

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Diplomová práce
**OPTIMALIZACE ZPŮSOBU ZÁSOBOVÁNÍ
RODINNÉHO DOMU ENERGIÍ**

Bc. Petr Foitl

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Magisterský

Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Praha 2016

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Foitl Petr

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Optimalizace způsobu zásobování rodinného domu energií

Pokyny pro vypracování:

- úvod
- popis stávajícího stavu
- návrh variant technického zařízení budovy
- ekonomické zhodnocení zvolených variant řešení
- citlivostní analýza
- závěr

Seznam odborné literatury:

Je úsporný dům opravdu úsporný? Autoři: Ing. Beranovský, J., Ph.D., MBA, Ing. Pokorný, J.
Zákon č. 406/2000 Sb. - o hospodaření energií a související předpisy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA – Ekowatt

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

L.S.

Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 11.2.2016

Abstrakt:

Nejdůležitějším hlediskem při výběru vhodného topného systému je jeho ekonomická efektivita. Cílem této práce je tedy poskytnout investorovi návrh vhodných variant, provést jejich ekonomické zhodnocení a doporučit nejvhodnější z nich pro budoucí realizaci. V úvodu práce jsou uvedeny základní pojmy a souhrn jednotlivých legislativních požadavků souvisejících s danou problematikou. Jádrem práce je pátá kapitola, kde je ekonomické porovnání zvolených variant a citlivostní analýza. Na tuto kapitolu navazuje autorovo doporučení pro výběr vhodné varianty, kde je navíc brána v potaz uživatelská přívětivost a dopad na životní prostředí zvolených variant.

Abstract:

The most important aspect of choosing a heating system is its economic efficiency. The aim of this work is to provide the investor with a proposal of suitable alternatives, then to carry out their economic evaluation, and recommend the most suitable ones for further implementation. Introduction of the following work is concerned with basic concepts and summary of the individual legislative requirements related to the issue. Chapter Five represents the core of the work as it contains economic comparison of alternatives and sensitivity analyses. That chapter is followed by the author's recommendations for selecting the appropriate option which takes into account user friendliness and environmental impact of selected variants.

Klíčová slova:

Teplená ochrana budov, technická zařízení budov, ekonomické hodnocení, citlivostní analýza

Keywords:

Thermal protection of buildings, building services, economic evaluation, sensitivity analysis

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje“.

V Praze, dne

Podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Beranovskému, PhD., MBA za vedení mé diplomové práce a za podnětné návrhy, které ji obohatily.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	POUŽITÁ METODIKA ŘEŠENÍ	12
2.1	POUŽITÁ LEGISLATIVA	12
2.1.1	<i>Vyhláška č. 78/2013 Sb.</i>	12
2.1.2	<i>Norma ČSN 38 3350</i>	12
2.1.3	<i>Norma ČSN 73 0540</i>	14
2.1.4	<i>Norma ČSN EN 15 316-3-1</i>	14
2.1.5	<i>TNI 73 0331</i>	14
2.1.6	<i>Nová zelená úsporám</i>	14
2.2	POUŽITÉ VARIANTY TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOV	15
2.2.1	<i>Plánování technických zařízení budov</i>	15
2.2.2	<i>Topný systém varianty 1 – Tepelné čerpadlo vzduch-voda</i>	17
2.2.3	<i>Topný systém varianty 2 – Tepelné čerpadlo země-voda</i>	17
2.2.4	<i>Topný systém varianty 3 – Elektrokotel a solární kolektory</i>	17
2.2.5	<i>Topný systém varianty 4 – Peletový kotel</i>	18
2.2.6	<i>Větrací systém pro všechny varianty - Rekuperace</i>	18
2.3	POUŽITÝ EKONOMICKÝ MODEL	19
2.3.1	<i>Postup řešení</i>	19
2.3.2	<i>Kritérium čisté současné hodnoty – NPV</i>	21
2.3.3	<i>Roční ekvivalentní hodnota – RCF</i>	22
3	POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	23
3.1	STAVEBNÍ ŘEŠENÍ POSUZOVANÉHO OBJEKTU	23
3.2	VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	24
3.3	VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	26
3.4	VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA OHŘEV TUV	28
3.5	VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU	29
3.6	PŘÍPUSTNÁ ŘEŠENÍ PRO NÁVRH TZB	30
3.7	ANALÝZA A POŽADAVKY INVESTORA PRO NÁVRH TZB	30
4	NÁVRH VARIANT TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV	32
4.1	VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH VODA	33
4.2	VARIANTA 2 – TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ VODA	34
4.3	VARIANTA 3.1 – ELEKTROKOTEL A SOLÁRNÍ KOLEKTORY	35
4.4	VARIANTA 3.2 – ELEKTROKOTEL	37
4.5	VARIANTA 4 – KOTEL NA TUHÁ PALIVA	37
4.6	VOLBA VHODNÝCH TARIFŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE	39
4.7	VÝPOČET VELIKOSTI VHODNÉHO JISTIČE	40
4.8	SOUHRN KAPITOLY	42
5	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ZVOLENÝCH VARIANT	43
5.1	VSTUPNÍ PARAMETRY EKONOMICKÝCH MODELŮ	43
5.1.1	<i>Stanovení diskontu</i>	43
5.1.2	<i>Stanovení eskalace cen</i>	43
5.1.3	<i>Přijaté zjednodušující předpoklady</i>	44
5.2	VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH VODA	45
5.3	VARIANTA 2 – TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ VODA	51
5.4	VARIANTA 3.1 – ELEKTROKOTEL A SOLÁRNÍ KOLEKTORY	56
5.5	VARIANTA 3.2 – ELEKTROKOTEL	60
5.6	VARIANTA 4 – KOTEL NA TUHÁ PALIVA	61

5.7	SHRnutí EKONOMICKÉHO POROVNÁNÍ	64
5.8	CITLIVOSTNÍ ANALÝZY	68
6	DOPORUČENÍ A ZÁVĚRY	71
6.1	POSOUZENÍ UŽIVATELSKÉHO KOMFORTU	71
6.2	POSOUZENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	72
7	ZÁVĚR	73
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	75
	SEZNAM GRAFŮ	77
	SEZNAM TABULEK	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM PŘÍLOH.....	79
	PŘÍLOHA 1 – ZÁKLADNÍ POJMY	79
	PŘÍLOHA 2 – SIMULACE Z PROGRAMU ENERGIE LT 2015	81

SEZNAM ZKRATEK

CA	Citlivostní analýza
CF	Cash flow
ČR	Česká republika
ČSN EN	Převzatá technická norma
ČSN	Česká technická norma
ČSSR	Československá socialistická republika
ČVUT	České vysoké učení technické
DPH	Daň z přidané hodnoty
EE	Elektrická energie
FS	Fakulta stavební
KAN	Kombinovaná akumulční nádrž
MS	Microsoft
ND	Nízkoenergetická dům
NPV	Net present value
NT	Nízký tarif
OM	Odběrné místo
OTE	Operátor trhu
OZE	Obnovitelné zdroje
PD	Pasivní dům
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
RCF	Retained cash flow
RD	Rodinný dům
Sb.	Sbírka zákonů
TČ	Tepelné čerpadlo
TNI	Technická normalizační informace
TUV	Teplá užitková voda
TZB	Technická zařízení budov
VT	Vysoký tarif
V _x	Číslo varianty
ŽP	Životní prostředí

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou volby vhodného systému vytápění a větrání pro rodinný dům z pohledu ekonomické efektivity. Toto téma je v poslední době velice diskutované, protože na trh přichází nové technologie za přijatelnou cenu, které snižují provozní náklady budov. Navíc lze dosáhnout na dotaci snižující energetickou náročnost stávajících rodinných domů a tím si snížit investiční výdaje na pořízení vhodného opatření. Dalším důvodem je to, že v následujících letech bude větší tlak na cílení budov do téměř nulové spotřeby.

Na začátku této práce je uvedena metodika řešení, která je rozdělena do třech podoblastí. První oblast se zabývá legislativním výzkumem vyhlášek a norem souvisejících s prací. Druhá oblast popisuje plánování technických zařízení budov včetně jejich popisů, výhod a nevýhod. A v poslední podoblasti je představen postup pro ekonomické hodnocení. V další kapitole je rozebrán popis stávajícího stavu, na který navazuje návrh technických zařízení budov v následující kapitole. Jádrem této práce je kapitola pět – ekonomické hodnocení, kde jsou vyhodnoceny jednotlivé varianty dle uvedené metodiky. Závěrem této práce je doporučení pro výběr vhodné varianty topného systému respektující komfort obsluhy a jeho dopad na životní prostředí.

Ekonomický výpočet je proveden pro konkrétní dům v oblasti Praha – Březí. Ekonomické modely jsou stavěny na hodnocení energetické náročnosti zvolené budovy zpracované firmou EkoWATT. Toto posouzení je zpracováno dle jejich interní metodiky s využitím softwaru Energie 2015. Tento program počítá dle platné normy ČSN 73 0540 a podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. Vlastní ekonomický výpočet je realizován v Microsoft Excel a technické výkresy, kde není uvedena citace v Microsoft Visio.

2 POUŽITÁ METODIKA ŘEŠENÍ

2.1 POUŽITÁ LEGISLATIVA

2.1.1 Vyhláška č. 78/2013 Sb.

Tato vyhláška vydaná ministerstvem průmyslu a obchodu pojednává o energetické náročnosti budov. Stanovuje zejména metodiku výpočtu energetické náročnosti budovy, jež je hlavním nástrojem pro hodnocení v průkazu energetické náročnosti budovy. PENB je složen z řady ukazatelů, které pomáhají spotřebitelům v posuzování kvality budov z energetického hlediska a s tím i souvisejících provozních nákladů. Průkaz zohledňuje klasifikační třídu budovy z pohledu celkové dodané energie do budovy a vlivu provozu budovy na životní prostředí. Klasifikační třídy budovy rozlišujeme od A (mimořádně úsporná) do G (mimořádně ne hospodárná).¹

Primární neobnovitelná energie v rámci PENB představuje zátěž daného energonositele na životní prostředí. Největší zátěž pro ŽP představuje elektrická energie, která má hodnotu faktoru primární neobnovitelné energie rovnu 3,2¹. Pro budovy využívající elektrokotel pro pokrytí své spotřeby bez využití obnovitelných zdrojů není možno vyřídít stavební povolení z důvodu jejich velkého dopadu na ŽP. Proto uvažovaná varianta s elektrokotlem bude vypočtena pouze pro porovnání s ostatními variantami.

2.1.2 Norma ČSN 38 3350

Tato norma mimo jiné definuje orientační stanovení průměrné denní teploty venkovního vzduchu pro zahájení topného období v závislosti na průměrné plošné hmotnosti obvodové stavební konstrukce dle ČSN 38 3350: 1988². V praxi to pak znamená, že pokud je známa průměrná plošná hmotnost obvodové stavební konstrukce, tak je možno určit střední venkovní teplotu pro začátek a konec otopného období. Tuto teplotu je nutno znát pro určení správného počtu dnů otopného období, na který navazuje výpočetní vzorec potřeby tepla na vytápění úzce související s náklady na ohřev TUV.

V uvažované práci není známa plošná hmotnost obvodové stavební konstrukce, proto nejsem schopen určit počet dnů otopného období. Proto tedy stanovím střední denní venkovní teplotu pro začátek a konec otopného období na hodnotu +13°C v souladu s vyhláškou 194/2007. Uvedená vyhláška definuje začátek a konec otopného období za předpokladu, že teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C ve 2 dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den³.

¹ Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

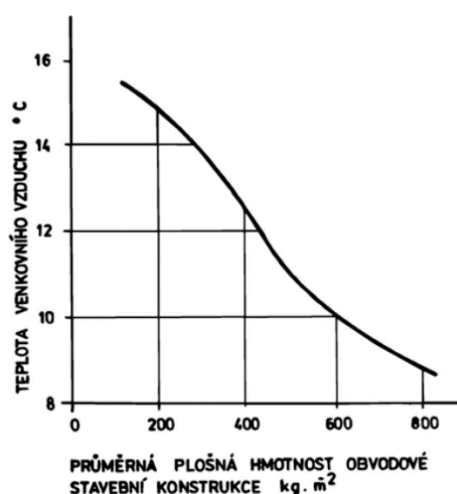
² Norma ČSN 38 3350, zásobování teplem, všeobecné zásady

³ Vyhláška č. 194/2007, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie

Z předchozího předpokladu stanovím počet dnů otopného období na hodnotu 225 dnů². Hodnotu jsem odečetl z normy ČSN 38 3350 pro Prahu – Karlov se střední denní venkovní teplotou pro začátek a konec otopného období rovnu +13°C. Příslušnému údaji z normy odpovídá venkovní výpočtová teplota rovna -12°C ze které se počítá tepelná ztráta objektu². Uvedené průměrné měsíční venkovní teploty [°C] pro Prahu – Karlov jsou:

Tabulka 1: Průměrné venkovní měsíční teploty pro Prahu Karlov²

Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
0,9	0,8	4,6	9,2	14,2	17,5	19,1	18,5	14,7	9,7	4,4	0,9



Graf 1: Orientační stanovení průměrné denní teploty venkovního vzduchu v závislosti na průměrné plošné hmotnosti obvodové stavební konstrukce dle ČSN 38 3350: 1988²



Obrázek 1: Mapa oblastí nejnižších výpočtových venkovních teplot²

2.1.3 Norma ČSN 73 0540

Tato norma hodnotí, zda stavební konstrukce svými vlastnostmi vyhovuje některým ze součinitelů prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla je typická vlastnost obálky budovy a pro různé druhy konstrukcí jsou v normě uvedeny přesné hodnoty. Tyto hodnoty jsou uváděny ve třech úrovních jako hodnota požadovaná, doporučená a doporučená pro pasivní domy ⁴. Kromě součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí se hodnotí i obálka budovy jako celek, a to pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. ⁵

2.1.4 Norma ČSN EN 15 316-3-1

Uvedená norma sděluje spotřebu teplé vody na osobu na den pro různé typy objektů. Hodnoty spotřeby teplé vody jsou uvedeny k její teplotě rovné 60°C. Pro rodinný dům je spotřeba teplé vody rovna 40 – 50 l·os⁻¹·d⁻¹ ⁶. Budu předpokládat vrchní hranici, protože rodina bude spotřebovávat vodu o nižší teplotě a to povede k její větší spotřebě, aby si zachovali komfort. Snížení teploty TUV navrhuji, abych zlepšil topný faktor tepelných čerpadel. Tepelné čerpadlo má lepší topný faktor čím menší je teplotní rozdíl mezi získávanou teplotou z okolí a teplotou, na kterou nahřívá TUV.

