

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ONDŘEJ PAVLIŠ

4-BS-2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pavliš** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **475452**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
 Studijní program: **Strojírenství**
 Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vytápění rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Heating of a Family House

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody u třech rodinných domů. Zabývejte se okrajovými podmínkami k dosažení nízkoenergetického a pasivního standardu budovy s ohledem na požadavky stavebních prvků a technologií zpětného získávání tepla. Provedte základní ekonomickou analýzu různých zdrojů tepla s ohledem na potřebu primární neobnovitelné energie.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. ÚNMZ 2018,
- [2] ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3. ÚNMZ 2019,
- [3] ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov - Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony - Část 1: Výpočtové postupy. ÚNMZ 2019.
- [4] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. MPO, 2020,

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: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.07.2021**

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.

14.6.2021
 Datum převzetí zadání


 Podpis studenta

Souhrn

Předmětem bakalářské práce „Vytápění rodinného domu“ je studie potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody u třech rodinných domů. V práci se zabývám okrajovými podmínkami k dosažení nízkoenergetického a pasivního standardu. U všech rodinných domů byly vypočteny tepelné ztráty dle ČSN EN 12 831 a potřeby tepla dle ČSN EN ISO 13 790. Dále jsem vybral tři různé zdroje tepla, a to kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo vzduch-voda a kotel na biomasu. V závěru jsem provedl ekonomickou analýzu s ohledem na potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů a výsledky zhodnotil a porovnal.

Summary

The subject of this bachelor's thesis "Heating of family house" is the study of the heat demand for heating and preparation of hot water in three family houses. In this thesis I deal with the boundary conditions to achieve a low-energy and passive standard housing. For all family houses, heat losses were calculated according to ČSN EN 12 831 and heat demand according to ČSN EN ISO 13 790. I also selected three different heat sources, namely a condensing gas boiler, an air-water heat pump and a biomass boiler. In the end, I performed an economic analysis with regard to the need for primary energy from non-renewable sources and evaluated and compared the results.

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 02.07.2021

Ondřej Pavliš

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat Ing. Romanu Vavříčkovi, Ph.D. za pomoc a trpělivost, kterou mi poskytl při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu.

Obsah

Souhrn.....	3
Summary.....	3
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Seznam použitého značení.....	8
1 Úvod.....	10
2 Nízkoenergetické a pasivní domy	10
2.1. Nízkoenergetické domy	11
2.2. Pasivní domy.....	11
2.3. Neobnovitelná primární energie.....	11
3 Rodinné domy	13
3.1. Garonna.....	13
3.2. Bohemia 2	15
3.3. Reflex	17
4 Skladba konstrukcí	19
4.1. Obvodové zdi	19
4.2. Vnitřní příčky	20
4.3. Střešní a stropní konstrukce	20
4.4. Podlaha.....	20
5 Tepelné ztráty	21
5.1. Součinitele prostupu tepla.....	21
5.2. Tepelné ztráty prostupem.....	21
5.3. Tepelné ztráty větráním.....	22
6 Potřeba tepla na vytápění.....	24
6.1. Vnější tepelné zisky	24
6.2. Vnitřní tepelné zisky	25
6.3. Celková potřeba tepla na vytápění	26
7 Potřeba tepla na přípravu teplé vody	29
8 Zdroje tepla.....	31
8.1. Kondenzační plynový kotel.....	31
8.2. Tepelné čerpadlo	31
8.3. Kotel na biomasu.....	33
9 Ekonomická analýza.....	34
9.1. Investiční náklady	34

9.2. Provozní náklady.....	34
9.2.1. Zemní plyn.....	35
9.2.2. Elektrická energie	36
9.2.3. Dřevěné pelety	37
9.3. Vývoj cen	39
9.4. Porovnání investice a provozu	40
9.5. Primární energie z neobnovitelných zdrojů	40
10 Závěr	41
Seznam použité literatury	43
Přílohy.....	48

Seznam použitého značení

U	součinitel prostupu tepla stavební konstrukce	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
$U_{\text{pas},20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}^1]$
e_A	roční měrná spotřeba tepla na vytápění	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$
λ_n	součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce	$[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$
R_{si}	vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
R_{se}	vnější tepelný odpor při přestupu tepla	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
R_f	tepelný odpor podlahy	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
R_n	tepelný odpor n-té stavební konstrukce	$[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
Φ_{sol}	Vnější solární tepelné zisky	$[\text{kWh}]$
F_{sh}	Korekce stínění na externí překážky	$[-]$
A_{sol}	Solární sběrná plocha	$[\text{m}^2]$
I_{sol}	intenzita solárního záření	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$
F_r	faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou	$[-]$
$\Phi_{r,i}$	sálání vůči obloze	$[\text{kWh}]$
$F_{\text{sh,gl}}$	Korekční činitel stínění	$[-]$
g_{gl}	Celková propustnost průhlednými prvky	$[-]$
F_f	Podíl plochy rámu	$[-]$,
$A_{\text{w,pohledová}}$	pohledová plocha průhledné stavební konstrukce	$[\text{m}^2]$,
E_{os}	měsíční spotřeba ostatní elektrické energie	$[\text{kWh}]$
$\Phi_{z,v}$	Vnitřní tepelné zisky	$[\text{kWh}]$
$Q_{\text{TV,d}}$	potřeba tepla na přípravu teplé vody pro jeden den	$[\text{kWh}]$
$\Phi_{s,p}$	tepelné zisky na bytovou jednotku	$[\text{W}/\text{byt}\cdot\text{j}^{\cdot 1}]$
$\Phi_{s,o}$	tepelné zisky na osobu	$[\text{W}/\text{os}]$
S	plocha podlahy	$[\text{m}^2]$
V_i	vnitřní objem vytápěného prostoru	$[\text{m}^3]$
s_n	tloušťka stěny n-té stavební konstrukce	$[\text{m}]$
t_{sv}	teplota studené vody	$[\text{°C}]$
t_{tv}	teplota teplé vody	$[\text{°C}]$
z	poměrná ztráta	$[-]$
ρ	hustota vody	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
c	měrná tepelná kapacita vody	$[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

n_{os}	počet členů domácnosti	[os.]
V_{os}	dávka teplé vody na osobu	[m ³ /den]
n_{hod}	počet hodin v měsíci	[hod.]
γ_H	bilanční poměr pro režim vytápění	[-]
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění	[-]
a_H	bezrozměrný parametr, závislý na časové konstantě budovy	[-]
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění	[-]
COP	topný faktor tepelného čerpadla	[-]
F_r	faktor oslání mezi stavebním prvkem a oblohou	[-]
F_{sh}	Korekce stínění na externí překážky	[-]
f	korekční činitel zohledňující přítomnost osob v objektu	[-]
η	Účinnost zpětného získávání tepla	[-]

1 Úvod

V současné době je jedním z nejpálčivějších problémů klimatická změna, jejíž negativní dopady můžeme pozorovat po celém světě. Důležitým krokem pro zmírnění dopadů těchto klimatických změn, je co největší snížení spotřeby energií z neobnovitelných zdrojů, které mají negativní dopad na životní prostředí. Tohoto lze dosáhnout snížením potřeby tepla na vytápění a používáním obnovitelnějších zdrojů energie. Výše uvedené možnosti splňují energeticky úsporné budovy, mezi které se zejména řadí nízkoenergetické a pasivní domy.

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybral studii potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody u rodinných domů, které se od sebe liší především velikostí. V jednotlivých kapitolách budou popsány tři rodinné domy, kterým navrhnu složení jednotlivých stavebních konstrukcí s ohledem na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{\text{pas},20}$ pro pasivní domy dle ČSN 73-0540-2. Následně určím tepelné ztráty domů dle ČSN EN 12 831 a budu se věnovat vlivu zpětného získávání tepla. Dále pro tyto rodinné domy stanovím potřebu tepla dle ČSN EN ISO 13 790 a určím měrnou plošnou potřebu tepla na vytápění, která je nezbytná k energetickému posouzení domů. Následně pro tyto rodinné domy zvolím tři různé zdroje tepla, které budou hradit veškerou potřebu tepla samostatně. Těmito zdroji bude plynový kondenzační kotel, tepelné čerpadlo vzduch-voda a kotel na biomasu. V poslední řadě provedu ekonomickou analýzu těchto zdrojů s ohledem na potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů. V závěru shrnu veškeré výsledky a znalosti získané vypracováním této práce a určím obecně nejvýhodnější řešení.

2 Nízkoenergetické a pasivní domy

V zemích Evropské unie je standardní, že všechny obecně závazné předpisy týkající se hospodaření s energiemi vychází z filozofie trvale udržitelného rozvoje. Podle Směrnice 2010/31/EU činí podíl budov na celkové spotřebě energie v Evropské Unii až 40 % a stále vzrůstá. Jednou z možných cest současnosti i blízké budoucnosti je kromě čtenějšího využívání obnovitelných zdrojů také snaha o menší spotřebu energie a stavění

energeticky úsporných staveb. Hlavními představiteli takových energeticky úsporných staveb jsou nízkoenergetické a pasivní domy. [1]

2.1. Nízkoenergetické domy

Jako nízkoenergetický můžeme definovat ten dům, který splňuje alespoň doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla U $W/m^2.K$ dle ČSN 73 0540-2 a jeho roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění e_A nepřesahuje $50 \text{ kWh}/m^2.a$. Další zásadou je vhodné umístění stavby na pozemku, ideální situování je u severní a východní hranice parcely, aby jižní a západní průčelí bylo plně přístupno solárním ziskům.

Nízkoenergetické domy by též měli být vzduchotěsné, což je v rozporu s hygienickým požadavkem nezbytné výměny vzduchu, takže obvyklým řešením jsou nucené systémy větrání, kde se pro minimalizaci tepelných ztrát užívají jednotky se zpětným získáváním tepla. [1]

2.2. Pasivní domy

Pasivní domy musí splňovat veškerá kritéria jako nízkoenergetické domy, avšak mají ještě více posílenou tepelnou obálku a téměř dokonale vyřešeny tepelné mosty. Roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění nesmí e_A přesahovat $15 \text{ kWh}/m^2.a$. Dále celková roční plošná měrná potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů nesmí přesáhnout $120 \text{ kWh}/m^2.a$. [1]

2.3. Neobnovitelná primární energie

Neobnovitelná primární energie, nebo dle novější terminologie neobnovitelná primární energie z neobnovitelných zdrojů, je hlavním ukazatelem energetické náročnosti budovy.

Primární neboli prvotní energii lze chápat jako energii ve formě, v jaké se vyskytuje v přírodě. Primární energie je rozdělena na energii z obnovitelných zdrojů, tedy například ze slunečního záření, větru, vodní energie či biomasy (délka obnovy srovnatelná s délkou lidského života), a na energii z neobnovitelných zdrojů, jako například z fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn, jaderná energie). Teoreticky i fosilní paliva jako uhlí, ropa a zemní plyn jsou obnovitelné, ale jelikož doba, za kterou vznikají je mnohonásobně delší než délka lidského života, tak je můžeme pokládat za neobnovitelné.

Primární energie z neobnovitelných zdrojů v podstatě vyjadřuje celkovou efektivitu a účinnost využití energie mezi vyvolanou potřebou a konečnou potřebou

neobnovitelné složky energie z primárního zdroje nezbytnou k jejímu zajištění, což je například těžba primárního paliva. Rozdíl mezi touto vyvolanou potřebou a konečnou potřebou z primárního zdroje, zohledňující celkovou účinnost těžby, přeměny, ukládání, distribuce a předání, vyjadřují tzv. faktory přeměny energie. Tyto faktory, konkrétně ty, které v této práci ke konci využiji, jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie [2]

Energonositel	Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie (-)
Zemní plyn	1
Elektřina	2,6
Dřevěné pelety	0,2

Cílem tohoto ukazatele energetické náročnosti je státní centrální kontrola efektivity využití dostupných zdrojů energie v jejich primární podobě, jichž má Česká republika jen velmi omezené množství a musí tak významnou část pokrýt dovozem, který je z polického hlediska vždy nejistý. [2,3]

3 Rodinné domy

Pro potřeby této bakalářské práce jsem zvolil tři velikostně odlišné rodinné domy, které se zároveň liší i dispozičně.

