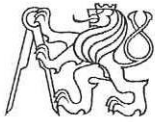


Studie zásobování bytového domu teplem

Diplomová práce



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Milan Rozsival**

Studijní program: **Inteligentní budovy**

Název tématu česky: **Studie zásobování bytového domu teplem**

Název tématu anglicky: **The Study of Heat Supply of a Residential Building**

Pokyny pro vypracování:

Řešte studii vytápění a přípravy teplé vody bytového domu. Otopnou soustavu navrhnete teplovodní s otopnými tělesy a podlahovou otopnou plochou. Pro daný objekt rozpracujete variantu pokrytí potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody plynem. Dále navrhnete alespoň dvě alternativní varianty systému přípravy teplé vody nezávislé na zásobování objektu zemním plynem. Studii doplňte o návrh vhodného způsobu elektronického zabezpečení domu a technického zázemí.

Seznam odborné literatury:

- [1] Bašta, J.: Otopné plochy. Vydavatelství ČVUT, 2001. 328 s. ISBN 80-01-02365-6.
- [2] Bašta, J., Vavříčka, R.: Otopné plochy – cvičení. Vydavatelství ČVUT, 2005. 109 s. ISBN 80-01-03344-9.
- [3] Brož, K.: Vytápění. Vydavatelství ČVUT, 2002. 205 s. ISBN 80-01-02536-5.
- [4] Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. Vydavatelství ČVUT, 2003. 252 s. ISBN 80-01-02808-9.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Vavříčka, Ph.D. (fakulta strojní)

Datum zadání diplomové práce: 18. září 2014

Platnost zadání do¹: 29. ledna 2016

Doc./ Ing. Jan Holub, Ph.D.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 18. 9. 2014

¹ Platnost zadání je omezena na dobu tří následujících semestrů.

Anotace

Úkolem práce bylo řešit studii tepelně technických vlastností budovy bytového domu, navrhnout tepelnou izolaci konstrukcí budovy a systém vytápění. Kromě návrhu otopné soustavy byl úkolem rovněž návrh zásobování bytů teplou vodou. Příprava teplé vody je vypracována ve třech variantách, kde zdrojem je plynový kotel, solární kolektory a tepelné čerpadlo. Součástí práce je návrh elektronického zabezpečovacího a přístupového systému.

Annotation

Task was to deal with the study of thermal properties of building an apartment house, propose thermal insulation of building structures and heating system. In addition to the proposal of the heating system was also proposed a task supply of apartments with warm water. Hot water is produced in three variants, where the source of energy is a gas boiler, sun collectors or heat pump. Part of this work is the design of electronic security and access system.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D., s použitím literatury a zdrojů uvedených v kapitole 14.

V Praze 10. 5. 2015

Milan Rozsival

Obsah

Kapitola	str.
Anotace	3
Prohlášení	4
Obsah	5
1. Úvod	7
1.1 Popis objektu	7
1.2 Klimatické údaje	7
2. Návrh tepelné izolace	7
2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	7
2.2 Navržené složení konstrukcí	9
3 Energetická bilance budovy	15
3.1 Určení tepelných ztrát prostupem	15
3.2 Určení tepelných ztrát větráním	22
3.3 Výpočet tepelných ztrát prostupem	23
3.4 Výpočet tepelných ztrát větráním	23
3.5 Celkové tepelné ztráty	23
4. Návrh otopných ploch	24
4.1 Rozdělení bytového domu na zóny	24
4.2 Volba otopných ploch v jednotlivých prostorech	26
4.3 Návrh výkonu otopných ploch	27
4.4 Návrh otopných ploch ve společných prostorech	28
4.5 Návrh otopných ploch v bytech	28
5. Návrh potrubní sítě	31
5.1 Návrh potrubní sítě	31
5.2 Výpočet tlakových ztrát v potrubí	31
5.3 Tlakové vyvážení smyček	33
5.4 Návrh zónové regulace	34
5.5 Návrh oběhového čerpadla	35
5.6 Návrh termohydraulického rozdělovače	36
5.7 Návrh hlavního rozdělovače	37
6. Návrh zdroje tepla	38
6.1 Návrh pojistného zařízení	38
6.2 Návrh zabezpečovacího zařízení	39
7. Návrh přípravy teplé vody	40
7.1 Návrh zásobníku TV podle ČSN 06 0320	40
7.2 Návrh zásobníku TV dle DIN 4708	41
7.3 Cena instalace	43
7.4 Návrh vodovodu teplé, studené vody a cirkulace	44
8. Alternativní způsoby přípravy teplé vody	46

8.1 Solární kolektory	46
8.1.1 Výběr typu	46
8.1.2 Výpočet pojistného a zabezpečovacího zařízení	47
8.2 Tepelné čerpadlo	49
8.2.1 Princip	49
8.2.2 Výběr typu TČ	49
8.2.3 Návrh tepelného čerpadla	49
8.2.4 Výpočet pojistného a zabezpečovacího zařízení	50
8.3 Výpočet návratnosti	51
8.3.1 Výpočet SPF tepelného čerpadla	51
8.3.2 Výpočet účinnosti kondenzačního kotle	52
8.3.3 Výpočet potřeby tepla a paliva	52
8.3.4 Srovnání návratnosti obou variant	54
9. Elektronický zabezpečovací systém	55
10. Systém domovního videotelefonu	56
11. Měření a regulace	57
11.1 Měření spotřeby	57
11.2 Regulace systému vytápění a přípravy teplé vody	57
11.3 Garážová vrata	57
12. Závěr	58
13. Přehled použitých značek	59
14. Seznam použité literatury	63
15. Seznam příloh	64

1. Úvod

1.1 Popis objektu

Projektovaný objekt je čtyřpodlažní bytový dům, v 1. podzemním patře je umístěna garáž, sklepy, technická místnost a zádveří, v 1. nadzemním patře jsou, kromě společných prostor, umístěny 3 byty, v 2. nadzemním patře taktéž 3 byty a ve 3. nadzemním patře 2 byty.

1.2 Klimatické údaje

Objekt stojí v Praze, počítám s následujícími klimatickými údaji.

$\theta_{e,v}$	venkovní výpočtová teplota	[°C]	-12
$\theta_{e,s}$	průměrná venkovní teplota za otopné období ($\theta_{e,m} = 13^{\circ}\text{C}$)	[°C]	4,3
d	počet dní otopného období ($\theta_{e,m} = 13^{\circ}\text{C}$)	[dny]	225

Tabulka 1.1

2. Návrh tepelné izolace

2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Při návrhu konstrukcí z tepelně izolačního hlediska jsem vycházel z doporučených hodnot $U_{REC,20}$, dle normy ČSN 73 0540-2:2011.

Konstrukce	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Stěna vnější	0,25
Střecha plochá	0,16
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,16
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,30
Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,30
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	0,70
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	0,90
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	1,80
Výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,20
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	2,30

Tabulka 2.1

Součinitel prostupu tepla je daný vztahem:

$$U = \frac{1}{R_{s1} + \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} + R_{s2}} \quad (2.1)$$

U [W.m⁻².K⁻¹]

součinitel prostupu tepla konstrukcí

$R_{s1}, R_{s2} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	tepelný odpor při přestupu tepla mezi povrchem konstrukce a okolním vzduchem
$s_i [m]$	tloušťka i-té vrstvy konstrukce
$\lambda_i [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	tepelná vodivost i-té vrstvy konstrukce

Hodnoty tepelných odporů R_{s1} a R_{s2} závisí na tom, zda se jedná o přestup na vnitřní straně (R_{si}), nebo na vnější straně (R_{se}) a dále na směru tepelného toku nebo rychlosti proudění vzduchu.

Hodnoty tepelného odporu R_{si} a R_{se} podle směru tepelného toku [L5].

Tepelný odpor při přestupu tepla [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Tabulka 2.2

Hodnoty tepelného odporu R_{se} podle rychlosti proudění vzduchu [L5].

Rychlost větru [$m \cdot s^{-1}$]	R_{se} [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

Tabulka 2.3

Ke splnění doporučených hodnot je nutné, aby součinitel prostupu tepla U byl menší nebo roven hodnotě $U_{REC,20}$ (2.2).

$$U_{REC,20} \geq \frac{1}{R_{s1} + R_{IZO} + \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} + R_{s2}} \quad (2.2)$$

$U_{REC,20}$ doporučená hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí pro nízkoenergetický standard

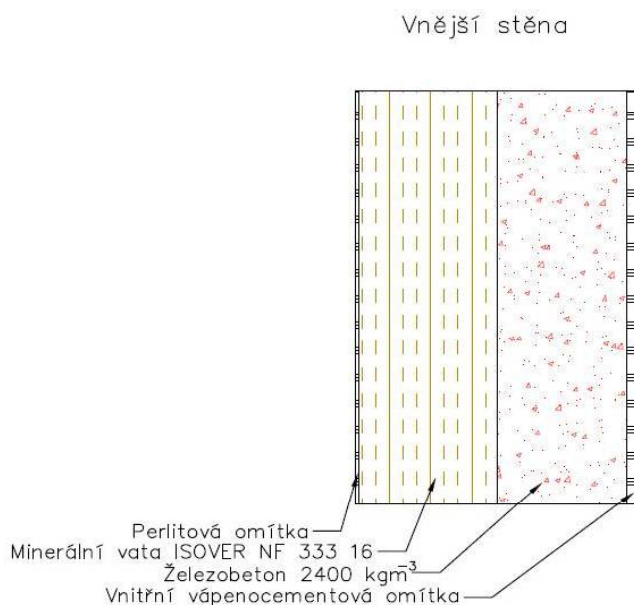
R_{IZO} tepelný odpor izolační vrstvy konstrukce

Tepelný odpor izolační vrstvy konstrukce pak musí splňovat toto kritérium (2.3).

$$R_{IZO} \geq \frac{1}{U_{REC,20}} - R_{s1} - \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} - R_{s2} \quad (2.3)$$

2.2 Navržené složení konstrukcí

Vnější stěna – obrázek 2.1, tabulka 2.4.

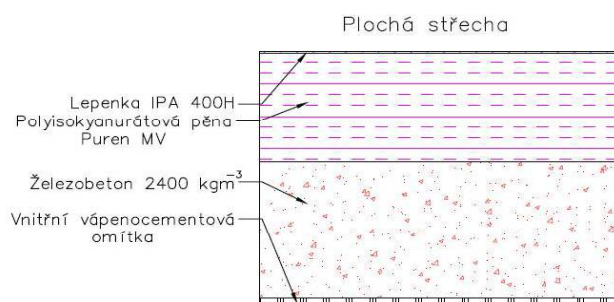


Obrázek 2.1

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Stěna vnější					0,25
Přestup tepla na vnějším povrchu R_{se}			0,040		
Omítka perlitová	0,100	0,004	0,040		
Minerální vata ISOVER NF 333 16	0,041	0,160	3,902		
Železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,150	0,095		
Vnitřní vápenocementová omítka	0,990	0,015	0,015		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
Celkem		0,329	4,223	0,237	OK

Tabulka 2.4

Plochá střecha – obrázek 2.2, tabulka 2.5.

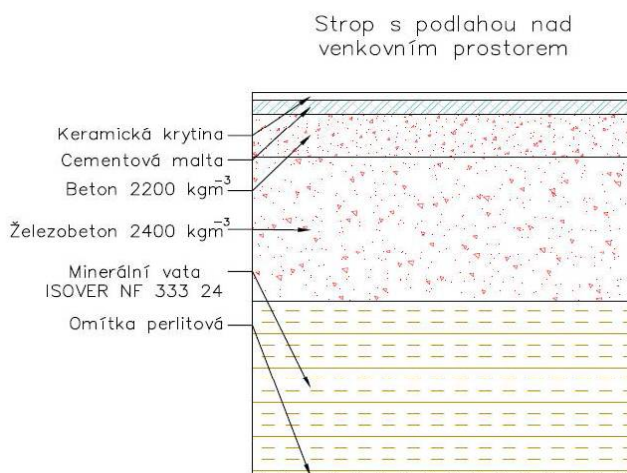


Obrázek 2.2

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Střecha plochá					0,16
Přestup tepla na vnějším povrchu R_{se}			0,040		
Lepenka IPA 400H	0,200	0,003	0,015		
Polyisokyanurátová pěna Puren MV	0,025	0,160	6,400		
Železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,200	0,127		
Vnitřní vápenocementová omítka	0,990	0,015	0,015		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,100		
Celkem		0,378	6,597	0,152	OK

Tabulka 2.5

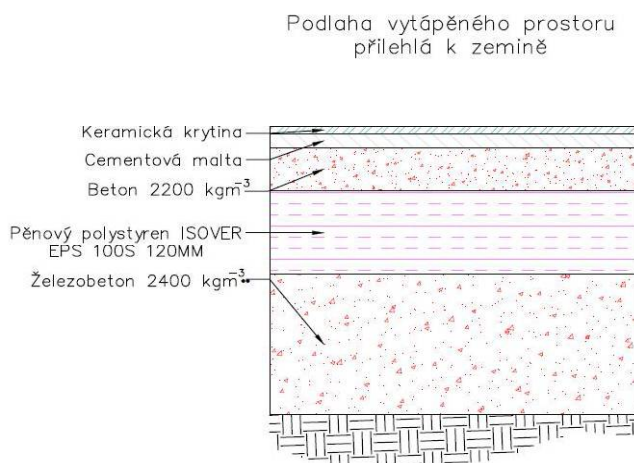
Strop s podlahou nad venkovním prostorem – obrázek 2.3, tabulka 2.6.



Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Strop s podlahou nad venkovním prostorem					0,16
Přestup tepla na vnějším povrchu R_{se}			0,040		
Omítka perlitová	0,100	0,004	0,040		
Minerální vata ISOVER NF 333 24	0,041	0,240	5,854		
Železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,200	0,127		
Beton 2200kg.m ³	1,300	0,060	0,046		
Cementová malta	1,160	0,020	0,017		
Keramická krytina	1,010	0,010	0,010		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,170		
Celkem		0,534	6,304	0,159	OK

Tabulka 2.6

Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině – obrázek 2.4, tabulka 2.7.

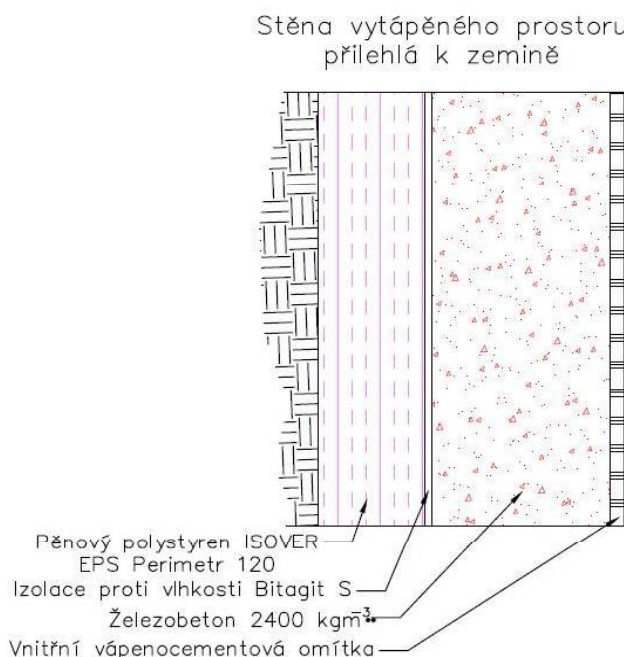


Obrázek 2.4

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině					0,30
Přestup tepla na vnějším povrchu R_{se}			0,040		
Železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,200	0,127		
Pěnový polystyren ISOVER EPS 100S 120MM	0,037	0,120	3,243		
Beton 2200kg.m ³	1,300	0,060	0,046		
Cementová malta	1,160	0,020	0,017		
Keramická krytina	1,010	0,010	0,010		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,170		
Celkem		0,410	3,653	0,274	OK

Tabulka 2.7

Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině – obrázek 2.5, tabulka 2.8.



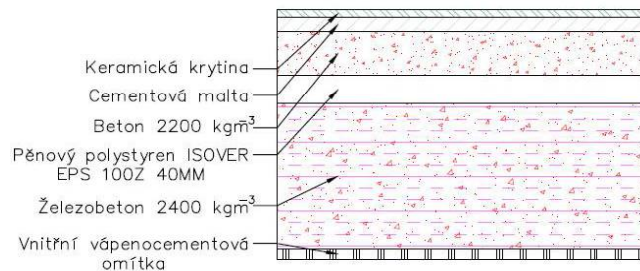
Obrázek 2.5

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině					0,30
Přestup tepla na vnějším povrchu R_{se}			0,040		
Pěnový polystyren ISOVER EPS Perimetr 120	0,034	0,120	3,529		
Izolace proti vlhkosti Bitagit S	0,200	0,007	0,035		
Železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,200	0,127		
Vnitřní vápenocementová omítka	0,990	0,015	0,015		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
		0,342	3,876	0,258	OK

Tabulka 2.8

Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně – obrázek 2.6, tabulka 2.9.

Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně



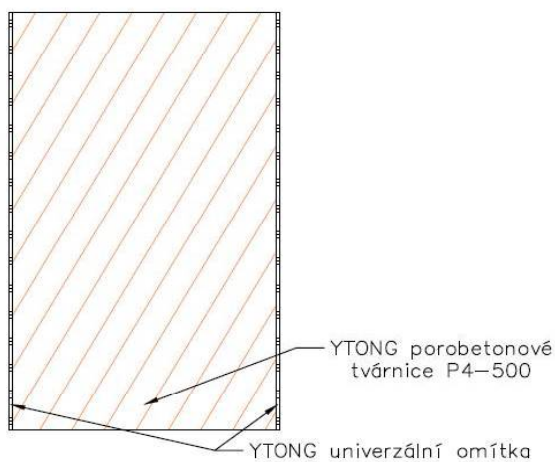
Obrázek 2.6

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně					0,70
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,100		
Keramická krytina	1,010	0,010	0,010		
Cementová malta	1,160	0,020	0,017		
Beton 2200kg.m ³	1,300	0,060	0,046		
Pěnový polystyren ISOVER EPS 100Z 40MM	0,037	0,040	1,081		
železobeton 2400kg.m ³	1,580	0,200	0,127		
Vnitřní vápenocementová omítka	0,990	0,015	0,015		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,100		
Celkem		0,345	1,496	0,668	OK

Tabulka 2.9

Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C – mezi bytem a chodbou – obrázek 2.7, tabulka 2.10.

Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně – mezi byty a chodbou



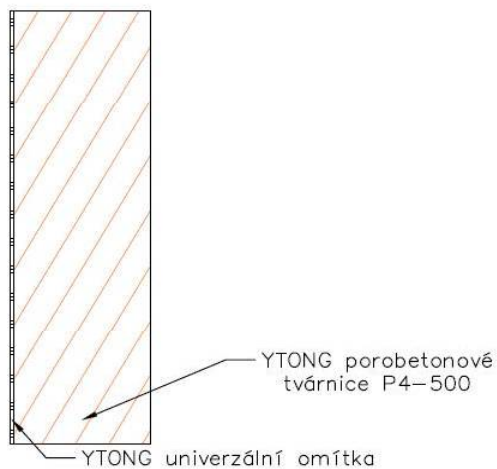
Obrázek 2.7

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně (mezi byty a chodbou)					0,90
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
YTONG univerzální omítka	0,800	0,004	0,005		
YTONG porobetonové tvárnice P4-500	0,150	0,300	2,000		
YTONG univerzální omítka	0,800	0,004	0,005		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
Celkem		0,308	2,270	0,441	OK

Tabulka 2.10

Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně – instalační šachty – obrázek 2.8, tabulka 2.11.

Stěna mezi prostory s
rozdílem teplot do 10°C včetně
– instalační šachty



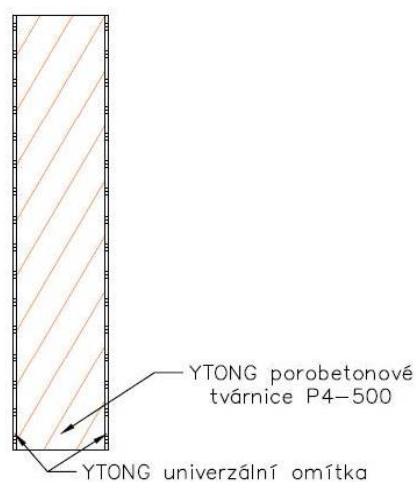
Obrázek 2.8

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně (instalační šachty)					0,90
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
YTONG univerzální omítka	0,800	0,004	0,005		
YTONG porobetonové tvárnice P3-550	0,170	0,150	0,882		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
Celkem		0,154	1,147	0,872	OK

Tabulka 2.11

Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně – obrázek 2.9, tabulka 2.12.

Stěna mezi prostory s
rozdílem teplot do 5°C včetně



Obrázek 2.9

Konstrukce	λ	s	R	U_{SK}	$U_{REC,20}$
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]	[m]	[K.m ² W ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]	[W.m ⁻² K ⁻¹]
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně					1,80
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
YTONG univerzální omítka	0,800	0,004	0,005		
YTONG porobetonové tvárnice P3-550	0,170	0,100	0,588		
YTONG univerzální omítka	0,800	0,004	0,005		
Přestup tepla na vnitřním povrchu R_{si}			0,130		
Celkem		0,108	0,858	1,165	OK

Tabulka 2.12

3 Energetická bilance budovy

3.1 Určení tepelných ztrát prostupem

Celková tepelná ztráta objektu [L6] Φ se vypočítá jako součet tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcí Φ_T a tepelné ztráty výměnou vzduchu (větráním) Φ_v .