2.1.5 TNI 73 0331

Technický dokument informativního charakteru, který obsahuje technické údaje nebo technická řešení, který nejsou obsažena v platných normách. Uvedený dokument doporučuje hodnoty pro výpočet související problematiky. Obsahuje typické hodnoty parametrů technického systému, parametry pro užívání budov, klimatická data pro výpočet a doporučené hodnoty pro hodnocení energetické náročnosti budovy. V dokumentu jsou stěžejní hodnoty účinností všech druhů topných systémů včetně distribuce jejich tepla do připojené soustavy. ⁷

2.1.6 Nová zelená úsporám

Jedná se o program ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie v rodinných a bytových domech. Program podporuje úsporná opatření pro rodinné a bytové domy, výměnu nevyhovujících zdrojů tepla a využití obnovitelných zdrojů energie s cílem zlepšit životní prostředí a snížit emise CO₂. ⁸

⁴ BERANOVSKÝ, Jirí. POKORNÝ, Jan. Je úsporný dům opravdu úsporný, z čeho postavit úsporný dům?. Praha: EkoWATT, 2015. ISBN: 978-80-87333-10-5

⁵ Kolektiv autorů. Nové znění ČSN 73 0540-2. *TZB-Info*. [online]. 6.10.2011 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7899-nove-zneni-csn-73-0540-2>

⁶ Norma ČSN EN 15 316-3-1, tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustav

⁷ URBAN, Miroslav. Podrobnosti k TNI 73 0331. [přednáška]. Praha: ČVUT 14-15.1.2013

⁸ ANONYM. O programu *Nová zelená úsporám* [online]. 2.4.2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z:

<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>

Pozn. autora: Teplota venkovního vzduchu v grafu je stejná teplota jako střední venkovní teplota pro začátek a konec otopného období v textu

V současné době lze získat pro rodinný dům různé druhy dotací ke snížení energetické náročnosti. Pro tuto práci předpokládám pouze dotaci na termické systémy. Pro získání dotace je nutno doložit dokument prokazující řádné dokončení realizace rodinného domu. A dále musí kolektory splňovat parametry s hodnotou větší jak $280 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ měrného využitelného zisku a zároveň musí být instalovaná akumulární nádrž o měrném objemu větším jak $45 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$ vztaženém k celkové ploše solárního kolektoru.

Dále je také možnost získat podporu na centrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ve výši 100 000 Kč. Podmínkami pro získání dotace jsou instalace rekuperátoru s požadovanou účinností zpětného zisku tepla větší jak 75 % a zároveň dosažení požadované maximální průvzdušnosti obálky budovy $n_{50} \leq 2,5 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato hodnota musí být doložena protokolem z měření průvzdušnosti obálky budovy, které bude v souladu s pravidly pro měření průvzdušnosti obálky.⁹

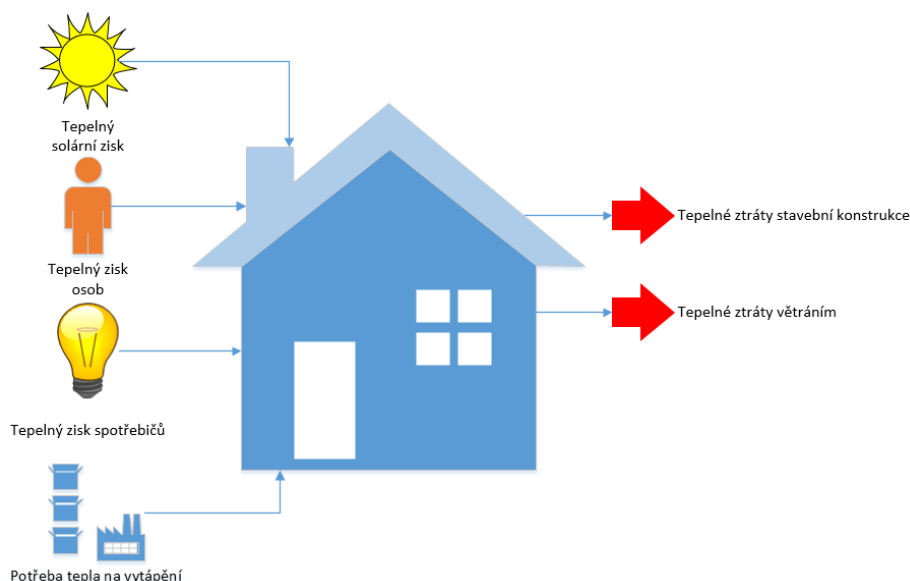
2.2 POUŽITÉ VARIANTY TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOV

2.2.1 Plánování technických zařízení budov

Základním nástrojem pro plánování technického zařízení budov je tepelná bilance, od které se odvíjí návrh vytápění a větrání. Rozdíl ztracené a přijaté energie rodinného domu se musí pokrýt z aktivního vytápění, aby byla v domě udržena příjemná teplota. Z předchozího vyplývá, že čím menší bude ztracená energie, tím menší bude potřeba tepla pro vytápění a celkový provoz budovy se zlevní. Ztracenou energii lze minimalizovat kvalitní konstrukcí s nízkým součinitelem prostupu tepla a použitím zpětného získávání tepla pomocí rekuperace. Rekuperaci se musí dodávat energie pro přehřívání čerstvého vzduchu, avšak je stále úspornější než prosté otevření okna.

Schéma a výpočet tepelné bilance v plném rozsahu lze najít v normě ČSN EN 832. Na následujícím obrázku je její zjednodušená podoba zaměřená na tepelné zisky a ztráty. Z energetické bilance lze sestavit rovnici potřeby tepla na vytápění s respektováním faktoru využitelnosti tepelných zisků.

⁹ ANONYM. Podmínky oblastí podpory C. *Nová zelená úsporám*. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>



Obrázek 2: Zjednodušená tepelná bilance budovy

Měrná potřeba tepla na vytápění vychází z tepelné bilance budovy a nerespektuje účinnost zdroje tepla ani účinnost distribuce tepla. Fyzikálně vyjadřuje množství tepla vztažené na jednotku plochy s jednotkou $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, popř. na jednotku objemu vytápěného prostoru s jednotkou $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$. Pro získání roční potřeby tepla na vytápění stačí tyto hodnoty vynásobit podlahovou plochou z vnějších rozměrů nebo objemem obytného prostoru z vnějších rozměrů podle toho zda máme hodnotu vztaženou na jednotku plochy nebo na objem prostoru.

Potřeba tepla na vytápění je energie, kterou musí dodat tepelný zdroj tepla do budovy, aby pokryl její energetickou ztrátu a udržel budovu na konstantní teplotě přes celé otopné období. Potřebu tepla na vytápění lze zmenšit snížením energetické ztráty budovy a maximálním využitím pasivních tepelných zisků. Rovnici s respektováním faktoru využitelnosti tepelných zisků lze zapsat do následující formy:

$$Q_{P,VYT} = Q_{ztv} + Q_{ztkon} - \eta \cdot (Q_{sol} + Q_{os} + Q_{spotř}) \quad (1)$$

kde:	Q_{ztv}	je celkové ztracené teplo větráním	[G]
	Q_{ztk}	je celkové ztracené teplo stavební konstrukce	[G]
	η	je faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění	[-]
	Q_{sol}	je celkové dodané teplo solárním svitem	[G]
	Q_{os}	je celkové dodané teplo osobami	[G]
	$Q_{spotř}$	je celkové dodané teplo spotřebiči elektrické energie	[G]

2.2.2 Topný systém varianty 1 – Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Základní princip tepelného čerpadla vyplývá ze součinnosti komponentů tvořících topný okruh. Topný okruh tvoří výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Nízkopotenciální teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty, než bylo teplo ve výparníku odebráno. V expanzním ventilu se cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku.¹⁰

Výhodou tohoto způsobu vytápění je velká úspora nákladů za vytápění a ohřev teplé vody způsobená využitím energie prostředí. Další velkou výhodou je použití tarifu s nízkou cenou za elektrickou energii ve výši kolem 2,5 Kč/kWh.

Nevýhodou jsou velké investiční výdaje a případný drahý servis jednotlivých komponent. Další nevýhoda TČ je jejich složitost a hlavně velká citlivost na vhodné nastavení řídicí jednotky.

2.2.3 Topný systém varianty 2 – Tepelné čerpadlo země-voda

Princip činnosti se liší od varianty 1 ve způsobu získávání nízkopotenciálního tepla. V tomto případě je získáváno ze zemního kolektoru uloženého na zahradě.

Výhodou je větší a stabilnější topný faktor zapříčiněn tím, že v hloubce zemního kolektoru nedochází k poklesům teplot pod nulu, jako je to v případě vzduchového čerpadla přes zimní období. Další výhodou zemních tepelných čerpadel je, že neruší styl zahrady a neprodukují hluk.

Nevýhodou jsou vyšší investiční výdaje zapříčiněné instalací zemního kolektoru a s tím souvisejícími zemními pracemi na pozemku.

2.2.4 Topný systém varianty 3 – Elektrokotel a solární kolektory

Elektrokotel je zařízení, které transformuje elektrickou energii na tepelnou pomocí proudu protékajícího kovovým vodičem. Bližší informace lze najít v literatuře¹¹.

Výhoda elektrokotlů jsou jejich malé investiční výdaje s nízkou poruchovostí a jednoduchostí na obsluhu a nastavení.

Solární kolektory jsou zařízení, které mění solární energii na tepelnou energii. Sluneční paprsky ohřívají médium proudící v trubicích solárního kolektoru, které je čerpáno do výměníku. Ve výměníku je teplo solární kapaliny předáváno chladnější kapalině nejčastěji teplé užitkové

¹⁰ KRAINER, Robert. Tepelná čerpadla: Princip TČ. *TZB-Info*. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla>

¹¹ ŠESTÁK, Jiří a Rudolf ŽITNÝ. *Tepelné pochody II: výměníky tepla, odpařování, sušení, průmyslové pece a elektrický ohřev*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-03475-5.

vodě. Tímto způsobem je předešřívána, což snižuje náklady na její ohřev. Bližší popis funkčnosti a návrh solárních systémů lze najít v literatuře ¹².

2.2.5 Topný systém varianty 4 – Peletový kotel

Peletový kotel spaluje peletky ve spalovací komoře za přístupu kyslíku. Tento proces se nazývá proces hoření. Bližší popis procesu spalování pelet a popis techniky pro toto vytápění lze najít v literatuře ¹³.

Vytápění pomocí peletového kotle využívá obnovitelný zdroj energie a vyprodukuje malé množství emisí, což je jeho hlavní **výhodou**. Pro peletový kotel je třeba využívat speciální palivo a většinou nelze topit normálním dřevem. O tento způsob vytápění je třeba se pravidelně starat a to je jeho **nevýhodou**.

2.2.6 Větrací systém pro všechny varianty - Rekuperace

Princip zpětného získávání tepla je velice jednoduchý. Odváděný odpadní vzduch z interiéru předává své teplo čerstvému vzduchu ve výměníku. Výměník musí být této tepelné výměně uzpůsoben, aby se zde dokázalo předat co největší množství tepla. Pokud se předá všechno teplo z odpadního vzduchu čerstvému, tak se jedná o rekuperaci s účinností jedna. Takováto rekuperace samozřejmě neexistuje a skutečné účinnosti rekuperací se pohybují kolem 0,9. Pokud je venkovní vzduch příliš chladný, dochází k jeho elektrickému přehřívání tak, aby se udržela stabilní teplota čerstvého vzduchu dodávaného do objektu. Rekuperace je vždy opatřena jedním párem filtrů. Jeden z nich slouží k zabránění nánosů prachových částic do výměníku a druhý z nich filtruje nasávaný čerstvý vzduch, tak aby nedocházelo k přenosu prachu a pylu do budovy.

Hlavní **výhodou** rekuperace je snížení energetické náročnosti budovy a zbavení vzduchu alergenů a prachových částic. Rekuperace je totiž opatřena jedním párem speciálních filtrů, které čistí vzduch vstupující do budovy.

