

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**STUDIE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO
DOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Roško** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **438346**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Studie vytápění rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Study of a Family House Heating

Pokyny pro vypracování:

Studie vytápění a přípravy teplé vody rodinného domu teplovodní otopnou soustavou se třemi variantami zdroje tepla. Jako teplosměnnou otopnou plochu volte otopná tělesa. Porovnejte investiční a provozní náklady na jednotlivé zdroje tepla. Studie bude zpracovávána formou prováděcí dokumentace staveb.

Seznam doporučené 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) Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. Vydavatelství ČVUT, 2003. 252 s. ISBN 80-01-02808-9.
- 4) Brož, K.: Vytápění. Vydavatelství ČVUT, 2002. 205 s. ISBN 80-01-02536-5.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

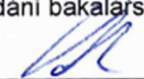
Ing. Roman Vavříčka, Ph.D., ústav techniky prostředí FS


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **24.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


24.6.2019

Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Souhrn

Tato práce se zabývá řešením vytápění novostavby rodinného domu. Konstrukce domu jsem navrhl na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Do rodinného domu jsem navrhl otopný systém větvený s otopnými tělesy. Desková tělesa v 1.NP jsem z důvodu větší estetičnosti navrhl v designovém provedení, ostatní desková tělesa jsou v provedení ventil kompakt. V koupelně a na WC jsou umístěna trubková otopná tělesa. Provedl jsem stanovení tlakových ztrát otopné soustavy a hydraulické vyrovnání.

Hlavní částí práce je porovnání a zhodnocení třech způsobů vytápění s ohřevem teplé vody. Technická místnost s potřebným vybavením pro vytápění a ohřev teplé vody je umístěna v 1.NP. Jako zdroje tepla jsem navrhl automatický kotel na pelety s kombinovaným ohříváčem teplé vody, který je vybaven elektrickým ohřevem teplé vody, plynový kondenzační kotel s nepřímo ohřívaným zásobníkem teplé vody a jako poslední zdroj jsem zvolil tepelné čerpadlo. Provedl jsem návrh zařízení, spočítal jsem pořizovací a provozní náklady. A provedl jsem porovnání jednotlivých variant. Jako nejvýhodnější řešení se mi, po zohlednění pořizovacích a provozních nákladů, jeví varianta s tepelným čerpadlem.

Summary

In this work I try to solve family house heating. Construction of the house was made to agree with recommended heat transfer coefficient. I made suggestion heating system with radiators to the family house. Steel panels radiators in the first floor are designed for bigger aesthetic effect in luxury design, the rest of them are in version VENTIL KOMPAKT. In the bathroom and in the toilet room are placed tower rails. I set the pressure losses of heating system and achieved the hydraulic balance of wet heating system.

Main part of my work is comparison and evaluation of the three types of heating and water heating. Technical room with the necessary equipment for water heating and heating of the house is placed in the first floor. I suggested pellets boiler with combined water boiler as a heat source. The automatic pellets boiler is equipped with combined water heater. Next is gas condensing boiler with indirect fired tanks. The last heat source

I chose was a heat pump. I made a scheme of the device, counted purchasing and operating costs and compared all the options. As the best option after considering all costs came out option with a heat pump.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Studie vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 24.6.2019

Jan Roško

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu práce Ing. Roman Vavříčka, Ph.D., za cenné rady při vypracovávání mé bakalářské práce. A také svým rodičům a sestře za podporu a toleranci při studiu.

Obsah

1.	Soupis použitého značení	9
2.	Úvod.....	13
2.1	Cíle práce:	13
2.2	Představení rodinného domu.....	14
3.	Praktická část	16
3.1	Stanovení tepelných ztrát objektu	16
3.1.1	Výpočet součinitele prostupu tepla U neprůsvitné konstrukce	16
3.1.2	Výpočet součinitele prostupu tepla U konstrukce přilehlá k zemině, podlaha na zemině	17
3.1.3	Stanovení součinitele prostupu tepla U průsvitná konstrukce.....	18
3.1.4	Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem tepla.....	19
3.1.5	Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním.....	20
3.1.6	Celková tepelná ztráta objektu.....	21
3.2	Volba zdroje tepla a návrh ohříváče teplé vody.....	22
3.2.1	Biomasa	23
3.2.2	Plynový kotel.....	24
3.2.3	Tepelné čerpadlo	25
3.3	Návrh otopných těles a otopné soustavy.....	26
3.3.1	Návrh otopných těles	26
3.4	Výpočet tlakové ztráty otopné soustavy	27
3.4.1	Tlaková ztráta okruhu	28
3.4.2	Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty Biomasa	29
3.4.3	Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty plynový kotel	31
3.4.4	Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty tepelné čerpadlo	32
3.5	Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody.....	33
4.	Ekonomické zhodnocení	35

4.1	Stanovení pořizovacích nákladů jednotlivých variant zdrojů tepla.....	35
4.1.1	Stanovení pořizovací ceny otopné soustavy.....	36
4.1.2	Stanovení pořizovací ceny varianta biomasa	37
4.1.3	Varianta plynový kotel.....	38
4.1.4	Varianta tepelné čerpadlo	39
4.2	Výpočet potřeby paliva na vytápění a ohřev teplé vody a stanovení celkových nákladů na energie	40
4.2.1	Varianta Biomasa.....	41
4.2.2	Varianta plynový kotel.....	42
4.2.3	Varianta tepelné čerpadlo	43
5.	Závěr.....	45
6.	Seznam literatury	48
7.	Seznam norem.....	51
8.	Přílohy	52

1. Soupis použitého značení

A	[m ²]	plocha
B'	[m]	charakteristický parametr charakteristický rozměr podlahy
D	[mm]	vnější průměr
F _F	[1]	podíl plochy rámu
F _{sh,gl}	[1]	korekční činitel stínění
F _{r,k}	[1]	faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou
F _{sh,ob,k}	[1]	korekce stínění na externí překážky
I _{sol}	[W/m ²]	intenzita slunečního záření
K _v	[m ³ /h]	průtokový součinitel
MJ	[m]	měrná jednotka – metr
	[ks]	měrná jednotka – kus
N	[den]	počet pracovních dní ohřevu TV
O _{podlahy}	[m]	obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí
P	[m]	obvod podlahy
Q	[l/s; m ³ /h]	objemový průtok
Q ₁	[kWh/den]	teplo odebrané dodané ohřivač teplé vody
Q _{2p}	[kWh/den]	teplo odebrané z ohřivače teplé vody
Q _{2p,r}	[kWh/rok]	teplo odebrané z ohřivače teplé vody
Q _{2t}	[kWh/den]	teoretické teplo odebrané z ohřivače teplé vody
Q _{2z}	[kWh/den]	teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody
Q _{H,tr}	[kWh]	potřeba tepla prostupem
Q _{H,ve}	[kWh]	potřeba tepla větráním
Q _{H,ht}	[kWh]	celková potřeba tepla
Q _{H,int}	[kWh]	vnitřní tepelné zisky
Q _{H,nd}	[kWh]	potřeba tepla na vytápění
Q _{H,sol}	[kWh]	solární tepelné zisky
Q _{H,gn}	[kWh]	celkové tepelné zisky
Q _{sol}	[kWh]	tepelný tok solárních zisků
Q _{zdroj}	[kWh]	tepelný výkon zdroje tepla
H _T	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem celé budovy

$H_{T,ie}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,iue}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostoru nevytápěným prostorem
$H_{T,ig}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného Prostoru do sousedního prostoru vytápěného výrazně na jinou teplotu
$H_{V,i}$	[W/K]	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
S	[m ²]	plocha stavební části
R	[Pa/m]	tlaková ztráta třením
R_f	[m ² .K/W]	tepelný odpor podlahy [m ² .K/W]
R_n	[W/m.K]	tepelný odpor n-té stavební konstrukce
R_{se}	[m ² .K/W]	vnější tepelný odpor při přestupu tepla
R_{si}	[m ² .K/W]	vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla
U	[W/m ² .K]	součinitel prostupu tepla
$U_{pož}$	[W/m ² .K]	požadovaný součinitel prostupu tepla
U_w	[W/m ² .K]	celkový součinitel prostupu tepla okna
\dot{V}	[m ³ /h]	objemový průtok vzduchu
V_{2p}	[m ³ /osoba]	potřeba teplé vody
V_{EN}	[l]	objem tlakové expanzní nádoby
V_s	[l]	objem otopné soustavy
V_z	[m ³]	Objem zásobníku teplé vody
$a_{H,red}$	[1]	redukční činitel na přerušované vytápění
b_u	[1]	teplotní redukční součinitel
c	[kJ/kg.K]	měrná tepelná kapacita
d	[den]	délka otopného období
d_t	[m]	celková ekvivalentní tloušťka – podlaha na zemině
g_n	[1]	celková propustnost zasklení
e_i	[1]	stínící součinitel
f_{ij}	[1]	teplotní redukční součinitel

g_{gl}	[1]	celková propustnost průhlednými prvky
h	[m]	výška místnosti
	[W/m ² K]	součinitel přestupu tepla
l	[m]	délka
\dot{m}	[kg/s]	hmotnostní průtok
m_{wOT}	[kg/hod]	hmotnostní průtok otopným tělesem
n	[den]	počet dnů
	[1]	součinitel zvětšení objemu
n_{min}	[1/hod]	intenzita výměny venkovního vzduchu
n_{hod}	[hod]	počet hodin
p	[Pa]	tlak
$p_{d,dov,abs}$	[Pa]	nejnižší dovolený absolutní přetlak
$p_{h,dov,abs}$	[Pa]	nejvyšší dovolený absolutní přetlak
s_n	[m]	tloušťka stěny n-té stavební konstrukce
t	[mm]	tloušťka stěny
t_1	[°C]	teplota studené vody
t_2	[°C]	teplota teplé vody
t_{iv}	[°C]	vnitřní výpočtová teplota
t_{ep}	[°C]	střední venkovní teplota
t_{ev}	[°C]	venkovní výpočtová teplota
w	[m/s]	rychlost proudění
	[m]	tloušťka obvodových stěn
y_H	[1]	bilanční poměr pro režim vytápění
z	[1]	ztrátový součinitel
Δ		rozdíl
ΔQ_{max}	[kWh]	maximální rozdíl hodnot křivky dodávky tepla a křivky odběru tepla
$\Delta Q_{s,i}$	[kWh]	maximální rozdíl hodnot křivky dodávky tepla a křivky odběru tepla za čas τ
$\Phi_{T,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla i-té konstrukce

$\Phi_{v,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta větráním
α	[1]	pohltivost povrchu pro sluneční záření
γ	[1]	bilanční poměr
ξ	[1]	součinitel místní ztráty
η	[1]	účinnost
		stupeň využití expanzní nádoby
$\eta_{H,gn}$	[1]	faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění
η_K	[1]	účinnost zdroje tepla
η_O	[1]	účinnost otopné soustavy
η_R	[1]	účinnost regulace
ξ	[1]	součinitel místní ztráty
λ_n	[W/m.K]	součinitel tepelné vodivosti n-té stěny konstrukce
ρ	[kg/m ³]	hustota
τ	[h]	čas
ψ	[W/m.K]	součinitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu

2. Úvod

2.1 Cíle práce:

- Vypracování studie vytápění a přípravy teplé vody rodinného domu s teplovodní otopnou soustavou se třemi zdroji tepla a otopnými tělesy.

Varianta Biomasa – zdroj tepla pro přípravu teplé vody v otopném období bude automatický kotel na pelety napojený na akumulční zásobník topné vody. Ohřev teplé vody bude řešen pomocí kombinovaného nepřímo ohřívaného zásobníku zapojeného pro přednostní ohřev teplé vody. V letních měsících je ohřev teplé vody řešen pomocí elektro patrony v zásobníku. Veškeré zařízení bude umístěno v technické místnosti (místnost 104).

Varianta Plynový kotel – zdroj tepla pro vytápění a celoroční ohřev teplé vody bude plynový kondenzační kotel v provedení C. Ohřev teplé vody bude celoročně řešen pomocí plynového kotle v nepřímo ohřívaném zásobníku.

Varianta Tepelné čerpadlo – zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody bude tepelné čerpadlo splitového typu. Tepelné čerpadlo bude napojené na vyrovnávací zásobník topné vody. Ohřev teplé vody bude probíhat v nepřímo ohřívaném zásobníku zapojeném na přednostní ohřev.

- Porovnání investičních a provozních nákladů na jednotlivé zdroje tepla.

2.2 Představení rodinného domu

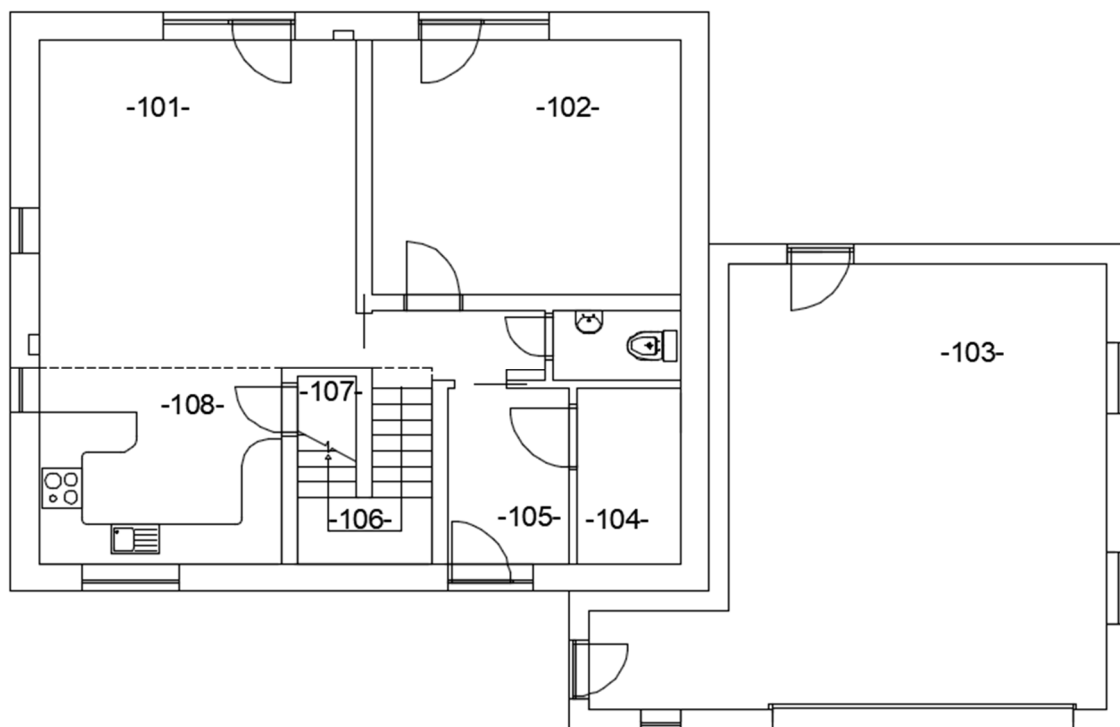


Obr. 1 Pohled na RD [32]