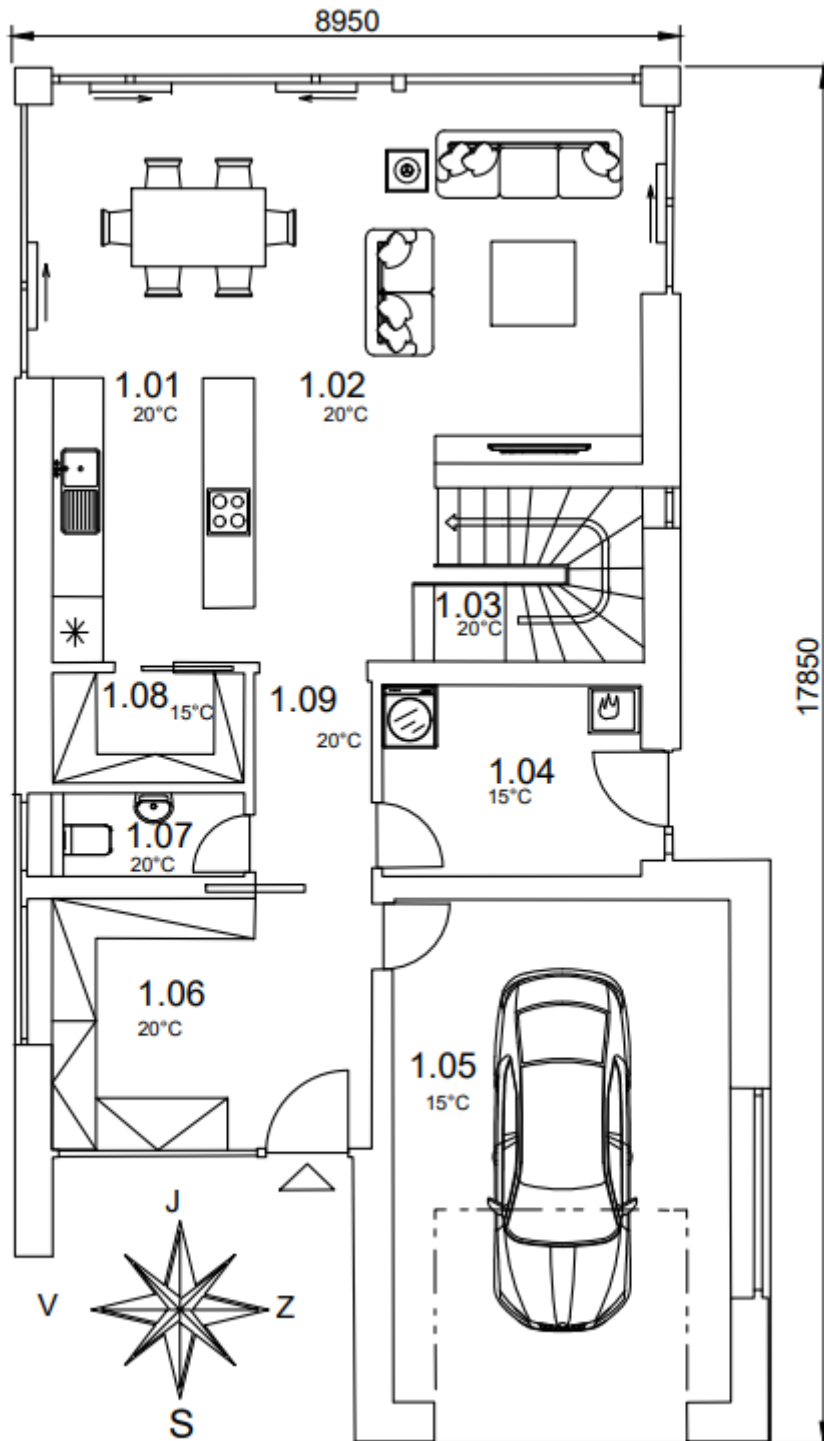
3.1. Garonna



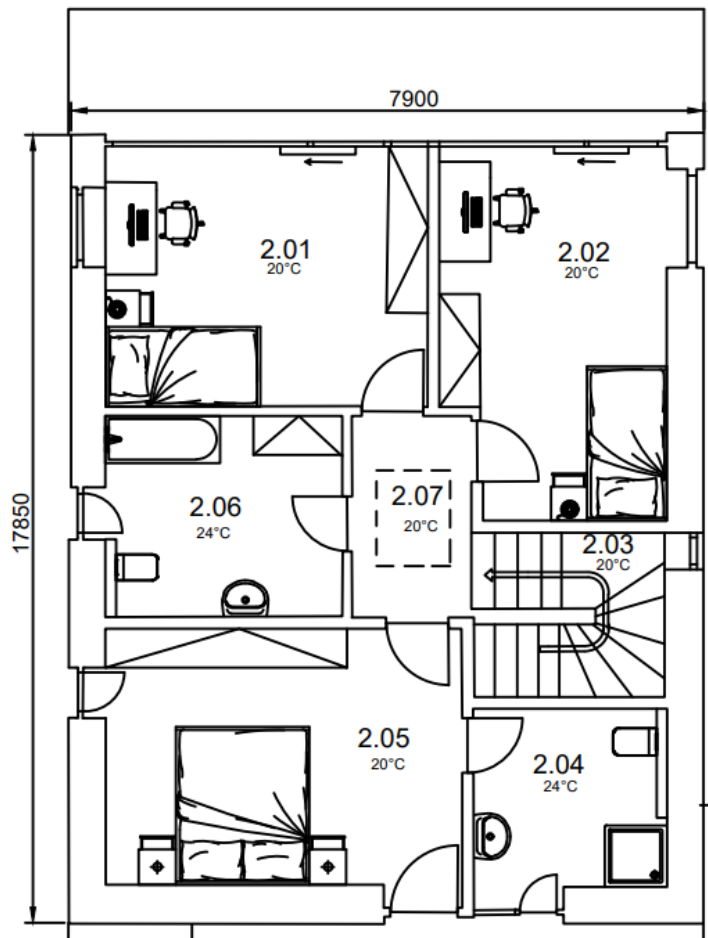
Obrázek 1 Ilustrační foto Garonna [4]

Garonna je dvoupodlažní dům s ideální orientací hlavního vchodu a příjezdu do garáže ze severní světové strany. Jeho předností je velmi moderní vzhled. Splňuje nároky na kvalitní bydlení pro 4člennou rodinu. Dispozičně je rozdělen na společenskou část v přízemí a klidovou část ve druhém nadzemním podlaží. Obytné místnosti jsou dokonale prosvětleny prosklenou stěnou do zahrady. Výhodou je garáž propojená s domem. Užitná plocha tohoto rodinného domu je 193,5 m². V této užitné ploše jsou ovšem započteny i dvě terasy, samotná vytápěná plocha činí 166,5 m². [4]

Orientaci vstupních dveří volím na sever, aby prosklená část budovy směřovala na jih.



Obrázek 2 Půdorys 1NP Garonna



Obrázek 3 Půdorys 2NP Garonna

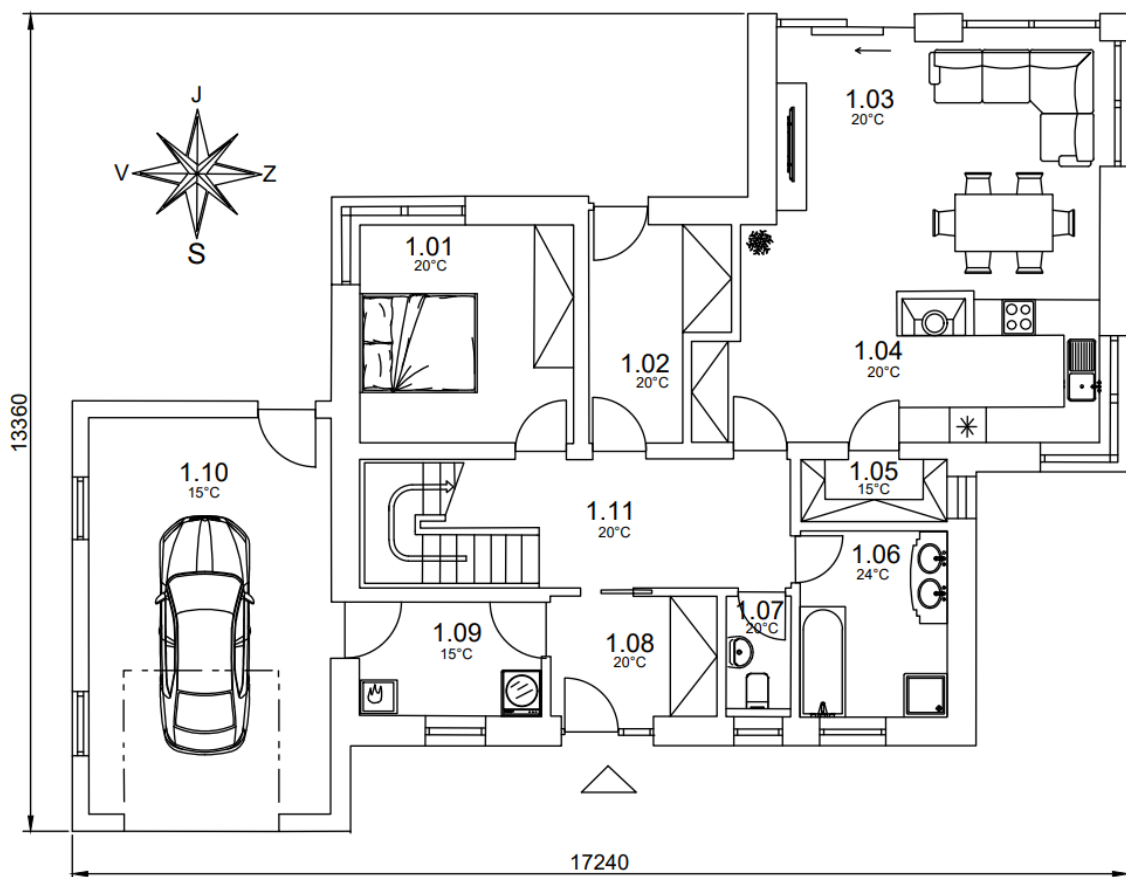
3.2. Bohemia 2



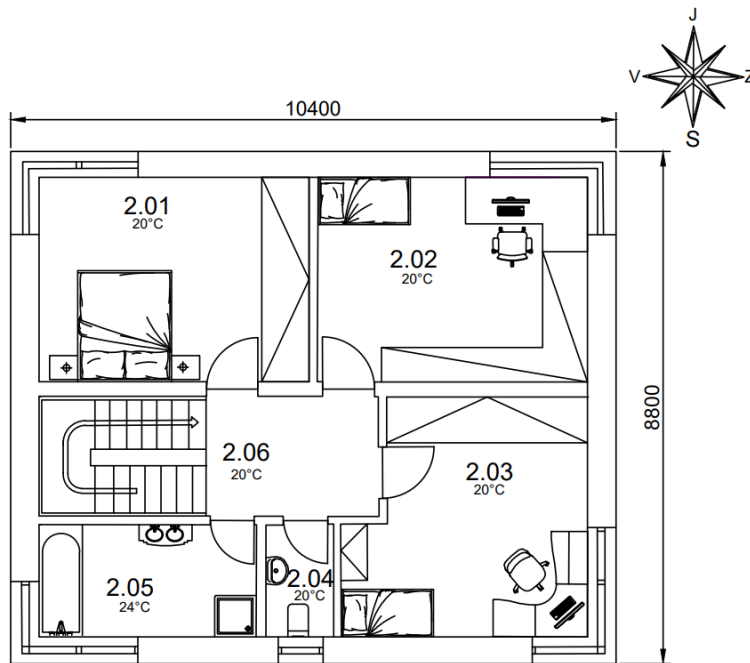
Obrázek 4 Ilustrační foto katalogového domu Bohemia 2 [5]

Bohemia 2 je moderně vypadající dům s členitým půdorysem, který splňuje velikostní nároky 5členné rodiny. Obývací pokoj s kuchyní je propojen do velké místnosti a prosklenými plochami jsou tyto místnosti dostatečně prosluněny. Na rozhraní kuchyně a obývacího pokoje je umístěn krb. Technická místnost zároveň slouží také jako propojovací chodba mezi garáží a zádveřím. Užitná plocha tohoto rodinného domu je 193,2m². [5]

Vstup do domu jsem se rozhodl orientovat na sever, aby co nejvíce prosklených ploch směřovalo na jih a západ.