Nucené větrání (rekuperace se zpětným získáváním tepla) budu uvažovat ve všech variantách, tudíž její investiční výdaje nebudou brány v potaz. Provozní náklady rekuperace pro pohon ventilátorů a ohříváče beru v potaz, protože budou v každé variantě jiné dle zvoleného tarifu pro danou variantu

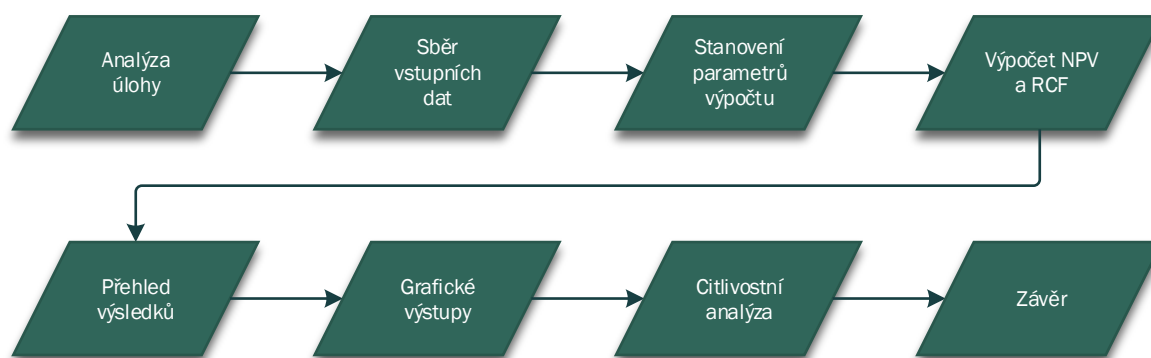
¹² THEMEBL, Armin a Werner WEIB. *Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí*. Praha: Grada, 2005. ISBN 8024705893.

¹³ HOLZ, Thomas. *Topíme dřevěnými peletami: návrh, instalace a provoz*. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 9788024716343.

2.3 POUŽITÝ EKONOMICKÝ MODEL

2.3.1 Postup řešení

Ekonomická optimalizace bude řešena na základě hodnocení efektivnosti investic. Jednotlivé investice představují varianty vytápění a větrání. Použitý ekonomický model lze zakreslit do následujícího vývojového diagramu:



Obrázek 3: Použitý ekonomický model

Analýza úlohy je zamyšlení nad tím, jak bude zadaná úloha řešena a její hlubší prozkoumání. Tento krok představuje rozložení úlohy na dílčí části, které se postupně zkoumají. Výsledkem této části by měla být znalost řešené problematiky včetně znalosti postupu od úvodu až interpretaci výsledků.

Sběr vstupních dat reprezentuje shromáždění požadovaných materiálů k vyřešení problému. Sběr vstupních dat můžeme rozdělit na dvě části. První část, která je společná pro všechny ekonomické modely a můžeme ji rozdělit na následující podskupiny:

- Legislativní výzkum a dohledání příslušných doporučených hodnot z norem
- Výpočetní vzorce a postupy z internetových zdrojů – odborně zpracovaná kritická analýza týkající se norem a výpočetních algoritmů. Hlavní informační zdroj TZB-Info a ČVUT-FS katedra technických zařízení budov.
- Výpočet energetické náročnosti budovy v programu EnergieLT 2015¹⁴.

Druhá část je pak odlišná pro každý ekonomický model. Obsahuje nabídky jednotlivých firem zajišťující realizaci a konkrétní parametry určující náklady jednotlivých variant.

- Ceník elektrické energie pro zvolené tarify
- Technická dokumentace topných systému s jejich účinnostmi
- Odborné konzultace s obchodními zástupci firmy Toron, Regulus a Stiebel Eltron

¹⁴ ŠIMŮNEK, M. Optimalizace energetické spotřeby a investičních a provozních nákladů podle metodiky Energie 2014 a EkoWATT 2015. Praha: 2015 EkoWATT CZ s.r.o.

Stanovení parametrů výpočtu v sobě zahrnuje odborné zvolení ekonomických vstupů, které by měly být podloženy relevantním informačním zdrojem. Jedná se zejména o stanovení inflace, eskalace cen EE a diskontu

Výpočet NPV a RCF jsou základní kritéria ekonomické efektivnosti. Jejich výpočetní vzorce jsou v kapitole (2.3.2) a (2.3.2). U všech variant jsou započítány investiční výdaje a provozní náklady. Investiční výdaje jsou jednorázové výdaje v roce 0 na pořízení varianty vytápění a větrání. Provozní náklady jsou rozlišovány na náklady na vytápění, náklady na ohřev TUV, náklady za OM, náklady za spotřebovanou EE a náklady na opravu. Výpočtová metodika respektuje vliv inflace a eskalace cen elektrické energie na rozdíl od metodiky použité na TZB-Info¹⁵.

Použitá metodika vychází z výpočtu čisté současné hodnoty za dobu životnosti varianty. Pro hodnocení na základě kritéria NPV musí mít všechny porovnávané varianty stejnou životnost. Pokud není splněn předchozí předpoklad, jsou dvě možnosti jak situaci řešit. První z nich je přepočet variant na stejnou dobu porovnání pomocí určení nejmenšího společného násobku životnosti jednotlivých variant. Tento způsob obnáší zdoluhavý výpočet jednotlivých toků hotovosti, protože se počítají pro jednotlivě pro každý rok doby porovnání. Druhý způsob je použití roční ekvivalentní hodnoty, kde předchozí problém odpadá. Roční ekvivalentní hodnota má navíc tu výhodu, že je možné do ní zakomponovat vliv inflace, eskalace cen EE a vliv diskontu. Další výhodou je, že je její podstata jasná, protože představuje roční provozní náklady rodinného domu (domácnosti) se započítanými investičními výdaji rozpočítané do doby životnosti.

Přehled výsledků je souhrnná tabulka všech neokomentovaných ekonomických výpočtů. Tato část bez příslušného komentáře nepřispívá k porozumění pro případného investora a slouží pouze jako podklad pro grafické výstupy.

Grafické výstupy je část, která slouží pro lepší přehlednost výsledných hodnot. Správně vytvořený graf představuje způsob rychlého odečtení hodnot a možnost jejich rychlého optického porovnání. Grafické výstupy vycházejí z vlastní metodiky a pro porovnání i z metodiky TZB-Info¹⁵.

Citlivostní analýza je zkoumání jak se změní výstupní hodnota na základě změny vstupní hodnoty, přičemž obě tyto hodnoty jsou vzájemně závislé. Pro lepší přehlednost výsledků je dobré uvádět citlivostní analýzu vztahenou k tzv. „*referenční variantě*“. Výhoda je taková, že jsme schopni porovnat dvě varianty mezi sebou a ihned vidíme rozdíl jejich ekonomické efektivnosti a nemusíme nic počítat. Graf nám totiž rovnou řekne, jestli změna oproti referenční variantě přinese

¹⁵ Kolektiv autorů firmy A-TECHNOLOGY, s. r. o. Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. *TZB-Info*. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://forum.tzb-info.cz/porovnani-nakladu-na-vytapeni>

úsporu nebo zisk. Citlivostní analýzy vycházejí z vlastní metodiky. Doporučený software pro zpracování CA je MS Excel

Závěr shrnuje řešené problémy v práci a diskutuje případné odchylky. V některých metodikách závěr obsahuje i vlastní sebehodnocení a náměty na zlepšení nebo dopracování některých oblastí.

2.3.2 Kritérium čisté současné hodnoty – NPV

Vypočítá se jako součet diskontovaných hotovostních toků za dobu životnosti projektu (varianty). Diskontní sazba charakterizuje časovou hodnotu peněz a stanovuje se na základě nevyužitých příležitostí z investovaných prostředků do varianty. Hotovostní toky se vypočítají jako rozdíl příjmů a výdajů, kde příjmy jsou přijaté peněžní prostředky nebo úspory mezi různými variantami. Výdaje jsou zaplacené náklady v roce nebo naopak ztráta peněz, pokud se investor rozhodne pro ekonomicky méně efektivní variantu. Výpočet CF od roku $t=1$ pro všechny uvedené varianty lze napsat do následujícího tvaru:

$$CF_t = -N_{VYT} - N_{TUV} - N_{ODB} - N_{EE} - N_{OO} \quad (2)$$

kde:	N_{VYT}	jsou náklady na vytápění	[Kč]
	N_{TUV}	jsou náklady na ohřev TUV	[Kč]
	N_{ODB}	jsou náklady za odběrné místo	[Kč]
	N_{EE}	jsou náklady za elektrickou energii (mimo topného systému)	[Kč]
	N_{OO}	jsou náklady na opravu a údržbu zařízení	[Kč]

Náklady za odběrné místo představují měsíční platbu za rezervovaný příkon dle jističe, platbu za činnosti operátora trhu OTE, platbu za příspěvek na obnovitelné zdroje a úplatu za služby obchodníka s elektrickou energií. Náklady na opravu a údržbu představují vynaložené finanční prostředky na udržení chodu topného systému v provozuschopném stavu.

Při znalosti toků hotovosti za porovnávané období jsem schopen spočítat čistou současnou hodnotu NPV dle následujícího vztahu:

$$NPV = -N_0 + \sum_{t=1}^{T_P} \frac{CF_t}{(1+d)^t} \quad (3)$$

kde:	N_0	jsou počáteční investiční výdaje	[Kč]
	CF_t	je tok hotovosti od roku $t = 1$ do doby životnosti	[Kč]
	d	je diskontní sazba	[-]

Výsledkem předchozího vzorce je pak hodnota, která dává informaci investorovi o tom, jestli je vhodné pro něj vynaložit investiční výdaje a zajistit si tím ekonomický důsledek. Pokud vyjde hodnota $NPV > 0$, tak varianta investorovi slibuje větší ekonomický užitek než jeho diskont a doporučil bych mu tedy vynaložit investiční výdaje. Pokud vyjde $NPV = 0$, tak varianta přesně uspokojuje jeho diskont a lze ji doporučit. Poslední případ je, že $NPV < 0$ a tuto variantu, bych tedy investorovi nedoporučil, protože není schopna uspokojit jeho diskont a přišel by zbytečně o finanční prostředky

Při výpočtu čisté současné hodnoty je nutno ještě rozlišit dva stavy a to stav, kdy musíme vynaložit investiční výdaje a kdy nemusíme. Příkladem prvního stavu je řešený problém. Majitel nemá systém vytápění a větrání a musí si ho tedy pořídit za každých okolností, aby byla nemovitost obyvatelná. Druhý stav je takový, že máme k dispozici finanční prostředky, které můžeme investovat do nějakého projektu, ale když je neinvestujeme, tak se nic nestane a budeme mít jenom ušlou příležitost.

V práci bude uvažováno tzv. nákladové NPV, což je ekvivalent prvního stavu. Jedná se o výpočet tzv. nákladového NPV, které nepřináší žádné příjmy. Příjmy, lépe řečeno úspory, může přinést, pokud investor vybírá mezi dvěma variantami s různými ekonomickými důsledky a rozhodne se pro efektivnější. V uvedeném případě se jedná o jeho úsporu. Pokud se rozhodne pro ekonomicky neefektivní, bude mít ztrátu vůči ekonomicky efektivnější variantě.

2.3.3 Roční ekvivalentní hodnota – RCF

Jedná se o čistou současnou hodnotu projektu vynásobenou anuitním faktorem. Tím dojde k rovnoměrnému rozdělení diskontovaných peněžních toků do jednotlivých let po celou dobu životnosti projektu. Toto kritérium lze s výhodou použít k porovnání různých variant se shodným rokem počáteční investice, ale různou dobou porovnání¹⁶. Roční ekvivalentní hodnota zvolené varianty bude:

$$RCF_v = a_{T_{zv}} \cdot NPV_v = \frac{q^{T_{zv}} \cdot (q - 1)}{q^{T_{zv}} - 1} \cdot NPV_v \quad (4)$$

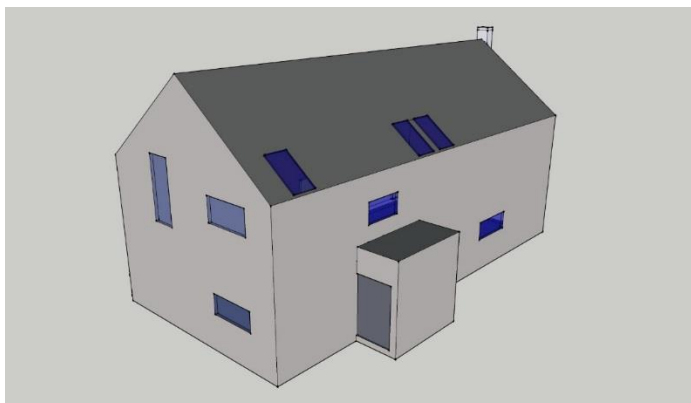
kde: $a_{T_{zv}}$ je anuitní faktor za dobu životnosti zvolené varianty [-]
 NPV_v je čistá současná hodnota zvolené varianty [Kč]

¹⁶ KUČEROVÁ, Blanka. Kritéria efektivnosti investic. *Edux ČVUT*. [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <https://edux.fit.cvut.cz/oppa/BI-EKP/cviceni/Krit%C3%A9ria%20ekonomick%C3%A9%20efektivnosti.pdf>

3 POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

3.1 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ POSUZOVANÉHO OBJEKTU

Uvažovaný objekt je rodinný dům v obci Praha – Březí na východ od Prahy. Jedná se o novostavbu, která je v současné době ve výstavbě a majitel hledá vhodný systém vytápění a větrání pro svůj rodinný dům. Rodinný dům stojí mimo centrum obce a nemá k sobě zavedenou asfaltovou komunikační cestu. Objekt bude po dokončení obýván tříčlennou rodinou.



Obrázek 4: Model posuzovaného objektu z JV strany¹⁴

Konstrukce rodinného domu je realizována pomocí technologie Thermomur. Tato technologie je systém tzv. ztraceného bednění, kdy je výstavba realizována pomocí dutých polystyrenových tvárníc ze speciálního polystyrenu, podobajících se zvětšeným prvkům dětské stavebnice LEGO. Tyto prvky se podobně jako LEGO velmi snadno přesnými zámky spojují k sobě. Po použití armovacích prvků se pak stěna (celé postavené podlaží) vylévá betonem. Vzniká tak velmi odolná a pevná stavba z litého betonu, zvenku i zevnitř zateplená, která se zvenku omítá a zevnitř obkládá např. sádkartonem nebo rovněž omítá.¹⁷

Rodinný dům má osazené okna dveře, disponuje střechou a je vybaven podlahovým topením v obytných místnostech. V přízemním patře rodinného domu je chodba, obývací pokoj, kuchyně, technická místnost a záchod s koupelnou. V prvním patře jsou tři obytné, koupelna se záchodem a spojovací chodba. Podkroví je neobydlené a přístupné pouze s použitím žebříku. Jednotlivé místnosti jsou ze sádkartonu, pod kterým je schována veškerá elektroinstalace, vzduchotechnika a rozvod vody. Kotelna je ve stavu, kdy ještě není zaklopena sádkartonovými deskami. Dodělání kotelny se bude realizovat až po výpočtu ekonomicky nejvýhodnější varianty tak, aby byly rozvody v místnosti přizpůsobeny požadavkům daného systému vytápění a přípravy teplé vody.

