



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**NÁVRH VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ V REKONSTRUOVANÉM
DVOUPODLAŽNÍM RODINNÉM DOMĚ**

VENTILATION AND HEATING IN A RETROFITTED TWO-STORY FAMILY HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Minařík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Bc. Petr Minařík
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Technika prostředí
Vedoucí práce:	Ing. Pavel Charvát, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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 větrání a vytápění v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rekonstrukce budovy je příležitostí nejen ke zlepšení pohody prostředí uvnitř budovy, ale také ke snížení její energetické náročnosti. Spotřeba energie spojená s vytápěním a větráním v současnosti představuje hlavní část energetické spotřeby většiny obytných budov v České republice. Z tohoto důvodu mají rekonstrukce obytných budov velký potenciál v úsporách energie a to jak snižováním tepelných ztrát, tak použitím energeticky úsporných způsobů větrání a vytápění.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je navrhnout větrání a vytápění v rekonstruovaném rodinném domě. Návrh bude zahrnovat potřebné výpočty a vypracování výkresové dokumentace.

Seznam literatury:

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

Székyová, M., Ferstl, K., Nový, R., (2006): Větrání a klimatizace. JAGA GROUP, s.r.o. Bratislava.

Chyský, J., Hemzal, K., (1993): Větrání a klimatizace, Technický průvodce, svazek 31, Praha.

Topenářská příručka, 2001, vydavatel: GAS s.r.o.

Články v odborných časopisech.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

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

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

Abstrakt

Tato práce zahrnuje výpočet tepelných ztrát v rekonstruovaném rodinném domě, návrh otopného systému a nuceného větrání. Stanovení tepelných ztrát objektu bylo provedeno dle normy ČSN EN 12831. Pro vytápění byl navržen nízkoteplotní otopný systém včetně potřebných výpočtů a vypracování výkresové dokumentace. Zdroje tepla pro vytápění byly zvoleny s ohledem na požadavky investora. Návrh větrání byl proveden použitím rovnotlaké větrací jednotky s výměníkem pro zpětné získávání tepla a vzduchotechnických rozvodů včetně potřebných výpočtů a vypracování výkresové dokumentace.

Klíčová slova

Tepelná ztráta, nízkoteplotní vytápění, zdroj tepla, pojistná zařízení, větrání, zpětné získávání tepla.

Abstract

The thesis deals with the calculation of the design heat load of a reconstructed family house and the design of both the space heating system and the balanced ventilation system for the house. The determination of the design heat load was performed according to ČSN EN 12831 technical standard. A low-temperature hydronic heating system was chosen for space heating of the house. The thesis describes the design of the system including calculations and the technical drawings. A heat source for the heating system was chosen with regard to the requirements of the investor. A mechanical ventilation system with heat recovery was proposed for house ventilation. The thesis contains the design of the ventilation system including calculations and the technical drawings.

Key words

Heat loss, low-temperature heating, heat source, safety devices, ventilation, heat recovery.

Bibliografická citace

MINAŘÍK, P. *Návrh větrání a vytápění v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 152 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Pavla Charváta, PhD. a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 27.5.2016

.....
Bc. Petr Minařík

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Pavlu Charvátovi, PhD. za cenné rady a připomínky k vypracování této diplomové práce.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Charakteristika objektu	12
2.1	Klimatické údaje.....	12
2.2	Umístění rodinného domu	13
3	Koncepce návrhu od investora	15
3.1	Zpracování zadání investora	15
4	Výpočet tepelných ztrát (tepelného výkonu) objektu	16
4.1	Výpočet tepelných ztrát objektu před zateplením	16
4.2	Vzorový výpočet tepelných ztrát místnosti 1.03	20
4.2.1	Návrhový tepelný výkon místnosti	20
4.2.2	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla stavebními konstrukcemi.....	21
4.2.3	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla přímo do venkovního prostředí.....	21
4.2.4	Součinitel tepelné ztráty do nebo z prostorů vytápěných na jinou teplotu.....	21
4.2.5	Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy	22
4.2.6	Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání	23
4.2.7	Výpočet tepelné ztráty vzduchu - nucené větrání	25
4.2.8	Zátopový tepelný výkon.....	26
4.3	Návrhové tepelné ztráty ostatních místností.....	27
4.3.1	Tepelné ztráty jednotlivých místností	27
5	Návrh otopné soustavy	30
5.1	Zdroje tepla.....	30
5.2	Návrh podlahového vytápění.....	32
5.2.1	Výpočet podlahového vytápění.....	33
5.2.2	Hydraulický výpočet systému podlahového vytápění.....	40
5.3	Návrh otopných těles	44
5.3.1	Charakteristika trubkového tělesa	44
5.3.2	Charakteristika deskových těles	46
5.3.3	Hydraulický výpočet pro systém s otopnými tělesy.....	49
5.3.4	Tlakové ztráty okruhů zdrojů tepla	57
5.4	Návrh zabezpečovacího zařízení	58
5.4.1	Návrh expanzního zařízení.....	58
5.4.2	Návrh pojistného zařízení.....	60
5.5	Návrh čerpadel a trojcestných ventilů	62
6	Návrh větrání.....	68

6.1	Rekuperace	68
6.2	Výměna vzduchu v místnostech	69
6.2.1	Proudění vzduchu v místnosti	70
6.2.2	Volba vhodných výústek	70
6.2.3	Odvod znečištěného vzduchu	71
6.3	Návrh potrubní sítě	71
6.3.1	Dimenzování potrubní sítě	72
6.4	Návrh potrubní sítě	73
6.4.1	Vzorový výpočet	77
6.4.2	Tlakové ztráty a zaregulování větracího systému	78
6.5	Návrh vzduchotechnické jednotky	83
6.5.1	Vzduchotechnická jednotka	83
7	Závěr.....	87
8	Seznam obrázků	88
9	Seznam příloh.....	90
10	Seznam zdrojů	91
11	Seznam značek a zkratek.....	94
12	Příloha A (požadované tepelné výkony místností)	96
13	Příloha B (výpočet podlahového vytápění)	131
14	Příloha C (výkresová dokumentace stavebních půdorysů a řezu objektu vytápění a vzduchotechniky)	152

1 Úvod

Rekonstrukce starých domů je v dnešní době rozsáhlým tématem, ve kterém se řeší především snížení jejich energetické náročnosti. Hlavní podíl na energetické náročnosti má vytápění objektů. Jedním z důvodů může být i to, že staré otopné systémy pracovaly na teplotním spádu 90/70 °C nebo 75/55 °C v závislosti na zdroji tepla. Tímto způsobem vytápění docházelo či ve většině případů dochází k přetápění místností a poté k nadměrnému větrání k udržení tepelné pohody, čímž se zvyšuje ne hospodárnost vytápění objektu. Z těchto důvodů je rekonstrukce otopného systému prvním krokem ke zlepšení mikroklimatu uvnitř domu či bytu. Snížením teplotního spádu na otopném tělese na 55/45 °C zvětšíme otopnou plochu pod oknem, čímž eliminujeme "chladné" sálání okna a zvýšíme tepelný komfort v místnosti. Další možností je instalace podlahového vytápění, které vytváří rovnoměrnější teplotní profil po výšce místnosti, kde u kotníků je o několik stupňů Celsia vyšší teplota než v úrovni hlavy.

Pro znázornění energetických úspor, bude uveden výpočet tepelných ztrát bez zateplení objektu, po zateplení obvodové zdi objektu a po zateplení v kombinaci s rovnotlakou větrací soustavou se zpětným získáváním tepla.

Stávající otopný systém tohoto rodinného domu je navržen jako samostatný a je napojen na kotel na tuhá paliva a plynový kotel typu B s atmosférickými hořáky. Předávání tepla ze systému do místnosti je realizováno deskovými otopnými tělesy a konvektorem. Nevýhodou samostatného systému je vysoký obsah vody, což prodlužuje dobu náběhu systému.

Z výše uvedených důvodů bude navržen nízkoteplotní otopný systém. Hlavními otopnými plochami bude podlahové vytápění. V místnostech, kde nebude dostatečný výkon podlahové otopné plochy, bude instalováno dodatkové otopné těleso či tělesa pod okna. Otopný systém bude napojen na akumulaci nádrž, která bude ohřívána dvěma zdroji. Primární zdroj bude tepelné čerpadlo a sekundární zdroj bude interiérový kotel.

Větrání rodinného domu se zpětným získáváním tepla bude navrženo do jedné poloviny domu, kde budou vystavěny místnosti 1. bytové jednotky. Do obytných místností bude přiváděn čerstvý vzduch a v kuchyni, koupelně a herně (půdě) v 2. nadzemním podlaží bude odváděn vzduch znečištěný.

Volba tématu diplomové práce vychází z potřeby vyhotovit návrh rekonstrukce starého rodinného domu po babičce, který nesplňuje požadavky na rozložení místností a také požadavky na moderní bydlení. Cílem rekonstrukce je vytvoření komfortního bydlení při použití moderních technologií.

2 Charakteristika objektu

Jedná se o rodinný dům před rekonstrukcí nacházející se v obci Přelouč v lokalitě Na Krétě. Tento dům je vystavěn jako řadový, nepodsklepený, na okraji města. Původně dvojdomek, nyní jeden dům. Objekt byl postaven přibližně ve 20 letech 20. století. Investor předložil poptávku na celkovou rekonstrukci otopného systému, při možném snížení provozních nákladů. Tento rodinný dům je ve fázi před rekonstrukcí, kdy je zde pouze přízemí. Po rekonstrukci by měl mít objekt charakter dvoupodlažního rodinného domu, kde budou dvě bytové jednotky. První bytová jednotka bude mít dvě podlaží, druhá bytová jednotka bude pouze v přízemí.

Objekt má půdorys obdélníkového tvaru. Konstrukce obvodových zdí je vystavěna z plných cihel. Z části již proběhla rekonstrukce oken, kdy byla okna vyměněna za plastová, či do stávajících oken bylo zasazeno izolační dvojsklo. Původní jsou v objektu dřevěné stropy a neizolované podlahy.

Posuzovaný dům je orientovaný na dvě světové strany. Místnosti, kde jsou ložnice, mají okna na východ a obytné místnosti mají okna na západ.



Obrázek 1 Město Přelouč [27]

2.1 Klimatické údaje

Klimatické údaje pro jednotlivé kraje a okresy jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831. Pro účely této práce budou potřeba zejména průměrná teplota v otopném období, výpočtová vnější teplota, počet dnů topného období, krajinná oblast a výškový korekční činitel. Město Přelouč spadá do okresu Pardubice. Pro tento okres jsou v normě uvedeny hodnoty zobrazené v Tabulce 2.1. Údaje obsažené v tabulce 2.1 jsou uváděny pro zahájení a ukončení topného období při teplotě 13 °C.

Tabulka 2.1: Klimatické údaje [2]

Výpočtová venkovní teplota	Θ_e	-12 °C
Průměrná teplota v otopném období	$\Theta_{m,e}$	4,1 °C
Počet dnů otopného období	d	234 dnů
Krajinná oblast	-	větrno
Korekční činitelé vystavení venkovním podmínkám	e_k, e_i	1

2.2 Umístění rodinného domu

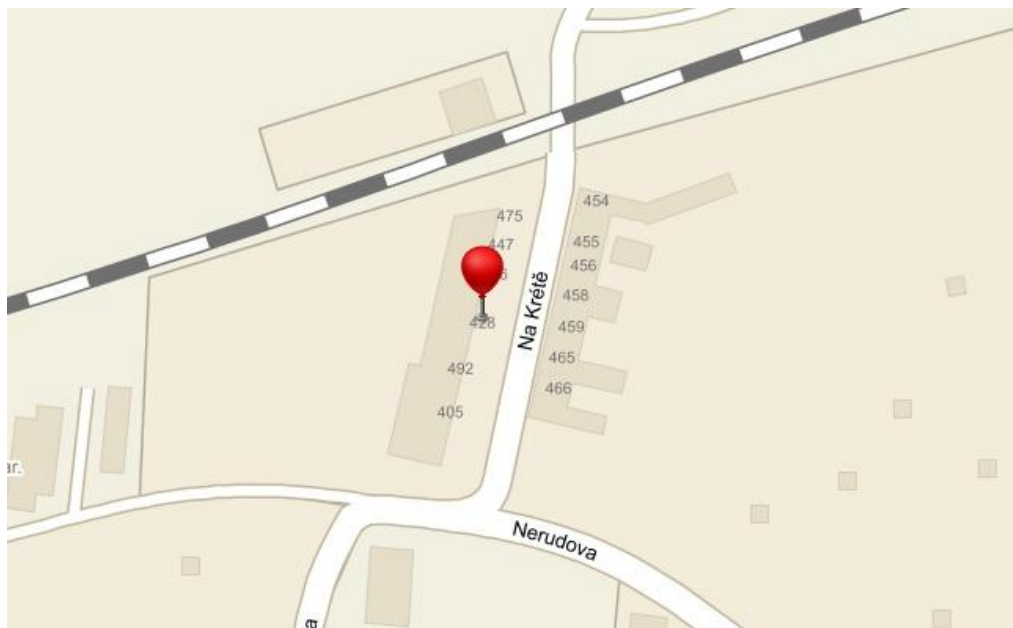
Rodinný dům je umístěný na okraji města poblíž železniční trati v zástavbě. Zástavba poté přechází do zahrádkářské kolonie. Ze západní strany je budova nechráněná ostatní zástavbou. Z východní strany je budova chráněna zástavbou na druhé straně ulice. V tabulce 2.3 je uveden výškový korekční činitel a v tabulce 2.2 stínící činitel.

Tabulka 2.2: Stínící činitel [2]

Třída zastínění	e		
	Vytápěný prostor bez nechráněných otvorových výplní	Vytápěný prostor s jednou nechráněnou otvorovou výplní	Vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní
Mírné zastínění (budovy v krajině se stromovým nebo v zastavěném území, předměstská zástavba)	0	0,02	0,03

Tabulka 2.3: Výškový korekční činitel [2]

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země (vzdálenost středu výšky místnosti od země)	ε
0 - 10 m	1,0
>10 - 30 m	1,2
>30 m	1,5



Obrázek 2 Umístění budovy v ulici [27]

3 Koncepce návrhu od investora

Základní požadavky byly od investora stanoveny pro celkovou rekonstrukci otopného systému. Nový otopný systém by měl obsahovat úsporné zdroje tepla, které sníží náklady na provoz objektu. Požadavkem na otopné plochy je vypracování projektu pro podlahové vytápění.

3.1 Zpracování zadání investora

Pro návrh větrání a vytápění uvedeného rodinného domu bylo třeba digitalizovat výkresy a upravit stavební půdorysné dispozice a řez objektu dle přání investora. Digitalizované stavební výkresy půdorysných dispozic a řezu objektu po provedených úpravách jsou uvedeny v příloze C této práce.

Celková rekonstrukce otopného systému proběhne ve dvou krocích. V prvním kroku, se demontuje stávající otopný systém, který je nevhodný a svým vedením pod stropem místností nevzhledný. Stávající otopná desková tělesa vykazují známky opotřebení a koroze, proto dojde k jejich odstranění (demontáži).

V druhém kroku se provede montáž nového otopného systému, který bude umístěn v podlaze. Hlavní složkou zdroje tepla v místnosti bude podlahová otopná plocha. Připojení dodatkových otopných těles bude realizováno trubkami vedenými z podlahy do zdi a poté k radiátoru.

Volba zdroje tepla vychází z požadavků investora a bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch-voda. Tepelné čerpadlo však nebude vyhovovat svým výkonem po celou topnou sezónu a proto bude doplněno interiérovým kotlem. Spojení těchto dvou zdrojů bude realizováno akumulací nádrží.

4 Výpočet tepelných ztrát (tepelného výkonu) objektu

V této kapitole bude proveden podrobný výpočet tepelného výkonu pro jednu určenou místnost. Tepelné výkony ostatních místností budou zobrazeny formou tabulky. Podrobné výpočty provedené v Excelu jsou uvedeny v příloze A.

4.1 Výpočet tepelných ztrát objektu před zateplením

Výpočet tepelných ztrát rodinného domu bude proveden podle normy ČSN EN 12831- Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Výpočet bude proveden pomocí programu Excel pro jednotlivé místnosti. V této kapitole bude uveden vzorový výpočet pro vybranou místnost.

V tabulce 4.1 nalezneme výpočtové vnitřní teploty vytápěných prostorů. V Tabulce 4.2 jsou uvedeny U-hodnoty stavebních konstrukcí.

Tabulka 4.1: Výpočtové vnitřní teploty místností
(tabulka pokračuje na další straně)

číslo místnosti	Název místnosti	výpočtová teplota [°C]
1.01	Obývací pokoj	22
1.02	Kuchyň	22
1.03	Ložnice	20
1.04	Koupelna	24
1.05	Chodba	18
1.06	Kuchyň	20
1.07	Ložnice	20
1.08	WC	20
1.09	Technická místnost	-
1.10	Garáž	-
1.11	Chodba	20
1.12	Koupelna	24
1.13	Kotelna	-
1.14	Dílna	-
2.01	Pokoj	20
2.02	Dětský pokoj	20
2.03	Dětský pokoj	20
2.04	Chodba	20
2.05	Herna (půda)	15

Tabulka 4.2: U-hodnoty stavebních konstrukcí po zateplení
(tabulka je rozdělena na 3 strany)

Typ konstrukce		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Nezateplená obvodová stěna plná cihla					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
2	Plná cihla	0,50	0,78	0,64	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
5	Tepelný odpor vzduchu na vnější straně stěny			0,04	
6	Tepelná izolace	0,10		3,20	
Celkový součinitel prostupu tepla					0,25
Nezateplená obvodová stěna Heluz plus 44					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
7	Obvodová zeď Heluz plus 44	0,44		4,41	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
5	Tepelný odpor vzduchu na vnější straně stěny			0,04	
6	Tepelná izolace				
Celkový součinitel prostupu tepla					0,22
Nezateplená obvodová stěna plná cihla tl. 300					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
2	Plná cihla	0,30	0,78	0,38	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
5	Tepelný odpor vzduchu na vnější straně stěny			0,04	
6	Tepelná izolace				
Celkový součinitel prostupu tepla					1,61
Vnitřní nosná stěna tl. 300 mm					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
2	Plná cihla	0,30	0,78	0,38	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
6	Tepelná izolace				
Celkový součinitel prostupu tepla					1,72
Vnitřní dělicí příčka tl. 150 mm					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
2	Plná cihla	0,15	0,78	0,19	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
6	Tepelná izolace				
Celkový součinitel prostupu tepla					2,56
Okna a francouzské okno					

7	Okna				1,00
Vnitřní dveře					
8	Vnitřní dveře				3,50
Venkovní dveře					
9	Venkovní dveře				2,30
Podlaha 1. Nadzemní podlaží					
	Dlažba	0,01	1,01	0,01	
	Vrchní beton	0,04	1,30	0,03	
	Systémová deska	0,02	0,04	0,55	
	Polystyrenová izolace	0,10	0,05	1,96	
	Podkladní beton	0,07	1,30	0,05	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,39
Podlaha 2. Nadzemní podlaží					
	Dlažba	0,01	1,01	0,01	
	Beton vrchní	0,04	1,30	0,03	
	Systémová deska	0,03	0,04	0,75	
	Vložky Miako	0,18	0,83	0,21	
	Celkový součinitel prostupu tepla				1,00
Strop 2. Nadzemního podlaží					
	Dřevěná prkna	0,03	0,18	0,17	
	Fólie PE	0,00	0,35	0,00	
	Tepelná izolace orsil	0,20	0,06	3,13	
	Sádrokartonový podhled	0,02	0,22	0,07	
	Odpor vnitřního vzduchu			0,13	
	Odpor vnějšího vzduchu			0,04	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,28
Strop 1. Nadzemního podlaží v oblasti obývacího pokoje					
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
	Tepelný odpor vzduchu na vnější straně stěny			0,04	
	Dlažba	0,02	1,01	0,01	
	Beton vrchní	0,04	1,30	0,03	
	Polystyrenová izolace	0,15	0,05	2,94	
	Strop miako	0,18	0,83	0,21	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,30
Vnitřní příčka tl. 80					
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
	Zed' tl. 80 mm	0,08	0,18	0,44	
	Omítka	0,03	0,88	0,03	
	Celkový součinitel prostupu tepla				1,35
Podlaha Technické místnosti					
	Beton vrchní	0,15	1,30	0,12	
	Dlažba	0,02	1,01	0,01	
	Celkový součinitel prostupu tepla				7,68

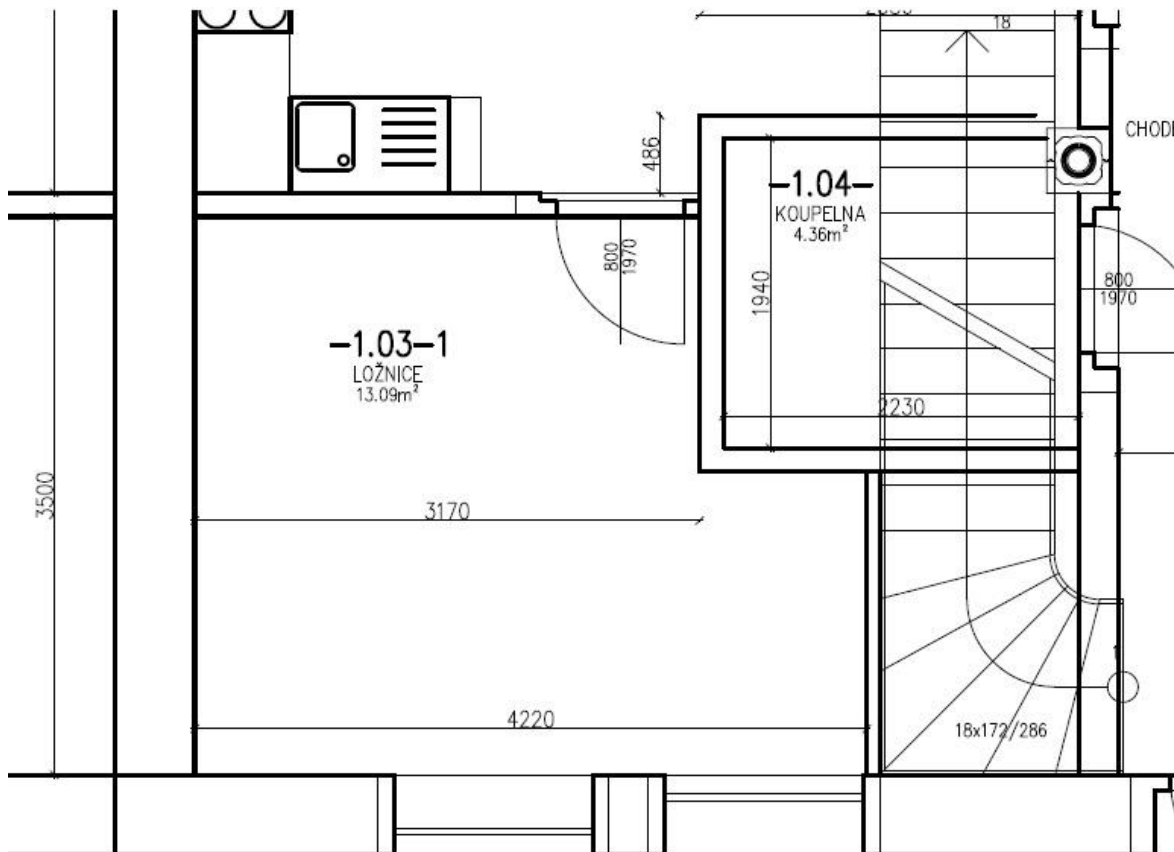
Podlaha v přístavbě L					
	Dlažba	0,02	1,01	0,01	
	Beton vrchní	0,05	1,30	0,04	
	Polystyrenová izolace	0,10	0,05	1,96	
	Beton podkladní	0,05	1,30	0,04	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,49
Strop v přístavbě L					
	Omítka	0,02	0,88	0,02	
	Dřevěná konstrukce	0,10	0,18	0,56	
	Celkový součinitel prostupu tepla				1,82
Okno v přístavbě L					
	Okno				2,00
Příčka v podkroví mezi půdou a obytnou částí					
	Deska z pěnového skla	0,08	0,06	1,33	
	Ytong tl. 125	0,13	0,13	0,96	
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,12	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,39
Příčka koupelny					
	Ytong tl. 125	0,15	0,13	1,15	
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,12	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,71
Vnitřní dělicí příčka tl. 150 mm					
1	Tepelný odpor vzduchu na vnitřní straně stěny			0,13	
2	Plná cihla	0,15	0,78	0,19	
3	Omítka na vnitřní straně	0,03	0,88	0,03	
4	Omítka na vnější straně	0,03	0,88	0,03	
6	Tepelná izolace	0,08	0,05	1,60	
	Celkový součinitel prostupu tepla				0,50

4.2 Vzorový výpočet tepelných ztrát místnosti 1.03

Vzorový výpočet bude proveden pro místnost 1.03, ložnici.

Vnitřní výpočtová teplota je 20 °C. Intenzita výměny vzduchu 0,5 h⁻¹.

Na obrázku 3 je možné vidět rozměry a dispozici místnosti.



Obrázek 3 Dispozice místnosti 1.03 (ložnice)

4.2.1 Návrhový tepelný výkon místnosti

Je dán součtem návrhové tepelné ztráty prostupem tepla stavebními konstrukcemi, návrhovou tepelnou ztrátou větráním a návrhovým zátopovým výkonem [2].

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (4.1)$$

Pro místnost 1.03 tuto ztrátu vypočítáme podle vztahu 4.1.

$$\Phi_i = 305 + 13 + 241 = 558 \text{ W}$$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti 1.03 (ložnice) má hodnotu 558 W. Na tuto hodnotu bude dimenzován výkon otopných ploch.

4.2.2 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla stavebními konstrukcemi

Z rovnice níže se vypočítá tepelná ztráta místnosti prostupem tepla [2].

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (4.2)$$

Tepelnou ztrátu pro místnost 1.03 vypočítáme podle vzorce 4.2.

$$\Phi_{T,i} = (7,2 + 2 - 0,03) \cdot (20 - (-12)) = 305 \text{ W}$$

4.2.3 Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla přímo do venkovního prostředí

Tento součinitel vyjadřuje tepelný tok stavebními konstrukcemi z vnitřního do venkovního prostředí i se zahrnutím lineárních tepelných mostů [2].

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad [\text{W}] \quad (4.3)$$

Tento součinitel pro místnost 1.03 vypočítáme podle rovnice 4.3.

$$H_{T,ie} = (4,22 \cdot 2,8 - 2 \cdot 1,25 \cdot 1,5) \cdot 0,25 + (2 \cdot 1,25 \cdot 1,5) \cdot 1 + 0,01 \cdot 2,83 \cdot 1 + 0,33 \cdot 4,3 \cdot 1 + 0,12 \cdot 12 \cdot 1 = 7,2 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

4.2.4 Součinitel tepelné ztráty do nebo z prostorů vytápěných na jinou teplotu

Podle vzorce 4.4 vypočítáme součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na výrazně odlišnou teplotu než je teplota vytápěného prostoru [2].

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad [\text{W/K}] \quad (4.4)$$

Tento součinitel pro místnost 1.03 vypočteme takto

$$H_{T,ij} = -0,12 \cdot 7 \cdot 0,71 + 0,06 \cdot 7 \cdot 1,35 = -0,03 \text{ W/K}$$

Níže je popsán redukční teplotní činitel pro tepelný tok z koupelny [2].

Koupelna je vytápěna na 24 °C.

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného susedního prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 24}{20 - (-12)} = -0,12$$

Níže je popsán redukční teplotní činitel pro tepelný tok na chodbu.[2] Chodba je vytápěna na 18 °C.

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného susedního prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 18}{20 - (-12)} = 0,06$$

4.2.5 Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Součinitel tepelné ztráty podlahami je závislý na více činitelích. Tyto činitele zahrnují plochu a obvod podlahy v místnosti, hloubku podlaží pod úroveň terénu, tepelné vlastnosti zeminy a výšku podzemních vod [2].

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (4.5)$$

Tento součinitel pro místnost 1.03 vypočítáme podle rovnice 4.5.

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,61 \cdot (13,37 \cdot 0,17) \cdot 1 = 2 \text{ W/K}$$

Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou teplotou a výpočtovou teplotou se vypočítá podle rovnice 4.6 [2]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 4,7}{20 - (-12)} = 0,61 \quad (4.6)$$

Charakteristický parametr podlahy se vypočítá podle rovnice 4.7 [2].

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{13,37}{0,5 \cdot 4,3} = 6,2 \text{ m} \quad (4.7)$$

Z parametru $B' = 6,2 \text{ m}$ a známé hodnotě $U_{podlahy}$ zjistíme hodnotu $U_{equiv,k}$ z tabulky 4.3. Hodnota $U_{equiv,k}$ je $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Základní hodnoty pro korekční činitele f_{g1} a G_w jsou [2]

$$f_{g1} = 1,45;$$

$G_w = 1,00$, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů větší než 1 m ;

$G_w = 1,15$, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů menší než 1 m .

Tabulka 4.3 - Hodnota $U_{equiv,k}$ podle B' hodnoty a $U_{podlahy}$ [2]
(pokračování na další straně)

B' - hodnota M	$U_{equiv,bf}$ (pro $z = 0 \text{ m}$) [W/m ² K]	
	$U_{podlahy}=0,5$ W/m ² K	$U_{podlahy}=0,25$ W/m ² K
2	0,33	0,17
4	0,30	0,17
6	0,27	0,17
8	0,25	0,16
10	0,23	0,15
12	0,21	0,14
14	0,19	0,14
16	0,18	0,13
18	0,17	0,12
20	0,16	0,12

4.2.6 Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Tepelnou ztrátu výměnou vzduchu v místnosti za vzduch venkovní přirozeným větráním vypočítáme z rovnice 4.8 [2].

Tepelná ztráta přirozeným větráním je uvedena ilustrativně. Pro výpočet celkové tepelné ztráty bude použita tepelná ztráta větráním rovnotlakou větrací soustavou s ZZT.

Jelikož je v bytové jednotce osazena digestoř v kuchyni a ventilátor v koupelně, je nutné provést výpočet i pro nucený odvod vzduchu a poté výsledky porovnat.

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (4.8)$$

Tepelnou ztrátu přirozeným větráním pro místnost 1.03 vypočteme podle rovnice 4.8.

$$\Phi_{v,i} = 6,37 \cdot (20 - (-12)) = 203,8 \text{ W}$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$ v místnosti 1.03 (ložnice) vypočítáme podle vztahu níže [2].

$$H_{v,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (4.9)$$

Tento součinitel pro místnost 1.03 vypočteme dle rovnice 4.9.

$$H_{v,i} = \frac{18,92}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 = 6,37 \text{ W/K}$$

Předpokladem je, že se vzduch v místnosti vyměňuje za vzduch venkovní (čerstvý). Potom je tepelná ztráta úměrná rozdílu teplot v místnosti a venkovním prostředí [2].

Hodnotu výměny vzduchu zjistíme porovnáním hodnot hygienického množství výměny vzduchu a výměnou vzduchu infiltrací. Pro výpočet je vždy směrodatná větší z hodnot [2].

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.10)$$

Větší z hodnot přirozeným větráním a infiltrací se vypočítá ze vztahu 4.10.

$$\dot{V}_i = \max(6,81; 18,92) = 18,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.2.6.1 Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$

Minimální hygienické množství vzduchu lze stanovit několika způsoby. V následujícím výpočtu stanovíme toto množství z požadavku výměny vzduchu v místnosti za hodinu [2].

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.11)$$

Toto množství vzduchu vypočteme z rovnice 4.11.

$$\dot{V}_{min,i} = 0,5 \cdot 37,84 = 18,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.2.6.2 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy - množství vzduchu $\dot{V}_{inf,i}$

Množství vzduchu přiváděného do prostoru infiltrací vzniká působením rozdílných tlaků v budově a vně budovy a též působením větru. Vzduch vniká do budovy netěsnostmi [2].

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.12)$$

Toto množství vzduchu vypočítáme pro místnost 1.03 podle rovnice 4.12.

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot 37,84 \cdot 7 \cdot 0,03 \cdot 1 = 6,81 \text{ m}^3/\text{h}$$

V rovnici (4.12) je zavedeno číslo 2, protože hodnota n_{50} je brána pro celou budovu. Při výpočtu musíme uvažovat nejhorší případ, kdy vstupuje veškerý vzduch infiltrací vlivem větru na jedné straně budovy.

V tabulce 4.4 je uvedeno kolikrát je třeba v místnosti vyměnit z hygienických důvodů vzduch v závislosti na druhu místnosti.

Tabulka 4.4 : Hodnoty výměny vzduchu v místnosti za hodinu [2]

Druh místnosti	$n_{min} [\text{h}^{-1}]$
Obytná místnost (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5

V tabulce 4.5 jsou uvedeny hodnoty výměny vzduchu za hodinu infiltrací pláštěm budovy při rozdílu tlaků 50 Pa. Hodnota n_{50} bude volena pro stupeň těsnosti obvodového pláště budovy na úrovni střední a pro rodinný dům na střední hodnotě $n_{50} = 7 \text{ h}^{-1}$.