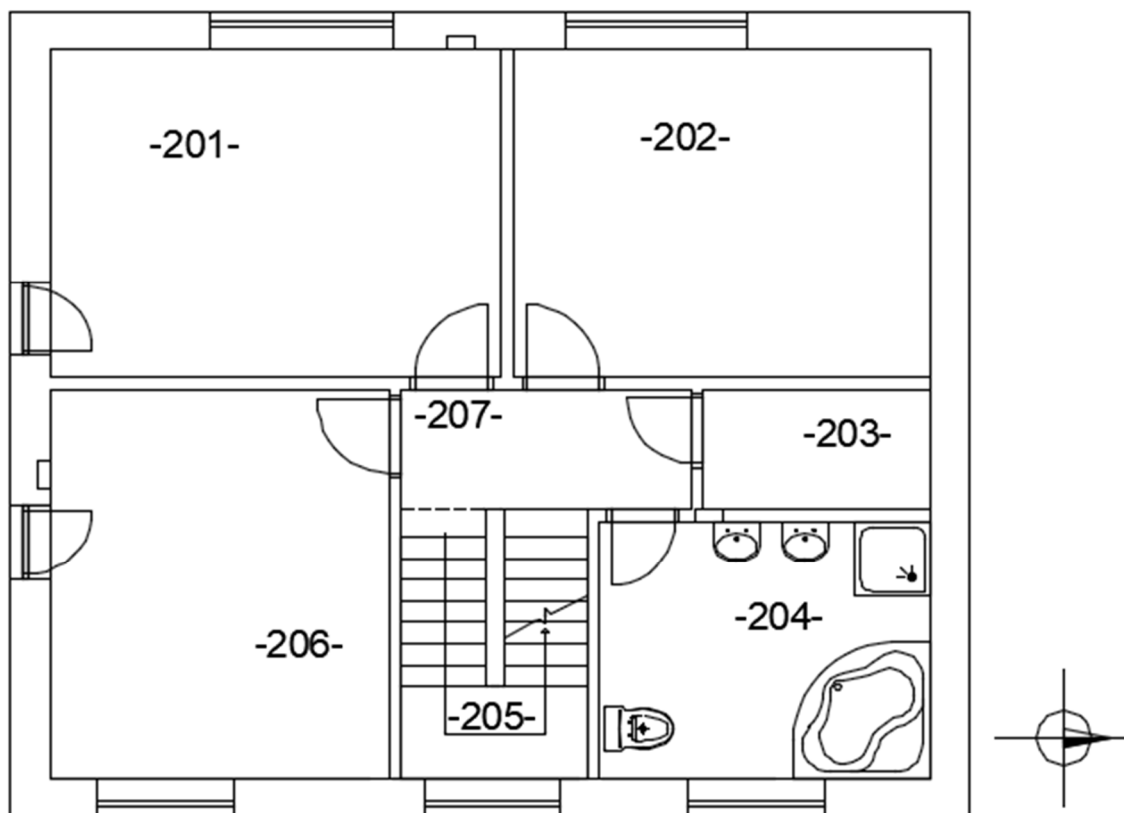
Jedná se o novostavbu dvoupodlažního nepodsklepeného rodinného domu určeného pro 5 obyvatel s garáží. Obytná část objektu je čtvercového tvaru s půdorysnými rozměry cca 10,7 m x 8,8 m. Celkový půdorysný rozměr je cca 17 m x 10,9 m

V 1.NP se nachází technická místnost, která je umístěna vedle předsíně. Z předsíně se dostaneme do chodby, z které se vchází na WC, do ložnice a do obývacího pokoje, který není stavebně oddělen od kuchyně. Z kuchyně je přístup do spíže, jenž je situována pod schodištěm. Do 2.NP se dostaneme po schodišti, na které je přístup z chodby. Ve 2. NP se nacházejí 3 ložnice, koupelna a šatna.

RD je umístěn v Chrudimi, venkovní výpočtová teplota $t_{ev} = -12 \text{ }^\circ\text{C}$, jedná se o oblast ovlivněnou větry. Vchod do objektu je orientován na západ.



Obr. 3 Půdorys 1.NP



Obr. 2 Půdorys 2. NP

3. Praktická část

3.1 Stanovení tepelných ztrát objektu

3.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U neprůsvitné konstrukce

Tloušťku a druh materiálu jednotlivých konstrukcí volím tak, abych vyhověl požadovanému součiniteli prostupu tepla $U_{pož}$ dle ČSN. U zvoleného materiálu si najdu součinitel tepelné vodivosti λ a dosadím do:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}], \text{ kde} \quad (1.)$$

R_{si} ... vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$],

R_{se} ... vnější tepelný odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$],

R_n ... tepelný odpor n-té stavební konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$],

s_n ... tloušťka stěny n-té stavební konstrukce [m],

λ_n ... součinitel tepelné vodivosti n-té stěny konstrukce [$\text{W/m} \cdot \text{K}$].

Výsledek jsem porovnal s $U_{pož}$ a v případě nevyhovujícího výsledku jsem zvolil jiný materiál a postup opakoval.

Obvodové zdivo RD je jsem navrhl z broušených cihelných bloků Porotherm 30 a šedých fasádních desek EPS GreyWall tl. 120 mm se součinitelem prostupu tepla $\lambda = 0,033 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Vnitřní nosné příčky jsou také z broušených cihelných bloků Porotherm 24. Vnitřní nenosné příčky jsou ze sádkartonu a minerální izolace URSA DF 38 tl. 100 mm a 150 mm. Strop ve 2.NP je navržen ze sádkartonu a izolace. Jako izolace je použita tepelná, akustická a protipožární izolace z minerální vlny na bázi skla URSA DF 38 se součinitelem prostupu tepla $\lambda = 0,038 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Kompletní výpočet viz příloha 1. [10], [11], [18], [19]

Tab. 1 Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla

Konstrukce	Materiál	s [m]	λ [W/m.K]	R_{si} [m ² .K/W]	R_{se} [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	$U_{pož}$ [W/m ² .K]	Vyhodnocení
SO 1	Vápenná omítka	0,015	0,88	0,13	0,04	0,17	0,18	vyhovuje
	Tvárnice Porotherm	0,3	0,17					
	polystyren EPS	0,12	0,032					
	perlitová omítka	0,015	0,1					

3.1.2 Výpočet součinitele prostupu tepla U konstrukce přilehlá k zemině, podlaha na zemině

Při výpočtu jsem postupoval dle ČSN EN ISO 13 370. Výpočet jsem začal stanovením charakteristického parametru B' :

$$B' = \frac{S_{\text{podlahy}}}{0,5 \cdot O_{\text{podlahy}}} \text{ [m]}, \text{ kde} \quad (2.)$$

B' ... charakteristický parametr [m],

S_{podlahy} ... plocha podlahy [m²],

O_{podlahy} ... obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí [m].

Poté jsem určil ekvivalentní tloušťku podlahy d_t :

$$d_t = w + \lambda_{\text{zeminy}} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \text{ [m]}, \quad (3.)$$

a rozhodl jsem dle velikosti B' o použití pro výpočet U_{podlahy} vhodného vzorců:

$$d_t < B' \rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{2 \cdot \lambda_{\text{zeminy}}}{0,457 \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}, \quad (4.)$$

$$d_t \geq B' \rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{\lambda_{\text{zeminy}}}{0,457 \cdot B' + d_t} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}, \text{ kde} \quad (5.)$$

d_t ... celková ekvivalentní tloušťka podlah [m],

R_{si} ... vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$],

R_{se} ... vnější tepelný odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$],

R_f ... tepelný odpor podlahy [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$].

Vzorový výpočet součinitele prostupu tepla podlahy k zemině U_{podlahy} jsem uvedl v následující tabulce, kompletní výpočet viz příloha 2.

Tab. 2 Příklad výpočtu U_{podlahy}

101					
λ_{zeminy}	S_{podlahy}	O_{podlahy}	B'	w	
[W/m·K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	27,01	10,40	5,20	0,42	
$\lambda_{\text{izolace1}}$	d_1	$\lambda_{\text{izolace2}}$	d_2	d_t	U_{podlahy}
[W/m·K]	[m]	[W/m·K]	[m]	[m]	[W/m ² ·K]
0,034	0,14	0	0	9,08	0,131

3.1.3 Stanovení součinitele prostupu tepla U průsvitná konstrukce

U výplní jsem použil deklarované hodnoty součinitele prostupu tepla U_w dané výrobcem oken firmou Oknostyl.

Součinitel prostupu tepla U_w	Deklarovaná hodnota
$U_w = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $\leq 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $\leq 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,83 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $> 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $\leq 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,75 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $> 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,73 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $\leq 2,3 \text{ m}^2$)
$U_w = 0,68 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	okna se sklem $U_g=0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a s rámečkem TGI-Spacer (plocha $> 2,3 \text{ m}^2$)

Obr. 4 Deklarované hodnoty součinitele prostupu tepla okna [27]

3.1.4 Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem tepla

Při výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla jsem postupoval dle [N 6]. Výpočet jsem prováděl po jednotlivých místnostech se zohledněním lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostorem:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,se} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (t_{iv} - t_{ev}) [W], kde \quad (6.)$$

$H_{T,ie}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W/K],

$H_{T,iue}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostoru nevytápěným prostorem [W/K],

$H_{T,ig}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do země v ustáleném stavu [W/K],

$H_{T,ij}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného výrazně na jinou teplotu [W/K],

t_{iv} ... vnitřní výpočtová teplota [°C],

t_{ev} ... venkovní výpočtová teplota [°C].

Tepelná ztráta prostupem tepla je jsem počítal po místnostech, při výpočtu jsou uvažovány redukční činitele. Při výpočtu součinitelů tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostoru nevytápěným prostorem a do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu. Dále je uvažována zjednodušená metoda pro výpočet tepelných toků lineárními tepelnými mosty, které se vyskytují na stycích stavebních prvků. [N1], [N2], [N3], [N4]

3.1.5 Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním

Pro výpočet tepelné ztráty větráním jsem nejprve musel stanovit objemový průtok větracího vzduchu pro každou místnost tak, aby byla splněna minimální hodnota intenzity větrání $I = 0,3$ 1/hod viz tabulka č. 3. Poté jsem vypočetl součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$ a na závěr vypočetl návrhovou tepelnou ztrátu větráním $\Phi_{v,i}$ s využitím následujících vzorců [N4]:

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (t_{iv} - t_{ev}) \text{ [W/K]}, \text{ kde} \quad (7.)$$

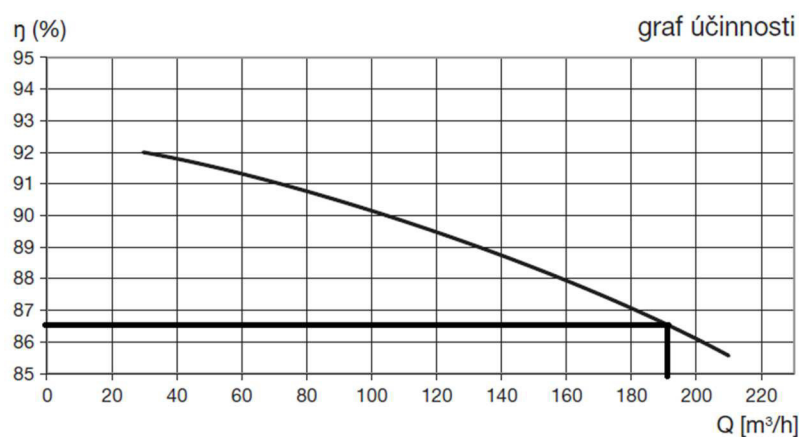
$H_{v,i}$... součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K],

t_{iv} ... vnitřní výpočtová teplota [°C],

t_{ev} ... venkovní výpočtová teplota [°C],

$$H_{v,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c \text{ [W/K]}. \quad (8.)$$

Při výpočtu součinitele návrhové tepelné ztráty větráním jsem uvažoval využití zpětného získávání tepla pomocí nástěnné rekuperační jednotky DOMEO 210 FL s $\eta_r=86,5$ %, který zahrnu do výpočtu součinitele návrhové tepelné ztráty větráním. Rekuperační jednotka je vybavena protiproudým deskovým výměníkem.



Obr. 5 Účinnost ZTT větrací jednotky [22]

Tab. 3 Návrhová tepelná ztráta větráním

č. místnosti	n_{\min}	S	\dot{V}	$t_{i,v}$	$H_{v,i}$	$\Phi_{v,i}$
	[1/hod]	[m ²]	[m ³ /h]	[°C]	W/K	[W]
101	0,5	24,2	32,7	20	0,74	24
102	0,3	18,2	14,7	20	0,20	6
103	-		-	-	-	-
104	-	4,2	-	20	-	-
105	0,3	4,9	4,0	15	0,05	1
106	-	5,6	-	20	-	-
107	-	5,3	-	15	-	-
108	1,5	11,1	45,0	20	3,06	98
109	-	3	-	20	-	-
110	1	2,2	5,9	20	0,27	9
201	0,3	17,8	14,4	20	0,20	6
202	0,3	16,5	13,4	20	0,18	6
203	-	3,4	-	20	-	-
204	1,5	10,4	42,1	24	2,87	103
205	0,3	5,6	4,5	20	0,06	2
206	0,3	15,9	12,9	20	0,18	6
207	-	4,3	-	20	-	-

3.1.6 Celková tepelná ztráta objektu

Celková tepelná ztráta rodinného domu je součtem návrhové tepelné ztráty pro-
stupem tepla a návrhové tepelné ztráty větráním jednotlivé hodnoty jsou zaokrouhleny.

Tab. 4 Tepelná ztráta RD

Místnost	Navržené			Místnost	Navržené		
	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{v,i}$ [W]	$\Sigma\Phi$ [W]		$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{v,i}$ [W]	$\Sigma\Phi$ [W]
101	590	25	615	201	400	10	410
102	430	10	440	202	335	5	340
104	0	0	0	203	0	0	0
105	300	5	305	204	290	100	390
106	0	0	0	205	0	0	0
107	0	0	0	206	340	10	350
108	480	100	580	207	0	0	0
110	90	10	100	Σ	3255	275	3530

3.2 Volba zdroje tepla a návrh ohříváče teplé vody

Pro výsledek mé práce je důležité vhodně navrhnout zdroj tepla. Zejména záleží na jeho výkonu, protože s tím spojovaná pořizovací cena zdroje tepla se může výrazně promítnout do celkových výsledků práce. Pro návrh optimálního výkonu zdroje tepla jsem použil jak hodnotu celkové tepelné ztráty objektu, tak průběh potřeby teplé vody v rodinném domě. [26]

Pro návrh ohříváče TV jsem sestavil křivky dodávky a odběru teplé vody během periody (24 hodin), odběr teplé vody z ohříváče jsem rozdělil na pět částí viz tabulka 5 Odběr teplé vody. Obrázek 3 zobrazuje průběh tepla dodaného ohříváčem teplé vody a teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody, dále zobrazuje křivky průběhu dodávky teplé vody pro jednotlivé varianty zdroje tepla.

Tab. 5 Odběr teplé vody

Čas odběru	Odběr TV [%]
0-5:30	0
5:35-9:00	35
9:05-19:00	15
19:05-22:00	40
22:05-24:00	10

$$\begin{aligned}
 Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} &= (1 + z) \cdot Q_{2z} = \frac{(1 + 0,25) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \\
 &= \frac{(1 + 3) \cdot 1000 \cdot 4187 \cdot (0,045) \cdot (55 - 10)}{3600 \cdot 1000} \\
 &= 13,608 \text{ kWh/den, } \quad kde
 \end{aligned}
 \tag{9.}$$

Q_{2p} ... teplo odebrané z ohříváče TV [kWh/den],

Q_{2t} ... teoretické teplo odebrané z ohříváče TV [kWh/den],

Q_{2z} ... teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/den],

z ... poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [1],

V_{2p} ... celková potřeba teplé vody [m^3/den],

ρ ... hustota vody při střední teplotě v zásobníku [kg/m^3],

c ... měrná tepelná kapacita vody [$\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$],

t_1 ... teplota studené vody [°C],

t_2 ... teplota teplé vody [°C].

Pro návrh optimálního výkonu zdroje tepla jsem použil jak hodnotu celkové tepelné ztráty objektu, tak graf odběru teplé vody v rodinném domě. Z maximálního rozdílu hodnot tepla křivky dodávky tepla a křivky odběru tepla ΔQ_{max} [kWh] jsem pro každou variantu vypočetl objem zásobníku TV V_z [m³] dle [27]:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 100 \text{ [m}^3\text{]}, \text{ kde} \quad (10.)$$

c ... měrná tepelná kapacita [kWh/m³.K] ($c = 1,163$ kWh/m³.K).

A poté jsem vypočetl tepelný výkon zdroje tepla Q_{zdroj} jako:

$$Q_{zdroj} = \left(\frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} \right)_{max} [W], \text{ kde} \quad (11.)$$

τ ... čas [h].