¹⁷ ANONYM. Stavební systém THERMOMUR : Thermomur Praha s.r.o. Nádražní 549, tel: +420 28398 1733. [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.thermomur.cz/stavebni.html>

Následující tabulka představuje parametry jednotlivých obalových konstrukcí rodinného domu a s parametry z normy ČSN 73 – 0540 – 2 z roku 2007 o teplené ochraně budov.

Tabulka 2: Součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí ¹⁴

Stavební konstrukce	Plocha	V0 – Původní Stav	Požadované hodnoty pro ND	Doporučené hodnoty pro ND Požadované hodnoty pro PD
	[m ²]	Un,20 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Un,20 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	Un,20 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
a) Styk se zeminou	123,36	0,212	0,45	0,30
b) Obvod stěna (hlavní)	219,15	0,212	0,30	0,25
c) Obvod stěna (zádveří)	16,61	0,158	0,30	0,25
d) Střecha hlavní	48,22	0,135	0,24	0,16
e) Střecha zádveří	4,71	0,130	0,24	0,16
f) Střecha krov	73,57	0,135	0,30	0,20
g) Obvodová okna	29,40	0,800	1,50	1,20
h) Střešní okna	8,74	1,200	1,40	1,20
i) Vchodové dveře	2,73	0,900	1,70	1,20

Tabulka ukazuje, že dům splňuje normu pro požadované hodnoty součinitele prostupu tepla pro zařazení domu do nízkoenergetického i pasivního standartu. Toto hodnocení je pouze pro jednu konkrétní vlastnost stavebního materiálu a neurčuje finální zařazení budovy. Pro finální zařazení budovy do kategorie rozhoduje průkaz energetické náročnosti budovy.

3.2 VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Spotřebu elektrické energie v uvažovaném objektu lze vypočítat jako součet spotřeb EE všech uvažovaných spotřebičů. Spotřebu energie jednotlivého spotřebiče spočítám jako dobu provozu daného spotřebiče za rok krát jejich příkon. RD je nyní ve stavu, kdy není vybaven elektrospotřebiči a není možné tedy určit přesnou spotřebu elektrické energie. Proto, abych vyčíslil spotřebu EE, uvažuji nejčastěji prodávané spotřebiče v ČR. Příkon určím z katalogu výrobce a dobu chodu volím totožnou jako v normální tříčlenné domácnosti.

Tabulka 3: Uvažovaná spotřeba elektrické energie v rodinném domě (bez systému vytápění)

Místnost	Spotřebič	Typ	Příkon [W]	počet ks. [-]	Doba provozu [hod]	Spotřeba energie [kWh/r]
Kuchyň	Bodové osvětlení LED	IGLO 5W	5	6	500	15
	Lednice s mrazákem	LIEBHERR	700	1	8760	247
	Trouba	Elektrolux EOA45551	2500	1	80	200
	Indukční deska	Elektrolux EHH6240	1500	1	250	750
	Mikrovlnná trouba	ETA EMM2005	800	1	12	9,6
	Varná konvice	Sencor	2000	1	40	80
	Toustovač	Tefal 6010	650	1	2	1,3
	Myčka	ESF 65030W	2000	1	100	150
	Kráječ	Zelmer Doris	115	1	2	0,23
	Digestoř	MORA	95	1	250	23,75
	Remoska	Remoska	500	1	50	25
Tyčový mixér	Braun	300	1	20	6	
Obývací pokoj	Televize	Samsung LE42C45	120	1	600	72
	Bodové osvětlení LED	IGLO 9W	9	8	400	28,8
	Stolní lampa	IKEA 15W	15	1	300	4,5
	Domácí kino	Marantz	150	1	800	120
Koupelna #1	Fén na vlasy	Braun Hair 3	2000	1	40	80
	Holicí strojek	Braun	3	1	200	0,6
	Bodové osvětlení LED	LIVARNO lux 5W	5	6	120	3,6
Koupelna #2	Bodové osvětlení LED	LIVARNO lux 5W	5	3	120	1,8
Pokoj #1	Stolní lampa	IKEA	30	2	50	3
	Závěsné světlo	IKEA	14	1	100	1,4
	Nabíječka mobil	Samsung	50	1	200	10
Pokoj #2	Počítač	Stolní PC	300	1	1200	360
	LAN modem	Cisco	3	1	8760	26,28
	Wi-Fi modem	D Link	10	1	8760	87,6
	Monitor	LCD Samsung 24	40	1	1200	48
	Televize	LED Samsung 42	50	1	800	40
	Nabíječka mobil	HTC	50	1	200	10
	Nabíječka notebook	Asus	150	1	50	7,5
	Stolní lampa	IKEA	35	1	400	14
	Tiskárna	SAMSUNG SCX 3205W	120	1	4	0,48
Závěsné světlo	IKEA	14	1	200	2,8	
Pokoj #3	Závěsné světlo	IKEA	14	1	100	1,4
Předstín a technická místnost	Pračka	SIEMENS IQ300 A++	2000	1	200	400
	Bodové osvětlení LED	LIVARNO lux 5W	5	2	200	2
	Žehlička	ETA	2400	1	70	168
	Vysavač	ETA	1500	1	10	15
	Rekuperace	VENUS HRV30AC	100	1	2500	250
	Ruční nářadí, ostatní	Značky Narex	1000	2	5	10
	Kompresor	Hecht 2026	1500	1	2	3
CELKEM						3279,6

Popř. lze předchozí tabulku přepsat do následující zkrácenější formy dle druhu spotřeby:

Tabulka 4: Spotřeba elektrické energie dle druhu spotřeby

Druh spotřeby	Spotřeba elektrické energie [kWh/r]
Osvětlení	78,3
Vaření	1095,9
Nucené větrání	250
Ostatní	1855,4
CELKEM	3279,6

Osvětlení představuje malou část spotřeby EE, protože budou v domě instalované úsporné LED žárovky. U této technologie je ovšem nutno pomyslet na zachování svítivosti tak, aby byl zachován komfort čtení. Vaření představuje skoro 30% celkové spotřeby. Nucené větrání je položka, která reprezentuje spotřebu EE rekuperace. Ostatní spotřeba je spotřeba audiovizuální techniky, pračky myčky a podobně.

Možná by se mohlo zdát, že tento výpočet není nutný, protože se bude spotřebovávat stejné množství elektrické energie ve všech variantách (neuvažována energie na vytápění), což je pravda. Ale je třeba si uvědomit, že pro některé z variant bude zvolen jiný tarif elektrické energie podle způsobu vytápění. Odlišné tarify pro uvažované varianty mají jiné fixní a variabilní náklady a tím pádem i celkové náklady za elektrickou energii. Toto je tedy důvod proč je třeba s touto spotřebou počítat ve všech variantách.

3.3 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

Potřeba tepla na vytápění vychází z rovnice (1). Krok pro určení roční spotřeby tepla na vytápění je jeden měsíc. Takže celková roční potřeba tepla na vytápění bude rovna součtu jednotlivých měsíců. Vnitřní zisky s respektováním faktoru jejich využitelnosti jsou v následující tabulce:

Tabulka 5: Pasivní zisky uvažované budovy ¹⁴

Měsíc	Q _{int,n} [GJ]	Q _{sol,n} [GJ]	Eta _{H,n} [-]	Q _{pas,n} [GJ]
Leden	1,334	0,771	1	2,11
Únor	1,142	1,203	0,998	2,34
Březen	1,21	1,883	0,989	3,06
Duben	1,124	2,411	0,921	3,26
Květen	1,122	2,636	0,673	2,53
Červen	1,074	2,487	0,459	1,63
Červenec	1,109	2,467	0,286	1,02
Srpen	1,122	2,685	0,278	1,06
Září	1,129	2,025	0,734	2,32
Říjen	1,207	1,762	0,962	2,86
Listopad	1,221	1,008	0,998	2,22
Prosinec	1,329	0,641	1	1,97
CELKEM				26,37

Q_{int} znázorňuje vnitřní tepelné zisky, Q_{sol} solární tepelné zisky a Eta_H je faktor využitelnosti tepelných zisků. Měsíční pasivní zisky v uvažované budově budou pak rovny následujícímu vztahu:

$$Q_{pas,n} = (Q_{int,n} + Q_{sol,n}) \cdot Eta_{H,n} \quad (5)$$

Celkové roční tepelné zisky jsou pak rovny součtu všech měsíčních a to hodnotě 26,37GJ. Pro celkové ztracené teplo větráním a prostupem tepla přes stavební konstrukci je třeba znát měrné tepelné toky a teplotu interiéru a exteriéru. Krok pro výpočet ročních ztrát tepla větráním a prostupem tepla stavební konstrukci je jeden měsíc.

Tabulka 6: Korigovaná roční potřeba tepla

Měsíc	d [dny]	t ⁰ , ext [°C] ²	t ⁰ , ext [K]	Q _{zt,n} [GJ] ¹⁴	Q _{potř,n} [GJ]	Q _{potř,n,kor} [GJ]
Leden	31	0,9	274,05	7,21	5,11	5,11
Únor	28	0,8	273,95	6,55	4,21	4,21
Březen	31	4,6	277,75	5,81	2,76	2,76
Duben	30	9,2	282,35	3,95	0,69	0,69
Květen	31	14,2	287,35	2,19	-0,34	0,00
Červen	30	17,5	290,65	0,91	-0,72	0,00
Červenec	31	19,1	292,25	0,34	-0,68	0,00
Srpen	31	18,5	291,65	0,57	-0,49	0,00
Září	30	14,7	287,85	1,94	-0,38	0,00
Říjen	31	9,7	282,85	3,89	1,03	1,03
Listopad	30	4,4	277,55	5,70	3,48	3,48
Prosinec	31	0,9	274,05	7,21	5,24	5,24
CELKEM						21,79

Výpočet tepelných ztrát vlivem prostupu tepla stavební konstrukcí a větrání lze zapsat do následujícího vztahu s měsíčním krokem:

$$Q_{zt,n} = (H_1 + H_2 + H_3) \cdot (\vartheta_{int,n} - \vartheta_{ext,n}) \cdot d \cdot h \quad (6)$$

kde:	H_1	je měrný tepelný tok do mimo zeminu ¹⁴	[W·K ⁻¹]
	H_2	je měrný tepelná tok zeminou ¹⁴	[W·K ⁻¹]
	H_3	je měrný tepelný tok větráním ¹⁴	[W·K ⁻¹]
	ϑ_{int}	je uvažovaná teplota interiéru	[K]
	ϑ_{extn}	je venkovní teplota v daném měsíci ²	[K]
	d	počet dní v daném měsíci	[dny]
	h	počet hodin za den	[hodiny]

Měrný tepelný tok do exteriéru mimo zeminu je roven 113,13 W/K, měrný tepelný tok do exteriéru přes zeminu 17,96 W/K a měrný tepelný tok větráním respektující vliv rekuperace je 9,87 W/K.¹⁴

Měsíční nekorigovaná potřeba tepla na vytápění $Q_{potř,n}$ bude pak rovna rozdílu příslušné hodnoty měsíčních tepelných ztrát $Q_{zt,n}$ a příslušné hodnoty tepelných zisků $Q_{pas,n}$. Pro výpočet roční nekorigované potřeby tepla na vytápění je nutno provést tento algoritmus pro všechny měsíce (výchozí krok jeden měsíc). Pokud vyjde měsíční nekorigovaná potřeba tepla na vytápění záporná, tak to znamená, že v uvedeném měsíci jsou větší tepelné pasivní zisky než ztráty. Proto je nutné tuto hodnotu korigovat na nulu, protože nepředstavuje teplo, které by budova potřebovala, ale naopak budova má tepla více. Uvedené tvrzení platí pro měsíce: květen, červen, červenec srpen a září.

3.4 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA OHŘEV TUV

Denní potřeba tepla na ohřev TUV se stanoví dle následujícího vztahu:

$$Q_{TVd} = \rho \cdot c \cdot V_{W,d} \cdot (t_w - t_s) \quad (7)$$

kde:	ρ	je hustota vody	[kg·m ⁻³]
	c	je měrná tepelná kapacita vody	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
	$V_{W,d}$	je průměrná spotřeba teplé vody denně ⁶	[l·os ⁻¹ ·d ⁻¹]
	t_w	je teplota, na kterou se ohřívá teplá užitková voda	[K]
	t_s	je průměrná teplota vody z vodovodního řádu za rok	[K]

Dosazením do přechodícího vztahu dostáváme hodnotu 6,9 kWh·os⁻¹·d⁻¹. Uvedený výsledek platí za předpokladu průměrné roční teploty vodovodního řádu rovné 10°C a teploty, na kterou se ohřívá TUV, rovné 50°C.