Tabulka 4.5 : Hodnoty výměny vzduchu infiltrací [2]

Stavba	$n_{50} [\text{h}^{-1}]$		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnění oken)		
	Vysoká (velmi utěsněná okna a dveře)	Střední (okna s dvojskly, normálně utěsněná)	Nízká (okna s jednoduchým zasklením, bez utěsnění)
Rodinný dům s jedním bytem	<4	4 až 10	>10

4.2.7 Výpočet tepelné ztráty vzduchu - nucené větrání

Větrání je navrženo pro první bytovou jednotku rovnotlakou větrací soustavou se ZZT s účinností 80%. Výpočetní teplota přiváděného vzduchu je 15 °C při venkovní teplotě -12 °C. Větrání bude realizováno v 1. bytové jednotce (v 2. NP a v 1. NP v obývacím pokoji, kuchyni, ložnici, koupelně a chodbě). Přívod vzduchu v 1. NP bude instalován v obývacím pokoji, ložnici a chodbě. Vzduch bude odváděn v kuchyni a koupelně. Ve 2. NP bude vzduch přiváděn do pokojů a odváděn na půdě (herně).

V tabulce 4.6 je uveden výpočet tepelné ztráty větráním při použití rovnotlaké větrací soustavy se zpětným získáváním tepla.

Tabulka 4.6: Tepelné ztráty místností větráním při použití rovnotlaké větrací jednotky s rekuperací tepla 1.NP 1.BJ (tabulka pokračuje na další straně)

Výpočet tepelných ztrát nuceným odvodem a přívodem vzduchu									
Označení místnosti			1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	CELKEM	
Objem místnosti	V_i	m^3	45	41	38	12	45	182	
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-12					x	
Výpočtová vnitřní teplota	θ_i	°C	22	22	20	24	18	x	
Teplotní rozdíl	$\theta_i - \theta_e$	°C	34	34	32	36	30	x	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	na jedn.	1	0	1	0	2	x	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	7	7	7	7	7	x	
	činitel zaclonění	e	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	x	
	Výškový korekční činitel	ϵ	1	1	1	1	1	x	
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \epsilon$	$V_{inf,i}$	13	0	11	0	19	x	
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	$V_{out,i}$		110	0	48	0	x	
	Přiváděný vzduch	$V_{in,i}$	90		20		48	x	
	Teplota přiváděného vzduchu	$\theta_{in,i}$	15		15		15	x	
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	x	
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	$V_{out,i} - V_{in,i}$	-90	110	-20	48	-48	x	
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.					x	

	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu $V_{\text{mech,inf},i} = \sum V_{\text{out},i} - \sum V_{\text{in},i}$	m^3/h	0						
	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	$V_{\text{mech},i}$	m^3/h	0	0	0	0	0	x
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu $V_i = 0,5 \cdot (V_{\text{inf},i} + V_{\text{in},i} \cdot f_{v,i} + V_{\text{mech},i})$	V_i	m^3/h	19	0	8	0	16	x
	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	6,6	0,0	2,8	0,0	5,7	x
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot V_i$	$\phi_{v,i}$	W	46	0	14	0	17	77

4.2.8 Zátopový tepelný výkon

Výpočet zátopového výkonu je závislý na podlahové ploše [2].

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (4.13)$$

Tento výkon vypočítáme pro místnost 1.03 z rovnice 4.13.

$$\Phi_{RH,i} = 13,37 \cdot 16 = 241 \text{ W}$$

Zátopový součinitel je závislý na druhu budovy a na době přerušovaného vytápění. V následující tabulce jsou uvedeny jeho hodnoty.

Tabulka 4.7: Zátopový součinitel s nočním útlumem maximálně 8h [2]

Doba zátopu [h]	$f_{RH} [\text{W}/\text{m}^2]$		
	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu		
	1K	2K	3K
	Hmotnost budovy vysoká	Hmotnost budovy vysoká	Hmotnost budovy vysoká
2	6	11	22
3	4	9	16

4.3 Návrhové tepelné ztráty ostatních místností

Dále jsou uvedeny návrhové tepelné ztráty ostatních místností před zateplením objektu a bez větrací jednotky, poté po zateplení bez větrací jednotky a naposledy po zateplení s větrací jednotkou. Výsledky výpočtů provedených v Excelu jsou zobrazeny formou tabulek.

4.3.1 Tepelné ztráty jednotlivých místností

Tepelné ztráty všech místností byly vypočítány v programu Excel podle normy ČSN EN 12 831. V následujících tabulkách jsou uvedeny vypočítané tepelné ztráty celého objektu. Podrobné výpočty tepelných ztrát naleznete v příloze A.

Tabulka 4.8: Tepelné ztráty jednotlivých místností před zateplením
(tabulka pokračuje na další straně)

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta [W]
1.01	Obývací pokoj	1157
1.02	Kuchyň	511
1.03	Ložnice	1002
1.04	Koupelna	478
1.05	Chodba	1164
1.06	Kuchyň	1618
1.07	Ložnice	1771
1.08	WC	532
1.11	Chodba	169
1.12	Koupelna	137
2.01	Pokoj	777
2.02	Dětský pokoj	928
2.03	Dětský pokoj	904
2.04	Chodba	497
2.05	Herna	1751
CELKEM		13396

Zateplení objektu je možné realizovat především na obvodovém plášti budovy, který má tloušťku 500 mm. Pro výpočet návrhové tepelné ztráty bude uvažováno s polystyrenem tloušťky 100 mm o tepelném odporu $R = 3,2 \text{ m}^2\text{K/W}$. V místnosti 1.07 (ložnici) je nutné pro snížení tepelné ztráty prostupem zateplit stěnu sousedící s garáží. Návrh zateplení této stěny je polystyrenem tloušťky 80 mm.

Jestliže provedeme zateplení obvodové stěny tloušťky 500 mm polystyrenem tl. 100 mm snížíme hodnotu součinitele prostupu tepla z hodnoty $U_1 = 1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ na hodnotu $U_2 = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jestliže bude dům zateplen, je možné uvažovat nižší zátopový součinitel při poklesu teploty s nočním útlumem vytápění na 2 K. Při době zátopu 3 hodiny bude mít

tento součinitel hodnotu $f_{RH} = 9 \text{ W/m}^2$. Před zateplením byl výpočtový zátopový součinitel pro pokles teploty o 3 K a době zátoku 3 hodiny $f_{RH} = 16 \text{ W/m}^2$.

Tabulka 4.9: Tepelné výkony jednotlivých místností po zateplení

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta [W]
1.01	Obývací pokoj	1157
1.02	Kuchyň	511
1.03	Ložnice	761
1.04	Koupelna	478
1.05	Chodba	1094
1.06	Kuchyň	1259
1.07	Ložnice	1061
1.08	WC	521
1.11	Chodba	111
1.12	Koupelna	138
2.01	Pokoj	521
2.02	Dětský pokoj	812
2.03	Dětský pokoj	801
2.04	Chodba	373
2.05	Herna	1362
CELKEM		10960

Poslední možností snížení energetické náročnosti na vytápění je využití větrací jednotky s rekuperací tepla. Jako varianta pro snížení energetické náročnosti domu je vybrána varianta se zateplením obvodového pláště objektu a využití zpětného získávání tepla pro větrání.

V tabulce 4.10 je uveden návrhový tepelný výkon rodinného domu, pro který bude navržena otopná soustava a také vzduchotechnický systém pro zajištění potřebné výměny vzduchu v místnostech.

Tabulka 4.10: Tepelné ztráty objektu po zateplení s rovnotlakou větrací
soustavou a rekuperací tepla

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta [W]
1.01	Obývací pokoj	771
1.02	Kuchyň	187
1.03	Ložnice	432
1.04	Koupelna	379
1.05	Chodba	705
1.06	Kuchyň	1259
1.07	Ložnice	1061
1.08	WC	521
1.11	Chodba	111
1.12	Koupelna	138
2.01	Pokoj	245
2.02	Dětský pokoj	463
2.03	Dětský pokoj	471
2.04	Chodba	263
2.05	Herna	667
CELKEM		7673

Z výše uvedených tabulek 4.8, 4.9 a 4.10 je možné vidět, že po zateplení obvodové zdi objektu, tloušťky 500 mm polystyrenem o tloušťce 100 mm a tepelném odporu $R = 3,2 \text{ m}^2\text{K/W}$, se snížil návrhový tepelný výkon o 2436 W. Při použití systému zateplení a větrací jednotky se snížil požadovaný výkon na vytápění rodinného domu o 5723 W.

5 Návrh otopné soustavy

Primární otopnou plochou v místnostech je zvoleno podlahové vytápění. V místnostech, kde nemá podlahové vytápění dostatečný výkon, bude osazeno otopné těleso. Otopná tělesa budou typu ventil kompaktní (VK). Připojení otopných těles bude realizováno měděnými trubkami. Rozvod potrubí pro připojení rozvaděčů podlahového vytápění bude zhotoveno z měděného potrubí.

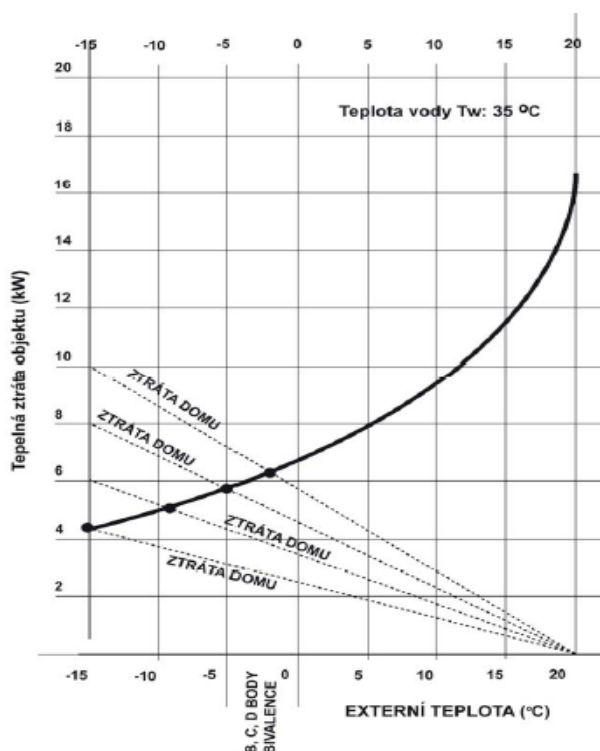
Výkresová dokumentace je uvedena v příloze C této práce.

5.1 Zdroje tepla

Primární zdroj tepla bude tepelné čerpadlo. Sekundární zdroj bude interiérový kotel na dřevo a dřevěné brikety.

Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo vzduch-voda bylo zvoleno od české firmy Revel-pex. Jedná se o typ LWR-b 8 kW, které má vestavěný elektrokotel o výkonu 3 kW. Charakteristika tepelného čerpadla je zobrazena na obrázku 4. Při výpočtové venkovní teplotě má výkon 4,64 kW + 3 kW elektrokotel a topný faktor 2,3 [26]. Předpokládá se, že při teplotách pod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude v provozu pouze interiérový kotel.



Obrázek 4 Výkonová charakteristika tepelného čerpadla [26]

Interiérový kotel

Interiérový kotel je zvolen od firmy Verner. Jedná se o typ Verner 13/10. Maximální výkon do vzduchu je 3 kW a do vody 10 kW. Ke kotli bude přiveden vzduch z exteriéru. „Nápojení lze provést pomocí pružné hadice o průměru 100 mm. Vzduchový kanál musí být navržen tak, aby jeho tlaková ztráta při průtoku 30 m³/hod nepřesáhla 3 Pa. Průřez kanálu nesmí být menší než 75 cm² a jeho délka by neměla přesáhnout 5 m [11].“

Ochrana proti přehřátí kotle bude zálohový elektrický zdroj, který zabezpečí nepřetržitý provoz oběhového čerpadla nejméně 3 h pro dochlazení výměníku kotle při výpadku elektrického proudu.



Obrázek 5 Interiérový kotel [10]

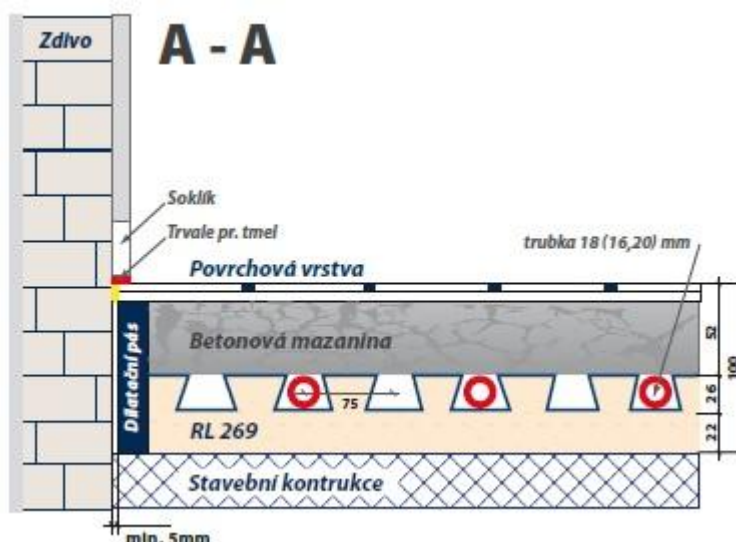
Tyto zdroje tepla budou napojeny na akumulční nádrž o objemu 1500 l. Akumulační nádrž bude mít 2 výměníky, na které budou zdroje připojeny. Tepelné čerpadlo bude napojeno na spodní výměník a interiérový kotel bude napojen na horní výměník. Otopné systémy budou napojeny přímo na objem akumulční nádrže. Systém podlahového vytápění bude napojen ve spodní části a systém s otopnými tělesy v horní části nádrže. Teplota otopné vody v nádrži bude elektronicky hlídána a nahřívána tepelným čerpadlem na 55 °C.

5.2 Návrh podlahového vytápění

Realizace podlahového vytápění bude tzv. mokrým způsobem. To znamená, že se bude otopný had zalévat betonem. Požadovaná tloušťka betonu nad otopnou smyčkou je 40 - 50 mm. Trubky je možné pokládat do tvaru meandru nebo spirály. Výpočet podlahového vytápění bude proveden pro tvar spirály. Jednotlivé okruhy musí být odděleny dilatační páskou, jinak by hrozilo poškození nášlapné vrstvy podlahy pnutím betonu. Trubky otopného hada budou pokládány na polystyrénové systémové desky, které umožňují uložení v přesných rozstupech. Pokládka otopného hada je zobrazena na obrázku 6. Na obrázku 7 je řez podlahou pro podlahové vytápění a na obrázku 8 je vidět smontovaný rozdělovač a sběrač podlahového vytápění.



Obrázek 6 Pokládka podlahového vytápění [12]



Obrázek 7 Skladba podlahy podlahového vytápění [17]



Obrázek 8 Instalace rozdělovače pro podlahové vytápění [12]

5.2.1 Výpočet podlahového vytápění

Výpočet podlahového vytápění vychází z požadovaného tepelného výkonu dané místnosti. Rozhodujícími veličinami pro výpočet jsou střední teplota otopné vody a rozteč potrubí otopné smyčky. Požadovaný výkon podlahového vytápění se zjistí iteračně. Nejprve navrhujeme střední teplotu otopné vody a rozteč trubek a zjistíme výkon. Poté tyto dvě veličiny měníme podle toho, zda chceme výkon zvýšit nebo snížit. Pro výpočet výkonu bude uvažován celkový součinitel přestupu tepla $\alpha_p = 12 \text{ W/m}^2\text{K}$, který zahrnuje konvekci i radiaci. Ten je důležitý pro určení střední povrchové teploty podlahové plochy. Povrchové teploty nášlapné plochy upravují hygienické limity [1].

Dalším faktorem ovlivňujícím tepelný výkon podlahového vytápění je tepelný odpor vrstvy nad otopným hadem. Nejvyššího výkonu se dosáhne použitím krytiny z keramické dlažby. Naopak nižší výkon poskytuje dřevěná podlahová krytina či PVC.

Nejvyšší dovolené střední povrchové teploty podlahy (nášlapné vrstvy) t_p [1]:

- 28 °C u místností pro trvalý pobyt lidí (obývací pokoje)
- 32 °C u místností, kde lidé převážně jen procházejí (chodby, schodiště)
- 34 °C u místností, kde lidé převážně chodí bos (koupelny)

5.2.1.1 Ukázka výpočtu výkonu podlahového vytápění

Ukázkový výpočet bude proveden pro místnost č. 1.03 (ložnice). Povrchová krytina je volena keramická dlažba, která má z povrchových krytin nejpříznivější tepelnou vodivost. Tepelná propustnost nad trubkami a pod trubkami je zobrazena v tabulce 5.1.

Výpočet bude proveden podle článku Podlahové vytápění (III): Projektování – výpočet [1].

Tabulka 5.1: Tepelná propustnost stavebních konstrukcí
nad trubkami a pod trubkami

	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

Výpočet povrchové teploty nášlapné vrstvy

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{\tanh\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{\frac{m \cdot l}{2}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5.1)$$

kde:

t_m	[$^{\circ}\text{C}$]	střední teplota otopné vody
t_i	[$^{\circ}\text{C}$]	výpočtová vnitřní teplota
m	[m ⁻¹]	charakteristické číslo podlahy
Λ_a	[W/m ² K]	tepelná propustnost vrstev nad trubkami
α_p	[W/m ² K]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy
l	[m]	rozteč potrubí otopného hada
Λ_b	[W/m ² K]	tepelná propustnost vrstev pod trubkami otopného hada
λ_d	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky
d	[m]	vnější průměr trubek

$$t_p = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{\tanh\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{\frac{m \cdot l}{2}} + t_i = \frac{8,06}{12} \cdot (30 - 20) \cdot \frac{\tanh(8,11 \cdot 0,3 \cdot 0,5)}{8,11 \cdot 0,3 \cdot 0,5} = 24,6 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Součinitel přestupu tepla

$$\alpha_p = \alpha_{sp} + \alpha_{kp} = 5,1 + 6,6 = 12 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (5.2)$$

Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad [\text{m}^{-1}] \quad (5.3)$$

kde

λ_d	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky
d	[m]	vnější průměr trubek

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (6,04 + 0,37)}{\pi^2 \cdot 1,3 \cdot 0,018}} = 8,11 \text{ m}^{-1}$$

Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [\text{W/mK}] \quad (5.4)$$

kde

a	[m]	tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek
λ_a	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} = \frac{1}{\frac{0,01}{1,01} + \frac{0,04}{1,3} + \frac{1}{12}} = 8,06 \text{ W/mK}$$

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad [\text{W/mK}] \quad (5.5)$$

kde

b	[m]	tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek
λ_b	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek
α'_p	[W/m ² K]	součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} = \frac{1}{\frac{0,022}{0,04} + \frac{0,1}{0,051} + \frac{0,07}{1,3} + \frac{1}{8}} = 0,37 \text{ W/mK}$$

Šířka okraje r je vzdálenost krajní trubky otopného hada od stěny závislá na charakteristickém čísle podlahy

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [\text{m}] \quad (5.6)$$

$$r = \frac{2,3}{m} = \frac{2,3}{8,11} = 0,28 \text{ m}$$

Měrný tepelný výkon směrem nahoru

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.7)$$

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) = 12 \cdot (24,6 - 20) = 55,6 \text{ W/m}^2$$

Měrný tepelný tok směrem dolů

$$q' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.8)$$

$$q' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) = 0,37 \cdot \frac{8}{8,06} \cdot (24,6 - 20) = 2,56 \text{ W/m}^2$$

Celková otopná plocha

$$S_p = A \cdot B \quad [\text{m}^2] \quad (5.9)$$

Kde

A,B [m] rozměr místnosti

$$S_p = A \cdot B = 3,5 \cdot 3,5 = 12,25 \text{ m}^2$$

Celkový tepelný výkon předaný do místnosti

$$Q = S_p \cdot q \quad [\text{W}] \quad (5.10)$$

$$Q = S_p \cdot q = 12,25 \cdot 55,6 = 681 \text{ W}$$

Tepelný příkon otopné vody

$$Q_{PC} = S_p \cdot (q + q') \quad [\text{W}] \quad (5.11)$$

$$Q_{PC} = S_p \cdot (q + q') = 12,25 \cdot (55,6 + 2,56) = 712 \text{ W}$$

Hmotnostní tok otopné vody

$$\dot{m} = \frac{3600 \cdot Q_{PC}}{c_p \cdot \Delta t} \quad [\text{kg/h}] \quad (5.12)$$

Kde

c_p [J/kgK] tepelná kapacita otopné vody
 Δt [K] teplotní spád otopné vody ve smyčce

$$\dot{m} = \frac{3600 \cdot Q_{PC}}{c_p \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 712}{4180 \cdot 8} = 76,7 \text{ kg/h}$$

Délka smyčky

$$L_h = \frac{S_p}{l} \cdot 1,05 + L_p \quad [\text{m}] \quad (5.13)$$

kde

 L_p [m] délka přípojky ke smyčce otopné plochy

$$L_h = \frac{S_p}{l} \cdot 1,05 + L_p = \frac{12,25}{0,3} \cdot 1,05 + 3 = 46 \text{ m}$$

Rychlost proudění otopné vody ve smyčce

$$v = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \quad [\text{m/s}] \quad (5.14)$$

kde

 ρ [kg/m³] hustota otopné vody

$$v = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 76,7}{1000 \cdot \pi \cdot 0,016^2} = 0,11 \text{ m/s}$$

Tlakové ztráty ve smyčce

Tlakové ztráty ve smyčce budou počítány pro typ smyčky ve spirále. Je to z toho důvodu, že spirála vykazuje nižší místní tlakové ztráty než meandr.

Celkové tlakové ztráty ve smyčce

Celkové tlakové ztráty ve smyčce se počítají jako součet délkových ztrát Δp_l a místních ztrát tvarovkami Δp_z .

$$\Delta p = \Delta p_l + \Delta p_z = 832 \text{ Pa}$$

Délkové ztráty

$$\Delta p_l = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot \rho} \cdot L_h \quad [\text{Pa}] \quad (5.15)$$

$$\Delta p_l = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot \rho} \cdot L_h = \frac{0,043}{0,016} \cdot \frac{0,11^2}{2 \cdot 1000} \cdot 46 = 617 \text{ Pa}$$

Součinitel tlakové ztráty třením

Součinitel ztráty třením λ se určuje iteračně z Colebrookovy rovnice. Ukázka výpočtu je v tabulce 5.14.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 \cdot d} \right) \quad [-] \quad (5.16)$$

kde:

k [m] drsnost potrubí
 Re [-] Reynoldsovo číslo

Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad [-] \quad (5.17)$$

kde:

ν [m²/s] kinematická viskozita vody, $\nu = 3,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Tlaková ztráta ve spirále

Tlaková ztráta místními odpory se určí podle počtu ohybů a úhlu ohybu. Úhel ohybu ve spirále je 90° a v meandru 180° .

$$\Delta p_z = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (5.18)$$

$$\Delta p_z = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 34,3 \cdot \frac{0,112^2}{2} \cdot 1000 = 215 \text{ Pa}$$

Součet součinitelů místních ztrát vychází ze součinitele místní ztráty pro 90° ξ_{90} a počtu ohybů ve spirále.

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{R}{d} \quad [-] \quad (5.19)$$

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{R}{d} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{0,15}{0,02} = 1,5$$

Počet ohybů vypočteme z rozměru místnosti A (šířka místnosti) a rozteče potrubí l , které násobíme 2 pro dosažení tvaru spirály.

$$n = \frac{A}{l} \cdot 2 \quad [-] \quad (5.20)$$

$$n = \frac{A}{l} \cdot 2 = \frac{3,5}{0,3} \cdot 2 = 23$$

Místní ztráty pro úhel φ ohybu spirály vycházejí ze základního součinitele místní tlakové ztráty pro úhel 90° .

$$\xi_\varphi = \xi_{90} \cdot \sqrt{\left(\frac{\varphi}{90}\right)^3} \quad [-] \quad (5.21)$$

$$\xi_\varphi = \xi_{90} \cdot \sqrt{\left(\frac{\varphi}{90}\right)^3} = 1,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{90}{90}\right)^3} = 1,5$$

Suma součinitelů místních tlakových ztrát se vypočítá z počtu ohybů a místního součinitele φ_{90} .

$$\sum \xi = (n - 1) \cdot \xi_\varphi \quad [-] \quad (5.22)$$

$$\sum \xi = (n - 1) \cdot \xi_\varphi = (23 - 1) \cdot 1,5 = 34,3$$

Uvedené výsledky jsou počítány dle uvedených rovnic v programu Excel.

Tabulka 5.2: Souhrnná tabulka výkonů a tepelných ztrát
pro 1. nadzemní podlaží

číslo místnosti	výpočtová teplota [°C]	tepelná ztráta [W]	výkon podlahového vytápění [W]	požadovaný výkon otopných těles [W]	navrhnutá tělesa	výkon těles [W] 55/45°C
1.01	22	771	728	43		
1.02	22	187	540	0		
1.03	20	432	720	0		
1.04	24	379	171	208	KLMM 900.600	236
1.05	18	705	1024	0		
1.06	20	1259	1172	87	VK11-400-900	326
1.07	20	1061	1254	0		
1.08	20	521	88	433	VK22-500-600	441
1.09		0		0		
1.10		0		0		
1.11	20	111	293	0		
1.12	24	138	0	138	KLMM 700.450	141

V obývacím pokoji (místnost 1.01) není potřeba doplnit výkon otopným tělesem, protože je obývací pokoj spojen s kuchyní (místnost 1.02) neuzavíratelným otvorem a součet výkonů otopných ploch vyhovuje požadovanému tepelnému výkonu.

Tabulka 5.3: Souhrnná tabulka výkonů a tepelných ztrát pro 2. nadzemní podlaží

číslo místnosti	výpočtová teplota [°C]	tepelná ztráta [W]	výkon podlahového vytápění [W]	požadovaný výkon otopných těles [W]
2.01	20	245	465	0
2.02	20	463	708	0
2.03	20	471	912	0
2.04	20	263	402	0
2.05	15	667	827	0

5.2.2 Hydraulický výpočet systému podlahového vytápění

Výpočet tlakových ztrát jednotlivých smyček podlahového vytápění byl proveden dle vzorového výpočtu v kapitole 5.2.1. Dále budou uvedeny výsledky formou tabulek.

Zaregulování systému podlahového vytápění se provádí tak, že jednotlivé smyčky podlahového vytápění na jednom rozdělovači a sběrači musí mít stejnou tlakovou ztrátu. Poté se vypočítají tlakové ztráty na potrubí, které přivádí topnou vodu k rozdělovačům.

Zaregulování jednotlivých smyček se provádí pomocí ventilů, které jsou osazeny přímo na rozdělovači. Zaregulování přívodního potrubí se provádí regulačními armaturami, které jsou osazeny bezprostředně před rozdělovačem.

Pro výpočet systému podlahového vytápění je zvolen systém s rozdělovači od české společnosti Revel-pex. Regulace příváděcího potrubí je zvolena od společnosti IMI - Heimeier STK regulační šroubení DN20.

Ventily na rozdělovači mají hodnotu $K_v = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ a regulační šroubení má hodnotu $K_v = 4,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

V následujících tabulkách jsou uvedeny rozpisy jednotlivých úseků včetně místních ztrát a tlakové ztráty otopného hada na rozdělovači. Na obrázku 9 jsou zobrazeny jednotlivé úseky zapojení potrubí k rozdělovačům A1, A2 a A3.

Tabulka 5.4: Úseky k rozdělovači A1

úsek	rozděl.	kolena	délka	DN	ξ_{tam}	$\xi_{\text{zpět}}$	tl. ztráta smyčky [Pa]
2	A1	4	7	20	8,6	-	18002
3	-	-	2	25	2,8	5,3	-
5	-	2	3	25	2	1,8	-

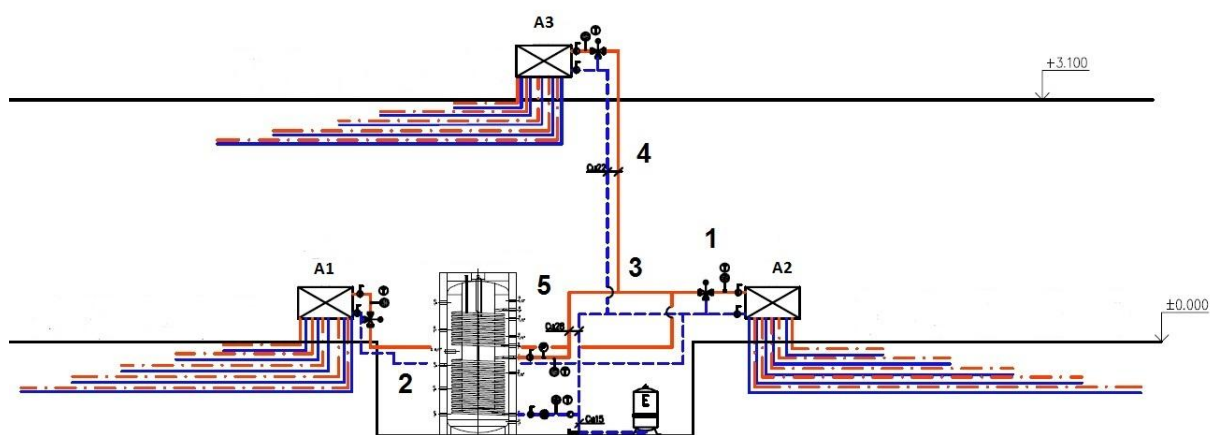
Tabulka 5.5: Úseky k rozdělovači A2

úsek	rozděl.	kolena	délka	DN	ξ_{tam}	$\xi_{\text{zpět}}$	tl. ztráta smyčky [Pa]
1	A1	-	0,6	20	3,7	-	5021
3	-	-	2	25	2,8	1,7	-
5	-	2	3	25	2	1,8	-

Tabulka 5.6: Úseky k rozdělovači A3

úsek	rozděl.	kolena	délka	DN	ξ_{tam}	$\xi_{\text{zpět}}$	tl. ztráta smyčky [Pa]
4	A3	4	9	20	3,5	-	22861
5	-	2	3	25	2	1,2	-

Systém je rozdělen na tři okruhy se třemi rozdělovači. Výpočty tlakových ztrát k rozdělovačům a tlakových ztrát jednotlivých smyček jsou uvedeny v tabulkách 5.7 až 5.12. V zelených polích je nastavení regulačních armatur.



Obrázek 9 Zapojení úseků potrubí k rozdělovačům

Rozdělovač A1

Tabulka 5.7: Nastavení ventilů na rozdělovači A1

Okruh	Tl. Ztráta [Pa]	Hm. Průtok	Přednastavení ventilu	Tl. Ztráta ventilu	Celková Ztráta
1-1	177	31,2	2	825	1002
1-2	353	44,5	3	649	1002
2	514	60,9	4	488	1002
3	832	81,1	7	170	1002
4	217	38,4	2	785	1002

Tabulka 5.8: Výpočet tlakových ztrát na potrubí k rozdělovači A1 a nastavení
regulačního šroubení

číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R* <i>l</i>	Σξ	Z	R* <i>l</i> + Z	TV	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	1	
okruh přes A 1											5298	
2		256	7	20	0,23	40,0	279,8	17	434	713,8		Pa
3		718	2	25	0,41	83,2	166,3	8,1	682	848,6		
5		1127	3	25	0,65	186,1	558,4	7,8	1619	2177		
										4741	10039	

Rozdělovač A2

Tabulka 5.9: Nastavení ventilů na rozdělovači A2

Okruh	Tl. Ztráta [Pa]	Hm. Průtok	Nastavení ventilu	Tl. Ztr. Vent. [Pa]	Celk. ztr. [Pa]
5	2575	115,3	3	2864	5439
6	1595	100,5	3	3844	5439
7	4639	140,9	7	800	5439
8	104	39,5	1	5335	5439
11	324	65,8	2	5115	5439

Tabulka 5.10: Výpočet tlakových ztrát na potrubí k rozdělovači A3
a nastavení regulačního šroubení

číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R* <i>l</i>	Σξ	Z	R* <i>l</i> + Z	TV	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	4,5	
okruh přes A2											1100	
1		562	0,6	20	0,507	157,4	94	5,4	680	774,719		Pa
3		718	2	25	0,415	83,2	166	4,5	379	545,343		
5		1127	3	25	0,651	187,1	561	7,8	1619	2179,78		
										8939	10039	

Rozdělovač A3

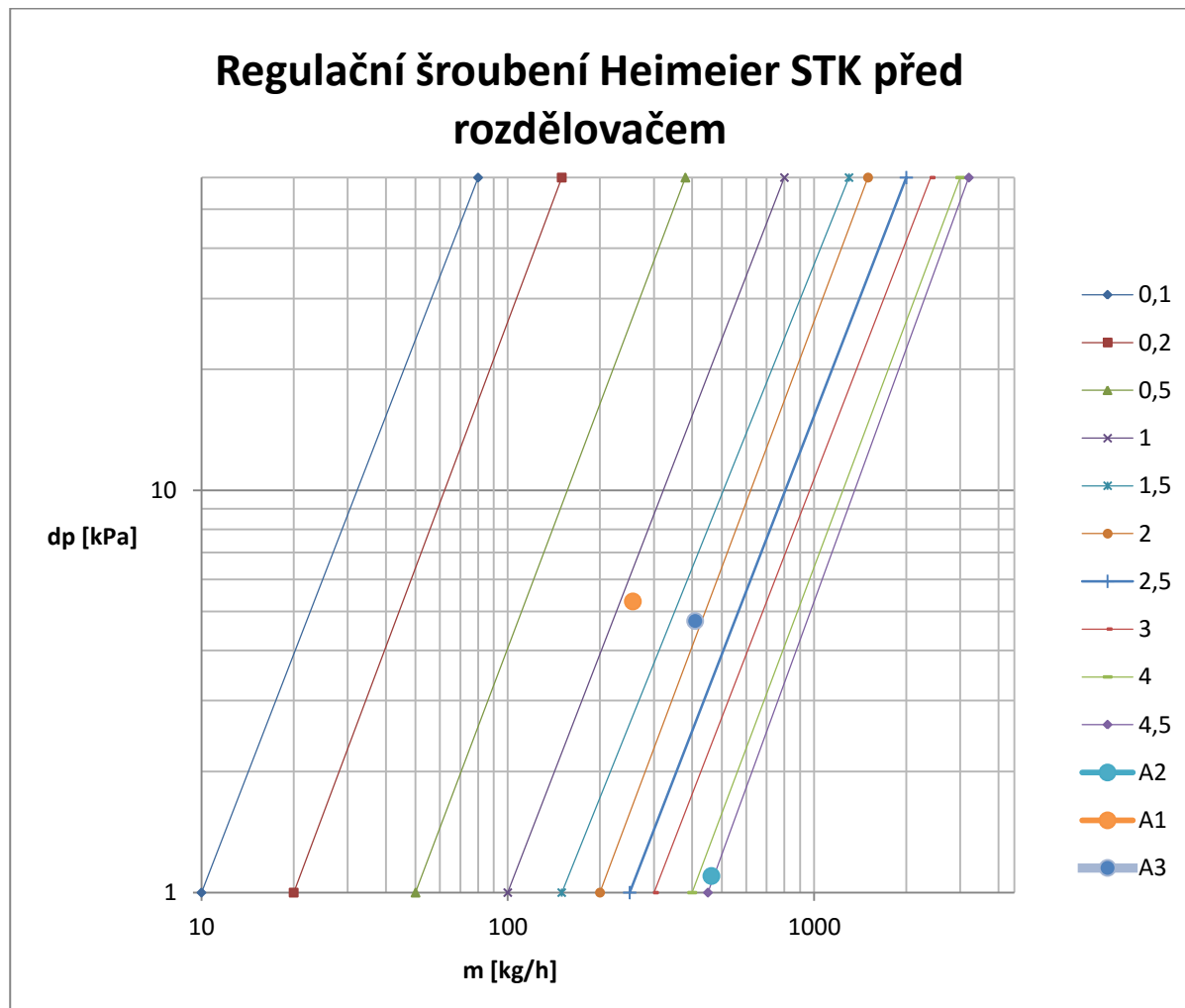
Tabulka 5.11: Nastavení ventilů na rozdělovači A3

Okruh	Tl. Ztráta [Pa]	Hm. Průtok [kg/h]	Nastavení ventilu	Tl. Ztr. Vent. [Pa]	Celk. ztr. [Pa]
21	315	56,8	2	1894	2209
22	1178	90,6	4	1031	2209
23	1809	111,5	7	400	2209
24	250	49,2	2	1959	2209
25	1132	101	5	1077	2209

Tabulka 5.12: Výpočet tlakových ztrát na potrubí k rozdělovači A3
a nastavení regulačního šroubení

číslo úseku	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*I [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*I + Z [Pa]	TV 2	
okruh přes A3											4738	Pa
4		409	9	20	0,369	89,371	804,3	3,5	234	1037,9		
5		1127	3	25	0,651	186,68	560	7,2	1494	2054,1		
										5301	10039	

Nastavení regulačních armatur před rozdělovači je zobrazeno na obrázku 10. Nastavení potřebného odporu zajistí stejné tlakové poměry v soustavě při požadovaných průtocích.



