·m ⁻²]
Měrný tepelný tok směrem dolů	q'	1,09	[W·m ⁻²]
Skutečný výkon předávaný do místnosti	Q_c	150,35	[W]
Potřebná délka otopného hada	L_p	2	[m]

PŘÍLOHA 8

Hodnoty součinitelů místních ztrát u otopné soustavy						
Číslo úseku	Kolena		T-kus odbočka	T-kus spojení	Akumulační nádoba	Celkem
	počet	ξ	ξ	ξ	ξ	$\Sigma\xi$
1	-	-	-	-	1	1
2	3	1,5	2,5	-	-	7
3	3	1,5	-	2,5	-	7
4	-	-	-	-	1	1
5	5	1,5	2,5	-	-	10
6	5	1,5	-	2,5	-	10
7	4	1,5	-	-	1	7
8	4	1,5	-	-	1	7
9	5	1,5	-	-	1	8,5
10	5	1,5	-	-	1	8,5

Výpočet tlakových ztrát potrubí otopné soustavy										
číslo úseku	Hmotnostní průtok trubkou	Průměr potrubí	Rychlost proudění	Délka potrubí	Součinitel tření	Reynoldsovo číslo	Drsnost potrubí	Délkové tlakové ztráty	Místní tlakové ztráty	Celkové tlakové ztráty
	m	d	w_s	l_t	λ	Re	k	Δp_{z1}	Δp_{zm}	Δp_z
	[kg·h ⁻¹]	[mm]	[m·s ⁻¹]	[m]	[-]	[-]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Okruh k rozdělovači A										
1	1101,75	32	0,38	0,22	0,237	31704,3	0,006	11,86	72,76	84,62
2	523,46	25	0,30	1,2	0,266	19281,57	0,006	56,43	308,65	368,08
3	523,46	25	0,30	1,2	0,266	19281,57	0,006	56,43	308,65	368,08
4	1101,75	32	0,38	0,22	0,237	31704,30	0,006	11,86	72,76	84,62
									$\Sigma \Delta p_z$	899,40
Okruh k rozdělovači B										
1	1101,75	32	0,38	0,22	0,237	31704,3	0,006	11,86	72,76	84,62
5	578,26	25	0,33	6,5	0,260	21299,93	0,006	364,28	538,08	902,36
6	578,26	25	0,33	6,5	0,260	21299,93	0,006	364,28	538,08	902,36
4	1101,75	32	0,38	0,22	0,237	31704,30	0,006	11,86	72,76	84,62
									$\Sigma \Delta p_z$	1973,93
Okruh tepelného čerpadla										
7	881,38	25	0,501	3,5	0,0237	32465,2	0,006	415,28	875,03	1290,31
8	881,38	25	0,501	3,5	0,0237	32465,2	0,006	415,28	875,03	1290,31
									$\Sigma \Delta p_z$	2580,62
Okruh teplovodního krbu										
9	689	25	0,398	3	0,0249	25767,39	0,006	232,21	659,25	16,54
10	689	25	0,398	3	0,0249	25767,39	0,006	232,21	659,25	8,08
									$\Sigma \Delta p_z$	1782,91

PŘÍLOHA 9

Hodnoty součinitelů místních ztrát u vzduchotechniky								
Číslo úseku	Kolena		T-kus odbočka	T-kus rozdělení	T-kus spojení	Redukce zúžení	Redukce rozšíření	Celkem
	počet	ξ	ξ	ξ	ξ	ξ	ξ	$\Sigma\xi$
1	2	0,5	-	-	-	-	0,1	1,1
2	2	0,5	-	-	-	-	0,1	1,1
3	1	0,5	-	20	-	1,5	-	22
4	1	0,5	-	8,6	-	-	-	9,1
5	2	0,5	1,3	-	-	-	-	2,3
6	1	0,5	-	0,7	-	-	-	1,2
7	2	0,5	-	8,6	-	1,5	-	11,1
8	1	0,5	-	3,5	-	-	-	4
9	2	0,5	2	-	-	-	-	3
10	1	0,5	-	8,4	-	-	-	8,9
11	1	0,5	-	4,4	-	-	-	4,9
12	1	0,5	4,9	-	-	-	-	5,4
13	2	0,5	-	-	4,5	-	-	5,5
14	1	0,5	-	-	1,7	-	-	2,2
15	2	0,5	-	-	3	-	0,1	4,1
16	1	0,5	-	-	1	-	-	1,5
17	1	0,5	-	-	5,7	-	-	6,2
18	1	0,5	-	-	2,2	-	-	2,7
19	1	0,5	-	-	-	1,5	-	0,5
20	2	0,5	-	-	-	-	0,1	1,1