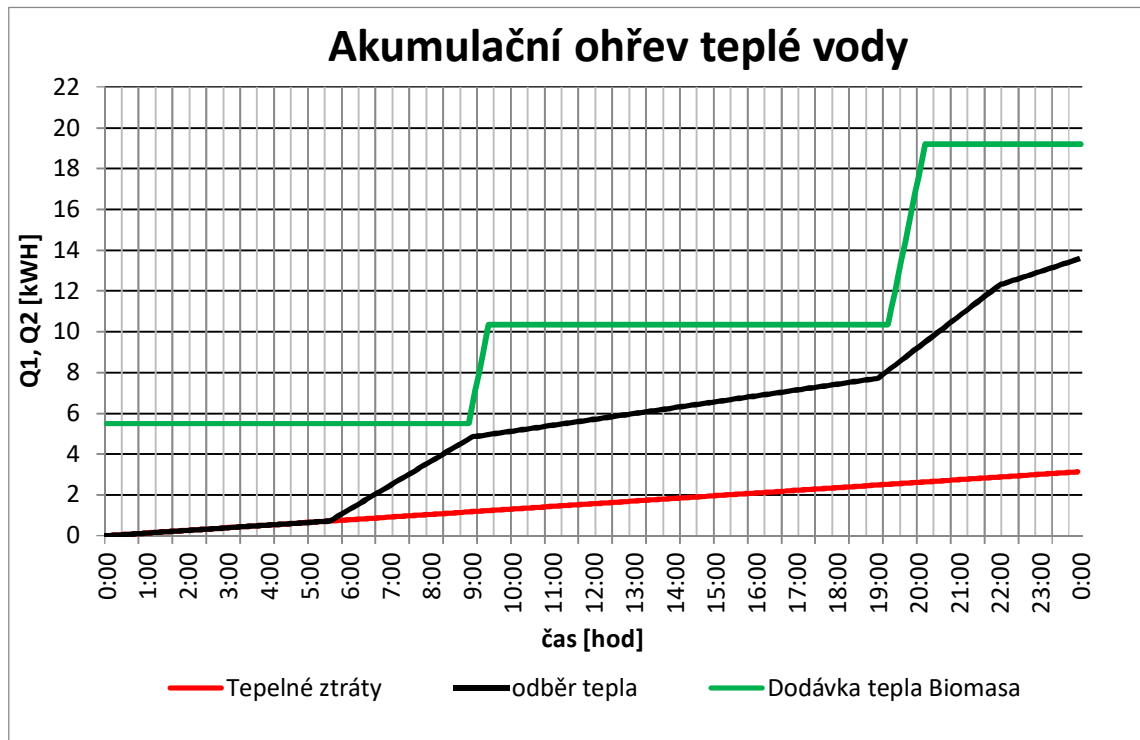
3.2.1 Biomasa

Do grafu na Obrázku 6 jsem vynesl křivku odběru teplé vody za 24 hodin s uvažováním ohřevu teplé vody 2 x denně v denních hodinách a zjistil jsem minimální objem ohřivače TV $V_z=0,19$ m³ a potřebný výkon 9,7 kW pro ohřev zásobníku TV.

Jako zdroj využívající obnovitelnou energii jsem navrhl kotel na pelety. Konkrétně kotel D10PX o max. výkonu 10 kW se zabudovaným zásobníkem na pelety a hořákem na pelety. Kotel je vybaven automatickým dávkováním a zapalováním paliva.

Jelikož je výměník tepla v kotli z oceli, je nutná regulační termostatická jednotka, dle doporučení výrobce laddomat 22, pro zabránění nízkoteplotní koroze (předepsaná minimální teplota vratné vody je 65 °C). Kotel je zapojen pro primární ohřev teplé vody ve vertikálním kombinovaném nepřímo ohřívaném zásobníku Dražice OKCV 200 o objemu 200 l. Přepínání provozu je řešeno pomocí zapínání čerpadel.

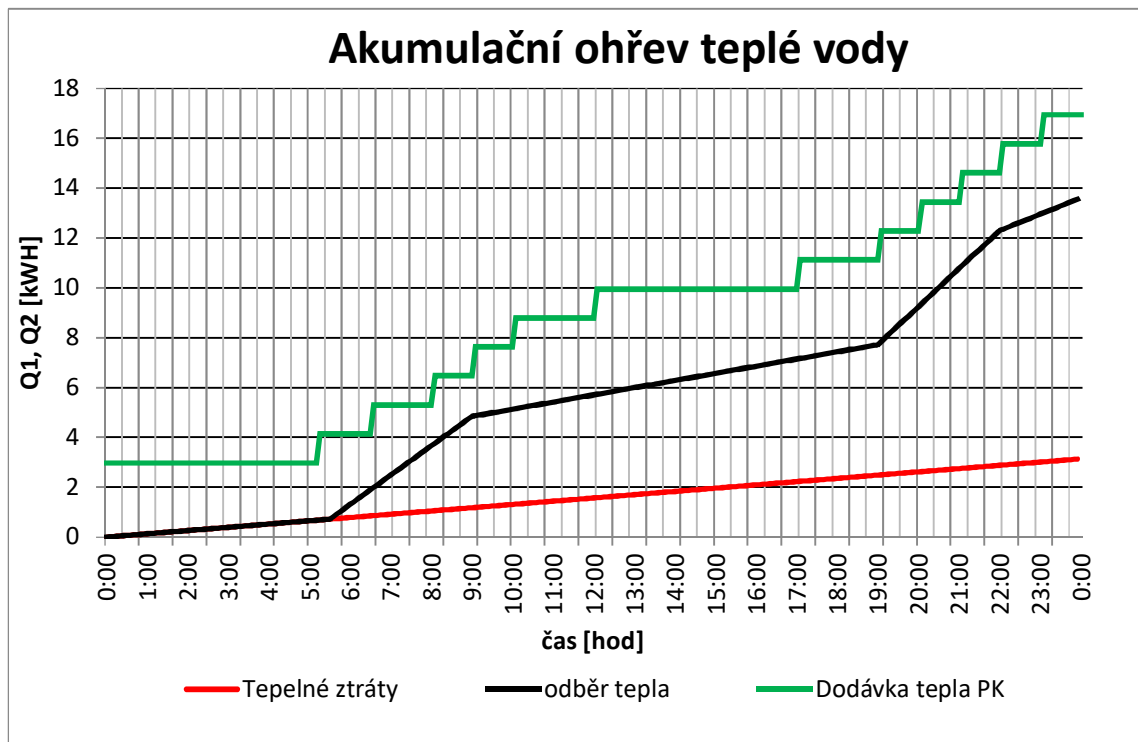
Kotel je napojen na izolovaný akumulční zásobník topné vody Dražice NAD 500v2 o objemu 500 l, který je napojen na otopnou soustavu. [27], [28], [29]



Obr. 6 Odběr a potřeba tepla pro ohřev TV varianta biomasa

3.2.2 Plynový kotel

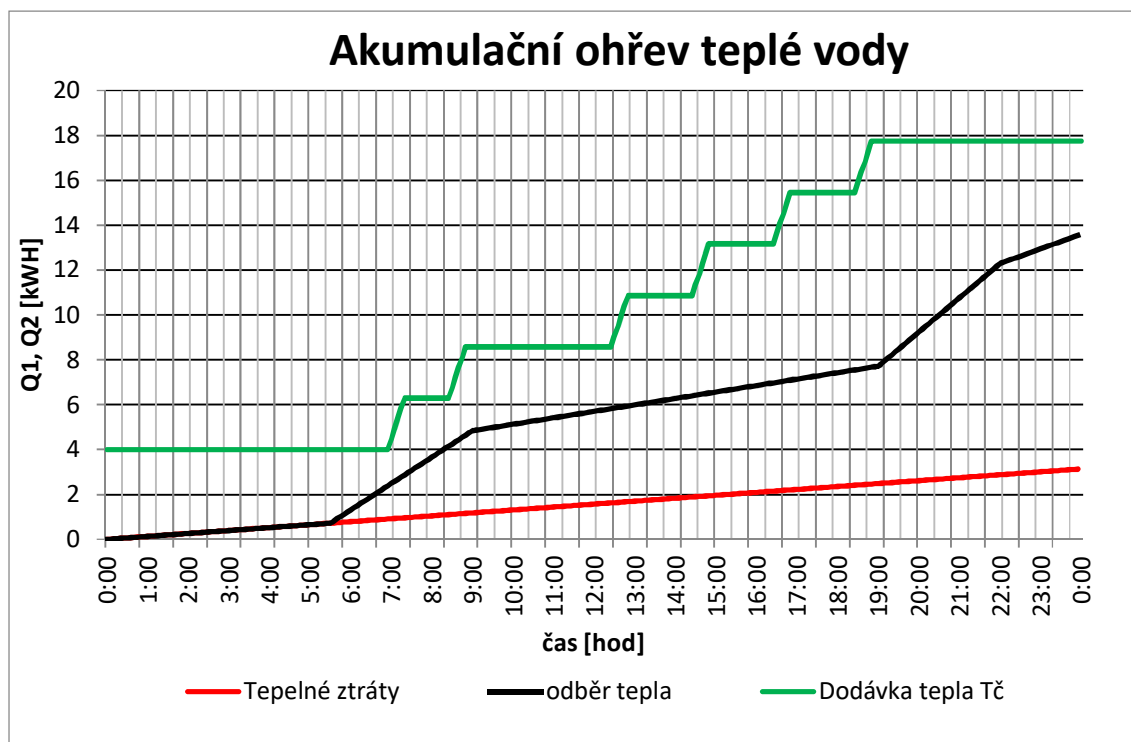
Pro druhou variantu zdroje tepla jsem do grafu na Obrázku 7 vynesl křivku odběru teplé vody s uvažováním ohřevu teplé vody 8 x denně, Z vynesných hodnot jsem vypočetl minimální objem zásobníku TV $V_z = 0,08 \text{ m}^3$ a minimální požadovaný výkon zdroje 13,96 kW a navrhl jsem plynový kotel s velkým modulačním rozsahem 1,9 až 15,3 kW. Jedná se o závěsný kondenzační kotel Vaillant VU 156/5-7 eco TECexclusiv. Kotel jsem zvolil v sestavě s nepřímo ohřevným zásobníkem pro přípravu teplé vody VIH R 120/6 M o objemu 120 l. [19]



Obr. 7 Odběr a potřeba tepla pro ohřev TV varianta plynový kotel

3.2.3 Tepelné čerpadlo

Pro poslední variantu jsem zdroje tepla jsem do grafu na Obrázku 8 vynesl křivku odběru teplé vody s uvažováním ohřevu teplé vody 6 x denně, vždy v denních hodinách, kdy je předpoklad vyšších denních teplot a tím menší potřeba energie na vytápění rodinného domu. Z vyneslých hodnot jsem vypočetl minimální objem zásobníku TV $V_z = 0,19 \text{ m}^3$ a minimální požadovaný výkon zdroje 5,5 kW a navrhl tepelné čerpadlo splitového typu vzduch/voda Buderus WPLS4.2 skládajícího se z vnitřní a venkovní jednotky o jmenovitém tepelném výkonu 4 kW při průměrných klimatických podmínkách a při teplotě výstupu 55 °C. Bivalentní bod pro ohřev TV je uvažován -5 °C. Tepelné čerpadlo je napojeno na akumulaciční zásobník topné vody pro hydraulické oddělení okruhu zdroje tepla a otopné soustavy slouží akumulaciční zásobník Logalux P120/5 S/W. K tepelnému čerpadlu je pro přednostní ohřev teplé vody připojen nepřímo ohříváný zásobník teplé vody Buderus Logalux HR 200 o objemu 200 l. [31], [39]



Obr. 8 Odběr a potřeba tepla pro ohřev TV varianta tepelné čerpadlo

3.3 Návrh otopných těles a otopné soustavy

3.3.1 Návrh otopných těles

Do RD jsem navrhl větvenou dvoutrubkovou otopnou soustavu s otopnými tělesy. Otopná soustava je navržena z tvrdého měděného potrubí o maximálním průměru 22 mm spojovaného pájením naměkko. V 1.NP jsou navržena designová otopná tělesa KORADO KORATHERM VERTIKAL – M se spodním středovým připojením z důvodu zvýšení reprezentativnosti obytných prostor. Pouze v místnosti s WC je navrženo otopné trubkové těleso KORADO KORALUX RONDO – M se spodním středovým připojením na otopnou soustavu. Ve 2.NP jsem navrhl desková otopná tělesa se spodním středovým připojením v provedení ventil kompaktní KORADO RADIK VKM a v koupelně jsem navrhl otopné trubkové těleso KORADO KORLUX RONDO – M se spodním středovým připojením viz Tabulka 6.

V místnostech č: 101, 102, 105, 204 a 206 je uvažována korekce na umístění otopného tělesa.

Tab. 6 Návrh otopných těles

Teplotní spád 50/40			
Místnost	Tep. Ztráta [W]	Q navržený [W]	Název OT
101	615	635	K20VM 662/1600
102	440	476	K11VM 588/1400
104	0	0	-
105	305	304	K11VM 366/1400
106	0	0	-
107	0	0	-
108	580	564	K20VM 662/1400
110	100	102	KRMM 700.450
201	410	422	VKM 10-600/1600
202	340	369	VKM 10-600/1400
203	0	0	-
204	390	444	KRM 1820.750
205	0	0	-
206	350	384	VKM 11-600/1100
207	0	0	-
Σ	3530	3701	

3.4 Výpočet tlakové ztráty otopné soustavy

Pro návrh vhodné dimenze, a následný výpočet tepelné ztráty jsem nejprve vypočetl z výkonu jednotlivých otopných těles požadovaný hmotnostní průtok otopné vody. Poté jsem otopnou soustavu rozdělil na jednotlivé úseky dle hmotnostního průtoku a provedl návrh dimenze.

Výpočet tlakové ztráty otopné soustavy jsem rozdělil na dvě části. Na část „otopná soustava“, která se skládá z tlakové ztráty jednotlivých okruhů, jenž jsem ukončil na vstupu do technické místnosti a její hodnota je shodná pro všechny varianty. A na část „technická místnost“ která je pro každou variantu odlišná. První část se skládá z tlakové ztráty jednotlivých okruhů, které jsem ukončil na vstupu do technické místnosti. Její hodnota je shodná pro všechny varianty zdroje tepla. Druhá část je pro každou variantu odlišná. Vždy se skládá z konkrétního zapojení zdroje tepla v technické místnosti.

3.4.1 Tlaková ztráta okruhu

Stanovení tlakové ztráty otopné soustavy jsem začal označením jednotlivých úseků otopné soustavy. Jeden úsek má shodnou dimenzi a hmotnostní průtok. Poté jsem vypočetl hmotnostní průtoky otopné vody jednotlivými tělesy pomocí upravené kalorimetrické rovnice:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}, \text{ kde} \quad (12.)$$

Q ... výkon otopného tělesa [W],

\dot{m} ... hmotnostní průtok otopné vody [kg/s],

C ... tepelná kapacita [kJ/kg.K]

Δt ... rozdíl maximální a minimální teploty teplotního spádu otopných těles [°C].

Následně jsem změřil délky jednotlivých úseků a poté jsem navrhl dimenzi potrubí s největším hmotnostním průtokem. Následovalo určení tlakové ztráty třením R [Pa/m] a stanovení hodnoty místních odporů ξ [Pa] a výpočet celkové tlakové ztráty úseku. [3]

Tlakové ztráty jsem počítal po okruzích (otopné těleso–technická místnost), jako součet tlakových ztrát jednotlivých úseků, tlakové ztráty otopného tělesa, přípojovací armatury a regulačního šroubení viz tabulka 7.