Obrázek 10 Graf nastavení regulačního šroubení před rozdělovačem

Hodnoty nastavení termostatických ventilů na otopných tělesech, regulačních ventilů na rozdělovačích a regulačních šroubeních jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci.

5.3 Návrh otopných těles

Otopná tělesa budou navržena do místností, kde svým výkonem neodpovídá podlahové vytápění požadovanému tepelnému výkonu vypočtenému v kapitole 4. Jsou to místnosti 1.04 (koupelna), 1.12 (koupelna), 1.06 (kuchyň), 1.08 (WC). Do koupelen budou navrženy trubková otopná tělesa a do dalších místností desková otopná tělesa ventil kompaktní.

5.3.1 Charakteristika trubkového tělesa

Trubková tělesa jsou určena nejen pro vytápění koupelen, ale dají se použít i pro vytápění dalších místností obytných budov. Svojí konstrukcí umožňují použití v teplovodních systémech s nuceným oběhem teplotnosné látky a v systémech se samotížným oběhem teplotnosné látky [4].



Obrázek 11 Trubkové otopné těleso KLMM [4]

Technické údaje

Výška H	690, 900, 1215, 1495, 1810 mm
Délka L	450, 600, 750 mm
Hloubka B	35 mm
Připojovací rozteč (KLM)	$h = L - 30 \text{ mm}$
Připojovací rozteč (KLMM)	50 mm
Připojovací závit (KLM)	4 x G 1/2 vnitřní
Připojovací závit (KLMM)	6 x G 1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Zkušební přetlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLM)	$A_T = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Průtokový součinitel (KLMM)	$A_T = 9,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
Součinitel odporu (KLM)	$\xi_T = 1,8$
Součinitel odporu (KLMM)	$\xi_T = 9,3$

Obrázek 12 Technické údaje trubkového otopného tělesa KLMM [4]

TEPELNÝ VÝKON Q [W]

PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Q [W] pro t _f [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W] (75/65/20°C)	Teplotní exponent n [-]	Hmotnost tělesa M _t [kg]	Vodní objem tělesa V _t [l]	Max. výkon el. top. tělesa P [W]*
					15	18	20	22	24					
KLM 700.450 KLMM 700.450	690	450	420 50	90/70 70/55 55/45	440 298 205	415 275 183	398 259 169	381 244 155	365 229 141	320	1,2363	5,8	3,9	200
KLM 700.600 KLMM 700.600	690	600	570 50	90/70 70/55 55/45	582 393 269	548 362 240	526 341 221	504 321 203	482 301 185	422	1,2476	7,3	4,9	200
KLM 700.750 KLMM 700.750	690	750	720 50	90/70 70/55 55/45	725 488 333	682 449 297	654 423 273	626 398 250	599 373 227	524	1,2588	8,8	5,8	300
KLM 900.450 KLMM 900.450	900	450	420 50	90/70 70/55 55/45	567 383 262	534 353 234	512 333 216	490 313 198	469 293 180	411	1,2465	7,5	5,1	200
KLM 900.600 KLMM 900.600	900	600	570 50	90/70 70/55 55/45	751 506 345	707 465 308	678 439 284	649 412 260	620 386 236	543	1,2560	9,4	6,3	300
KLM 900.750 KLMM 900.750	900	750	720 50	90/70 70/55 55/45	933 627 427	878 576 380	841 543 350	805 510 320	770 478 291	673	1,2655	11,3	7,6	400

Obrázek 13 Tepelný výkon a technické parametry trubkových otopných těles [4]



Obrázek 14 Připojení trubkového otopného tělesa KLMM a armatura HM - rohové provedení s termostatickou hlavicí [4]

5.3.2 Charakteristika deskových těles

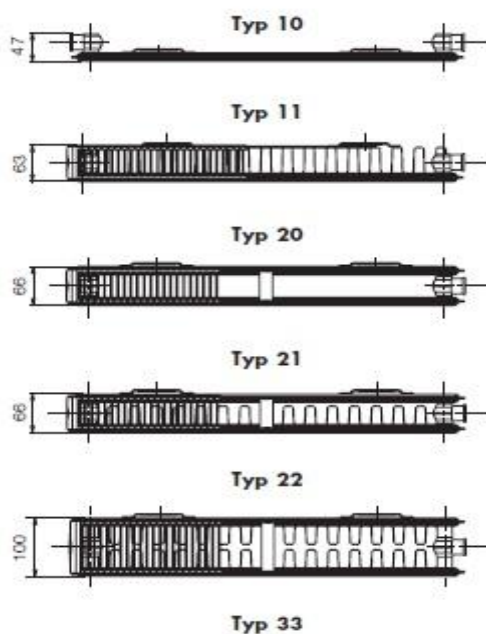
Desková otopná tělesa fungují na principu přirozeného proudění vzduchu kolem přestupní plochy. Jsou vyráběna ve variantách v jednoduchém, zdvojeném nebo ztrojeném provedení. Hlavní přestupní plocha je tvarovaná deska s horizontálně a vertikálně uspořádanými kanálky pro proudění teplonosné látky. Pro dosažení vyššího tepelného výkonu je na zadní stranu desky připevněna přídatná konvektivní přestupní plocha. Tato otopná tělesa se používají v teplovodních soustavách s nuceným oběhem vody [5].

Vysvětlivka k označení těles je na obrázku 15 a 16. Z obrázků je vidět, že označení tělesa 11 znamená jedna deska s jednou dodatkovou konvektivní plochou. Značení VK (ventil kompakt), znamená, že náběh i zpátečka jsou přivedeny pod těleso z pravé strany a topná teplonosná látka (většinou voda) je k termostatickému ventilu přivedena trubičkou, která vede uvnitř tělesa, což je možné vidět na obrázcích 17 a 18. Volba velikosti a typu tělesa vychází z požadovaného tepelného výkonu na prostor (tepelné ztráty). Ilustrativní výkony

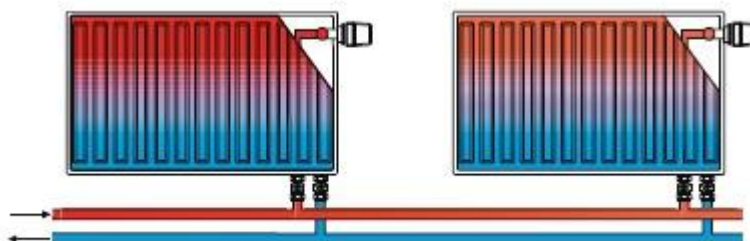
otopných těles jsou na obrázku 19. Desková otopná tělesa budou navržena ventil kompakt (VK).

Označení	Počet desek	Počet přidavných přestupních ploch
Typ 10	1	0
Typ 11	1	1
Typ 20	2	0
Typ 21	2	1
Typ 22	2	2
Typ 30	3	0
Typ 33	3	3

Obrázek 15 Typové označení deskových otopných těles [5]



Obrázek 16 Schéma typu deskových otopných těles [5]



Obrázek 17 Připojení deskových otopných těles ventil kompakt [5]



Obrázek 18 Řez deskovým otopným tělesem ventil kompakt [5]

TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 10 Typ 10 VK						Typ 11 Typ 11 VK						Typ 20 Typ 20 VK		
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]														
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	500	600	700
400	90/70			261	306	352	444	279	360	436	509	579	709	425	496	568
	75/65			206	242	278	350	220	283	343	401	456	558	335	391	447
	70/55			166	196	225	283	177	229	277	324	368	450	271	317	361
	55/45			105	125	143	179	112	145	176	205	233	284	173	201	228
500	90/70	210	269	326	382	440	555	349	450	545	636	724	887	531	620	710
	75/65	165	212	257	302	347	438	275	354	429	501	570	697	419	489	559
	70/55	133	171	208	245	281	354	222	286	347	405	460	562	339	396	451
	55/45	84	108	132	156	179	224	140	181	219	256	291	355	216	252	285
600	90/70	252	323	391	459	528	666	419	540	654	763	868	1064	637	744	852
	75/65	198	254	308	362	416	525	329	425	515	601	683	836	503	587	670
	70/55	159	205	249	294	337	424	266	343	416	486	552	675	407	475	541
	55/45	100	129	158	187	214	269	168	217	263	308	349	426	259	302	342
700	90/70			457	535	616	777	488	630	763	891	1013	1241	744	868	995
	75/65			360	423	486	613	384	496	601	701	797	976	587	685	782
	70/55			291	343	393	495	310	400	485	567	644	787	475	554	631
	55/45			185	218	250	314	196	253	307	359	407	497	302	352	399
800	90/70			522	612	704	889	558	720	872	1018	1158	1419	850	992	1137
	75/65			411	483	555	700	439	566	686	802	911	1115	670	782	894
	70/55			333	392	450	566	355	457	555	648	736	900	543	633	721
	55/45			211	249	286	359	224	289	351	410	466	568	345	402	455
900	90/70			587	688	791	1000	628	810	981	1145	1303	1596	956	1116	1279
	75/65			463	544	625	788	494	637	772	902	1025	1255	754	880	1005
	70/55			374	440	506	637	399	515	624	729	828	1012	611	712	811
	55/45			237	281	322	404	252	326	395	462	524	639	388	453	512

Obrázek 19 Tepelné výkony deskových otopných těles [5]

5.3.3 Hydraulický výpočet pro systém s otopnými tělesy

Výpočet bude proveden podle níže popsanych vzorců pro nízkoteplotní systém vytápění. Vzorový výpočet bude proveden pro těleso s nejdelším úsekem a největší tlakovou ztrátou, to je pro těleso 112-01. Jednotlivé úseky potrubí jsou zobrazeny na obrázku 20. Čísla úseků jsou shodná pro náběh i zpátečku. V tabulkách 5.16 až 5.19 budou uvedeny údaje potřebné pro výpočet hydrauliky k jednotlivým otopným tělesům. Pro výpočty bude uvažován teplotní spád na tělesech $\Delta T = 10K$.

Tabulka 5.13: Výkony otopných těles

Otopné těleso	Výkon [W]	Typ tělesa	Označení
112-01	141	trubkové	KLMM 750.450
108-01	441	deskové	VK22-500-600
106-01	326	deskové	VK11-400-900
104-01	181	trubkové	KLMM 900.600

Délkové tlakové ztráty

Mají stejnou hodnotu pro úsek náběhu i zpátečky.

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} \quad [\text{Pa/m}] \quad (5.23)$$

$$\text{pro úsek 1: } R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} = \frac{0,811 \cdot 0,066 \cdot 0,004^2}{980 \cdot 0,013^5} = 1,7 \text{ Pa/m}$$

$$\text{pro úsek 2: } R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} = \frac{0,811 \cdot 0,044 \cdot 0,011^2}{980 \cdot 0,013^5} = 12,3 \text{ Pa/m}$$

$$\text{pro úsek 5: } R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} = \frac{0,811 \cdot 0,039 \cdot 0,018^2}{980 \cdot 0,013^5} = 24,8 \text{ Pa/m}$$

$$\text{pro úsek 7: } R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} = \frac{0,811 \cdot 0,037 \cdot 0,021^2}{980 \cdot 0,013^5} = 36,7 \text{ Pa/m}$$

kde:

λ součinitel ztráty třením

w rychlost proudění [m/s]

d průměr potrubí [m]

ρ hustota teplotnosné látky [kg/m³]

$\dot{m}$ hmotnostní tok teplotnosné látky [kg/s]

Hmotnostní tok teplotnosné látky

Má stejnou hodnotu pro úseky náběhu i zpátečky.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta T} \quad [\text{kg/s}] \quad (5.24)$$

$$\text{pro úsek 1: } \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{141}{4185 \cdot 10} = 3,369 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\text{pro úsek 3: } \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{467}{4185 \cdot 10} = 0,011 \text{ kg/s}$$

$$\text{pro úsek 5: } \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{703}{4185 \cdot 10} = 0,018 \text{ kg/s}$$

$$\text{pro úsek 7: } \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{884}{4185 \cdot 10} = 0,021 \text{ kg/s}$$

kde:

$$c_p \quad [\text{J/kgK}] \quad \text{měrná tepelná kapacita teplotnosné látky, } c_p = 4185 \text{ J/kgK}$$

Rychlost proudění teplotnosné látky

Je stejná pro úseky náběhu i zpátečky.

$$w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \quad [\text{m/s}] \quad (5.25)$$

$$\text{pro úsek 1: } w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 3,369 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,013^2 \cdot 980} = 0,03 \text{ m/s}$$

$$\text{pro úsek 3: } w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,011}{\pi \cdot 0,013^2 \cdot 980} = 0,09 \text{ m/s}$$

$$\text{pro úsek 5: } w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,018}{\pi \cdot 0,013^2 \cdot 980} = 0,13 \text{ m/s}$$

$$\text{pro úsek 7: } w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,021}{\pi \cdot 0,013^2 \cdot 980} = 0,16 \text{ m/s}$$

Tabulka 5.14: Výpočet součinitele tlakové ztráty třením

λ_0	λ	d	re	k
0,066	0,066	13	872	0,006
0,044	0,044	13	2889	0,006
0,039	0,039	13	4349	0,006
0,037	0,037	13	5469	0,006
0,066	0,066	13,0	872	0,006
0,044	0,044	13,0	2889	0,006
0,039	0,039	13,0	4349	0,006
0,037	0,037	13,0	5469	0,006

V tabulce 5.14 se iteračně dosazuje parametr λ_0 do doby, než se λ_0 a λ rovnají dle vztahu 5.16..

Pro výpočet je nutné znát drsnost potrubí, ta je zadána v tabulce 5.15 pro měděné potrubí, které se považuje za hladké.

Tabulka 5.15: Drsnost měděného potrubí a jmenovitá světlost

měď			
k = 0,0063 [mm]			
DN	d [mm]	DN	d [mm]
15	13	42	39
18	16	54	50
22	20	64	60
28	26	76	72
35	32	89	85

Místní tlakové ztráty

Tlakové ztráty vznikající prouděním teplotnosné látky tvarovkami. Součinitele tlakové ztráty místními odpory jsou uvedeny v tabulkách 5.16 až 5.19.

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (5.26)$$

$$\text{pro úsek 1 náběh: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 17,6 \cdot \frac{0,03^2}{2} \cdot 980 = 5,8 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 1 zpátečku: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 13,6 \cdot \frac{0,03^2}{2} \cdot 980 = 4,4 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 3 náběh: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 1,5 \cdot \frac{0,09^2}{2} \cdot 980 = 5,4 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 3 zpátečku: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 10,1 \cdot \frac{0,09^2}{2} \cdot 980 = 36,4 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 5 náběh: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 9,9 \cdot \frac{0,13^2}{2} \cdot 980 = 80,9 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 5 zpátečku: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 9 \cdot \frac{0,13^2}{2} \cdot 980 = 73,5 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 7 náběh: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 4 \cdot \frac{0,16^2}{2} \cdot 980 = 51,7 \text{ Pa}$$

$$\text{pro úsek 7 zpátečku: } Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 4,4 \cdot \frac{0,16^2}{2} \cdot 980 = 56,9 \text{ Pa}$$

Celkové místní tlakové ztráty ve tvarovkách jsou dány součtem úseků 1, 3, 5 a 7 pro náběh i zpátečku.

$$\text{Celkové místní tlakové ztráty: } Z = \sum Z_i = 315 \text{ Pa}$$

Tlakové ztráty v potrubí

Tlakové ztráty na potrubí v okruhu pro těleso 112-01 jsou dány součtem dílčích tlakových ztrát jednotlivých úseků.

$$\Delta p = \sum R \cdot l + Z \quad [\text{Pa}] \quad (5.27)$$

$$\Delta p = \sum R \cdot l + Z = 315 + 360 = 675 \text{ Pa}$$

pro úsek 1 $R \cdot l$: $R \cdot l \cdot 2 = 1,7 \cdot 4 \cdot 2 = 13,4 \text{ Pa}$

pro úsek 3 $R \cdot l$: $R \cdot l \cdot 2 = 12,3 \cdot 4,7 \cdot 2 = 116 \text{ Pa}$

pro úsek 5 $R \cdot l$: $R \cdot l \cdot 2 = 24,8 \cdot 3,9 \cdot 2 = 193,8 \text{ Pa}$

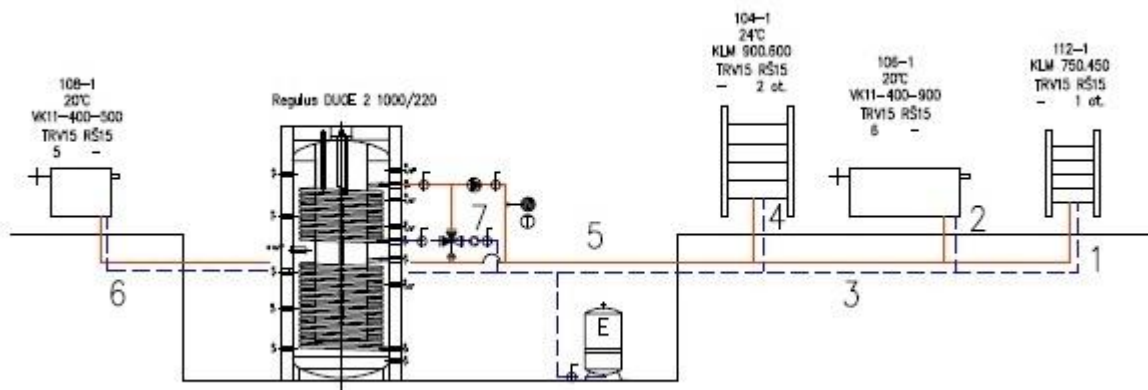
pro úsek 7 $R \cdot l$: $R \cdot l \cdot 2 = 36,7 \cdot 0,5 \cdot 2 = 36,8 \text{ Pa}$

Celkové délkové tlakové ztráty na potrubí jsou dány součtem tlakových ztrát jednotlivých úseků násobené 2 (pro náběh a zpátečku).

Celkové délkové ztráty: $\sum R \cdot l = 360 \text{ Pa}$

kde:

l délka potrubí [m]



Obrázek 20 Označení úseků pro hydraulický výpočet

Výpočet nastavení regulačních armatur na otopných tělesech

Na deskových otopných tělesech typu ventil kompaktní (VK) jsou osazeny termostatické ventily. Na trubkových otopných tělesech bude osazena armatura HM. Charakteristiky obou armatur jsou v grafech na obrázcích 20 a 21 spolu s vyznačením nastavení regulačních armatur.

Postup při určování nastavení regulačních armatur

Po vypočtení tlakových ztrát na okruzích k jednotlivým otopným tělesům určíme okruh s nejvyšší tlakovou ztrátou. Pro tento okruh, dle grafu na obrázku 21, určíme tlakovou ztrátu plně otevřené regulační armatury pro daný hmotnostní tok k danému tělesu.

Nejvyšší tlakovou ztrátu má okruh k tělesu 112-01. Tlaková ztráta tohoto okruhu činí 768 Pa. Hmotnostní tok regulační armaturou bude 12,1 kg/h. Při tomto průtoku vychází tlaková ztráta na regulační armatuře 100 Pa a nastavení armatury HM na hodnotu 2 ot, což je možné vidět na obrázku 21. Po nastavení armatury HM na hodnotu 2 ot se zvýší tlaková ztráta okruhu k tělesu 112-01 na hodnotu 868 Pa.

Nastavení ostatních regulačních armatur určíme tak, že od hodnoty celkové tlakové ztráty okruhu k tělesu 112-01 (868 Pa) odečteme tlakovou ztrátu jednotlivých okruhů k dalším tělesům, z čehož nám vyjde potřebná tlaková ztráta regulačních armatur při daném hmotnostním průtoku armaturou.

Výsledky nastavení regulačních armatur jsou uvedeny v tabulkách 5.20 až 5.23 v zeleném poli s názvem TV. V těchto tabulkách jsou uvedeny veškeré výpočty tlakových ztrát jednotlivých okruhů k tělesům.

Tabulka 5.16: Úseky k otopnému tělesu 112-01

úsek	spotřebič	Délka [m]	kolena	ξ_{TAM}	$\xi_{ZPĚT}$	Hm. tok [kg/h]
1	112-01	4	2	17,6	13,3	12,1
3	-	4,7	-	1,5	10,1	40,2
5	-	3,9	4	9,9	9	60,5
7	-	0,5	1	4	4,4	76

Tabulka 5.17: Úseky k otopnému tělesu 106-01

úsek	spotřebič	Délka [m]	kolena	ξ_{TAM}	$\xi_{ZPĚT}$	Hm. tok [kg/h]
2	106-01	0,7	2	6,9	12	28
3	-	4,7	-	1,5	1,6	40,2
5	-	3,9	4	9,9	9	60,5
7	-	0,5	1	4	4,4	76

Tabulka 5.18: Úseky k otopnému tělesu 104-01

úsek	spotřebič	Délka [m]	kolena	ξ_{TAM}	$\xi_{ZPĚT}$	Hm. tok [kg/h]
4	104-01	5,8	4	21,6	17,3	20,3
5	-	3,9	4	9,9	16	60,5
7	-	0,5	1	4	4,4	76

Tabulka 5.19: Úseky k otopnému tělesu 108-01

úsek	spotřebič	Délka [m]	kolena	ξ_{TAM}	$\xi_{ZPĚT}$	Hm. tok [kg/h]
6	108-01	2,4	5	26,6	20	37,9
7	-	0,5	1	4	10	98,4

Tabulka 5.20: Hydraulický výpočet okruhu k tělesu 112-01

číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	Σξ	Z	R*1 + Z	TV	Tepl. Spád	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	2 ot	10	K
okruh přes OT 112-01											100	Pa	
1	141,0	12,1	4,0	13,0	0,03	1,7	6,7	17,6	5,8	12,5			
3	467,0	40,2	4,7	13,0	0,09	12,3	58,0	1,5	5,4	63,4			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	9,9	80,9	177,8			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,8	28,4	4,0	86,6	115,0			
Zpátečka													
1	141,0	12,1	4,0	13,0	0,03	1,7	6,7	13,3	4,4	11,1			
3	467,0	40,2	4,7	13,0	0,09	12,3	58,0	10,1	36,4	94,5			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	9,0	73,5	170,4			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,8	28,4	4,4	95,2	123,6			
										768,1	868,1	Pa	

Tabulka 5.21: Hydraulický výpočet okruhu k tělesu 106-01

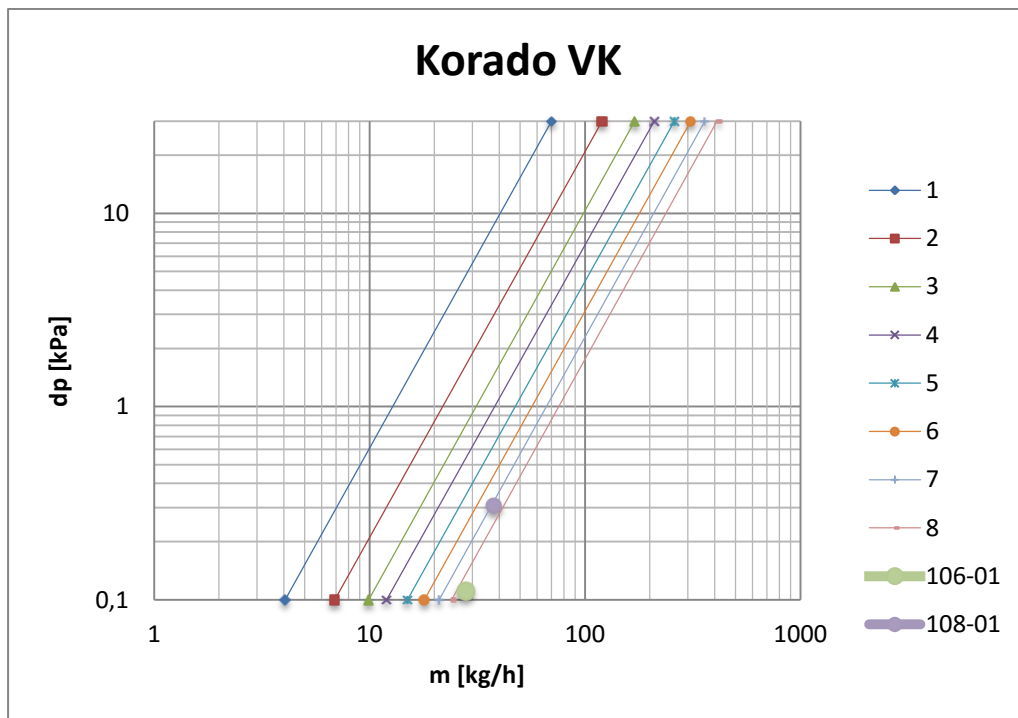
číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	Σξ	Z	R*1 + Z	TV	Tepl. Spád	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	8	10	K
okruh přes OT 106-01											111	Pa	
2	326,0	28,0	0,7	13,0	0,06	6,7	4,7	6,9	12,1	16,8			
3	467,0	40,2	4,7	13,0	0,09	12,3	58,0	1,5	5,4	63,4			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	9,9	80,9	177,8			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	4,0	86,6	115,0			
Zpátečka													
2	326,0	28,0	0,7	13,0	0,06	6,7	4,7	12,0	21,1	25,8			
3	467,0	40,2	4,7	13,0	0,09	12,3	58,0	1,6	5,8	63,8			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	9,0	73,5	170,4			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	4,4	95,2	123,6			
										756,6	868,1	Pa	

Tabulka 5.22: Hydraulický výpočet okruhu k tělesu 104-01

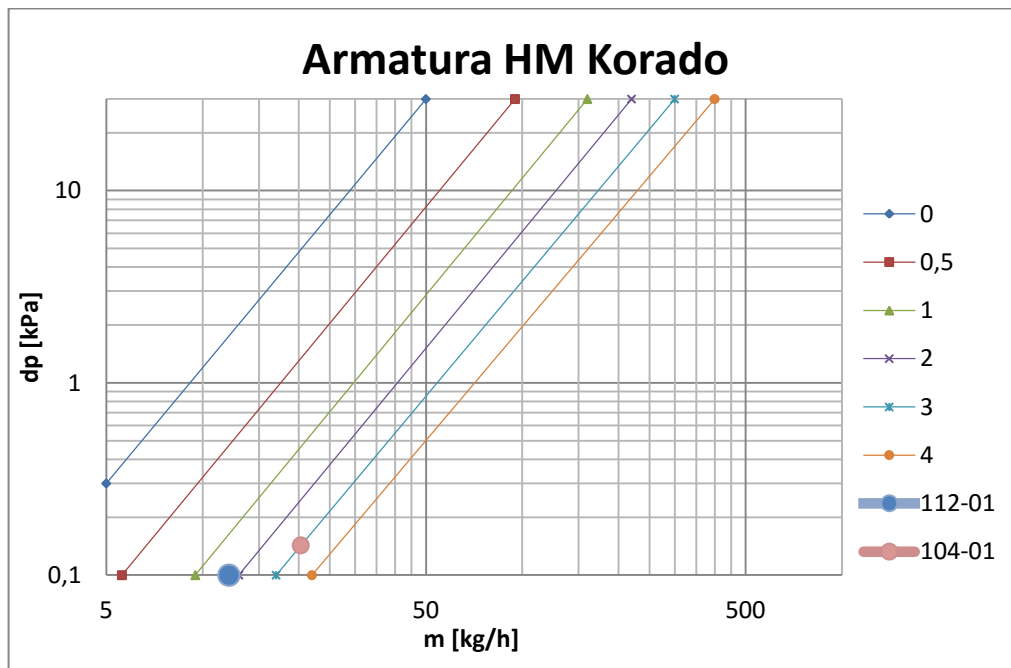
číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	Σξ	Z	R*1 + Z	TV	Tepl. Spád	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	3 ot	10	K
okruh přes OT 104-01											143	Pa	
4	236,0	20,3	5,8	13,0	0,04	3,9	22,7	21,6	19,9	42,6			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	9,9	80,9	177,8			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	4,0	86,6	115,0			
Zpátečka													
4	236,0	20,3	5,8	13,0	0,04	3,9	22,7	17,3	15,9	38,6			
5	703,0	60,5	3,9	13,0	0,13	24,8	96,9	16,0	130,7	227,6			
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	4,4	95,2	123,6			
										725,2	868,1	Pa	

Tabulka 5.23: Hydraulický výpočet okruhu k tělesu 108-01

číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R* <i>l</i>	Σξ	Z	R* <i>l</i> + Z	TV	Tepl. Spád		
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	7	10	K	
okruh přes OT 108-01											307	Pa		
6	441,0	37,9	2,4	13,0	0,08	10,6	25,5	26,6	85,5	111,1				
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	4,0	86,6	115,0				
Zpátečka														
6	441,0	37,9	2,4	13,0	0,08	10,6	25,5	20,0	64,3	89,9				
7	1144,0	98,4	0,5	13,0	0,21	56,9	28,4	10,0	216,4	244,8				
											560,8	868,1	Pa	



Obrázek 21 Graf nastavení termostatických ventilů



Obrázek 22 Graf nastavení regulačních armatur HM

5.3.4 Tlakové ztráty okruhů zdrojů tepla

Jedná se o tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla a interiérového kotle. Délky potrubí jsou brány shodné pro náběh i zpátečku. Místní tlakové ztráty jsou brány také shodné pro náběh a zpátečku.

Okruh tepelného čerpadla:

- Místní tlakové ztráty $\xi = 10$
- Délka potrubí $L = 4 \text{ m}$
- Průměr potrubí $DN25$
- Výkon $Q = 11 \text{ kW}$
- Teplotní spád $\Delta T = 10 \text{ K}$

Tabulka 25: Tlakové ztráty okruhu tepelného čerpadla

číslo úseku	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*1 + Z [Pa]	Teplotní spád [K]
okruh přes tepelné čerpadlo											10
1	11000	946	4	26	0,51	112	446	10	1250	1697	
2	11000	946	4	26	0,51	112	446	10	1250	1697	
										3393	Pa

Okruh interiérového kotle:

- Místní tlakové ztráty $\xi = 16$
- Délka potrubí $L = 10 \text{ m}$
- Průměr potrubí DN25
- Výkon $Q = 10 \text{ kW}$
- Teplotní spád $\Delta T = 20 \text{ K}$

číslo úseku	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R·l [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R·l + Z [Pa]	Teplotní spád [K]
okruh přes interiérový kotel											15
1	10000	573	10	25	0,33	56	559	16	860	1418	
2	10000	573	10	25	0,33	56	559	16	860	1418	
										2837	Pa

5.4 Návrh zabezpečovacího zařízení

Zabezpečovací zařízení teplovodních tepelných soustav je složeno z expanzního zařízení, pojistného zařízení a ochrany proti překročení nejvyšší dovolené teploty.