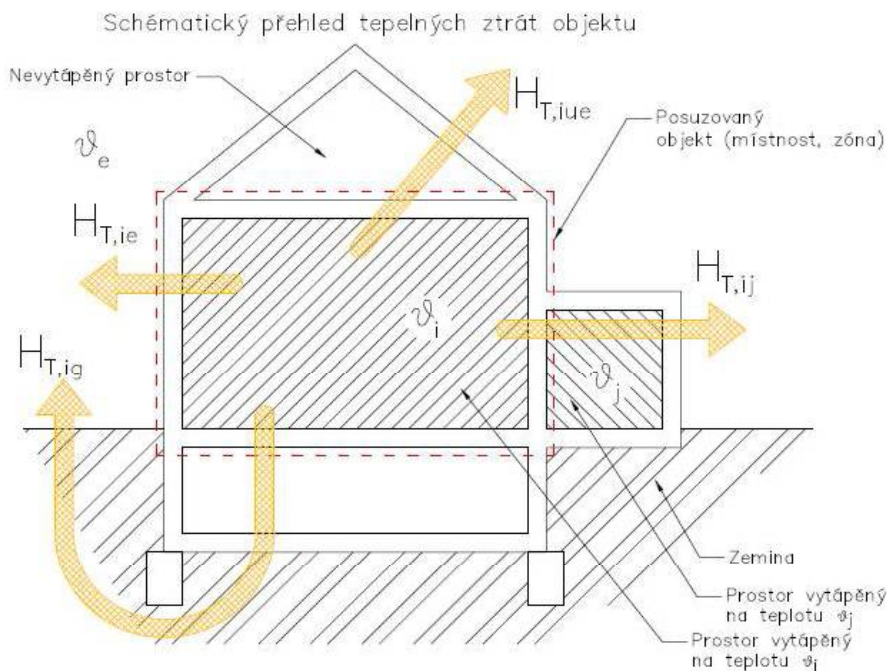
$$\Phi = \Phi_T + \Phi_v \quad (3.1)$$

Tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí závisí na rozdílu vnitřní výpočtové teploty v objektu $\theta_{i,v}$ a venkovní výpočtové teploty $\theta_{e,v}$, kromě toho na měrné tepelné ztrátě objektu H_T .

$$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{i,v} - \theta_{e,v}) \quad (3.2)$$

Měrnou ztrátu prostupem tepla H_T můžeme dále rozdělit (viz obrázek) na tepelnou propustnost obvodovým pláštěm $H_{T,ie}$, ustálenou tepelnou propustnost přes zeminu $H_{T,ig}$, měrnou ztrátu prostupem tepla přes nevytápěné prostory $H_{T,iue}$ a měrnou ztrátu prostupem tepla přes prostor vytápěný na jinou teplotu $H_{T,ij}$.

$$H_T = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} \quad (3.3)$$



Obrázek 3.1

Přímý prostup tepla do vnějšího prostředí

Tepelná propustnost obvodového pláště objektu oddělujícího vytápěný prostor a venkovní prostředí se určí dle vztahu (3.4).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_j l_j \cdot \psi_j \cdot e_l \quad (3.4)$$

$H_{T,ie}$ [$W \cdot K^{-1}$]

A_k [m^2]

U_k [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

e_k, e_l [-]

l_j [m]

ψ_j [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

tepelná propustnost obvodového pláště

plocha prvku k obvodového pláště, plochy oken a dveří se uvažují dle rozměrů otvoru ve stěně

součinitel prostupu tepla prvku k obvodového pláště

korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům, základní hodnotou je 1,0

délka lineárního tepelného mostu l

lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu l

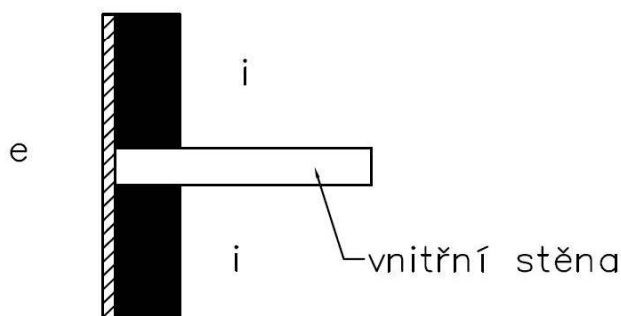
Seznam tepelných mostů, se kterými jsem při výpočtu počítal a hodnota ψ kterou jsem uvažoval viz následující tabulka 3.1. Na následujících obrázcích jsou znázorněny tepelné mosty, které jsem při výpočtech uvažoval, obrázky vycházejí z [L8].

Tepelný most	ψ
	[$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
IW1	0,050
C1	0,075
C5	0,025
IF1	0,050
IW6	0,050
B1	0,525
GF5	0,375
GF9	0,475
W9	0,600
R11	0,125

Tabulka 3.1

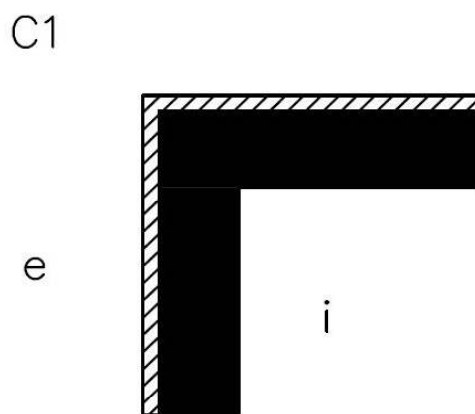
IW1 – místo napojení vnitřní stěny na obvodovou konstrukci s vnější tepelnou izolací

IW1



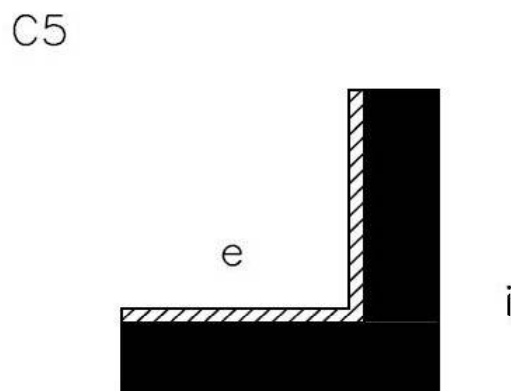
Obrázek 3.2

C1 – konvexní roh obvodové konstrukce s vnější tepelnou izolací



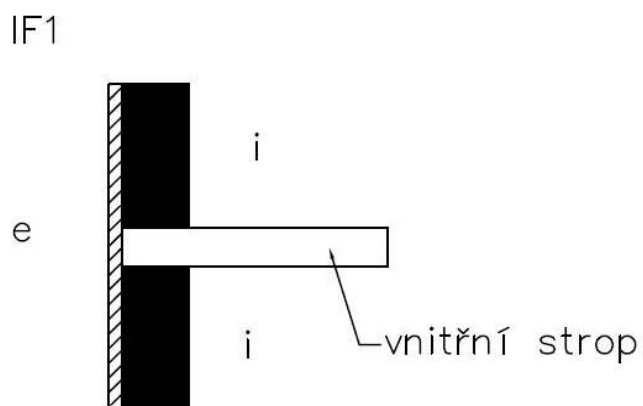
Obrázek 3.3

C5 – nekonvexní roh obvodové konstrukce s vnější tepelnou izolací



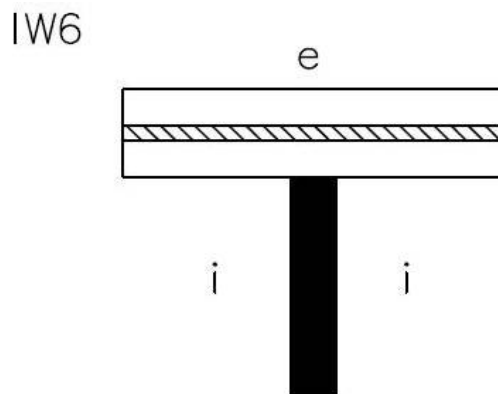
Obrázek 3.4

IF1 – místo napojení vnitřního stropu na obvodovou konstrukci



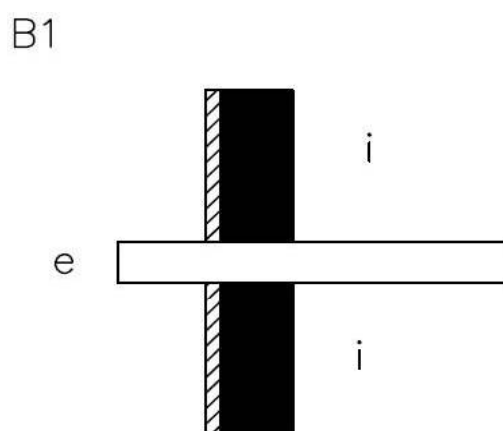
Obrázek 3.5

IW6 – místo styku vnitřní stěny a střechy, nebo stropu s podlahou nad venkovním prostorem



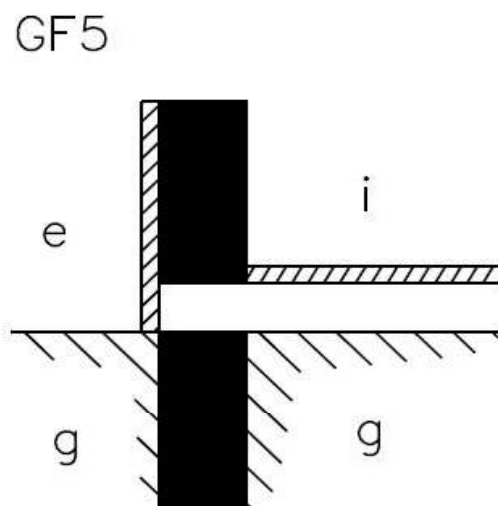
Obrázek 3.6

B1 – balkón nebo sloup ve venkovním prostoru pod vnitřní příčkou



Obrázek 3.7

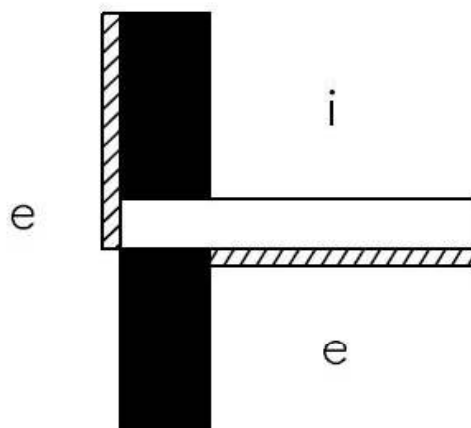
GF5 – místo styku podlahy s vnitřní tepelnou izolací, obvodové stěny s vnější tepelnou izolací a základové konstrukce



Obrázek 3.8

GF9 – místo styku podlahy s vnější tepelnou izolací nad venkovním prostorem, obvodové stěny s vnější tepelnou izolací a nosné stěny bez tepelné izolace

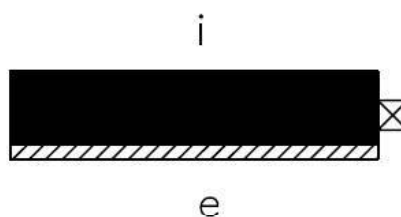
GF9



Obrázek 3.9

W9 – místo styku rámu okna osazeného na střed stavebního otvoru a obvodové stěny s vnější tepelnou izolací

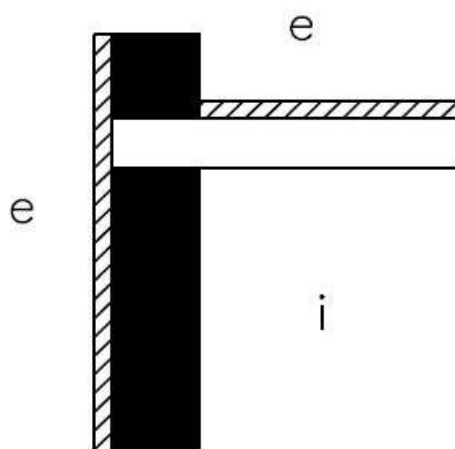
W9



Obrázek 3.10

R11 – místo styku střechy s atikou a obvodové stěny s vnější izolací

R11



Obrázek 3.11

Tepelná propustnost přes zeminu podle zjednodušené metody určíme ze vztahu (3.5).

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W \cdot \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \quad (3.5)$$

f_{g1} [-]	součinitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty (dle [L3] $f_{g1} = 1,45$)
f_{g2} [-]	teplotní redukční součinitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou za otopné období a výpočtovou venkovní teplotou, určí se dle vztahu (3.6)
G_W [-]	korekční čísel zohledňující vliv spodní vody
A_k [m ²]	plocha konstrukce přiléhající k zemině
$U_{equiv,k}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ekvivalentní součinitel prostupu tepla, určíme jej dle vztahů (3.10) až (3.15)

Součinitel f_{g2} koriguje rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou za otopné období $\theta_{m,e}$ (pro Prahu 4,3°C) a výpočtovou venkovní teplotou $\theta_{e,v}$ (pro Prahu -12°C), $\theta_{i,v}$ je vnitřní výpočtová teplota.

$$f_{g2} = \frac{\theta_{i,v} - \theta_{m,e}}{\theta_{i,v} - \theta_{e,v}} \quad (3.6)$$

Hodnota G_W se volí podle vzdálenosti mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů.

$G_W = 1,00$ pro vzdálenost větší než 1m

$G_W = 1,15$ pro vzdálenost menší než 1m

Pro stanovení ekvivalentního součinitele prostupu tepla $U_{equiv,kce}$ je nejprve potřeba určit tepelnou vodivost zeminy λ_{zeminy} a spočítat charakteristické číslo podlahy B' a celkovou ekvivalentní tloušťku podlahy d_t . Tepelnou vodivost zeminy určíme podle složení zeminy [L7].

Kategorie	Popis	Tepelná vodivost λ_{zeminy} [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
1	Hlíny a jíly	1,5
2	Písky a štěrky	2,0
3	Stejnorodá skála	3,5

Tabulka 3.2

Charakteristické číslo podlahy vypočítáme dle vztahu (3.7).

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad (3.7)$$

B' [m]	charakteristické číslo podlahy
A_g [m ²]	plocha podlahy
P [m]	obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostoru

Celková ekvivalentní tloušťka podlahy d_t závisí na tloušťce obvodové stěny w a tepelné vodivosti λ_{zeminy} .

$$d_t = w + \lambda_{zeminy} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (3.8)$$

Celková ekvivalentní tloušťka stěny přilehlé k zemině d_w se určuje dle podobného vztahu.

$$d_w = \lambda_{zeminy} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (3.9)$$

R_{si} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_f [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	tepelný odpor konstrukce
R_{se} [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro podlahu a stěnu přilehlou k zemině určíme dle následujících rovnic. Hodnoty d_t , z (hloubka povrchu podlahy pod okolním terénem) a B' rozhodnou o tom, kterou rovnici použijeme.

	$(d_t + 0,5 \cdot z) < B'$	$(d_t + 0,5 \cdot z) \geq B'$
Podlaha v suterénu	$\frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{\pi \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5 \cdot z} \right)$ (3.10)	$\frac{\lambda_{zeminy}}{0,457 \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z}$ (3.11)
Podlaha na zemině	$\frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right)$ (3.12)	$\frac{\lambda_{zeminy}}{0,457 \cdot B' + d_t}$ (3.13)

Tabulka 3.3

	$d_w \geq d_t$	$d_w < d_t$
Stěna	$\frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$ (3.14)	$\frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_w + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right)$ (3.15)

Tabulka 3.4

Měrnou ztrátu prostupem tepla přes prostor vytápěný na jinou teplotu $H_{T,ij}$ určíme na základě vztahu (3.16).

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{i,j} \quad (3.16)$$

Kde $f_{i,j}$ je teplotní redukční činitel a udává poměr kolikrát menší je tepelná ztráta z prostoru vytápěného na teplotu $\theta_{i,v}$ do prostoru vytápěného na teplotu $\theta_{j,v}$ oproti venkovnímu prostoru s venkovní výpočtovou teplotou $\theta_{e,v}$.

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{i,v} - \theta_{j,v}}{\theta_{i,v} - \theta_{e,v}} \quad (3.17)$$

Měrná tepelná ztráta nevytápěným prostorem $H_{T,iue}$ je popsána vztahem (3.18).

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \quad (3.18)$$

b_u [-] je teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní výpočtovou teplotou

Hodnotu b_u určím dle tabulky D.4.2 normy ČSN EN 12831. Viz část tabulky, kterou jsem použil při řešení konkrétního problému.

Nevytápěný prostor	b_u
Prostor	
Pouze s 1 vnější stěnou	0,4
Nejméně s 2 vnějšími stěnami bez venkovních dveří	0,5
Nejméně s 2 vnějšími stěnami s venkovními dveřmi (např. předsíně, haly, garáže)	0,6
Se 3 vnějšími stěnami (např. vnější schodiště)	0,8

Tabulka 3.5

3.2 Určení tepelných ztrát větráním

Tepelné ztráty větráním pro každou vytápěnou místnost se určí dle rovnice (3.19).

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{i,v} - \theta_{e,v}) \quad (3.19)$$

Φ_V [W]	tepelná ztráta větráním
H_V [W·K ⁻¹]	měrná tepelná ztráta větráním
$\theta_{i,v}$ [°C]	vnitřní výpočtová teplota
$\theta_{e,v}$ [°C]	venkovní výpočtová teplota

Kde H_V se vypočte na základě rovnice (3.20).

$$H_V = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (3.20)$$

\dot{V}_i [m ³ ·s ⁻¹]	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru
ρ [kg·m ⁻³]	hustota vzduchu při teplotě $\theta_{i,v}$
c_p [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{i,v}$

Výměnu vzduchu ve vytápěných místnostech jsem určoval dle intenzity výměny venkovního vzduchu (intenzity větrání) za hodiny.

$$\dot{V}_i = \frac{I_v \cdot V_m}{3600} \quad (3.21)$$

I_v [h ⁻¹]	intenzita větrání
V_m [m ³]	objem větrané místnosti

Při uvažování zpětného zisku tepla rekuperací z odváděného vzduchu o účinnosti η můžu skutečné tepelné ztráty větráním snížit.

$$\Phi_{V,skut} = \Phi_V \cdot \eta \quad (3.22)$$

$\Phi_{V,skut}$ [W]	skutečná tepelná ztráta větráním
Φ_V [W]	tepelná ztráta větráním bez zpětného zisku tepla
η [-]	účinnost výměníku zpětného zisku tepla

3.3 Výpočet tepelných ztrát prostupem

Výpočet tepelných ztrát jsem provedl podle [L3], tabulky pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v příloze. Ve vnitřních prostorech jsem uvažoval následující výpočtové teploty.

Účel	$\theta_{i,v}$
	[°C]
Kuchyně, obývací pokoj, WC, ložnice, předsíň	20
Koupelna	24
Chodba, schodiště, společné prostory, instalační šachta	15

Tabulka 3.6

3.4 Výpočet tepelných ztrát větráním

Pro výpočet tepelných ztrát větráním bylo nejprve nutné stanovit intenzitu větrání v jednotlivých místnostech.

Účel	l_v
	[h ⁻¹]
Ložnice	0,3
Obývací pokoj s kuchyňským koutem	0,5
Koupelna, WC s oknem	0,5
Koupelna, WC bez okna	0,7
Předsíň	0,3
Schodiště	0,1
Chodba	0,1
Zádveří	0,1
Technická místnost, sušárna, kočárkárna, komora	0,0

Tabulka 3.7

3.5 Celkové tepelné ztráty

V tabulce jsou uvedeny vypočítané tepelné ztráty prostupem, větráním se zpětným ziskem tepla a celkové tepelné ztráty všech bytů i nebytových prostor. Při výpočtu tepelné ztráty větráním jsem uvažoval účinnost zpětného zisku tepla 65%.