Obrázek 5 Půdorys 1NP Bohemia 2



Obrázek 6 Půdorys 2NP Bohemia 2

3.3. Reflex

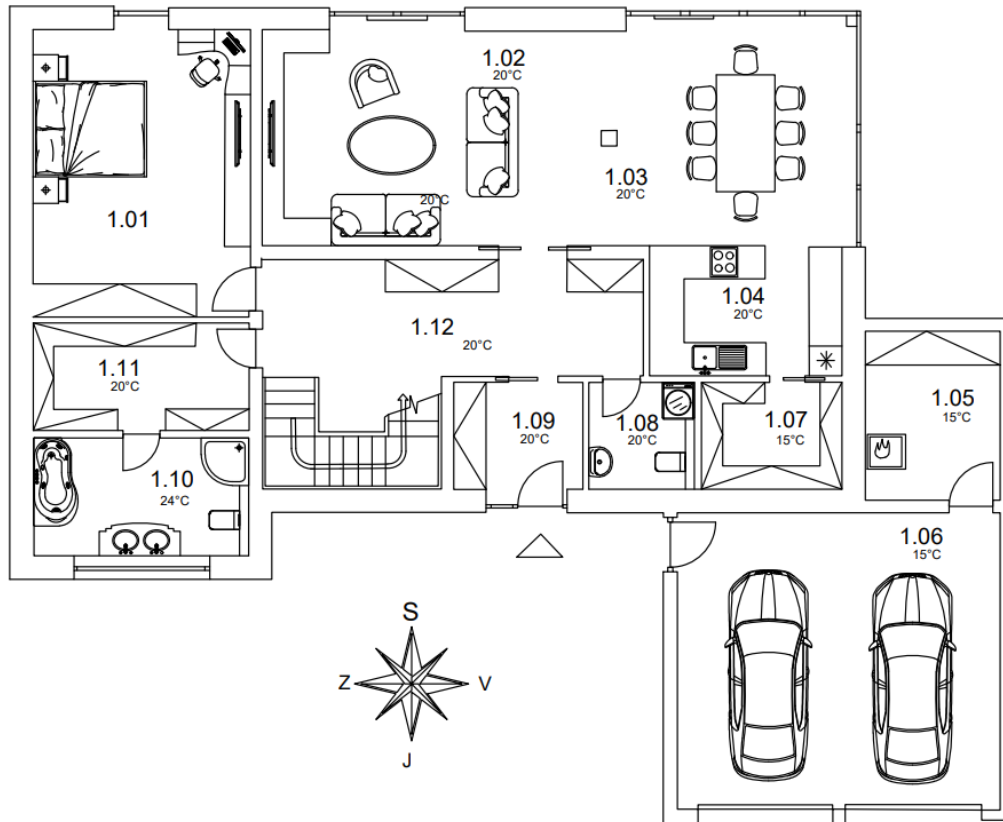


Obrázek 7 Ilustrační foto Garonna [6]

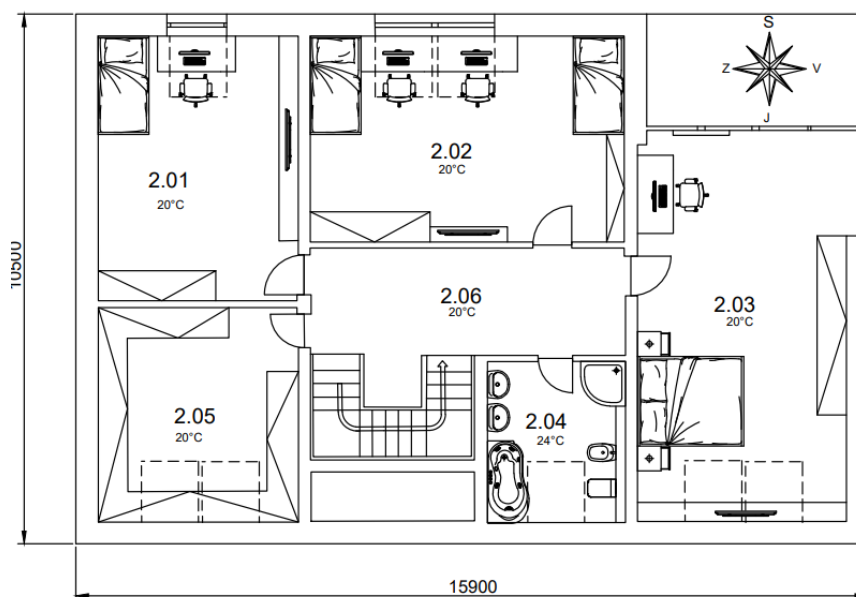
Reflex je dům větší velikostní kategorie, který je svým dispozičním řešením uzpůsoben pro 7člennou rodinu. Denní část domu je umístěna do přízemí, noční část domu je osazena do podkroví. Pokoj v přízemí může sloužit jako pokoj pro hosty, nebo

celý levý blok může sloužit k bydlení jedné rodiny. Dům má k dispozici dvojgaráž. Celková užitná plocha činí 289,4 m². [6]

Vstup do domu jsem orientoval na sever, aby prosklená část domu s terasou směřovaly na jih.



Obrázek 8 Půdorys 1NP Reflex



Obrázek 9 Půdorys 2NP Reflex

4 Skladba konstrukcí

Pro všechny tři rodinné domy volím identické skladby konstrukcí. Veškeré konstrukce jsou navrženy tak, aby splňovaly doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/m^2.K$] určené pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2[7], které jsou uvedeny v Tabulce 2. Vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsem převzal z katalogů dodavatelů. Jako dodavatele stavebních materiálů, jako jsou zdi či stropy, jsem zvolil firmu Wienerberger[8]. Jako dodavatele oken a dveří jsem zvolil Vekra[9]. Garážová vrata jsem zvolil od výrobce MZOka[10] Jako dodavatele tepelných izolací jsem vybral firmu Isover[11] a omítky jsem převzal od firmy Baumit [12]. Jednotlivé skladby konstrukcí jsou uvedeny v elektronických přílohách [E1, E2, E3] v listech „U – definice“.

Tabulka 2 ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov - 2011 (výťah z normy - Tabulka č.3) [7]

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla U [$W/m^2.K$]		
		Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Stěna vnější	lehká	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Stěna k nevytápěné půdě	těžká		0,25	
Střecha strmá se sklonem > 45°				
Strop pod nevytápěnou půdou (střecha bez tepelné izolace)		0,3	0,2	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Střecha plochá a šikmá se sklonem < 45°				
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,3	0,22 až 0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří		1,5	1,2	0,80 až 0,60
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,7	1,2	0,9

4.1. Obvodové zdi

Obvodové zdi se dělí na nosné a nenosné. Jako základní stavební materiál nosných obvodových zdí jsem zvolil broušenou cihlu Porotherm 44 EKO+ Profi od firmy

Wienerberger, která disponuje výbornými tepelně izolačními a tepelně akumulacími vlastnostmi. Aby obvodová zeď splňovala standardy pasivního domu uvedené v Tabulce 1, tak je ještě nutné přidat dodatečnou tepelnou izolaci. Pro tyto účely jsem vybral expandovaný polystyren ISOVER EPS 100F o tloušťce 100mm.

Pro nenosné obvodové zdi, které obklopují zejména garáž, volím broušené cihly Porotherm 30 a silnější vrstvu zateplení ISOVER EPS 100F o tloušťce 150mm. Jako omítka bude použita silikonová omítka Baumit SilikonTop.

4.2. Vnitřní příčky

Jako materiál pro vnitřní nosné příčky jsem zvolil broušené cihly Porotherm 30. Pro nenosné potom Porotherm 14.

4.3. Střešní a stropní konstrukce

Střešní a stropní konstrukce budou typu Porotherm strop, který je tvořený cihelnými vložkami MIAKO 25 BNK a vyztuženými keramobetonovými stropními trámy POT. Ve stropě mezi patry bude použita minerální izolace Isover Evo o tloušťce 50mm, která bude zároveň sloužit i jako kročejová izolace. Střecha bude zateplena silnější vrstvou izolace o tloušťce 150mm. Veškeré střechy pro zjednodušení uvažují jako rovné/ploché.

4.4. Podlaha

Pro podlahu, která je přilehlá zemině jsem navrhl zateplení extrudovaným polystyrenem XPS Styrodur 5000 CS, který má oproti expandovanému polystyrenu lepší vlastnosti v tlaku.

5 Tepelné ztráty

Návrhové tepelné ztráty jsem vypočítal dle normy ČSN EN 12 831 [12]. Jako venkovní výpočtovou teplotu t_e [°C] pro mnou zvolenou lokalitu Praha volím -12 °C [13]. Celkové návrhové tepelné ztráty rodinných domů se stanoví jako součet návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.

5.1. Součinitele prostupu tepla

Součinitele prostupu tepla U [W/m²K] jednotlivých neprůsvitných konstrukcí, které jsou uvedeny v kapitole 5, jsem spočítal dle vztahu (1), který udává norma ČSN EN ISO 6946[14]. Hodnoty součinitelů prostupu tepla průsvitných i neprůsvitných konstrukcí jsou uvedeny v elektronických přílohách [E1, E2, E3] v listech „U-definice“.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad (1)$$

Kde

U – součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [W/m² ·K]

R_{si} – vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla [m² ·K/W]

R_{se} – vnější tepelný odpor při přestupu tepla [m² ·K/W]

R_n – tepelný odpor n-té stavební konstrukce [m² ·K/W]

s_n – tloušťka stěny n-té stavební konstrukce [m² ·K/W]

λ_n – součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce [W/m·K]

Součinitel prostupu tepla pro podlahu přiléhající k zemině jsem stanovil dle normy ČSN 13 370 a jejich výpočtu jsou uvedeny v elektronických přílohách[E1, E2, E3] v listech jednotlivých místností. [15]

5.2. Tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty prostupem jsem počítal po jednotlivých místnostech, někdy více místností dohromady, např. kuchyně spojená s obývacím pokojem či jídelnou. Tepelné mosty jsem ve výpočtu zohlednil pomocí přírážek na tepelné mosty. Tepelné ztráty prostupem jsou podrobně spočítány v příložených elektronických přílohách [E1, E2, E3] v listech označených číslem dané místnosti (např. 1.01,1.02 apod.). Celkové tepelné ztráty prostupem jednotlivých rodinných domů jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3Přehled návrhových tepelných ztrát prostupem rodinných domů

Návrhové tepelné ztráty prostupem [W]		
Garonna	Bohemia 2	Reflex
4080	3430	4550

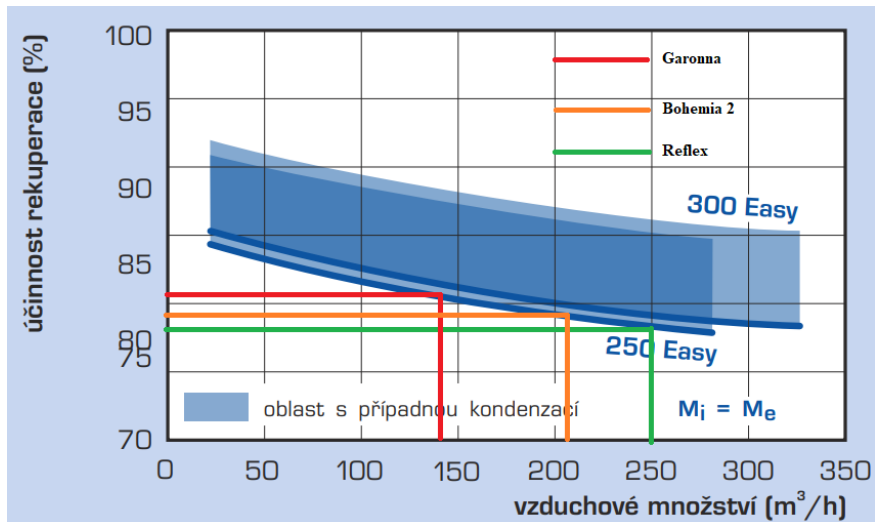
5.3. Tepelné ztráty větráním

Pro všechny tři domy jsem navrhl rovnotlaký systém větrání dle požadavků ČSN EN 15665/Z1[16], kde jsem vycházel z doporučené dávky vzduchu na osobu, viz tabulka 4.