5.4.1 Návrh expanzního zařízení

Expanzní tlakové nádoby můžeme rozdělit podle zdroje přetlaku [8]:

- hydrostatický tlak (výška vodního sloupce v soustavě s otevřenou nádobou),
- čerpadlo s přepouštěcí armaturou,
- přepouštění z vyšší tlakové hladiny na nižší,
- přetlak plynového polštáře, který působí na vodní hladinu, nebo který působí přes membránu.

Před expanzní nádobu s membránou se na expanzní potrubí osazuje uzávěr, tlakoměr a vypouštěcí armatura pro kontrolu tlaku plynu v nádobě. Při provozu otopné soustavy musí být uzávěr v plně otevřeném stavu a to musí být před uvedením soustavy do provozu zkontrolováno [8].

Vztah pro výpočet expanzního objemu je [13]

$$V_{exp} = 1,3 \cdot n \cdot V_o \cdot \frac{1}{\frac{p_{hdovA} - p_{ddovA}}{p_{hdovA}}} \quad [1] \quad (5.28)$$

kde

- n součinitel zvětšení objemu kapaliny [-]
- V_o vodní objem soustavy [l]
- p_{ddovA} dolní mezní absolutní tlak soustavy, při kterém je soustava stále zavodněná [Pa]

p_{hdovA} horní mezní absolutní tlak soustavy, který je o 10% nižší než otevírací přetlak pojistného ventilu [Pa]

Parametry soustavy vytápění:

- Vodní objem: $V_o = 1702,3 \text{ l}$
- Otevírací přetlak pojistného ventilu (absolutní): $p_{otA} = 400 \text{ kPa}$
- Horní pracovní přetlak: $p_{hdovA} = 360 \text{ kPa}$
- Dolní pracovní přetlak: $p_{ddovA} = 200 \text{ kPa}$
- Plnicí přetlak expanzní soustavy: $p_{expA} = 220 \text{ kPa}$
- Součinitel zvětšení objemu pro $t_{max}-10 = 60 \text{ °C}$: $n = 0,02243$

Parametry zdroje tepla:

- Vodní objem: $V_o = 70 \text{ l}$
- Otevírací přetlak pojistného ventilu (absolutní): $p_{otA} = 400 \text{ kPa}$
- Horní pracovní přetlak: $p_{hdovA} = 360 \text{ kPa}$
- Dolní pracovní přetlak: $p_{ddovA} = 200 \text{ kPa}$
- Plnicí přetlak expanzní soustavy: $p_{expA} = 220 \text{ kPa}$
- Součinitel zvětšení objemu pro $t_{max}-10 = 70 \text{ °C}$: $n = 0,02863$

Výpočet objemu expanzní nádoby pro systém vytápění

Systém vytápění zahrnuje vodní objem systému s radiátory, podlahového vytápění a akumulací nádrže.

$$V_{exp} = 1,3 \cdot n \cdot V_o \cdot \frac{1}{\frac{p_{hdovA} - p_{ddovA}}{p_{hdovA}}} = 1,3 \cdot 0,02243 \cdot 1702,3 \cdot \frac{1}{\frac{360 - 200}{360}} = 111,7 \text{ l}$$

Expanzní nádoba EN1 bude instalována o objemu 150 l.

Výpočet objemu expanzní nádoby pro systém zdrojů tepla

$$V_{exp} = 1,3 \cdot n \cdot V_o \cdot \frac{1}{\frac{p_{hdovA} - p_{ddovA}}{p_{hdovA}}} = 1,3 \cdot 0,04313 \cdot 30 \cdot \frac{1}{\frac{360 - 200}{360}} = 6 \text{ l}$$

Expanzní nádoba EN2 bude instalována o objemu 8 l.



Obrázek 23 Expanzní nádoba o objemu 150 l [22]

5.4.2 Návrh pojistného zařízení

Pojistné zařízení musí být instalováno v pojistném místě. V pojistném místě musí být umístěn teploměr, tlakoměr, snímač tlaku a teploty. V pojistném místě nesmí být umístěna uzavírací armatura.

5.4.2.1 Ochrana proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku

Jako ochrana před překročením nejvyššího dovoleného přetlaku slouží pojistný ventil. Pojistný ventil musí být navržený tak, aby odvedl požadované množství teplotnosné látky dané výkonem zdroje tepla. Zdroje tepla jsou zařazeny do skupin podle skupenství vody, které by mohlo odcházet z pojistného ventilu. Dimenzování pojistného ventilu se provádí podle skupenství vody, které vystupuje ze zdroje tepla při přerušení odběru tepla. Provozní přetlak soustavy musí být menší než otevírací přetlak pojistného ventilu [8].

Tabulka 32: Skupiny zdrojů tepla [8]:

Zdroj tepla	Varianta	Teplotní interval	Vstup	Výstup
Výměník	1	$\theta < 100$	voda	voda
	2	$\theta \geq 100$	voda	směs
Kotel	-	-	pára	pára

„Do skupiny A patří výměníky tepla, ohříváče vody bez přeměny energie, redukční a směšovací zařízení. Do skupiny B patří kotle a ohříváče vody s přeměnou energie ohříváné plynnými, kapalnými a pevnými palivy nebo elektřinou a solární kolektory [8].“

Pojistné ventily jsou navrženy pro interiérový kotel, tepelné čerpadlo a akumulční nádrž se systémy vytápění.

Průřez sedla pojistného ventilu pro vodu [8]:

$$A_o = \frac{2 \cdot \phi_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} \quad [\text{mm}^2] \quad (5.29)$$

Průřez sedla pojistného ventilu pro páru [8]:

$$A_o = \frac{\phi_p}{\alpha_v \cdot K} \quad [\text{mm}^2] \quad (5.30)$$

kde

- A_o pojistný průřez [mm^2]
- α_v výtokový součinitel pojistného ventilu [-]
- ϕ_p pojistný výkon [kW], pro skupinu výměníky 2 a kotle platí, že

$$\phi_p = 2 * \text{jmenovitý výkon zdroje}$$

K konstanta závislá na stavu syté vodní páry při p_{ot} [kW.mm⁻²]
 p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]

Výpočet pojistného ventilu pro tepelné čerpadlo:

- Jištění zdroje $\phi_p = 11 \text{ kW}$
- Výtokový součinitel pojistného ventilu $\alpha_v = 0,444$
- Konstanta závislá na stavu syté vodní páry při $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$;
 $K = 1,26 \text{ kW.mm}^{-2}$

$$A_o = \frac{\phi_p}{\alpha_v \cdot K} = \frac{11}{0,444 \cdot 1,26} = 20 \text{ mm}^2$$

Navržený pojistný ventil je DN 15/15, $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$, $S_o = 113 \text{ mm}^2$.

Výpočet pojistného ventilu pro interiérový kotel:

- Jištění zdroje $\phi_p = 10 \text{ kW}$
- Výtokový součinitel pojistného ventilu $\alpha_v = 0,444$
- Konstanta závislá na stavu syté vodní páry při $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$;
 $K = 1,26 \text{ kW.mm}^{-2}$

$$A_o = \frac{\phi_p}{\alpha_v \cdot K} = \frac{10}{0,444 \cdot 1,26} = 18 \text{ mm}^2$$

Navržený pojistný ventil je DN 15/15, $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$, $S_o = 113 \text{ mm}^2$.

Výpočet pojistného ventilu pro systém vytápění:

- Jištění zdroje $\phi_p = 21 \text{ kW}$
- Výtokový součinitel pojistného ventilu $\alpha_v = 0,444$
- Otvírací přetlak, $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$, vstup voda, výstup voda

$$A_o = \frac{2 \cdot \phi_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} = \frac{21 \cdot 2}{0,444 \cdot 300^{0,5}} = 6 \text{ mm}^2$$

Navržený pojistný ventil je DN 15/15, $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$, $S_o = 113 \text{ mm}^2$.



Obrázek 24 Pojistný ventil [23]

5.5 Návrh čerpadel a trojcestných ventilů

Všechny systémy pracují s nuceným oběhem vody. Je tedy nutné provést návrh čerpadel a jejich nastavení pro správnou funkci systému. Pro míchání topné vody na požadované teploty budou použity trojcestné ventily se servopohonem elektronicky řízené. Řídící jednotka bude snímat venkovní teplotu a teplotu topné vody. Podle naměřených údajů vyhodnotí nastavení trojcestného ventilu.

Návrh čerpadla se skládá z požadovaného hmotnostního toku a tlakové ztráty systému. Čerpadla budou umístěna tak, aby sála topnou vodu z trojcestného ventilu.

Návrh trojcestného ventilu pro systém podlahového vytápění [9]

Objemový tok vody	1,13 m ³ /h
Návrhová tlaková ztráta ventilu	0,01 MPa
Požadované Kv	3,63 m ³ /h

$$Kv = \frac{\dot{Q}}{100} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (5.31)$$

$$Kv = \frac{\dot{Q}}{100} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} = \frac{1,1315}{100} \cdot \sqrt{\frac{996}{0,01}} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navržený trojcestný směšovací ventil: Kvs = 4 m³/h, s elektrickým pohonem, DN 15

Návrh trojcestného ventilu pro systém s otopnými tělesy [9]

Objemový tok vody	0,0763 m ³ /h
Návrhová tlaková ztráta ventilu	0,01 MPa
Požadované Kv	0,24 m ³ /h

$$Kv = \frac{\dot{Q}}{100} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} = \frac{0,0763}{100} \cdot \sqrt{\frac{988}{0,01}} = 0,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navržený trojcestný směšovací ventil: Kvs = 4 m³/h, s elektrickým pohonem, DN 15.

Návrh trojcestného ventilu pro systém interiérového kotle [9]

Objemový tok vody	2,07 m ³ /h
Návrhová tlaková ztráta ventilu	0,01 MPa
Požadované Kv	6,5 m ³ /h

$$Kv = \frac{\dot{Q}}{100} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} = \frac{2,0763}{100} \cdot \sqrt{\frac{977,8}{0,01}} = 6,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navržený trojcestný směšovací ventil: Kvs = 10 m³/h, s elektrickým pohonem, DN 25.



Obrázek 25 Trojcestný ventil [24]

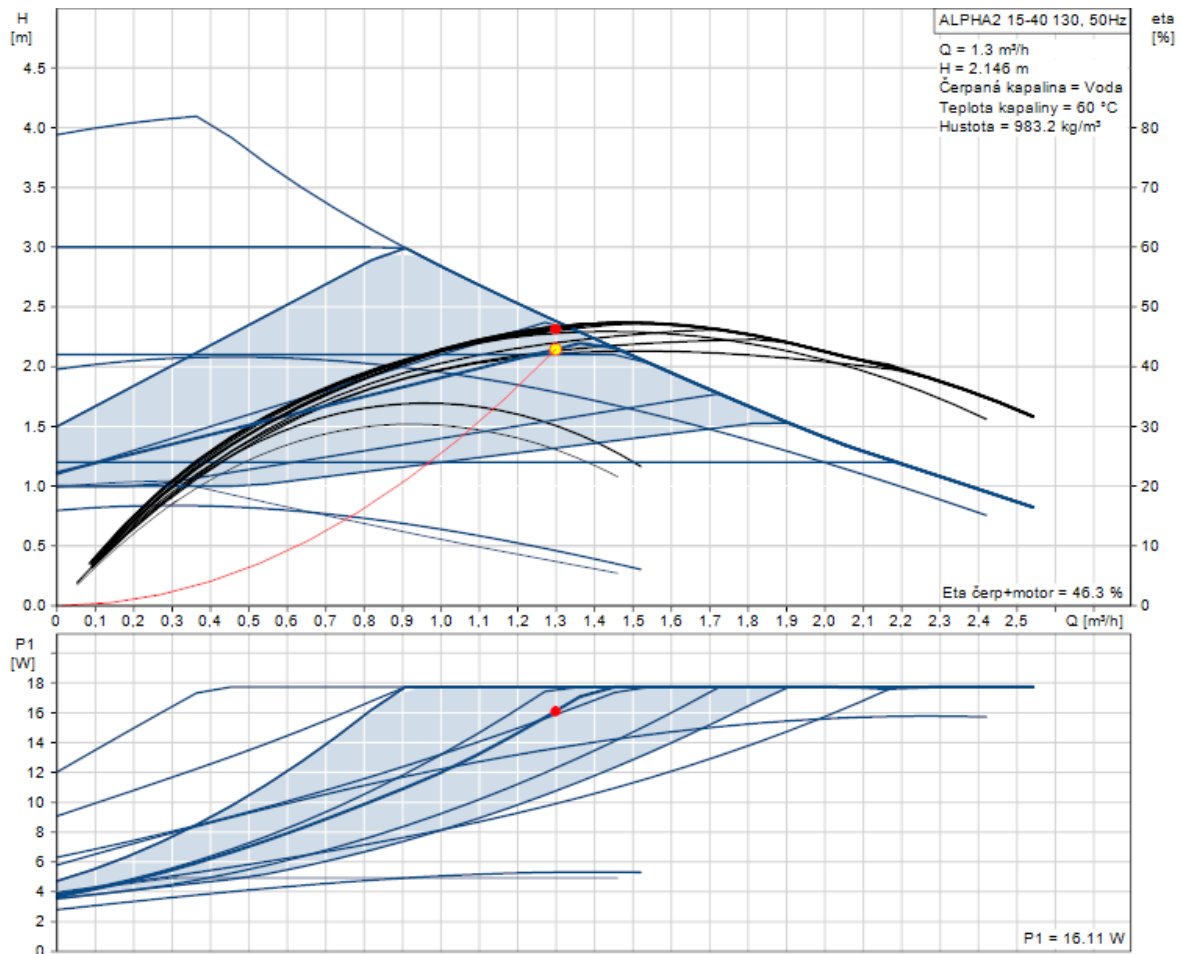
Návrh čerpadla pro systém podlahového vytápění

Hmotnostní průtok vody	1127 kg/h
Střední teplota otopné vody	30 °C
Hustota vody při střední teplotě	996 kg/m ³
Objemový tok vody	1,1315 m ³ /h
Tlaková ztráta systému	10039 Pa
Tlaková ztráta trojcestného ventilu	10000 Pa
Tlaková ztráta armatur	1500 Pa
<i>Celková tlaková ztráta</i>	<i>21539 Pa</i>

Návrhové parametry čerpadla:

- průtok 1,1315 m³/h
- dopravní tlak 21539 Pa

Návrhovým parametrům vyhovuje čerpadlo Grundfos ALPHA2 15-40 130.



Obrázek 26 Pracovní bod oběhového čerpadla
pro systém podlahového vytápění [28]

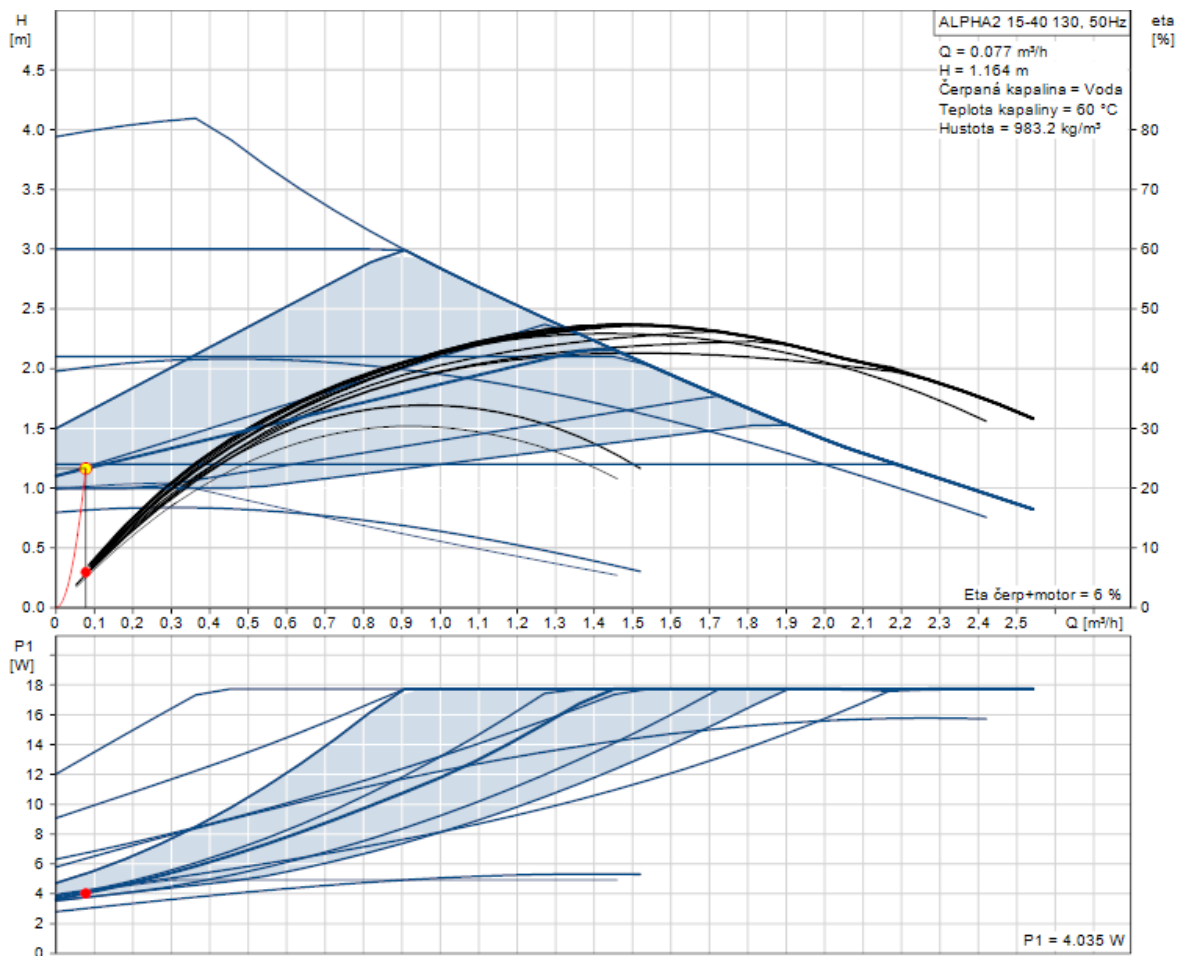
Návrh čerpadla pro systém s otopnými tělesy

Hmotnostní průtok vody	76 kg/h
Střední teplota otopné vody	50 °C
Hustota vody při střední teplotě	988 kg/m ³
Objemový tok vody	0,0763 m ³ /h
Tlaková ztráta systému	1019 Pa
Tlaková ztráta trojcestného ventilu	10000 Pa
Tlaková ztráta armatur	500 Pa
<i>Celková tlaková ztráta</i>	<i>11539 Pa</i>

Návrhové parametry čerpadla:

- průtok 0,0763 m³/h
- dopravní tlak 11539 Pa

Návrhovým parametrům vyhovuje čerpadlo Grundfos ALPHA2 15-40 130.



Obrázek 27 Pracovní bod oběhového čerpadla
pro systém otopných těles [28]

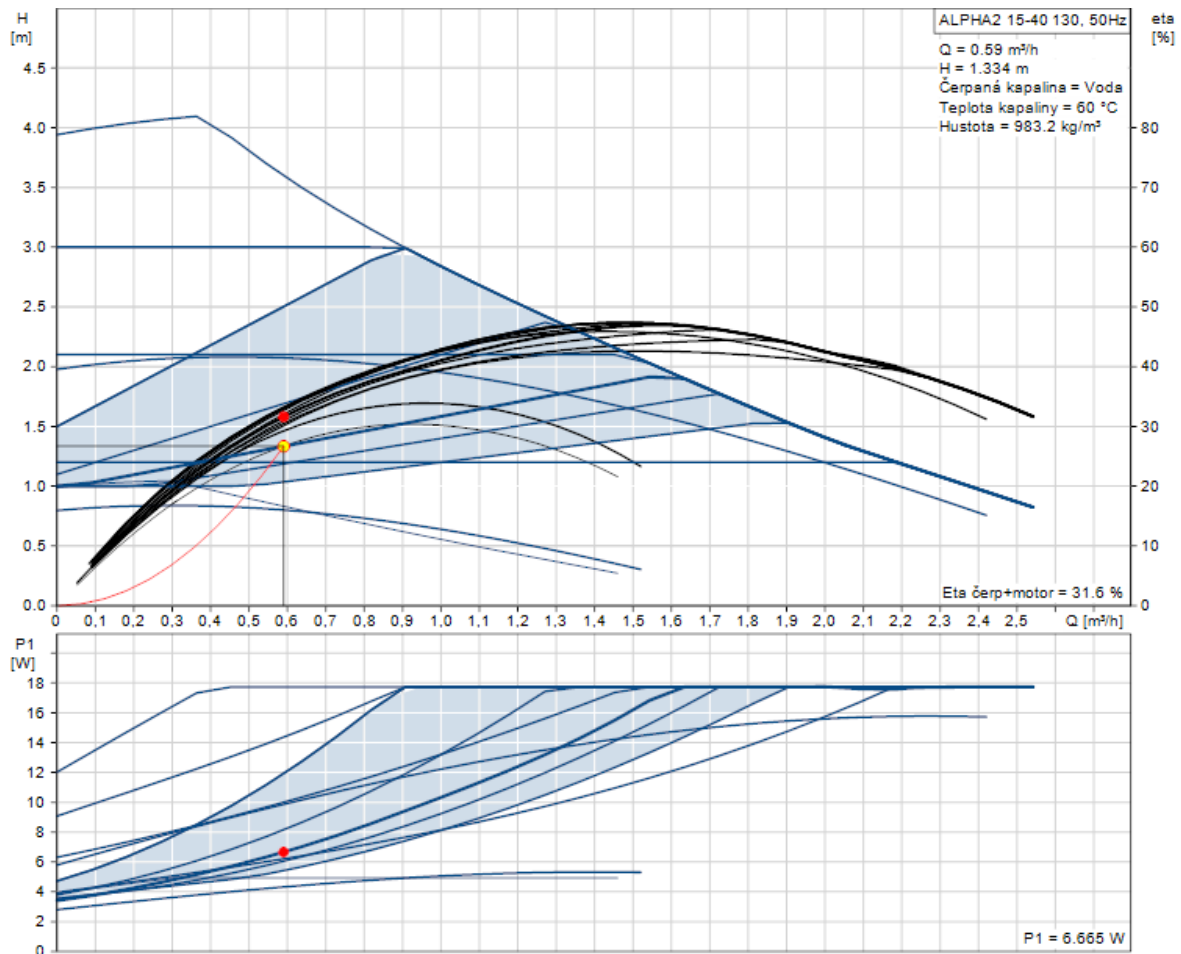
Návrh čerpadla pro okruh interiérového kotle

Hmotnostní průtok vody	573 kg/h
Střední teplota otopné vody	70°C
Hustota vody při střední teplotě	$977,8 \text{ kg/m}^3$
Objemový tok vody	$0,587 \text{ m}^3/\text{h}$
Tlaková ztráta systému	2837 Pa
Tlaková ztráta trojcestného ventilu	10000 Pa
Tlaková ztráta armatur	500 Pa
Celková tlaková ztráta	13337 Pa

Návrhové parametry čerpadla:

- průtok $0,587 \text{ m}^3/\text{h}$
- dopravní tlak 13337 Pa

Návrhovým parametrům vyhovuje čerpadlo Grundfos ALPHA2 15-40 130.



Obrázek 28 Pracovní bod oběhového čerpadla
pro okruh interiérového kotle [28]

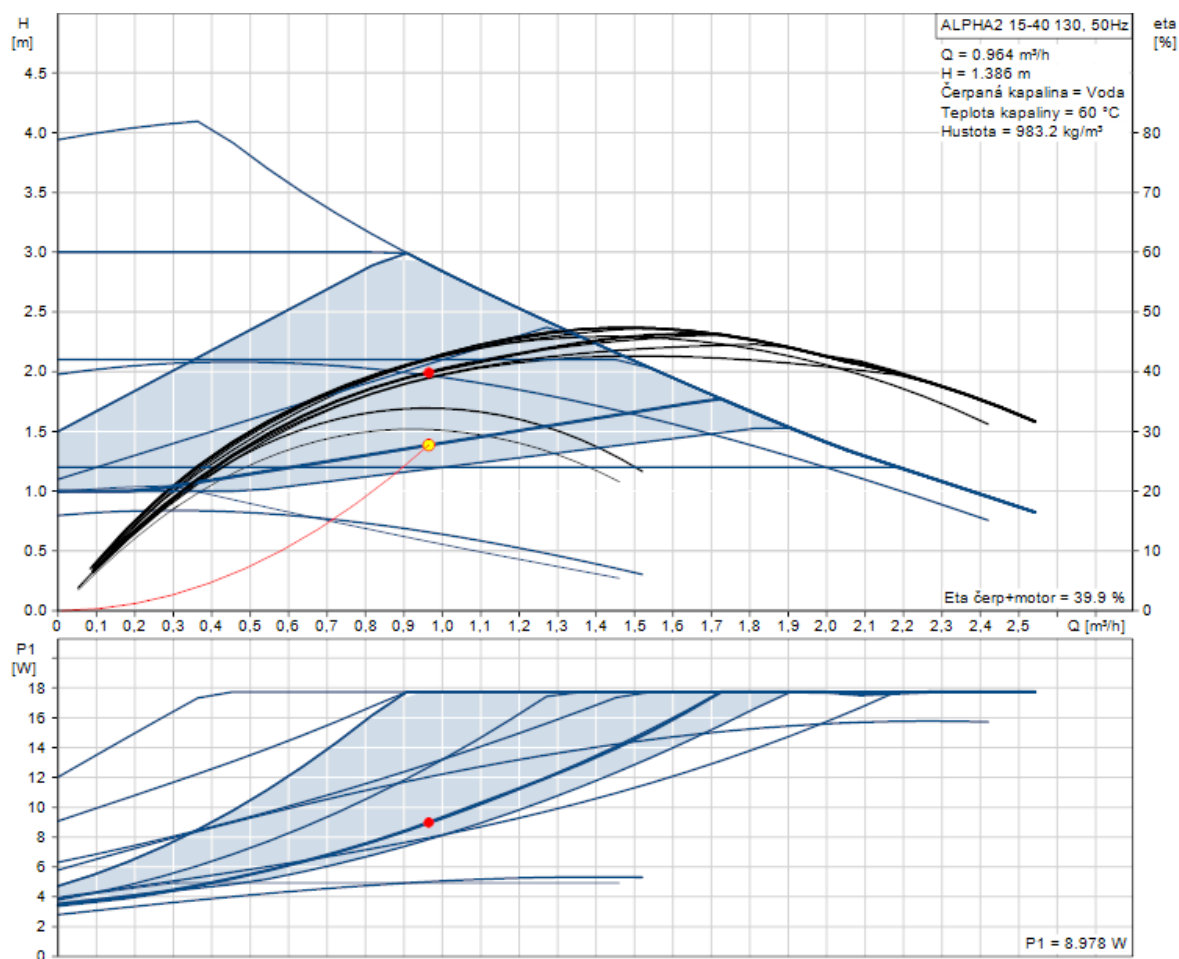
Návrh čerpadla pro okruh tepelného čerpadla

Hmotnostní průtok vody	946 kg/h
Střední teplota otopné vody	50 °C
Hustota vody při střední teplotě	988,1 kg/m ³
Objemový tok vody	0,958 m ³ /h
Tlaková ztráta okruhu	3393 Pa
Tlaková ztráta trojcestného ventilu	10000 Pa
Tlaková ztráta armatur	500 Pa
<i>Celková tlaková ztráta</i>	<i>13893 Pa</i>

Návrhové parametry čerpadla:

- průtok 0,958 m³/h
- dopravní tlak 13893 Pa

Návrhovým parametrům vyhovuje čerpadlo Grundfos ALPHA2 15-40 130.



Obrázek 29 Pracovní bod oběhového čerpadla
pro okruh tepelného čerpadla [28]



Obrázek 30 Oběhové čerpadlo [25]

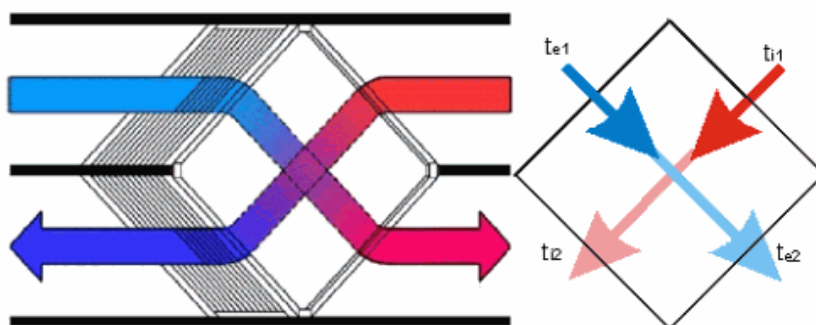
6 Návrh větrání

V této části práce bude rozebráno větrání rodinného domu pomocí větrací jednotky s rekuperací tepla. Výkresová dokumentace je uvedena v příloze C této práce.

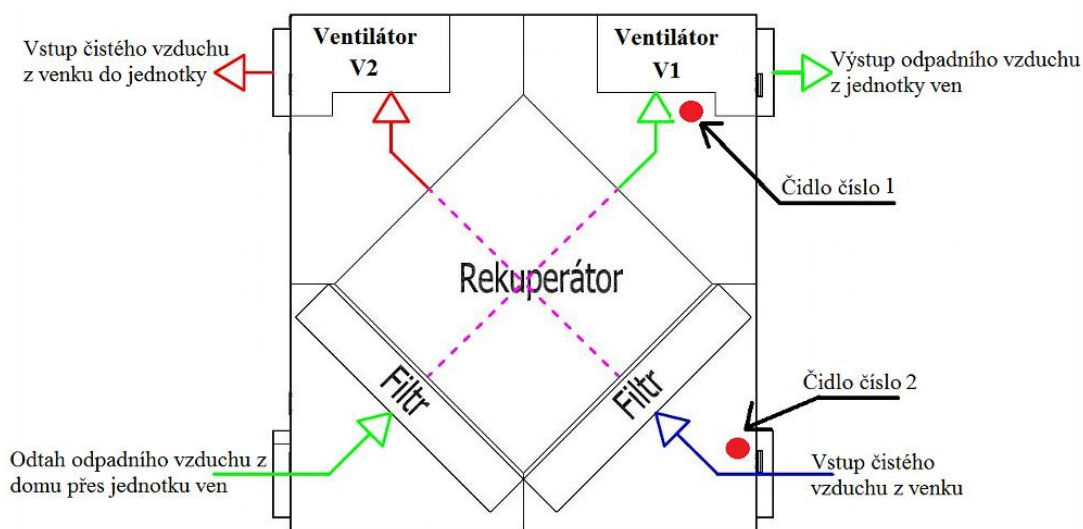
6.1 Rekuperace

Proces zpětného získávání tepla se nazývá rekuperace. Při rekuperaci se čerstvý vzduch přiváděný do budovy předeřívá teplým odpadním vzduchem, který odchází z budovy (místností). Pro zpětné získávání tepla lze použít dva typy výměníků, deskový křížový nebo protiproudý a rotační [6].

„Desky mohou být z různých materiálů (nerez, ocel, hliník, plasty) a bývají slepeny nebo jinak mechanicky spojeny, sletovány nebo svařeny, výjimečně i sešroubovány. Profil desek a šířka průduchů záleží na předpokládaném znečištění vzduchu. Nejčastější je provedení deskových výměníků s kolmým křížením proudů ve tvaru čtverce. Teplotní účinnost deskových výměníků s křížením proudů je 40 až 80 % [6].“



Obrázek 31 Rekuperace tepla v křížovém výměníku [6]



Obrázek 32 Schéma větrací jednotky s rekuperací [6]

6.2 Výměna vzduchu v místnostech

Pro různé místnosti dle typu užívání jsou uváděny různé hodnoty výměny vzduchu v místnosti.

Průtok větracího (přiváděného) venkovního vzduchu lze určit takto [3]:

- z bilance škodlivin ve větraném prostoru,
- z tepelné bilance větraného prostoru,
- z dávek vzduchu na osobu,
- na základě doporučené intenzity výměny vzduchu v místnosti.

Pro místnosti bez zdrojů škodlivin jako jsou obytné místnosti se navrhuje větrací zařízení pomocí doporučených hodnot intenzity výměny venkovního vzduchu. Intenzita výměny venkovního vzduchu n je poměr průtoku venkovního vzduchu přiváděného do místnosti k objemu místnosti [3].

Pro případ tohoto rodinného domu bude průtok větracího vzduchu zvolen podle intenzity výměny vzduchu v místnosti. Doporučené hodnoty intenzity výměny vzduchu jsou uvedeny v normě ČSN EN 12 831.

Pomocí větrací jednotky s rekuperací tepla budou provětrávány místnosti uvedené v tabulce 6.1.

Tabulka 6.1: Požadovaná množství venkovního větracího vzduchu
1. bytové jednotky

Číslo místnosti	Místnost	Objem místnosti [m ³]	n [h ⁻¹]	Přívod vzduchu [m ³ /h]
1.01	Obývací pokoj	45	0,5	25
1.02	Kuchyň	41		20
1.03	Ložnice	38		20
1.04	Koupelna	12	2	24
1.05	Chodba	45	0,5	23
2.01	Pokoj	23		12
2.02	Dětský pokoj	40		20
2.03	Dětský pokoj	41		21
2.04	Chodba	18		
CELKEM		303		165

Pro větrání zbylých místností bude využito přirozené větrání v kombinaci s odsáváním vzduchu z kuchyně pomocí digestoře a koupelně pomocí ventilátoru. Jedná se o místnosti dle tabulky 6.2.