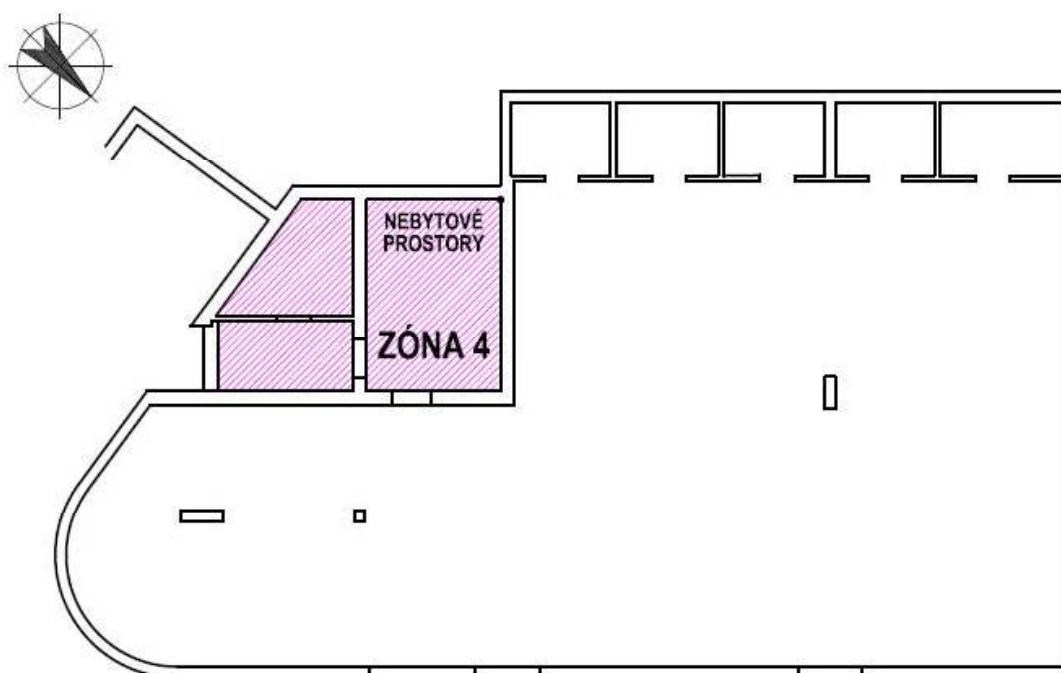
Prostor	Φ_T	Φ_V	Φ
	[W]	[W]	[W]
Byt 1	2570	264	2834
Byt 2	2876	340	3216
Byt 3	2546	265	2811
Byt 4	2412	315	2727
Byt 5	2207	335	2542
Byt 6	2116	260	2376
Byt 7	2413	239	2652
Byt 8	3108	381	3489
Nebytové prostory	2340	96	2436
Celkem	22588	2495	25083

Tabulka 3.8

4. Návrh otopných ploch

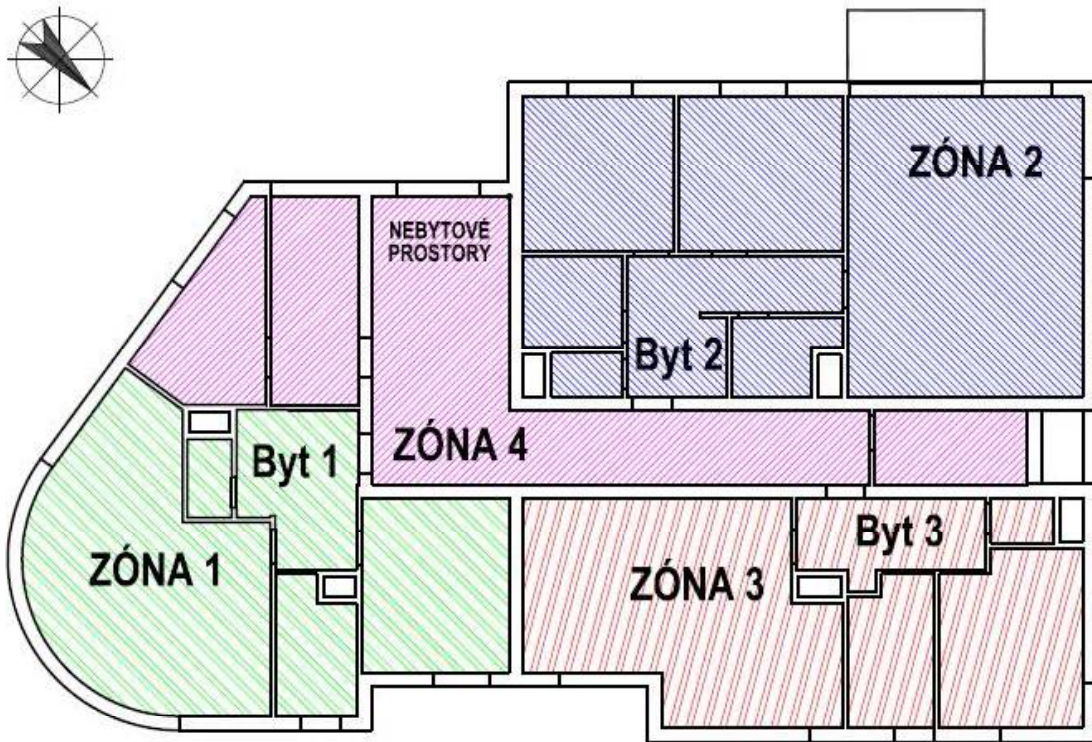
4.1 Rozdělení bytového domu na zóny

Vzhledem k orientaci bytů v bytovém domě na světové strany jsem rozdělil dům na zóny, samostatně regulované větve otopné soustavy. Zóna 1 je orientovaná na východ, patří do ní byty 1, 4 a 7. Zóna 2 je orientovaná na západ, patří do ní byty 2, 5 a část bytu 8. Zóna 3 je orientovaná na sever, patří do ní byty 3, 6 a část bytu 8. Zóna 4 zahrnuje společné nebytové prostory včetně chodeb a zádveří. Rozdělení na zóny je patrné z obrázků 4.1 až 4.4.



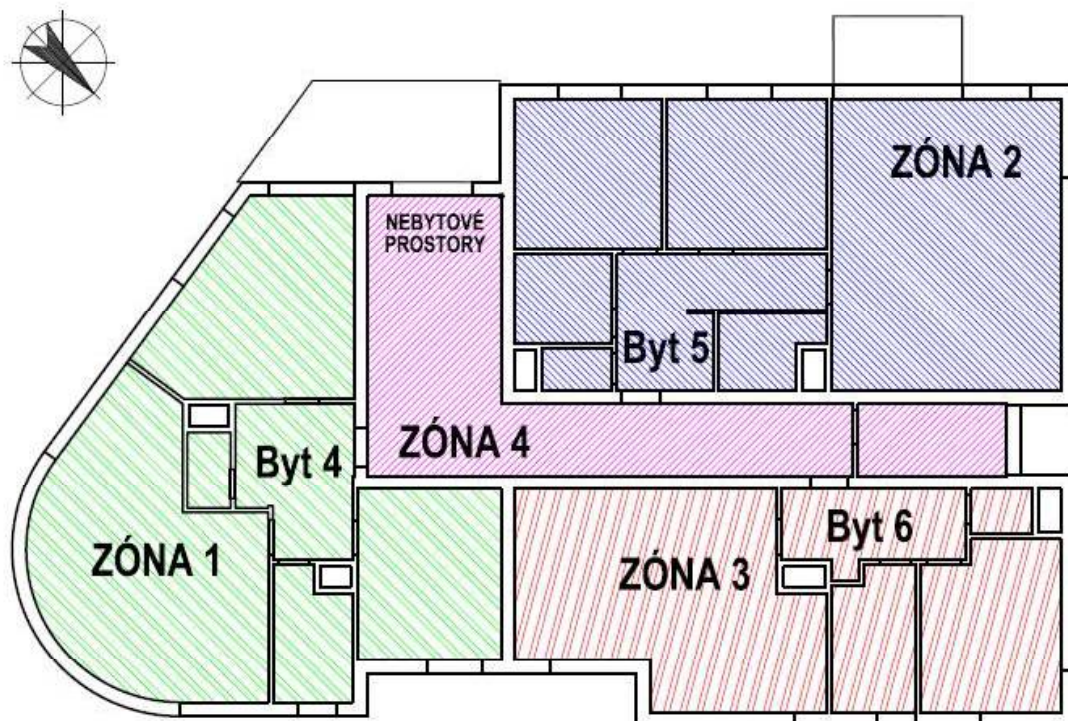
Půdorys 1.PP

Obrázek 4.1



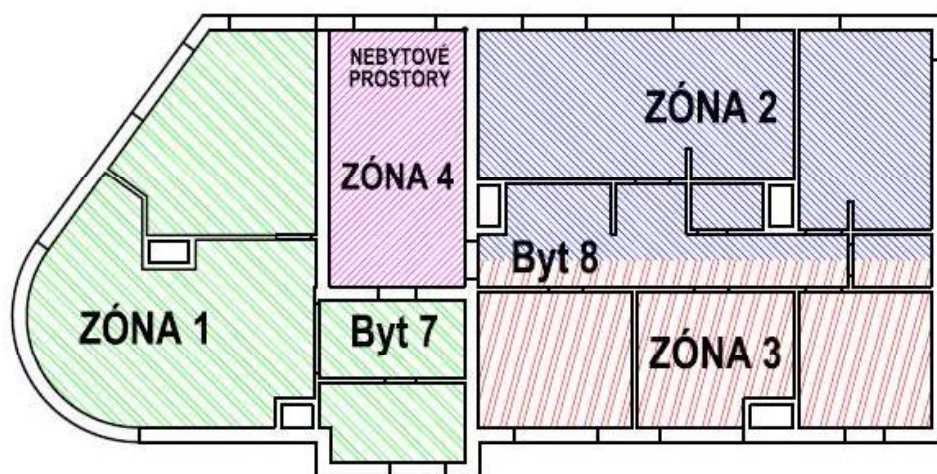
Púdorys 1.NP

Obrázek 4.2



Púdorys 2.NP

Obrázek 4.3



Půdorys 3.NP

Obrázek 4.4

4.2 Volba otopných ploch v jednotlivých prostorech

Původní záměrem bylo vytápět byty prostřednictvím deskových otopných těles. Ve většině obytných místností jsou však umístěna vysoká, francouzská okna. Od umístění otopných těles u francouzských oken jsem z estetického hlediska upustil. Nabízí se možnost umístění otopného tělesa na vedlejší stěnu (snížení výkonu o 5%), na protilehlou stěnu (snížení výkonu o 10%). Nakonec jsem navrhnul do všech obytných místností včetně koupelen, kde otopné těleso nemohlo být umístěno, většinou kvůli vaně, podlahové vytápění. V koupelnách bude doplněno trubkovým otopným tělesem tzv. žebříkem, který je oblíbený kvůli možnosti sušení ručníků. Malá plocha otopné podlahy v koupelně doplněná otopným žebříkem připojeným na teplotní spád podlahového vytápění by při nejnižších venkovních teplotách nemohla spolehlivě pokrýt tepelné ztráty koupelny. Z tohoto důvodu budou trubková otopná tělesa v koupelnách osazena elektrickou topnou spirálou. Společné nebytové prostory budou vytápěny deskovými otopnými tělesy.

Rozvržení otopného výkonu v jednotlivých vytápěných místnostech jsem upravil tak, aby celkový součet tepelného výkonu v každém bytě byl větší, nebo roven tepelné ztrátě bytu a pokryly se tím i ztráty místností bez distribučního elementu (WC, předsíně, komory).

Prostor	Otopná plocha
Obývací pokoj, ložnice	Podlahová otopná plocha
Koupelna	Podlahová otopná plocha + trubkové otopné těleso s elektrickou topnou spirálou
Společný nebytový prostor	Deskové otopné těleso

Tabulka 4.1

V koupelnách jsem zvolil kombinaci podlahového vytápění a otopného žebříku Korado Koralux Max nebo Korado Koralux Classic s elektrickou topnou spirálou. V obývacích pokojích a ložnicích bude samostatné

podlahové vytápění, na chodbách pak desková otopná tělesa Korado Radik VK (ventil kompaktní).

Hlavní ležatý rozvod je veden v podhledu garáže měděným potrubím. Stoupačky propojující hlavní ležatý rozvod a rozdělovače v jednotlivých patrech jsou rovněž z měděného potrubí.

4.3 Návrh výkonu otopných ploch

U otopných těles výrobce udává výkon při určitých specifických podmínkách, které v praxi ne vždy nastanou. Jedná se o jmenovitý teplotní spád (např. 75°C/65°C), napojení otopného tělesa ze zhora dolů, bez zakrytí, umístění pod oknem ochlazované stěny. Pokud nejsou některé z těchto podmínek dodrženy, skutečný výkon otopného tělesa se od jmenovitého liší (4.1).

$$Q_{sk,OT} = Q_{N,OT} \cdot f_{\Delta t} \cdot f_m \cdot f_x \cdot f_o \cdot f_n \cdot f_p \quad (4.1)$$

Kde $f_{\Delta t}$ je opravný součinitel pro teplotní rozdíl (4.2).

$$f_{\Delta t} = \left(\frac{\Delta t_{sk}}{\Delta t_N} \right)^n \quad (4.2)$$

Teplotní exponent otopného tělesa n udává výrobce, teplotní rozdíl Δt_{sk} a Δt_N se určí na základě výpočtu podílového součinitele c (4.3), který je funkcí teploty topné vody t_{w1} , teploty vratné vody t_{w2} a teploty v interiéru t_i .

$$c = \frac{t_{w2,sk} - t_{i,sk}}{t_{w1,sk} - t_{i,sk}} \quad (4.3)$$

Na základě hodnoty c se teplotní rozdíly Δt_{sk} a Δt_N vypočítají buď jako aritmetický rozdíl teplot (4.4), nebo jako logaritmický rozdíl teplot (4.5).

$$c \geq 0,7 \rightarrow \Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \quad (4.4) \quad c < 0,7 \rightarrow \Delta t = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}} \quad (4.5)$$

Opravný součinitel na umístění tělesa ve vytápěném prostoru f_p představuje poměr mezi skutečným výkonem a výkonem otopného tělesa umístěného pod oknem na ochlazované stěně, použité hodnoty viz tabulku 4.2.

Umístění OT	f_p [-]
Na ochlazované stěně pod oknem	1,00
Na ochlazované stěně vedle okna	0,95
Na stěně sousedící s ochlazovanou	0,95
Na stěně nesousedící s ochlazovanou	0,90

Tabulka 4.2

Ostatní opravné činitele f_m (na změnu hmotnostního průtoku), f_x (na připojení tělesa na otopnou soustavu), f_o (na úpravu okolí) a f_n (na počet článků tělesa) jsem uvažoval rovny jedné.

4.4 Návrh otopných ploch ve společných prostorech

Při zvoleném teplotním spádu 40°C/30°C u otopných těles ve společných prostorech (zóna 4) jsem pro distribuci tepla navrhnul desková otopná tělesa Radik klasik a Radik VK (obrázek 4.5). Rozměry jsou uvedeny v tabulce 4.3. Volil jsem jednotnou výšku 400 mm.



Obrázek 4.5 (převzato z [L16])

Místnost	Řada	Typ	Výška	Délka	Šířka
			[mm]	[mm]	[mm]
0.02	Radik klasik	Typ 22	400	1200	100
0.04	Radik klasik	Typ 21	400	1400	66
1.01	Radik VK	Typ 22 VK	400	900	100
1.02, 1.03	Radik VK	Typ 22 VK	400	1600	100
1.05	Radik VK	Typ 22 VK	400	700	100
2.01, 2.02	Radik VK	Typ 22 VK	400	1100	100
3.01	Radik VK	Typ 22 VK	400	900	100

Tabulka 4.3

4.5 Návrh otopných ploch v bytech

Při výpočtu podlahové otopné plochy [L9] vycházíme z předpokladu, že střední povrchová teplota podlahy nepřekročí hygienicky přípustné hodnoty a tepelný výkon podlahové otopné plochy pokryje tepelné ztráty místnosti. Střední povrchovou teplotu podlahy vypočteme dle vztahu:

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh}\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{\frac{m \cdot l}{2}} \quad (4.6)$$

t_p [°C]	střední povrchová teplota podlahy
t_i [°C]	výpočtová vnitřní teplota
t_m [°C]	střední teplota otopné vody
m [m ⁻¹]	charakteristické číslo podlahy
l [m]	rozteč trubek
Λ_a [W·m ² ·K ⁻¹]	tepelná propustnost vrstev nad trubkami

α_P [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy

Kde charakteristické číslo podlahy spočítáme pro válcový tvar otopného potrubí dle vztahu (4.7).

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (4.7)$$

Λ_b [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] tepelná propustnost vrstvy pod trubkami

λ_d [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] součinitel tep. vodivosti materiálu do kterého jsou trubky zality

d [m] vnější průměr trubek

Tepelné propustnosti Λ_a a Λ_b se vypočítají dle následujících vztahů (4.8) a (4.9).

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_P}} \quad (4.8) \quad \Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_P}} \quad (4.9)$$

U součinitele α_P se počítá s hodnotou $12 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ a u součinitele α_P' s hodnotou $8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Měrný tepelný výkon otopné plochy vypočítáme podle (4.10).

$$q = \alpha_P \cdot (t_P - t_i) \quad (4.10)$$

q [$W \cdot m^{-2}$] měrný tepelný výkon podlahové otopné plochy

Měrný tepelný tok směrem dolů q' by měl být co nejmenší, ideálně nulový, většinou bývá požadavek, aby nepřekročil 10 až 15 % výkonu q .

$$\dot{q} = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_P}{\Lambda_a} \cdot (t_P - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t'_i) \quad (4.11)$$

q' [$W \cdot m^{-2}$] měrný tepelný tok směrem dolů

t'_i [$^{\circ}C$] výpočtová teplota v místnosti pod otopnou podlahou

Celková otopná plocha podlahy je pak v závislosti na tom, zda se nad počítanou místností nachází také místnost s podlahovou otopnou podlahou či nikoli, dána vztahy (4.12) nebo (4.13).

$$S_P = \frac{Q_C}{q + \dot{q}} \quad (4.12) \quad S_P = \frac{Q_C}{q} \quad (4.13)$$

S_P [m^2] celková otopná plocha

Q_C [W] celková tepelná ztráta místnosti

K návrhu parametrů podlahového vytápění jsem použil program PV11.xls (autor: Ing. Roman Vavříčka). Otopné plochy ve větších místnostech (s větší tepelným výkonem) jsem rozdělil do 2 nebo 3 okruhů. Otopný výkon podlahového topení v koupelnách je, vzhledem k malé ploše koupelen a velké tepelné ztrátě, nedostatečný. Proto jsou koupelny vybaveny trubkovými otopnými tělesy, tzv. žebříky Koralux s integrovanou elektrickou topnou spirálou.

Střední teplota otopné vody podlahového vytápění vyšla při návrhu otopné plochy v místnosti I.1.03 (obývací pokoj bytu 1) 33,75°C, což odpovídá teplotnímu spádu 38,75°C/28,75°C. Tyto teplotní podmínky jsem dodržel při návrhu dalších otopných ploch.

Pro podlahový otopný had jsem zvolil potrubí IVAR.PEXc 17x2, které je v úsecích, kde podlahové topení nemá předávat teplo do okolí, izolováno návlečnou izolací MIRELON POLAR.

V tabulce 4.4 jsou uvedeny parametry navržených podlahových otopných ploch.

Byt	Místnost	Návrhový výkon	Plocha	Výkon	Rozteč	Střední teplota	Povrchová teplota
		[W]	[m ²]	[W]	[mm]	[°C]	[°C]
Byt 1	I.1.03	1900	20,63	1901	150	33,75	28,00
	I.1.04	400	1,62	141	150	33,78	29,75
	I.1.05	550	6,96	549	300	33,75	26,30
Byt 2	I.2.03	200	1,35	118	150	33,78	29,75
	I.2.04	650	6,72	658	150	33,75	28,00
	I.2.05	650	7,70	647	250	33,72	26,85
	I.2.06	1700	23,75	1705	300	33,75	26,30
Byt 3	I.3.03	700	7,26	707	150	33,75	28,00
	I.3.04	400	2,53	202	150	33,78	29,75
	I.3.05	1750	18,71	1750	150	33,75	28,00
Byt 4	II.4.03	900	10,98	897	250	33,75	26,80
	II.4.04	1100	15,21	1104	300	33,81	26,25
	II.4.05	350	1,68	138	150	33,74	29,70
	II.4.06	400	5,04	397	300	33,81	26,25
Byt 5	II.5.03	200	1,35	111	150	33,74	29,70
	II.5.04	500	6,09	508	250	33,75	26,80
	II.5.05	500	6,51	499	300	33,81	26,25
	II.5.06	1400	19,90	1395	300	33,81	26,25
Byt 6	II.6.03	600	7,42	607	250	33,75	26,80
	II.6.04	400	2,53	191	150	33,74	29,70
	II.6.05	1400	16,22	1396	200	33,76	27,40
Byt 7	III.7.02	400	2,02	155	150	33,74	29,70
	III.7.03	1400	14,98	1408	150	33,72	27,95
	III.7.04	900	11,45	905	250	33,75	26,80
Byt 8	III.8.02	600	6,21	598	150	33,72	27,95
	III.8.03	500	5,05	497	150	33,72	27,95
	III.8.04	500	4,05	293	150	33,74	29,70
	III.8.06	800	8,46	799	150	33,72	27,95

Tabulka 4.4

Při návrhu otopných žebříků v koupelnách jsem vycházel z toho, že budou tato trubková tělesa napojena na stejný rozdělovač a sběrač jako podlahové topení, z čehož plyne i teplotní spád 38,75°C/28,75°C. Topný výkon daný součtem výkonu podlahového otopného hadu a otopného žebříku je doplněn o výkon elektrické topné spirály integrované v otopném žebříku. Navržená trubková otopná tělesa (žebříky) jsou uvedena v tabulce 4.5. Na obrázku 4.6 je znázorněno otopné těleso Koralux linear Comfort – M.

Přívodní potrubí k otopným žebříkům je, stejně jako podlahový otopný had, tvořeno potrubím IVAR.PEXc 17x2 s návlečnou izolací MIRELON POLAR.



Obrázek 4.6 (převzato z [L16])

Místnost	Řada	Typ	Výška	Délka	Šířka
			[mm]	[mm]	[mm]
I.1.04	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35
I.2.03	Koralux linear Comfort – M	KLTM 1820.450	1820	450	35
I.3.04	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35
II.4.05	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35
II.5.03	Koralux linear Comfort – M	KLTM 1500.600	1500	600	35
II.6.04	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35
III.7.02	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35
III.8.04	Koralux linear MAX – M	KLMM 1820.750	1810	750	35

Tabulka 4.5

5. Návrh potrubní sítě

5.1 Návrh potrubní sítě

Při návrhu potrubní sítě je doporučena rychlost proudění otopné vody w_{opt} dle tabulky 5.1 [L10].