Roční potřeba tepla na ohřev teplé vody se vypočítá jako součet potřeby tepla na ohřev TUV přes letní a zimní období. Vztah lze zapsat do následujícího tvaru:

$$Q_{p,TV} = Q_{TVd} \cdot d_{ot} + k \cdot Q_{TVd} \cdot \frac{t_w - t_{svl}}{t_w - t_{svz}} \cdot (p - d_{ot}) \quad (8)$$

kde:	d_{ot}	je počet dnů otopného období	[dny]
	k	je součinitel zohledňující snížení spotřeby TUV v létě	[-]
	t_{svl}	je teplota studené vody z vodovodního řádu v létě	[K]
	t_{svz}	je teplota studené vody z vodovodního řádu v zimě	[K]
	p	je počet pracovních dní soustavy	[dny]

Počet pracovních dní soustavy je roven 350 dnům, protože si rodina vyhrazuje právo být 14 dní na dovolené. Činitel k je součinitel respektující snížení spotřeby TUV v létě¹⁸. Teploty jsou rozlišeny jako dvě průměrné teploty za zimní a letní období, protože v létě je teplota vodovodního řádu vyšší a to zmenšuje potřebu tepla na ohřev TUV. Hodnoty lze nalézt v literatuře¹⁸. Teplota studené vody v létě cca 15°C a v zimě cca 5°C a ve vztahu tento fakt reprezentuje zlomek.

Uvedený způsob výpočtu má nejhodnější výsledky s výsledky z programu energie LT2015 a proto bude použit. Poskytnuté hodnoty nemohly být použity, protože modelová situace činila rozdíl 2 osob, což by zkreslilo výpočetní model.

Výpočet potřeby tepla na ohřev TUV a na vytápění nerespektuje účinnosti otopných systémů a systémů pro distribuci tepla, což je v souladu s jeho definicí. Účinnosti se zahrnují, až když se počítá spotřeba tepla.

3.5 VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Výpočet tepelné ztráty objektu je klíčový pro správný výběr topného zařízení. Tepelná ztráta respektuje nejnižší výpočtovou teplotu v roce, což je největší zátěž pro topný systém. Proto se na tuto hodnotu dimenzuje jeho příkon.

Pokud by bylo zařízení vybíráno náhodně, mohly by nastat dva stavy. První z nich je, že by mohlo být vybráno zařízení, které by nestačilo svým výkonem na pokrytí potřeby tepla na vytápění, a v uvažovaném objektu by nebyla požadovaná tepelná pohoda. Nemluvě o tom, že by zařízení nestačilo na ohřev TUV, protože by mělo problém s vytápěním. Druhý stav je, že by mohlo být vybráno zbytečně předdimenzované zařízení, které by bylo zbytečně dražší a celé ekonomické hodnocení by postrádalo smysl.

¹⁸ Pracovníci ČVUT-FS, katedra TZB. Projekční podklady a pomůcky – Tepelná bilance objektu – denostupňová metoda. *Katedra technických zařízení budov*. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>

Pokud se ve variantě použije akumulární nádrž, tak se výběr kotle počítá pouze na vytápění a nemusí se uvažovat i krytí potřeby tepla na ohřev TUV¹⁹. V praxi to totiž funguje tak, že přes noc dochází k dohřívání vody v akumulární nádrži a je tedy dostatek času na to vodu přes den dohřát. Tento způsob se stává jenom výjimečně, protože venkovní nízké teploty netrvají dlouho, proto uvedené ekonomické modely uvažují ohřev topné vody i užitkové vody přes noc.

Pro celkovou tepelnou ztrátu objektu se dá zapsat rovnice:

$$Q_{zt,n} = (H_1 + H_2 + H_3) * (\vartheta_{int} - \vartheta_{ext}) \quad (9)$$

kde: ϑ_{ext} je výpočtová venkovní teplota² [K]
 ϑ_{int} je výpočtová vnitřní teplota¹⁴ [K]

Celková tepelná ztráta objektu v mém případě je 4,5 kW a na tuto hodnotu budu v dalších kapitolách vybírat TZB.

3.6 PŘÍPUSTNÁ ŘEŠENÍ PRO NÁVRH TZB

Přípustná řešení technických zařízení jsou všechny možné až na plynový kondenzační kotel. Nejbližší plynová přípojka je vzdálená 200m a její protažení do uvažovaného objektu by stálo 400 000 Kč ve vícenákladech. 400 000 Kč představuje velké investiční výdaje, které majitel není ochoten vynaložit a z tohoto důvodu nebude tato varianta uvažována.

Pro větrání zde existuje jen jeden způsob a to použití rekuperace s řízeným větráním. Při stavbě se počítalo s tímto řešením, takže majitel přizpůsobil stavbu tomuto způsobu větrání. Pro dokončení větrání je nutno připojit a nastavit rekuperační jednotku a vše bude připraveno. V rodinném domě je technická místnost s podlahovou plochou o velikosti 20m², kde budou umístěny TZB.

3.7 ANALÝZA A POŽADAVKY INVESTORA PRO NÁVRH TZB

Každá varianta bude mít centrální rekuperační jednotku – vzhledem k tomu, že se již vynaložily finanční prostředky na vzduchotechniku tak toto řešení je jediné správné a vhodné pro systém větrání.

Majitel chce porovnat více variant, které přichází v úvahu. A vybrat takovou, která bude ekonomicky nejvýhodnější s bezstarostným provozem. Pokud se stane, že některé z variant vyjdou dle ekonomického hodnocení podobně a budou se lišit komfortem, tak majitel je ochoten si připlatit za komfort obsluhy. O velikosti příplatku je třeba informovat předem a vyžádat si jeho souhlas.

¹⁹ DUFEK, Pavel. Technik firmy Regulus. Telefon: 244 016 945. Informace z obdobné konzultace při návštěvě veletrhu Aquatherm 2016

Varianty by se neměly lišit od současných trendů. To znamená provést návrh takových variant, které jsou v současné době nejvíce používané. Na základě tohoto tvrzení budou eliminovány varianty využívající následující paliva: uhlí, koks a lehký topný olej. Každý systém vytápění a větrání bude vybrán z nadprůměrné cenové třídy. Jedná se o rozumný požadavek, protože TZB budou sloužit až 20 let.

Dostupnost servisních dílů popř. možnost údržby. Mělo by se jednat o systém, ke kterému bude možno dokoupit náhradní díly po celou dobu jeho ekonomické efektivnosti. Případně existuje servisní technik, který se o výměnu postará.

Realizaci otopného systému provede firma na klíč, protože majitel není schopen zajistit instalaci svépomocí.

Navržené varianty budou mít různé druhy tepelných čerpadel. V případě potřeby je k dispozici zahrada o ploše cca 300 m² pro instalaci zemního kolektoru.

Pokusit se o získání dotace na některé z variant z programu Nová Zelená Úsporám. Je možné, ale pouze na termický systém a na rekuperační jednotku kap. (2.1.6).

4 NÁVRH VARIANT TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Topné systémy splňující požadavky majitele a technologické omezení v kapitolách (3.6) a (3.7) jsou:

- Tepelné čerpadlo vzduch-voda
- Tepelné čerpadlo země-voda (kolektor)
- Tepelné čerpadlo země-voda (vrt)
- Kotel na biomasu
 - Peletový kotel
 - Kotel na dřevo
 - Kotel na štěpku
 - Kotel na brikety
- Elektrokotel
 - Elektrokotel
 - Přímotop a Elektrokotel

Větrací systém splňující požadavky majitele a technologické omezení v kapitolách (3.6) a (3.7) je:

- Rekuperace se zpětným získáváním tepla

V rodinném domě je instalováno podlahové topení. Tento způsob distribuce tepla má výhodu, že rovnoměrně topí do topného okruhu a v interiéru je rovnoměrná teplota. Další vlastností podlahového topení je to, že nepotřebuje příliš vysokou teplotu topné vody. Pro účely vytápění postačuje teplá voda o teplotě 35°C. Tato nízká teplota představuje velký topný faktor pro použití TČ. Tepelné čerpadlo je tedy ideální kandidát pro rodinné domy s již instalovaným podlahovým topením. Vzduchové je nejlevnější a pro TČ je dostatek místa pro instalaci zemního kolektoru. TČ využívající vrt jsou investičně náročně a vyplatí se pouze pro objekty s velkou tepelnou ztrátou a velkou spotřebou TUV ¹⁹. Nejpohodlnější variantou pro spalování biomasy je peletový kotel. Výhodou tohoto kotle je, že se nabízí ve variantách s automatickým přikládáním. Druhou výhodou je nedaleký velkoobchod peletek, který je vzdálen 10km a nabízí dovoz přímo do místa bydliště.

Ze zástupců využívající pro vytápění a TUV elektřinu se nejvíce vyplatí elektrokotel s akumulací nádobou bez elektrického přímotopu ¹⁹. K této variantě je třeba přidat obnovitelný zdroj energie, aby prošel hodnocení vyhláškou 78/2013 Sb. kap. (2.1.1).

Na základě předchozího rozboru volím následující varianty:

- V1 - Tepelné čerpadlo vzduch-voda
- V2 - Tepelné čerpadlo země-voda (kolektor)

- V3.1 - Elektrokotel a solární kolektory
- V3.2 - Elektrokotel
- V4 - Peletový kotel

Všechny uvažované varianty opatřím kombinovanou akumulací nádrží pro snížení provozních nákladů¹⁹. Z tohoto důvodu je v přízemní části budovy vyčleněna speciální místnost nazývaná jako technická místnost či kotelna, kde bude dostatek místa pro otopný systém a akumulací nádrž. Dostatek místa v této místnosti ji předurčuje jako vhodného kandidáta pro místo sloužící k uložení paliva.

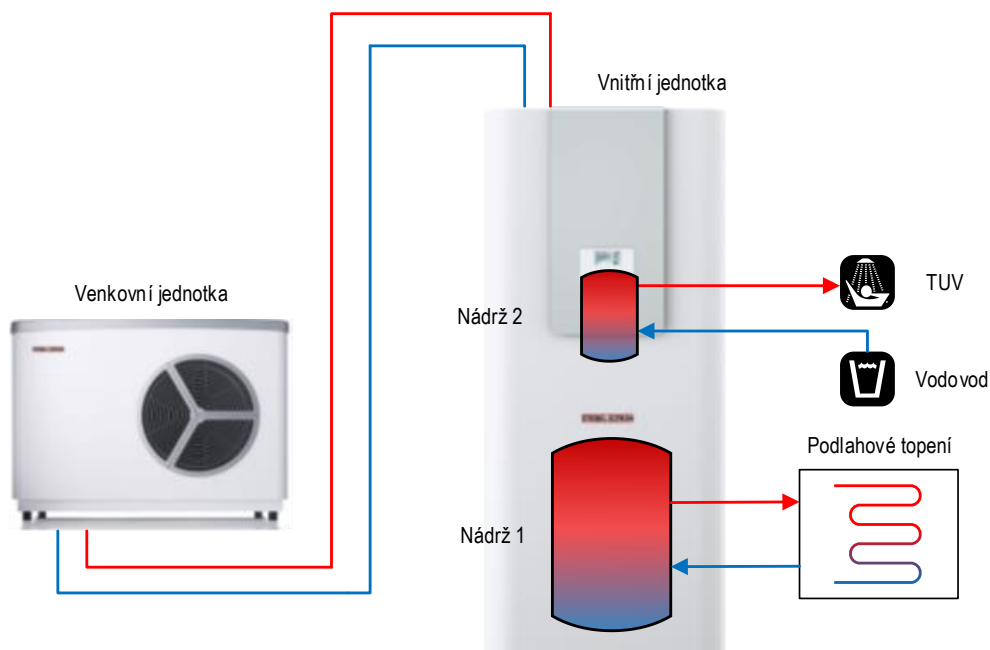
4.1 VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH VODA

Většina prodejců tepelných čerpadel nabízí produkty renomovaných firem jako IVT, Stiebel Eltron nebo Bosch kvůli jejich bezproblémovému chodu a hlavně možnosti dokoupení servisních dílů. Pokud zde počítám projekt na 20let doby porovnání je třeba brát v úvahu i to, že někdy v budoucnu bude třeba oprava zařízení a tedy i dostupnost servisních komponent. Kdybych tedy zvolil levnější variantu tepelného čerpadla od neprověřené firmy tak je také možné, že v budoucnu nebude možná oprava. Důvodem je možné ukončení činnosti uvedené firmy. Proto volím tepelná čerpadla od renomované firmy Stiebel Eltron, které představují uspokojivý poměr cena/výkon. Navíc čerpadla této značky má vysokou sezónní energetickou účinnost²⁰. Jejich produkt se umístil na druhém místě s nejvyšší sezónní energetickou účinností vytápění.

Pro pokrytí tepelné ztráty objektu navrhuji tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPL08 S Trend s topným faktorem 3,89 při A2/W35°C. o výkonu 6,1kW. Pracovní rozmezí zdroje tepla od -20°C do 40°C. Tepelné čerpadlo doporučuji opatřit kompatibilním hydromodulem HSBC 200 s vestavěným zásobníkem 100 l a zásobníkem TUV 200 l s ochranou anodou a integrovanými oběhovými čerpadly. Řízení bude probíhat v rámci LCD regulátoru WPM 3. Ekologické chladivo typu R407C²¹.