Tabulka 6.2: Požadovaná množství větracího vzduchu 2. bytové jednotky
(tabulka pokračuje na další straně)

Číslo místnosti	Místnost	Objem místnosti [m ³]	n [h ⁻¹]	Průtok vzduchu [m ³ /h]
1.06	Kuchyň	42	1	42
1.07	Ložnice	50	0,5	25
1.08	WC	4,25	0,5	2
1.11	Chodba	6	0,5	3
1.12	Koupelna	6	1,5	3

6.2.1 Proudění vzduchu v místnosti

Pohodu prostředí ve větrané místnosti ovlivňuje nejen teplota přiváděného vzduchu, ale také proudění vzduchu. Proto je potřeba udělat vhodný návrh distribuce vzduchu ve větraném prostoru. Vhodnou distribucí vzduchu se dosáhne požadovaného stavu vzduchu v pracovní a pobytové oblasti [7].

Proudění vzduchu v místnosti může být laminární nebo turbulentní. Turbulentní proudění ve větraných prostorech převažuje [7].

Vyústky jsou prvky vzduchotechnického zařízení, které slouží k přívodu vzduchu do větraných prostorů a také k odvádění odpadního vzduchu [7].

Podle umístění se rozlišují [7]:

- vyústky nástěnné,
- vyústky stropní,
- vyústky podlahové.

6.2.2 Volba vhodných vyústek

Pro návrh vyústek nejsou stanovena univerzální pravidla a to z důvodu, že se jinak navrhuje vyústky pro pobytové prostory osob a průmyslové aplikace. Avšak hlavní zásady provozu vzduchotechnického zařízení mohou být tři [7]:

- zajistit přívod vzduchu do oblasti pobytu osob bez vzniku průvanu,
- zajistit, aby odváděný vzduch obsahoval co nejvíce vznikajících škodlivin,
- zajistit přípustnou hladinu akustického tlaku vznikajícího prouděním vzduchu z vyústky.

Optimální funkce vyústek závisí na okrajových parametrech prostoru. Jsou to [7]:

- tvar prostoru a umístění překážek v prostoru (například nábytek),
- přiváděné množství a teplota vzduchu,
- typ vyústky a její nastavené směru výtoku vzduchu a umístění v prostoru,
- počet vyústek v prostoru a jejich vzdálenost od sebe.

Pro návrh větracího systému budou použity osamocené vyústky. Požadovaným průtokům v jednotlivých příváděcích a odváděcích bodech vyhovují pro regulaci pouze talířové ventily přívodní a odvodní.

Talířové ventily

Nejčastější použití talířových ventilů je pro odvod vzduchu, ale mohou být použity i pro přívod. Používají se pro malé průtoky vzduchu. Ventil má vstupní kužele a nastavitelný středový disk, kterým se reguluje průtok vzduchu. Nejčastější použití je pro odvod vzduchu

z hygienických místností nebo pro distribuci vzduchu při teplovzdušném vytápění RD [7].

Talířové ventily budou navrženy od firmy *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.*. Bude se jednat o přívodní vyústky KI 100 a KI 125 a odvodní vyústky KO 100 a KO 125.



Obrázek 33 Talířové ventily a) odvodní, b) přívodní [7]

6.2.3 Odvod znečištěného vzduchu

Úkolem odváděcí vyústky je odsávat znečištěný vzduch z prostoru s co nejvyšší koncentrací škodlivin. Odvod vzduchu má být zvolený tak, aby nedocházelo ke zkratu s příváděným vzduchem, tzn. aby docházelo k úplnému provětrání prostoru. Zkrat můžeme popsat přívodem chladného vzduchu v létě stropním anemostatem a odvodem vzduchu vyústkou umístěnou ve stropě. Příváděný chladný vzduch zůstane přilnut ke stropu a jeho hlavní proud je odváděn odváděcí vyústkou, aniž by byl prostor provětrán a ochlazen [7].

6.3 Návrh potrubní sítě

Potrubní síť vzduchotechnického zařízení, která má za úkol rozvod a distribuci vzduchu. Je tvořena potrubím a prvky potrubní sítě (klapky, oblouky, koncové prvky, apod.). Potrubní síť je velice důležitá a finančně nákladná část vzduchotechnického zařízení, proto je velice důležité postupovat při návrhu velmi důsledně [3].

Potrubní síť se rozděluje na jednotlivé větve a úseky. Hlavní větev (větev s nejvyšší tlakovou ztrátou) je většinou brána od ventilátoru k nejvzdálenější vyústce. Na hlavní větev jsou připojeny odbočky, které se mohou dále větvit [3].

Při výpočtu potrubní sítě se počítají [3]:

- průřezy v jednotlivých úsecích,
- tlakové ztráty potrubní sítě,

- dopravní tlak ventilátoru.

Na hlavní větev by měly být připojeny odbočky s přibližně stejnými tlakovými ztrátami (stejně délky a průtoky). Průřez hlavní větve se vypočítá z požadovaného průtoku vzduchu hlavní větví po zvolení vhodné rychlosti. Vhodné rychlosti se volí dle účelu zařízení, rozlehlosti sítě, polohy úseku, průtoku vzduchu a hluku zařízení [3].

Doporučené rychlosti proudění vzduchu v potrubí jsou uvedeny v tabulce 6.3. Rychlost proudění vzduchu klesá vždy od ventilátoru ke koncovým prvkům potrubní sítě [3].

Tabulka 6.3: Doporučené rychlosti proudění vzduchu (m/s) [3]
(pokračování na další straně)

Druh zařízení	Větrání a nízkotlaká klimatizace			
	obytné		veřejné	
Doporučená rychlost	střední	Max.	střední	Max.
Hlavní větve				
- stoupačky	3,5-4,5	6	5-6,5	8
- odbočky, rozvody v podlaží	3	5	3-4,5	6,5
- za ventilátorem	5	8,5	7,5	11
Odvod vzduchu	3,5	4,5	4	5,5
Vnější žaluzie	2,5	4	2,5	4,5
Filtry	1	1,5	1,5	2
Ohřívače	2,2	2,5	2,5	3

6.3.1 Dimenzování potrubní sítě

Průtočné průřezy vzduchovodů se určí na základě aerodynamického výpočtu. Síť se rozdělí na větev hlavní a větve vedlejší, které tvoří úseky, v kterých se průtok vzduchu ani rychlost nemění. Poté se vypracuje návrh hlavní větve a zvolí se rychlost proudění a tlakový spád. V každém úseku hlavní větve se vypočítají tlakové ztráty. Při návrhu odboček se vychází z podmínky stejné tlakové ztráty pro odbočku jako v části hlavní větve od poslední vyústky k navrhované odbočce [3].

Tlakové ztráty

Tlakové ztráty potrubní sítě jsou tvořeny délkovými ztrátami (třením) a ztrátami místními odpory [3].

$$\Delta p_z = \Delta p_t + \Delta p_m = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad [\text{Pa}] \quad (6.1)$$

kde

λ	součinitel tření [-], počítá se z Colebrookovy rovnice uvedené v kapitole 5.2.1.1
l	délka potrubí [m]

d	ekvivalentní průměr potrubí [m]
ξ	součinitel místního odporu [-]
ρ	hustota vzduchu [kg/h]
w	střední rychlost vzduchu [m/s]

Součinitel místní tlakové ztráty

Součinitele místní tlakové ztráty pro jednotlivé tvarovky lze najít například v publikaci Větrání a klimatizace, Technický průvodce [29].

Metody dimenzování vzduchovodů jsou [3]:

- metoda stálého tlakového spádu,
- metoda poklesu rychlostí,
- metoda zisku statického tlaku,
- metoda dynamických tlaků nebo metoda statických tlaků.

6.4 Návrh potrubní sítě

Pro návrh potrubní sítě bude použita metoda poklesu rychlostí směrem od ventilátoru. V tabulkách níže jsou uvedeny hodnoty součinitelů místních ztrát pro navrhované vzduchovody.

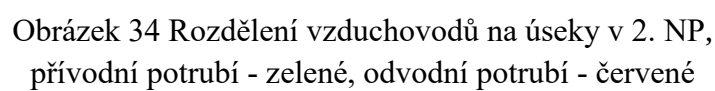
Hlavní rozvod vzduchovodů bude uložen nad stropem 2. nadzemního podlaží (v půdním prostoru). Vzduchovody vedené do 1. nadzemního podlaží budou uloženy do sádkartonových či zděných šachet k tomu určených. Rozvod vzduchovodů v 1. nadzemním podlaží bude instalován pod stropem a bude zakryt sádkartonovým podhledem. Vyústky budou instalovány do spodní strany podhledů. Vzduchovody budou izolovány izolačními trubicemi. Umístění vzduchovodů je specifikováno ve výkresové dokumentaci.

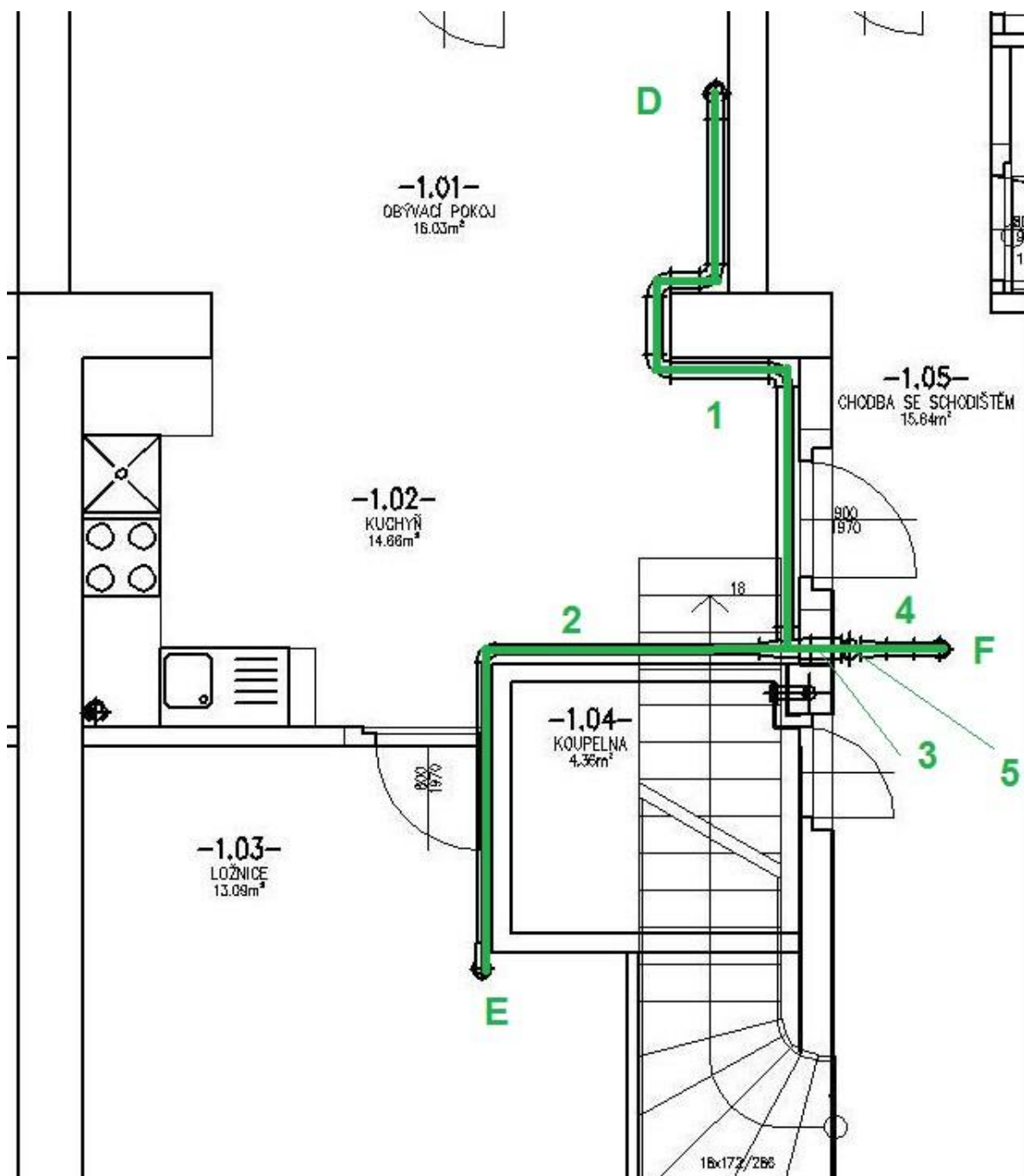
Z důvodu znečištění vzduchu v kuchyni mastnotami bude nad sporák instalována digestoř s funkcí cirkulace vzduchu. Digestoř bude opatřena tukovými a pachovými filtry. Je nutné, aby byla při vaření digestoř v provozu.

Tabulka 6.4: Součinitele ztrát místními odpory pro přívod vzduchu [3]
(tabulka pokračuje na další straně)

úsek	Typ tvarovky	Počet kusů	$\Sigma \xi$
1	Koleno 90°	5	1,3
	T-kus boční směr	1	2,5
2	T-kus přímý směr	1	0,5
	Koleno 90°	2	0,52
	Redukce 120 °	1	0,11
3	T-kus rozdělení	1	1,4

4	T-kus rozdělení	1	1,4
	Koleno 90°	1	0,26
5	T-kus boční směr	1	2,5
6	Koleno 90°	2	0,52
	T-kus přímý směr	1	0,5
7	T-kus boční směr	1	3,5
	Koleno 90°	1	0,26
8	T-kus přímý směr	1	0,5
	Redukce 120°	1	0,17
9	T-kus přímý směr	1	0,01
10	T-kus boční směr	1	12
	Koleno 90°	1	0,26
11	Vtok	1	0,5
	Koleno 90°	2	0,52





Obrázek 35 Úseky vzduchotechnického potrubí v 1. NP

Tabulka 6.5: Místní ztráty pro odvod vzduchu [3]

úsek	Typ tvarovky	Počet kusů	$\Sigma \xi$
1	Redukce 120°	1	0,11
	Koleno 90°	1	0,26
2	Koleno 90°	1	0,26
	Redukce 120°	2	0,22
3	Koleno 90°	2	0,52
	T-kus přímý směr	1	0,2
	T-kus boční směr	1	1,3
4	Koleno 90°	1	0,26
	Redukce 120°	1	0,11
5	Koleno 90°	1	0,26
	T-kus boční směr vpravo	1	0,5
	T-kus boční směr vlevo	1	1,3
	Vtok	1	0,5

6.4.1 Vzorový výpočet

Ukázkový výpočet bude proveden pro úsek 11 přívodního potrubí. Výpočet vychází z požadovaného průtoku vzduchu v úseku 11. Úsek 11 je přívodní potrubí od větrací jednotky.

Postup výpočtu:

1. Určení objemového toku vzduchu - $\dot{V} = 165 \text{ m}^3/\text{h}$
2. Volba střední rychlosti vzduchu v potrubí - $w = 3 \text{ m/s}$
3. Výpočet průměru potrubí - $d_{pot} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w \cdot 3600}} \cdot 1000 = \sqrt{\frac{4 \cdot 165}{\pi \cdot 3 \cdot 3600}} \cdot 1000 = 139 \text{ mm}$
4. Volba průměru potrubí - potrubí je vybráno z rozměrové řady ocelového hladkého potrubí DN 160 - $d_{skut} = 160 \text{ mm}$
5. Výpočet skutečné rychlosti v potrubí - $w_{skut} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{3600 \cdot \pi \cdot d_{skut}^2} = \frac{4 \cdot 165}{3600 \cdot \pi \cdot 0,16^2} = 2,28 \text{ m/s}$
6. Výpočet tlakových ztrát potrubí v úseku 11

Výpočet tlakových ztrát

Výpočet tlakových ztrát v potrubí se počítá dle rovnice 6.1. Součinitelé místních ztrát jsou uvedeny v Tabulce 6.4 a 6.5.

$$\Delta p_z = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = \left(\frac{0,417 \cdot 1,5}{0,16} + 0,5 + 0,52 \right) \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 2,28^2 = 31,6 \text{ Pa}$$

Součinitel ztráty třením vypočítáme z rovnice 5.16. V Tabulce 6.6 je vypočítaná hodnota λ .

Tabulka 6.6: Součinitel ztráty třením

λ_0	λ	d	re	k
[-]	[-]	[m]	[-]	[mm]
0,417	0,417	0,16	2,45E+04	0,1

6.4.2 Tlakové ztráty a zaregulování větracího systému

Tlakové ztráty jednotlivých úseků jsou uvedeny v tabulce níže (Tabulka 6.7). Zaregulování jednotlivých vyústek s označením typu vyústky je v tabulce 6.8. Potrubí je navrženo z hladkých trubek od společnosti ATREA s.r.o., označení GP značí ohebnou hadici Green Pipe.

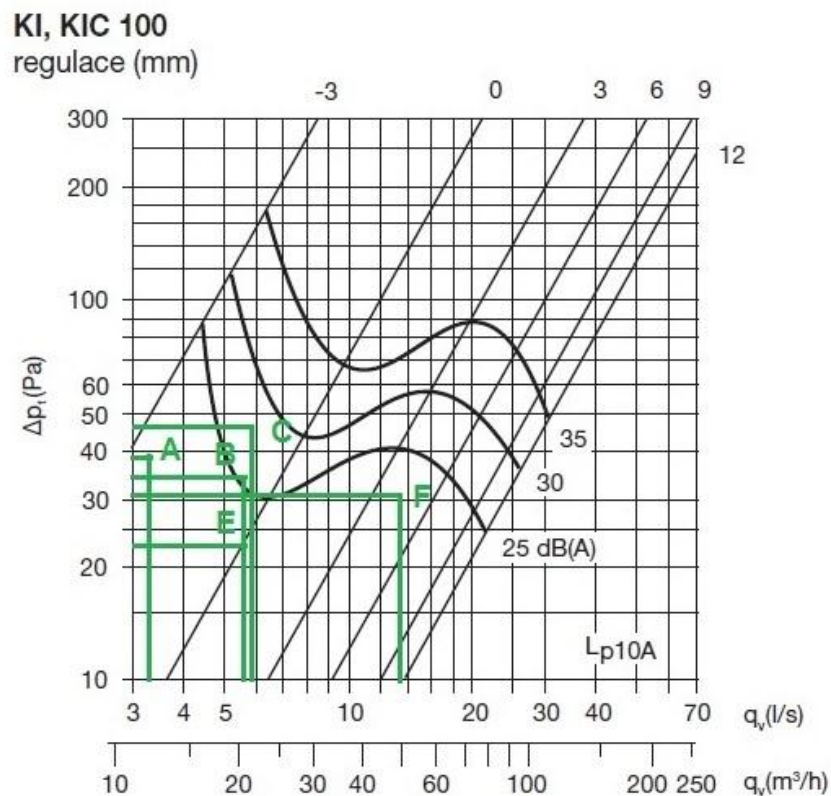
Tabulka 6.7: Tlakové ztráty úseků přívodního potrubí

úsek	průtok	$D_{\text{potrubí}}$	rychlost	$\Sigma \xi$	Re	k	λ	délka	Δp_z
	m ³ /h	mm	m/s	-	-	mm	-	m	Pa
1	45	125	1,02	3,8	8548	0,1	0,563	6	19,2
2	20	75	1,26	1,19	6332	0,004	0,077	5	6
3	65	125	1,47	1,4	12347	0,1	0,562	0,5	4,7
4	48	125	1,09	1,66	9118	0,1	0,562	0,8	3,7
5	113	160	1,56	2,5	16770	0,1	0,417	3,5	15,9
6	11	75 GP	0,69	1,02	3483	0,004	0,08	1,5	0,7
7	20	75 GP	1,26	3,76	6332	0,004	0,077	2	5,5
8	31	75 GP	1,95	0,67	9815	0,004	0,076	3,7	10,0
9	144	160	1,99	0,01	21370	0,1	0,417	2	12,4
10	21	75 GP	1,32	12,26	6679	0,004	0,077	1,4	14,3
11	165	160	2,28	1,02	24487	0,1	0,417	3,5	31,6

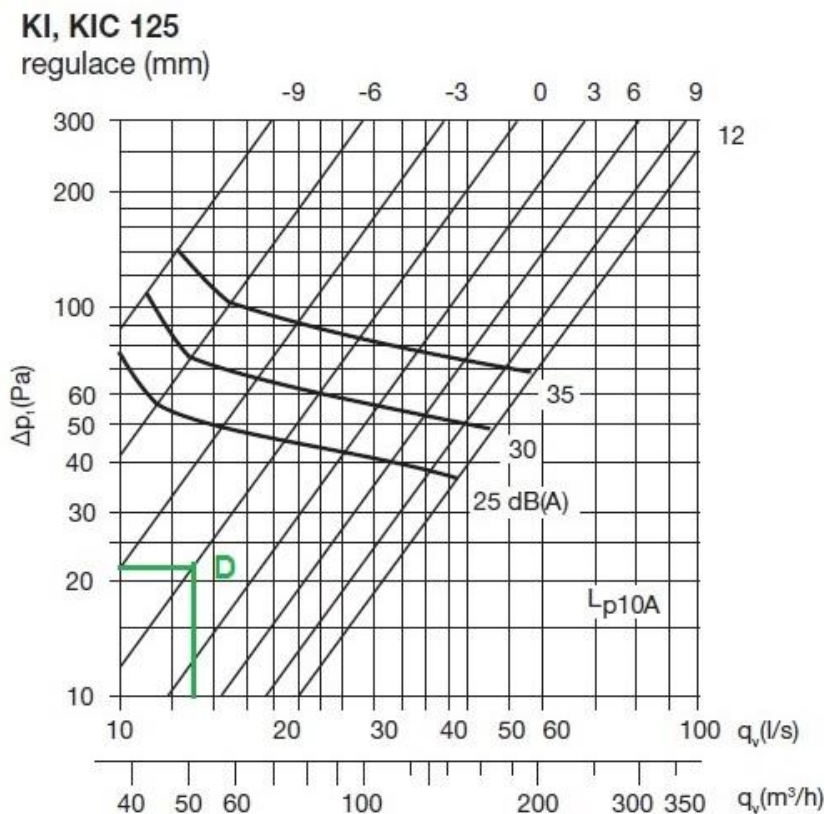
Úseky k vyústce D jsou hlavní větev. Ostatní odbočky k vyústkám jsou regulovány tak, aby jejich tlaková ztráta odpovídala tlakové ztrátě od odbočky k vyústce D. Červeným písmem je označena hlavní větev.

Tabulka 6.8: Zaregulování přívodních talířových ventilů

Vyústka	Úseky od vyústky	Δp_z	průtok	Ztráta ventilu	Δp_c	regulace	Typ vyústky
		Pa	l/s	Pa	Pa	mm	
A	6 - 8 - 9 - 11	54,8	3,3	39	93,8	-3	KI 100
B	7 - 8 - 9 - 11	59,6	5,6	34,2		-0,5	KI 100
C	10 - 11	45,9	5,8	47,9		-1	KI 100
D	1 - 3 - 5 - 9 - 11	83,8	12,5	10		3	KI 125
E	2 - 3 - 5 - 9 - 11	70,6	5,6	23,2		0	KI 100
F	4 - 5 - 9 - 11	63,6	13,3	30,2		4	KI 100



Obrázek 36 Zaregulování přívodních talířových ventilů KI100



Obrázek 37 Zaregulování přívodního talířového ventilu KI125

Stejným způsobem se počítají tlakové ztráty odvodního potrubí. Koncové prvky jsou talířové ventily odvodní (KO). V Tabulce 6.9, 6.10 a 6.11 jsou uvedeny tlakové ztráty odvodního potrubí.

Tabulka 6.9: Tlakové ztráty potrubí od vyústky A'

úsek	průměr	průtok	rychlost	délka	$\Sigma \xi$	Re	k	λ	Δp_z
	mm	m³/h	m/s	m	-	-	mm	-	Pa
1	125	65	1,47	9	0,37	12357	0,1	0,562	53
3	160	113	1,56	5	0,72	16770	0,1	0,417	20,1
5	160	165	2,28	1,5	2,06	24487	0,1	0,417	18,6
Celkem									91,8

Tabulka 6.10: Tlakové ztráty potrubí od vyústky B'

úsek	průměr	průtok	rychlost	délka	$\Sigma\xi$	Re	k	λ	Δp_z
	mm	m ³ /h	m/s	m	-	-	mm	-	Pa
2	125	18	1,09	4	0,48	9118	0,1	0,562	13,1
3	160	113	1,56	5	1,82	16770	0,1	0,417	21,7
5	160	165	2,28	1,5	2,06	24487	0,1	0,417	18,6
								Celkem	53,4

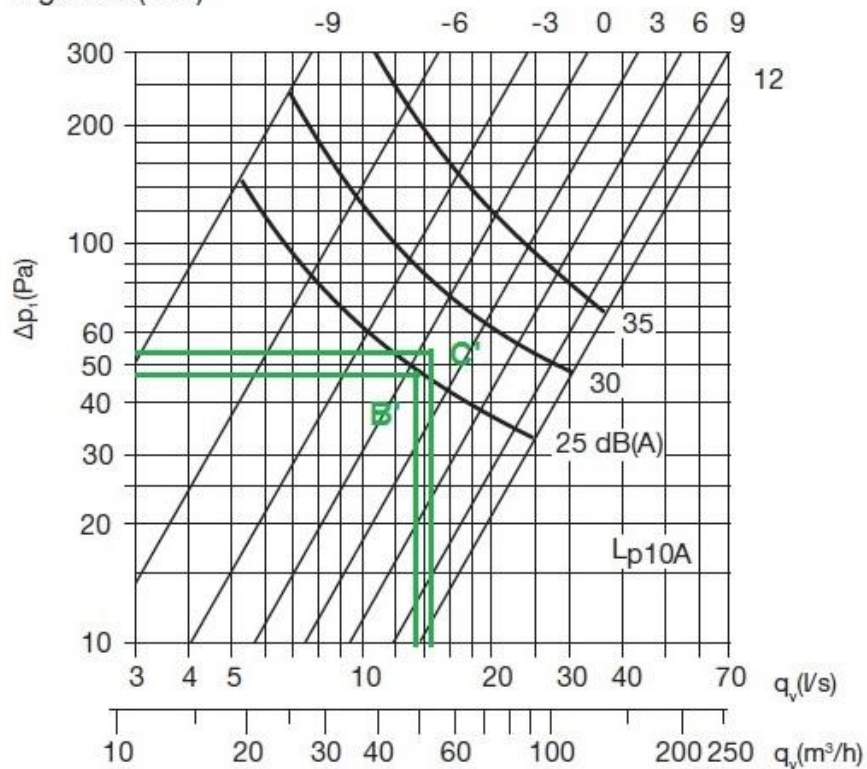
Tabulka 6.11: Tlakové ztráty potrubí od vyústky C'

úsek	průměr	průtok	rychlost	délka	$\Sigma\xi$	Re	k	λ	Δp_z
	mm	m ³ /h	m/s	m	-	-	mm	-	Pa
4	100	52	1,84	2	0,37	12347	0,1	0,769	32
5	160	165	2,24	1,5	1,26	21964	0,1	0,417	16,1
								Celkem	48,1

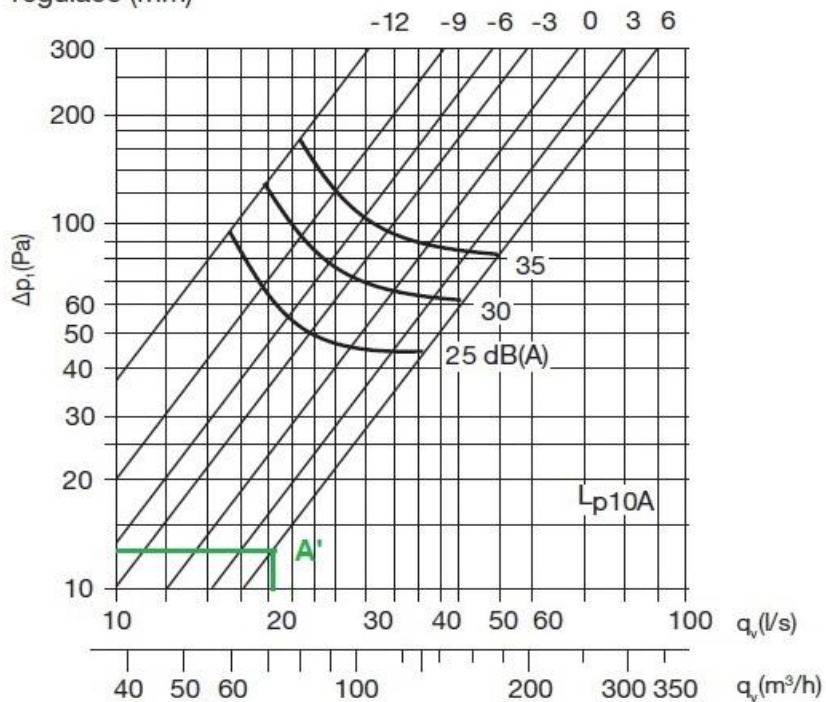
Odvodní potrubí bude regulováno nastavením vyústek. Regulace odvodních talířových ventilů je v Tabulce 6.12. Výpočet regulace (nastavení KO) se provádí stejným způsobem jako u přívodního potrubí. Červeným písmem je označena hlavní větev.

Tabulka 6.12: Regulace talířových ventilů odvodních (KO)

vyústka	průtok	Δp_z	Ztráta ventilu	Δp_c	regulace	Typ
	l/s	Pa	Pa	Pa	mm	-
A'	18,1	91,8	10,0	101,8	12	KO 125
B'	13,3	53,4	48,3		0,5	KO 100
C'	14,4	48,1	53,7		0,5	KO 100

KO, KOC 100
regulace (mm)

Obrázek 38 Zaregulování odvodních talířových ventilů KO100

KO, KOC 125
regulace (mm)

Obrázek 39 Zaregulování odvodního talířového ventilu KO125

6.5 Návrh vzduchotechnické jednotky

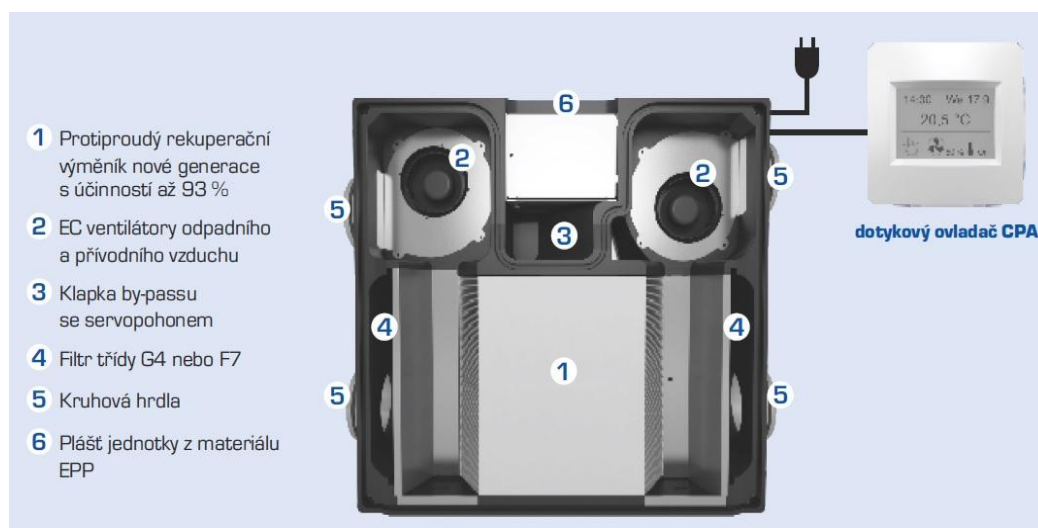
Návrh vzduchotechnické jednotky vychází z požadovaného průtoku vzduchu a tlakové ztráty potrubní sítě. Vzduchotechnická jednotka bude osazena rekuperačním deskovým výměníkem. Tato jednotka musí mít možnost zavěšení pod strop.

6.5.1 Vzduchotechnická jednotka

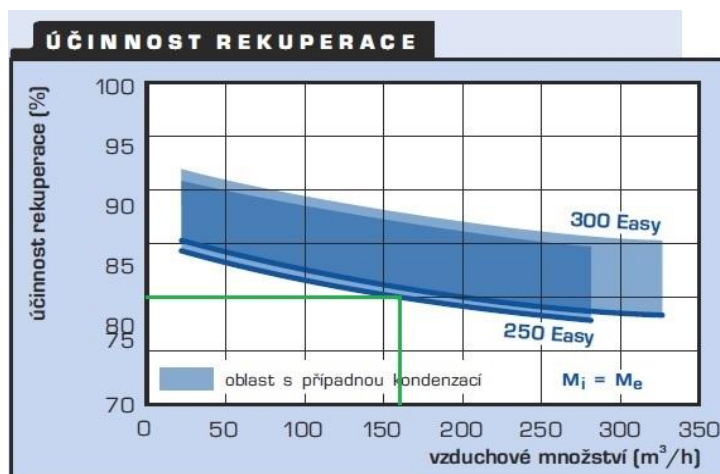
Požadavkům pro návrh větrání v tomto domě vyhovuje větrací jednotka Duplex Easy 250, od firmy Atrea s.r.o. Tato jednotka je určená pro rodinné domy. Větrání je řízeno dotykovým ovladačem pro snadné ovládání. Jednotka je opatřena vývodem pro odvod kondenzátu

z rekuperačního výměníku. Pro připojení potrubí jsou na jednotce hrdla o průměru 160 mm. Jednotka je zobrazena na obrázku 40. Účinnost protiproudého vířivého rekuperátoru dosahuje až 93 %. Při průtoku 165 m³/h dosahuje minimální účinnosti 79-80 %, což je možné vidět na obrázku 41. Na obrázku 42 je zobrazena podstropní konfigurace jednotky [18].