Otopná soustava	Doporučená rychlost proudění w_{opt} [$m \cdot s^{-1}$]
Dvoutrubková	0,5 až 0,6
Jednotrubková	0,9 až 1,0

Tabulka 5.1

Návrh jsem dělal metodou optimální rychlosti proudění w_{opt} pro dvoutrubkovou soustavu. Návrh dimenze potrubí a výpočet tlakových ztrát viz příloha.

5.2 Výpočet tlakových ztrát v potrubí

Při proudění tekutiny potrubím dochází v potrubí k ztrátám energie vlivem tření proudící kapaliny o vnitřní povrch potrubí, nebo vlivem takzvaného vřazeného odporu (odbočka, koleno, zúžení, rozšíření, ventil, ...). Tlaková ztráta třením [Sálavé a průmyslové vytápění]

Při proudění kapalin, nebo plynů v potrubí dochází na délce potrubí l k tlakovému úbytku Δp_{zt} , který odpovídá rovnici (5.1).

$$\Delta p_{zt} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = R \cdot l \quad (5.1)$$

Δp_{zt} [Pa]	tlaková ztráta třením
λ [-]	součinitel tření
l [m]	délka úseku potrubí
d [m]	vnitřní průměr potrubí
w [m·s ⁻¹]	střední rychlost proudění v průřezu potrubí
ρ [kg·m ⁻³]	hustota vody při teplotě střední teplotě t_m
R [Pa·m ⁻¹]	tlakový spád na přímém úseku potrubí

Tlaková ztráta vřazeným odporem

$$\Delta p_{zm} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = Z \quad (5.2)$$

Δp_{zm} [Pa]	tlaková ztráta místními odpory
ξ_i [-]	součinitel místního odporu i
n [-]	počet místních (vřazených) odporů v daném úseku potrubí

Tlaková ztráta otopného tělesa [L10] se určí podle (5.3).

$$\Delta p_{OT} = \xi_{OT, DN15} \cdot \rho_{st} \cdot \frac{w_{DN15}^2}{2} \quad (5.3)$$

Δp_{OT} [Pa]	tlaková ztráta otopného tělesa
$\xi_{OT, DN15}$ [-]	místní odpor otopného tělesa vztážený na ekvivalentní potrubí DN15
ρ_{st} [kg·m ⁻³]	hustota otopné vody při střední teplotu
w_{DN15} [m·s ⁻¹]	rychlost vody v ekvivalentním potrubí DN15

Hodnotu místního odporu otopného tělesa $\xi_{OT, DN15}$ udává výrobce otopného tělesa, rychlost v ekvivalentním potrubí DN15 vypočítáme dle (5.4).

$$w_{DN15} = \frac{4 \cdot m_{OT}}{\pi \cdot d_{DN15}^2 \cdot \rho_{st}} \quad (5.4)$$

m_{OT} [kg·s ⁻¹]	hmotnostní průtok vody otopným tělesem
d_{DN15} [m]	konstanta 0,0161 m

Celková tlaková ztráta každého úseku potrubí Δp_z se skládá ze ztrát třením, místním odporem a ztrát otopného tělesa (pokud se nachází v úseku OT).

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm} + \Delta p_{OT} \quad (5.5)$$

U jednotlivých otopných ploch (ať už se jedná o podlahový otopný had či deskové otopné těleso) jsem určil otopný výkon. Pro účely výpočtu tlakových ztrát v přívodním potrubí, potrubí otopného hadu a následného hydraulického vyvážení potrubní sítě je potřeba znát hmotnostní průtok m (5.6), popř. objemový průtok V (5.7).

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} \quad (5.6)$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} \quad (5.7)$$

m [kg·s ⁻¹]	hmotnostní průtok otopné vody potrubím
V [m ³ ·s ⁻¹]	objemový průtok otopné vody potrubím
Q [W]	tepelný výkon otopného hadu / deskového tělesa
ρ [kg·m ⁻³]	hustota otopné vody
c [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita otopné vody
Δt [K]	teplotní spád

Z tabulek pro měděné potrubí jsem určil parametry R (tlakový spád) a w (střední rychlost proudění) pro jednotlivé úseky potrubí s konstantním průtokem v závislosti na hmotnostním průtoku m .

5.3 Tlakové vyvážení smyček

Pro zajištění správného chodu otopné soustavy je nutné, aby byly všechny větve hydraulicky vyvážené při dodržení projektovaných průtoků. Pokud neprovedeme hydraulické zaregulování otopné soustavy, není možné zajistit projektovaný průtok otopnými plochami a tím pádem ani tepelnou pohodu.

Vyvážení jednotlivých smyček mezi sebou se provádí nastavením k_v hodnoty (5.8) regulačního prvku (clonky termostatického ventilu TRV, regulačního šroubení RŠ).

$$k_v = V \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_v}} \quad (5.8)$$

k_v [m ³ ·h ⁻¹]	k_v hodnota, jmenovitý průtok ventilem při tlakové ztrátě 10 ⁵ Pa
V [m ³ ·h ⁻¹]	požadovaný průtok ventilem
Δp_v [Pa]	požadovaná tlaková ztráta na ventilu
Δp_o [Pa]	konstanta 10 ⁵ Pa

Tlakové vyvážení smyček u každého rozdělovače je provedeno nastavením regulačního šroubení na rozdělovači IVAR.CI 553, případně v případě otopných žebříků v koupelnách regulačním šroubením M-ventilu IVAR.M-PR 01 a přednastavením clonky M-ventilu. V případě společných prostor je vyvážení provedeno na rozdělovači IVAR.CI 553, na M-ventilu IVAR.M-PR 01 volbou clonky a nastavením RŠ M-ventilu, dále volbou clonky u TRV otopného tělesa ventil kompak. Otopná tělesa ve společných prostorech 1.PP jsou zaregulována pouze nastavením clonky TRV IVAR.VD 2103N a regulačního šroubení IVAR.DD 303.

Tlakové vyvážení jednotlivých odboček k rozdělovačům a sběračům je provedeno regulačním šroubením TRIM A DN20 (byty) a TRIM A DN15 (společné prostory) na vratném potrubí od sběrače ke stoupačce. Regulace teploty v jednotlivých bytech se provádí ventilem na přívodním potrubí do rozdělovače bytu, který

se otevírá, nebo zavírá v závislosti na termostatu v obývacím pokoji.

5.4 Návrh zónové regulace

Jak jsem již uvedl v kapitole 4, dům je rozčleněn na 4 zóny a tedy i 4 samostatné větve otopné soustavy. V každé zóně bude individuálně upravována teplota topné vody t_{w1} , půjde tedy o regulaci kvalitativní. V každé zóně bude tedy nutné navrhnout třícestnou směšovací armaturu.

Na regulační schopnost ventilu umístěného v potrubní síti má podstatný vliv autorita ventilu P_v , která je definována poměrem tlakových ztrát ventilu při plném otevření a při plném uzavření (5.9) [L11].

$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}} \quad (5.9)$$

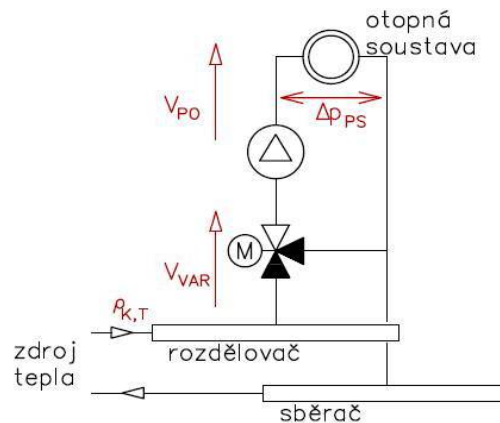
P_v [-]	autorita ventilu
Δp_{v100} [Pa]	tlaková ztráta ventilu při plném otevření
Δp_{v0} [Pa]	tlaková ztráta ventilu při plném uzavření

Poměr mezi tlakovou ztrátou ventilu a potrubní sítě bez ventilu vyjadřuje poměrná autorita ventilu P'_v (5.11).

$$P'_v = \frac{P_v}{1 - P_v} \quad (5.10) \quad \Delta p_{v100} = P'_v \cdot \Delta p_{PS} \quad (5.11)$$

P'_v [-]	poměrná autorita ventilu
Δp_{PS} [Pa]	tlaková ztráta potrubní sítě okruhu příslušejícího ventilu

Uvažujme hydraulické zapojení podle obrázku 5.1.



Obrázek 5.1

Při plném otevření trojcestného směšovacího ventilu platí následující vztah (5.12).

$$\dot{V}_{VAR} = \dot{V}_{PO} = \frac{\dot{m}_{PO}}{\rho_{K,T}} \quad (5.12)$$

\dot{V}_{VAR} [m ³ ·h ⁻¹]	objemový průtok plně otevřeným trojcestným ventilem
\dot{V}_{PO} [m ³ ·h ⁻¹]	objemový průtok spotřebitelským okruhem

m_{PO} [kg·h⁻¹] hmotnostní průtok spotřebitelským okruhem
 $\rho_{K,T}$ [kg·m⁻³] hustota vody o teplotě zdroje tepla

Volba autority ventilu záleží na tom, zda je v potrubní síti zapojen jen jedna trojcestná směšovací armatura, nebo dvě a více. V případě samostatné trojcestné armatury se volí $P_V = 0,5$. Pro případ potrubní sítě s dvěma a více trojcestnými armaturami se volí $P_V = 0,7$. Poměrnou autoritu pak určíme podle vztahu (5.10) a podle (5.11) spočítáme tlakovou ztrátu ventilu při plném otevření. V poslední řadě je třeba určit k_{VS} hodnotu trojcestného směšovacího ventilu dosazením V_{VAR} a Δp_{V100} do rovnice (5.8).

Skutečná hodnota $k_{VS,skut}$ se volí v rozmezí 1,1 až 1,3 vypočítané hodnoty k_{VS} .

$$k_{VS,skut} = (1,1 \div 1,3) \cdot k_{VS} \quad (5.13)$$

V tabulce 5.2 jsou uvedeny vypočítané parametry a navržené typy trojcestných směšovacích ventilů.

Návrh směšovacích armatur					
OZNAČENÍ		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4
m_{PO}	[kg·h ⁻¹]	693,06	664,23	575,75	211,70
Δp_{PS}	[Pa]	6245	5785	5365	7131
$\rho_{K,T}$	[kg·m ⁻³]	991,84	991,84	991,84	991,84
V_{VAR}	[m ³ ·h ⁻¹]	0,699	0,670	0,580	0,213
P_V	[-]	0,7	0,7	0,7	0,7
P'_V	[-]	2,33	2,33	2,33	2,33
p_{VENT}	[Pa]	14572	13498	12518	16639
$k_{VS,VARmin}$	[m ³ ·h ⁻¹]	2,014	2,005	1,805	0,576
$k_{VS,VARmax}$	[m ³ ·h ⁻¹]	2,380	2,370	2,133	0,680
Potrubí	[mm]	Cu 28x1,5	Cu 28x1,5	Cu 28x1,5	Cu 15x1,0
$k_{VS,SKUT}$	[m ³ ·h ⁻¹]	2,50	2,50	2,50	0,63
$p_{VENT,SKUT}$	[Pa]	7812	7176	5391	11478
Typ ventilu		VRG 131 20-2.5	VRG 131 20-2.5	VRG 131 20-2.5	VRG 131 15-0.63

Tabulka 5.2

5.5 Návrh oběhového čerpadla

Oběhové čerpadlo, které dopravuje otopnou vodu od zdroje tepla ke spotřebiči musí splňovat podmínku dostatečného dopravního tlaku a průtoku.

$$\Delta p_{so} \leq \Delta p_{disp} = \Delta p_{\rho} + \Delta p_{\xi} \quad (5.14)$$

Pro tzv. nízké budovy lze složku Δp_{ρ} zanedbat a platí, že dopravní tlak čerpadla musí pokrýt tlakovou ztrátu potrubní sítě.

$$\Delta p_{\xi} = \Delta p_{disp} = \Delta p_{so} \quad (5.15)$$

V tabulce 5.3 jsou uvedeny navržené typy oběhových čerpadel pro jednotlivé zóny, všechna čerpadla jsou od výrobce Grundfos.

OZNAČENÍ		O1	O2	O3	O4
m	[kg·h ⁻¹]	693,06	664,23	575,75	211,70
Δp _C	[Pa]	14446	13317	11017	18651
V _{PO}	[m ³ ·h ⁻¹]	0,7	0,7	0,6	0,2
Typ čerpadla		ALPHA2 L 32-40	ALPHA2 L 32-40	ALPHA2 L 32-60	ALPHA2 L 15-40
Křivka		Křivka 4	Křivka 4	Křivka 4	Křivka 2

Tabulka 5.3

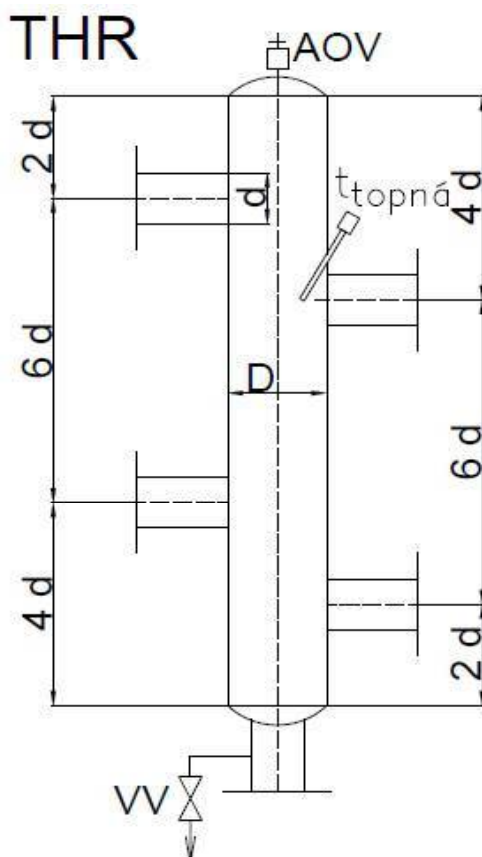
5.6 Návrh termohydraulického rozdělovače

Rozlišujeme dva modely termohydraulického rozdělovače [L1], francouzský a německý (viz obrázek 5.2). Při návrhu termohydraulického rozdělovače (THR) je nutné dodržet průtok kotlovým okruhem alespoň o 20% větší než je jmenovitý průtok sekundárním okruhem. Hydraulický průměr THR D_h či průměr D , jedná-li se o válcovou nádobu musí být dostatečný, aby rychlost proudění vody uvnitř THR nepřekročilo 0,2 m·s⁻¹. Vnitřní průměr určíme ze vztahu (5.16).

$$D = \sqrt{3537 \cdot V} \quad (5.16)$$

D [mm] vnitřní průměr THR

V [m³·h⁻¹] objemový průtok THR, resp. kotlovým okruhem



Obrázek 5.2 (obrázek podle [L1])

Výkres navrženého THR viz příloha. Velikost D mi vyšla 64,32 mm, tedy přibližně 65 mm.

5.7 Návrh hlavního rozdělovače

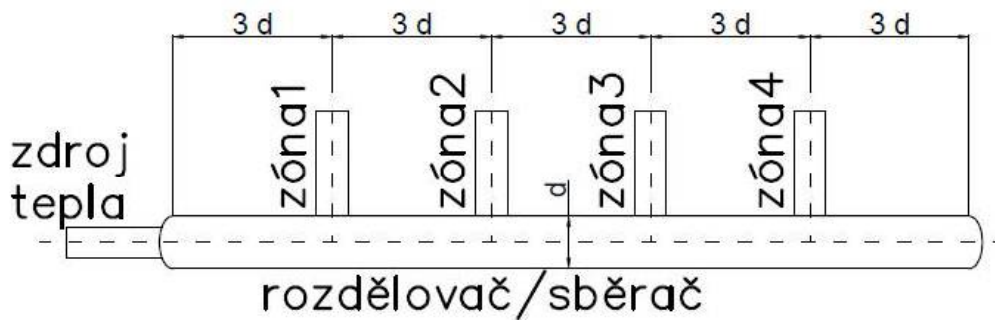
Hlavní rozdělovač jsem navrhoval s ohledem na střední rychlost proudění vody w mezi 0,2 a 0,3 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Celkový hmotnostní průtok všech větví (zón) činí 2144,74 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Požadovaná rychlost necht' je 0,25 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z objemového průtoku kruhovým profilem si vyjádřím průměr potrubí (5.17).

$$\dot{V} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot w \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}} \quad (5.17)$$

Počítám-li s hmotnostním průtokem v $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$, upravím (5.17) do podoby (5.18).

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{3600 \cdot \pi \cdot w \cdot \rho}} \quad (5.18)$$

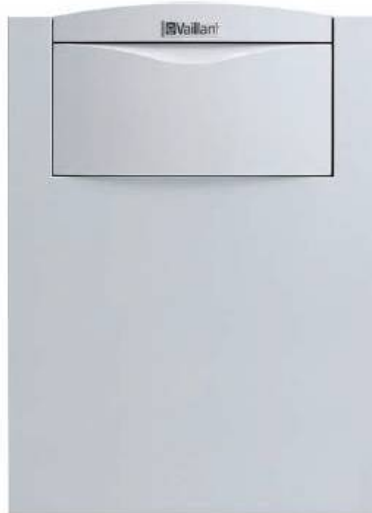
Na obrázku 5.3 jsou znázorněny rozměry rozdělovače.



Obrázek 5.3

6. Návrh zdroje tepla pro vytápění

Jako zdroj tepla jsem vybral kondenzační kotel Vaillant VK 306 ecoVIT plus (obrázek 6.1) se jmenovitým výkonem 30,6 kW. Výkon kotle je daný součtem potřeby tepelného výkonu pro vytápění a pro přípravu teplé vody (6.1).



Obrázek 6.1 (převzato z [L17])

$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_V + \dot{Q}_{TV} \quad (6.1)$$

6.1 Návrh pojistného zařízení

Pojistné zařízení [L12] chrání zdroj tepla proti překročení maximálního dovoleného přetlaku v otopné soustavě. K návrhu pojistného ventilu je potřeba stanovit pojistný výkon Q_P , neboli tepelný výkon, který musí pojistné zařízení odvést ze zdroje tepla.

Pojistný výkon pro výměníky tepla (A2) stanovíme dle vztahu (6.2), pro ostatní skupiny (A1, A3, B) dle vztahu (6.3).

$$Q_P = 2 \cdot Q_N \quad (6.2) \quad Q_P = Q_N \quad (6.3)$$

Q_P [kW]	pojistný výkon
Q_N [kW]	jmenovitý výkon zdroje tepla

Předpokládáme-li, že pojistným ventilem při překročení otevíracího přetlaku p_{otv} poteče voda, pojistný průtok spočítáme podle rovnice (6.4), předpokládáme-li, že pojistným ventilem poteče směs páry a vody, nebo pára, pak spočítáme pojistný průtok podle rovnice (6.5).

$$V_P = Q_P \quad (6.4) \quad m_P = \frac{Q_P}{r} \quad (6.5)$$

V_P [m ³ ·h ⁻¹]	pojistný průtok (objemový)
Q_P [kW]	pojistný výkon
m_P [kg·h ⁻¹]	pojistný průtok (hmotnostní)
r [kWh·kg ⁻¹]	výparné teplo

Výpočet průřezu sedla ventilu S_o opět záleží na skupenství tekutiny protékající pojistným ventilem v případě překročení otevíracího přetlaku. Pro vodu platí (6.6), pro páru, či směs vody a páry (6.7).

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_P}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{otv}}} \quad (6.6) \quad S_o = \frac{Q_P}{\alpha_v \cdot K} \quad (6.7)$$

S_o [mm ²]	průřez sedla ventilu
Q_P [kW]	pojistný výkon
p_{otv} [kPa]	otevírací přetlak pojistného ventilu
α_v [-]	výkonový součinitel pojistného ventilu
K [kW·mm ⁻²]	konstanta syté vodní páry při otevíracím přetlaku pojistného ventilu

Vnitřní průměr pojistného potrubí musí splňovat následující podmínku (6.8) pro vodu, (6.9) pro páru nebo směs vody a páry.