Tabulka 4Požadavky na větrání dle ČSN EN 15665/Z1 [16]

Požadavek	Trvalé větrání		Nárazové větrání		
	Intenzita větrání [1/h]	Dávka vzduchu na osobu[m ³ /h.os]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelna [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	0,3-0,5h ¹ nebo 40	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	m ³ /h	90	50

Vzduch je přiváděn do kuchyně a obývaných místností, jako jsou ložnice, dětské pokoje či obývací pokoje. Vzduch je odváděn z místností se zdroji znečištění či vlhkosti, tzn. kuchyně, toalety a koupelny. Pro minimalizaci tepelných ztrát větráním použiji větrací jednotku s protiproudým rekuperačním výměníkem Atrea DUPLEX 250 Easy. Jelikož účinnost zpětného získávání tepla závisí na průtoku vzduchu, odečtu účinnosti z grafu od výrobce [17].



Obrázek 10 Graf účinností ZZT [17]

Odečtené účinnosti včetně návrhových tepelných ztrát větráním pro jednotlivé rodinné domy jsou uvedeny v Tabulce 5. Všechny tři rodinné domy považují za vzduchotěsné, tzn. uvažují pouze tepelné ztráty nuceného větrání.

Tabulka 5 Přehled návrhových tepelných ztrát větráním

	Garonna		Bohemia 2		Reflex	
	Bez ZZT	ZZT	Bez ZZT	ZZT	Bez ZZT	ZZT
Účinnost ZZT [-]	0	81	0	79	0	78
Tepelná ztráta větráním [W]	1610	300	2370	500	2800	620

Podrobnější přehled návrhu větrání a tepelných ztrát větrání pro jednotlivé domy je v Přílohách 1,2,3. Pro zajištění celoročního fungování navrženého větrání je nutné větrací jednotku dovybavit ohřivačem vzduchu, jehož návrhem se v této bakalářské práci nebudu zabývat.

6 Potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění jsem provedl dle normy ČSN EN ISO 13 790[18]. Výpočet zohledňuje průměrné měsíční venkovní teploty pro danou lokalitu, což je v mém případě Praha [19]. Dále výpočet zohledňuje vnější a vnitřní tepelné zisky, které snižují celkovou roční potřebu tepla. Kompletní výpočet je uveden v jednotlivých elektronických přílohách [E1, E2, E3] v listech „Potřeba tepla“.

6.1. Vnější tepelné zisky

Vnější tepelné zisky zohledňují vliv slunečního záření v průběhu roku. Tento vliv primárně závisí na lokalitě daného objektu, od které se odvíjí intenzita solárního záření. Dále též závisí na orientaci sběrných ploch, geometrii objektu, množství stínění či překážek a tepelně prostupných vlastností použitých materiálů. Přehled solárních zisků pro jednotlivé rodinné domy je uveden v Tabulce 6.

$$\Phi_{\text{sol}} = F_{\text{sh}} \cdot (\sum A_{\text{sol}}) \cdot I_{\text{sol}} - F_{\text{r}} \cdot \Phi_{\text{r,i}} \quad (2)$$

Kde

- Φ_{sol} – Vnější solární tepelné zisky [kWh],
- F_{sh} – Korekce stínění na externí překážky [-],
- A_{sol} – Solární sběrná plocha [m²],
- I_{sol} – intenzita solárního záření [kWh·m⁻²],
- F_{r} – faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou [-],
- $\Phi_{\text{r,i}}$ – sálání vůči obloze [kWh],

$$A_{\text{sol}} = F_{\text{sh,gl}} \cdot g_{\text{gl}} \cdot (1 - F_{\text{f}}) \cdot A_{\text{w,pohledová}} \quad (3)$$

Kde

- $F_{\text{sh,gl}}$ – Korekční činitel stínění [-],
- g_{gl} – Celková propustnost průhlednými prvky [-],
- F_{f} – Podíl plochy rámu [-],
- $A_{\text{w,pohledová}}$ – pohledová plocha průhledné stavební konstrukce [m²],

Vzhledem k četnému stínění před průsvitnými plochami u rodinného domu Garonna jsem po konzultaci zvolil korekční činitel stínění 0,3. U zbylých dvou domů je tento činitel 0,7.

Tabulka 6 Přehled solárních tepelných zisků

Měsíc	Garonna	Bohemia 2	Reflex
	Qsol[kwh]		
	Solární zisky		
Leden	288	368	500
Únor	378	483	669
Březen	635	818	1146
Duben	818	1056	1508
Květen	971	1263	1814
Červen	947	1222	1751
Červenec	942	1232	1786
Srpen	920	1201	1724
Září	751	968	1369
Říjen	535	698	963
Listopad	217	284	393
Prosinec	156	203	279
Celkem	7558	9795	13902

6.2. Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky jsem určil dle vztahu (3), kde je zahrnuto množství a přítomnost osob a tepelný zisk od spotřebičů v domácnosti.

$$\Phi_{\text{zisk,vnitřní}} = n_{\text{hod}} \cdot (n_{\text{osob}} \cdot \Phi_{\text{s,o}} \cdot f + \Phi_{\text{s,p}}), \quad (4)$$

Kde

$\Phi_{\text{z,v}}$ – Vnitřní tepelné zisky [kWh],

n_{hod} – počet hodin v měsíci [h],

- n_{os} – počet členů domácnosti [os],
 $\Phi_{s,o}$ – tepelné zisky na osobu [$W \cdot os^{-1}$],
 f – korekční činitel zohledňující přítomnost osob v objektu [-]
 $\Phi_{s,p}$ – tepelné zisky na bytovou jednotku [W].

Jejich přehled je uveden v Tabulce 7.

Tabulka 7 Přehled vnitřních tepelných zisků

	Garonna	Bohemia 2	Reflex
n_{os} [-]	4	5	7
Měsíc	[kwh]		
Leden	283	335	439
Únor	255	302	396
Březen	283	335	439
Duben	274	324	425
Květen	283	335	439
Červen	274	324	425
Červenec	283	335	439
Srpen	283	335	439
Září	274	324	425
Říjen	283	335	439
Listopad	274	324	425
Prosinec	283	335	439
Celkem	3329	3942	5168

6.3. Celková potřeba tepla na vytápění

Celková potřeba tepla na vytápění je dána potřebou tepla na hrazení tepelných ztrát prostupem a větráním. Tato potřeba tepla je dále snížena o tepelné zisky, kde se ještě musí zohlednit jejich využitelnost. Tento fakt zohledňuje faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění $\eta_{H,gn}$. Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění je závislý na časové konstantě budovy τ . Celkový přehled potřeby tepla na vytápění dle měsíců je uveden v Tabulce 8.

Tabulka 8 Přehled potřeby tepla na vytápění rodinných domů se ZZT

Potřeba tepla na vytápění s ZZT			
	Garonna	Bohemia 2	Reflex
Měsíc	kWh	kWh	kWh
Leden	1136	718	969
Únor	819	426	559
Březen	368	52	0
Duben	0	0	0
Květen	0	0	0
Červen	0	0	0
Červenec	0	0	0
Srpen	0	0	0
Září	0	0	0
Říjen	94	0	0
Listopad	703	389	522
Prosinec	1127	766	1034
Celkem	4248	2353	3084

Pro srovnání v Tabulce 9 uvádím, jak by se změnila potřeba tepla, kdyby nebylo použito zpětné získávání tepla při větrání.

Velmi důležitý parametr pro energetické hodnocení budov je měrná roční potřeba tepla na vytápění, jejichž přehled uvádím v Tabulce 10. Pro srovnání opět příkládám i variantu bez ZZT.

Tabulka 9 Přehled potřeby tepla na vytápění rodinných domů bez ZZT

Potřeba tepla na vytápění bez ZZT			
	Garonna	Bohemia 2	Reflex
Měsíc	kWh	kWh	kWh
Leden	1720	1577	1982
Únor	1315	1155	1420
Březen	791	566	589
Duben	0	50	0
Květen	0	0	0

Červen	0	0	0
Červenec	0	0	0
Srpen	0	0	0
Září	0	0	0
Říjen	326	173	34
Listopad	1111	991	1232
Prosinec	1663	1555	1964
Celkem	6926	6068	7221

Tabulka 10 Přehled roční plošné měrné potřeby tepla na vytápění

	Garonna		Bohemia 2		Reflex	
	ZZT	Bez ZZT	ZZT	Bez ZZT	ZZT	Bez ZZT
Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/rok]	4248	6926	2353	6068	3084	7221
Vytápěná plocha[m ²]	167		193		291	
Roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění[kwh/m.rok]	25,5	41,6	12	31,4	10,6	24,9

7 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Nejdříve vypočtu denní potřebu tepla na přípravu teplé vody dle vztahu (x) a následným vynásobením počtem dní v daném měsíci dostanu měsíční potřebu tepla na přípravu teplé vody, jejíž přehled je uveden v Tabulce doplnit a znázorněn v grafu Obrázek doplnit. V červenci a srpnu zohledňuji nižší potřebu tepla na přípravu teplé vody, jelikož většina lidí v tyto měsíce tráví méně času doma (dovolené, návštěvy apod.).

$$Q_{TV,d} = \frac{(1+z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{os} \cdot n_{os} \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3600} \quad (x)$$

Kde:

$Q_{TV,d}$ – potřeba tepla na přípravu teplé vody pro jeden den [kWh/den]

V_{os} – dávka teplé vody na osobu [m³/den]

z – poměrný koeficient ztráty tepla [-]

ρ_v – hustota vody při střední teplotě [kg/m³]

c_v – měrná tepelná kapacita vody [J/kgK]

t_{sv} – teplota studené vody [°C]

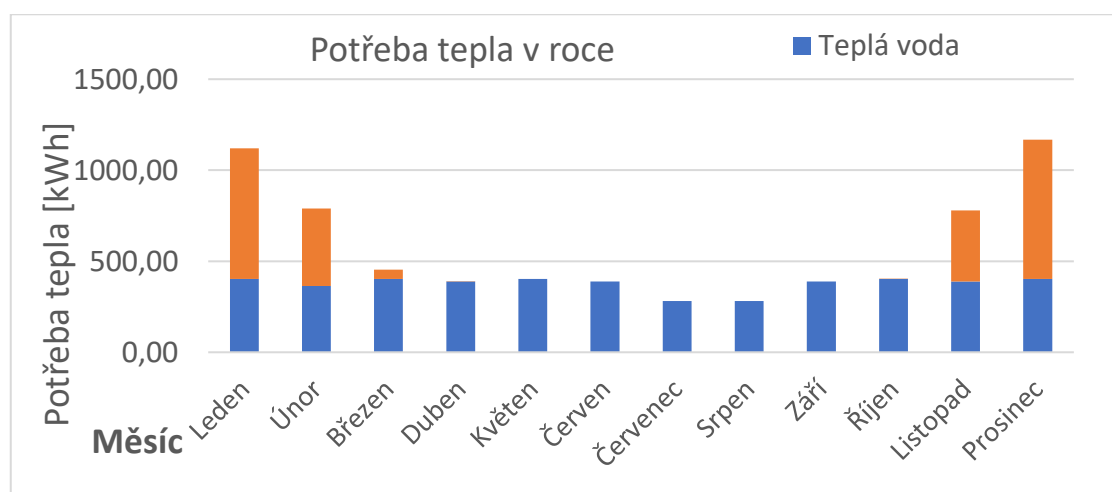
t_{tv} – teplota teplé vody [°C]

n_{os} – počet členů domácnosti [os.]