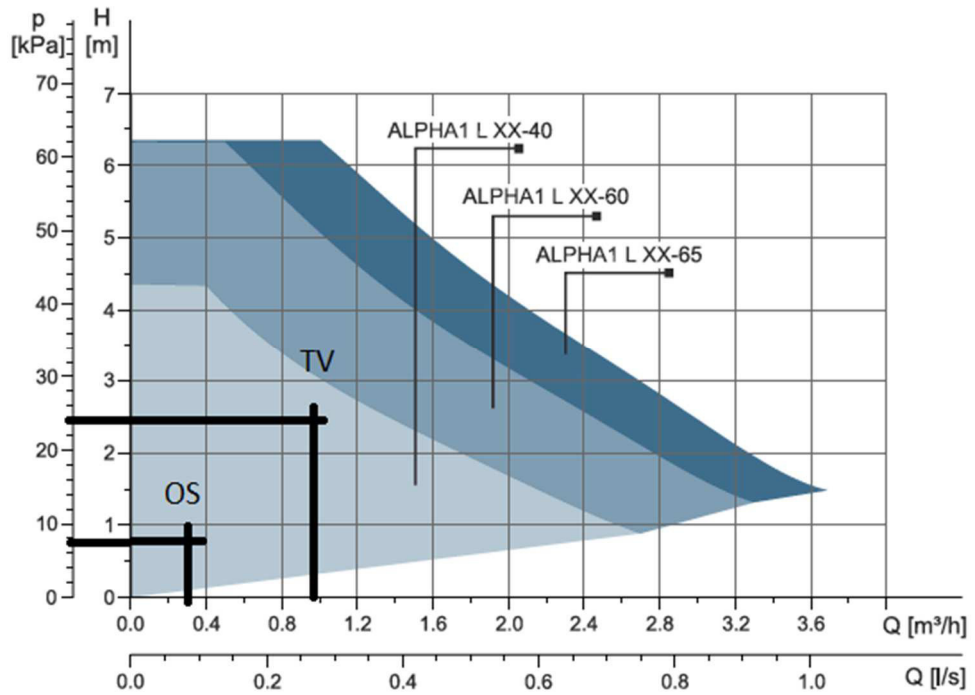
Porovnáním tlakových ztrát jednotlivých okruhů jsem zjistil nejnepříznivější okruh s největší tlakovou ztrátou $\Delta p_z = 5,59$ kPa (místnost č. 202, otopné těleso VKM 10-600/1100), který jsem použil pro návrh čerpadla a vyregulování otopné soustavy.

Tab. 7 Výpočet tlakové ztráty nejnepříznivějšího okruhu

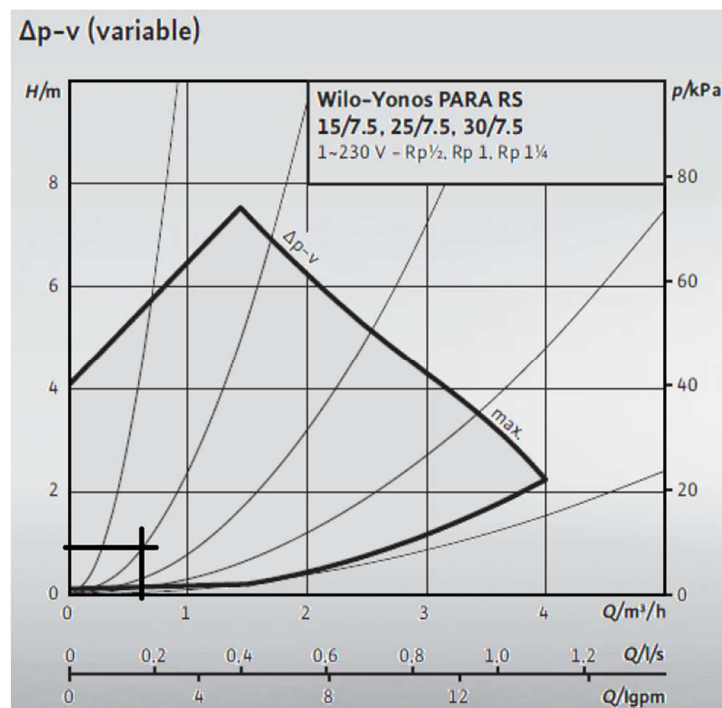
úsek č.	\dot{m}_w [kg/h]	l [m]	D [mm]	t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\Sigma\xi$ [1]	R.l [Pa]	Z [Pa]	$\Sigma(R.l+Z)$ [Pa]
202 VKM 10-600/1100										
1+2+3										1097
12	165,3	1,4	15	1	153	0,34	1,8	207	104	311
13	110,6	3,2	15	1	77,4	0,23	1,2	248	32	280
14	69,7	3,8	12	1	113,9	0,24	5,6	436	164	600
15	31,7	2,6	12	1	23,8	0,11	12	61	74	134
16	31,7	2,3	12	1	23,8	0,11	6	55	37	92
17	69,7	4,0	12	1	113,9	0,24	11	459	310	769
18	110,6	3,1	15	1	77,4	0,23	1,6	240	41	281
19	165,3	1,3	15	1	153	0,34	1,2	191	72	263
8+9										1386
Tlaková ztráta OT		$\dot{m}_{w,OT}$ [kg/h]		110,6	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	12	$w_{DN,15}$	0,15	138,1	
										5350
přípojovací armatura HM							Nastavení	8	182	
Vekolux Ivar							Nastavení	9	56	
celková tlaková ztráta okruhu										5589

3.4.2 Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty Biomasa

V této variantě jsem počítal tlakovou ztrátu pro napojení otopné soustavy na akumulční zásobník otopné vody pro návrh čerpadla otopné soustavy $\Delta p_z = 7,71$ kPa a navrhl čerpadlo pro pokrytí tlakových ztrát Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 viz Obrázek 9, dále tlakovou ztrátu mezi zdrojem tepla a akumulčním zásobníkem topné vody $\Delta p_z = 13,32$ kPa a provedl jsem kontrolu vestavěného čerpadla v regulační termostatické jednotce viz Obrázek 10. Dále jsem vypočetl tlakovou ztrátu mezi zdrojem tepla a ohřívačem teplé vody, tlaková ztráta výměníku ohřívače teplé vody není výrobcem stanovena. Protože nemohu z důvodu rozměrů technické místnosti použít jiný ohřívač, předimenzovávám čerpadlo. Tlaková ztráta okruhu vyšla $\Delta p_z = 21,93$ kPa bez tlakové ztráty ohřívače TV a navrhl jsem čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-60 180. Podrobný popis tlakových ztrát varianty biomasa viz příloha 5. [3], [7], [11], [13], [24], [25], [28], [30]



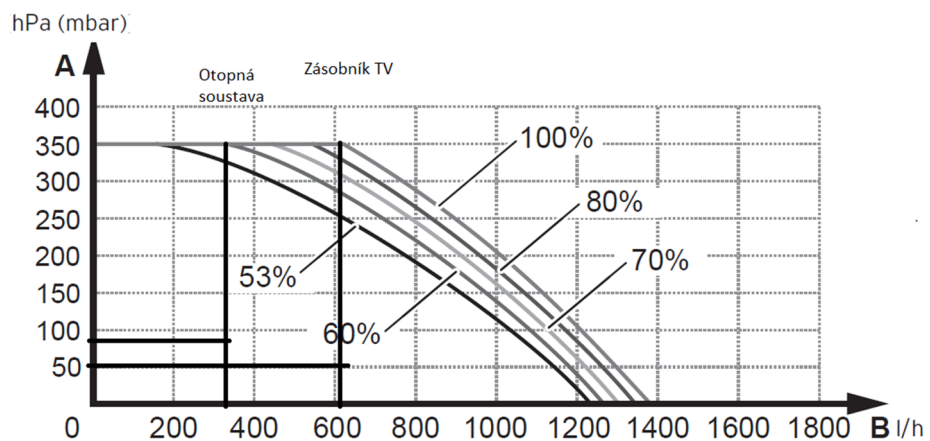
Obr. 9 Charakteristiky čerpadla Grundfos ALPHA1 L [13]



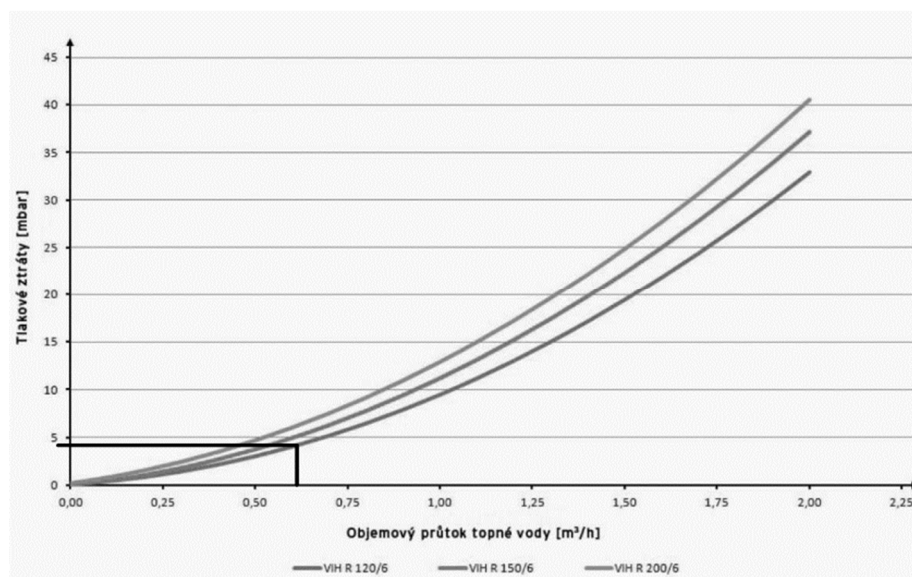
Obr. 10 Charakteristika čerpadla Wilo Yonos para [24]

3.4.3 Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty plynový kotel

Ve variantě plynový kotel jsem vypočetl tlakovou ztrátu technické místnosti a přičetl k ní tlakovou ztrátu nejnepríznivějšího okruhu. Celková tlaková ztráty otopné soustavy vyšla $\Delta p_z = 8,57$ kPa. Následně jsem vypočetl tlakovou ztrátu mezi zdrojem tepla a nepřímo ohřivaným zásobníkem TV (obrázek 8) $\Delta p_z = 5,19$ kPa viz tabulka 8. Poté jsem z vypočtených hodnot provedl kontrolu vestavěného čerpadla otopné vody v plynovém kotli VU 156/5-7 eco TECexclusiv viz obrázek 7. Čerpadlo vyhovělo. [3], [7], [14], [21]



Obr. 11 Charakteristiky čerpadla VU 156/5-7 [14]



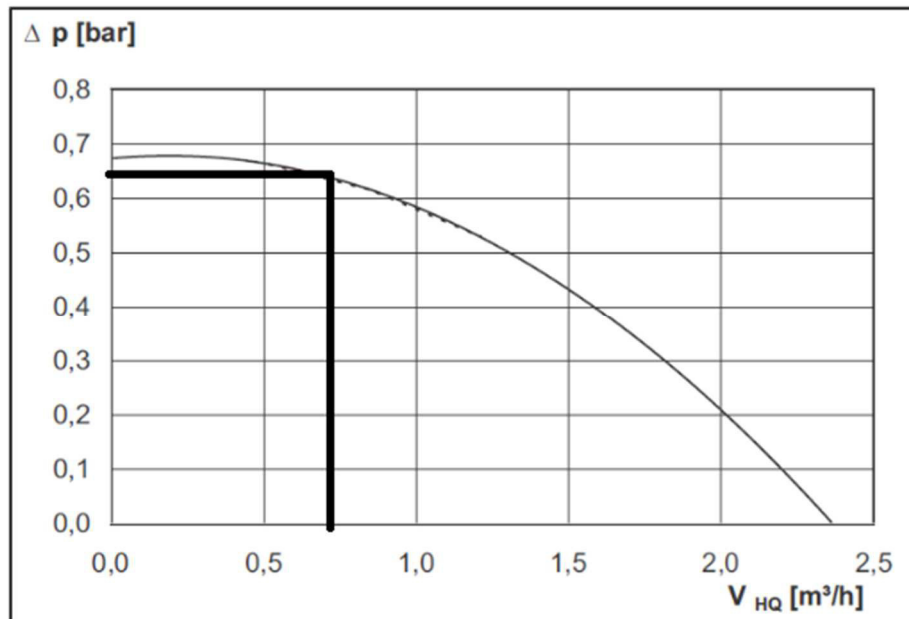
Obr. 12 Tlaková ztráta ohřivače TV VIH R 120/6 [20]

Tab. 8 Celková tlaková ztráty otopné soustavy a celková tlaková ztráta okruhu ohřevu TV

úsek č.	m_w [kg/h]	l [m]	D [mm]	t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\Sigma\xi$ [1]	R.1 [Pa]	$\frac{Z}{Kvs}$ [Pa]	$\Sigma(R.1+Z)$ [Pa]
Okruh otopné soustavy										
1	320	4,05	18	1	198	0,44	6	802	570	1372
2	320	3,85	18	1	198	0,44	6	763	570	1332
	Kohout kulový 3/4"						ks	2	18,5	61
	Filtr						ks	1	7	213
	Tlaková ztráta nejnepříznivějšího okruhu									5589
	Celková tlaková ztráta									8568
Okruh ohřevu teplé vody										
I	609	0,5	18	1	594	0,83	4	297	1375	1672
II	609	0,5	18	1	594	0,83	4	297	1375	1672
	Kohout kulový 3/4"						ks	2	18,5	221
	Filtr						ks	1	7	772
	Zásobník teplé vody									850
	Celková tlaková ztráta okruhu ohřevu teplé vody									5186

3.4.4 Tlaková ztráta v technické místnosti + kontrola čerpadla u varianty tepelné čerpadlo

U varianty tepelné čerpadlo jsem provedl kontrolu vestavěného čerpadla otopné vody v tepelném čerpadlu. Kontrola byla provedena pro zapojení tepelné čerpadlo akumulční zásobník $\Delta p_z = 9,38$ kPa a pro zapojení tepelné čerpadlo-zásobník teplé vody $\Delta p_z = 13,71$ kPa. Kontrola vyhověla. Poté jsem tlakovou ztrátu otopné soustavy $\Delta p_z = 7,87$ kPa a navrhl čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180 viz Příloha 6. [3], [7], [11], [13], [31]



Obr. 13 Charakteristika vestavěného čerpadla v tepelném čerpadlu Logatherm WPLS 4.2 [31]

3.5 Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody

Výpočet potřeby tepla na vytápění jsem provedl pomocí ČSN EN ISO 13 790. Při výpočtu jsem zohlednil vnější tepelné zisky přes průhledné a neprůhledné prvky a jejich využitelnost. Předpokládám nepřerušovaný režim vytápění viz Tabulka 9. [N 6]

Výpočet roční potřeby tepla na ohřev teplé vody dodaného ohřivačem TV $Q_{2p,r}$ [kWh/rok].

$$Q_{2p,r} = Q_{2p} \cdot N = 13,608.365 \approx 4,97 \text{ MWh/rok, kde} \quad (13.)$$

N ... počet pracovních dní ohřevu TV [den]

Tab. 9 Výpočet potřeby tepla na vytápění RD

Měsíc	Počet dnů	n	t_{sp}	H_T	$Q_{H,ir}$	H_V	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,hr}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,gn}$	y_H	$\eta_{H,gn}$	Redukční faktor na přerušené vytápění	$Q_{H,ind}$
	Počet hod	[den]	[°C]	[W/K]	[kWh]	[W/K]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[-]	[-]	[kWh]
Leden	31	744	-1		1 604		126	1 730	283	83	366	0,212	0,838		1 424
Únor	28	672	1		1 315		103	1 419	255	163	446	0,314	0,774		1 074
Březen	31	744	4		1 234		97	1 331	283	349	631	0,474	0,692		894
Duben	30	720	9		836		66	902	274	501	784	0,869	0,547		473
Květen	31	744	14,6		450		35	485	283	615	898	1,852	0,358		164
Červen	30	720	17	99,5	0	7,82	0	0	274	596	879	0,000	0,000	1	0
Červenec	31	744	18,2		0		0	0	283	590	873	0,000	0,000		0
Štěpen	31	744	18,8		0		0	0	283	583	866	0,000	0,000		0
Září	30	720	13,8		492		39	531	274	384	666	1,255	0,453		229
Říjen	31	744	9,4		834		66	900	283	295	578	0,642	0,622		541
Listopad	30	720	4		1 194		94	1 288	274	118	401	0,311	0,776		977
Prosinec	31	744	-0,5		1 567		123	1 691	283	55	338	0,200	0,845		1 405

Tab. 10 Výpočet potřeby tepla na vytápění-zhodnocení

Roční potřeba tepla na vytápění [kWh]	7 180
energeticky vztažná plocha [m ²]	187,3
[kWh/ m²]	38

Z předchozí Tabulky 10 plyne, že hodnocený dům má spotřebu měrnou spotřebu tepla na vytápění 38 kWh/m².