²⁰ ANONYM. *Hodnocení tepelných čerpadel v rámci programu kotlíkových dotací*. Praha 2015. Porovnávání ŤC Ministerstvem životního prostředí financované EU - operačním programem ŽP

²¹ JIŘÍK, D. *Cenová nabídka firmy TORON 142/2016/1, ŤC STE WPL08*. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 724 568 538



Obrázek 5: Blokové schéma varianty 1

Popis blokového schématu: Venkovní jednotka TČ odebrá nízkopotenciální teplo z okolního vzduchu. Toto teplo je transformováno na vyšší teplotu přidáním elektrické energie a dopravováno do kombinované akumulární nádrže. Zároveň se vratná voda s menší teplotou vrací zpátky do venkovní jednotky tepelného čerpadla. Vnitřní jednotka má dvě nádrže pro TUV a pro vodu určenou k vytápění do podlahového topení. Voda pro vytápění musí být chemicky upravována. Vnitřní jednotka se prodává jako celek s i řídicí elektronikou pod obchodním názvem HSBC 200 a jedná se o velice složité zařízení. Pro minimalizaci provozních nákladů tepelného čerpadla doporučuje výrobce ohřev teplé užitkové vody nebo ohřev vody pro vytápění. Nedoporučuje dohřívání elektrickou topnou spirálou za normálních podmínek, protože je to zbytečně drahé. Jedná se o tzv. monovalentní provoz. Při ojedinělých podmínkách, kdy nastávají dlouhotrvající mrazy a je nízký topný faktor, se doporučuje používat pouze nárazově záložní zdroj tepla. Důvodem je rychlejší ohřev teplé vody. Tento způsob ovšem nebudu uvažovat, protože se u něj špatně vyčísluje pravděpodobnost, s jakou může nastat.

4.2 VARIANTA 2 – TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ VODA

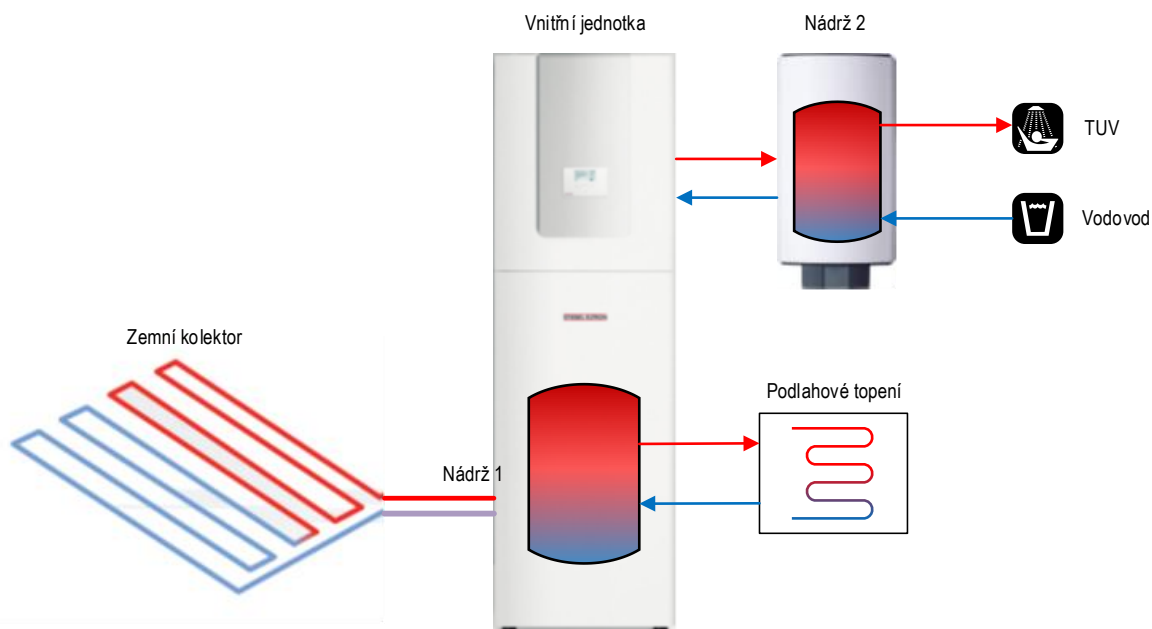
Druhá varianta řeší způsob získávání nízkopotenciálního tepla formou zemního kolektoru. Pro návrh topného systému jsem použil nabídku od firmy Stiebel Eltron ²². Investiční výdaje zemního kolektory odhadnuty na základě konzultace s živnostníkem realizující výkopové práce ²³

Pro pokrytí tepelné ztráty objektu navrhuji tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPC 07 o výkonu 7,5kW s vestavěným zásobníkem teplé vody. Topný faktor TČ roven 4,85 při B0/W35°C (EN

²² ŠAFRÁNEK, D. *Cenová nabídka ze dne 27.0.4.2016, TČ STE WPC07*. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 606 792 065

²³ DEMKO, M. *Příprava staveniště*. Praha: 2015. Konzultace. IČO: 66710120. Tel: 773 743 028

14511). Pracovní rozmezí zdroje tepla -5°C do 20°C . Tepelné čerpadlo doporučuji opatřit akumulčním zásobníkem SBP 100 pro TUV. Řízení bude probíhat v rámci LCD regulátoru WPM 3.



Obrázek 6: Blokové schéma varianty 2

Popis blokového schématu: Je totožný jako u varianty 1 až na jeden rozdíl, že teplo je tentokrát získáváno ze země. Venkovní zemní kolektor je zakopaný v zemi v hloubce přibližně 1m. Jednotlivé větve potrubí jsou napojeny paralelně na sběrač. Sběrač sbírá teplotnosné médium a propojuje kolektor se sběrným potrubím. Sběrné potrubí slouží k propojení na vnitřní jednotku tepelného čerpadla. Vnitřní jednotka obsahuje celý cyklus tepelného čerpadla a má navíc jednu nádrž pro vodu na topení. K této variantě se musí připojit další nádrž pro TUV. Pro připojení slouží připojovací sada WPKI-V. Způsob provozu tepelného čerpadla je totožný s variantou 1.

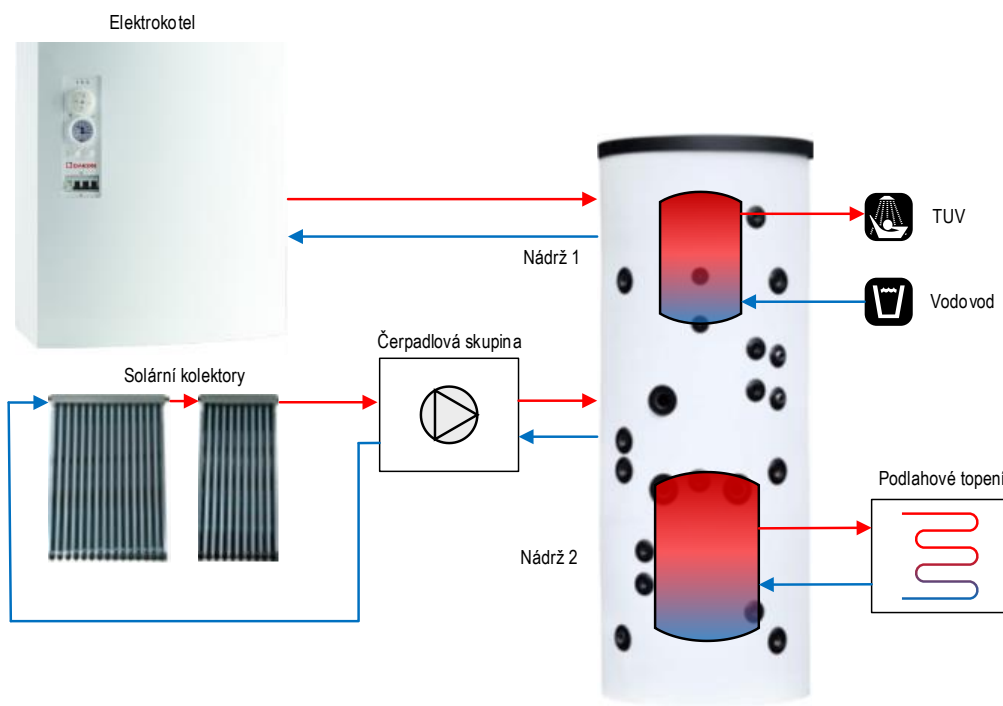
4.3 VARIANTA 3.1 – ELEKTROKOTEL A SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Realizaci elektrokotle se solárními kolektory bude zajišťovat firma HeatStav s dodávkou na klíč²⁴, protože jako jediná projevila zájem o realizaci na klíč. Uvedenou nabídku jsem přepočítal a zjistil jsem, že solární kolektory jsou předdimenzované, tak jsem tuto nabídku upravil. Zvolil jsem jinou značku solárních kolektorů a cenu za montáž a práci. Realizační firma upravila nabídku dle mé změny a tato nabídka je řešením varianty 3.1.

Pro pokrytí tepelné ztráty objektu navrhuji elektrokotel Dakon Daline PTE8 o výkonu 8kW s dvoustupňovým spínáním a účinností 99%. Tepelné čerpadlo doporučuji opatřit kombinovanou

²⁴ DLABAČ, J. *Cenová nabídka ze dne 22.04.2016, Solární systém – Vakuové Sol kolektory Foitel*. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 602 433 147

akumulační nádrží TV HSK 390 s PUR izolací. Jako záložní zdroj tepla volím elektrickou vložku do nádrže s ochranou anodou (anoda je ve všech variantách). Pro snížení primární neobnovitelné energie přidávám solární okruh o dvou kolektorech se střední (měsíční) účinností 73%. První kolektor KTU 15 o celkové ploše apertury 1,49m² a druhý kolektor KPU 10 o ploše apertury 0,93m². Solární okruh bude řídit solární regulátor SRS2TE s využitím čerpadlové skupiny S1 STDC E ext. Pro solární okruh použiji nemrznoucí směs LS 20L.



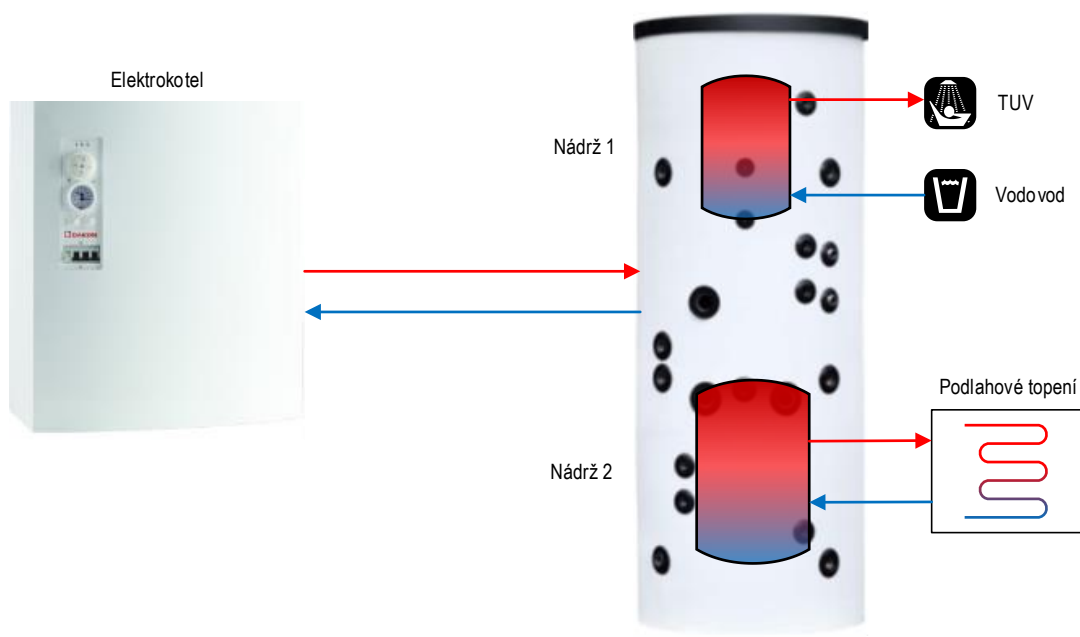
Obrázek 7: Blokové schéma varianty 3.1

Popis blokového schématu: Hlavním zdrojem tepla je elektrokotel, který ohřívá vodu pro obě nádrže uvnitř akumulární nádrže. Tento okruh je oddělený od zbytku soustavy a předává teplo přes výměníky. Solární okruh je ohříván od slunečných paprsků dopadajících na absorbér solárního kolektoru. Teplonosné médium je čerpáno do nádrže 1, kde slouží na předehřev teplé užitkové vody. Jedná se opět o dva samostatné okruhy, protože solární kolektory používají vlastní chladivo. Řízení solárního systému zajišťuje řídicí jednotka, která řídí rychlost oběhových čerpadel čerpadlové skupiny. Použité solární kolektory mají tvrzené skleněné trubice a jsou odolné vůči krupobití. Kolektory majitel instaluje na jižní straně střechy se sklonem 35°. Podobně jako u předchozích variant je i tato varianta opatřena expanzními nádobami. Jsou zde hned tři a to první pro solární okruh, druhá pro topný okruh a poslední pro okruh s teplou užitkovou vodou.

4.4 VARIANTA 3.2 – ELEKTROKOTEL

Tato varianta bude totožná s variantou 3.1, ale nebude mít solární systém. Bude se tedy jednat o variantu, která bude využívat jenom elektrokotel pro vytápění a pro ohřev TUV. Uvedená varianta je zde pouze pro porovnání, protože nebude vyhovovat PENB více v kap. (2.1.1).

Pro pokrytí tepelné ztráty objektu navrhuji elektrokotel Dakon Daline PTE8 o výkonu 8kW s dvoustupňovým spínáním a účinností 99%. Tepelné čerpadlo doporučuji opatřit kombinovanou akumulací nádrží TV HSK 390 s PUR izolací. Jako záložní zdroj tepla volím elektrickou vložku do nádrže s ochranou anodou (anoda je ve všech variantách).