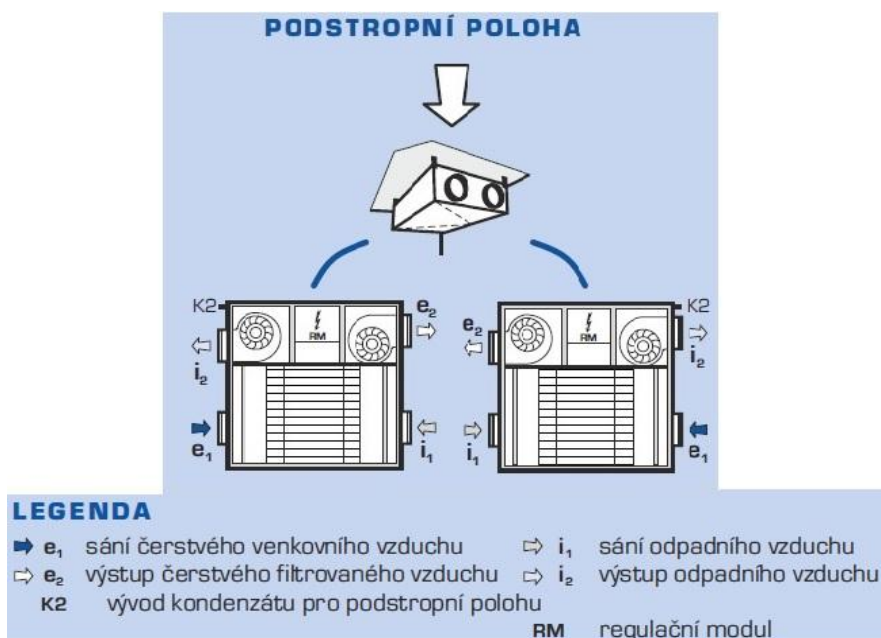
Pro odvod kondenzátu bude pod jednotku umístěna beztlaká plastová nádoba o objemu 50 l s čerpadlem. Při dosažení horní hladiny se čerpadlo spustí a přečerpá kondenzát do svodu dešťové vody. Čerpadlo bude se svodem dešťové vody spojeno zahradní hadicí příslušného rozměru. Prostup hadice obvodovou zdí bude realizován skrz ochrannou trubku. Utěsnění ochranné trubky bude provedeno pryžovými manžetami.



Obrázek 40 Vzduchotechnická jednotka Duplex Easy 250 [18]



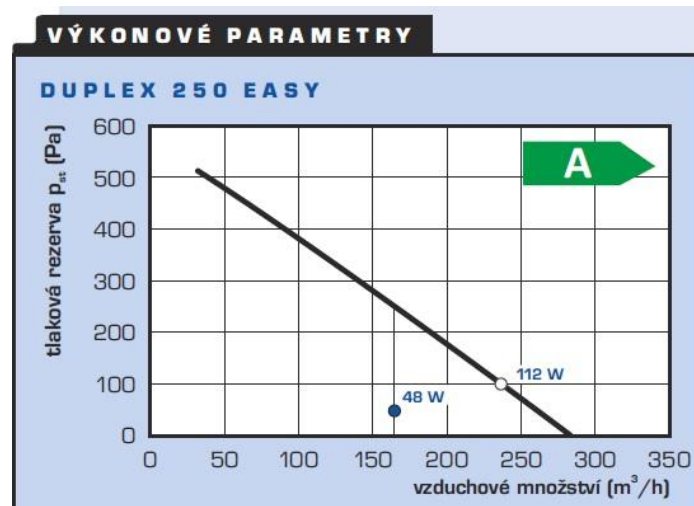
Obrázek 41 Účinnost rekuperace [18]



Obrázek 42 Podstropní umístění jednotky [18]

Jednotka Duplex 250 Easy je vybavená dvěma úspornými EC ventilátory. [18]

Ventilátory s EC motory se využívají kvůli vysoké energetické spornosti a velmi jednoduché regulaci. EC motory jsou elektronicky komutované synchronní motory, které pracují bez skluzu a nevytváří ztrátový výkon. Jejich výhodou je schopnost pracovat ve velkém rozsahu průtoku vzduchu. Regulace EC ventilátorů je možná téměř od 0 % do 100 % výkonu. Nespornou výhodou těchto ventilátorů je jejich nízká hlučnost a dlouhá životnost, kterou umožňuje nízká teplota ve vinutí motorů. Díky řídicí jednotce umístěné v plášti motoru dochází velmi snadno ke změně otáček a tím k regulaci požadovaného průtoku vzduchu [19].



Obrázek 43 Výkonová charakteristika ventilátorů [18]

Z obrázku 43 je vidět, že při požadovaném průtoku $165 \text{ m}^3/\text{h}$ poskytuje ventilátor maximální dopravní tlak přibližně 240 Pa . Tlakové ztráty rozvodu potrubí jsou $101,8 \text{ Pa}$ na odvodním potrubí a $93,8 \text{ Pa}$ na přívodním potrubí. Tlaková rezerva na přívod vzduchu z venkovního prostředí a odvod do venkovního prostředí, předeříváče vzduchu a případný filtr vzduchu před předeříváčem je přibližně 140 Pa .

Pro předeřív vzduchu k zabránění zamrzání rekuperátoru bude před vzduchotechnickou jednotkou osazen ohříváč vzduchu EPO-PTC 160/0,7 kW. Ohříváč je zobrazen na obrázku 44. Zapojení ohříváče k jednotce je na obrázku 45. Funkce ohříváče vzduchu je možné regulovat pomocí ovladače CPA.

Z kalorimetrické rovnice [21] můžeme vyjádřit teplotu t_2 za ohříváčem vzduchu.

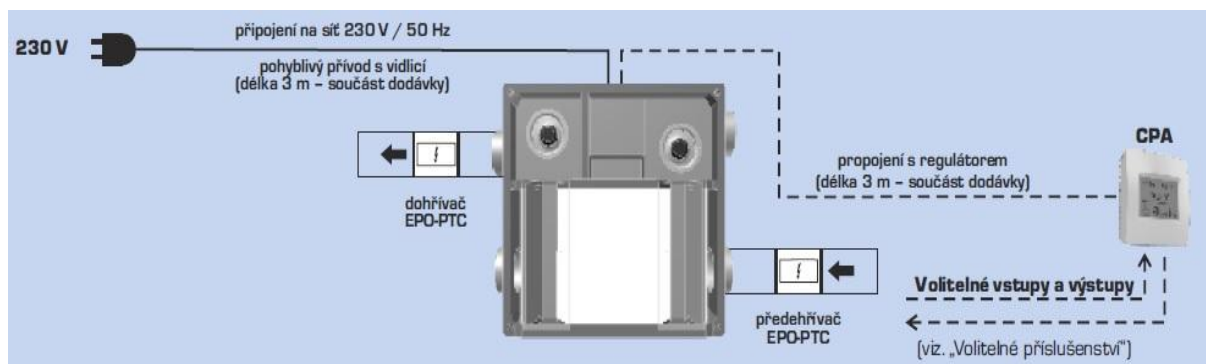
$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1) \quad [\text{W}] \quad (6.2)$$

Teplota za ohříváčem vzduchu je

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{\dot{V} \cdot \rho \cdot c_p} = -12 + \frac{700 \cdot 3600}{165 \cdot 1,2 \cdot 1010} = -0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Obrázek 44 Ohříváč vzduchu EPO-PTC 160/0,7 kW



Obrázek 45 Zapojení ohřívače k jednotce

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout vytápění a větrání rekonstruovaného dvoupodlažního rodinného domu, který se nachází v Přelouči. Jedná se o řadový dům jednopodlažní před rekonstrukcí a dvoupodlažní po rekonstrukci.

Pro návrh vytápění bylo nutné vypočítat tepelné ztráty objektu. Pro srovnání byl proveden výpočet potřebného tepelného výkonu pro vytápění pro tři případy. První případ byl dům bez zateplení, pro který vyšel tepelný výkon 13396 W. Druhý případ byl dům se zateplením obvodové zdi tloušťky 500 mm polystyrénem o tloušťce 100 mm a zateplením zdi mezi garáží ložnicí (místnost 1.07) polystyrénem tloušťky 80 mm. Pro druhý případ vyšel požadovaný tepelný výkon 10960 W. Toto opatření uspořilo 2436 W požadovaného návrhového tepelného výkonu na vytápění. Třetí případ byl počítán při zateplení a s větrací jednotkou s rekuperací tepla. Pro tento případ vyšel tepelný výkon pro vytápění na 7673 W. Touto variantou se uspořilo 5723 W požadovaného tepelného výkonu oproti výchozímu stavu bez zateplení.

Pro vytápění místností bylo navrženo podlahové vytápění s teplotním spádem 34/26 °C a střední teplotou otopné vody 30 °C. V místnostech, kde podlahové vytápění nedosahovalo požadovanému tepelnému výkonu, byla navržena otopná tělesa. V obytných místnostech a na WC se jednalo o desková otopná tělesa a v koupelnách o trubková otopná tělesa. Protože byl v domě navržen otopný systém s tělesy a systém s podlahovým vytápěním, byla pro jejich spojení navržena akumulární nádrž o objemu 1500 l. Systém s otopnými tělesy pracuje s teplotním spádem 55/45 °C. Akumulační nádrž bude nahřívána minimálně na 55 °C. Pro systémy vytápění byly navrženy trojcestné ventily a oběhová čerpadla k zajištění správné funkce systémů.

Zdroje tepla byly navrženy dva. Primární zdroj tepla pro systém vytápění bude tepelné čerpadlo o výkonu 8 kW s vestavěným elektrokotlem o výkonu 3 kW. Sekundární zdroj bude interiérový kotel o teplovzdušném výkonu 3 kW a výkonu do vody 10 kW.

Jako zabezpečovací prvky byly navrženy expanzní nádoby a pojistné ventily dle příslušných norem. Byly navrženy dvě expanzní nádoby. Jedna expanzní nádoba je společná pro systémy vytápění a akumulární nádrž a má objem 150 l. Druhá expanzní nádoba je navržena pro systémy zdrojů tepla a má objem 8 l. Pojistné ventily byly navrženy tři. Jeden pro tepelné čerpadlo, jeden pro interiérový kotel a jeden pro systémy vytápění a akumulární nádrž. Pro tepelné čerpadlo, interiérový kotel i systémy vytápění byly navrženy pojistné ventily DN 15/15, $p_{ot} = 300 \text{ kPa}$, $S_o = 113 \text{ mm}^2$.

Systém nuceného větrání byl řešen pro první bytovou jednotku. Vzduch je přiváděn v 1. nadzemním podlaží do obývacího pokoje, ložnice a na chodbu a je odváděn v koupelně a kuchyni. V 2. nadzemním podlaží je vzduch přiváděn do pokojů a je přes chodbu odváděn v herně (na půdě). Pro přívod vzduchu byly navrženy přívodní talířové ventily a pro odvod vzduchu byly navrženy odvodní talířové ventily. Vzduchovody byly navrženy z hladkých trubek a flexibilního potrubí (green pipe). Pro řízené větrání byla navržena větrací jednotka se zpětným získáváním tepla. Ochrana proti zamrznutí rekuperátoru byla řešena přehřevem venkovního vzduchu ohříváčem o výkonu 0,7 kW.

8 Seznam obrázků

Obrázek	Název	strana
Obrázek 1	Město Přelouč	12
Obrázek 2	Umístění budovy v ulici	14
Obrázek 3	Dispozice místnosti 1.03 (ložnice)	20
Obrázek 4	Výkonová charakteristika tepelného čerpadla	30
Obrázek 5	Interiérový kotel	31
Obrázek 6	Pokládka podlahového vytápění	32
Obrázek 7	Skladba podlahového vytápění	32
Obrázek 8	Instalace rozdělovače podlahového vytápění	33
Obrázek 9	Zapojení úseků potrubí k rozdělovačům	41
Obrázek 10	Graf nastavení regulačního šroubení před rozdělovači	44
Obrázek 11	Trubkové otopné těleso KLMM	45
Obrázek 12	Technické údaje trubkového otopného tělesa KLMM	45
Obrázek 13	Tepelný výkon a technické parametry trubkových otopných těles	46
Obrázek 14	Připojení trubkového otopného tělesa KLMM a armatura HM – rohové provedení s termostatickou hlavici	46
Obrázek 15	Typové označení deskových otopných těles	47
Obrázek 16	Schéma typu deskových otopných těles	47
Obrázek 17	Připojení deskových otopných těles ventil kompakt	47
Obrázek 18	Řez deskovým otopným tělesem ventil kompakt	48
Obrázek 19	Tepelné výkony deskových otopných těles	48
Obrázek 20	Označení úseků pro hydraulický výpočet	52
Obrázek 21	Graf nastavení termostatických ventilů	56
Obrázek 22	Graf nastavení regulačních armatur HM	57
Obrázek 23	Expanzní nádoba o objemu 150 l	59
Obrázek 24	Pojistný ventil	61
Obrázek 25	Trojcestný ventil	63
Obrázek 26	Pracovní bod oběhového čerpadla pro systém podlahového vytápění	64
Obrázek 27	Pracovní bod oběhového čerpadla pro systém otopných těles	65
Obrázek 28	Pracovní bod oběhového čerpadla pro okruh interiérového kotle	66
Obrázek 29	Pracovní bod oběhového čerpadla pro okruh tepelného čerpadla	67
Obrázek 30	Oběhové čerpadlo	67
Obrázek 31	Rekuperace tepla v křížovém výměníku	68
Obrázek 32	Schéma větrací jednotky s rekuperací	68
Obrázek 33	Talířové ventily a) odvodní, b) přívodní	71
Obrázek 34	Rozdělení vzduchovodů na úseky v 2.NP, přívodní potrubí – zelené, odvodní potrubí - červené	75
Obrázek 35	Úseky vzduchotechnického potrubí v 1.NP	76
Obrázek 36	Zaregulování přívodních talířových ventilů KI 100	79
Obrázek 37	Zaregulování přívodního talířového ventilu KI 125	80
Obrázek 38	Zaregulování odvodních talířových ventilů KO 100	82

Obrázek 39	Zaregulování odvodního talířového ventilu KO 125	82
Obrázek 40	Vzduchotechnická jednotka Duplex Easy 250	83
Obrázek 41	Účinnost rekuperace	84
Obrázek 42	Podstropní umístění jednotky	84
Obrázek 43	Výkonová charakteristika ventilátorů	85
Obrázek 44	Ohřívač vzduchu EPO-PTC 160/0,7 kW	85
Obrázek 45	Zapojení ohřívače k jednotce	86

9 Seznam příloh

Příloha A (požadované tepelné výkony místností)

Příloha B (výpočet podlahového vytápění)

Příloha C (výkresová dokumentace stavebních půdorysů a řezu objektu, vytápění a vzduchotechniky)

10 Seznam zdrojů

- [1] BAŠTA, PHD., Doc. Ing. Jiří. Podlahové vytápění (III): Projektování - výpočet. In: *TZB-info* [online]. Praha: ČVUT v Praze, FS, Ústav techniky prostředí Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/3449-podlahove-vytapeni-iii>, 2006 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: www.tzb-info.cz/3449-podlahove-vytapeni-iii
- [2] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: STÚ- E, a.s., 2003.
- [3] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037- 3.
- [4] Korado: Koralux. *Korado: ..teplo pro Vás* [online]. Česká Třebová: Korado a.s., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa.pdf>
- [5] Korado: Radik. *Korado: ..teplo pro Vás* [online]. Česká Třebová: Korado a.s., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1454416522.pdf>
- [6] Rekuperace vzduchu: Rekuperace, vytápění. *Elmet* [online]. Přelouč, 2016 [cit. 2016- 05-16]. Dostupné z: <http://zdravydum.elmet.cz/rekuperace-vzduchu.html>
- [7] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (II) - 2. část Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>: Distribuce vzduchu. *TZB-info* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>, 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>
- [8] ČSN 06 0830: *Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení*. Touto normou se nahrazuje ČSN 06 0830 ze září 2006. Praha: ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA, 2014.
- [9] *Regulační ventily LDM: COMAR line* [online]. Česká Třebová: LDM, spol. s r.o., 2013 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://marcomplet.cz/docs/LDM/Comair_line.pdf
- [10] *Verner: expert na teplo* [online]. Červený Kostelec: VERNER a.s, 2016 [cit. 2016-05- 16]. Dostupné z: <http://www.vytapeni-verner.cz/cs/produkty/interierove-kotle/kotel-verner-13-10.html>
- [11] *Verner: Projekční podklady* [online]. Červený Kostelec: VERNER a.s, 2016 [cit. 2016- 05-16]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/data/sharedfiles/4281/projekcni-podklady-na-ik-13-1021.pdf>
- [12] *MIRAPE: topení, voda, plyn* [online]. Přelouč: Mirape, v.o.s., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: www.mirape.cz

-
- [13] BAŠTA, Jiří. *Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-861-7682-7
- [14] Tabulky a výpočty: Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch při tlaku 100 kPa. *TZB-info* [online]. 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/38-fyzikalni-hodnoty-pro-suchy-vzduch-pri-tlaku-100-kpa>
- [15] *TZB-info: VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM V POTRUBÍ - NÁPOVĚDA* [online]. 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://vytapieni.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000087_help.html#k
- [16] *ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.* [online]. Praha: ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/>
- [17] *Revel* [online]. Příbram: Revel s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: www.revel-pex.com
- [18] DUPLEX Easy: kompaktní větrací jednotky s rekuperací tepla a EC ventilátory. In: *Atrea* [online]. Jablonec nad Nissou: Atrea s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.atrea.cz/img/obytneduplex_easy_cz/files/assets/common/downloads/files/_easy_cz_2016_01.pdf
- [19] Ventilátory s EC motory: Energeticky úsporné a šetrné k životnímu prostředí - to vše nabízí ventilátory s EC motory. In: *Systemair* [online]. Praha: Systemair AB, 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/Tiskove-zpravy/Tiskove-zpravy-/Regulatory-otaek-pro-EC-motory/>
- [20] EPO-PTC 160/1,7 kW ohřívač vzduchu A161202. In: *Venta* [online]. Praha: VENTA spol. s r.o., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.koupelny-venta.cz/32017,epo-ptc-160-1-7-kw-ohrivac-vzduchu-a161202.html>
- [21] JÍCHA, Miroslav. *Přenos tepla a látky*. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2029-4.
- [22] Expanzní nádoba SL150. In: *Regulus: Úsporné řešení pro vaše topení* [online]. Praha: Regulus s r.o., 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-sl150>
- [23] *Vaše topení* [online]. Uničov: Vaše Topení - Online prodej, 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.vasetopeni.cz/userdata/products/428/flamco-prescor-b-2-nahled1.jpg>
- [24] *Kotel na pelety* [online]. RAMOK, 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://pelety.ramok.com/pictures/articles/esbevtc300.jpg>
- [25] *Grundfos* [online]. Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://cz.grundfos.com/Produkty/findproduct/Obehove_cerpadlo_nova_alpha2.html
- [26] LWRb-8kW. *Revel s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.revel-pex.com/media/pdf/manual_lwrb-8kw-cz.pdf

-
- [27] *Mapy.cz: Přelouč, Na Krétě 428* [online]. mapy.cz, 216n. l. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.5609680&y=50.0394322&z=15&source=addr&id=9831649&q=Na%20Kr%C3%A9t%C4%9B>
- [28] *Grundfos: Product centre* [online]. Grundfos Czech Republic, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://product-selection.grundfos.com/product-detail.catalogue.product%20families.html?from_suid=146354912686605272587134340864&pumpsystemid=109249949&qcid=109666414
- [29] *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.

11 Seznam značek a zkratek

$\dot{V}_i$	m^3/s	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i);
$\dot{V}_{inf,i}$	m^3/h	objemový tok vzduchu infiltrací ;
$\dot{V}_{min,i}$	m^3/h	minimální hodnota objemového toku vzduchu ;
A_k	m^2	plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy;
f_{g1} Tato	-	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty. hodnota je určena jako národní;
f_{g2}		teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví jako: $f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e};$
G_w	-	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento vliv se musí uvažovat , je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží (podlahové desky) menší než 1m.
$U_{equiv,k}$	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k);
$\Phi_{T,i}$	W	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i);
$\Phi_{V,i}$	W	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i);
A_g	m^2	plocha uvažované podlahové konstrukce;
A_k	m^2	plocha stavební části (k)
A_k	m^2	plocha stavební části (k);
$H_{T,ie}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy;
$H_{T,ig}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu ve wattech na Kelvin (W/K);
$H_{T,ij}$	W/K	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu , např. sousedící místnost funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy;
$H_{T,iue}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostoru (e) nevytápěným prostorem (u);
$H_{v,i}$	W/K	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním;
U_k	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	součinitel prostupu tepla stavební částí (k);

U_k	W/m ² K	součinitel prostupu tepla stavební částí (k);
V_i	m ³	objem vytápěné místnosti (i) vypočtený z vnitřních rozměrů;
c_p	kJ/kg.K	měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$;
e_i ;	-	stínící činitel;
e_k, e_i	-	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota, e_k a e_i mají být stanoveny na národní úrovni;
$f_{i,j}$ teplotou	-	redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou $f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$
l_i	m	délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím;
n_{50}	h ⁻¹	intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi
n_{min}	h ⁻¹	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu ;
Ψ_i	W/m.K	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l);
ε_i		výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země;
θ_e	°C	výpočtová venkovní teplota;
θ_e	°C	výpočtová venkovní teplota;
$\theta_{int,i}$	°C	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);
$\theta_{int,i}$	°C	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i); sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty: vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu;
P	m	obvod uvažované podlahové konstrukce;
ρ	kg/m ³	hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$;

12 Příloha A (požadované tepelné výkony místností)

V této příloze budou formou tabulek zobrazeny výpočty požadovaných tepelných výkonů jednotlivých místností pro zateplený objekt s využitím větrací soustavy se zpětným získáváním tepla.

Tabulka 10.1: Výpočet tepelných ztrát větráním 1. bytové jednotky

Výpočet tepelných ztrát větrací jednotkou									
Označení místnosti			1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	CELKEM	
Objem místnosti	V_i	m^3	45	41	38	12	45	182	
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	$^{\circ}C$	-12						
Výpočtová vnitřní teplota	θ_i	$^{\circ}C$	22	22	20	24	18		
Teplotní rozdíl	$\theta_i - \theta_e$	$^{\circ}C$	34	34	32	36	30		
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	na jedn.	1	0	1	0	2		
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h^{-1}	7	7	7	7	7	
	činitel zaclonění	e	na jedn.	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	
	Výškový korekční činitel	ϵ	na jedn.	1	1	1	1	1	
	Množství zduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \epsilon$	$V_{inf,i}$	m^3/h	13	0	11	0	19	0
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	$V_{out,i}$	m^3/h		110	0	48	0	
	Přiváděný vzduch	$V_{in,i}$	m^3/h	90		20		48	
	Teplota přiváděného vzduchu	$\theta_{in,i}$	$^{\circ}C$	15		15		15	
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	$V_{out,i} - V_{in,i}$	m^3/h	-90	110	-20	48	-48	0
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.						
	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu $V_{mech,inf,i} = \sum V_{out,i} - \sum V_{in,i}$	m^3/h	0						

	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	$V_{\text{mech},i}$	m^3/h	0	0	0	0	0	
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu $V_i = 0,5 \cdot (V_{\text{inf},i} + V_{\text{in},i} \cdot f_{v,i} + V_{\text{mech},i})$	V_i	m^3/h	19	0	8	0	16	0
	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	6,6	0,0	2,8	0,0	5,7	
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot V_i$	$\phi_{v,i}$	W	46	0	14	0	17	77

Tabulka 10.2: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.01

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 400 mm	9,183	0,22	1	2,0
	Strop pod terasou	14,79	0,30	1	4,4
	Fr. Okno	5,25	1	1	5,3
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	11,6
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m.K	m		W/K
12A		0,33	5,1	1	1,7
02A		0,01	2,83	1	0,0
63A		0,12	9,2	1	1,1
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,7
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					13
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0,00
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m.K	m		W/K
					0
					0
					0

		Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0,00
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	p	$B' = 2A_g/P$	
		m^2	m	m	
		16,06	10,7	3,00	
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	W/K
	Podlaha 1.NP	16,06	0,39	0,17	2,7
					0
Celkem ekvivalentní stavební části					
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,526471	1	0,8
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					2
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K
		0,117647	8,207	1,72	2
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
					2
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				W/K	17
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12		
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	22		
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	34		
Návrhová tepelná ztráta prostupem				W	580,37
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání					
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p
		m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$
		0,00	0,50	1,27	1010,00
			m^3/h		0,00
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i
		m^3	h^{-1}	na jedn.	na jedn.
		0,00	3,00	0,03	1,00
				m^3/h	0,00

Hodnota výměny vzduchu	V_i		m^3/h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				0,00
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel	$f_{rh} [\text{W}/\text{m}^2]$		9	
	Podlahová plocha	$A_i [\text{m}^2]$		16	
	Zátopový výkon				
Nucené větrání				W	46
Celkový tepelný výkon	$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{RH,i} + \phi_{V,i}$			W	771

Tabulka 10.3: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.02

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
					0
					0
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	0
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					0
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	0
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0

Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A _g	P	B' = 2A _g /P		
		m ²	m	m		
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K	
					0	
					0	
	Celkem ekvivalentní stavební části					
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
					0	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu						
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} ·A _k ·U _k	
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K	
	Zed' tl. 300	0,12	6,151	1,72	1,2	
	Dveře vnitřní	0,12	1,773	3,50	0,7	
	Ytong tl. 125	-0,05882	8,122	0,71	-0,3	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu						
						2
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	2
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C	22			
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} -θ _e	°C	34			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	55,46802
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V _i	n _{min}	ρ	c _p		
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg·K		
	0,00	1,50	1,27	1010,00		
		m ³ /h		0,00		
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i		
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	0,00	3,00	0,03	1,00		
			m ³ /h	0,00		

Hodnota výměny vzduchu	V_i		m^3/h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				0
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel	f_{rh} [W/m²]	9		
	Podlahová plocha	A_i [m²]	15		
	Zátopový výkon				132
Nucené větrání				W	0
Celkový tepelný výkon	$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{RH,i} + \phi_{V,i}$			W	187

Tabulka 10.4: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.03

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 500 mm	8,419	0,25	1	2,1
	Okno	3,75	1	1	3,8
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	5,8
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
02A		0,01	2,83	1	0,0
12A		0,33	4,3	1	1,4
62A		0,12	11	1	1,3
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,4
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					7
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	0
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0

Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2A_g/P$		
		m ²	m	m		
		13,37	4,3	6,218604651		
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		m ²	W/m ² .K	W/m ² .K	W/K	
	Podlaha 1. NP	13,37	0,39	0,17	2,3	
					0	
	Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,625	1	0,9	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						2
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K	
	Zed' tl. 80 mm	0,0625	7	1,35	0,6	
	Ytong tl. 125	-0,125	7	0,71	-0,6	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						-0,03
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem						9,3
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	297
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p		
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K		
	37,84	0,50	1,27	1010,00		
		m ³ /h		18,92		
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i		
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	37,84	3,00	0,03	1,00		
			m ³ /h	6,81		

Hodnota výměny vzduchu	V_i		m^3/h	18,92
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	7
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel	$f_{rh} [\text{W/m}^2]$	9	
	Podlahová plocha	$A_i [\text{m}^2]$	13	
	Zátopový výkon			120
Nucené větrání			W	14
Celkový tepelný výkon	$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{V,i}$			432

Tabulka 10.5: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.04

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m^2	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	0
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		$\text{W/m} \cdot \text{K}$	m		W/K
					0
					0
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	0
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					0
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m^2	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$		W/K
	Zed' tl. 300 mm				
					0
					0
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	0
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		$\text{W/m} \cdot \text{K}$	m		W/K
					0
					0
					0

Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		0	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A _g	P	B' = 2A _g /P	
		m ²	m	m	
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}
		m ²	W/m ² .K	W/m ² .K	W/K
					0
					0
Celkem ekvivalentní stavební části					
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
					0
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} ·A _k ·U _k
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K
	zeď tl. 300	0,666667	3,9	1,72	4,5
	Vnitřní dveře	0,666667	1,576	3,5	3,7
	Ytong tl. 125	0,111111	10,55	0,71	0,8
	Strop	0,111111	4,32	1,00	0,5
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
					9
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K
					9
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C	-12		
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C	24		
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} -θ _e	°C	36		
Návrhová tepelná ztráta prostupem				W	340,3029
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání					
Hygienické množství vzduchu	V _i	n _{min}	ρ	c _p	
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
		0,50	1,27	1010,00	
		m ³ /h		0,00	
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i	

	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m ³ /h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m ³ /h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)				0
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m ²]	9	
	Podlahová plocha		A _i [m ²]	4,32	
	Zátopový výkon			39	
Nucené větrání				W	0
Celkový tepelný výkon	Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{v,i}			W	379

Tabulka 10.6: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.05

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 500 mm	2,61	0,25	1	0,6
	Zed' tl. 300 mm	3,18	1,61	1	5,1
	Dveře venkovní	1,77	2,30	1	4,1
	Dveře venkovní	1,77	2,30	1	4,1
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	4,7
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m.K	m		W/K
61A		0,12	12	1	1,4
12A		0,33	3,2	1	1,1
					0,0
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	2,5
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					7
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 150 mm	4,1	2,56	0,6	6,3
	Dveře vnitřní	1,576	3,5	0,6	3,3
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	9,6
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m.K	m		W/K

22A		0,325	1,9	0,49	0,3
65A		0,13	6	0,49	0,4
					0,0
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0,3
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					10
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B´		A _g	P	B´ = 2A _g /P	
		m ²	m	m	
		15,87	3,3	9,618181818	
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K
	Podlaha 1. NP	15,87	0,39	0,17	2,7
					0
	Celkem ekvivalentní stavební části				
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,463333333	1	0,7
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					2
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} ·A _k ·U _k
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
	zeď tl. 300 mm				
					0
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
					0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K
					19
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C	-12		
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C	18		
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} -θ _e	°C	30		
Návrhová tepelná ztráta prostupem				W	568
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání					
Hygienické množství vzduchu	V _i	n _{min}	ρ	c _p	
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
	0,00	0,50	1,27	1010,00	

		m ³ /h		0,00
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
	0,00	3,00	0,03	1,00
			m ³ /h	0,00
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m ³ /h	0,00
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·p·c _p		W/K	0,00
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)			0
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m ²]	9
	Podlahová plocha		A _i [m ²]	13
	Zátopový výkon			120
Nucené větrání				W
Celkový tepelný výkon	Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{V,i}			W
				705

Tabulka 10.6: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.06

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 500 mm	7,02	0,25	1	1,7
	Okno	2,7	1	1	2,7
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	4,4
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
12A		0,33	3,5	1	1,2
62A		0,12	6,6	1	0,8
04A		0,125	5,66	1	0,7
12B		0,33	1,5	1	0,5
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,9
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					6
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 150 mm	9,06	2,56	0,4	9,3
	Zed' tl. 500 mm	3,96	0,25	0,4	0,4
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	9,7
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K

22A		0,325	1,5	0,49	0,2	
					0,0	
					0,0	
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0,2	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem						10
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2A_g/P$		
		m^2	m	m		
		14,98	5,58	5,369175627		
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	W/K	
	Podlaha 1.NP	14,98	0,39	0,22	3,3	
					0	
Celkem ekvivalentní stavební části						
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,625	1	0,9	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						3
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K	
	Zed' tl. 500 mm	0,15625	1,87	0,25	0,1	
	Zed' tl. 300 mm	0,0625	2,24	1,72	0,2	
	Dveře vnitřní	0,0625	1,58	3,5	0,3	
	Zed' tl. 300 mm	-0,125	3,96	1,72	-0,8	
	Strop 1.NP	0,15625	14,98	1,00	2,3	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
						2
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem						
						W/K
						21
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	685
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p		
	m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$		

	0,00	1,50	1,27	1010,00	
		m ³ /h		0,00	
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i	
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m ³ /h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m ³ /h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)			0	
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m ²]	9	
	Podlahová plocha		A _i [m ²]	15	
	Zátopový výkon			135	
Nucené větrání				W	439
Celkový tepelný výkon	Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{V,i}			W	1259

Tabulka 10.7: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.07

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 500 mm	11,45	0,25	1	2,8
	Okno	2,7	1	1	2,7
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	5,5
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m.K	m		W/K
02A		0,01	2,83	1	0,0
12A		0,33	5	1	1,7
62A		0,12	6,6	1	0,8
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,7
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					7
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 150 mm	9,9	0,50	0,4	2,0
					0,0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	2,0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u

		W/m.K	m		W/K	
		0,33	3,5	0,49	0,6	
					0,0	
					0,0	
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0,6	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem						2,55541
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2A_g/P$		
		m ²	m	m		
		17,5	5	7		
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		m ²	W/m ² .K	W/m ² .K	W/K	
	Podlaha 1.NP	17,5	0,39	0,2	3,5	
					0	
Celkem ekvivalentní stavební části						
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,496875	1	0,7	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						3
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K	
	Zed' tl. 150 mm	-0,125	4,39	2,56	-1,4	
	Strop 1.NP	0,15625	17,5	1,00	2,7	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						-0,1
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	12
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	390
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
		0,00	0,50	1,27	1010,00	
			m ³ /h		0,00	

Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i	
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m ³ /h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m ³ /h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)				0
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m ²]	9	
	Podlahová plocha		A _i [m ²]	18	
	Zátopový výkon				157,5
Nucené větrání				W	513
Celkový tepelný výkon	Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{V,i}			W	1061

Tabulka 10.8: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.08

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 300 mm	5,56	1,61	1	8,9
	Okno	0,3	1	1	0,3
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	9,2
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
12A		0,33	2,5	1	0,8
62A		0,12	2,2	1	0,3
22A		0,325	1,6		0,0
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,1
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					10
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 150 mm	3,68	2,56	0,4	3,8
					0,0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	3,8
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K
22A		0,325	1,6	0,49	0,3

					0,0	
					0,0	
	Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		0,3	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem						4
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2A_g/P$		
		m^2	m	m		
		1,5	2,5	1,2		
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	W/K	
	Podlaha 1.NP	1,5	0,39	0,25	0,4	
					0	
Celkem ekvivalentní stavební části						
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,496875	1	0,7	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0,3
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K	
	Dveře vnitřní	0,0625	1,58	3,5	0,3	
	Zed' tl. 150 mm	0,0625	0,5	2,56	0,1	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						0,5
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	15
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	484
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$	
		4,25	0,50	1,27	1010,00	
			m^3/h		2,12	
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ε_i	
		m^3	h^{-1}	na jedn.	na jedn.	