4. Ekonomické zhodnocení

Jedním z hlavních cílů práce je zhodnotit a porovnat ekonomickou náročnost na pořízení a provoz otopné soustavy s různými zdroji tepla.

Provedl jsem vyčíslení nákladů na pořízení jednotlivých variant, výsledné hodnoty jsem graficky zpracoval a provedl odhad ceny energií na období 20 let. [15], [16], [23],

4.1 Stanovení pořizovacích nákladů jednotlivých variant zdrojů tepla

Otopnou soustavu jsem rozdělil stejně jako při výpočtu tlakových ztrát v potrubí na část „otopná soustava“, ta je pro každou variantu stejná a na část „technická místnost“ která je pro každou variantu odlišná. Dále jsem provedl soupis použitého materiálu a jeho pořizovací ceny. Do cen jsem nezahrnul náklady na montáž otopné soustavy, na instalaci zdrojů tepla a tvarovky. Pokud to zdroj tepla vyžaduje, je do výkazu výměr zahrnuto i odkouření.

Po vytvoření soupisu použitého materiálu a přiřazení cen jednotlivým položkám jsem stanovil náklady na pořízení soustavy v českých korunách bez DPH. V ceně jsou zahrnuty pořizovací náklady otopných těles, rozvodů atd.

4.1.1 Stanovení pořizovací ceny otopné soustavy

Výkaz výměr nezahrnuje náklady na montáž otopné soustavy, na instalaci zdrojů tepla a na fitinky. Pořizovací cena části otopná soustava se skládá z ceny potrubí, izolace, přípojovacích a ovládacích armatur a v neposlední řadě ceny otopných těles viz Tabulka 11. [34], [35]

Tab. 11 Výpis materiálu část otopná soustava [34], [35]

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem [Kč]
Technologie					
Potrubí					
1	Cu 12x1 F/F	47	m	73	3 438
2	Cu 15x1 F/F	20	m	67	1 334
3	Cu 18x1 F/F	6	m	88	531
4	Izolace Mirelon Pro 12/9	47	m	5	233
5	Izolace Mirelon Pro 15/9	20	m	6	111
6	Izolace Mirelon Pro 18/13	6	m	6	38
Tvarovky					
10	Soubor	1	ks		
Armatury					
21	Radik armatura HM rohová, bílá termostatická hlavice	5	ks	1 354	6 772
22	Krytka armatury HM, bílá	5	ks	80	400
23	Přípojovací šroubení Vekolux	3	ks	178	535
24	Svěrné šroubení pro Cu trubku 12 x 3/4"	20	ks	65	1 306
25	Termostatická hlavice	3	ks	219,5	658
Otopná tělesa					
31	K20VM 588/1600	2	ks	8 697	17 394
32	K11VM 588/1400	1	ks	4 917	4 917
33	K11VM 366/1400	1	ks	3 773	3 773
34	KRMM 1500.750	1	ks	2 231	2 231
35	KRMM 700.450	1	ks	1 305	1 305
36	VKM 10-600/1100	1	ks	2 297	2 297
37	VKM 10-600/1400	1	ks	2 529	2 529
38	VKM 10-600/1600	1	ks	2 684	2 684
Celkem [Kč]					52 485

4.1.2 Stanovení pořizovací ceny varianta biomasa

K pořizovací ceně otopné soustavy cca 52 000 Kč jsem přičetl pořizovací cenu zařízení v technické místnosti cca 146 000 Kč. Celkem jsou pořizovací náklady na variantu biomasa cca 19

8 000 Kč bez DPH. . Do cen jsem nezahrnul náklady na montáž otopné soustavy, na instalaci zdrojů tepla a tvarovky. V ceně je zahrnut automatický kotel na pelety, kombinovaný nepřímo ohříváný zásobník teplé vody, akumulční zásobník, odkouření, čerpadla otopné vody viz Příloha č. 7.

Tab. 12 Příklad výpisu materiálu část otopná soustava varianta Biomasa [12], [33], [36]

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem
	Technologie				
201	Automatický kotel na pelety Atmos D10PX, 10kW včetně hořáku	1	ks	67 400	67 400
202	ekvitermní regulátor Atmos ACD 01, sada	1	ks	14 980	14 980
203	Ohříváč TV Dražice OKCV 200 kombinovaný ležatý levý	1	ks	12 380	12 380
204	Akumulační nádrž Dražice NAD 500 v2	1	ks	5 128	5 128
205	Izolace NEOBDUL LB PP 80 mm	1	ks	3 491	3 491
207	Tlaková expanzní nádoba Reflex NG 80/6, 80 l, 6 bar	1	ks	1 885	1 885
208	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	2	ks	2 264	4 528
209	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-60 180	1	ks	2 601	2 601
210	Komín HART-BLOK 8,16 m °200/90°	1	ks	11 150	11 150
	Armatury				
211	Reflex kohout pro expanzomat MK 1"4"F	1	ks	860	860
212	Termostatický směšovací ventil ESBE VTA 522 (45-65)°C G 1" K _{vs} 3,2	1	ks	2 380	2 380
213	Automatický odvzdušňovací ventil 1/2" , svislý, mosaz se zpětnou klapkou	2	ks	107	215
214	Přepínací ventil ESBE VZD263 svěrné kroužky + volný kabel, CPF 22 mm DN 20, K _{vs} =4,5	1	ks	2 840	2 840
215	Kulový kohout plnoprůtokový s ovládací páčkou 3/4"	6	ks	165	989
219	Vypouštěcí kohout DN 15	6	ks	59	357
217	Zpětný ventil 3/4" F/F	2	ks	203	406

4.1.3 Varianta plynový kotel

K pořizovací ceně otopné soustavy cca 52 000 Kč jsem přičetl pořizovací cenu zařízení v technické místnosti cca 89 000 Kč. Celková pořizovací náklady na variantu plynový kotel jsou cca 141 000 Kč bez DPH. Do cen jsem nezahrnul náklady na montáž otopné soustavy, na instalaci zdrojů tepla a tvarovky. Výkaz výměr neobsahuje tvarovky a montáž zařízení. V ceně je zahrnut kondenzační plynový kotel, nepřímo ohříváný zásobník teplé vody, odkouření a další viz Tabulka 13.

Tab. 13 Výpisu materiálu-varianta Plynový kotel [34], [37]

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem [Kč]
Technologie					
101	Závěsný kondenzační kotel VU 156/5-7 eco TEC exclusiv	1	ks	68 450	68 450
102	Zásobník pro přípravu teplé vody VIH R 120/6 M pro zásobník + pojistná skupina (10 bar)	1	ks		
103	Ekvitermní regulace multIMATIC 700 f	1	ks	9 170	9 170
104	Odkouření svislé včetně střešního nástavce 60/100 mm PP (černé provedení)	1	ks	2 600	2 600
105	Prodlužovací kus odkouření 2,0m, 60/100 mm, PP	3	ks	1 250	3 750
106	Prodlužovací kus odkouření 1,0m, 60/100 mm, PP	1	ks	1 200	1 200
107	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	1	ks	2 739	2 739
Armatury					
108	Koleno 87° s revizním otvorem, 60/100 mm	2	ks	800	1 600
110	Kulový kohout plnoprůtokový s ovládací páč- kou 3/4"	6	ks	165	989
111	Vypouštěcí kohout DN 15	4	ks	59	238
112	Zpětný ventil 3/4"	2	ks	203	406
Potrubí					
111	Cu 22x1	4	m	134	536
112	Cu 18x1	1	m	89	89
113	Izolace Mirelon Pro 22/13	4	m	12	48
114	Izolace Mirelon Pro 18/13	1	m	11	11
Celkem [Kč]					89 216

4.1.4 Varianta tepelné čerpadlo

K pořizovací ceně otopné soustavy cca 52 000 Kč jsem přičetl pořizovací cenu zařízení v technické místnosti cca 153 000. Kč. Celková pořizovací náklady na variantu plynový kotel jsou 205 000 Kč bez DPH. Do cen jsem nezahrnul náklady na montáž otopné soustavy, na instalaci zdrojů tepla a tvarovky. Výkaz výměr varianty tepelné čerpadlo neobsahuje tvarovky a montáž zařízení. V ceně je zahrnuto tepelné splitové čerpadlo vzduch voda, nepřímý ohřívání zásobník teplé vody, vyrovnávací zásobník, čerpadla otopné vody viz Příloha 8.

Tab. 14 Příklad výpisu materiálu varianta Tepelné čerpadlo [34], [38] [12]

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem [Kč]
Technologie					
301	Logatherm WPLS 4.2 Comfort	1	ks	124 900	124 900
302	Základní set pro WPLS.2 - Konzole pro upevnění na zem, chladičová trubka pro připojení vnitřní a venkovní jednotky	1	ks	0	0
303	Logalux P120/5 S/W - Akumulační zásobník pro hydraulické oddělení okruhu zdroje a spotřebiče o objemu 120 litrů + třífázový přepínací ventil	1	ks	12 000	12 000
303	Logalux HR 200 - Akumulační zásobník teplé vody o objemu 200 litrů + třífázový přepínací ventil na ohřev TV	1	ks	6 840	6 840
304	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	1	ks	2 264	2 264
Armatury					
310	Kulový kohout plnoprůtokový s ovládací páčkou 3/4"	8	ks	165	1 318
311	Vypouštěcí kohout DN 15	5	ks	59	297
312	Zpětný ventil DN20	3	ks	203	609
313	3-cestný směšovací ventil VRG 131 - vnitřní závit RP 3,4 DN 20 Kvs(4;6,3)	1	ks	1 220	1 220
314	Servopohon ARA 651, řídicí s. 3-bodový, nap. 230 V AC, doba běhu 60 s	1	ks	2 640	2 640

4.2 Výpočet potřeby paliva na vytápění a ohřev teplé vody a stanovení celkových nákladů na energii

Výpočet potřeby paliva jsem rozdělil dle předchozího na tři části. Do výpočtu jsem zahrnul potřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody. Ten je rozdělen poměrově dle druhu ohřevu a případné kombinaci zdrojů tepla pro ohřev teplé vody (elektřina, biomasa). Důležitou úlohu pro výsledné zpracování hodnot má cena elektrické energie, proto uvažuji s modelovou potřebou elektrické energie na provoz domácnosti 2237,8 kWh/rok. V ceně energie uvažuji jak pevnou (měsíční) platbu, tak jednotkovou cenu. Výslednou cenu el. energie počítám jako aritmetický průměr od tří dodavatelů. [21], [16]

Procentuální roční změnu cen energií jsem stanovil jako aritmetický průměr růstu ceny energií. U elektrické energie, pro tepelné čerpadlo (tarif D57d) je růst ceny el. energie za poslední 3 roky cca 3,3 %/rok. Pro ostatní výpočty uvažuji elektřinu (tarif D25d) s růstem 0,0 %/rok. Změna ceny zemního plynu vychází z vývoje celkových cen zemního plynu za posledních 10 let cca 1,2 %/rok. Změnu cen biomasy (pelet) jsem určil 4 %/rok.

4.2.1 Varianta Biomasa

U této varianty jsem energie potřebnou k ohřevu teplé vody rozdělil s uvažováním nepřímého ohřevu pomocí kotle na pelety a elektrického ohřevu v letních měsících.

Potřeba paliva na vytápění rodinného domu a ohřev teplé vody vychází z výhřevnosti pelet ($17 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) a sypané hmotnosti ($650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) o ceně $6,89 \text{ Kč}/\text{kg}$. Skladování pelet bude v 15 kg pytlích v garáži. V ceně paliva je zahrnuta doprava paliva, závážka bude prováděna jednou ročně. [16], [23]

Tab. 15 Potřeba a cena paliva-varianta biomasa

Potřeba tepla na vytápění	Potřeba tepla na vytápění	Potřeba tepla na ohřev TV	Potřeba tepla na ohřev TV	Potřeba tepla na ohřev TV	Potřeba tepla na ohřev TV	Skutečná potřeba tepla na vytápění	η_K	η_O	η_R	Celková cena energií
[kWh]	[MJ]	[kWh]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]				[Kč/rok]
7 180	25 849	3 062	11 022	31 474		31 474	0.91	0.95	0.95	33 841

Skutečná potřeba tepla na ohřev TV	Potřeba paliva na vytápění	Potřeba paliva na ohřev TV	Celková potřeba paliva	Cena paliva na ohřev TV	Cena paliva na vytápění
[MJ]	[kg/rok]	[kg/rok]	[kg/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
13 421	1 851	789	2 641	5 439	18 196

Potřeba el. energie na ohřev TV	Cena el. energie na ohřev TV	Potřeba el. energie na provoz RD	Cena el. energie na provoz RD	Celková cena el. energie
[kWh]	[Kč/rok]	[kWh]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
1 905	5 443	2 238	10 202	15 645

4.2.2 Varianta plynový kotel

Cenu zemního plynu uvažuji jako součet stálých plateb 281,89 Kč/ měsíc a jednotkovou cenu za plyn 1353,9 Kč/ MWh. Pro vytápění rodinného domu a ohřev teplé vody je potřeba 13,22 MWh zemního plynu o celkové ceně cca 21 600 Kč viz Tabulka 16. [16], [15]

Tab. 16 Potřeba a cena paliva-varianta plynový kotel

Potřeba tepla na vytápění	[kWh]	7 180																	Celková cena energií	[Kč]	33002	
Potřeba tepla na ohřev TV	[kWh]	4967	0,98	0,95	0,97														Celková cena plynu	[Kč/rok]	21594	
Potřeba el. Energie	[kWh]	2237,8																	Cena plynu na ohřev TV	[Kč/rok]	8830	
			0,98	0,95	0,97														Cena plynu na vytápění	[Kč/rok]	12764	
																			Skutečná potřeba energie na ohřev TV	[MWh]	5,5	
																			Skutečná potřeba energie na vytápění	[MWh]	7,9510	

4.2.3 Varianta tepelné čerpadlo

Cena elektrické energie se pro tuto variantu se skládá z paušální platby 477,47 Kč/ měsíc a jednotkové ceny el energie 2 217,97 Kč/ MWh. U tepelného čerpadla potřeba tepla na vytápění vychází z Tabulky 9 a je rozdělena na období provozu bivalentního zdroje tepla a období, kdy jsou tepelné ztráty objektu hrazeny pouze tepelným čerpadlem. Potřebu teplé vody jsem rozdělil na dvě části. První část, kdy je plně pokryta výkonem tepelného čerpadla a na část, kdy je potřeba tepla na ohřev teplé vody kryta bivalentním zdrojem tepelného čerpadla (elektrokotlem) viz Tabulka 17.

Tab. 17 Potřeba a cena paliva-varianta tepelné čerpadlo

Vytápění a ohřev TV celoročně zajišťuje Tepelné čerpadlo										
Potřeba tepla na vytápění	η_R	η_O	η_K	SCOP	Délka provozu elektrokotle pro vytápění	Skutečná potřeba energie na vytápění pomocí TČ	Skutečná potřeba el. energie na vytápění pomocí elektrokotle	Cena el. energie na vytápění pomocí TČ	Potřeba el. energie na provoz elektrokotle	Celková cena energií
[kWh]					[dny]	[kWh]	[kWh]	[Kč/rok]	[kč/rok]	[Kč/rok]
7 180	1	1	1	3	2	2 517	43	9 404	159	25 085
Potřeba tepla na ohřev TV el. energie	Délka provozu elektrokotle pro ohřev TV	SCOP	Skutečná potřeba energie na ohřev TV pomocí TČ	Potřeba el. Energie na provoz elektrokotle	Cena el. Energie pro ohřev TV pro TČ	Cena el. Energie pro ohřev TV pro elektrokotel				
[kWh]	[dny]		[kWh]	[kWh]	[Kč/rok]	[Kč/rok]				
4 967	24	3	1 575	327	5 883	1 220				
Potřeba el. Energie na provoz RD	Cena el. Energie na provoz RD									
[kWh]	[Kč/rok]									
2 238	8 418									

5. Závěr

Pro vypracování této práce jsem si zvolil dvoupodlažní rodinný dům s garáží. Provedl jsem návrh skladeb konstrukcí a výplní otvorů na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Obvodové zdivo RD je navrženo z broušených cihelných bloků Porotherm 30 a šedých fasádních desek EPS GreyWall tl. 120 mm. Vnitřní nosné příčky jsou navrženy také z broušených cihelných bloků Porotherm 24. Strop ve 2.NP je navržen ze sádkokartonu a tepelná izolace z minerální vlny URSA DF 38 tl. 300 mm.