Tabulka 11 Potřeba na přípravu teplé vody

Potřeba tepla na přípravu teplé vody			
	Garonna	Bohemia 2	Reflex
Počet osob	4	5	7
Měsíc	kWh	kWh	kWh
1	322	402	563
2	291	363	509
3	322	402	563
4	312	389	545
5	322	402	563
6	312	389	545
7	225	282	394
8	225	282	394
9	312	389	545
10	322	402	563
11	312	389	545
12	322	402	563
Celkem	3598	4497	6296

Na obrázku 11 je znázorněno rozložení potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění v roce, konkrétně pro dům Bohemia 2.



Obrázek 11 Potřeba tepla Bohemia 2

8 Zdroje tepla

Dalším cílem této práce bylo vybrat pro rodinné domy tři různé druhy zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody a následně provést jejich základní ekonomickou analýzu s ohledem na potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů. Jako tři varianty zdroje tepla jsem zvolil plynový kondenzační kotel, tepelné čerpadlo vzduch-voda a kotel na biomasu, konkrétně dřevěné pelety. Uvažuji, že veškerá potřeba tepla na vytápění i ohřev vody bude plně hrazena právě těmito zdroji. Teplotu teplé vody pro vytápění uvažuji 35 °C a pro přípravu teplé vody uvažuji 55 °C.

8.1. Kondenzační plynový kotel

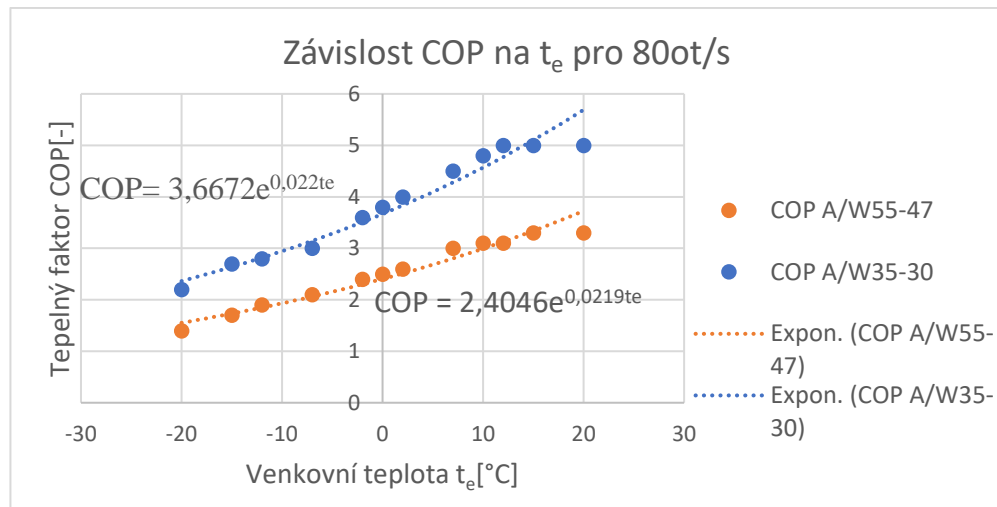
Plynový kondenzační kotel volím Logamax plus GB122i-15, jehož cena včetně DPH dle ceníku [20] je 43 923 Kč. Kotel má modulovatelný výkon od 2,3 do 15kW. Výrobce v návodě k obsluze kotle [21] udává 98,6 % účinnost při 30 % jmenovitého výkonu v nízkoteplotním režimu a 88,2 % účinnost při jmenovitém výkonu ve vysokoteplotním režimu. Pro další výpočty volím střední hodnotu těchto účinností a to 93,4 %.

8.2. Tepelné čerpadlo

Jako tepelné čerpadlo jsem zvolil aroTHERM plus VWL 75/6 A 230V vzduch-voda od firmy Vaillant, jehož cena včetně DPH dle ceníku[22] je 147 620 Kč. Tepelné čerpadlo disponuje topným výkonem 7 kW při A-7/W35 při maximálních otáčkách a topném faktoru 2,8. Takto výkonné tepelné čerpadlo jsem zvolil, jelikož uvažuji monovalentní režim provozu. Jeden z hlavních parametrů tepelného čerpadla je topný faktor COP [-], který udává poměr mezi vyprodukovaným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Jinými slovy topný faktor vyjadřuje poměr topného výkonu k příkonu.

Topný faktor je při konstantní teplotě výstupní vody a otáčkách ventilátoru funkcí teploty venkovního vzduchu. Z projekčních podkladů tepelného čerpadla[23] jsem odečetl hodnoty COP pro jednotlivé venkovní teploty, vynesl je do grafu a proložil exponenciálními křivkami, jejichž rovnice jsou uvedeny v Obrázku 11. Jelikož je tepelný výkon i topný faktor tepelného čerpadla závislý na počtu otáček ventilátoru, stanovím

závislost pouze pro 80 otáček/s, což přibližně odpovídá výkonnostnímu středu daného tepelného čerpadla



Obrázek 12 Aproximace funkcí COP

Pomocí těchto exponenciálních rovnic jsem stanovil přibližný topný faktor COP pro jednotlivé střední venkovní teploty v jednotlivých měsících. Rovnice jsou pouze zjednodušenou aproximací, tudíž se při výpočtech dopouštím určité chyby, ale pro potřeby této práce je to naprosto dostačující metoda.

Tabulka 12 Přehled aproximovaných COP

Měsíc	Počet dní v měsíci	Střední venkovní teplota [°C]	Aproximovaný COP A/W 55 [-]	Aproximovaný COP A/W 35 [-]
Leden	31	-1,3	2,3	3,6
Únor	28	-0,1	2,4	3,7
Březen	31	4	2,6	4,0
Duben	30	9,1	2,9	-
Květen	31	14,2	3,3	-
Červen	30	17,6	3,5	-
Červenec	31	19,3	3,7	-
Srpen	31	18,7	3,6	-
Září	30	15	3,3	-
Říjen	31	9,3	2,9	4,5
Listopad	30	4,4	2,6	4,0
Prosinec	31	0,4	2,4	3,7

8.3. Kotel na biomasu

Jako kotel na biomasu jsem vybral automatický kotel na dřevěné palety Biopel MINI 11, jehož cena včetně DPH dle ceníku[24] činí 96 800 Kč. Jmenovitý tepelný výkon kotle je 11 kW, výrobce v návodu ke kotli [25] udává účinnost 93,6 % při jmenovitém tepelném výkonu a 91 % při 30 % jmenovitého tepelného výkonu, pro další výpočet tudíž volím střední hodnotu těchto účinností a to 92,3 %.

9 Ekonomická analýza

Poslední částí této bakalářské práce je provedení základní ekonomické analýzy, kde na základě vypočtené potřeby tepla pro jednotlivé rodinné domy jsem schopen vypočítat přibližné náklady na roční provoz všech zdrojů tepla a následně je mezi sebou porovnat z hlediska ekonomické výhodnosti. Ekonomickou analýzu jsem provedl pro všechny tři rodinné domy, ale v následující kapitole se budu primárně zabývat domem **Bohemia 2**. [E1, E2, E3]

9.1. Investiční náklady

Pro zjednodušení výpočtu budu v investičních nákladech počítat pouze s cenou samotných zdrojů tepla, které jsem zmínil již v kapitole 8 a pro přehlednost jsou uvedeny v Tabulce 13.

Tabulka 13 Přehled počátečních investic do tepelných zdrojů

	Plynový kondenzační kotel	Tepelné čerpadlo	Kotel na biomasu
	Buderus Logamax plus GB122i	Sestava VWL 75/5 230 V + VWL 77/5 IS + VRC 700	Biopel Mini Tower 11
Počáteční investice [Kč]	43923	147620	96800

9.2. Provozní náklady

Mezi provozní náklady se řadí stále měsíční poplatky, které se odvíjí od tarifu odběru zemního plynu či elektrické energie a použitého jističe a platby za spotřebu daného energonositele na pokrytí potřeby tepla.

Jelikož kvůli tepelnému čerpadlu počítám se dvěma odlišnými tarify, je nutné tak je nutné stanovit spotřebu ostatní elektrické energie, tzn. na spotřebiče v domácnosti. Pro potřebu této bakalářské práci jsem tudíž stanovil modelovou spotřebu ostatní elektrické energie, jejíž přehled je uveden v Tabulce 14. Modelové příkony a doby provozu spotřebičů byly částečně stanoveny z online kalkulaček spotřeby energie [26, 27],

částečně z přehledu typických příkonů běžných spotřebičů [28] a částečně na základě zkušeností.

Tabulka 14 Modelová spotřeba elektřiny

Modelová spotřeba elektřiny pro ostatní spotřebiče			
Spotřebič	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Celkem [kWh/rok]
Kuchyně			
Elektrický sporák	2000	1	700
Elektrická trouba	1000	0,5	175
Rychlovarná konvice	2000	0,2	140
Mikrovlnná trouba	1000	0,1	35
Kombinovaná chladnička	150	6	315
Myčka nádobí	850	1,5	446,25
Kuchyňský robot	1000	0,1	35
Domácnost			
Pračka	600	1,5	315
Sušička	600	1	210
Osvětlení	100	6	210
Zábava			
TV	80	6	168
PC	100	6	210
PC	100	6	210
Notebook	35	6	73,5
Router a set top box	20	24	168
Rovnotlaká větrací jednotka se ZZT	70	24	588
Roční spotřeba ostatní elektrické energie [kWh/rok]			4000

9.2.1. Zemní plyn

Jako dodavatele zemního plynu jsem zvolil Pražská Plynárenská, a.s. a základní tarif na dobu neurčitou v pásmu pro odebírané množství 7,56 - 15MWh ročně. Dle ceníku, který je platný od 1.1.2021 je cena za odebrané množství zemního plynu 1,299 Kč/kWh a stálá měsíční platba 268,16 Kč. Ceník je vložen jako Příloha 4. Výsledné roční provozní náklady pro variantu s plynovým kondenzačním kotlem jsou uvedeny v tabulce 15. [34]

Tabulka 15 Roční náklady na provoz plynového kondenzačního kotle

Roční náklady na provoz plynového kondenzačního kotle			
Potřeba tepla	Vytápění	2353	kWh
	Teplá voda	4497	kWh
	Účinnost	93,4	%
Spotřeba tepla	Vytápění	2519	kWh
	Teplá voda	4815	kWh
Ostatní elektrická energie		4000	kWh
Cena za plyn		1,299	Kč/kWh
Cena za elektřinu	D02d	4,67418	Kč/kWh
Stálé poplatky		6075	Kč
Cena	Vytápění	3273	Kč
	Teplá voda	6256	Kč
	Ost. Elektřina	18697	Kč
	Celková	34301	Kč

9.2.2. Elektrická energie

Jako dodavatele elektrické energie jsem zvolil ČEZ, konkrétně tarif D02d pro varianty s kondenzačním plynovým kotlem a kotlem na biomasu a tarif D57d pro variantu tepelné čerpadlo. Dle ceníku, který je přiložen v Příloze 5 je v tarifu D02d cena za odebranou elektřinu 4,674 Kč/kWh a stálá měsíční platba 238 Kč. V tarifu D57d se rozlišuje nízký a vysoký tarif, kdy 20 hodin denně je nízký tarif a 4 hodiny vysoký tarif. Z cen pro vysoký a nízký tarif jsem udělal vážený průměr, který vychází 2,78 Kč/kWh. Stálá měsíční platba je 510 Kč.[35]

Výsledné roční provozní náklady pro variantu tepelné čerpadlo jsou uvedeny v tabulce 16. K výpočtu spotřeby byli použity aproximované měsíční hodnoty COP z tabulky 12.