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_P} \quad (6.8) \quad d_v = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_P} \quad (6.9)$$

d_v [mm]	vnitřní průměr pojistného potrubí
Q_P [kW]	pojistný výkon

6.2 Návrh zabezpečovacího zařízení

Zabezpečovací zařízení umožňuje vyrovnat změny roztažnosti vody otopné soustavy bez její ztráty a udržet přetlak v otopné soustavě v předepsaných mezích. K návrhu expanzní nádoby, jakožto zabezpečovacího zařízení, je potřeba určit její objem (6.10).

$$V_{EN} = \frac{1,3 \cdot V_S \cdot n}{\eta} \quad (6.10)$$

V_{EN} [m ³]	objem expanzní nádoby
V_S [m ³]	objem vody v otopné soustavě
n [-]	součinitel zvětšení objemu (tabulka 6.1)
η [-]	stupeň využití expanzní nádoby

Součinitel zvětšení objemu závisí na maximální teplotě otopné vody t_{max} a určí se na základě teploty Δt_{max} (6.11) z tabulky 6.1.

$$\Delta t_{max} = t_{max} - 10 \quad (6.11)$$

Δt_{max} [K]	pracovní rozdíl teplot otopné vody
t_{max} [°C]	maximální teplota otopné vody

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

Tabulka 6.1

Stupeň využití expanzní nádoby se vypočítá podle rovnice (6.12).

$$\eta = \frac{P_{h,dov,abs} - P_{d,dov,abs}}{P_{h,dov,abs}} \quad (6.12)$$

$P_{h,dov,abs}$ [Pa] horní dovolený absolutní tlak
 $P_{d,dov,abs}$ [Pa] dolní dovolený absolutní tlak

Tlaky $P_{h,dov,abs}$ a $P_{d,dov,abs}$ jsou tlaky absolutní a spočítají se z otevíracího tlaku pojistného ventilu p_{otv} a dolního povoleného tlaku $P_{d,dov}$.

$$P_{h,dov,abs} = P_{otv} + 100\,000 \quad (6.13)$$

$$P_{d,dov,abs} = P_{d,dov} + 100\,000 \quad (6.14)$$

Dolní dovolený tlak se spočítá následující rovnicí (6.15).

$$P_{d,dov} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \quad (6.15)$$

h [m] výškový rozdíl nejvyššího místa otopné soustavy a středu expanzní nádoby
 ρ [kg·m⁻³] hustota otopné vody
 g [m·s⁻²] gravitační zrychlení

Vybraný typ kotle Vaillant VK 306 ecoVit plus je vybaven pojistným ventilem s otevíracím přetlakem p_{otv} 3 bary. Je tedy potřeba navrhnout k otopné soustavě ještě expanzní nádobu. Horní povolený absolutní tlak $P_{h,dov,abs}$ je tedy roven 400 kPa. Součtem objemů všech potrubí, THR, rozdělovačů, sběračů, kotle a těles získáme celkový objem otopné soustavy V_s , který činí 0,481 m³ vody. Rozdíl mezi nejvyšším bodem otopné soustavy a středem EN činí 10,7 metru. Pomocí vztahů (6.10) až (6.15) a tabulky 6.1 pak určíme parametry expanzní nádoby, které jsou shrnuty v tabulce 6.2.

$P_{h,dov,abs}$	$P_{d,dov,abs}$	η	Δt_{max}	n	V_{EN}	Typ EN
[Pa]	[Pa]	[-]	[K]	[-]	[l]	IVAR.ER-AQUAHOT 12l
400000	214522	0,464	30	0,007490	8,77	$V_{EN} = 12l$

Tabulka 6.2

7. Návrh přípravy teplé vody

Existuje několik metod pro návrh velikosti zásobníku teplé vody. Zaměřil jsem se na návrh podle ČSN 06 0320 a na návrh podle DIN 4708. Uvažuji-li spotřebu teplé vody o teplotě 60°C 35 litrů na osobu a den, pak je při obsazenosti 24 lidí (podle počtu lůžek) denní celková spotřeba V_{TV} 840 litrů teplé vody.

7.1 Návrh zásobníku TV podle ČSN 06 0320

Výkon pro určitý časový úsek dne, kdy má zdroj tepla pracovat se spočítá podle vztahu 7.1

$$Q_K = \frac{V_{TV} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot y}{\tau_a} \quad (7.1)$$

Q_K [W] výkon zdroje tepla
 V_{TV} [m³] denní celková spotřeba teplé vody

ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	hustota vody o teplotě θ_{TV}
c [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	měrná tepelná kapacita vody
$\Delta\theta$ [K]	spínací diference pro ohřev teplé vody
y [-]	korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV
τ_a [s]	doba ohřevu teplé vody

Doba ohřevu se τ_a volí buď maximálně 20 minut (těžké stavby), nebo maximálně 10 minut (lehké stavby). Pak pro korekční faktor y platí hodnoty uvedené v tabulce 7.1.

Zásobník TV	y [-]	
	$\tau_a < 20$ minut	$\tau_a < 10$ minut
Vertikální zásobník TV	0,94	0,89
Horizontální zásobník TV (do 400 l)	0,96	0,91
Horizontální zásobník TV (nad 400 l)	0,90	0,85

Tabulka 7.1

Vypočítaný výkon zdroje tepla podle vztahu (7.1) a tabulka 7.2 viz tabulka 7.2. Volím τ_a 20 minut a vertikální zásobník TV.

V_{TV}	ρ	c	$\Delta\theta$	y	τ_a	Q_K
[m^3]	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	[$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	[K]	[-]	[s]	[W]
0,84	1000	4187	20	0,94	1200	55100

Tabulka 7.2

Tato hodnota 55100 W by platila v extrémním případě, pokud bychom chtěli mít k dispozici celý objem 840 litrů v jediný okamžik dne. Pokud bych počítal dohřev alespoň třikrát denně, ráno (před odchodem do zaměstnání), odpoledne (návrat domů) a večer (hygiena před spaním), pak můžu počítat s výkonem 3 krát menším. Jako zdroj tepla jsem tedy zvolil plynový kotel Buderus Logamax U154 – 20 o jmenovitém výkonu 19,9 kW. Pokud si vyjádřím z rovnice (7.1) objem V_{TV} dostanu vztah pro výpočet objemu zásobníku odpovídající spotřebě a zvolenému zdroji tepla (7.2), vypočítaný objem a zvolený zásobník je uveden v tabulce 7.3.

$$V_{TV} = \frac{Q_K \cdot \tau_a}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot y} \quad (7.2)$$

V_{TV}	Typ zásobníku TV
[m^3]	OKC 300 NTR/1MPa
0,303	$V_{TV} = 300$ l

Tabulka 7.3

7.2 Návrh zásobníku TV dle DIN 4708

Výchozím parametrem návrhu zásobníku [L13] je výpočet koeficientu potřeby teplé vody N , který udává kolikrát větší je potřeba teplé vody objektu oproti tzv. jednotkovému bytu. Koeficient potřeby se vypočte podle následujícího vztahu (7.3).

$$N = \frac{\sum (n \cdot p \cdot \sum w_v)}{Q_N} = \frac{\sum (n \cdot p \cdot \sum w_v)}{(p \cdot w_v)_{nom}} \quad (7.3)$$

N [-]	koeficient potřeby
n [-]	počet bytů
p [-]	koeficient obsazenosti
w_v [kWh]	potřeba tepla odběrných míst

Pro jednotkový byt platí, že jeho koeficient obsazenosti je $p_{nom} = 3,5$. U jednotlivých bytů se pak koeficient

obsazenosti určí z počtu obytných místností r . Každý pokoj, ložnice, obývací pokoj, pracovna, apod. se započítává jako 1 obytná místnost. Obytná předsíň nebo zimní zahrada se počítají jako 0,5 obytné místnosti. Kuchyň, koupelna, WC, chodba, komora, apod. se do obytných místností nezapočítávají. Podle součtu obytných místností v každém bytě r určíme za pomoci tabulky 7.4 koeficient obsazenosti p .

Počet místností r	Koeficient obsazenosti p	Počet místností r	Koeficient obsazenosti p
[-]	[-]	[-]	[-]
1	2,0	4,5	3,9
1,5	2,0	5	4,3
2	2,0	5,5	4,6
2,5	2,3	6	5,0
3	2,7	6,5	5,4
3,5	3,1	7	5,6
4	3,5		

Tabulka 7.4

U sanitární vybavenosti bytu se rozlišují dva druhy vybavenosti bytu, normální a komfortní. Pokud uvažují tzv. normální vybavenost bytu, pak počítám s vybavením každého bytu alespoň těmito spotřebiči teplé vody:

- 1 vana nebo sprchový kout
- 1 umyvadlo v koupelně
- 1 dřez v kuchyni

Které se dle následující tabulky 7.5 počítají souhrnně jako 1 vana.

Prostor	Stávající vybavení	V [l]
Koupelna	Koupačí vana cca 140l nebo sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	Jako koupačí vana cca 140l
	1 umyvadlo	Nezohledňuje se
Kuchyň	1 dřez	Nezohledňuje se

Tabulka 7.5

Každý další spotřebič teplé vody navíc musím započítat zvlášť. Potřeba tepla jednotlivých odběrných míst w_v se určí dle následující tabulky.

Odběrné místo	Zkratka podle DIN 4708	Odebírané množství V [l]	Potřeba tepla odběrného místa w_v [kWh]
Koupací vana (1600 mm x 700 mm)	NB1	140	5,82
Koupací vana (1600 mm x 700 mm)	NB2	160	6,51
Vana do malého prostoru a vana se stupínky	KB	120	4,89
Velkoprostorová vana (1800 mm x 750 mm)	GB	200	8,72
Sprchová kabina se směšovací baterií a úspornou sprchou	BRS	40	1,63
Sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	BRN	90	3,66
Sprchová kabina se směšovací baterií a luxusní sprchou	BRL	180	7,32
Umyvadlo	WT	17	0,70
Bidet	BD	20	0,81
Umyvadlo na ruce	HT	9	0,35
Kuchyňský dřez	SP	30	1,16

Tabulka 7.6

Byty 1 až 7 bytového domu jsou vybaveny 1 vanou, 1 umyvadlem v koupelně a 1 kuchyňským dřezem, takže uvažují pouze 1 vanu. Byt 8 má oproti ostatním bytům navíc ještě jedno umyvadlo, takže uvažují 1 vanu a 1 umyvadlo v koupelně. Jednotkový byt se uvažuje s vybaveností NB1, čili s $w_{v, \text{nom}} = 5,82 \text{ kWh}$. Shrnutí obsazenosti a potřeby tepla na přípravu teplé vody je v následující tabulce.

Byt	Počet obytných místností	Obsazenost	Spotřeba TV	Potřeba tepla na přípravu TV
	$r[-]$	$p[-]$	$V[l]$	$w_v[\text{kWh}]$
Byt 1	2	2	140	5,82
Byt 2	3	2,7	140	5,82
Byt 3	2	2	140	5,82
Byt 4	3	2,7	140	5,82
Byt 5	3	2,7	140	5,82
Byt 6	2	2	140	5,82
Byt 7	2	2	140	5,82
Byt 8	4	3,5	157	6,52

Tabulka 7.7

Z tabulky 7.7 nyní můžu vypočítat koeficient potřeby zásobníku TV. Na základě rovnice (7.3) vyšla hodnota N 5,72.

Výrobci zásobníků TV udávají koeficient potřeby N_L , který při návrhu musí splňovat podmínku, že musí být větší nebo roven vypočítanému N . Z nabídky výrobce Buderus jsem vybral model Buderus Logalux SU 300/5 s $N_L = 7,8$. Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě TV 60°C : $507 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ a $29,5 \text{ kW}$. Z nabídky výrobce Buderus jsem vybral vhodný kotel, který je schopný dodat potřebné množství tepla a sice model Buderus Logano G124-32 s jmenovitým výkonem 32 kW .

7.3 Cena instalace

Cena instalace se samostatným kotlem Buderus Logamax U154-20 a zásobníkem OKC 300 NTR/1MPa pro přípravu teplé vody celkem $71\,004,22 \text{ Kč}$, v tabulce 7.8 jsou uvedeny jednotlivé komponenty i s cenou. Uvažuji s vyšší DPH 21% a kurzem $1 \text{ EUR} = 27,2 \text{ CZK}$.

Komponenta	Poznámka	Počet	Cena/ks bez DPH	Cena/ks	Cena celkem
		[ks/m]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Kotel Buderus Logamax U154-20	Buderus	1	26 500,00 Kč	32 065,00 Kč	32 065,00 Kč
Zásobník TV Bojler OKC 300 NTR/1MPa	Dražice	1	21 759,00 Kč	26 328,39 Kč	26 328,39 Kč
Čerpadlo ALPHA2 L 25-40 130	Grundfos	1		4 624,00 Kč	4 624,00 Kč
Měděné potrubí Cu28x1,5 Trubka	E-shop Topení levně	15		170,80 Kč	2 562,00 Kč
Měděné potrubí Cu28x1,5 Koleno 90°	Sanha Fittings	8		36,29 Kč	290,32 Kč
Měděné potrubí Cu28x1,5 Koleno 45°	Sanha Fittings	4		49,45 Kč	197,80 Kč
Měděné potrubí Cu28x1,5 T-kus	Sanha Fittings	2		82,16 Kč	164,32 Kč
Kulový kohout IVAR PERFECTA FIV.8366 1"	IVAR	6		263,00 Kč	1 578,00 Kč
Šroubení k čerpadlu IVAR.KUC 1"x6/4"	IVAR	2		216,00 Kč	432,00 Kč
Expanzní nádoba IVAR.ER-AQUAHOT 5l	IVAR	1		682,00 Kč	682,00 Kč
PAROC Hvac Section AluCoat T 28/30	PAROC	15	85,00 Kč	102,85 Kč	1 542,75 Kč
Držák EN IVAR.SOL DR	IVAR	1		169,00 Kč	169,00 Kč
Jistič B 10A/1- OEZ:34532	ELIMA	1		58,98 Kč	58,98 Kč
Kabel CYKY-J 3x1,5	ELIMA	10		11,05 Kč	110,50 Kč
Kabel CYKY-J 3x1,5	ELIMA	10		11,05 Kč	110,50 Kč
Kabel CYKYLO-O 2x1,5	ELIMA	11		8,06 Kč	88,66 Kč

Tabulka 7.8

7.4 Návrh vodovodu teplé, studené vody a cirkulace

Nejprve určíme jmenovité výtoky vody pro všechna odběrná místa [L14, tabulka 1]. Potom určíme výpočtový průtok v přívodním potrubí, pro bytové domy platí rovnice 7.4.

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)} \quad (7.4)$$

Q_D [$l \cdot s^{-1}$] výpočtový průtok v přívodním potrubí
 Q_{Ai} [$l \cdot s^{-1}$] jmenovitý výtok výtokové armatury i
 n_i [-] počet výtokových armatur i

Výpočtový průtok cirkulace teplé vody Q_C se stanoví za předpokladu nulového odběru vody podle tepelných ztrát přívodního potrubí ze vztahu 7.5.

$$Q_C = \sum_{i=1}^m \frac{q_t \cdot l_i}{c_i \cdot \rho_i \cdot \Delta t_i} \quad (7.5)$$

q_t [$W \cdot m^{-1}$] délková tepelná ztráta posuzovaného úseku přívodního potrubí
 l [m] délka posuzovaného úseku přívodního potrubí (včetně délkové přírážky na armatury, spoje a uložení potrubí dle [L14, tabulka C.2])
 c [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$] měrná tepelná kapacita teplé vody při střední teplotě t_{stf}
 ρ [$kg \cdot m^{-3}$] hustota teplé vody při střední teplotě t_{stf}
 Δt [K] rozdíl teplot mezi teplotou vody na začátku a konci posuzovaného úseku
 m [-] počet posuzovaných úseků přívodního potrubí

Předběžný návrh světlosti potrubí d_i se provede na základě znalosti výpočtového průtoku Q_D a průtočné rychlosti v podle vztahu 7.6. Podle [L14, tabulka 4] je doporučená průtočná rychlost pro plastové cirkulační potrubí v rozmezí 0,3 až 1,5 $m \cdot s^{-1}$. Pro výpočet jsem volil $v = 1 m \cdot s^{-1}$.

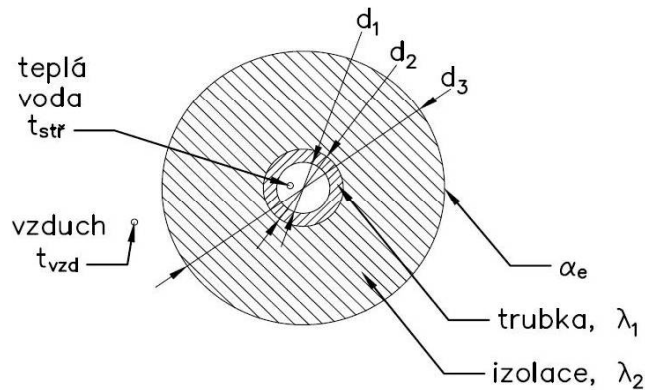
$$d_i = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{Q_D}{v}} \quad (7.6)$$

d_i [mm] vnitřní průměr potrubí
 Q_D [$l \cdot s^{-1}$] výpočtový průtok v přívodním nebo cirkulačním potrubí
 v [$m \cdot s^{-1}$] průtočná rychlost

Délková tepelná ztráta potrubí q_t se vypočítá podle 7.7. Na obrázku 7.1 je znázorněn řez potrubím a s parametry potrubí.

$$q_i = \frac{\pi \cdot (t_{str} - t_{vzd})}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\theta j}} \cdot \ln \frac{d_{zj}}{d_{vj}} + \frac{1}{\alpha_e \cdot d_e}} \quad (7.7)$$

t_{str} [°C]	střední teplota v posuzovaném úseku potrubí
t_{vzd} [°C]	teplota vzduchu v okolí tepelné izolace potrubí
λ_{θ} [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky nebo izolace
d_z [m]	vnější průměr vrstvy trubky či izolace
d_v [m]	vnitřní průměr vrstvy trubky či izolace
α_e [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace trubky
d_e [m]	vnější průměr tepelné izolace trubky
m [-]	počet vrstev



Obrázek 7.1

Teplotu t_{str} jsem uvažoval po celé délce potrubí 58,5°C (60°C v zásobníku, 3°C maximální ztráta). Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace trubky α_e má hodnotu přibližně 10 W·m⁻²·K⁻¹.

Jako materiál potrubí jsem zvolil plastové polypropylenové potrubí Polypropylen P20, jako izolaci pak produkt PAROC Hvac Section AluCoat T, hodnoty λ_{θ} těchto materiálů jsou uvedeny v tabulce 7.9.

Vrstva	Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ_{θ} [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
Trubka	Polypropylen PN20	0,220
Izolace	PAROC Hvac Section AluCoat T	0,037

Tabulka 7.9

U teploty t_{vzd} jsem uvažoval hodnotu 15°C ve vnitřním prostoru instalační šachty a -6°C ve venkovním prostoru garáže.

Podle (7.6) jsem navrhl tloušťku potrubí d_i , ve vnitřních prostorech bude tloušťka izolace potrubí $d_{zo} \geq d_i$, neboli tloušťka izolace odpovídá tloušťce trubky, případně je nejbližší větší z dané řady produktů. Ve vnějším prostoru jsem zvolil o jednu velikost silnější izolaci, než je tomu u vnitřního prostoru. Pro všechny úseky potrubní sítě rozvodu teplé vody a cirkulace jsem stanovil délkovou tepelnou ztrátu podle (7.7). Výpočtový průtok cirkulace Q_c jsem vypočítal podle (7.5). Teplotu Δt jsem rozpočítal na jednotlivé úseky potrubí nejdelší větve tak, aby ztráta suma Δt od zásobníku k nejdelší větvi teplé vody a zakončení cirkulace byla maximálně 1,5°C. V ostatních větvích jsem rozpočítal teplotní ztráty Δt opět tak, aby jejich celková ztráta od zásobníku TV byla opět maximálně 1,5°C.

Po návrhu potrubní sítě je potřeba spočítat tlakové ztráty, provést vyvážení větví a navrhnout oběhové cirkulační čerpadlo. Nejprve spočítáme tlakové ztráty v potrubí třením a místními odpory (7.8).

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm} = R \cdot l + p_d \cdot \sum \xi \quad (7.8)$$

Měrnou tlakovou ztrátu tření R určím z tabulky E.10 a hodnoty součinitele místního odporu z [L14, tabulka 8]. Po spočítání tlakových ztrát ve všech větvích cirkulace je nutné provést hydraulické vyvážení těchto větví tak, aby průtok ve všech větvích odpovídal navrženému. Vyvážení bude provedeno instalací vyvažovacího

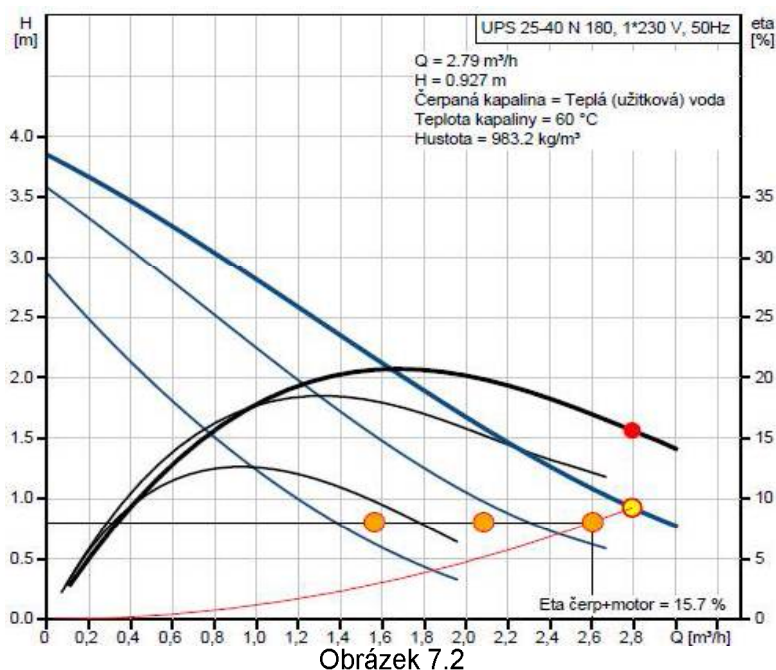
ventilu STAD od TA Hydronics na vratné potrubí cirkulace v každé z pěti stoupaček a vhodným nastavením ventilu (viz výkres rozvodu teplé vody). V každé větvi zpětného cirkulačního potrubí budou umístěny zpětné klapky, aby nedocházelo k odběru teplé vody z potrubí cirkulace teplé vody.