	4,25	3,00	0,03	1,00	
			m ³ /h	0,76	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m ³ /h	2,12	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,76	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)				24
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel	f _{rh} [W/m ²]		9	13,5
	Podlahová plocha	A _i [m ²]		2	
	Zátopový výkon				
Nucené větrání				W	
Celkový tepelný výkon	Φ _{HLi} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{V,i}			W	521

Tabulka 10.9: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.11

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k · U _k · e _k
		m ²	W/m ² · K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k · l _k · e _k
		W/m · K	m		W/K
02A		0,01	2,83	1	0,03
					0
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	0,03
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					0,03
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k · U _k · b _u
		m ²	W/m ² · K		W/K
	Zed' tl. 500 mm	2,8	1,14	0,4	1,273875
	Vnitřní dveře	1,58	3,50	0,4	2,212
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	3,485875
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k · l _k · b _u
		W/m · K	m		W/K
22A		0,325	5	0,49	0,79625
					0
					0

Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		0,79625	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					4
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A _g	P	B' = 2A _g /P	
		m ²	m	m	
		2,1	1	4,2	
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K
	Podlaha 1. NP	2,1	0,39	0,17	0,4
					0
Celkem ekvivalentní stavební části					
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,434375	1	0,6
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					0,2
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} ·A _k ·U _k
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
	Dveře vnitřní	-0,06667	1,58	3,50	-0,4
	Dveře vnitřní	-0,2	1,18	3,5	-0,8
	Zed' tl. 300	-0,06667	2,24	1,72	-0,3
	Zed' tl. 150	-0,2	3,2	2,56	-1,6
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					-3,1
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K
					1
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C	-12		
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C	18		
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} -θ _e	°C	30		
Návrhová tepelná ztráta prostupem				W	43
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání					
Hygienické množství vzduchu	V _i	n _{min}	ρ	c _p	
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg·K	
	0,00	0,10	1,27	1010,00	
		m ³ /h		0,00	
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i	
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	

	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m³/h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m³/h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)				0
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m²]	9	
	Podlahová plocha		A _i [m²]	2	
	Zátopový výkon				
Nucené větrání				W	49
Celkový tepelný výkon	Φ _{HLi} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{v,i}			W	111

Tabulka 10.10: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 1.12

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0,00
					0,00
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	0,00
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					0,00
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0,00
					0,00
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0,00
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K
					0,00
					0,00
					0,00

Celkem tepelné mosty				$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0,00	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem						0,00
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B´		A _g	P	B´ = 2A _g /P		
		m ²	m	m		
		2,17	1,40	3,10		
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k · U _{equiv,k}	
		m ²	W/m ² · K	W/m ² · K	W/K	
	Podlaha	2,17	0,39	0,20	0,43	
					0,00	
Celkem ekvivalentní stavební části						
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} · f _{g2} · G _w	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,62	1,00	0,9	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0,4
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} · A _k · U _k	
		na jedn.	m ²	W/m ² · K	W/K	
	Zed' tl. 150	0,17	3,20	2,56	1,4	
	Dveře vnitřní	0,17	1,18	3,50	0,7	
	Zed' tl. 150	0,11	4,39	2,56	1,2	
	Zed' tl. 300	0,11	3,96	1,72	0,8	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
						1
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem						W/K
						1
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C	-12,00			
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C	24,00			
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} - θ _e	°C	36,00			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	41
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu		V _i	n _{min}	ρ	c _p	
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg · K	
		0,00	0,50	1,27	1010,00	
			m ³ /h		0,00	
Infiltrace		V _i	n ₅₀	e _i	ε _i	
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	

	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m³/h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m³/h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)				0,00
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m²]	9,00	36
	Podlahová plocha		A _i [m²]	4	
	Zátopový výkon				
Nucené větrání				W	61
Celkový tepelný výkon	Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{V,i}			W	138

Tabulka 10.11: Požadovaný tepelný výkon a větrání 2. bytové jednotky

Označení místnosti			1.06	1.07	1.11	1.12	CELKEM	
Objem místnosti		V _i	m ³	42	50	6	6	104
Výpočtová venkovní teplota		θ _e	°C	-12				
Výpočtová vnitřní teplota		θ _i	°C	20	20	18	24	
Teplotní rozdíl		θ _i -θ _e	°C	32	32	30	36	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory		na jedn.	1	1	0	0	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n ₅₀	h ⁻¹	7	7	7	7	
	činitel zaclonění	e	na jedn.	0,02	0,02	0,00	0,00	
	Výškový korekční činitel	ε	na jedn.	1	1	1	1	
	Množství zduchu infiltrací V _{inf,i} =2.V _i .n ₅₀ .e.ε	V _{inf,i}	m ³ /h	12	14	0	0	0
Množství vzduchu, teploty a korekční činitelé	Odváděný vzduch	V _{out,i}	m ³ /h		120	0	40	
	Přiváděný vzduch	V _{in,i}	m ³ /h					
	Teplota přiváděného vzduchu	θ _{in,i}	°C					
	Redukční činitel	f _{v,i}	na jedn.					
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	V _{out,i} -V _{in,i}	m ³ /h	0	120	0	40	0

	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.					
	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu $V_{\text{mech,inf},i} = \sum V_{\text{out},i} - \sum V_{\text{in},i}$	m^3/h	160					
	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	$V_{\text{mech},i}$	m^3/h	65	76	9	9	
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu $V_i = 0,5 \cdot (V_{\text{inf},i} + V_{\text{in},i} \cdot f_{v,i} + V_{\text{mech},i})$	V_i	m^3/h	39	45	5	5	
	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	14	16	2	2	
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot V_i$	$\phi_{v,i}$	W	439	513	49	61	1062

Tabulka 10.12: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 2.01

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
		m^2	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$		W/K	
	Zed' tl. 500	6,5	0,25	1	1,6	
	Okno	1,44	1,00	1	1,4	
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	3,0	
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	
		W/m.K	m		W/K	
02A		0,01	2,5	1	0,0	
12B		0,33	6	1	2,0	
62A		0,12	4,8	1	0,6	
					0,0	

						0,0	
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		2,0	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							5,0
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$		
		m^2	$W/m^2 \cdot K$		W/K		
					0		
					0		
	Celkem stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	0		
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		
		$W/m \cdot K$	m		W/K		
					0		
					0		
					0		
	Celkem tepelné mosty			$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	0		
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem							0
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2A_g/P$			
		m^2	m	m			
				#DIV/0!			
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$		
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	W/K		
					0		
					0		
	Celkem ekvivalentní stavební části						
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou							0

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K	
	Zed' tl. 500	0,15625	7,125	0,25	0,3	
	Podlaha 2.NP	-0,0625	9,05	1,00	-0,6	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						-0,3
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	5
Teplotní údaje						
	Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12		
	Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20		
	Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32		
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	152
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p		
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K		
	0,00	0,00	1,27	1010,00		
		m ³ /h			0,00	
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i		
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	0,00	3,00	0,03	1,00		
			m ³ /h		0,00	
Hodnota výměny vzduchu	V_i		m ³ /h		0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					12
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f_{th} [W/m ²]	9		

	Podlahová plocha	A _i [m ²]	9,05	81
	Zátopový výkon			
Celkový tepelný výkon	$\varphi_{HL,i}=\varphi_{T,i}+\varphi_{RH,i}+\varphi_{V,i}$		W	246

Tabulka 10.13: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 2.02

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Strop 2.NP	18	0,28	1	5,095245
	Okno	0,84	1,00	1	0,84
	Zed' tl. 500	5,2	0,25	1	1,274757
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	6,370002
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m.K	m		W/K
02A		0,01	2,5	1	0,025
12B		0,33	7,8	1	2,574
62A		0,12	5,28	1	0,6336
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	2,599
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					8,969
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m.K	m		W/K
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	0
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B´		A _g	P	B´ = 2A _g /P	
		m ²	m	m	

		#DIV/0!			
Kód	Stavební část	A_k	U_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	W/K
					0
					0
	Celkem ekvivalentní stavební části				
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
			#####		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K
					0
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					8,969
Teplotní údaje					
	Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12	
	Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20	
	Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32	
Návrhová tepelná ztráta prostupem				W	287
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání					
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p	
	m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$	
	0,00	0,50	1,27	1010,00	
		m^3/h		0,00	
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i	
	m^3	h^{-1}	na jedn.	na jedn.	
	0,00	3,00	0,03	1,00	
			m^3/h	0,00	
Hodnota výměny vzduchu		V_i	m^3/h	0,00	
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$	W/K	0,00	
Návrhová tepelná ztráta větráním		$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$			27
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		$f_{rh} [W/m^2]$	9	
	Podlahová plocha		$A_i [m^2]$	16,56	

	Zátopový výkon	149,04
Celkový tepelný výkon	$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{RH,i} + \phi_{V,i}$	463
	W	

Tabulka 10.14: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 2.03

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Strop 2.NP	18,56	0,28	1	5,253764
	Okno	0,84	1,00	1	0,84
	Zed' tl. 500	4,8	0,25	1	1,176699
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	6,430463
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m.K	m		W/K
05B		0,195	4	1	0,78
12B		0,33	4,2	1	1,386
62A		0,12	5,28	1	0,6336
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	2,166
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					8,59646
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
					0
					0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m.K	m		W/K
					0
					0
					0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	0
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					0
Tepelné ztráty zeminou					
	Výpočet B´	A _g	P	B´ = 2A _g /P	
		m ²	m	m	
				#DIV/0!	
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K

						0
						0
	Celkem ekvivalentní stavební části					
	Korekční činitelé	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K	
	Zed' tl. 205	0,15625	9,9	0,39	0,608208	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozídnou teplotu						
						0,60821
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	9,20467
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	294,549
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p		
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K		
	0,00	0,50	1,27	1010,00		
		m ³ /h		0,00		
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ε_i		
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	0,00	3,00	0,03	1,00		
			m ³ /h	0,00		
Hodnota výměny vzduchu	V_i		m ³ /h	0,00		
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	0,00		
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$					27
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		$f_{rh}[W/m^2]$	9		
	Podlahová plocha		$A_i[m^2]$	16,56		
	Zátopový výkon				149,04	
Celkový tepelný výkon	$\phi_{HL,i}=\phi_{T,i}+\phi_{RH,i}+\phi_{V,i}$				W	471

Tabulka 10.15: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 2.04

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k	
		m ²	W/m ² ·K		W/K	
	Strop 2. NP	7,25	0,28	1	2,052251	
	Dveře	1,56	1,00	1	1,56	
	Zed' tl. 500	2,7	0,25	1	0,661893	
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	2,221893	
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k	
		W/m.K	m		W/K	
05B		0,195	2	1	0,39	
12B		0,33	2	1	0,66	
62A		0,12	5,6	1	0,672	
					0	
					0	
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	1,05	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						3,271893
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem						
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u	
		m ²	W/m ² ·K		W/K	
	Zed' tl. 500	2,6	0,25	0,83	0,529024	
					0	
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	0,529024	
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u	
		W/m.K	m		W/K	
12B		0,33	2	0,83	0,5478	
					0	
					0	
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	0,5478	
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem						1,076824
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B´		A _g	P	B´ = 2A _g /P		
		m ²	m	m		
				#DIV/0!		
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K	
					0	
					0	
	Celkem ekvivalentní stavební části		Σ _k A _k · U _{equiv,k}			
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	

			#DIV/0!			
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f _{ij}	A _k	U _k	f _{ij} ·A _k ·U _k	
		na jedn.	m²	W/m²·K	W/K	
	Dveře vnitřní	0,15625	1,56	3,50	0,853125	
	Zed' tl. 205	0,15625	4,5	0,39	0,276458	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
						1,129583
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	5,478301
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ _e	°C		-12		
Vnitřní výpočtová teplota	θ _{int,i}	°C		20		
Výpočtový rozdíl teplot	θ _{int,i} -θ _e	°C		32		
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	175,3056
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V _i	n _{min}	ρ	c _p		
	m³	h ⁻¹	kg/m³	J/kg.K		
	0,00	0,50	1,27	1010,00		
		m³/h		0,00		
Infiltrace	V _i	n ₅₀	e _i	ε _i		
	m³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	0,00	3,00	0,03	1,00		
			m³/h	0,00		
Hodnota výměny vzduchu	V _i		m³/h	0,00		
Součinitel tepelné ztráty větráním	H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K	0,00		
Návrhová tepelná ztráta větráním	Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)					5
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f _{rh} [W/m²]	9		
	Podlahová plocha		A _i [m²]	7,25		
	Zátopový výkon					65,25
Celkový tepelný výkon		Φ _{HL,i} =Φ _{T,i} +Φ _{RH,i} +Φ _{v,i}			W	246

Tabulka 10.16: Požadovaný tepelný výkon pro místnost 2.05

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Strop 2. NP	38	0,28	1	10,8
	okno	1,86	1,00	1	1,9
	Zed' tl. 500	13,66	0,25	1	3,3
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·e _k	5,2
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	e _k	ψ _k ·l _k ·e _k
		W/m·K	m		W/K
02A		0,01	5	1	0,1
12A		0,33	8,8	1	2,9
					0,0
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·e _k	3,0
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					8,2
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem					
Kód	Stavební část	A _k	U _k	b _u	A _k ·U _k ·b _u
		m ²	W/m ² ·K		W/K
	Zed' tl. 500	6,625	0,25	0,83	1,3
					0,0
	Celkem stavební části			Σ _k A _k ·U _k ·b _u	1,3
Kód	Tepelný most	ψ _k	l _k	b _u	ψ _k ·l _k ·b _u
		W/m·K	m		W/K
12B		0,33	4	0,83	1,1
					0,0
					0,0
	Celkem tepelné mosty			Σ _k ψ _k ·l _k ·b _u	1,1
Celkový součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem					2,4
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B´		A _g	P	B´ = 2A _g /P	
		m ²	m	m	
				#DIV/0!	
Kód	Stavební část	A _k	U _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}
		m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K
					0
					0
	Celkem ekvivalentní stavební části				
Korekční činitelé		f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.

				#DIV/0!		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						0
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² .K	W/K	
	Dveře vnitřní	-0,18519	1,56	3,50	-1,0	
	Zed' tl. 205	-0,18519	16,1	0,39	-1,2	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
						-2,2
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					W/K	8,4
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	°C	-12			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	°C	15			
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	27			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					W	227
Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání						
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p		
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K		
	87,29	0,30	1,27	1010,00		
		m ³ /h		26,19		
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ε_i		
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.		
	87,29	3,00	0,03	1,00		
			m ³ /h	15,71		
Hodnota výměny vzduchu			V_i	m ³ /h	26,19	
Součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$	W/K	9,35	
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$			112
Výpočet zátopového tepelného výkonu	Zátopový součinitel		f_{rh} [W/m ²]	9		
	Podlahová plocha		A_i [m ²]	36,37		
	Zátopový výkon					
Celkový tepelný výkon			$\phi_{HL,i}=\phi_{T,i}+\phi_{RH,i}+\phi_{V,i}$		W	667

Tabulka 10.17: Tepelná ztráta větráním 2. nadzemního podlaží

Výpočet tepelných ztrát větráním									
Označení místnosti			2.01	2.02	2.03	2.04	2.05	Celkem	
Objem místnosti		V _i	m ³	23	40	41	18	87	209
Výpočtová venkovní teplota		θ _e	°C	-12	-12	-12	-12	-12	
Výpočtová vnitřní teplota		θ _i	°C	20	20	20	20	15	
Teplotní rozdíl		θ _i -θ _e	°C	32	32	32	32	27	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory		na jedn.	1	2	2	1	2	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n ₅₀	h ⁻¹	4	4	4	4	4	
	činitel zaclonění	e	na jedn.	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	
	Výškový korekční činitel	ε	na jedn.	1	1	1	1	1	
	Množství zduchu infiltrací V _{inf,i} =2.V _i .n ₅₀ .e.ε	V _{inf,i}	m ³ /h	4	10	10	3	21	0
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	V _{out,i}	m ³ /h					52	
	Přiváděný vzduch	V _{in,i}	m ³ /h	11	20	21			
	Teplota přiváděného vzduchu	θ _{in,i}	°C	15	15	15	15		
	Redukční činitel	f _{v,i}	na jedn.	0,27	0,27	0,27	0,27		
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	V _{out,i} -V _{in,i}	m ³ /h	-11	-20	-21	0	52	0
	Redukční činitel	f _{v,i}	na jedn.						
	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu V _{mech,inf,i} =ΣV _{out,i} -ΣV _{in,i}	m ³ /h	0,2355						
Výpočet tepelné ztráty větráním	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	V _{mech,i}	m ³ /h						
	Celkové korigované množství vzduchu V _i =V _{inf,i} +V _{in,i} .f _{v,i} +V _{mech,inf,i}	V _i	m ³ /h	7	15	15	3	21	0

	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	2	5	5	1	7	0
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot$	$\phi_{v,i}$	W	12	27	27	5	112	183

13 Příloha B (výpočet podlahového vytápění)

V této příloze jsou v tabulkách zobrazeny výpočty jednotlivých podlahových otopných ploch.

Tabulka 11.1: Výpočet smyčky podlahového vytápění 1-1

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	22,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	1,30	m
Rozměr místnosti	$B =$	3,40	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Rozteč trubek	$l =$	0,075	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{podl} =$	12,00	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,11	m ⁻¹
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	27,22	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	62,60	W.m ⁻²
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	2,49	m ²
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	7,13	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,33	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	83,01	W.m ⁻²
Ztráta dolů	$q' =$	2,89	W.m ⁻²
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	289,43	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	206,74	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	64,88	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	31,16	kg.h ⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,04	m.s ⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	4,42	m ²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zev} =$	277	W

<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>			<i>R.L=</i>	<i>177</i>	<i>Pa</i>
	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]			
dlažba	0,01	1,01	Λ_a		
beton	0,04	1,3			
pps	0,022	0,04	Λ_b		
pps	0,1	0,051			
beton	0,07	1,3			

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,051	0,051	16	1784,374	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
0,5	90	0,5	16,9	35	16	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
0,5	0	0,0	0,0	45	0	Pa

Tabulka 11.2: Výpočet smyčky podlahového vytápění 1-2

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	22,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	2,00	m
Rozměr místnosti	$B =$	5,10	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubicí	$\Lambda_a =$	6,04	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubicí	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Rozteč trubek	$l =$	0,150	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{podl} =$	12,00	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	7,07	m ⁻¹
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,33	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	25,69	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	44,22	W.m ⁻²
Plocha ohraničená krajními trubicemi	$S_p =$	7,20	m ²
Obvod ohraničená krajními trubicemi	$O_p =$	11,60	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,22	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	54,08	W.m ⁻²
Ztráta dolů	$q' =$	2,72	W.m ⁻²

Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	413,51	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	389,52	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,02	m
Tepelný spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	74,40	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	44,52	kg.h ⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,06	m.s ⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	10,20	m ²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	451	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>	<i>$R.L =$</i>	<i>359</i>	<i>Pa</i>
	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,046	0,046	16	2549,331	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,0	90	1,0	26,1	27	24	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,0	0	0,0	0,0	13	0	Pa

Tabulka 11.3: Výpočet smyčky podlahového vytápění 2

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	22,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	4,50	m
Rozměr místnosti	$B =$	2,70	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹

Rozteč trubek	$l =$	0,30	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,11	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	25,71	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	44,48	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	10,06	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	12,13	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,19	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	53,07	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	2,05	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	565,33	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	534,14	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	45,53	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	60,86	kg.h^{-1}
Rychlost průtoku	$w =$	0,08	m.s^{-1}
Podlahová plocha místnosti	$S =$	12,15	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{\text{zcv}} =$	540	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R.L =$	514	Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,042	0,042	16	3485,275	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	44,5	30	157	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	9	0	Pa

Tabulka 11.4: Výpočet smyčky podlahového vytápění 3

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	3,50	m
Rozměr místnosti	$B =$	3,70	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Rozteč trubek	$l =$	0,30	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{podl} =$	12,00	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,11	m ⁻¹
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	24,63	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	55,60	W.m ⁻²
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_t =$	11,02	m ²
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	12,13	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,18	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	65,40	W.m ⁻²
Ztráta dolů	$q' =$	2,56	W.m ⁻²
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	753,19	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_{CP} =$	641,21	W
tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	48,33	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	81,08	kg.h ⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,11	m.s ⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S_p =$	12,95	m ²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	720	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>	<i>R.L+ Z=</i>	<i>832</i>	<i>Pa</i>

	tloušťka	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
--	----------	---	--

	[m]	^{1]}	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,038	0,038	16	4643,448	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	34,3	23	215	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	12	0	Pa

Tabulka 11.5: Výpočet smyčky podlahového vytápění 4

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	24,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	1,90	m
Rozměr místnosti	$B =$	1,80	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,60	$\frac{\text{W.m}^{-1}}{\text{K}^{-1}}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	$\frac{\text{W.m}^{-1}}{\text{K}^{-1}}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\frac{\text{W.m}^{-1}}{\text{K}^{-1}}$
Rozteč trubek	$l =$	0,075	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\frac{\text{W.m}^{-2}}{\text{K}^{-1}}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,36	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	28,16	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	49,96	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	2,02	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	5,20	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,28	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	64,16	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	2,16	W.m^{-2}

Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	178,25	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	129,88	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Tepelný spád	$\Delta t =$	4,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	50,88	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	38,38	kg.h ⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,05	m.s ⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	3,42	m ²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	171	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R.L =$	217	Pa
	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,03	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,048	0,048	16	2197,832	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
0,5	90	0,5	24,9	51	35	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
0,5	0	0,0	0,0	25	0	Pa

Tabulka 11.6: Výpočet smyčky podlahového vytápění 5

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	18,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	1,55	m
Rozměr místnosti	$B =$	9,90	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹

Rozteč trubek	$l =$	0,300	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,11	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	23,56	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	66,72	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	11,01	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	20,63	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,30	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	86,76	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	3,08	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	1070,98	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	954,87	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	56,71	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	115,30	kg.h⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,16	m.s⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	15,35	m²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	1024	W
Tlaková ztráta na potrubí		R.L =	2575 Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,035	0,035	16	6602,661	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	99,7	66	1265	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	33	0	Pa

Tabulka 11.7: Výpočet smyčky podlahového vytápění 6

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	2,65	m
Rozměr místnosti	$B =$	5,80	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,60	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,15	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,36	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	26,35	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	76,24	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	13,23	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	14,70	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,13	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	86,47	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	3,30	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	1222,42	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	1143,92	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	110,59	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	131,60	kg.h^{-1}
Rychlost průtoku	$w =$	0,18	m.s^{-1}
Podlahová plocha místnosti	$S =$	15,37	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{\text{zcv}} =$	1172	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>	<i>$R.L =$</i>	<i>4384</i>	<i>Pa</i>
	tloušťka	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	

	[m]	^{1]}	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,03	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,036	0,033	16	7536,275	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,0	90	1,0	77,7	77	1285	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,0	0	0,0	0,0	39	0	Pa

Tabulka 11.8: Výpočet smyčky podlahového vytápění 7

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	3,50	m
Rozměr místnosti	$B =$	4,70	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,60	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,15	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,36	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	26,35	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	76,24	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	14,69	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	14,20	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,12	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	85,14	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	3,30	W.m^{-2}

Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	1308,31	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	1250,70	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	5,00	m
Délka hada	$L_h =$	120,15	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	140,85	kg.h ⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,19	m.s ⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	16,45	m ²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	1254	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>	<i>R.L =</i>	<i>4701</i>	<i>Pa</i>
	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,03	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,033	0,033	16	8065,825	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,0	90	1,0	46,5	47	880	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,0	0	0,0	0,0	31	0	Pa

Tabulka 11.9: Výpočet smyčky podlahového vytápění 8

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	1,40	m
Rozměr místnosti	$B =$	0,80	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹

Rozteč trubek	$l =$	0,075	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,11	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	26,52	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	78,25	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	0,23	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	2,13	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	1,04	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	159,90	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	3,61	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	91,68	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	37,18	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	2,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	18,68	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	39,48	kg.h⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,05	m.s⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	1,12	m²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{\text{zev}} =$	88	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R.L =$	104	Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,048	0,048	16	2260,746	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
0,5	90	0,5	18,2	37	27	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	

0,5	0	0,0	0,0	11	0	Pa
-----	---	-----	-----	----	---	----

Tabulka 11.10: Výpočet smyčky podlahového vytápění 11

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	18,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	2,00	m
Rozměr místnosti	$B =$	1,60	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,60	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	0,37	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,15	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,36	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,28	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	25,62	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	91,48	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	1,52	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	6,00	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,48	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	135,06	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	3,96	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	305,41	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	205,57	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	4,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	25,40	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	65,76	kg.h^{-1}
Rychlost průtoku	$w =$	0,09	m.s^{-1}
Podlahová plocha místnosti	$S =$	3,20	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	293	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>	<i>$R.L =$</i>	<i>324</i>	<i>Pa</i>

	tloušťka [m]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,03	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
pps	0,1	0,051	
beton	0,07	1,3	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,041	0,041	16	3765,686	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,0	90	1,0	20,7	21	85	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,0	0	0,0	0,0	11	0	Pa

Tabulka 11.11: Výpočet smyčky podlahového vytápění 21

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	2,70	m
Rozměr místnosti	$B =$	3,17	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trůbkou	$\Lambda_a =$	8,06	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Tepelná propustnost pod trůbkou	$\Lambda_b =$	1,09	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,300	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,45	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,27	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	24,52	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	54,30	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Plocha ohraničená krajními trůbkami	$S_p =$	6,79	m^2
Obvod ohraničená krajními trůbkami	$O_p =$	9,56	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,22	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	66,34	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Ztráta dolů	$q' =$	7,32	$W \cdot m^{-2}$
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	527,36	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	450,48	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	32,96	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	56,77	$kg \cdot h^{-1}$
Rychlost průtoku	$w =$	0,08	$m \cdot s^{-1}$
Podlahová plocha místnosti	$S =$	8,56	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zev} =$	465	W
Tlaková ztráta na potrubí		$R \cdot L =$	315 Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
strop	0,175	0,83	
omítka	0,03	0,88	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,043	0,043	16	3251	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	26,1	18	80	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5		0,0	0,0	11	0	Pa

Tabulka 11.12: Výpočet smyčky podlahového vytápění 22

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	3,70	m
Rozměr místnosti	$B =$	4,40	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	6,04	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	1,14	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,30	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	7,48	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,31	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	23,62	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	43,49	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	14,01	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	13,74	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,16	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	50,58	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	8,20	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	841,55	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	708,69	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	59,98	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	90,60	kg.h^{-1}
Rychlost průtoku	$w =$	0,13	m.s^{-1}
Podlahová plocha místnosti	$S =$	16,28	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{\text{zcv}} =$	708	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R.L =$	1178	Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
strop	0,175	0,83	
omítka	0,03	0,88	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,043	0,036	16	5188,208	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	36,3	25	284	Pa

ξ_{90}	φ	ξ_{φ}	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	15	0	Pa

Tabulka 11.13: Výpočet smyčky podlahového vytápění 23

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	4,00	m
Rozměr místnosti	$B =$	4,20	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda_b =$	1,09	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,30	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,45	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,27	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	24,52	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	54,30	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	15,16	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	14,22	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,15	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	62,32	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	7,32	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	1035,13	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	944,61	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	61,80	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	111,44	kg.h^{-1}
Rychlost průtoku	$w =$	0,15	m.s^{-1}
Podlahová plocha místnosti	$S =$	16,80	m^2

Celkový tepelný výkon v místnosti			$Q_{zcv} =$	912	W
<i>Tlaková ztráta na potrubí</i>			<i>R.L =</i>	1809	Pa
	tloušťka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]			
dlažba	0,01	1,01	Λ_a		
beton	0,04	1,3			
pps	0,022	0,04	Λ_b		
strop	0,175	0,83			
omítka	0,03	0,88			

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,035	0,035	16	6381,632	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_{φ}	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	39,4	27	467	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_{φ}	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	14	0	Pa

Tabulka 11.14: Výpočet smyčky podlahového vytápění 24

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	3,80	m
Rozměr místnosti	$B =$	1,95	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubicí	$\Lambda_a =$	8,06	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Tepelná propustnost pod trubicí	$\Lambda_b =$	1,09	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Rozteč trubek	$l =$	0,300	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{podl} =$	12,00	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,45	m ⁻¹
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,27	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	24,52	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	54,30	W.m ⁻²
Plocha ohraničená krajními trubicemi	$S_p =$	5,49	m ²
Obvod ohraničená krajními trubicemi	$O_p =$	9,32	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,27	-

Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	68,82	$W \cdot m^{-2}$
Ztráta dolů	$q' =$	7,32	$W \cdot m^{-2}$
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	456,57	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	377,82	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	28,94	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	49,15	$kg \cdot h^{-1}$
Rychlost průtoku	$w =$	0,07	$m \cdot s^{-1}$
Podlahová plocha místnosti	$S =$	7,41	m^2
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	402	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R \cdot L =$	250	Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λ_a
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λ_b
strop	0,175	0,83	
omítka	0,03	0,88	

λ_0	λ	d [mm]	re	k		
0,044	0,044	16	2814,756	0,001		
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
1,5	90	1,5	37,3	25	86	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_φ	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
1,5	0	0,0	0,0	7	0	Pa

Tabulka 11.15: Výpočet smyčky podlahového vytápění 25

Vnitřní výpočtová teplota	$t_i =$	20,00	°C
Střední teplota otopné vody	$t_m =$	30,00	°C
Rozměr místnosti	$A =$	5,00	m
Rozměr místnosti	$B =$	7,80	m
Vnější průměr trubky	$d =$	0,02	m
Tepelná propustnost nad trubkou	$\Lambda_a =$	8,06	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Tepelná propustnost pod trubkou	$\Lambda b =$	1,09	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Součinitel materiálu	$\lambda_d =$	1,30	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rozteč trubek	$l =$	0,90	m
Součinitel přestupu tepla (podlaha-vzduch)	$\alpha_{\text{podl}} =$	12,00	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Charakteristické číslo podlahy	$m =$	8,45	m^{-1}
Velikost okrajové plochy	$r =$	0,27	m
Střední povrchová teplota podlahy	$t_p =$	21,77	°C
Měrný tepelný výkon do místnosti	$q =$	21,20	W.m^{-2}
Plocha ohraničená krajními trubkami	$S_p =$	38,79	m^2
Obvod ohraničená krajními trubkami	$O_p =$	23,42	m
Výkon okr. zóny/ výkon bez okraj. zóny	$q_o/q_p =$	0,24	-
Plošný výkon bez okrajových zón	$q_p =$	26,36	W.m^{-2}
Ztráta dolů	$q' =$	2,86	W.m^{-2}
Celk.výkon vč. ztrát podlahou a okraj. zóny	$Q_c =$	938,17	W
Výkon podlahy bez okrajové zóny	$Q_p =$	1022,66	W
Tloušťka stěny trubky	$t =$	0,0018	m
Vnitřní průměr trubky	$d_v =$	0,016	m
Teplotní spád	$\Delta t =$	8,00	°C
Délka přípojky smyčky	$L_p =$	3,00	m
Délka hada	$L_h =$	48,50	m
Hmotnostní tok trubkou	$m =$	101,00	kg.h⁻¹
Rychlost průtoku	$w =$	0,14	m.s⁻¹
Podlahová plocha místnosti	$S =$	39,00	m²
Celkový tepelný výkon v místnosti	$Q_{zcv} =$	827	W
Tlaková ztráta na potrubí	$R.L =$	1132	Pa
	tloušťka [m]	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
dlažba	0,01	1,01	Λa
beton	0,04	1,3	
pps	0,022	0,04	Λb
strop	0,175	0,83	
omítka	0,03	0,88	

λ_0	λ	d [mm]	re	k
0,036	0,036	16	5783,86	0,001

ξ_{90}	φ	ξ_{φ}	ξ spirála	n spirála	Z spirála	
2,4	90	2,4	23,8	11	232	Pa
ξ_{90}	φ	ξ_{φ}	ξ meandr	n meandr	Z meandr	
2,4	0	0,0	0,0	9	0	Pa

14 Příloha C (výkresová dokumentace stavebních půdorysů a řezu objektu vytápění a vzduchotechniky)

Výkresová dokumentace stavební:

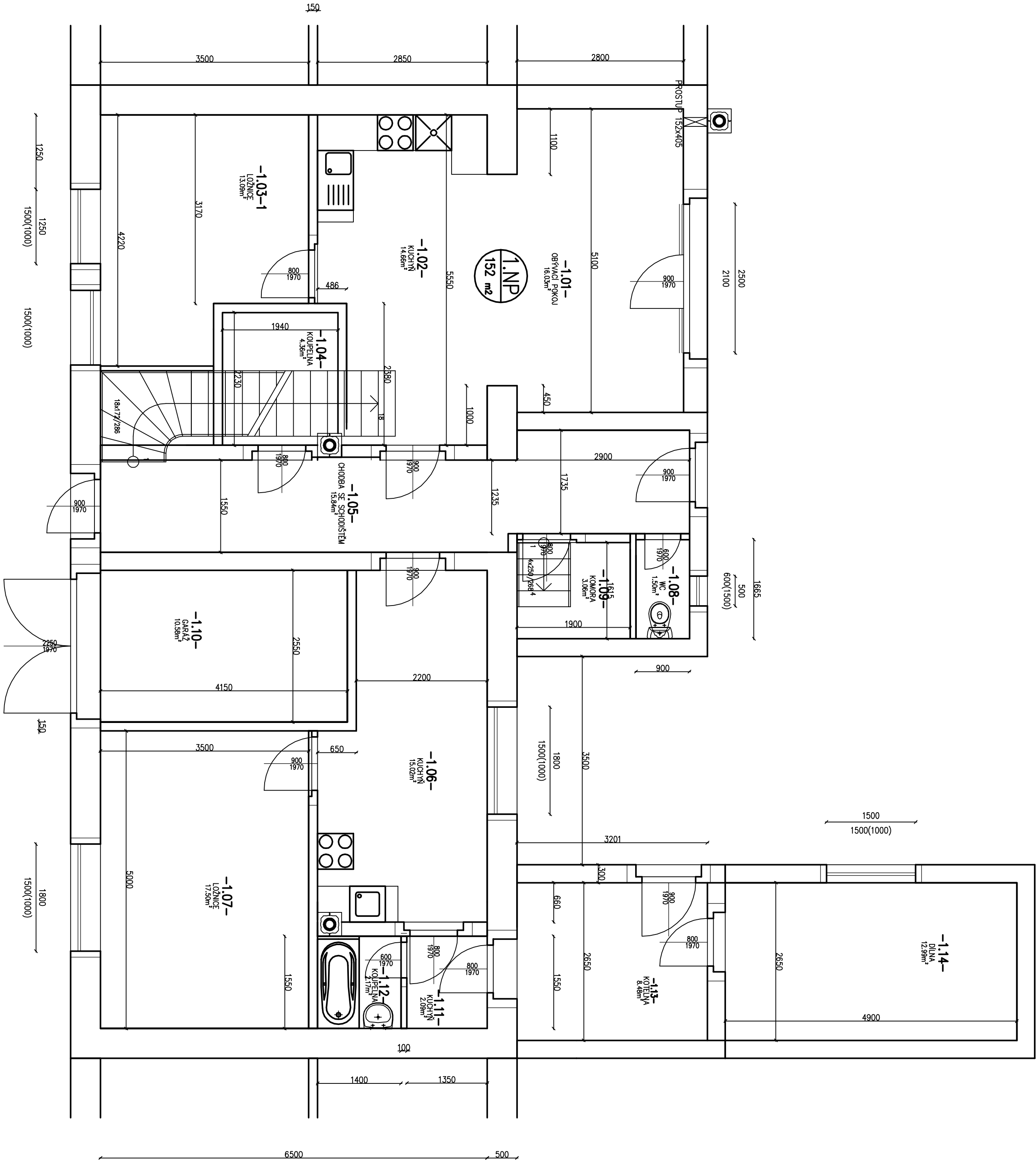
- ST 01 - Půdorys 1. NP (6 A4)
- ST 02 - Půdorys 2. NP (6 A4)
- ST 03 - Pohled P (2A4)

Výkresová dokumentace vytápění:

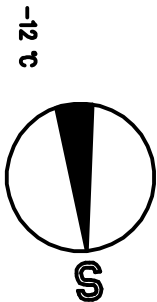
- UT 01 - Půdorys ÚT 1. NP (6 A4)
- UT 02 - Půdorys ÚT 2. NP (6 A4)
- UT 03 - Schéma zapojení ÚT (6 A4)

Výkresová dokumentace větrání:

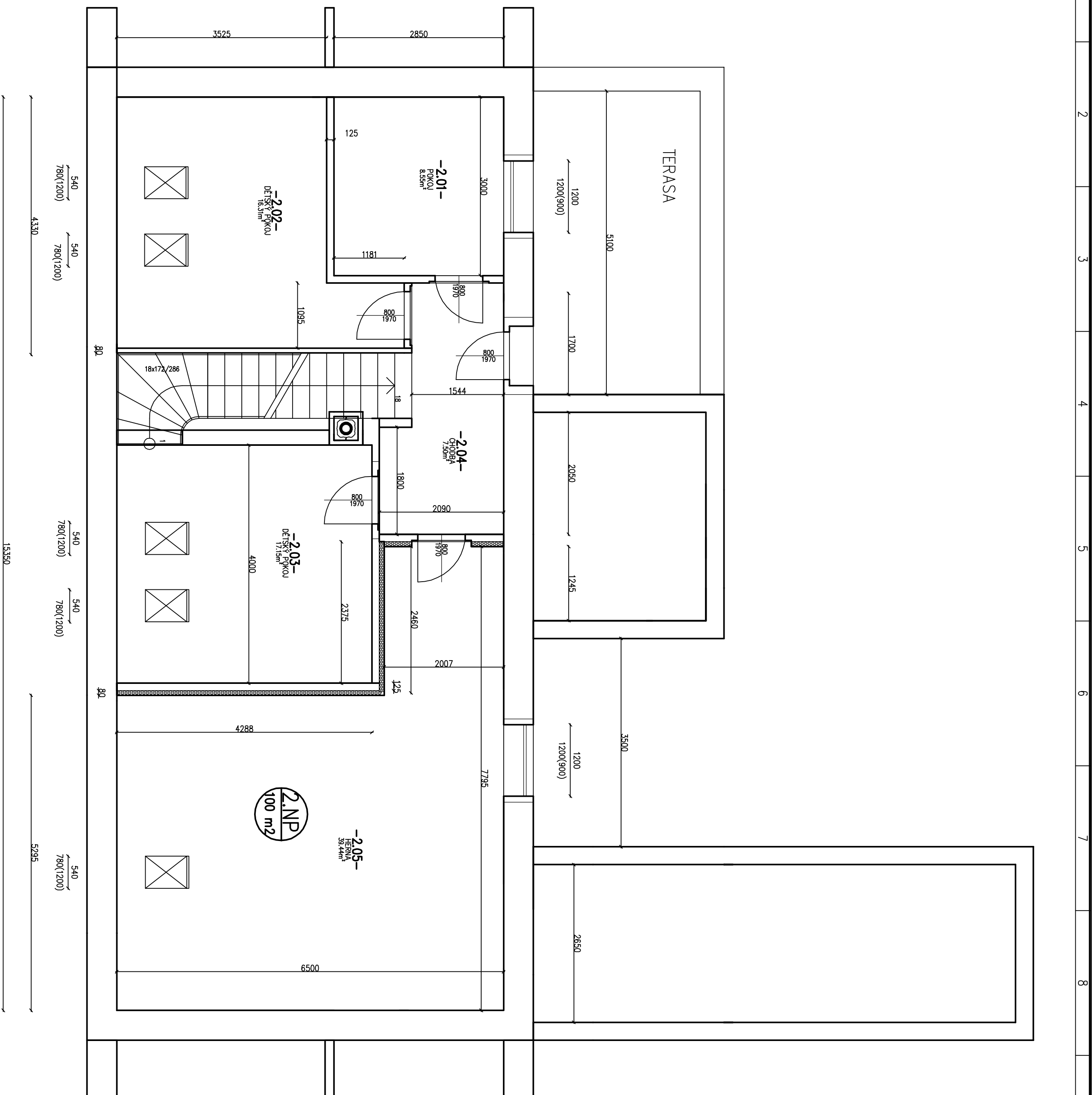
- VZD 01 - Půdorys VZD 1. NP (6 A4)
- VZD 02 - Půdorys VZD 2. NP (6 A4)
- VZD 03 - Schéma zapojení VZD (6 A4)



SVĚTLÁ VÝŠKA PODLAŽÍ 2800 MM
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA PODLAŽÍ 3100 MM



VED. PROJEKTANT		ZOD. PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA			
		Jmeno	Bc. Petr Minarik				
INVESTOR							
Diplomová práce: Návrh vytápění a větrání v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě						FORMAT	
						DATUM	
						STUPEŇ	
						Č. ZAKÁŽKY	
						SPECIALIZACE	
Č. ARCHIVU							
MĚŘÍTKO						Č. VYKRESU	
1. Nadzemní podlaží						1:50	ST 01



SVĚTLA VŘŠKA PODLAŽÍ 2800 MM
KONSTRUKČNÍ VŘŠKA PODLAŽÍ 3100 MM

-12 °C

VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA
	Jméno	Bc. Petr Mlnářík	

VUT FSI BRNO

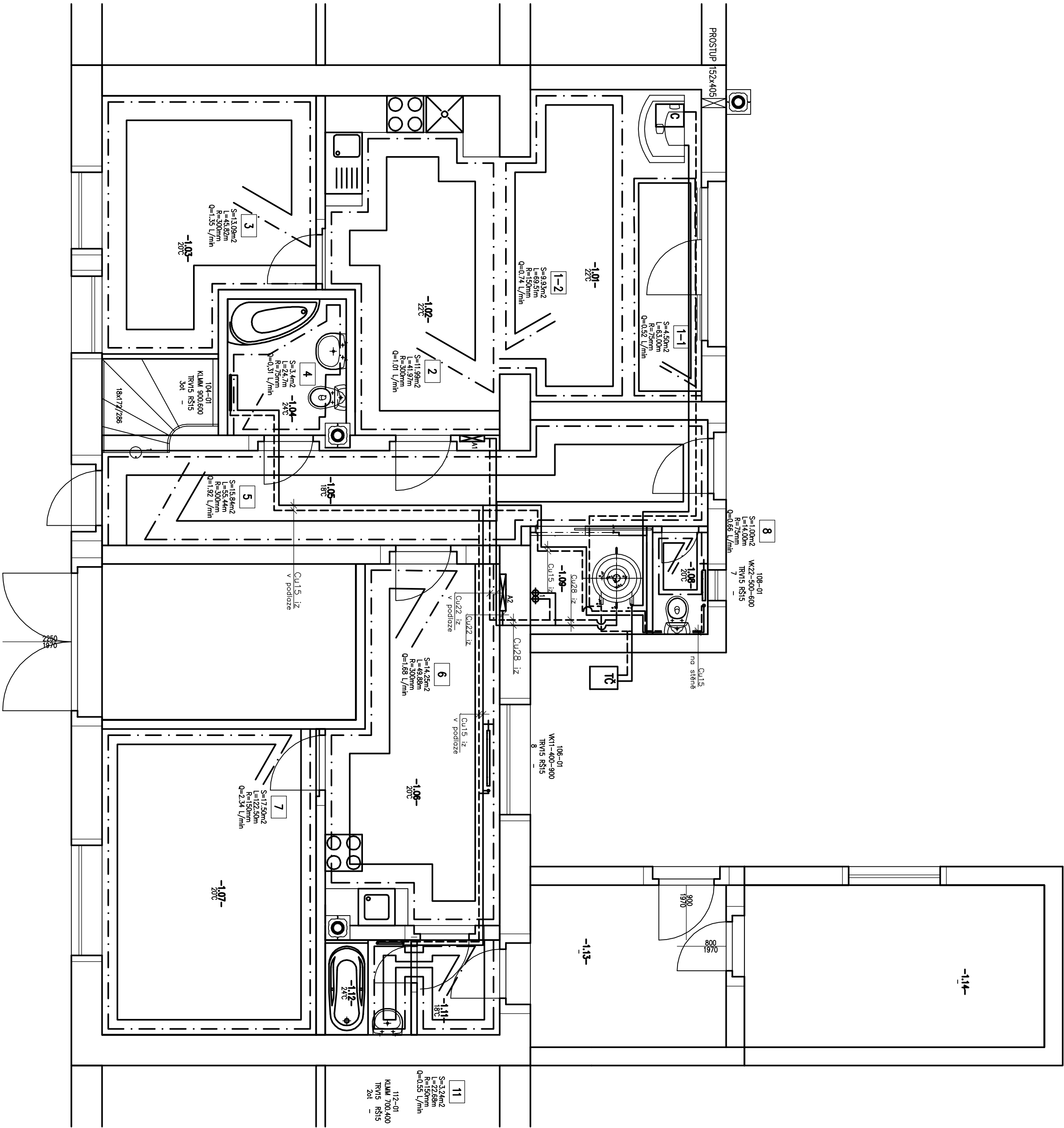
INVESTOR

FORMAT
A2

Diplomová práce:
Návrh vytápění a větrání v
rekonstruovaném dvoupodlažním
rodinném domě

MĚŘITKO
1:50

Č. VÝKRESU
ST 02



Legenda potrubí:

- potrubní topné
- potrubí vratné
- potrubí expanzní
- potrubí přívodní k podlahovému vytápění
- potrubí vratné k podlahovému vytápění

Legenda armatur:

- KK – kulový kohout
- F – filtr
- VK – vypouštěcí kohout
- VP – ventil pojistný
- AOV – automatický odvzdušňovací ventil

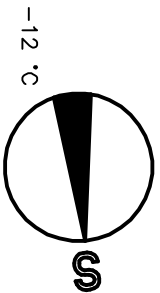
Legenda otopných těles:

- 112-01 pozice otopného tělesa
- KLMM 700.400 trubkové otopné těleso typ – výška, šířka
- TRV15 RŠ15 regulační armatura HM
- Zot – nastavení regulačního prvku
- 108-01 pozice otopného tělesa
- WK22-500-600 deskové otopné těleso typ – výška – délka
- TRV15 RŠ15 regulační armatura
- 7 nastavení regulačního prvku

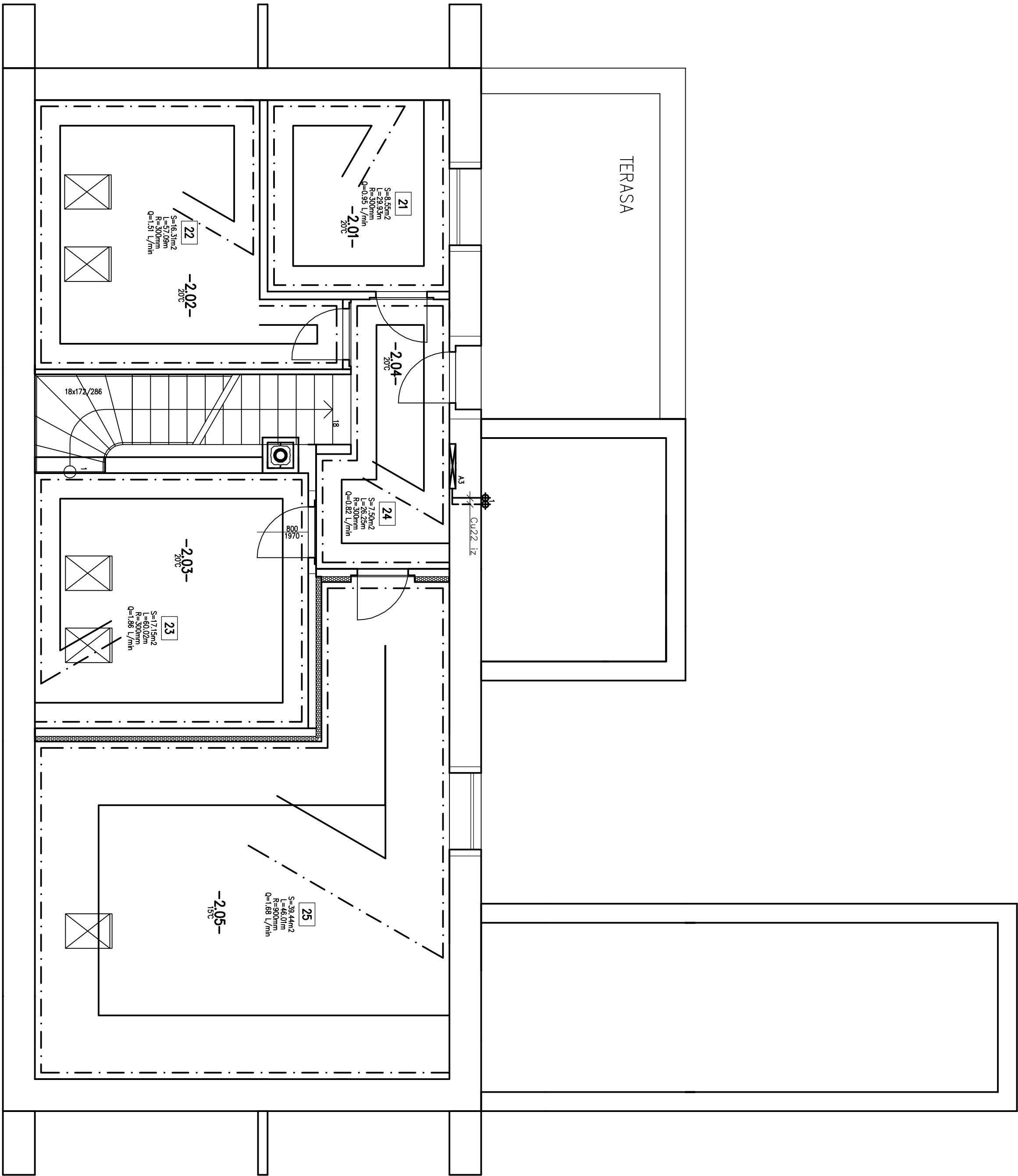
25 pozice otopné smyčky

S=39.44m² plocha smyčky
L=46.01m délka potrubí ve smyčce
R=900mm rozteč potrubí
Q=1.68 L/min průtok otopné vody

Legenda podlahového vytápění:



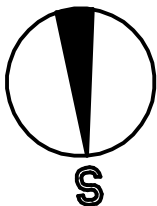
VED.PROJEKTANT		ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Jirmeno	Bc. Petr Minarik			
INVESTOR					FORMAT	A2
Diplomová práce: Návrh vytápění a větrání v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě					DATUM	
					STUPEŇ	
					ČZAKÁŽKY	
					SPECIALIZACE	
					Č.ARCHIVNI	
					MĚŘÍTKO	Č.VYKRESU
Pudorys UT 1.NP					1:50	UT 01



- Legenda potrubí:
- potrubní topné
 - potrubí vratné
 - potrubí přívodní k podlahovému vytápění
 - potrubí vratné k podlahovému vytápění

- Legenda podlahového vytápění:
- 25
- pozice otopné smyčky
- S=39,44m² plocha smyčky
- L=46,01m délka potrubí ve smyčce
- R=900mm rozteč potrubí
- Q=1,68 L/min průtok otopné vody

-12 °C



VED. PROJEKTANT		ZOD. PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Jihovo	Bc. Petr Minář			
INVESTOR					FORMAT	A2
Diplomová práce: Návrh vytápění a větrání v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě					DATUM	
					STUPEŇ	
					ČZKÁŽKY	
					SPECIALIZACE	
					ČAROVNI	
Přidorys UT 2.NP					MĚŘÍTKO	1:50
					Č. VYKRESU	UT 02

Schéma podlahového vytápění

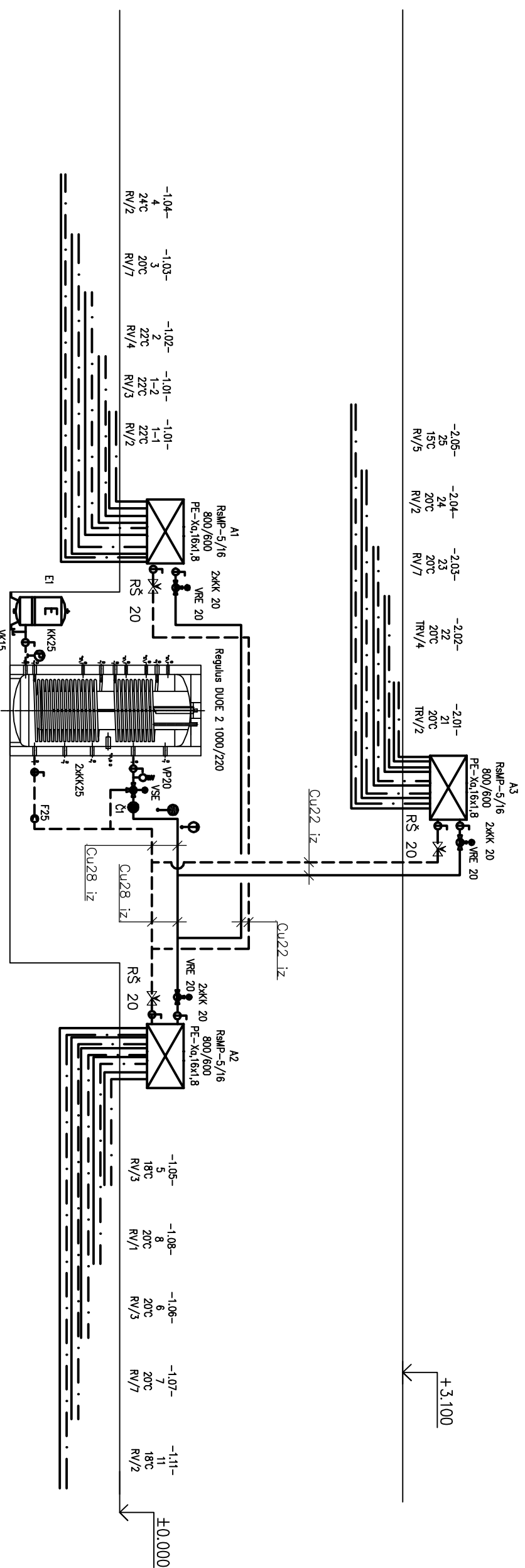


Schéma systému otopných těles

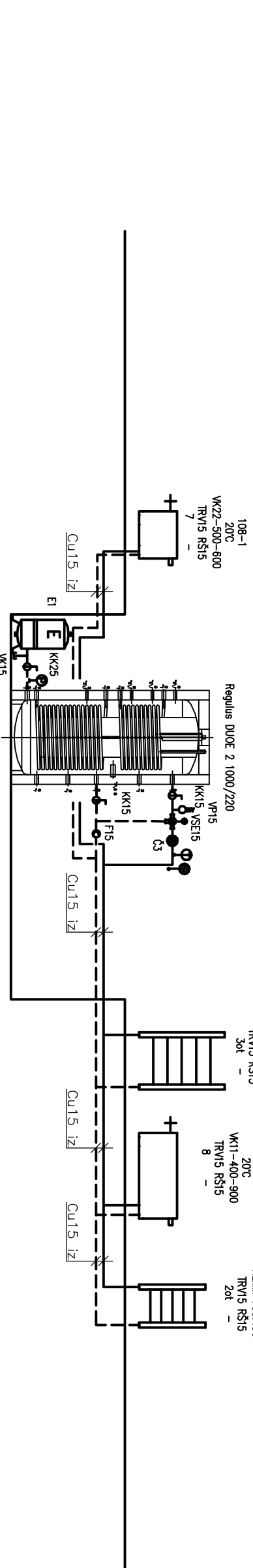
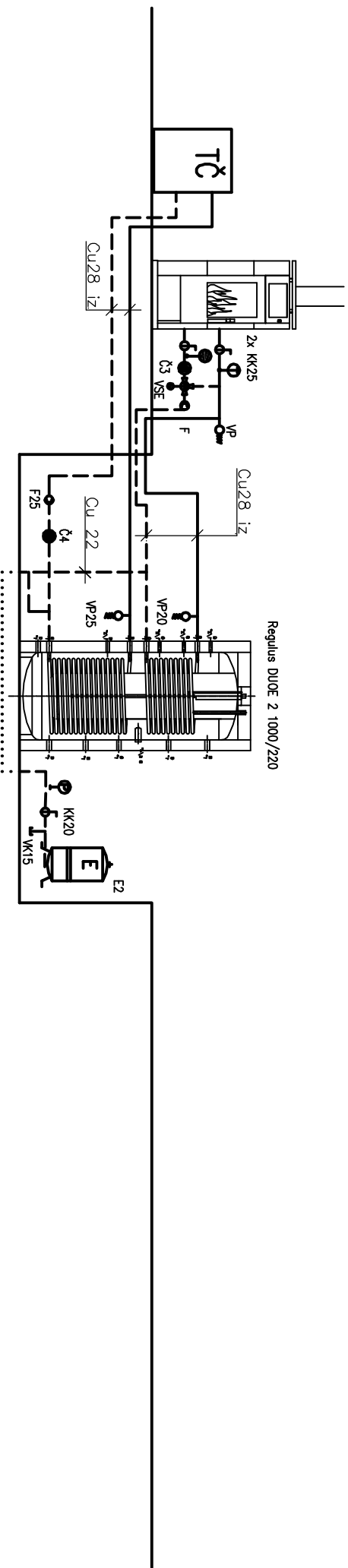


Schéma zapojení zdrojů tepla



Legenda potrubí:

- potrubní topné
- potrubí vratné
- potrubí expanzní
- potrubí přírodní k podlahovému vytápění
- potrubí vratné k podlahovému vytápění

Legenda armatur:

- KK – kulový kohout
- F – filtr
- VK – vypouštěcí kohout
- VP – ventili pojistný
- AOV – automatický odvzdušňovací ventil
- RŠ – regulační šroubení STK

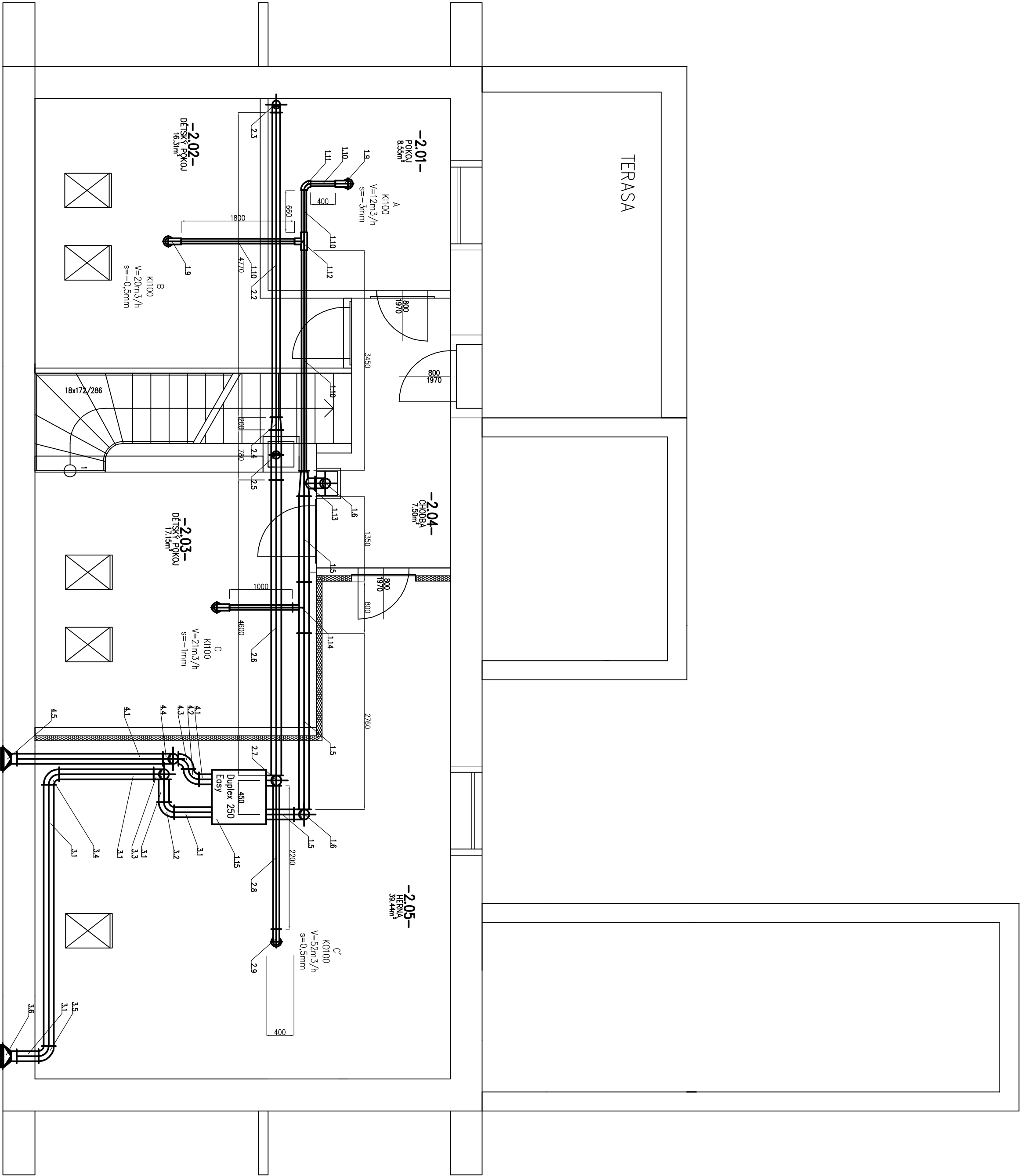
Legenda zařízení:

- VSE 1 – ventili směšovací s elektrickým pohonem, Kvs = , DN15
- VSE 2 – ventili směšovací s elektrickým pohonem, Kvs = , DN15
- VSE 3 – ventili směšovací s elektrickým pohonem, Kvs = , DN15
- VRE – ventili dvousečný regulační s elektrickým pohonem
- Č1 – oběhové čerpadlo, p= ,m= , P= ,
- Č2 – oběhové čerpadlo, p= , m= , P= ,
- Č3 – oběhové čerpadlo, p= , m= ,P= ,
- Č4 – oběhové čerpadlo, p= , m= , P= ,
- E1 – expanzní nádoba s membránou, V= , PN20
- E2 – expanzní nádoba s membránou, V= , PN20

Legenda měřícího zařízení:

- tlakoměr v návořku + tlakoměřový kohout, rozsah 0–400 kPa
- teploměr v jímce, rozsah 0–120 °C
- snímač teploty v jímce

VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO			
	Jiheno	Bc. Petr Minářik					
INVESTOR				FORMAT	A2		
Diplomová práce: Návrh vytápění a větrání v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě				DATUM			
				STUPEŇ			
				ČZAKÁŽKY			
				SPECIALIZACE			
				ČARCIWI			
Schéma UT				MĚŘIKO	Č.VKRESU UT 03		



Pozice přívodního potrubí:

- 1.1 Výústka KI 125
- 1.2 Potrubí hladké ø125 mm
- 1.3 Koleno 90° ø125 mm
- 1.4 T-kus 160-125-100
- 1.5 Potrubí hladké ø160 mm
- 1.6 Stoupací potrubí ø 160 mm
- 1.7 Redukce 160-100
- 1.8 Potrubí hladké ø100 mm
- 1.9 Výústka KI 100
- 1.10 Flexibilní potrubí Green Pipe ø90/75 mm
- 1.11 Koleno ø100 mm
- 1.12 T-kus 100-100-100
- 1.13 T-kus 160-160-100
- 1.14 T-kus 160-100-160
- 1.15 Duplex 250 Easy, jednotka zavěšena pod stropem 2.NP

Pozice odvodního potrubí:

- 2.1 Výústka KO 125
- 2.2 Potrubí hladké ø125 mm
- 2.3 Stoupací potrubí ø125 mm + Koleno 90° ø125 mm
- 2.4 Redukce 160-125
- 2.5 T-kus 160-125-160
- 2.6 Potrubí hladké ø160 mm
- 2.7 Koleno proti ø160 mm + T-kus 160-160-100
- 2.8 Potrubí hladké ø100 mm
- 2.9 Výústka KO 100
- 2.10 Stoupací potrubí ø125 mm + Koleno 90° ø125 mm

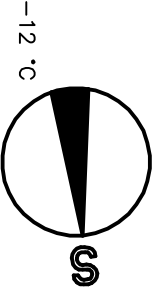
Pozice sacího potrubí:

- 4.1 Potrubí hladké ø160 mm
- 4.2 Koleno 90° ø160 mm
- 4.3 Koleno 90° ø160 mm
- 4.4 Koleno 90° od, ø160 mm
- 4.5 Fosadní výústka výfukové hlavice, ø160 mm

Pozice výfukového potrubí:

- 3.1 Potrubí hladké ø160 mm
- 3.2 Koleno 90° ø160 mm
- 3.3 Koleno 90° od (klesání), ø160 mm
- 3.4 Koleno 90° ø160 mm
- 3.5 Koleno 90° ø160 mm
- 3.6 Fosadní výústka 350x350, ø160 mm

VÝŠKA PODLAŽÍ 3100 MM



VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO			
	Jiheno	Bc. Petr Minářík					
INVESTOR				FORMAT	A2		
Diplomová práce: Navrh výtápění a větrání v rekonstruovaném dvoupodlažním rodinném domě				DATUM			
				STUPEŇ			
				ČZAKÁŽKY			
				SPECIALIZACE			
				Č.ARCHIVNI			
Půdorys VZD 2.NP				MĚŘÍTKO	1:50	Č.VYKRESU	VZD 02