Tabulka 16 Roční náklady na provoz tepelného čerpadla

Roční náklady na provoz tepelného čerpadla			
Potřeba tepla	Vytápění	2353	kWh
	Teplá voda	4497	kWh
	Účinnost	COP	
Spotřeba tepla	Vytápění	635	kWh
	Teplá voda	1563	kWh
Ostatní elektrická energie		4000	kWh
Cena za elektřinu	D02d	4,67418	Kč/kWh
Stálé poplatky		6124	Kč
Cena	Vytápění	1766	Kč
	Teplá voda	4350	Kč
	Ost. Elektřina	11131	Kč
	Celková	17247	Kč

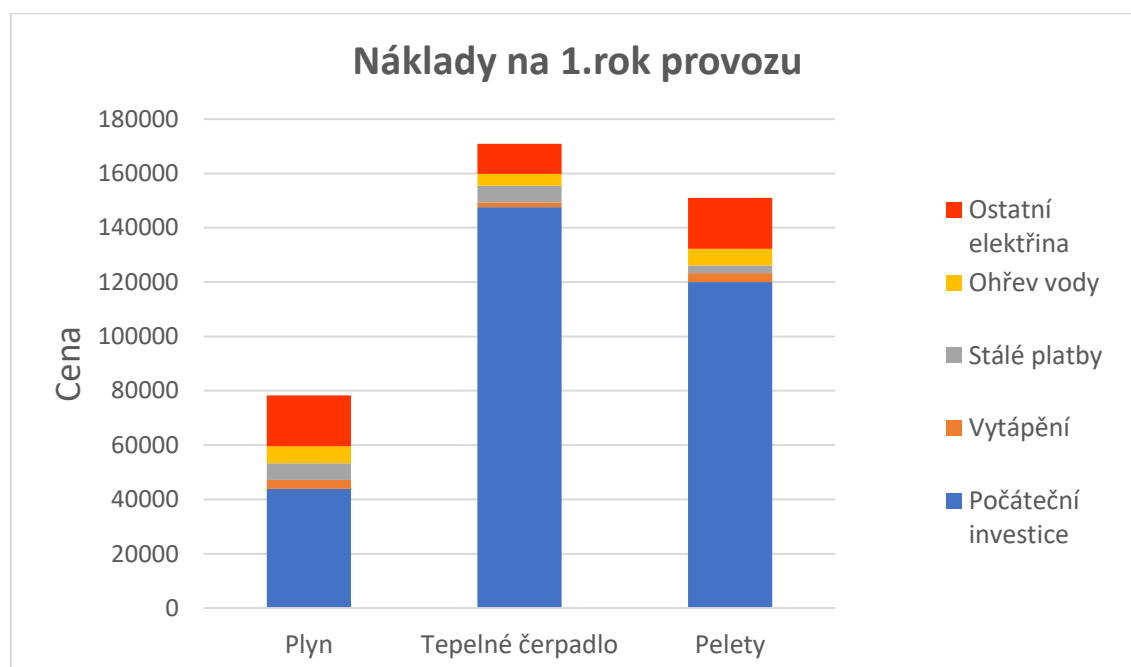
9.2.3. Dřevěné pelety

Jako dodavatele dřevěných pelet jsem zvolil firmu Waldera, konkrétně Dřevěné pelety EN Plus 1. Cena za tyto pelety je 6,09 Kč/kg včetně dopravy do Prahy, která je ale podmíněná dopravou minimálního množství 2,1 tuny, což odpovídá dvěma plným paletám. Vzhledem k dispozici všech třech rodinných domů tento fakt nebude problém. Dodavatel garantuje minimální výhřevnost 17 MJ/kg, z čehož mohu stanovit cenu 1,289kč/kWh. [29]

Tabulka 17 Roční náklady na provoz kotle na biomasu

Roční náklady na provoz kotle na biomasu			
Potřeba tepla	Vytápění	2353	kWh
	Teplá voda	4497	kWh
	Účinnost	93,4	%
Spotřeba tepla	Vytápění	2549	kWh
	Teplá voda	4872	kWh
Ostatní elektrická energie		4000	kWh
Cena za pelety		1,289	Kč/kWh
Cena za elektřinu	D02d	4,67418	Kč/kWh
Stálé poplatky		2859	Kč
Cena	Vytápění	3288	Kč
	Teplá voda	6283	Kč
	Ost. Elektřina	18697	Kč
	Celková	31127	Kč

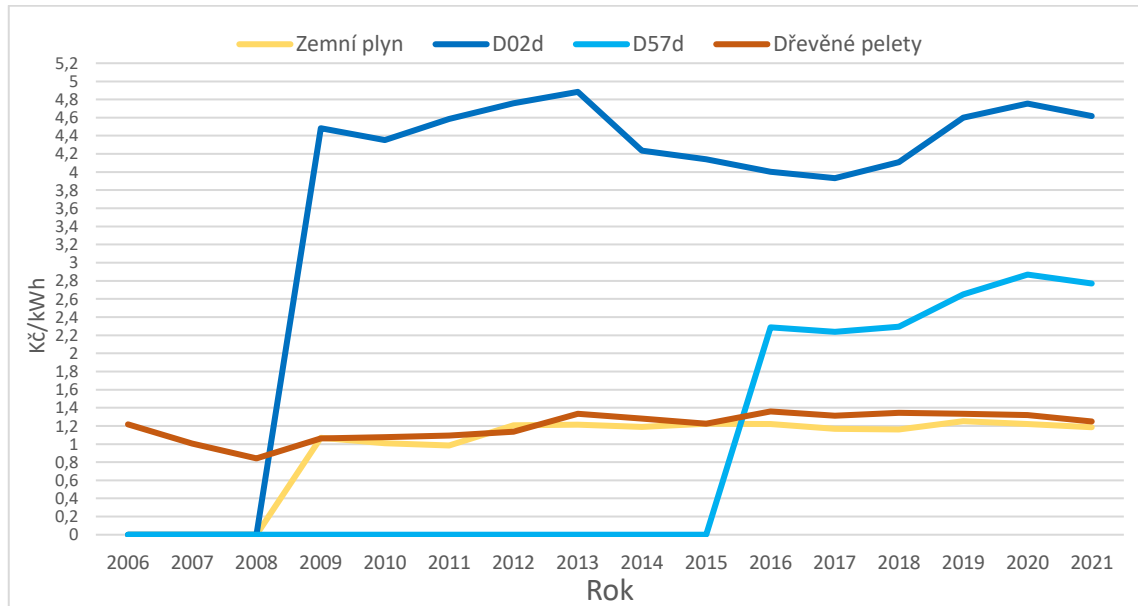
V obrázku 12 je znázorněno srovnání variant po prvním roce provozu.



Obrázek 13 Kompletní náklady na 1. rok provozu

9.3. Vývoj cen

Pro lepší odhad budoucího vývoje cen jednotlivých energonositelů jsem sestavil graf historického vývoje cen v minulých letech. [30, 31, 32]



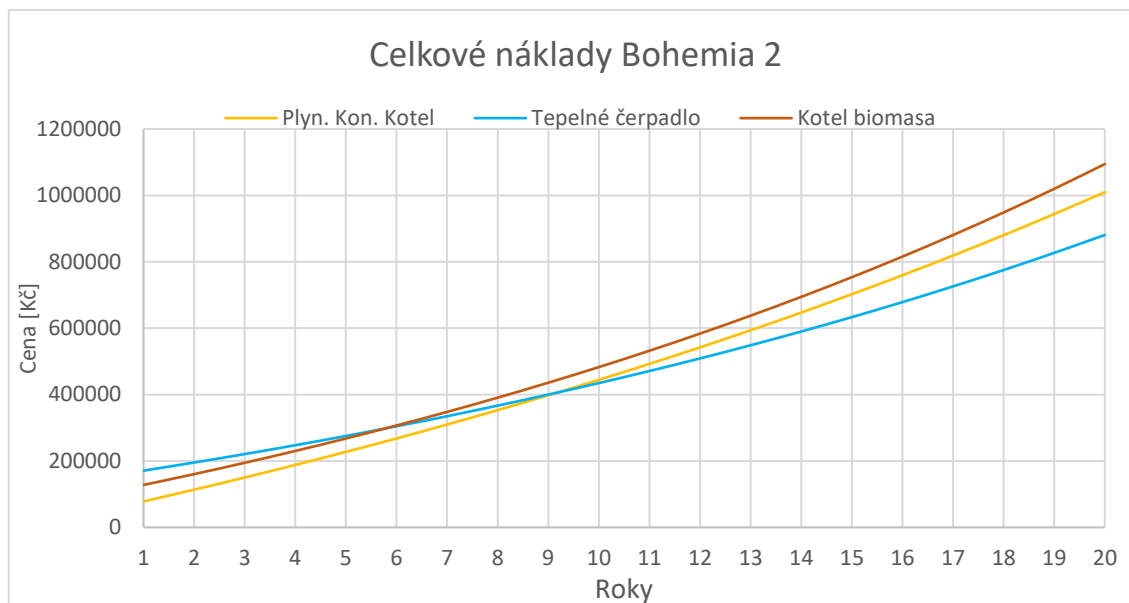
Obrázek 14 Graf vývoje cen v minulých letech

Vzhledem k vzrůstajícím tlakům Evropské Unie na uhlíkovou neutralitu, přechod na obnovitelnou energii a upouštění od spalování fosilních paliv [32] očekávám, že růst cen elektrické energie v následujících letech bude poměrně značný, a proto jako meziroční růst cen elektrické energie volím pro oba tarify 4,5 %/rok.

Ceny zemního plynu i dřevěných pelet byly v minulosti poměrně stabilní, ale i zde bude v budoucnosti hrát velkou roli přechod na energie z obnovitelných zdrojů. Poptávka po biomase nejspíše do budoucna poroste a již teď můžeme pozorovat občasné nedostatky dřeva a vyšší ceny, proto volím 5 %/rok. Na zemní plyn může být postupem času uvalena ekologická daň či může cenu ovlivnit vývoj zahraniční politiky, proto volím 2%/rok.

9.4. Porovnání investice a provozu

Následně jsem stanovil graf návratnosti, kde uvažuji životnost všech zařízení 20 let.



Obrázek 15 Návratnost investic jednotlivých zdrojů tepla pro Bohemia 2

9.5. Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Jako poslední věc, ale neméně důležitá pro hodnocení staveb z energetického hlediska je třeba stanovit roční měrnou potřebnou primární energii z neobnovitelných zdrojů. Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie jsem použil z Tabulky 1.

Energonositel	Plynový kondezační kotel	Tepelné čerpadlo	Dřevěné pelety
Potřebná primární energie z neobnovitelných zdrojů [kwh/rok]	17734	16114	11884
Energeticky vztáhná plocha [m2]	193,2		
Měrná potřebná primární energie z neobnovitelných zdrojů [kwh/m2.rok]	91,8	83,4	61,5

10 Závěr

Na počátku této práce jsem zdůraznil nutnost snižování potřeby primární energie z neobnovitelných zdrojů, na což jsem navázal možným řešením, kterým jsou energeticky úsporné budovy. Zejména jsem se věnoval nízkoenergetickým a pasivním domům a podmínkám pro jejich dosažení. Následně jsem zvolil 3 velikostně odlišné katalogové domy, kterým jsem navrhl identickou skladbu konstrukcí s ohledem na splnění požadavků doporučené pro pasivní domy uvedené v ČSN 73 0540-2. Pro tyto rodinné domy jsem následně navrhl nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla. Následně jsem vypočítal tepelné ztráty větráním a prostupem dle ČSN EN 12 831. Na základě tepelných ztrát a tepelných zisků jsem následně dle normy ČSN EN ISO 13 390 stanovil potřebu tepla pro vytápění. Tuto potřebu tepla na vytápění jsem následně vztáhl na celkovou vytápěnou plochu jednotlivých rodinných domů, čímž jsem získal měrnou potřebu tepla na vytápění, která je důležitým ukazatelem energetické náročnosti budov. Domy Bohemia 2 a Reflex bezpečně splňují požadavek měrné potřeby tepla pro pasivní domy, který činí 15 kWh/m².a. Dům Garonna tento limit nesplnil, což je primárně způsobeno vysokým podílem průsvitných ploch vzhledem k celkové obálce, který činí 24 % (oproti Garonna či Bohemia2, u kterých je tento podíl poloviční). Kvůli takto velkému podílu průsvitných konstrukcí zde dochází k velkým tepelným ztrátám prostupem, které nejsou tolik hrazeny solárními zisky, jelikož je před těmito průsvitnými plochami četné stínění zohledněné ve výpočtu. Pro zajímavost jsem následně uvedl variantu měrné potřeby tepla bez zpětného získávání tepla, při čemž by všechny tři domy splňovali podmínky pro nízkoenergetický dům. Následně jsem stanovil potřebu tepla na přípravu teplé vody. Potřeba tepla na vytápění společně s potřebou tepla na přípravu teplé vody tvoří celkovou potřebu tepla objektů.