Z objemového průtoku cirkulace teplé vody a tlakové ztráty cirkulačního potrubí určíme vhodné cirkulační čerpadlo. K návrhu cirkulačního čerpadla jsem použil návrhovou aplikaci WebCAPS na serveru společnosti Grundfos. Požadované parametry viz tabulka 7.10.

Typ instalace	Průtok Q [m ³ ·h ⁻¹]	Dopravní výška H [m]	Teplota kapaliny [°C]
Cirkulace teplé vody	2,610	0,807	60

Tabulka 7.10

Navrženým oběhovým cirkulačním čerpadlem je Grundfos typ UPS 25-40 N 180 50 s nastaveným otáčkovým stupněm 3. Na obrázku 7.2 jsou znázorněny pracovní křivky (modré) zvoleného cirkulačního čerpadla pro otáčkový stupeň 1 až 3, charakteristika potrubní sítě (červeně) a pracovní bod (žlutočervený).



Obrázek 7.2

8. Alternativní způsoby přípravy teplé vody

8.1 Solární kolektory

Solární kolektor je zařízení, které využívá energie slunečního záření dopadající na plochu tzv. absorbéru k ohřevu vody, nebo jiné teplotnosné látky. Na trhu je nespočet různých výrobků, které se však dají rozdělit do několika základních druhů.

Gumový absorbér – gumový registr pro ohřev bazénu v letní sezóně.

Ploché kolektory – absorbér kolektoru je rovinný, spojený s meandrem potrubí, které z něj odvádí teplo.

Trubicové průtočné - teplotnosná látka protéká U-registrem nebo koaxiálním potrubím připojeným k absorbéru ve skleněné vakuové trubici.

Trubicové s tepelnými trubicemi – teplotnosná látka neprotéká skleněnými vakuovými trubicemi. Ve skleněných trubicích jsou umístěny tepelné trubice, které oňímají teplo absorbéru a předávají ho teplotnosné látce protékající horní částí těla solárního kolektoru.

8.1.1 Výběr typu

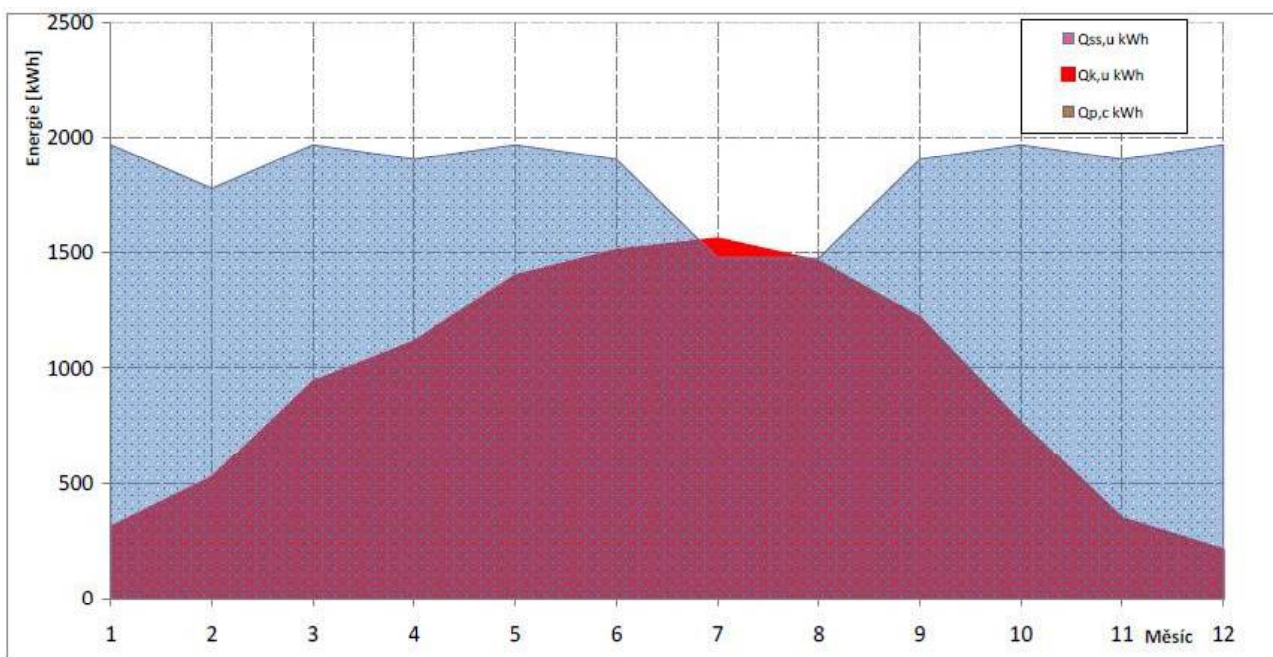
Vybraným typem solárního kolektoru je trubicový, vakuový kolektor KTU 15 od výrobce Regulus (obrázek 8.1). Pomocí programu BILANCE_SS_5_6.xls pana Doc. Tomáše Matušky jsem stanovil počet solárních kolektorů na 13 kusů. Energie získaná z kolektorového pole za rok pokryje cca 51% potřeby energie na

přípravu teplé vody. Zbýlých 49% energie hradí plynový kotel. Kolektory budou umístěny na ploché střeše domu s jižní orientací a sklonem 60°. Solární energie se akumuluje do dvou zásobníků teplé vody OKC 500 NTRR/1MPa. Jednotlivé kolektory budou hydraulicky zapojené dle Tichelmannova zapojení.



Obrázek 8.1 (převzato z [L18])

Na následujícím obrázku 8.2 je znázorněna energetická bilance 13 solárních kolektorů Regulus KTU 15 s orientací na jih a sklonem 60° pro Prahu (červená plocha) a potřeba tepelné energie na přípravu teplé vody (modrá plocha).



Obrázek 8.2

8.1.2 Výpočet pojistného a zabezpečovacího zařízení

Pojistný ventil volím s otevíracím přetlakem 4 bary. Tepelný výkon 13 solárních kolektorů při intenzitě oslunění $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$ a účinnosti 82,7% udávané výrobcem činí 15062W.

S využitím vztahů (6.2) až (6.9) spočítáme parametry pojistného ventilu, které jsou uvedeny v tabulce 8.1. Vybraný typ ventilu je IVAR.PV SOLAR 253046 nastavený na $p_{otv} = 4$ bary. Použité putrubí Cu 28x1,5 (vnitřní průměr 25 mm) plně vyhovuje.

Pojistný výkon Q_P	Pojistný průtok V_P	Otvírací přetlak p_{otv}	Min. průměr pojist. Potrubí d_v	Vybraný typ PV
[kW]	[m ³ ·h ⁻¹]	[kPa]	[mm]	IVAR.PV SOLAR 253046
15	15	400	12,32	Nastavení potv = 4bary

Tabulka 8.1

U návrhu expanzní nádoby počítám s otevíracím přetlakem pojistného ventilu $p_{h,dov} = p_{otv} = 4$ bary.
Nechť $t_{max} = 90^\circ\text{C}$, potom $\Delta t = t_{max} - 10\text{K} = 80^\circ\text{C}$. Tomuto rozdílu odpovídá $n = 0,03553$.
Celkový objem solární soustavy je $V_S = 0,253$ m³.

S pomocí vztahů (6.10) až (6.15) a tabulky 6.1 vypočítáme parametry expanzní nádoby, vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.2. Navrženým typem je expanzní nádoba od výrobce IVAR určená speciálně k instalaci do solárního systému IVAR.DSV-AQUASOLAR 24l o objemu 24 litrů.

$p_{h,dov,abs}$	$p_{d,dov,abs}$	η	Δt_{max}	n	V_{EN}	Typ EN
[Pa]	[Pa]	[-]	[K]	[-]	[l]	IVAR.DSV-AQUASOLAR 24l
500000	258174	0,484	80	0,035530	24	$V_{EN} = 24l$

Tabulka 8.2

Cena instalace solárního systému pro přípravu teplé vody celkem 454 507,89 Kč, v tabulce 8.3 jsou uvedeny jednotlivé komponenty i s cenou. Uvažuji s výší DPH 21% a kurzem 1EUR = 27,2CZK.

Komponenta	Poznámka	Počet	Cena/ks bez DPH	Cena/ks	Cena celkem
		[ks/m]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Kolektor trubicový vakuový KTU 15	Regulus	13	16 900,00 Kč	20 449,00 Kč	265 837,00 Kč
Zásobník TV Bojler OKC 500 NTRR/1MPa	Dražice	2	33 896,00 Kč	41 014,16 Kč	82 028,32 Kč
Sada pro upevnění kolektoru KTU 15	Regulus	13	1 490,00 Kč	1 802,90 Kč	23 437,70 Kč
Připojovací sada ke kolektoru KTU 15	Regulus	13	714,00 Kč	863,94 Kč	11 231,22 Kč
Nemrzoucí kapalina Solarten 60l	Regulus	2	4 380,00 Kč	5 299,80 Kč	10 599,60 Kč
Nemrzoucí kapalina Solarten 200l	Regulus	1	14 400,00 Kč	17 424,00 Kč	17 424,00 Kč
Měděné potrubí Cu 28x1,0	E-shop Topení levně	95		170,80 Kč	16 226,00 Kč
Měděné potrubí Cu 22x1,0	E-shop Topení levně	15		126,60 Kč	1 899,00 Kč
Měděné potrubí Cu 28x1,0 T-kus	Sanha Fittings	4		82,16 Kč	328,64 Kč
Měděné potrubí Cu 28/22/28 T-kus	Sanha Fittings	18		86,94 Kč	1 564,92 Kč
Měděné potrubí Cu 28/22/22 T-kus	Sanha Fittings	4		162,32 Kč	649,28 Kč
Kulový kohout IVAR PERFECTA FIV.8366 1"	IVAR	6		263,00 Kč	1 578,00 Kč
Měděné potrubí Cu 28x1,0 Koleno 90°	Sanha Fittings	20		36,29 Kč	725,80 Kč
Měděné potrubí Cu 28x1,0 Koleno 45°	Sanha Fittings	8		49,45 Kč	395,60 Kč
Měděné potrubí Cu 22x1,0 Koleno 90°	Sanha Fittings	30		19,54 Kč	586,20 Kč
Měděné potrubí Cu 28x1,0 Spojky	Sanha Fittings	19		26,32 Kč	500,08 Kč
Filtr do potrubí Valvex 1"	Valvex	1		131,00 Kč	131,00 Kč
Šroubení k čerpadlu IVAR.KUC 1"x6/4"	IVAR	2		216,00 Kč	432,00 Kč
Čerpadlo UPS SOLAR 15-45 130	Grundfos	1		4 270,40 Kč	4 270,40 Kč
Expanzní nádoba IVAR.DSV-AQUASOLAR 24l	IVAR	1		1 057,00 Kč	1 057,00 Kč
Pojistný ventil IVAR.PV SOLAR 6 bar	IVAR	1		452,00 Kč	452,00 Kč
PAROC Hvac Section AluCoat T 28/30	PAROC	95	85,00 Kč	102,85 Kč	9 770,75 Kč
PAROC Hvac Section AluCoat T 22/25	PAROC	15	70,00 Kč	84,70 Kč	1 270,50 Kč
Držák EN IVAR.SOL DR	IVAR	1		169,00 Kč	169,00 Kč
Jistič B 10A/1- OEZ:34532	ELIMA	1		58,98 Kč	58,98 Kč
Kabel CYKY-J 3x1,5	ELIMA	10		11,05 Kč	110,50 Kč
Kabel CYKYLO-O 2x1,5	ELIMA	40		8,06 Kč	322,40 Kč
Teplotní rozdílový spínač RJ402	Elektrobock CZ	1		1 452,00 Kč	1 452,00 Kč

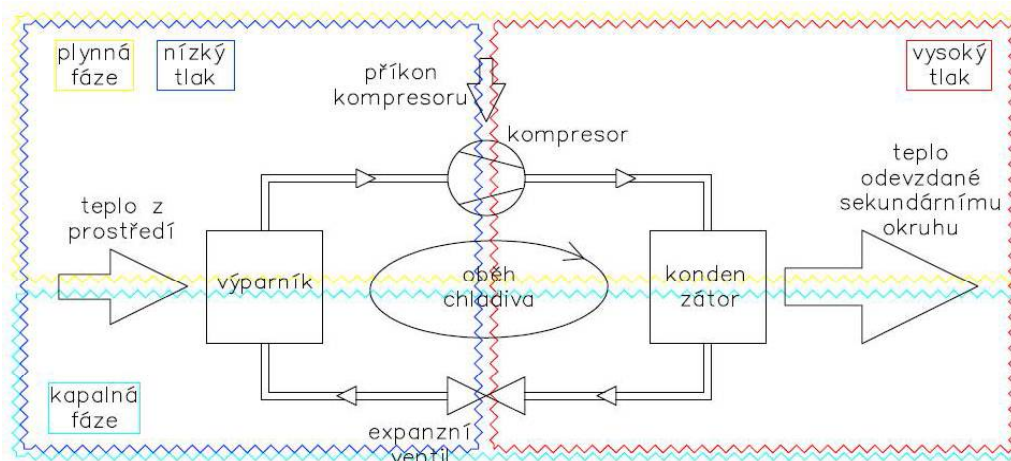
Tabulka 8.3

8.2 Tepelné čerpadlo

Další alternativou ke 100% pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody plynovým kotlem je použití tepelného čerpadla, které je schopno do určité venkovní teploty samostatně natápět zásobník TV.

8.2.1 Princip

Tepelné čerpadlo je zařízení založené na oběhu chladiva, Carnotově cyklu (obrázek 8.3). Chladivo hnané kompresorem cirkuluje v uzavřeném okruhu mezi dvěma výměníky – výparníkem a kondenzátorem. Ve výparníku dochází ke změně skupenství chladiva z kapalného na plynné, tepelnou energii k tomuto procesu odebírá chladivo prostřednictvím teplosměnné plochy výparníku venkovnímu prostředí (kapalina, vzduch). Poté přichází chladivo v plynném skupenství do kompresoru, který jej tlačí na vyšší tlak. Stlačené plynné chladivo v kondenzátoru přechází zpět do kapalně fáze, přičemž prostřednictvím teplosměnné plochy kondenzátoru odevzdává tepelnou energii otopné tekutině (voda, vzduch, nemrznoucí směs). Stlačené kapalně chladivo pokračuje do expanzního škrťacího ventilu, kde jeho tlak prudce klesne, aby ve výparníku opět změnilo skupenství na plynné.



Obrázek 8.3

8.2.2 Výběr typu TČ

Vzhledem k typu teplosměnné látky se rozlišuje na tepelná čerpadla vzduch-vzduch, vzduch-voda, voda-voda, země-voda. V případě konkrétní situace, kdy máme bytový dům je optimální využití nízkopotenciální teplo z venkovního vzduchu. Zminimalizují se tím stavební zásahy, které by byly nutné v případě volby tepelného čerpadla voda-voda, tedy hydrogeologický průzkum a kopání studny, nebo v případě volby systému země-voda, hydrogeologický průzkum a vrty.

8.2.3 Návrh tepelného čerpadla

Potřeba tepla na přípravu za jeden den se vypočítá dle následujícího vztahu (8.1).

$$\dot{Q} = (1+z) \cdot \frac{V_{TV} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_{TV} - \theta_{SV})}{t_A} \quad (8.1)$$

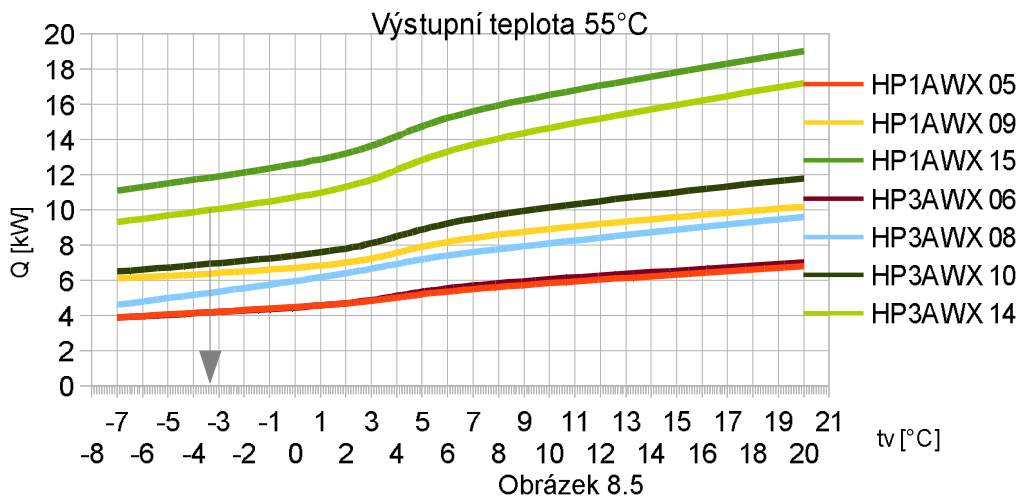
Q [W]	výkon zdroje tepla
z [-]	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV, pro standardně navržené tloušťky izolace rozvodů TV lze uvažovat z = 0,3
V_{TV} [m ³]	celková potřeba teplé vody za den
ρ [kg·m ⁻³]	hustota vody
c [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vody
θ_{TV} [°C]	teplota teplé vody (uvažuji 55°C)
θ_{SV} [°C]	teplota studené vody (uvažuji 10°C)
t_A [s]	celková doba ohřevu za den

Většina tepelných čerpadel je schopna ohřát kapalinu v sekundárním okruhu na maximálně 55°C, proto při výpočtu uvažuji teplotu teplé vody 55°C. Dobu chodu tepelného čerpadla za den jsem stanovil na 6 hodin. Výkon podle rovnice 8.1 Q_k je 9346W. Jako zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo AWX ARCTIC, typ HP3AWX 14 (obrázek 8.4), systém vzduch-voda. Závislost výkonu tepelných čerpadel AWX ARCTIX na venkovní teplotě znázorňuje graf na obrázku 8.5. Bod bivalence jsem zvolil při poklesu výkonu na 10 kW, tomu u zvoleného typu tepelného čerpadla odpovídá venkovní teplota 3,3°C.



Obrázek 8.4 (převzato z [L19])

Výkon TČ vzduch-voda v závislosti na venkovní teplotě



8.2.4 Výpočet pojistného a zabezpečovacího zařízení

S ohledem na maximální konstrukční tlak všech komponent volím otevírací přetlak v sekundárním okruhu tepelného čerpadla 4 bary. Jmenovitý výkon zdroje tepla, tepelného čerpadla AWX ARCTIC HP3AWX14 je 14 kW.

S využitím vztahů (6.2) až (6.9) spočítáme parametry pojistného ventilu, které jsou uvedeny v tabulce 8.4. Vybraný typ ventilu je IVAR.PV KD32 nastavený na $p_{otv} = 4$ bary. Použité potrubí Cu 35x1,5 (vnitřní průměr 32 mm) plně vyhovuje.

Pojistný výkon Q_P	Pojistný průtok V_P	Otvírací přetlak p_{otv}	Min. průměr pojist. potrubí d_v	Vybraný typ PV
[kW]	[m ³ h ⁻¹]	[kPa]	[mm]	IVAR.PV KD32
14	14	400	12,24	Nastavení potv = 4bary

Tabulka 8.4

Návrh expanzní nádoby bude obdobný, jako u solárních kolektorů. Pokud maximální teplota kapaliny v sekundárním okruhu tepelného čerpadla dosahuje teploty $t_{\max} = 60^{\circ}\text{C}$, pak vychází součinitel zvětšení objemu $n = 0,01672$ pro $\Delta t_{\max} = 50^{\circ}\text{C}$. Objem chladiva v okruhu odpovídá zhruba 38 litrům.

U návrhu expanzní nádoby počítám s otevíracím přetlakem pojistného ventilu $p_{h,dov} = p_{otv} = 4$ bary. S pomocí vztahů (6.10) až (6.15) a tabulky 6.1 vypočítáme parametry expanzní nádoby, vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.5. Navrženým typem je IVAR.ER-5 o objemu 5 litrů.

$p_{h,dov,abs}$	$p_{d,dov,abs}$	η	Δt_{\max}	n	V_{EN}	Typ EN
[Pa]	[Pa]	[-]	[K]	[-]	[l]	IVAR.ER-5
500000	145193	0,710	50	0,016720	1,16	$V_{EN} = 5l$

Tabulka 8.5

Volím expanzní nádobu nejmenším objemem od výrobce IVAR a sice 5 litrovou IVAR.ER-5.

Cena instalace (výše DPH 21%, kurz 1EUR = 27,2CZK) celkem 274 524,95 Kč.