Výpočet tlakových ztrát přírodního potrubí vzduchotechniky										
číslo úseku	Objemový průtok	Skutečný průměr	Skutečná rychlost	Délka potrubí	Součinitel tření	Reynoldsovo číslo	Drsnost potrubí	Délková tlaková ztráta	Místní tlaková ztráta	Celková tlaková ztráta
	\dot{V}	$d_{skutečný}$	w	L_{vz}	λ_{vz}	Re	k	Δp_{zl-vz}	Δp_{zm-vz}	Δp_{z-vz}
	[$m^3 \cdot h^{-1}$]	[mm]	[$m \cdot s^{-1}$]	[m]	[-]	[-]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Přírodní potrubí k rekuperační jednotce										
1	260	150	4,09	1,6	0,0344	40571,89	0,001	3,68	11,02	14,70
Vyústka A										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
3	60	125	1,36	6	0,0399	11235,29	0,001	2,12	24,35	26,47
4	25	100	0,88	1	0,0464	5851,72	0,001	0,21	4,27	4,48
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	47,49
Vyústka B										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
3	60	125	1,36	6	0,0399	11235,29	0,001	2,12	24,35	26,47
5	35	100	1,24	6,7	0,0435	8192,40	0,001	2,68	2,11	4,79
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	47,80
Vyústka C										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
6	200	150	3,14	0,7	0,0349	31209,15	0,001	0,97	7,12	8,08
7	75	125	1,70	5	0,0390	14044,12	0,001	2,69	19,19	21,89
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	46,51
Vyústka D										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
6	200	150	3,14	0,7	0,0349	31209,15	0,001	0,97	7,12	8,08
8	125	150	1,96	3	0,0362	19505,72	0,001	1,68	9,27	10,94
9	75	125	1,70	7,5	0,0390	14044,12	0,001	4,04	5,19	9,23
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	44,80
Vyústka E										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
6	200	150	3,14	0,7	0,0349	31209,15	0,001	0,97	7,12	8,08
8	125	150	1,96	3	0,0362	19505,72	0,001	1,68	9,27	10,94
10	50	125	1,13	7,2	0,0418	9362,74	0,001	1,80	6,84	8,64
11	25	125	0,57	0,2	0,0455	4681,37	0,001	0,01	0,94	0,96
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	45,17
Vyústka F										
2	260	150	4,09	2,4	0,0344	40571,89	0,001	5,52	11,02	16,54
6	200	150	3,14	0,7	0,0349	31209,15	0,001	0,97	7,12	8,08
8	125	150	1,96	3	0,0362	19505,72	0,001	1,68	9,27	10,94
10	50	125	1,13	7,2	0,0418	9362,74	0,001	1,80	6,84	8,64
12	25	125	0,57	4,7	0,0455	4681,37	0,001	0,33	1,04	1,37
									$\sum \Delta p_{z-vz}$	45,58

Výpočet tlakových ztrát odvodního potrubí vzduchotechniky										
číslo úseku	Objemový průtok	Skutečný průměr	Skutečná rychlost	Délka potrubí	Součinitel tření	Reynoldsovo číslo	Drsnost potrubí	Délková tlaková ztráta	Místní tlaková ztráta	Celková tlaková ztráta
	\dot{V}	$d_{\text{skutečný}}$	w	L_{vz}	λ_{vz}	Re	k	$\Delta p_{\text{zl-vz}}$	$\Delta p_{\text{zm-vz}}$	$\Delta p_{\text{z-vz}}$
	[$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	[mm]	[$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	[m]	[-]	[-]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Odvodní potrubí od rekuperační jednotky										
20	260	150	4,09	6	0,0344	40571,89	0,001	13,80	11,02	24,82
Vyústka A'										
13	50	125	1,13	6,5	0,0408	9362,74	0,001	1,63	4,23	5,86
15	125	125	2,83	6,3	0,0373	23406,86	0,001	9,03	19,69	28,72
19	260	150	4,09	2,8	0,0344	40571,89	0,001	6,44	5,01	11,45
									$\sum \Delta p_{\text{z-vz}}$	46,03
Vyústka B'										
14	75	125	1,70	0,2	0,0389	14044,12	0,001	0,11	3,80	3,91
15	125	125	2,83	6,3	0,0373	23406,86	0,001	9,03	19,69	28,72
19	260	150	4,09	2,8	0,0344	40571,89	0,001	6,44	5,01	11,45
									$\sum \Delta p_{\text{z-vz}}$	44,09
Vyústka C'										
16	75	125	1,70	6,4	0,0390	14044,12	0,001	3,45	2,59	6,04
18	135	125	3,06	7	0,0360	25279,41	0,001	11,65	15,13	26,78
19	260	150	4,09	2,8	0,0344	40571,89	0,001	6,44	5,01	11,45
									$\sum \Delta p_{\text{z-vz}}$	44,27
Vyústka D'										
17	60	125	1,36	0,6	0,0399	11235,29	0,001	0,21	6,86	7,07
18	135	125	3,06	7	0,0371	25279,41	0,001	11,65	15,13	26,78
19	260	150	4,09	2,8	0,0344	40571,89	0,001	6,44	5,01	11,45
									$\sum \Delta p_{\text{z-vz}}$	45,30

PŘÍLOHA 10

Výkresová dokumentace stavební	1.1	Půdorys 1.NP
	1.2	Půdorys 2.NP
Výkresová dokumentace vytápění		
	2.1	Vytápění 1.NP
	2.2	Vytápění 2.NP
	2.3	Rozvinuté schéma vytápění
Výkresová dokumentace větrání		
	3.1	Vzduchotechnika 1.NP
	3.2	Vzduchotechnika 2.NP