Obrázek 8: Blokové schéma varianta 3.2

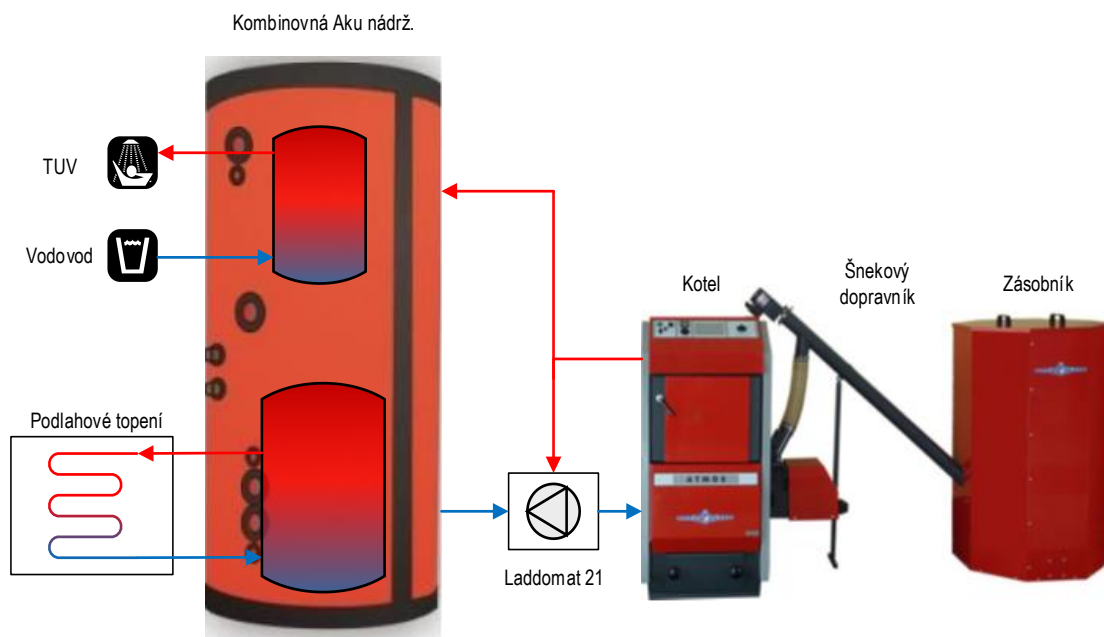
Popis blokového schématu: Elektrokotel je využit pro 100% pokrytí potřeby tepla na ohřev TUV a pro potřeby vytápění. Nádoba pro TUV se doplňuje průběžně dle odběru vody. Voda z vodovodního řádu je ohřívána přes výměník v KAM. Podlahové topení má speciální směšovací ventily, kde se mísí teplá voda z Nádrže 2 a studená voda dle požadované teploty v místnosti.

4.5 VARIANTA 4 – KOTEL NA TUHÁ PALIVA

Poslední varianta řeší topení biomasou v podobě dřevěných pelet. Topný systém volím od značky ATMOS, protože nabízí kompletní sortiment výrobků pro realizaci celého otopného systému. Nejužitečnějšími komponentami, které nabízí, jsou zásobník pelet, automatický šnekový dopravník a hořák. Následující komponenty zvyšují komfort obsluhy a jsou mezi sebou kompatibilní, protože jsou od stejného výrobce. Neexistuje žádný jiný výrobce, který by nabízel

takové množství komponent a měl by zastoupení v ČR. Na základě uvedených důvodů volím následující návrh:

Pro pokrytí tepelné ztráty objektu navrhuji peletový kotel ATMOS D15P o výkonu až 15kW s účinností 90%. Pro dosažení této účinnosti a zvýšení kvality spalování doporučuji použít hořák ATMOS A25, který je určen pro kvalitní pelety z měkkého dřeva. Pro zachování komfortu obsluhy této varianty volím 500 l zásobník na pelety H0201 se šnekovým dopravníkem DA1500. Zásobník je schopen pojmout až 325kg pelet, což odpovídá cca 2925kWh energie v palivu. Variantu doporučuji opatřit kombinovanou akumulací nádrží s plovoucím bojlerem DZ1000 schopnu pojmout až 1000 l teplé vody. Nádrž je dodávána v izolačním pouzdru pro zmenšení tepelných ztát. Pro topný okruh projektuji ekvitermní regulaci ATMOS ACD01 vyvinou speciálně pro kotle ATMOS pro minimalizaci provozních nákladů a řízení celého topného systému. Varianta je opatřena pomocným prvkem Laddomat 21 určenou pro najíždění, provoz, dohoření kotle. Kotel doporučuji vybavit záložním zdrojem UPS jako ochrana proti přetopení, který v případě výpadku elektřiny bude čerpat vodu do chladicí smyčky.



Obrázek 9: Blokové schéma varianty 4

Popis blokového schématu: Pro najetí kotle na jeho jmenovitý výkon je zde Laddomat 21, který v první fázi brání čerpání vody do akumulací nádrže a vrací ji zpět do rovny do kotle. Při najetí kotle na jmenovitý výkon se toto spojení uzavře a voda je čerpána přímo do akumulacího zásobníku. Tato fáze trvá přibližně 2 až 4 plně naložení spalovací komory dřevěnými peletami. Uvedeným způsobem se nabije akumulací nádrž na požadovanou teplotu vody 90 - 100 °C. Kotel se poté nechává dohořet a po dohoření je Laddomat přepnut do výchozí polohy. Dále už jen odebíráme teplo ze zásobníku za pomoci trojcestného ventilu a to po dobu, která odpovídá velikosti

akumulátoru a venkovní teplotě. V topném období to může činit 1 - 3 dny.²⁵ Celý proces řídí jednotka ACD01 opatřená množstvím čidel. Akumulační nádoba je opatřena plovoucím bojlerem pro teplou užitkovou vodu. Jakmile klesne úroveň teploty v akumulační nádrži, kotel automaticky dopraví peletky do spalovací komory a zahájí proces spalování paliva.

4.6 VOLBA VHODNÝCH TARIFŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Obchodníkem s EE bude firma ČEZ, která bude dodávat EE do uvažovaného objektu. Firmu ČEZ volím na základě dobrých referencí od zákazníků a schopnosti pohotově a rychle řešit případné problémy. Ceník pro domácnosti je účinný od 1.1.2016 a je označován obchodním názvem COMFORT²⁶.

Pro variantu 1 a 2 sloužily v minulosti tarify D55d a D56d, které v současné době už nemohou být přiznány. Tarif D55d sloužil pro tepelné čerpadlo uvedené do provozu do 31. 3. a tarif D56d nahrazoval tuto sazbu, která mohla být přiznána maximálně do 31.3.2016 dle obchodních podmínek firmy ČEZ Prodej. Pro zařízení uvedené po 31.3.2016 tzn. s platností od 1.04 2016 lze přiznat novou sazbu D57d. Majitel v současné době nemá ještě vybraný vhodný zdroj vytápění, takže nemá ani uzavřenou smlouvu s obchodníkem, takže mu nezbyvá nic jiného než sazba D57d. Tato sazba je určena přímo pro tepelné čerpadlo a je pro ni vyčleněno období nízkého a vysokého tarifu. Doba nízkého tarifu v průběhu dne musí činit minimálně 20 hodin denně. Maximální souvislá délka vysokého tarifu může být maximálně jednu hodinu a distributor si vyhrazuje právo tyto délky nakombinovat v průběhu dne dle jeho potřeby.

Varianta 3.1 a 3.2 představuje elektrický způsob topení (elektrokotel) a pro ni je přiřazena nová sazba D57d stejně jako u varianty 1 a 2.

Varianta 4 využívá pouze elektřinu pro svícení, spotřebiče elektrické energie, vaření a ostatní spotřebu. Elektrická energie zde není používána pro vytápění a pro ohřev TUV, protože je veškerá tato potřeba kryta z peletového kotle. Z tohoto důvodu přicházejí k úvaze pouze sazby D01d a D02d a obě tyto sazby jsou jednotarifové. Sazba D01d je určena malým domácnostem s malou spotřebou elektrické energie a primárně slouží pro trvale neobydlená odběrná místa. Sazba D02d je určena pro domácnost s běžnými spotřebiči a jedná se o nejpoužívanější sazbu v ČR. Podmínky pro získání těchto sazeb nejsou žádné. V mém případě se jedná o tříčlennou rodinu s trvalým pobytem v uvažovaném objektu a s běžnými spotřebiči, takže volím sazbu D02d.

V rámci mého výzkumu se mi nepovedlo zjistit číslo EIC kódů OM, proto nejsem schopen určit dobu NT a VT ze stránek skupiny ČEZ Distribuce. V této práci tedy předpokládám rozdělení

²⁵ SAJDL, R. *ATMOS: Základní podmínky pro dobrou funkci a vysokou životnost kotlů ATMOS*. [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/instalace-kotlu/>

²⁶ ANONYM. ČEZ. *Ceník elektřiny*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf

spotřeby elektrické energie na 20 hodin nízkého tarifu a 4 hodiny vysokého tarifu pro první tři varianty. Konkrétní spotřebu elektrické energie daného spotřebiče pak rozpočítávám poměrově k dobám trvání NT a VT. Celková spotřeba EE jednotlivých spotřebičů tvoří z 83% sazba NT a zbytek spotřeby je počítán ve VT pro varianty 1 až 3. Varianta 4 má pouze vysoký tarif, takže tam tento problém odpadá.

4.7 VÝPOČET VELIKOSTI VHODNÉHO JISTIČE

Výpočet proudové hodnoty jističe pro jednotlivé varianty vypočítám na základě sečtení všech příkonů uvažovaných spotřebičů. Příkony jednotlivých spotřebičů jsem určil z technické dokumentace. Spotřebiče s nepatrným výkonem jsem zanedbal nebo zařadil do položky ostatní. Přehled všech uvažovaných spotřebičů pro všechny varianty jsou v následující tabulce:

Tabulka 7: Přehled příkonu uvažovaných spotřebičů

	Jednotka	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3.1	Varianta 3.2	Varianta 4
Pračka	kW	2	2	2	2	2
Fén na vlasy	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Indukční deska	kW	3	3	3	3	3
Myčka	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Trouba	kW	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Kombinovaná chladnička	kW	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mikrovlnná trouba	kW	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Kuchyňský robot	kW	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Rychlovarná konvice	kW	2	2	2	2	2
Digestoř	kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vysavač	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Žehlička	kW	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Osvětlení	kW	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PC, elektronika, ostatní	kW	1	1	1	1	1
Vytápění, ohřev TUV	kW	8,80	8,80	8,00	8,00	0,00
Celkem	kW	28,60	28,60	27,80	27,80	19,80
Koeficient soudobosti	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Maximální soudobý příkon	kW	18,59	18,59	18,07	18,07	12,87
Fázové napětí	U	230	230	230	230	230
cos φ	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Třífázový proud	A	28,36	28,36	27,57	27,57	19,63

Celkový příkon spotřebičů je uveden v řádce „Celkem“ a pro uvažované varianty se liší, protože jsem zde navrhnul různé způsoby vytápění. Pro určení maximálního soudobého příkonu

jsem určil koeficient soudobosti na hodnotu 0,65, kterou jsem převzal ze stránek Skupiny ČEZ²⁷. Myslím si, že tato hodnota je nadsazená a správnou hodnotu činitele soudobosti bych byl schopen určit až po dlouhodobém sledování chování rodiny. Maximální soudobý příkon [kW] bude pak roven:

$$P_{Pmax} = \beta \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (10)$$

kde: β je koeficient soudobosti [-]
 P_i je příkon spotřebiče [kW]

Třífázový proud [A] pro správný návrh proudové hodnoty jističe bude roven následující rovnici:

$$I = \frac{1000 \cdot P_{Pmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{3S} \cdot \cos\varphi} \quad (11)$$

kde: U_{3S} je sdružené napětí [V]
 $\cos\varphi$ je účinník²⁷ [-]

Sdružené napětí získám vynásobením fázového napětí $\sqrt{3}$. Velikost účinníku jsem převzal ze stránky skupiny ČEZ. Třífázový proud je uveden v tabulce jako poslední hodnota. Vhodnou velikost jističe určím jako nejbližší vyšší proudovou hodnotu nabízeného jističe v rámci ceníku. Pro variantu 1, 2 a 3 volím hodnotu 3x32A a pro variantu 4 volím 3x20A.

²⁷ ANONYM. Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů. Skupina ČEZ. [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/techicke-zalezitosti/pro-stavebniky/proudova-hodnota-jistice.html>

4.8 SOUHRN KAPITOLY

Uvedená tabulka znázorňuje systémy vytápění a větrání, řešení zálohy a způsob distribuce tepla, zvolený tarif a velikost jističe. Dále účinnosti otopných zařízení včetně distribuce jejich tepla.

Tabulka 8: Přehled všech navržených variant

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3.1	Varianta 3.2	Varianta 4
Způsob vytápění	TČ vzduch-voda	TČ země-voda	Elektrokotel	Elektrokotel	Kotel na tuhá paliva
Způsob ohřevu TUV	TČ vzduch-voda	TČ země-voda	Elektrokotel + solární kolektory	Elektrokotel	Kotel na tuhá paliva
Záloha	Elektrická vložka	Elektrická vložka	Elektrická vložka	Elektrická vložka	UPS zdroj (pouze na dojezd)
Způsob větrání	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka
Způsob distribuce tepla	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení
Potřeba tepla na vytápění MWh / rok	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Potřeba tepla na ohřev TUV MWh / rok	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Tarif a velikost jističe	D57d, 3x32A	D57d, 3x32A	D57d, 3x32A	D57d, 3x32A	D02d, 3x20A
Účinnost topného zařízení ^{28 29}	-	-	0,99 a 0,73	0,99	0,9
Účinnost distribuce TUV (t>45°C) TN 73 0331 ³⁰	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Účinnost distribuce vytápění (t<45°C) TN 73 0331 ³⁰	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Pomocná energie kWh / rok	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Ostatní elektrická spotřeba MWh / rok	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

²⁸ ANONYM. Elektrokotel DALINE PTE e 4-18 kW. *DAKON*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/daline-pte-4-18-kw/>. Specifikace výrobce.