Komponenta	Poznámka	Počet	Cena/ks bez DPH	Cena/ks	Cena celkem
		[ks/m]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Tepelné čerpadlo AWW ARCTIC HP3AWX14A	PZP	1		199 000,00 Kč	199 000,00 Kč
Zásobník TV Bojler OKC 400 NTRR/1MPa	Dražice	1	31 664,00 Kč	38 313,44 Kč	38 313,44 Kč
Měděné potrubí Cu 35x1,5 trubka	E-shop Topení-levně	20		346,00 Kč	6 920,00 Kč
Měděné potrubí Cu 35x1,5 spojka	Sanha Fittings	4		62,22 Kč	248,88 Kč
Měděné potrubí Cu 35x1,5 koleno 90°	Sanha Fittings	10		151,95 Kč	1 519,50 Kč
Měděné potrubí Cu 35x1,5 koleno 45°	Sanha Fittings	2		175,48 Kč	350,96 Kč
Kulový kohout IVAR PERFECTA FIV.8366 5/4"	IVAR	8		403,00 Kč	3 224,00 Kč
Filtr do potrubí Valvex 5/4"	Valvex	1		261,00 Kč	261,00 Kč
Redukce 35x1,5 na 28x1	Sanha Fittings	4		204,60 Kč	818,40 Kč
Čerpadlo Grundfos Magna 3 25-40	Grundfos	1		12 076,80 Kč	12 076,80 Kč
Šroubení k čerpadlu IVAR.SC 5/4"x2"	IVAR	2		271,00 Kč	542,00 Kč
Měděné potrubí Cu 35x1,5 T-kus	Sanha Fittings	3		224,54 Kč	673,62 Kč
Expanzní nádoba IVAR.ER-AQUAHOT 5l	IVAR	1		682,00 Kč	682,00 Kč
Pojistný ventil IVAR.PV KD32 4 bar	IVAR	1		5 840,00 Kč	5 840,00 Kč
Držák EN IVAR.SOL DR	IVAR	1		169,00 Kč	169,00 Kč
PAROC Hvac Section AluCoat T 35/40	PAROC	20	111,00 Kč	134,31 Kč	2 686,20 Kč
Držák EN IVAR.SOL DR	IVAR	1		169,00 Kč	169,00 Kč
Jistič C 20A/3 – OEZ:34898	ELIMA	1		287,50 Kč	287,50 Kč
Kabel CYKY-J 5x4	ELIMA	15		49,51 Kč	742,65 Kč

Tabulka 8.6

8.3 Výpočet návratnosti

Vezmu-li v potaz meziroční nárůst cen energií plynu a elektřiny, můžu vynést do grafu cenu instalace každé varianty přípravy teplé vody a roční spotřebu energie na přípravu teplé vody a vytápění. Meziroční růst ceny plynu jsem uvažoval 7,5%, meziroční růst ceny elektrické energie 5%. Do ceny instalace není zahrnuto vytápění, do ročních nákladů zahrnuto je.

8.3.1 Výpočet SPF tepelného čerpadla

U tepelného čerpadla bylo nutné spočítat průměrný roční topný faktor SPF jako vážený průměr COP za pomoci distribuční křivky teplot a odpovídajícího topného faktoru. Výrobce konkrétního typu tepelného čerpadla neuvádí křivku závislosti COP na venkovní teplotě, pouze COP při konkrétních čtyřech teplotách, při -7°C , 2°C , 7°C a 20°C . Proto jsem použil tyto čtyři body k sestavení funkce $\text{COP} = f(t_e)$ a hodnoty mezi dvěma body vždy interpoloval. Část distribuční křivky teplot od bodu bivalence ($-3,3^{\circ}\text{C}$) až po konec otopného období (13°C) jsem nahradil 10 intervaly o velikosti d dní se střední teplotou $t_{e,m}$ a pro střední teplotu $t_{e,m}$ určil COP. Jedenáctý interval od 13°C výše jsem uvažoval střední teplotu $t_{e,m} = 20^{\circ}\text{C}$ a $\text{COP} = 3,0$ jak udává výrobce. Průměrný roční topný faktor se pak určí ze vztahu (8.2), hodnoty pro výpočet SPF jsou v tabulce 8.7.

$$SPF = \frac{\sum_{i=1}^{11} d_i \cdot COP(t_{e,m,i})}{\sum_{i=1}^{11} d_i} \quad (8.2)$$

Interval č.	$t_{e,m}$	d	COP ($t_{e,m}$)	d·COP
[-]	[°C]	[dny]	[-]	[dny]
1	-2,13	19	2,06	39,14
2	-0,24	20	2,13	42,60
3	1,36	20	2,18	43,60
4	2,79	20	2,26	45,20
5	4,14	20	2,37	47,40
6	5,48	20	2,48	49,60
7	6,84	20	2,59	51,80
8	8,26	20	2,64	52,80
9	9,79	20	2,69	53,80
10	11,77	25	2,75	68,75
11	20,00	140	3,00	420,00
Celkem		344		914,69
SPF	2,66			

Tabulka 8.7

8.3.2 Výpočet účinnosti kondenzačního kotle

Z jmenovitý stupeň účinnosti kondenzačního kotle dle vztahu (8.3) určíme účinnost η_K . Výrobce kotle Vaillant VK 306 ecoVit plus udává jmenovitý stupeň účinnosti 106% při teplotním spádu 40/30, tomu odpovídá účinnost 95,1%.

$$\eta_K = \frac{\eta(40/30)}{111,5\%} \quad (8.3)$$

$\eta(40/30)$ [%] jmenovitý stupeň účinnosti

8.3.3 Výpočet potřeby tepla a paliva

Potřebu tepla na vytápění za otopné období určíme takzvanou denostupňovou metodou podle vztahu (8.4).

$$Q_{VYT, teor} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d \cdot (t_{i,s} - t_{e,s})}{t_{i,s} - t_{e,v}} \cdot \epsilon \cdot e_t \cdot e_d \quad (8.4)$$

$Q_{VYT, teor}$ [J]	teoretická potřeba tepla na vytápění za otopnou sezonu
Q_c [W]	celková tepelná ztráta objektu
d [den]	počet dní otopného období pro danou lokalitu
$t_{i,s}$ [°C]	průměrná vnitřní teplota objektu
$t_{e,s}$ [°C]	průměrná venkovní teplota za otopné období
$t_{e,v}$ [°C]	venkovní výpočtová teplota pro danou lokalitu
ϵ [-]	opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelných ztrát objektu
e_t [-]	opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění
e_d [-]	opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění

Průměrná vnitřní teplota objektu je váženým průměrem výpočtových teplot všech vytápěných místností v objektu (8.5).

$$t_{i,s} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (8.5)$$

V_i [m³] objem místnosti i
 t_i [°C] výpočtová teplota v místnosti i

Opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek ϵ je dán poměrem (8.6).

$$\epsilon = \frac{Q_p}{Q_c} \quad (8.6)$$

Q_p [W] základní tepelná ztráta prostupem
 Q_c [W] celková tepelná ztráta objektu

Opravné součinitele e_t a e_d jsem určil podle typu objektu, viz tabulky 8.8 a 8.9.

Typ budovy	e_t [-]
Nemocnice	1,00
Obytné budovy s nepřerušovaným vytápěním	0,95
Obytné budovy s nočním přerušením vytápění	0,90
Správní budovy (využití budovy 6h/den)	0,65
Správní budovy (využití budovy 16h/den)	0,90
Školy s polodenním vyučováním	0,80
Školy s celodenním vyučováním	0,85

Tabulka 8.8

Typ budovy	e_d [-]
Školy	0,70
Budovy s jednodenním klidem	0,80
Budovy s dvoudenním klidem	0,90
Trvale vytápěné budovy	1,00

Tabulka 8.9

Skutečná potřeba tepla na vytápění Q_{VYT} na rozdíl od $Q_{VYT,teor}$ zahrnuje účinnost zdroje tepla, účinnost regulace (obsluhy) a účinnost rozvodu tepelné energie (8.7).

$$Q_{VYT} = \frac{Q_{teor,VYT}}{\eta_r \cdot \eta_o \cdot \eta_k} \quad (8.7)$$

η_r [-] účinnost rozvodu tepelné energie
 η_o [-] účinnost regulace (obsluhy)
 η_k [-] účinnost zdroje tepla (kotle)

Účinnost rozvodu tepelné energie η_r zahrnuje kvalitu tepelné izolace potrubí a způsob rozvodu potrubní sítě, bývá v rozmezí 0,95 až 0,98. Účinnost regulace η_o zahrnuje způsob regulace objektu, obvykle se pohybuje v rozmezí od 0,90 do 0,99 (plynový kotel v objektu rozděleném na zóny). Účinnost zdroje tepla η_k viz kapitoly 8.3.1 a 8.3.2.

Potřeba tepla na přípravu teplé vody určíme opět denostupňovou metodou, nejprve je třeba stanovit potřeba tepla na přípravu TV za den $Q_{TV,den}$ (8.8).

$$Q_{TV,den} = (1+z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{TV} \cdot (t_2 - t_1) \quad (8.8)$$

z [-]	poměrný koeficient, je závislý na celkové délce rozvodů TV a stavu tepelné izolace, pohybuje se mezi 0,3 a 1
ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	hustota teplé vody (při teplotě t_2)
c [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	měrná tepelná kapacita teplé vody (při teplotě t_2)
V_{TV} [$\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}$]	potřeba teplé vody v objektu
t_2 [$^{\circ}\text{C}$]	teplota teplé vody
t_1 [$^{\circ}\text{C}$]	teplota studené vody

Teoretickou potřebu tepla na přípravu teplé vody za rok $Q_{teor,TV}$ určíme dle následujícího vztahu (8.9), který zohledňuje snížení potřeby teplé vody v letním období a rozdíl teploty studené vody v zimě a v létě.

$$Q_{teor,TV} = Q_{TV,den} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,den} \cdot \frac{t_2 - t_{1,léto}}{t_2 - t_{1,zima}} \cdot (N - d) \quad (8.9)$$

d [den]	počet dní otopného období
$t_{1,léto}$ [$^{\circ}\text{C}$]	teplota studené vody v létě
$t_{1,zima}$ [$^{\circ}\text{C}$]	teplota studené vody v zimě
N [den]	počet pracovních dní soustavy za rok

Vztah (8.7), který zahrnuje účinnosti platí také pro potřebu tepla na přípravu TV, získáme skutečnou potřebu Q_{TV} . Pokud máme již stanoveny potřeby Q_{VYT} a Q_{TV} , spočítáme množství paliva na vytápění a přípravu TV podle (8.10).

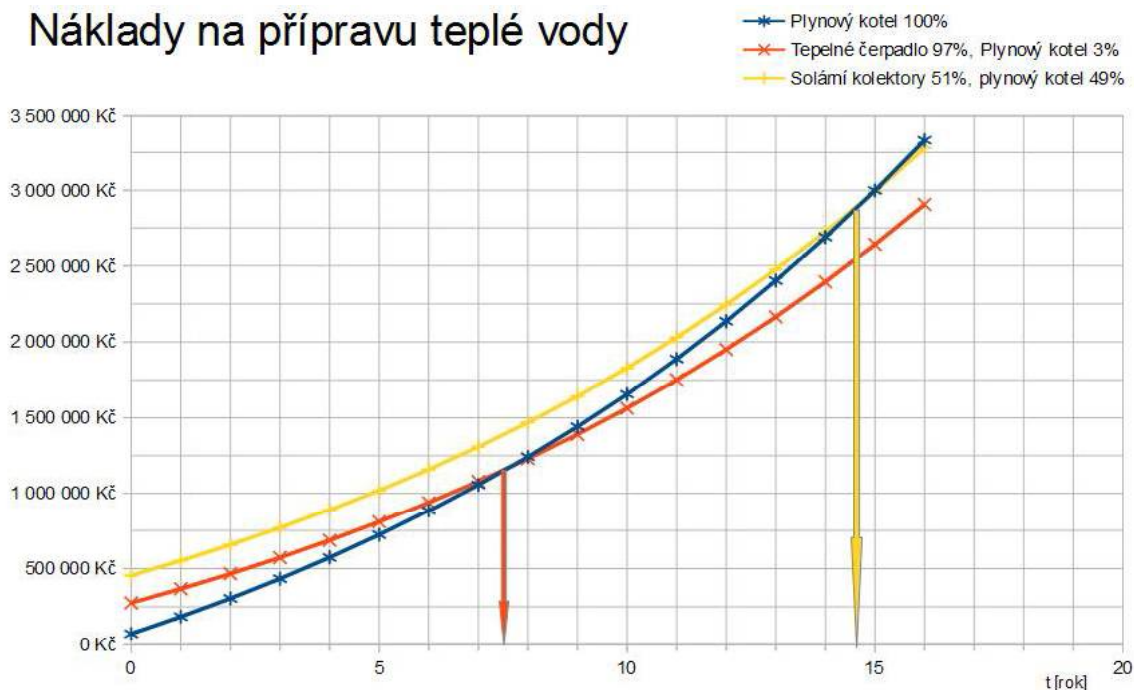
$$U_{VYT+TV} = \frac{Q_{VYT} + Q_{TV}}{H_U} \quad (8.10)$$

U_{VYT+TV} [m^3 ; kg]	potřeba paliva na vytápění a přípravu TV
H_U [$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	výhřevnost paliva
Q_{VYT} , Q_{TV} [MJ]	potřeba tepla na vytápění, přípravu TV

8.3.4 Srovnání návratnosti obou variant

Na obrázku 8.6 jsou znázorněny náklady na vytápění a přípravu teplé vody pro všechny tři varianty. Šipkami je znázorněna doba návratnosti, oranžovou – tepelného čerpadla (téměř 8 let), žlutou – solárních kolektorů (téměř 15 let).

Náklady na přípravu teplé vody



Obrázek 8.6

9. Elektronický zabezpečovací systém

Zařízení elektrické zabezpečovací signalizace je soubor čidel, tísňových hlásičů, ústředěn, prostředků poplachové signalizace, přenosových zařízení, zapisovacích zařízení a ovládacích zařízení, jejichž prostřednictvím je opticky nebo akusticky signalizováno na určeném místě narušení střeženého objektu nebo prostoru [L15].

Soubor prvků, které jsem do EZS objektu navrhnul je popsán v následujících odstavcích.

Magnetické čidlo

Slouží jako prvky plášťové ochrany objektu. Detekuje stav okna, nebo dveří (otevřeno/zavřeno). Magnetické čidlo otevření okna a dveří sestává ze dvou částí, permanentního magnetu a jazýčkového kontaktu. Permanentní magnet se zpravidla montuje na křídlo okna nebo dveří naproti pantům. Jazýčkový kontakt se montuje na zárubeň tak, aby při zavření křídla byl v kontaktu s magnetem (v sepnutém stavu).

PIR čidlo

PIR (passive infrared) čidlo slouží jako prvek prostorové ochrany objektu. Detekuje pohyb osob v místnosti. PIR detektor se umísťuje nejčastěji do rohu místnosti tak, aby viděl na všechny dveře v místnosti a mohl detekovat vniknutí osoby do místnosti. PIR detektor se nesmí montovat nad zdroje tepla (otopné plochy, lednice, ...) a naproti proskleným plochám.

Akustické čidlo rozbití skla

Patří k prvkům plášťové ochrany objektu. Přijímá akustické podněty a vyhodnocuje je. Při detekci charakteristického zvuku tříštění skla vyvolá poplach. Akustické čidlo rozbití skla se montuje na stěnu proti chráněným proskleným plochám.

Optické čidlo kouře

Patří mezi prvky elektronické požární signalizace. Reaguje na částice kouře obsažené ve vzduchu vyhlášením poplachu. Některá čidla kouře jsou vybavena optickou signalizací, popřípadě optickou a akustickou signalizací. Čidla kouře se umísťují na strop do míst předpokládaného výskytu a soustředění kouře.

Čidlo úniku plynu

Patří mezi prvky elektronické požární signalizace. Detekuje částice hořlavých plynů. Reaguje na zvýšenou koncentraci hořlavých plynů vyhlášením poplachu a akustickou signalizací. Umísťuje se na zeď do prostor, kde předpokládáme, že by mohlo dojít k úniku plynu (např. kotelna).

Čidlo CO

Čidlo patří k prvkům elektronické požární signalizace. Reaguje na zvýšenou koncentraci jedovatého oxidu uhelnatého CO. Čidlo se instaluje na strop v prostoru možného vniku a hromadění CO.

V každém bytě bytového domu bude nainstalován elektronický zabezpečovací systém Jablotron 80. Prvky systému Jablotron 80 mohou s ústřednou JA-83K komunikovat bezdrátově prostřednictvím radiové komunikace na frekvenci 868MHz. V obytných místnostech, včetně předsíně a koupelny s oknem, bude umístěno bezdrátové pohybové čidlo PIR (passive infra red) JA-80P. Otvírává okna, dveře na balkon či terasu a vstupní dveře do bytu budou vybavena bezdrátovým magnetickým kontaktem JA-82M. V obytných místnostech budou nainstalována bezdrátová čidla tříštění skla JA-85B. V obýváku s kuchyňským koutem bude umístěn detektor požáru JA-85ST. Uživatel ovládá EZS pomocí klávesnice JA-81E-RGB, která je jediným drátovým prvkem v každém bytě a je s ústřednou propojena kabelem SYKFY 2x2x0,5. Zabezpečit a odbezpečit systém lze i pomocí dálkového ovladače (klíčenky) RC-80K. V bytech bude vnitřní bezdrátová siréna do zásuvky JA-80L a pak venkovní bezdrátová siréna JA-80A na fasádě každého bytu.

Ve společných prostorech, technické místnosti a garáži, vzhledem k větším vzdálenostem detektorů od ústředny volím drátové prvky. PIR pohybové detektory JS-20 a magnetické kontakty SA-201-A na dveře a SA-204 na rolovací mříž garáže. Detektory tříštění skla GBS-210, tam kde nemůže být mříž na prosklených dveřích. V prostředí garáže a tech. Místnosti bude detektor GS130 hlídat únik hořlavých plynů, v garáži navíc hrozí výskyt CO, který bude detekovat prvek EI208W vybavený rozhraním GS208-CO. V každém podlaží je pak čidlo požáru SD-283ST. Klávesnice JA-81E-RGB u vstupu do garáže z objektu umožňuje odbezpečení zóny garáže. Všechny prvky jsou spojeny s ústřednou JA-83K umístěnou v technické místnosti.

Přibližné umístění všech prvků EZS je zakresleno v samostatných výkresech (příloha V2.1 až V2.4), struktura a použité kabely pak ve výkresech V11.1 a V11.2. V tabulce 9.1 je uveden souhrn všech prvků

EZS, kterými budou byty vybaveny. V tabulce 9.2 je uveden souhrn všech prvků, kterými budou vybaveny vnitřní prostory společně s garáží.

Prvky	Výrobce	Počet	Drát	Bezdrát
		[ks]		
Magnetický kontakt otevření	Jablotron	45		JA-82M
Klávesnice EZS	Jablotron	8	JA-81E-RGB	
Senzor tříštění skla	Jablotron	21		JA-85B
PIR detektor	Jablotron	35		JA-80P
Čidlo kouře OT	Jablotron	8		JA-85ST
Bezdrátový ovladač	Jablotron	24		RC-80K
Ústředna EZS	Jablotron	8		JA-83K
Radiový modul	Jablotron	8		JA-82R
GSM komunikátor	Jablotron	8		JA-80Y
Siréna vnitřní	Jablotron	8		JA-80L
Siréna venkovní	Jablotron	8		JA-80A

Tabulka 9.1

Prvky	Výrobce	Počet	Drát
		[ks]	
Magnetický kontakt na dveře	Jablotron	1	SA-201-A
Magnetický kontakt na garážová vrata	Jablotron	1	SA-204
Klávesnice EZS	Jablotron	1	JA-81E-RGB
Senzor tříštění skla	Jablotron	2	GBS-210
PIR detektor	Jablotron	2	JS-20
Čidlo kouře OT	Jablotron	4	SD-283ST
Čidlo úniku plynu	Jablotron	2	GS130
Čidlo CO + výstupní modul	Jablotron	1	EI208W + GS208-CO
Ústředna EZS	Jablotron	1	JA-83K
Radiový modul	Jablotron	1	JA-82R
GSM komunikátor	Jablotron	1	JA-80Y
Siréna venkovní	Jablotron	1	OS-350

Tabulka 9.2

10. Systém domovního videotelefonu

Jako systém domovního videotelefonu jsem zvolil Urmet. Systém obsahuje 2 venkovní tabla s 8 zvonkovými tlačítky do každého bytu a kameru s audiozařazením pro komunikaci. V každém bytě je pak u vstupních dveří vnitřní videotelefon. V tabulce 10.1 jsou uvedeny všechny prvky domovního videotelefonu a přístupového systému. Systém je propojen speciálním kabelem 2Voice od výrobce Urmet. Zdroj 1083/20 a interface 1083/50 jsou umístěny v rozvaděči technické místnosti. Distributory 1083/55 jsou umístěny v každém obytném patře. Systém je jištěný jednofázovým jističem B6/1. Výkres znázorňující propojení modulů viz příloha.