Následně jsem zvolil tři druhy zdrojů tepla, které budou hradit veškerou potřebu tepla. Pro tepelné čerpadlo jsem stanovil aproximační exponenciálu, která zjednodušeně popisuje závislost topného faktoru na venkovní teplotě. Jako další věc jsem navrhl modelovou spotřebu elektřiny pro ostatní spotřebiče, abych mohl provést ekonomickou analýzu. Dále jsem stanovil spotřebu tepla v závislosti na účinnostech či topném faktoru jednotlivých zdrojů tepla. Poté jsem tudíž mohl stanovit kompletní roční náklady na provoz jednotlivých zdrojů tepla. Na základě historického vývoje cen a světového dění jsem odhadl růst cen jednotlivých energonositelů. Na základě investičních a provozních nákladů a odhadované vývoje cen jsem následně stanovil ekonomickou návratnost jednotlivých zdrojů tepla. I když jsem se podrobněji věnoval ekonomické analýze pouze u rodinného domu Bohemia 2, u ostatních rodinných domů vyšly grafy návratnosti velmi podobné. Následně jsem z tohoto grafu jsem odečetl, že co se ekonomické návratnosti týče, tak nejvýhodnějším řešením je tepelné čerpadlo, které i přes vysoké počáteční náklady se během devíti let stane výhodnějším než ostatní varianty. Jelikož tepelné čerpadlo má svůj výhodný tarif odběru elektrické energie, jeho finanční výhodnost roste se spotřebou elektrické energie. Kotel na dřevěné pelety je z ekonomického hlediska nejméně vhodný, jelikož jeho náklady jsou vyšší než u kondenzačního kotle a provozní náklady jsou přibližně stejné, takže se křivky za dobu životnosti nikdy neprotnou. Důležité je též vzít v potaz potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů, což je jeden z hlavních ukazatelů energetické náročnosti budov. Díky velmi nízkému faktoru pro primární energii z neobnovitelných zdrojů pro

dřevěné pelety z tohoto porovnání vychází nejlépe kotel na biomasu. I přesto, že je nejméně ekonomicky výhodný, tak z hlediska využití obnovitelných zdrojů je nejméně výhodnější. Následnou ekonomickou výhodnost těchto kotlů na biomasu můžou z části vyvažovat dotace, které jsou na podobné kotle poskytovány, což již ale není předmětem této bakalářské práce.

Seznam použité literatury

- [1] SMOLA, Ing. arch. Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [2] Novela vyhlášky č. 78/2013 Sb. – Část 3: Nastavení faktorů primární energie z neobnovitelných zdrojů. Tzb-info [online]. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/20716-novela-vyhlasky-c-78-2013-sb-cast-3-nastaveni-faktoru-primarni-energie-z-neobnovitelnych-zdroju>
- [3] Neobnovitelná primární energie. Tzb-info [online]. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [4] Projekt rodinného domu Garrona [online]. Gservis. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/garonna/>
- [5] Projekt rodinného domu Bohemia 2 [online]. Gservis. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/bohemia2/>
- [6] Projekt rodinného domu Reflex [online]. Gservis. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/reflex/>
- [7] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. 2. vyd. Praha: ÚNMZ, říjen 2011
- [8] Podklady pro návrh. *Wienerberger* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/CZ_Podklad_pro_navrhovani.pdf
- [9] Vekra katalog Okna Dveře. *Vekra* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.vekra.cz/wp-content/uploads/2020/05/Vekra_katalog_Okna_dvere_2019-2020_v3_324x210_mail.pdf
- [10] Garážová vrata. *MZO* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.mz-okna.cz/garazova-vrata.html>

- [11] Katalog produktů Isover [online]. Isover. [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: https://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/katalog-isover_10_2020.pdf
- [12] Technický list Baumit. *Baumit* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://baumit.cz/files/cz/pdf_files/pds_33745_silikontop_cs.pdf
- [12] ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. 2. vyd. Praha: ČNI, březen 2005
- [13] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [14] 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)
- [15] ČSN EN ISO 13 370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody. 1. vyd. Praha ÚNMZ, únor 2009 (zrušena 1. 4. 2018)
- [16] ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. Úřad pro normalizaci, měření a státní zkušebnictví. Praha 2009.
- [17] Technický list: Duplex Easy. *Atreaishop* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://i.atreaishop.cz/datafm/9>
- [18] ČSN EN ISO 13 790. Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [19] Průměrné teploty, vlhkosti a entalpie venkovního vzduchu v Praze. *Tzb-info* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/66-prumerne-teploty-vlhkosti-a-entalpie-venkovniho-vzduchu-v-praze>
- [20] Doporučené ceny kotly pro domů a byty. *Buderus* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.buderus.com/cz/media/country_pool/service/dokumenty/2021/buderus_new_cenik_rd_prelozeni_a3_2021.pdf

- [21] Návod k obsluze: Logamax Plus. *Buderus* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.buderus.com/ocsmedia/optimized/full/o389073v47_6720889924.pdf
- [22] Ceník produktů Vaillant. *Vaillant* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/cen-ky/cenik-produktu-vaillant-2021-16062021-2126757.pdf>
- [23] Katalog Vaillant. *Vaillant* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/kl-06-e2-verze-01-01062021-2108745.pdf>
- [24] Ceník produktů a příslušenství společnosti OPOP pro ČR. *Baumit* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.opop.cz/sites/default/files/2021-06/Cen%C3%ADk_produk%C5%AF_%C4%8CR_od_17_06_2021.pdf
- [25] Biopel Mini. *Opop* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.opop.cz/sites/default/files/2021-03/OPOP%20Biopel%20v9%20MINI_%20n%C3%A1vod%20k%20obsluze_CZ_9.3.2_1.pdf
- [26] Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii. *Tzb-info* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnaní-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>
- [27] Výpočet potřeby elektrické energie. *Elektrina* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/za-co-utrácíte#/editace-shrnutí#top-steps>
- [28] Typické příkony běžných spotřebičů. *Cezdistribuce* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.napoveda-dip.cezdistribuce.cz/dip/cs/zadost-pripojeni/prikony-spotrebicu.html>
- [29] Waldera: Dřevěné palety EN Plus 1. *Waldera* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.waldera.cz/produkt/drevene-pelety-enplus-a1/>
- [30] Analýza cen. *Tzb.info* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/analyza-cen>
- [31] Ceny pelet v roce 2021? *Waldera* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.waldera.cz/blog/52-ceny-pelet-v-roce-2021-kartarka-vam-neporadi-my-ano-/>

- [32] Vývoj cen pelet v ČR. *Coxys* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <http://www.coxys.cz/novinky/55-vyvoj-cen-pelet>
- [33] Uhlíková neutralita. *Europarl* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190926STO62270/uhlikov-a-neutralita-dosahneme-ji-do-roku-2050>
- [34] Plyn: Standardní ceník. Ppas [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: https://www.ppas.cz/sites/default/files/ceniky/2020/01w_2020_01_Cen%C3%ADk_PP_D_Standard.pdf
- [35] Elektřina: Ceník. *Cez* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2021/moo/web-new-cenik-elektrina-dobu-neurcitou-moo-2020-12-predi.pdf>

Seznam příloh

Elektronické přílohy

E1 – Výpočetní soubor programu Microsoft Excel Garonna.xlsx

E2 – Výpočetní soubor programu Microsoft Excel Bohemia2.xlsx

E3 – Výpočetní soubor programu Microsoft Excel Reflex.xlsx

Příloha 1 Návrh nuceného větrání Garonna

Příloha 2 Návrh nuceného větrání Bohemia 2

Příloha 3 Návrh nuceného větrání Reflex

Příloha 4 Tabulka dodavatele zemního plynu

Příloha 5 Tabulka dodavatele elektřiny

Přílohy na přiloženém CD

Garonna.xlsx

Bohemia2.xlsx

Reflex.xlsx

BP_Pavliš.pdf

Přílohy

Příloha 1 Návrh nuceného větrání Garonna

Garonna	Číslo místnosti	Typ	Objem místnosti [m ³]	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Mínimální		TRVALE		Nárazové		ZZT			BEZ ZZT				
					Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Měrný Tepelný tok- přívod [W/K]	Měrný tepelný tok- odvod	Tepelné ztráty větráním [W]	Tepelné ztráty větráním [W]	Měrný Tepelný tok- přívod vzduchu	Měrný Tepelný tok- odvod	Tepelné ztráty větráním [W]	
	1.01+1.02	Kuchyně+obývák	137,1	20	40	40	40	50	75	90	3	3	80	430	13	17		
	1.03	Schody	16,2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1.04	Technická místnost	21,3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1.05	Garáž	72	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1.06	Předšň	34,2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1.07	WC	6,9	20	0	10	20	20	0	25	0	1	0	0	0	7		
	1.08	Spž	9,3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1.09	Chodba	10,8	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2.01	Dětský pokoj 1	37,8	20	10	0	25	0	35	0	2	0	50	270	8	0		
	2.02	Dětský pokoj 2	36,4	20	10	0	25	0	35	0	2	0	50	270	8	0		
	2.03	Schody	15,12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2.04	Koupelna 1	15,68	24	0	15	0	35	0	50	0	2	10	50	0	12		
	2.05	Ložnice	41,72	20	20	0	50	0	70	0	3	0	100	540	17	0		
	2.06	Koupelna 2	21,56	24	0	15	0	35	0	50	0	2	10	50	0	12		
	2.07	Chodba	10,64	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Celkem		487		80	80	140	140	215	215	9	9	300	1610	47	47		
	Celková intenzita větrání vztahena na objem RD																	
						0,16	0,29			0,44								

Příloha 2 Návrh nuceného větrání Bohemia 2

Bohemia 2	Číslo místnosti	Typ	Objem místnosti [m ³]	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Minimální		TRVALÉ		Nárazové		ZZT			BEZ ZZT		
					Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Měrný tepelný tok- přívod [W/K]	Měrný tepelný tok- odvod [W/K]	Návrhové tepelné ztráty větráním [W]	Návrhové tepelné ztráty větráním [W]	Návrhové tepelné ztráty větráním [W]	Měrný Tepelný tok- přívod [W/K]
	1.01	Ložnice	37,8	20	20	0	50	0	70	0	0,0	0,0	110	540	16,8333	0
	1.02	Chodba	21	20	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	1.03+1.04	Kuchyně+obývák	115,5	20	30	40	60	90	90	150	4,2	6,4	140	650	20,2	30,3
	1.05	Spíž	7,5	15	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	1.06	Koupelna	22,5	24	0	15	0	40	0	50	0,0	2,8	10	50	0	13,4667
	1.07	WC	7,5	20	0	10	0	20	0	25	0,0	1,4	0	0	0	6,73333
	1.08	Chodba	16,5	20	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	1.09	Technická místnost	16,8	15	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	1.10	Garáž	78,3	15	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	1.11	Chodba	36,3	20	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	2.01	Ložnice	47,88	20	20	0	50	0	70	0	3,5	0,0	110	540	16,8333	0
	2.02	Pokoj	47,6	20	10	0	25	0	35	0	1,8	0,0	60	270	8,41667	0
	2.03	Pokoj	46,48	20	10	0	25	0	35	0	1,8	0,0	60	270	8,41667	0
	2.04	WC	6,72	20	0	10	0	20	0	25	0,0	1,4	0	0	0	6,73333
	2.05	Koupelna	21,56	24	0	15	0	40	0	50	0,0	2,8	10	50	0	13,4667
	2.06	Chodba	18,2	20	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0
	Celkem		548		90	90	210	210	300	300	14,8	14,8	500	2370	70,7	70,7
	Celková intenzita větrání vztahovaná na objem RD [1/h]											0,38	0,55			