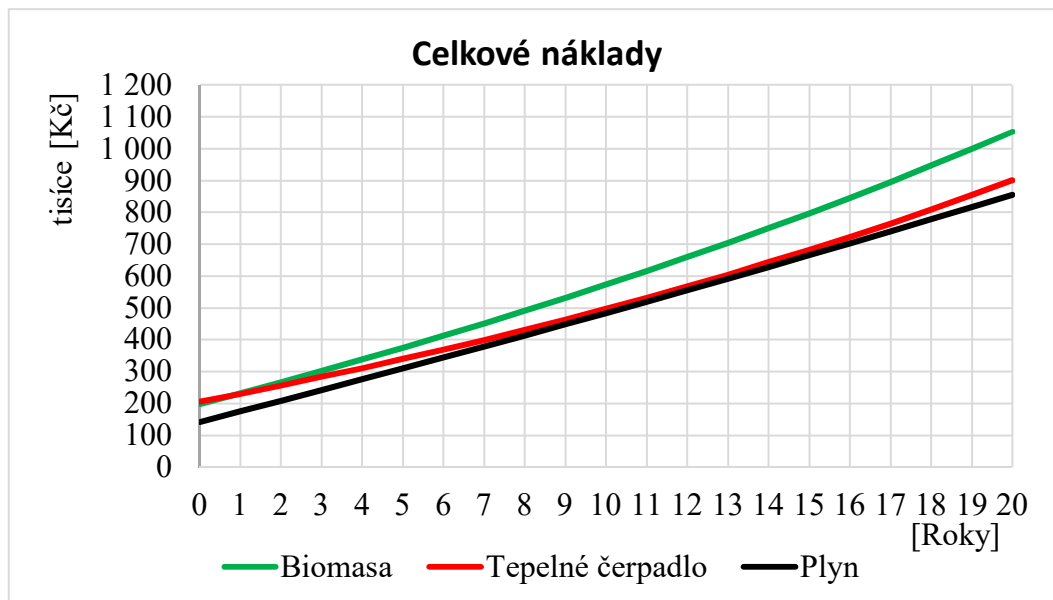
Do RD jsem navrhl teplovodní dvoutrubkovou uzavřenou větvenou otopnou soustavu s nuceným oběhem vody a převážně s deskovými otopnými tělesy. V 1. NP jsou navržena designová otopná tělesa KORADO KORATHERM VERTIKAL – M doplněná na WC a v koupelně (2. NP) trubkovým otopným tělesem KORADO KORALUX RONDO – M. Ve 2.NP jsem navrhl desková otopná tělesa KORADO RADIK – VKM. Veškerá otopná tělesa jsou navržena se spodním středovým připojením na otopnou soustavu. Rozvod topné vody bude proveden v mědi spojované pájením. Provedl jsem návrh dimenzí pro zvolený návrh otopné soustavy a vypočetl jsem tlakové ztráty v potrubí otopné soustavy a provedl jsem hydraulické vyrovnání jednotlivých okruhů.

Důležitou částí práce je návrh zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Jako první variantu jsem navrhl kotel na biomasu D10PX o max. výkonu 10 kW doplněný akumulací nádrží o objemu 500 l a kombinovaným ohřevačem teplé vody Dražice OKCV 200 o objemu 200 l umožňujícím ohřev teplé vody v letních měsících pomocí elektrické energie.

Pro druhou variantu jsem zvolil zdroj tepla na fosilní paliva (zemní plyn). Jedná se o plynový závěsný kondenzační kotel Vaillant VU 156/5-7 eco TECexclusiv o maximální výkonu 15,3 kW. Kotel jsem navrhl v sestavě se zásobníkem pro přípravu teplé vody VIH R 120/6 M o objemu 120 l.

Jako třetí zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo vzduch/voda Buderus WPLS4.2 o jmenovitém tepelném výkonu 4 kW. Tepelné čerpadlo je napojeno na akumulací zásobník Logalux P120/5 S/W a na nepřímě ohřívání zásobník teplé vody Buderus Logalux HR 200 o objemu 200 l.

Tímto se dostávám k jednomu z hlavních cílů této práce, a to porovnání pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých zdrojů tepla a určení nejvhodnějšího řešení. Uvažuji dobu pro porovnávání 20 let a změnu cen energií.



Obr. 14 Pořizovací a provozní náklady na otopnou soustavu

Tab. 18 Roční změna cen energií

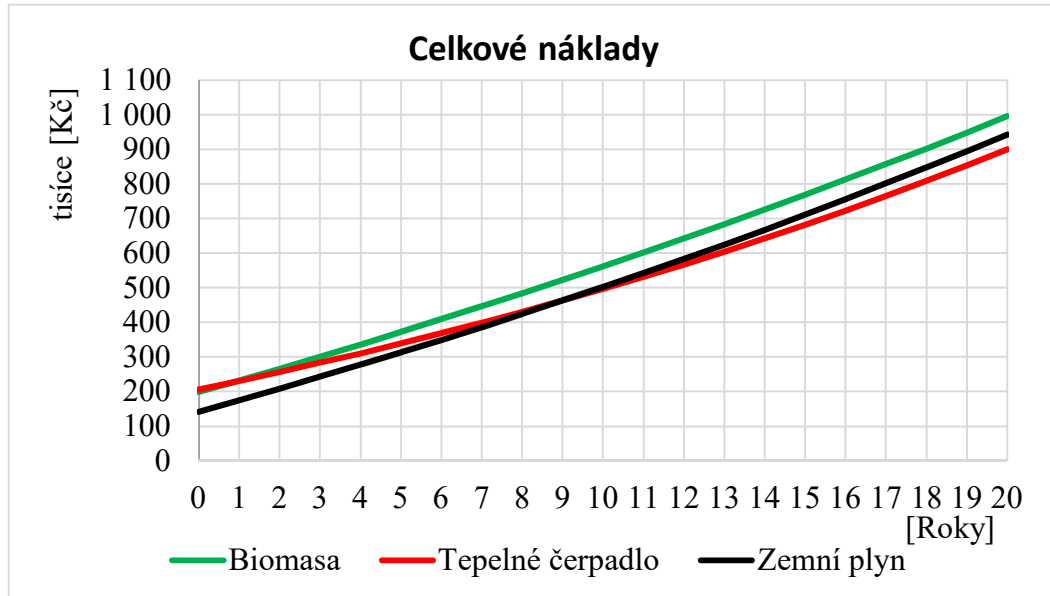
změna ceny	Biomasa	Elektrina	TČ-elektrina	Zemní plyn
	Pelety			
		4,0 %/rok	0,0 %/rok	3,3 %/rok

Z Obrázku 14 plně, že při ročním zdražování cen energií dle Tabulky 4 je ekonomicky nejvhodnější varianta s plynovým kotlem křivka tepelného čerpadla a plynového kotle se neprotne.

Z Obrázku 14 a Obrázku 15 zjišťuji, že ani s nulovým růstem cen pelet, neprotne křivka biomasa křivky nákladů ostatních zdrojů. Proto se varianta biomasa s kotlem na pelety jeví jako ekonomicky nejnevhodnější varianta. Vyplatila by se, pokud by majitel RD využíval vlastní zdroj suroviny pro výrobu pelet, např. odpad z truhlárny.

Pokud budu uvažovat zdražování ceny elektřiny o stejnou hodnotu jako stoupá cena elektřiny pro tepelné čerpadlo dle Tabulky 19 v závislosti dle grafu na Obrázku 15,

že se počet pořizovacích a provozních nákladů na variantu tepelné čerpadlo a plynový kotel se po cca 9 letech vyrovná a v následujících letech je již náklady na variantu tepelné čerpadlo nejnižší.



Obr. 15 Alternativní pořizovací a provozní náklady na otopnou soustavu

Tab. 19 Alternativní roční změna en energií

změna ceny	Biomasa	Elektřina	TČ-elektřina	Zemní plyn
	Pelety			
	0,0 %/rok	3,3 %/rok	3,3 %/rok	1,2 %/rok

Z mé práce plyne, že nejvhodnější varianta zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody pro rodinný dům je tepelné čerpadlo. Nemohu předpokládat, že ceny energií zůstanou konstantní po celou dobu předpokládané životnosti zdroje tepla cca 20 let.

6. Seznam literatury

- [1] BAŠTA, Jiří. *Výkresová dokumentace ve vytápění*. 2. přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. Sešit projektanta-pracovní podklady. ISBN 80-020-1465-0.
- [2] BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. 3., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, odborná sekce vytápění, 2008. Sešit projektanta-pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02064-6.
- [3] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-020-1466-9.
- [4] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy*. Vydavatelství ČVUT, 2001. 328 s. ISBN 80-0102365-6
- [5] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy-otopná tělesa*. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [6] BAŠTA, Jiří a Roman VAVŘIČKA. *Otopné plochy: cvičení*. Praha: Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3344-9.
- [7] BAŠTA, Jiří a Roman VAVŘIČKA. *Hydraulika a řízení otopných soustav: cvičení*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-10-02808-9.
- [8] BROŽ, Karel. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2536-5.
- [9] *Porotherm 30* [online]. Wienerberger. (2018) [7. 6. 2018]. Dostupné z: https://wienerberger.cz/produkty/porotherm-30-p-d?wb_condition=ProductType:1366225107229;wb_cz_POR-WallStrength:1366225189339
- [10] *Porotherm 24* [online]. Wienerberger. (2018) [6. 6. 2018]. Dostupné z: https://wienerberger.cz/produkty/porotherm-24-p-d?wb_condit7on=ProductType:1366225107229;wb_cz_POR-WallStrength:1366225553562
- [11] *Katalog ESBE* [online]. ESBE. (2018) [7. 6. 2018]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/ESBE-katalog-2016.pdf>
- [12] *Ceník ESBE* [online]. ESBE (2018) [7. 6. 2018]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/Price-list/ESBE-cenik-2018-CZ.pdf>

- [13] *ALPHA 1 L* [online]. Grundfos (2019) [12.6.2019]. Dostupné z: [https://cz.grundfos.com/content/dam/GCZ/products/Alpha1%20L%20let%C3%A1k%20CZ%20\(fin%C3%A1ln%C3%AD\).pdf](https://cz.grundfos.com/content/dam/GCZ/products/Alpha1%20L%20let%C3%A1k%20CZ%20(fin%C3%A1ln%C3%AD).pdf)
- [14] *Závěsný kondenzační plynový kotel ecoTEC exclusive* [online] Vaillant [16. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/zavesny-kondenzacni-plynovy-kotel-ecotec-exclusive-20672.html>
- [15] *Přehled cen zemního plynu: ceny platné od 1.1.2019* [online]. Topinfo (2019) [28. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [16] *Přehled cen elektrické energie: Sazba D 25d-Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin* [online]. Topinfo (2019) [28. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d25>
- [17] Příručka pro výstavbusil a skladování dřevních pelet [online] *Česká peleta* [cit. 28. 2. 2019]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/wp-content/uploads/Skladov%C3%A1n%C3%AD-pelet-a-v%C3%BDstavba-sil.pdf>
- [18] *Isover EPS GreyWall* [online]. Saint-Gobain ISOVER (2019) [4. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-greywall>
- [19] *Minerální izolace URSA GLASSWOOL* [online]. Ursa (2019) [4. 4. 2019] Dostupné z: <https://www.ursa.cz/cs-cz/produkty/ursa-glasswool/mineralni-izolace-ursa-df-38/stranky/technicke-informace.aspx>
- [20] *Elektrina.cz* [online]. Ušetřeno.cz s.r.o. (2019) [22. 4. 2019] Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/za-co-utracite#/lokalita#top-stepsbuderus.com%2Fcz%2Fcs%2Fo-nas%2Fkontakt.html>
- [21] *Ohřev teplé vody* [online] Vaillant Group Czech s.r.o. (2018) [23. 4. 2018] Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/pp-kl-01-o1-ver-6-unistor-vih-1200449.pdf>
- [22] *Domeo 210 FL rekuperační jednotka* [online] Luftuj s.r.o. (2018) [20. 2. 2018] Dostupné z: <https://www.luftuj.cz/p/domeo-210-fl-rekuperacni-jednotka/>
- [23] *Dřevěné pelety ENplus A1* [online] Waldera s.r.o. (2019) [14. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.waldera.cz/produkt/drevene-pelety-enplus-a1/>

- [24] *Yonos PARA RS **/7.5 RKC* [online]. GHS – General Heating System (2019) [12. 6. 2019]. Dostupné z: http://www.ghs-cz.cz/wp-content/uploads/2016/09/Data-sheet_Yonos_PARA_75RKC.pdf
- [25] *Laddomat 22* [online]. Atmos (2018) [2. 4. 2018] Dostupné z: https://www.atmos.eu/upload/laddomat_22_usporne_cerpadlo_cz_2015.pdf
- [26] VAVŘIČKA, Roman. *Metody návrhu zásobníku teplé vody. TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2011, 3. 10. 2011 [cit. 2019-2-10]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [27] *Osvědčení* [online]. OKNOSTYL group s.r.o. (2017) [10.11.2017]. Dostupné z: https://www.oknostyl.cz/files/ckeditor/plastovaokna/energy-plus/certifikat_energy_plus.pdf
- [28] *Kombinovaný ohřivač OKCV* [online]. Družstevní závody Dražice-strojírna s.r.o. (2019) [12. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/kombinovane/zavesne/okcv#ke-stazeni>
- [29] *Akumulační nádrže NAD a UKV* [online]. Družstevní závody Dražice-strojírna s.r.o. (2019) [3. 5. 2018] Dostupné z: <https://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze/bez-pripravy-tuv#ke-stazeni>
- [30] *Kompaktní kotle na pelety* [online]. Jaroslav Cankař a syn ATMOS (2019) [25. 4. 2019] Dostupné z: <https://www.atmos.eu/kompaktni-kotle-na-pelety/>
- [31] *Logatherm WPLS.2* [online]. Bosch Termotechnika s.r.o. (2017) [10. 12. 2017]. Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/dokumenty/projekcni-podklady/pp-teplna-cerpadla.html>
- [32] *GS PASIV 24, pasivní dům* [online]. G SERVIS, s.r.o. (2017) [10. 10. 2017] Dostupné z: <https://www.gservis.cz/projekty-domu/gspasiv24.html>
- [33] *Komín HART-BLOK výška 8,16 m 200/90°* [online] SUPERKOMÍNY s.r.o. (2019) [17. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.superkominy.cz/shop/keramicke-zdene-kominy/kominy-hart-blok/komin-hart-blok-vyska-816-m-200-90/>
- [34] *TOPENILEVNE.CZ* [online]. PROFI-UNION, spol s.r.o. (2019) [12. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz>
- [35] *PEM TRADE s.r.o.* [online]. PEM Trade s.r.o. (2019) [16. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.pemtrade.cz/>
- [36] *Ceník* [online]. Jaroslav Cankař a syn ATMOS (2019) [19. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.atmos.eu/cenik/>
- [37] *Ceník produktů* [online] Vaillant Group Czech s.r.o. (2019) [24. 4. 2019] Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/cen-ky/cenik-produktu-vaillant-2019-v04032019-1462076.pdf>
- [38] *Cenově zvýhodněné pakety* [online]. Bosch Termotechnika s.r.o. (2018) [22. 4. 2019] Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/dokumenty/ceniky.html>
- [39] *Nepřímotopné vysoce výkonné ohřivače vody* [online]. Brilon a.s. (2019) [19. 6. 2019] Dostupné z: <https://www.austria-email.cz/neprimotopne-vysoce-vykonne-ohrivace-vody/>

7. Seznam norem

- [N 1] ČSN EN ISO 6946 *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda*. 1. vyd. Praha: ÚMMZ, prosinec 2008 (zrušena 1. 4. 2018)
- [N 2] ČSN EN ISO 13 370 *Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody*. 1. vyd. Praha ÚNMZ, únor 2009 (zrušena 1. 4. 2018)
- [N 3] ČSN EN ISO 14 683 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární součinitel prostupu tepla – Zjednodušené metody a orientační hodnoty*. 1.vyd. Praha ÚMNZ, únor 2009
- [N 4] ČSN EN 12 831 *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu*. 1. vyd. Praha ÚNMZ, březen 2005 (zrušena 1. 3. 2018)
- [N 5] ČSN EN 13 790 *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeb energie na vytápění a chlazení*. 1. vyd. Praha ÚMNZ, říjen 2009 (zrušena 1. 4. 2018)
- [N 6] TNI 73 0329 *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy* 1. vyd. Praha ÚMNZ, srpen 2010
- [N 7] ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace-Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 3. vyd. Praha: ÚNMZ, březen 2011.