Prvky	Výrobce	Počet [ks]	Typ
Videotelefon	Urmet	8	Urmet 1716/1
Instalační krabička	Urmet	8	Urmet 1716/60
Napájecí zdroj	Urmet	1	Urmet 1083/20
Interface	Urmet	1	Urmet 1083/50
Distributor	Urmet	3	Urmet 1083/55
Modul videotelefonu	Urmet	2	Urmet 1083/72
Panel kamery se 2 tlačítky	Urmet	2	Urmet 1083/77
Modul tlačítek	Urmet	4	Urmet 1083/17
Panel se 4 tlačítky	Urmet	4	Urmet 1148/14
Rám 4x1 venkovního tabla	Urmet	2	Urmet 1148/64
Instalační krabička	Urmet	2	Urmet 1145/54
Elektrický zámek	dle typu dveří	2	

Tabulka 10.1

11. Měření a regulace

11.1 Měření spotřeby

Na každé odbočce ze stoupačky otopné soustavy vedoucí do bytu, neboli do bytového rozdělovače (celkem 9) bude umístěn měřič tepla od firmy ENBRA. Konkrétně jsem vybral typ, který má poměrně zanedbatelnou tlakovou ztrátu, ultrazvukový Sharky 775. Přístroj se montuje na vratné potrubí a je vybaven teplotními čidly, které snímají teplotu topné a vratné vody. V každém z bytů 1 až 7 bude tedy jeden tento přístroj. V bytě 8, který zasahuje do dvou zón, zóny 2 – označení části bytu 8a a zóny 3 – označení části bytu 8b, budou přístroje Sharky 775 dva. Účtování poplatků za teplo se bude tedy řídit podle údajů na měřících ENBRA Sharky 775.

11.2 Regulace systému vytápění a přípravy teplé vody

Systém vytápění a přípravy teplé vody je řízen univerzálním programovatelným automatem Direct Koyo 06, konkrétně modelem D0-06DD2. Jedná se o částečně kompaktní a částečně modulární systém. V konkrétním případě bude rozšířen o modul digitálních výstupů D0-16TD2 a dva moduly analogových vstupů

F0-08ADH-1. Samotný D0-06DD2 má 20 digitálních vstupů a 16 digitálních výstupů. Na vstupy jsou přivedeny signály od bytových programovatelných termostatů Honeywell CM907. Umístění termostatů v bytech je znázorněto ve výkresové dokumentaci vytápění společně s umístěním čidla venkovní teploty na fasádě. V každém z bytů 1 až 7 je umístěn pouze jeden termostat CM907, vždy v obývacím pokoji. V bytě 8 jsou termostaty dva, v obýváku a v pokoji. K regulaci dodávky otopné vody do jednotlivých rozdělovačů slouží ventily na přívodním potrubí do rozdělovače osazené termopohony Honeywell M100-BO. Tento typ jsem vybral proto, že jsou na 230V a bez napětí otevřeny.

Měření všech teplot technologie zajišťují odporová čidla teploty Pt100. Konkrétně jimi měřím teplotu uvnitř zásobníků TV, solárních kolektorů, THR, topné vody v jednotlivých zónách, v bytech 1, 2, 3 a venkovní teplotu. Čidla jsou prostřednictvím převodníků Pt100/4+20mA připojena na vstup karet analogových vstupů F0-08ADH-1. Řídící systém prostřednictvím digitálních výstupů na D0-06DD2 a D0-16TD2 spíná elektromagnetická relé, která ovládají příslušné technologie. Konkrétně se jedná o oběhová čerpadla, servopohony směšovací ventilů, termopohony ventilů k rozdělovačům, kotle nebo TČ. Ukázka programu pro variantu se solárním systémem je součástí přílohy.

11.3 Garážová vrata

Jako garážová vrata bude sloužit rolovací mříž Valencia P120 od výrobce Univers o rozměrech 6m na délku a 2,35 metrů na výšku. Rolovací mříž je poháněna bočním třífázovým motorem a vybavená třemi infrazávorami na bocích stavebního otvoru, kde bude mříž umístěna. Otevírání a zavírání rolovací mříže je možné buď klíčem nebo dálkovým ovládním. Ovladač na klíč a infrazávory jsou propojeny s řídicí jednotkou ŘJ kabelem SYKFY 3x2x0,5. Přívod energie k zařízení rolovací mříže je zajištěn kabelem CYKY 5Cx2,5 s třífázovým jištěním D16/3. Výkres viz příloha.

12. Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo řešit vytápění, ohřev teplé vody, cirkulaci teplé vody a návrh elektronického zabezpečovacího systému u bytového domu. Byly navrženy tloušťky izolační vrstvy jednotlivých konstrukcí tak, aby odpovídali doporučeným hodnotám podle normy ČSN 73 0540-2:2011. Tepelné ztráty byly stanoveny podle normy ČSN EN 12831, celková tepelná ztráta objektu činí 25,1 kW. V objektu bytového domu je zásobování teplem zajištěno dvoutrubkovou otopnou soustavou s nuceným oběhem otopné vody, oběh teplotnosné látky zajišťují oběhová čerpadla od výrobce Grundfos. Otopná soustava je rozdělena na 4 zóny, východní, západní, severní a společné prostory. Teplotní spád zóny, zajišťující distribuci tepla do společných prostor (zóna 4) je 40/30°C, teplotní spád zón, zajišťujících distribuci tepla do bytů (zóny 1 až 3) je 38,75/28,75°C. V bytech jsou navrženy podlahové otopné plochy od firmy IVAR.CS, v koupelnách jsou navržena trubková otopná tělesa Koralux linear MAX - M a Koralux linear Comfort - M, ve společných prostorech desková otopná tělesa Radik Klasik a Radik VK. Zdrojem tepla je stacionární plynový kondenzační kotel Vaillant VK 306 ecoVIT plus se jmenovitým výkonem 30,6 kW. Kotel je se soustavou spojen prostřednictvím termohydraulického rozdělovače. Každá ze čtyř zón je napojena na hlavní rozdělovač/sběrač a osazena vlastním trojcestným směšovacím ventilem VRG 131. Návrh zásobníku teplé vody byl proveden ve dvou variantách a sice podle normy ČSN 06 0320 a podle DIN 4708. První variantou je zásobník OKC 300 NTR/1MPa o objemu 300 litrů s kotlem Buderus Logamax U154-20 o jmenovitém výkonu 19,9 kW, druhou variantou pak zásobník Buderus Logalux SU 300/5 s kotlem Buderus Logano G124-32 o jmenovitém výkonu 32,0 kW. Úkolem práce bylo zpracování návrhu dvou variant přípravy teplé vody nezávislých na dodávce plynu. První variantou je systém 13 trubicových solárních kolektorů Regulus KTU 15 v kombinaci se dvěma zásobníky OKC 750 NTRR/1MPa a OKC 750 NTR/1MPa. Druhou variantou tepelné čerpadlo AWX ARCTIC HP3AWX 14 v kombinaci se zásobníkem OKC 400 NTRR/1MPa. Návržnost solárního systému je 15 let, návratnost tepelného čerpadla 8 let oproti variantě přípravy teplé vody s plynovým kotlem Buderus Logamax U154-20 a zásobníkem OKC 300 NTR/1MPa. V rámci návrhu přípravy teplé vody jsem řešil také rozvody teplé vody, studené vody a cirkulace teplé vody. Teplá voda, studená voda a cirkulace teplé vody budou vedeny potrubím z Polypropylenu PN20 a izolovány izolací PAROC Hvac Section AluCoat T. Oběh cirkulace teplé vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-40 N 180. Poslední tři kapitoly se zabývají návrhem elektronického zabezpečovacího systému a systému videotelefonu a systému měření a regulace. Jako zabezpečovací systém bytů byl vybrán Jablotron 80 s ústřednou Oasis a bezdrátovými detektory pohybu, otevření dveří (oken) a rozbití skla, bezdrátovou sirénou a drátovou klávesnicí, každý byt je pojat jako samostatný systém a má vlastní ústřednu. V nebytových prostorech a garáži je drátový systém ústředny Jablotron 80 Oasis. Jako videotelefon a přístupový systém bude sloužit systém od výrobce Urmet. Systém vytápění a přípravy teplé vody je ovládán řídicím systémem PLC Direct Koyo 06. Jako garážová vrata byla vybrána rolovací mříž Valencia P120 od výrobce Univers.

13. Přehled použitých značek

q	[W·m ⁻²	měrný tepelný tok podlahové otopné plochy
s	[m]	tloušťka vrstvy konstrukce
	[-]	koeficient potřeby teplé vody
	[den]	počet pracovních dní soustavy za rok
	[-]	koeficient obsazenosti bytu
	[kWh·kg ⁻¹	výparné teplo
	[m·s ⁻¹	průtočná rychlost
	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory
A	[m]	plocha konstrukce
B'	[m]	charakteristické číslo podlahy
b _u	[-]	teplotní redukční činitel
c	[-]	podílový součinitel otopné plochy
c	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita látky
COP	[-]	topný faktor
d	[m; mm]	tloušťka vrstvy konstrukce, průměr potrubí
d	[den]	délka otopného období
d _{DN15}	[m]	konstanta 0,0161 m
d _e	[m]	vnější průměr tepelné izolace trubky
DN	[m]	vnitřní průměr potrubí
d _t	[m]	celková ekvivalentní tloušťka podlahy přilehlé k zemině
d _w	[m]	celková ekvivalentní tloušťka stěny přilehlé k zemině
e	[-]	korekční činitel
e _d	[-]	opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění
e _t	[-]	opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění
f _{g1}	[-]	součinitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f _{g2}	[-]	teplotní redukční součinitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou za otopné období a výpočtovou venkovní teplotou
f _{l,j}	[-]	teplotní redukční činitel
f _m	[-]	opravný součinitel otopného tělesa na změnu hmotnostního toku
f _n	[-]	opravný součinitel otopného tělesa na počet článků tělesa
f _o	[-]	opravný součinitel otopného tělesa na úpravu okolí
f _p	[-]	opravný součinitel otopného tělesa na umístění ve vytápěném prostoru
f _x	[-]	opravný součinitel otopného tělesa na připojení na otopnou soustavu
f _{Δt}	[-]	opravný součinitel otopného tělesa pro teplotní rozdíl
G _w	[-]	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
H _T	[W·K ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty prostupem
H _U	[MJ·m ⁻³ ; MJ·kg ⁻¹]	výhřevnost paliva
H _V	[W·K ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty větráním
l _v	[h ⁻¹]	intenzita větrání
K	[kW·mm ²]	konstanta syté vodní páry při otvíracím přetlaku pojistného ventilu
k _v	[m ³ ·h ⁻¹]	jmenovitý průtok ventilem při tlakové ztrátě 10 ⁵ Pa na ventilu

k_{VS}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	jmenovitý průtok ventilem při tlakové ztrátě 10 ⁵ Pa na ventilu při plném otevření
l	$[m]$	délka
λ	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	tepelná vodivost materiálu
l	$[m]$	rozteč trubek
m	$[m^{-1}]$	charakteristické číslo podlahy
m	$[kg \cdot s^{-1}]$	hmotnostní průtok
m_{OT}	$[kg \cdot s^{-1}]$	hmotnostní průtok vody otopným tělesem
m_p	$[kg \cdot h^{-1}]$	pojistný průtok (hmotnostní)
m_{PO}	$[kg \cdot h^{-1}]$	hmotnostní průtok spotřebitelským okruhem
n	$[-]$	teplotní exponent otopného tělesa
n	$[-]$	součinitel zvětšení objemu
n	$[-]$	počet bytů
P	$[m]$	obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostoru
p_d	$[Pa]$	dynamický tlak
$p_{d,dov}$	$[Pa]$	dolní dovolený přetlak
$p_{d,dov,abs}$	$[Pa]$	dolní dovolený absolutní tlak
$p_{h,dov,abs}$	$[Pa]$	horní dovolený absolutní tlak
p_{otv}	$[Pa; kPa]$	otevřací přetlak pojistného ventilu
P_v	$[-]$	autorita ventilu
P'_v	$[-]$	poměrná autorita ventilu
Q	$[W]$	tepelný výkon
Q_A	$[l \cdot s^{-1}]$	jmenovitý výtok výtokové armatury
Q_C	$[W]$	celková tepelná ztráta místnosti
Q_C	$[l \cdot s^{-1}]$	výpočtový průtok cirkulace teplé vody
Q_D	$[l \cdot s^{-1}]$	výpočtový průtok v přívodním potrubí
Q_K	$[W]$	tepelný výkon kotle
Q_N	$[kW]$	jmenovitý výkon
Q_P	$[kW]$	pojistný výkon
Q_P	$[W]$	základní tepelná ztráta prostupem
q_t	$[W \cdot m^{-1}]$	délková tepelná ztráta posuzovaného úseku přívodního potrubí
Q_{TV}	$[W]$	tepelný výkon potřebný pro přípravu teplé vody
$Q_{TV,den}$	$[J]$	potřeba tepla na přípravu TV za den
Q_V	$[W]$	tepelný výkon potřebný pro vytápění objektu
Q_{VYT}	$[J]$	skutečná potřeba tepla na vytápění za otopnou sezonu
$Q_{VYT,teor}$	$[J]$	teoretická potřeba tepla na vytápění za otopnou sezonu
R	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	tepelný odpor vrstvy konstrukce
R	$[Pa \cdot m^{-1}]$	tlakový spád na přímém úseku potrubí
R_{IZO}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	tepelný odpor izolační vrstvy
R_{se}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	tepelný odpor při přestupu tepla z venkovního prostředí na konstrukci
R_{si}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí na konstrukci

S	[m ²]	povrch konstrukce, průřez potrubí
S _o	[mm ²]	průřez sedla ventilu
S _p	[m ²]	celková otopná plocha
SPF	[-]	průměrný roční topný faktor
t, θ	[°C]	teplota
t ₁	[°C]	teplota studené vody
t _{1,léto}	[°C]	teplota studené vody v létě
t _{1,zima}	[°C]	teplota studené vody v zimě
t ₂	[°C]	teplota teplé vody
t _A	[s]	celková doba ohřevu TV v zásobníku za den
t _{e,s}	[°C]	průměrná venkovní teplota za otopné období
t _i	[°C]	výpočtová vnitřní teplota
t _{i,s}	[°C]	průměrná vnitřní teplota objektu
t _{i'}	[°C]	výpočtová teplota v prostoru pod otopnou podlahou
t _m	[°C]	střední teplota otopné vody
t _p	[°C]	střední povrchová teplota podlahy
t _{stř}	[°C]	střední teplota
t _{vzd}	[°C]	teplota vzduchu
U	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla
U	[m ³]	spotřeba paliva
U _{equiv,k}	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	ekvivalentní součinitel prostupu tepla
U _{VYT+TV}	[m ³ ; kg]	potřeba paliva na vytápění a přípravu TV
V	[m ³ ·s ⁻¹]	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru
V _{EN}	[m ³ ; l]	objem expanzní nádoby
V _m	[m ³]	objem větrané místnosti
V _p	[m ³ ·h ⁻¹]	pojistný průtok (objemový)
V _{PO}	[m ³ ·h ⁻¹]	objemový průtok spotřebitelským okruhem
V _s	[m ³]	objem vody v otopné soustavě
V _{TV}	[m ³]	denní celková spotřeba teplé vody
V _{VAR}	[m ³ ·h ⁻¹]	objemový průtok plně otevřeným trojcestným směšovací ventilem
w	[m·s ⁻¹]	střední rychlost proudění v průřezu potrubí
w _{DN15}	[m·s ⁻¹]	střední rychlost proudění otopné vody v ekvivalentním potrubí DN15
w _{opt}	[m·s ⁻¹]	doporučená rychlost proudění
w _v	[kWh]	potřeba tepla odběrných míst
ψ	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	lineární činitel prostupu tepla lineární tepelnou vazbou
y	[-]	korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV
z	[m]	hloubka povrchu podlahy pod okolním terénem
z	[-]	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV
α _e	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace
α _p	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné podlahy

α_p'	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu stropu pod otopnou podlahovou plochou
α_v	[-]	výkonový součinitel pojistného ventilu
Δp_c	[Pa]	dopravní tlak čerpadla
Δp_{disp}	[Pa]	dispoziční tlak
Δp_o	[Pa]	konstanta 10 ⁵ Pa
Δp_{OT}	[Pa]	tlaková ztráta otopného tělesa
Δp_s	[Pa]	tlaková ztráta potrubní sítě
Δp_{so}	[Pa]	tlaková ztráta spotřebitelského okruhu
Δp_v	[Pa]	tlaková ztráta ventilu
Δp_{v0}	[Pa]	tlaková ztráta ventilu při plném uzavření
Δp_{v100}	[Pa]	tlaková ztráta ventilu při plném otevření
Δp_z	[Pa]	celková tlaková ztráta úseku potrubí
Δp_{zm}	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory
Δp_{zt}	[Pa]	tlakové ztráty třením v potrubí
Δp_p	[Pa]	přirozený vztlak
Δt_{max}	[K]	pracovní rozdíl teplot otopné vody
ε	[-]	opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelných ztrát objektu
η	[-; %]	účinnost zařízení
η	[-]	stupeň využití expanzní nádoby
η_k	[-]	účinnost kotle
η_o	[-]	účinnost obsluhy (regulace)
η_R	[-]	účinnost rozvodu otopné vody
$\theta_{e,v}$	[°C]	venkovní výpočtová teplota
$\theta_{i,v}$	[°C]	vnitřní návrhová teplota
θ_{SV}	[°C]	teplota studené vody
θ_{TV}	[°C]	teplota teplé vody
λ	[-]	součinitel tření
Λ_a	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	tepelná propustnost vrstev nad trubkami (podlahové vytápění)
Λ_b	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	tepelná propustnost vrstev pod trubkami (podlahové vytápění)
λ_d	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky podlahového otopného hadu
λ_θ	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky nebo izolace potrubí
ξ	[-]	součinitel místního odporu
$\xi_{OT, DN15}$	[-]	součinitel místního odporu otopného tělesa vztažený na ekvivalentní potrubí DN15
ρ	[kg·m ⁻³]	hustota látky
τ_a	[s]	doba ohřevu teplé vody v zásobníku
Φ	[W]	celková tepelná ztráta
Φ_T	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí
Φ_V	[W]	tepelná ztráta větráním

14. Seznam použité literatury

- [L1] <http://www.tzb-info.cz/345-termohydraulicky-rozdelovac-ii>
- [L2] <http://www.tzb-info.cz/4214-dimenzovani-solarnich-soustav-i>
- [L3] ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu
- [L4] ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov
- [L5] ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda
- [L6] Prof. Ing. Jan Tywoniak, Csc a kolektiv.: Nízkoenergetické domy 2 – principy a příklady
- [L7] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody
- [L8] ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušené metody a orientační hodnoty
- [L9] Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.: Otopné plochy
- [L10] Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.: Vytápění, Návrh otopné soustavy s nuceným oběhem vody
- [L11] Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., Prof. Ing. Karel Hemzal, Csc: Regulace v technice prostředí staveb
- [L12] ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení
- [L13] <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [L14] ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů
- [L15] Stanislav Křeček, Jan Merhaut: Příručka zabezpečovací techniky

[LA] Výkresy V4.1, V4.2 a V4.3 jsou inspirovány výkresy zapojení technické místnosti v katalogu Buderus: Tepelná čerpadla Logatherm, Projekt číslo 11 106, Vydání 05/2013, Schéma zapojení monoenergetického provozu: tepelné čerpadlo s jedním otopným okruhem a solární podporou vytápění a ohřevem TV.

[LB] Výkres V7 je inspirován dokumentem společnosti Urmet:
Technický popis, Digitální videosystém 1083 (2Voice).

[LC] Výkres V8 je inspirován dokumentem společnosti Univer:
Technický list, Mříže elektropříprava

[LD] Výkresy V9 rozvaděče technologie obsahují obrázky inspirované dokumentací k PLC Direct Koyo od společnosti Automation Direct:
DL06 Micro PLC User Manual
DL05/06 Option Modules

[LE] Výkresy V7, V8 a V9 byly inspirovány projektovou dokumentací projektanta Romana Lisce ze společnosti ESYSTEM s.r.o.

15. Seznam příloh

Výkresy:

- V1.1 Půdorys 1.PP – vytápění, otopné plochy, rozvod vody, technická místnost
- V1.2 Půdorys 1.NP – vytápění, otopné plochy
- V1.3 Půdorys 2.NP – vytápění, otopné plochy
- V1.4 Půdorys 3.NP – vytápění, otopné plochy
- V1.5 Půdorys střechy – solární kolektory
- V2.1 Půdorys 1.PP - elektronický zabezpečovací systém
- V2.2 Půdorys 1.NP - elektronický zabezpečovací systém
- V2.3 Půdorys 2.NP - elektronický zabezpečovací systém
- V2.4 Půdorys 3.NP - elektronický zabezpečovací systém
- V3 Půdorys technické místnosti
- V4.1 Schéma technické místnosti, varianta přípravy TV plynovým kotlem
- V4.2 Schéma technické místnosti, varianta přípravy TV solárním systémem
- V4.3 Schéma technické místnosti, varianta přípravy TV tepelným čerpadlem
- V5 Rozvinuté schéma rozvodu vody
- V6.1 Rozvinuté schéma otopné soustavy – větev O1 – byty 1, 4, 7
- V6.2 Rozvinuté schéma otopné soustavy – větev O2 – byty 2, 5, 8
- V6.3 Rozvinuté schéma otopné soustavy – větev O3 – byty 3, 6, 8
- V6.4 Rozvinuté schéma otopné soustavy – větev O4 – společné prostory
- V7 Zapojení videotelefonu Urmet
- V8 Garážová vrata Univers
- V9 Zapojení rozvaděče regulace
- V10 Termohydraulický rozdělovač
- V11.1 EZS bytu
- V11.2 EZS nebytový prostor a garáž

Přílohy:

- P1 Výpočet tepelných ztrát
- P2 Ukázka programu v prostředí Directsoft