Příloha 3 Návrh nuceného větrání Reflex

Reflex	Číslo místnosti	Typ místnosti	Objem místnosti [m ³]	Teplota vnitřního vzduchu [°C]	Minimální		TRVALÉ		Nárazové		ZZT			BEZ ZZT		
					Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]	Měrný tepelný tok- přívod [W/K]	Měrný tepelný tok [W/K]	Tepelné ztráty větráním [W]	Tepelné ztráty větráním [W]	Měrný Tepelný tok přívod [W/K]	Měrný Tepelný tok odvod [W/K]
1.01	Ložnice		64	20	20	0	50	0	70	0	120	4	0	540	17	0
1.02+1.03+1.04	Obývací+kuchyně+jídlna		155	20	60	80	75	150	80	200	180	6	11	810	25	51
1.05	Tech. Místnost		23	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.06	Garáž		99	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.07	Spíž		16	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.08	WC		12	20	0	10	0	20	0	25	0	1	0	0	0	7
1.09	Předstř.		15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10	Koupelna		26	24	0	15	0	40	0	50	10	3	3	50	0	13
1.11	Šatna		24	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.12	Chodba		66	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.01	Dětský pokoj 1		59	20	10	0	25	0	35	0	60	2	0	270	8	0
2.02	Dětský pokoj 2		73	20	10	0	50	0	70	0	120	4	0	540	17	0
2.03	Ložnice 2		89	20	20	0	50	0	70	0	120	4	0	540	17	0
2.04	Koupelna 2		25	24	0	15	0	40	0	50	3	0	3	50	0	13
2.05	Šatna 2		48	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.06	chodba		57	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem			852	19,43	120	120	250	250	325	325	620	19	19	2800	84	84
Celková intenzita větrání vztahovaná na objem RD					0,14		0,29		0,38							

Příloha 4 Tabulka dodavatele zemního plynu

Charakter odběru	Roční odběr v odběrném místě v pásmu MWh/rok	Pevná cena za zúčtování		Ceny služeb distribuční soustavy			Ceny ostatních služeb dodávky				Celkové konečné ceny		
		Kč/MWh	Kč/MWh	Pevná cena za distribuovaný plyn	Pevná roční cena za kapacitu *	Stálý měsíční plat za přistavenou kapacitu	Komoditní složka ceny	Kapacitní složka ceny	Stálý měsíční plat	Součet cen za odebrané množství ZP	Součet cen za kapacitu	Součet cen za stály měsíční plat	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Topim hodně	nad 63 do 630	2,44 (2,95)	125,72 (152,12)	108 760,05 (131 599,66)	x	805,33 (974,45)	99 936,06 (120 922,63)	x	933,49 (1 129,52)	208 696,11 (252 522,29)	x		
	nad 45 do 63	2,44 (2,95)	169,20 (204,73)	x	242,86 (293,86)	837,20 (1 013,01)	x	120,00 (145,20)	1 008,84 (1 220,70)	x	362,86 (439,06)		
	nad 30 do 45	2,44 (2,95)	177,89 (215,25)	x	215,02 (260,17)	837,20 (1 013,01)	x	120,00 (145,20)	1 017,53 (1 231,21)	x	335,02 (405,37)		
Topim	nad 25 do 30	2,44 (2,95)	177,89 (215,25)	x	215,02 (260,17)	837,20 (1 013,01)	x	110,00 (133,10)	1 017,53 (1 231,21)	x	325,02 (393,27)		
	nad 15 do 25	2,44 (2,95)	222,60 (269,35)	x	124,52 (150,67)	837,20 (1 013,01)	x	110,00 (133,10)	1 062,74 (1 285,31)	x	234,52 (283,77)		
	nad 7,56 do 15	2,44 (2,95)	234,19 (283,37)	x	111,62 (135,06)	837,20 (1 013,01)	x	110,00 (133,10)	1 073,83 (1 299,33)	x	221,62 (268,16)		
Ohřívám vodu	nad 1,89 do 7,56	2,44 (2,95)	262,18 (317,24)	x	94,79 (114,70)	924,77 (1 118,97)	x	60,00 (72,60)	1 189,39 (1 439,16)	x	154,79 (187,30)		
Vařím	do 1,89	2,44 (2,95)	432,80 (523,69)	x	68,12 (82,43)	976,19 (1 181,19)	x	50,00 (60,50)	1 411,43 (1 707,83)	x	118,12 (142,93)		

Příloha 5 Tabulka dodavatele elektřiny

smlouva na dobu neurčitou	distribuční sazba	D01d			D25d			D36d			D45d			D56d			D61d		
		D01d	D02d	D03d	D25d	D26d	D27d	D36d	D37d	D38d	D45d	D46d	D47d	D56d	D57d	D58d	D61d	D62d	
OBCHODNÍ ČÁST CENY																			
1	vysoký tarif Kč/MWh	2 055,79	(1 699,00)	2 055,79	(1 699,00)	2 042,48	(1 688,00)	2 042,48	(1 688,00)	1 936,00	(1 600,00)	2 136,86	(1 786,00)	1 983,19	(1 639,00)	1 886,39	(1 559,00)	1 886,39	(1 559,00)
2	nízký tarif Kč/MWh	-	-	1 910,59	(1 579,00)	1 910,59	(1 579,00)	1 910,59	(1 579,00)	1 754,50	(1 450,00)	2 044,90	(1 690,00)	1 983,19	(1 639,00)	1 886,39	(1 559,00)	1 886,39	(1 559,00)
3	stálá platba Kč/měsíc	107,69	(89,00)	107,69	(89,00)	95,59	(79,00)	95,59	(79,00)	77,44	(64,00)	95,59	(79,00)	95,59	(79,00)	95,59	(79,00)	95,59	(79,00)
DISTRIBUČNÍ ČÁST CENY																			
4	vysoký tarif Kč/MWh	2 434,25	(2 017,78)	1 875,31	(1 549,84)	1 814,13	(1 499,28)	1 814,13	(1 499,28)	1 814,13	(1 499,28)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)
5	nízký tarif Kč/MWh	-	-	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)	1 79,61	(148,44)
stálá platba za rezervovaný výkon podle jističe																			
6	do 3 × 10 A a do 1 × 25 A včetně Kč/měsíc	19,36	(16,00)	49,61	(41,00)	60,50	(50,00)	107,69	(89,00)	60,50	(50,00)	124,63	(103,00)	137,94	(114,00)	137,94	(114,00)	163,35	(135,00)
7	nad 3 × 10 A do 3 × 16 A včetně Kč/měsíc	31,46	(26,00)	79,86	(66,00)	96,80	(80,00)	171,82	(142,00)	96,80	(80,00)	199,65	(165,00)	220,22	(182,00)	220,22	(182,00)	262,57	(217,00)
8	nad 3 × 16 A do 3 × 20 A včetně Kč/měsíc	38,72	(32,00)	100,43	(83,00)	121,00	(100,00)	215,38	(178,00)	121,00	(100,00)	249,26	(206,00)	274,67	(227,00)	274,67	(227,00)	327,91	(271,00)
9	nad 3 × 20 A do 3 × 25 A včetně Kč/měsíc	49,61	(41,00)	125,84	(104,00)	151,25	(125,00)	268,62	(222,00)	151,25	(125,00)	312,18	(258,00)	343,64	(284,00)	343,64	(284,00)	410,19	(339,00)
10	nad 3 × 25 A do 3 × 32 A včetně Kč/měsíc	62,92	(52,00)	159,72	(132,00)	192,39	(159,00)	343,64	(284,00)	192,39	(159,00)	399,30	(330,00)	440,44	(364,00)	440,44	(364,00)	525,14	(434,00)
11	nad 3 × 32 A do 3 × 40 A včetně Kč/měsíc	78,65	(65,00)	200,86	(166,00)	240,79	(199,00)	429,55	(355,00)	240,79	(199,00)	499,73	(413,00)	550,55	(455,00)	550,55	(455,00)	664,29	(549,00)
12	nad 3 × 40 A do 3 × 50 A včetně Kč/měsíc	98,01	(81,00)	250,47	(207,00)	301,29	(249,00)	537,24	(444,00)	301,29	(249,00)	624,36	(516,00)	688,49	(569,00)	688,49	(569,00)	1 003,09	(829,00)
13	nad 3 × 50 A do 3 × 63 A včetně Kč/měsíc	123,42	(102,00)	315,81	(261,00)	379,94	(314,00)	676,39	(559,00)	379,94	(314,00)	786,50	(650,00)	866,36	(716,00)	866,36	(716,00)	1 478,62	(1 222,00)
14	nad 3 × 63 A do 3 × 80 A včetně Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 451,46	(2 026,00)
15	nad 3 × 80 A do 3 × 100 A včetně Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 530,24	(3 744,00)
16	nad 3 × 100 A do 3 × 125 A včetně Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 103,50	(8 350,00)
17	nad 3 × 125 A do 3 × 160 A včetně Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12 932,48	(10 688,00)
18	nad 3 × 160 A za každý 1 A Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,83	(66,80)
19	nad 3 × 63 A za každý 1 A Kč/měsíc	1,96	(1,62)	5,01	(4,14)	6,03	(4,98)	10,74	(8,88)	6,03	(4,98)	12,49	(10,32)	13,76	(11,37)	13,76	(11,37)	26,95	(22,27)
20	nad 1 × 25 A za každý 1 A Kč/měsíc	0,65	(0,54)	1,67	(1,39)	2,01	(1,66)	3,58	(2,96)	2,01	(1,66)	4,16	(3,44)	4,59	(3,79)	4,59	(3,79)	26,95	(22,27)
21	daň z elektřiny Kč/MWh	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)	34,24	(28,30)
22	systémové služby Kč/MWh	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)	112,89	(93,30)
23	činnost OTE Kč/měsíc	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)	4,73	(3,91)
podpora výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů (POZE)																			
24	podle jističe Kč/A/počet fází	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)	18,23	(15,07)
25	podle spotřeby Kč/MWh	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)
celková jednotková cena za elektřinu včetně daní z elektřiny a systémových služeb																			
26	vysoký tarif (řádky 1 + 4 + 21 + 22) Kč/MWh	4 637,18	(3 932,38)	4 078,23	(3 370,44)	4 003,74	(3 308,88)	3 002,54	(2 481,44)	3 897,26	(3 220,88)	2 555,35	(2 111,86)	2 401,68	(1 984,68)	2 304,88	(1 904,88)	2 268,92	(1 875,14)
27	nízký tarif (řádky 2 + 5 + 21 + 22) Kč/MWh	-	-	-	-	-	-	2 237,34	(1 846,04)	2 237,34	(1 846,04)	2 371,65	(1 960,04)	2 309,94	(1 909,04)	2 218,14	(1 829,04)	2 166,80	(1 790,74)
28	měsíční platby Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
poplatek na podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů (POZE)																			
29	podle jističe Kč/měsíc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	podle spotřeby Kč/MWh	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)	598,95	(495,00)
WYPOČET CELKOVÉ ROČNÍ PLATBY ZA ELEKTRINU																			
roční spotřeba v MWh ve vysokém tarifu x řádek 26																			
+ roční spotřeba v MWh v nízkém tarifu x řádek 27																			
+ 12 měsíců x řádek 28																			
+ nižší výsledek z výpočtu POZE: podle jističe: 12 měsíců x řádek 29, nebo podle spotřeby: spotřeba v MWh ve vysokém a nízkém tarifu x řádek 30																			