8. Přílohy

Příloha 1 Součinitele prostupu tepla

Příloha 2 Součinitele prostupu tepla k zemině

Příloha 3 Tepelné ztráty RD po místnostech

Příloha 4 Tlakové ztráty OS

Příloha 5 Tlakové ztráty Varianta Biomasa

Příloha 6 Tlakové ztráty Varianta Tepelné čerpadlo

Příloha 7 Výkaz výměr Varianta Biomasa

Příloha 8 Výkaz výměr Barianta Tepelné čerpadlo

Příloha 1 Součinitele prostupu tepla

Konstrukce	Materiál	Tloušťka	λ [W/m.K]	R_{si} [m ² .K/W]	R_{se} [m ² .K/W]	Součinitel prostupu tepla	Požadovaný součinitel prostupu tepla	Vyhodnocení
		s [m]				U [W/m ² .K]	U [W/m ² .K]	
SO 1	Vápenná omítka	0,015	0,88	0,13	0,04	0,17	0,18	vyhovuje
	Tvárnice porotherm	0,3	0,17					
	Polystyren EPS	0,12	0,032					
	Perlitová omítka	0,015	0,1					
SO 2	Vápenná omítka	0,015	0,88	0,13	0,04	0,10	0,18	vyhovuje
	Tvárnice porotherm	0,3	0,17					
	Polystyren EPS	0,15	0,032					
	Tvárnice porotherm	0,3	0,17					
	Vápenná omítka	0,015	0,88					
SN1	Vápenná omítka	0,01	0,88	0,13	0,13	0,88	1,8	vyhovuje
	Tvárnice porotherm	0,24	0,28					
	Vápenná omítka	0,01	0,88					
SN2	Sádrokatron	0,0125	0,142	0,13	0,13	0,33	0,9	vyhovuje
	URSA DF 38	0,1	0,038					
	Sádrokatron	0,0125	0,142					
SN3	Sádrokatron	0,0125	0,142	0,13	0,13	0,23	0,9	vyhovuje
	URSA DF 38	0,15	0,038					
	Sádrokatron	0,0125	0,142					

PODL1	PVC	0,003	0,25	0,17	0,04	0,22	0,22	vyhovuje
	Cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	Eps 100	0,14	0,034					
	Izolace proti zemní vlh.	0,0035	0,21					
	Podkladní beton	0,1	1,36					
	Štěrkopísek	0,2						
PODL2	Keramická dlažba	0,004	0,25	0,17	0,04	0,21	0,22	vyhovuje
	cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	eps 100	0,16	0,037					
	izolace proti zemní vlh.	0,0035	0,21					
	podkladní beton	0,1	1,36					
	Štěrkopísek	0,2						
STR1	PVC	0,003	0,25	0,1	0,1	0,26	0,3	vyhovuje
	Cementová malta	0,023	1,36					
	Cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	Eps 100	0,12	0,037					
	Stropní panel	0,24	0,83					
	Vápenná omítka	0,01	0,88					
STR2	Keramická dlažba	0,004	0,25	0,1	0,04	0,27	0,3	vyhovuje
	Cementová malta	0,02	1,36					
	Cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	eps 100	0,12	0,037					
	Stropní panel	0,24	0,83					
	Vápenná omítka	0,01	0,88					

STR3				0,1	0,04	0,12	0,13	vyhovuje
	URSA DF 38	0,3	0,038					
	Parozábrana	0,0003	0,16					
	Sádrokatron	0,0125	0,142					
PODL3	PVC	0,003	0,25	0,17	0,17	0,29	0,3	vyhovuje
	Cementová malta	0,023	1,36					
	Cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	Eps 100	0,1	0,037					
	Stropní panel	0,24	0,83					
	Vápenná omítka	0,01	0,88					
PODL4	Keramická dlažba	0,004	0,25	0,17	0,17	0,29	0,3	vyhovuje
	cementová malta	0,02	1,36					
	cementový potěr	0,04	1,23					
	A 400 H	0,0007	0,21					
	eps 100	0,1	0,037					
	Stropní panel	0,24	0,83					
	Vápenná omítka	0,01	0,88					

Příloha 2 Součinitele prostupu tepla k zemině

101					
λ_{zeminy}	Spodlahy	OPodlahy	B'	w	
[W/m.K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	27,01	10,40	5,20	0,42	
$\lambda_{izolace1}$	d ₁	$\lambda_{izolace2}$	d ₂	d _t	U _{podlahy}
[W/m.K]	[m]	[W/m.K]	[m]	[m]	[W/(m ² .K)]
0,034	0,143	0	0	9,25	0,129
102					
λ_{zeminy}	Spodlahy	OPodlahy	B'	w	
[W/m.K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	21,20	9,25	4,59	0,42	
$\lambda_{izolace1}$	d ₁	$\lambda_{izolace2}$	d ₂	d _t	U _{podlahy}
[W/m.K]	[m]	[W/m.K]	[m]	[m]	[W/(m ² .K)]
0,034	0,143	0	0	9,25	0,132
105					
λ_{zeminy}	Spodlahy	OPodlahy	B'	w	
[W/m.K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	5,09	2,04	5,00	0,42	
$\lambda_{izolace1}$	d ₁	$\lambda_{izolace2}$	d ₂	d _t	U _{podlahy}
[W/m.K]	[m]	[W/m.K]	[m]	[m]	[W/(m ² .K)]
0,034	0,143	0	0	9,25	0,130
107					
λ_{zeminy}	Spodlahy	OPodlahy	B'	w	
[W/m.K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	7,18	3,12	4,600	0,42	
$\lambda_{izolace1}$	d ₁	$\lambda_{izolace2}$	d ₂	d _t	U _{podlahy}
[W/m.K]	[m]	[W/m.K]	[m]	[m]	[W/(m ² .K)]
0,034	0,143	0	0	9,25	0,132
108					
λ_{zeminy}	Spodlahy	OPodlahy	B'	w	
[W/m.K]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	
1,5	12,95	7,12	3,638	0,42	
$\lambda_{izolace1}$	d ₁	$\lambda_{izolace2}$	d ₂	d _t	U _{podlahy}
[W/m.K]	[m]	[W/m.K]	[m]	[m]	[W/(m ² .K)]
0,034	0,143	0	0	9,25	0,137

Příloha 3 Tepelné ztráty RD po místnostech

101 Obývací pokoj

$t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 7,47
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,16
 $H_{T,ig}$ [W/K] 3,49
 $H_{T,ij}$ [W/K] 0,00
 $\Phi_{T,i}$ [W] 583

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO 1	22,8	0,17	3,9
okno	5,25	0,68	3,6
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
SN2	3	0,33	0,2
$H_{T,g}$ [W/K]			
PODL1	27,01	0,13	3,5
$H_{T,ij}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
			Σ 11,1

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J	5,20	12,57	1,47
V	5,20	10,26	3,78
Z		0	

b_u	t_u
0,16	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,7	0,20
Stěna vnější - strop	0	10,4	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	2,7	0,00
Podlaha k zemině	0,375	10,4	3,90
Okno	0,225	13,4	3,02
			Σ 7,12

102 Ložnice
 $t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 5,12
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ig}$ [W/K] 2,80
 $H_{T,ij}$ [W/K] 0,00
 $\Phi_{T,i}$ [W] 425

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	23,3	0,17	4,0
okno	1,68	0,68	1,1
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
$H_{T,g}$ [W/K]			
Podlaha	21,20	0,13	2,8
$H_{T,ij}$ [W/K]			
		Σ	7,9

	Stěna ochlazovan	Okno
	L [m]	S [m ²]
S	4,21	11,367
J		0
V		0
Z	5,035	11,9145
		S [m ²]
		1,68

b_u	t_u

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	9,25	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	2,70	0,00
Podlaha k zemině	0,375	9,25	3,47
Okno	0,225	7,56	1,70
		Σ	5,37

104 Technická miestnosť

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	0,00
$H_{T,iue}$ [W/K]	1,03
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ij}$ [W/K]	-0,14
$\Phi_{T,i}$ [W]	29

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
SO2	12,9	0,10	1,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
STR1	4,20	0,26	-0,1
Σ			0,9

b_u	t_u
0,81	-6

f_{ij}	t_{sp}
-0,13	24

Misto TO	Ψ	l	$\Psi.l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
Σ			0,00

105 Předsíň

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	3,58
$H_{T,iue}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,66
$H_{T,ij}$ [W/K]	0,93
$\Phi_{T,i}$ [W]	191

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	2,9	0,17	0,5
Dveře ext.	2,56	1,2	3,1
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
PODL1	5,09	0,13	0,7
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN2	5,45	0,33	0,3
Dveře int.	1,77	2,34	0,6
SN1	1,81	0,88	0,25
STR1	4,90	0,26	-0,2
			Σ 5,3

	Stěna ochlazovaná	
	L [m]	S [m ²]
S		0
J		0
V	2,04	2,94
Z		0

b_u	t_u

f_{ij}	t_{sp}
-0,13	24
0,16	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
Stěna vnější - strop	0	2,04	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
Podlaha k zemině	0,375	2,04	0,76
Okno	0,225	3,56	0,80
			Σ 1,56

106 Scodiště

$t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 2,87
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ij}$ [W/K] 0,00
 $\Phi_{T,i}$ [W] 92

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	16,8	0,17	2,9
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
$H_{T,ij}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
		Σ	2,9

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J		0	
V	6,21	16,767	
Z		0	

b_u	t_u

f_{ij}	t_{sp}

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
Stěna vnější - strop	0	6,21	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
			0,00
		Σ	0,00

107 Komora - NEVYTÁPĚNÁ

$t_{i,v}$ [°C] 15
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 2,87
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,73
 $H_{T,ij}$ [W/K] -4,00
 $\Phi_{T,i}$ [W] 52

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	16,8	0,17	2,9
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
PODL1	5,55	0,13	0,7
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN1	6,92	0,27	-0,3
Dveře	1,19	2,34	-0,5
SN2	3,105	0,33	-0,2
Beton - schodiště	5,55	2,88	-3,0
			Σ -0,4

	Stěna ochlazovaná	
	L [m]	S [m ²]
S		0
J		0
V	6,21	16,767
Z		0

b_u	t_u

f_{ij}	t_{sp}
-0,19	20

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
			0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	2,70	0,00
Podlaha k zemině	0,375	6,21	2,33
			0,00
			Σ 2,33

108 Komora

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	5,42
$H_{T,iue}$ [W/K]	1,54
$H_{T,ig}$ [W/K]	1,78
$H_{T,ij}$ [W/K]	0,00
$\Phi_{T,i}$ [W]	457

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	15,8	0,17	2,7
Okna	3,72	0,73	2,7
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
SN1	6,92	0,88	0,9
Dveře int.	1,19	2,34	0,4
SN2	3,105	0,33	0,2
$H_{T,g}$ [W/K]			
PODL1	12,95	0,14	1,8
$H_{T,ij}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
			Σ 8,7

	Stěna ochlazovaná	
	L [m]	S [m ²]
S		0
J	3,21	7,197
V	4,04	8,6445
Z		0

b_u	t_u
0,16	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	7,25	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	2,70	0,00
Podlaha k zemině	0,375	7,25	2,72
Okno	0,225	11,60	2,61
			Σ 5,53

110 WC

$t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,27
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ij}$ [W/K] 0,27
 $\Phi_{T,i}$ [W] 35

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
SO2	3,40	0,10	0,3
SN2			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN2	5,27	0,33	0,3
Σ			0,5

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J		0	
V		0	
Z		0	

b_u	t_u
0,81	-6

f_{ij}	t_{sp}
0,16	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
Σ			0,00

201 Pokoj

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	6,53
$H_{T,iue}$ [W/K]	1,99
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ij}$ [W/K]	0,00
$\Phi_{T,i}$ [W]	367

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	20,4	0,17	3,5
Okna	4,17	0,73	3,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	17,8	0,12	2,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
		Σ	8,5

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J	3,87	8,99	1,47
V		0	
Z	5,22	11,40	2,7

b_u	t_u
0,91	-9

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	9,10	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
Okno	0,225	12,20	2,75
		Σ	2,95

202 Pokoj
 $t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 7,56
 $H_{T,iue}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ij}$ [W/K] 0,36
 $\Phi_{T,i}$ [W] 307

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	20,8	0,17	3,6
Okna	2,7	0,73	2,0
STR3	16,5	0,12	2,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN2	7,02	0,33	0,4
			0,0
			0,0
			Σ 7,9

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S	3,87	10,46	0
J		0	
V		0	
Z	4,85	10,39	2,7

b_u	t_u

f_{ij}	t_{sp}
0,16	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi.l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	8,72	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
Okno	0,225	6,60	1,49
			Σ 1,69

203

Komora - NETOPENÁ

$t_{i,v}$ [°C] 15
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 0,66
 $H_{T,iue}$ [W/K] 1,04
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ij}$ [W/K] -0,53
 $\Phi_{T,i}$ [W] 32

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	3,9	0,17	0,7
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	16,5	0,12	1,8
SN2	7,02	0,33	-0,8
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN3	6,9	0,23	-0,5
			0,0
			0,0
			0,0
		Σ	1,2

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S	1,44	3,88	0
J		0	
V		0	
Z		0	

b_u	t_u
0,89	-9
-0,33	24

f_{ij}	t_{sp}
-0,33	24

Místo TO	Ψ	l	$\Psi.l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
Stěna vnější - strop	0	1,44	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
			0,00
		Σ	0,00

$t_{i,v}$ [°C]	24
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	3,76
$H_{T,iue}$ [W/K]	1,74
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ij}$ [W/K]	1,05
$\Phi_{T,i}$ [W]	258

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	18,2	0,17	3,1
Okno	0,9	0,73	0,7
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	10,4	0,12	1,2
SN3	6,9	0,33	0,6
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN2	5,65	0,33	0,2
SN3	3,24	0,23	0,1
PODL4	10,40	0,29	0,8
			Σ 6,5

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S	3,11	8,40	0
J		0	
V		0	
Z	3,95	9,76	0,9

b_u	t_u
0,92	-9
0,25	15

f_{ij}	t_{sp}
0,11	20
0,25	15

Místo TO	Ψ	l	$\Psi.l$
	[W/m.K]	[m]	[m/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	7,06	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
Okno	0,225	1,80	0,41
			Σ 0,61

205

Schodiště

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	2,27
$H_{T,iue}$ [W/K]	0,75
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ij}$ [W/K]	-0,23
$\Phi_{T,i}$ [W]	102

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	10,2	0,17	1,7
Okno	0,72	0,73	0,5
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	6,77	0,12	0,8
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN2	5,65	0,33	-0,2
			0,0
			0,0
			Σ 2,8

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J		0	
V		0	
Z	4,05	10,215	0,72

b_u	t_u
0,91	-9

f_{ij}	t_{sp}
-0,13	24

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
			0,00
Stěna vnější - strop	0	4,05	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
Okno	0,225	1,80	0,41
			Σ 0,41

$t_{i,v}$ [°C]	20
$t_{e,v}$ [°C]	-12
h [m]	2,7

$H_{T,ie}$ [W/K]	5,27
$H_{T,iue}$ [W/K]	1,77
$H_{T,ig}$ [W/K]	0,00
$H_{T,ij}$ [W/K]	0,00
$\Phi_{T,i}$ [W]	302

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
SO1	20,7	0,17	3,5
Okno	2,37	0,73	1,7
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	15,9	0,12	1,8
			0,0
			0,0
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
		Σ	7,0

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J	4,55	10,81	1,47
V	4,00	9,89	0,9
Z		0	

b_u	t_u
0,91	-9

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/m.K]	[m]	[W/K]
Nároží	0,075	2,70	0,20
Stěna vnější - strop	0	8,55	0,00
Stěna vnitřní - obvodová	0	5,40	0,00
			0,00
Okno	0,225	9,80	2,21
		Σ	2,41

207 Chodba - Netopená

$t_{i,v}$ [°C] 20
 $t_{e,v}$ [°C] -12
 h [m] 2,7

$H_{T,ie}$ [W/K] 0,00
 $\dot{H}_{T,iue}$ [W/K] -0,03
 $H_{T,ig}$ [W/K] 0,00
 $H_{T,ij}$ [W/K] -0,51
 $\Phi_{T,i}$ [W] -17

Konstrukce	S	U	U·S
	[m ²]	[W/m ² .K]	[W/K]
$H_{T,ie}$ [W/K]			
			0,0
			0,0
			0,0
$H_{T,iue}$ [W/K]			
STR3	4,3	0,12	0,5
SN2	2,5	0,33	-0,1
Dveře int.	1,4	2,34375	-0,4
$H_{T,g}$ [W/K]			
			0,0
$H_{T,ij}$ [W/K]			
SN3	1,60	0,23	0,0
Dveře int.	1,58	2,34	-0,5
			0,0
			Σ -0,5

	Stěna ochlazovaná		Okno
	L [m]	S [m ²]	S [m ²]
S		0	
J		0	
V		0	
Z		0	

b_u	t_u
0,91	-9
-0,13	24

f_{ij}	t_{sp}
-0,13	24

Místo TO	Ψ	l	$\Psi \cdot l$
	[W/(m*K)]	[m]	[m/K]
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			Σ 0,00

Vypočtené		
Místnost	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{v,i}$ [W]
101	583	23,76
102	425	6,43
104	29	-
105	191	1,46
106	92	-
107	52	-
108	457	98,07
110	35	8,64
201	367	6,29
202	307	5,83
203	32	-
204	258	103,38
205	102	1,98
206	302	5,62
207	-17	-
Σ	3214	261

Σ	3476
----------	------

Navržené			
Místnost	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{v,i}$ [W]	$\Sigma\Phi$ [W]
101	590	25	615
102	430	10	440
104	0	0	0
105	300	5	305
106	0	0	0
107	0	0	0
108	480	100	580
110	90	10	100
201	400	10	410
202	335	5	340
203	0	0	0
204	290	100	390
205	0	0	0
206	340	10	350
207	0	0	0
Σ	3255	275	3530

Σ	3530
----------	------

Příloha 4 Tlakové ztráty OS

úsek č.	mw [kg/h]	l [m]	D [mm]	t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\Sigma\xi$ [1]	R.l [Pa]	Z [Pa]	Σ (R.l+Z) [Pa]
206 VKM 10 - 600/1100										
1	320,1	1,3	18	1	151,9	0,44	0	197	0	197
2	285,6	0,1	18	1	156,1	0,39	2,2	16	169	185
3	246,8	2,9	18	1	122,7	0,34	6,4	356	359	715
4	81,6	5,3	15	1	66,4	0,17	17	349	242	591
5	33,0	5,0	12	1	23,8	0,12	19	119	126	244
6	33,0	5,0	12	1	23,8	0,12	12	119	80	199
7	81,6	5,1	15	1	66,4	0,17	7,2	336	102	438
8	246,8	3,0	18	1	122,7	0,34	11	374	602	975
9	320,1	1,0	18	1	151,9	0,44	2,7	152	258	410
Tlaková ztráta OT										190
										4145
tlak. ztráta termostatického regulačního ventilu							Nastavení	7	286	
Vekolux Ivar							Nastavení	3	1158	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
101 K20VM 662/1400 (mezi okny)										
1-4										1689
10	48,5	0,4	12	1	52,9	0,17	7,9	20	113	133
11	48,5	0,5	12	1	52,9	0,17	7,9	28	113	141
7+8+9										1823
Tlaková ztráta OT		m w _{OT} [kg/h]			48,5	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	12	w _{DN,15}	0,07	27
připojovací armatura HM							Nastavení	2	1776	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
202 VKM 10-600/1100										
1+2+3										1097
12	165,3	1,4	15	1	153	0,34	1,8	207	104	311
13	110,6	3,2	15	1	77,4	0,23	1,2	248	32	280
14	69,7	3,8	12	1	113,9	0,24	5,6	436	164	600
15	31,7	2,6	12	1	23,8	0,11	12	61	74	134
16	31,7	2,3	12	1	23,8	0,11	6	55	37	92
17	69,7	4,0	12	1	113,9	0,24	11	459	310	769
18	110,6	3,1	15	1	77,4	0,23	1,6	240	41	281
19	165,3	1,3	15	1	153	0,34	1,2	191	72	263
8+9										1386
Tlaková ztráta OT		mw _{OT} [kg/h]			110,6	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	12	w _{DN,15}	0,15	138,1
										5350
připojovací armatura HM							Nastavení	8	182	
Vekolux Ivar							Nastavení	9	56	
celková tlaková ztráta okruhu										5589

201 VKM 10-600/1600										
1-3+12-14										2288
24	38,0	2,0	12	1	28,5	0,13	10	57,86	90	148
25	38,0	2,3	12	1	28,5	0,13	10	64,98	90	155
8+9+18+19										1929
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		38,0	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	82	W _{DN,15}	0,05		111,3
4632										
tlak. ztráta termostatického regulačního ventilu							Nastavení	5	854	
Vekolux Ivar							Nastavení	8	102	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
102 K11VM 588/1600										
1-3+12+13										1688
22	40,9	0,7	12	1	28,6	0,14	8,1	20,88	82	103
23	40,9	0,6	12	1	28,6	0,14	5,2	18,02	53	71
8+9+18+19										1929
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		40,9	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	174	W _{DN,15}	0,06		273
4065										
přípojovací armatura HM							Nastavení	1	1524	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
101 K20VM 662/1600										
1-3+12										1408
20	54,6	0,5	12	1	52,9	0,19	11	24	198	221
21	54,6	0,4	12	1	52,9	0,19	4,9	19	89	108
8+9+19										1649
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		54,6	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	74	W _{DN,15}	0,08		207
3593										
přípojovací armatura HM							Nastavení	2	1996	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
110 KRMM 700.450										
1+2										382
26	38,8	0,4	12	1	29,1	0,14	12	12	109	121
27	9,7	2,3	12	1	7,45	0,03	24	17	14	31
28	9,7	2,9	12	1	7,45	0,03	8	21	5	26
29	38,8	0,3	12	1	29,1	0,14	4,6	7	42	50
30	73,3	0,3	12	1	130,2	0,26	1,8	39	58	97
9										410
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		9,7	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	8	W _{DN,15}	0,01		1
1117										
tlak. ztráta regulačního šroubení 1							Nastavení	2	3423	
přípojovací armatura HM							Nastavení	0,5	1049	
celková tlaková ztráta okruhu										5589

105 K11VM 366/1400										
1+2+26										503
31	29,1	0,2	12	1	21,8	0,10	6,6	4	34	38
32	29,1	0,6	12	1	21,8	0,10	6,1	12	31	43
9+30										3930
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		29,1	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	174	W _{DN,15}	0,04		260
4775										
připojovací armatura HM							Nastavení	2	814	
celková tlaková ztráta okruhu										5589
204 KRMM 1820.750										
1										197
33	34,5	5,89	12	1	25,9	0,12	26	153	190	343
34	34,5	6,01	12	1	25,9	0,12	16	156	113	269
30+9										3930
Tlaková ztráta OT		mw,OT [kg/h]		34,5	$\Sigma\xi_{OT}$ [1]	9,3	W _{DN,15}	0,05		10
4749										
připojovací armatura HM							Nastavení	2	840	
celková tlaková ztráta okruhu										5589

Příloha 5 Tlaková ztráty varianta Biomasa

úsek č.	mW [kg/h]	l [m]	D [mm]	t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\Sigma\xi$ [1]	R.1 [Pa]	Z [Pa] / Kvs	$\Sigma(R.1+Z)$ [Pa]
Okruh otopné soustavy										
1	320,1	4,0	18	1	198,1	0,44	7	792	660	1 453
2	320,1	2,9	18	1	198,1	0,44	7,5	574	707	1 282
Otopná soustava										5 589
Kohout kulový 3/4"							ks	2	24,6	35
Trojcestný směšovací ventil									6,3	264
Celková tlaková ztráta topného okruhu										8 623
Okruh akumulace topné vody										
1	687,8	6,0	22	1	251,1	0,60	4	1 507	714	2 220
2	687,8	5	22	1	251,1	0,60	4,5	1 256	803	2 058
Kohout kulový 3/4"							ks	2	24,6	160
Filtr							ks	1	7,857	785
Zpětný ventil							ks	1	2,7	6 648
Zdroj tepla										19
Trojcestný přepínací ventil							ks	1	4,5	2 393
Termostatický směšovací ventil							ks	1	6,3	1 221
Tlaková ztráta okruhu akumulace topné vody										15 505
Okruh ohřevu teplé vody										
1	960,0	1,3	22	1	456	0,84	4	593	1 390	1 983
2	960,0	1	22	1	456	0,84	4,5	456	1 564	2 020
Kohout kulový 3/4"							ks	2	24,6	312
Zpětný ventil 3/4"							ks	1	2,7	12 950
Zásobníkový ohřivač teplé vody										-
Trojcestný přepínací ventil							ks	1	4,5	4 662
Tlaková ztráta okruhu ohřevu teplé vody										21 926

Příloha 6 Tlakové ztráty varianta tepelné čerpadlo

úsek č.	mw [kg/h]	l [m]	D [mm]	t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\Sigma\xi$ [1]	R.l [Pa]	Z [Pa] / Kvs	$\Sigma(R.l+Z)$ [Pa]
Okruh otopné soustavy										
1	320,1	1,3	18	1	251,1	0,44	7	326	660	987
2	320,1	1	18	1	251,1	0,44	7,5	251	707	959
Otopná soustava										5 589
Kohout kulový 3/4"							ks	4	24,6	69
Trojcestný směšovací ventil							ks	1	6,3	264
celková tlaková ztráta topného okruhu										7 868
Okruh akumulace topné vody										
1	687,8	1,3	22	1	251,1	0,60	9	326	1 605	1 932
2	687,8	1	22	1	251,1	0,60	9,5	251	1 695	1 946
Kohout kulový 3/4"							ks	2	25	160
Filtr							ks	1	8	785
Kohout kulový s filtrem 1"							ks	2	15	461
Zdroj tepla										477
Trojcestný přepínací ventil							ks	1	4,5	2 393
Termostatický směšovací ventil							ks	1	6,3	1 221
tlaková ztráta okruhu akumulace topné vody										9 375
Okruh ohřevu teplé vody										
1	687,8	1,3	22	1	456	0,60	4	593	714	1 306
2	687,8	1	22	1	456	0,60	4,5	456	803	1 259
Kohout kulový 3/4"							ks	2	24,6	160
Zpětný ventil							ks	1	2,7	6 648
Zásobníkový ohřivač teplé vody										1 800
Trojcestný přepínací ventil							ks	1	4,5	2 393
tlaková ztráta okruhu ohřevu teplé vody										13 567

Příloha 7 Výkaz výměr varianta Biomasa

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem
Technologie					
201	Automatický kotel na pelety Atmos D10PX, 10kW včetně hořáku	1	ks	67 400	67 400
202	ekvitermní regulátor Atmos ACD 01, sada	1	ks	14 980	14 980
203	Ohřívač TV Dražice OKCV 200 kombinovaný ležatý levý	1	ks	12 380	12 380
204	Akumulační nádrž Dražice NAD 500 v2	1	ks	5 128	5 128
205	Izolace NEOBDUL LB PP 80 mm	1	ks	3 491	3 491
207	Tlaková expanzní nádoba Reflex NG 80/6, 80 l, 6 bar	1	ks	1 885	1 885
208	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	2	ks	2 264	4 528
209	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-60 180	1	ks	2 601	2 601
210	Komín HART-BLOK 8,16 m °200/90°	1	ks	11 150	11 150
Armatury					
211	Reflex kohout pro expanzomat MK 1"4"F	1	ks	860	860
212	Termostatický směšovací ventil ESBE VTA 522 (45-65)°C G 1" Kvs 3,2	1	ks	2 380	2 380
213	Automatický od vzdušňovací ventil 1/2" , svislý, mosaz se zpětnou klapkou	2	ks	107	215
214	Přepínací ventil ESBE VZD263 svěrné kroužky + volný kabel, CPF 22mm DN 20, Kvs=4,5	1	ks	2 840	2 840
215	Kulový kohout plnoprůtokový s ovládací páčkou 3/4"	6	ks	165	989
216	Vypouštěcí kohout DN 15	6	ks	59	357
217	Zpětný ventil 3/4" F/F	2	ks	203	406
218	3-cestný směšovací ventil VRG 131 - vnitřní závit RP 3,4 DN 20 Kvs(6)	1	ks	1 980	1 980
219	Servopohon ARA 651, řídicí s. 3-bodový, nap. 230 V AC, doba běhu 60 s	1	ks	2 640	2 640
220	Laddomat 22	1	ks	8 248	8 248
Potrubí					
230	Cu 22x1	6	m	134	804
231	Cu 18x1	3	m	89	267
232	Izolace Tubex Mirelon Pro 22/13	6	m	12	73
233	Izolace Mirelon Pro 18/13	3	m	11	34
celkem					145 634

Příloha 8 Výkaz výměr varianta Tepelné čerpadlo

položka č.	Materiál	množství	MJ	Kč/MJ	celkem [Kč]
Technologie					
301	Logatherm WPLS 4.2 Comfort	1	ks	124 900	124 900
302	Základní set pro WPLS.2 - Konzole pro upevnění na zem, chladičová trubka pro připojení vnitřní a venkovní jednotky	1	ks	0	0
303	Logalux P120/5 S/W - Akumulační zásobník pro hydraulické oddělení okruhu zdroje a spotřebiče o objemu 120 litrů + třicestný přepínací ventil	1	ks	12 000	12 000
303	Logalux HR 200 - Akumulační zásobník teplé vody o objemu 200 litrů + třicestný přepínací ventil na ohřev TV	1	ks	6 840	6 840
304	Čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 180	1	ks	2 264	2 264
Armatury					
310	Kulový kohout plnopřítokový s ovládací páčkou 3/4"	8	ks	165	1 318
311	Vypouštěcí kohout DN 15	5	ks	59	297
312	Zpětný ventil DN20	3	ks	203	609
313	3-cestný směšovací ventil VRG 131 - vnitřní závit RP 3,4 DN 20 Kvs(4;6,3)	1	ks	1 220	1 220
314	Servopohon ARA 651, řídicí s. 3-bodový, nap. 230 V AC, doba běhu 60 s	1	ks	2 640	2 640
Potrubí					
320	Cu 22x1	4	m	134	536
321	Cu 18x1	2	m	89	178
322	Izolace Mirelon Pro 22/13	4	m	12	48
323	Izolace Mirelon Pro 18/13	2	m	11	23
Celkem [Kč]					152 874