²⁹ ANONYM. Kotle na pelety ATMOS. *ATMOS*. [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>. Specifikace výrobce

³⁰ TNI 73 0331. Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ZVOLENÝCH VARIANT

Výpočet proveden na základě metodiky v kap. (2.3)

5.1 VSTUPNÍ PARAMETRY EKONOMICKÝCH MODELŮ

5.1.1 Stanovení diskontu

Pro stanovení diskontu je nutno znát povahu investora. Investor je osoba v zaměstnaneckém poměru s nadprůměrným platem. Jeho investiční zkušenosti mi nejsou známy a budu tedy předpokládat, že má uložené peníze na běžném účtu a má averzi k riziku. Vzhledem k tomu, že je investorovi více než 50 let a má krátkou dobu do důchodu, tak se jedná spíše o konzervativního investora. Tento typ investora si nemůže dovolit podstoupit větší ztrátu finančních prostředků v podobě výběru agresivní investiční strategie. Z uvedeného důvodu navrhuji stanovení diskontu na základě ušlé příležitosti z možného úroku termínovaného účtu. Termínovaný účet bych volil u banky, která je regulovaná Českou Národní Bankou z důvodu přítomnosti Garančního systému finančního trhu zajišťující pojištění vkladů (fond pojištěných vkladů). Nejlepší termínovaný účet splňující předchozí podmínku představuje J & T banka s jejich produktem Clear Deal. Tento produkt představuje zhodnocení 2% ročně bez rizika. Z uvedených 2% je třeba odečíst 15% srážkovou daň. Výsledný diskont tedy volím na hodnotu 1,74%

5.1.2 Stanovení eskalace cen

Elektrické energie stanovím na základě vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku, kde se doporučuje roční růst cen energií ve výši 3%³¹. Vzhledem k poslední době, kdy cena elektřiny na burze klesá, se mi tato hodnota zná vysoká. Proto volím 2% růst cen elektrické energie. EE se platí vždy na konci roku, proto za první rok respektuji současný ceník a od druhého roku bude cena navýšena o eskalaci.

Inflace je stanovena na základě inflačního cíle ČNB cituji: „*Inflační cíl v celkové inflaci ve výši 2 % platný od ledna 2010 do přistoupení ČR k eurozóně. ČNB bude stejně jako doposud usilovat o to, aby se skutečná hodnota inflace nelišila od cíle o více než jeden procentní bod na obě strany*“³². Respektování inflace je třeba u nákladů za budoucí opravu, protože ceny za komponenty a za lidskou práci rostou. Dále také za fixní a variabilní náklady peletek.

³¹ Vyhláška 480/2012 Sb., Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku

³² ANONYM. Česká národní banka. *Cílování inflace v ČR*. [online]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/cilovani.html

5.1.3 Přijaté zjednodušující předpoklady

Přijaté zjednodušující předpoklady s odůvodněním jsou následující:

- **Zanedbání spotřeby spotřebičů v režimu stand-by** – důvodem toho předpokladu je, že spotřeba v režimu stand-by je tak malá, že výsledek neovlivní. Navíc je tato spotřeba pro všechny varianty stejná bude se lišit pouze v ceně dle tarifu. Přibližná spotřeba spotřebičů v režimu stand-by je přibližně 100 – 200 kWh, což odpovídá nákladům přibližně 250 – 500 Kč / rok pro V1,V2,V3.1b a pro V4 410 – 820 Kč. Rozdíl by se tedy pohyboval v maximální výši přibližně 300 Kč / rok a bude v lehké nevýhodě varianta 4.
- **Stávající tarifní struktura** – uvažované tarify viz kap. (4.6), které se v průběhu životnosti nebudou měnit. Tarifní struktura se již jednou přepracovávala a za dobu ekonomické životnosti variant dojde určitě k dalším změnám. Nejbližší plánovanou změnu lze odhadnout na leden příštího roku dle informací ERU cit.: *„Při změně tarifního systému v lednu 2017 budou nové distribuční sazby přiřazeny zákazníkům automaticky podle převodních pravidel uvedených v následujících tabulkách. Většina zákazníků nebude muset dělat vůbec nic a změna se projeví až ve faktuře.“*³³. Uvedená informace by se projevila následujícím způsobem: Pro variantu 1, 2 a 3.1, 3.2 by náležel nový tarif s D2Td (20 hodin NT) a majitel by ušetřil 300 Kč / rok pro V1, připlatil 2400 Kč / rok pro V2, ušetřil 800 Kč / rok pro V3.1 a ušetřil 1300 Kč / rok pro V3.2. Pro variantu V4 by náležel nový tarif D1sd a majitel by ušetřil 1300 Kč / rok. Z uvedeného vyplývá, že je nejvíc zvýhodněné jsou varianty V3.2 a V4. Varianta V3.2 má nejvyšší dobu využití maxima jističe a to na 640 hod / rok. Pro variantu V2 se nejvíce zdraží platba za distribuci a to o cca 2000 Kč / rok díky větší platbě za OM a za jistič.
- **Spotřeba elektrické energie určena na základě chování naší rodiny** – kap. 3.2)
- **Spotřeba teplé vody určena na základě normy** – kap. (2.1.4)
- **Zanedbání nákladu na vlastní spotřebu vytápění** – položka nákladů reprezentující EE pro pohon čerpadel, spotřebu řídicích jednotek a spínacích prvků. Důvodem je velká složitost vyčíslení těchto nákladů. Odborný odhad po konzultaci se servisním technikem firmy Regulus činní přibližně 500 – 1000 Kč / rok¹⁹.
- **Rozpočítání nákladů na EE poměrně dle doby trvání NT a VT** – kap. (4.6).

³³ ANONYM. ERÚ – Změny pro konečné zákazníky. *Energetický regulační úřad*. [online]. 18.5.2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zmeny-pro-konecne-zakazniky>

5.2 VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH VODA

Tabulka 9: Investiční výdaje varianty 1 ²¹

Položka	Počet [Ks]	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Životnost [let]
TČ Stiebel Eltron WPL08 + Komb nadrž HSBC 200 Trend Comfort	1	197 954,0 Kč	227 647,1 Kč	20
Expanzní nádoba REFLEX NG 18 pro topení	1	1 163,0 Kč	1 337,5 Kč	10
Expanzní nádoba REFLEX REFIX DE 12l pro TUV	1	1 615,0 Kč	1 857,3 Kč	10
Doprava materiálu	1	1 000,0 Kč	1 150,0 Kč	-
Montáž	1	8 000,0 Kč	9 200,0 Kč	-
Elektroinstalace a revize	1	6 200,0 Kč	7 130,0 Kč	-
Instalační a spotřební materiál	1	4 700,0 Kč	5 405,0 Kč	-
DPH (snížená sazba §48 Zákona o dani z přidané hodnoty)	15%		33 094,8 Kč	
CELKEM S DPH			253 726,8 Kč	

Dobu ekonomické životnosti varianty stanovují na 20 let na základě životnosti nejdražšího komponentu a to samotného tepelného čerpadla. Náklady na opravu a údržbu systému se odvíjí od životnosti jednotlivých komponent. Životnost jednotlivých komponent stanovují na základě konzultace s pracovníkem realizační firmy ²¹. Obnovu topného systému plánují po desátém roce doby životnosti varianty. Investiční výdaje na opravu a údržbu jsou v následující tabulce a cenu jednotlivých komponent určí na základě konzultace s pracovníkem realizační firmy ²¹:

Tabulka 10: Náklady na opravu a údržbu varianty 1 ²¹

Položka	Počet [ks]	Cena po t = 10 [Kč]
Expanzní nádoba REFLEX NG 18 pro topení	1	1 630,3 Kč
Expanzní nádoba REFLEX REFIX DE 12l pro TUV	1	2 264,0 Kč
WILO Star-Z NOVA - Cirkulační čerpadlo (2x topení, 1x TUV)	3	7 836,9 Kč
Kompresor TČ	1	36 569,8 Kč
Chladivo R 407 C	1	2 438,0 Kč
CELKEM		50 739,1 Kč

Cena po t letech znázorňuje vliv inflace a to ve výši 2% za rok. Příklad výpočtu pro cenu expanzní nádoby REFLEX NG 18 v 10. roce životnosti varianty:

$$N_{EN10} = N_{EN0} \cdot (1 + i)^{10} = 1\,337,5 \cdot (1 + 0,02)^{10} = 1\,630,3 \text{ Kč} \quad (12)$$

kde: N_{EN0} jsou investiční výdaje na nádobu v roce 0 [Kč]
 i je inflace [-]

O nákladech na vytápění rozhoduje spotřeba elektrické energie TČ, která záleží na jeho topném faktoru, který záleží na venkovní teplotě. Průměrná venkovní teplota je jiná pro každý měsíc, proto jsem zvolil měsíční krok pro zpřesnění výpočtu. V následující tabulce je celková spotřeba tepla na vytápění bez vlivu účinnosti distribuce tepla:

Tabulka 11: Spotřeba elektrické energie na vytápění

Měsíc	$t^{\theta}, \text{ ext } [^{\circ}\text{C}]^2$	$Q_{\text{potř},n,\text{kor}} [\text{GJ}]$	$Q_{\text{potř},n,\text{kor}} [\text{MWh}]$	$\epsilon_n [-]$	$Q_{\text{spotř},n} [\text{MWh}]$
Leden	0,9	6,20	1,72	3,01	0,57
Únor	0,8	4,62	1,28	3,01	0,43
Březen	4,6	3,21	0,89	3,20	0,28
Duben	9,2	1,09	0,30	3,43	0,09
Květen	14,2	0,11	0,03	3,68	0,01
Červen	17,5	0,00	0,00	3,84	0,00
Červenec	19,1	0,00	0,00	3,92	0,00
Srpen	18,5	0,00	0,00	3,89	0,00
Září	14,7	0,02	0,01	3,70	0,00
Říjen	9,7	1,45	0,40	3,45	0,12
Listopad	4,4	3,88	1,08	3,19	0,34
Prosinec	0,9	5,66	1,57	3,01	0,52
CELKEM					2,35

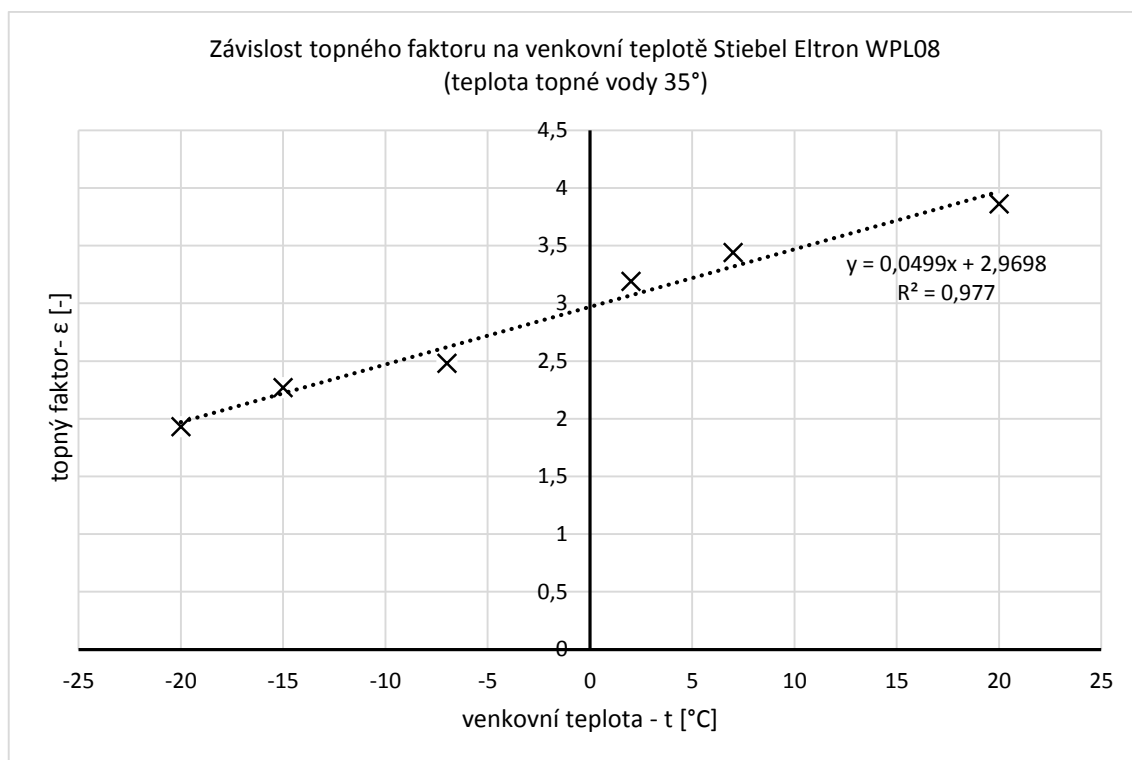
$Q_{\text{potř},n,\text{kor}}$ je hodnota, která představuje potřebu tepla na vytápění pro jednotlivé měsíce s respektováním pasivních solárních zisků kap. (3.3). Topný faktor ϵ pro konkrétní teploty určím na základě lineární regrese hodnot poskytnutých obchodním zástupcem firmy Stiebel Eltron. Hodnoty uvádím v následující tabulce:

Tabulka 12: Topné faktory TČ Stiebel Eltron WPL08³⁴

Venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Topný faktor W35 [-]	Topný faktor W45 [-]	Topný faktor W55 [-]	Topný faktor W50 [-]
-20	1,93	1,64	1,34	1,49
-15	2,27	1,89	1,51	1,7
-7	2,48	2,16	1,85	2,005
2	3,19	2,65	2,1	2,375
7	3,44	2,81	2,18	2,495
20	3,86	3,36	2,86	3,11

Z tabulky topných faktorů volím topný faktor W35, protože 35°C má topná voda podlahového topení. Odpovídající závislost topného faktoru na venkovní teplotě uvažovaného TČ je na následujícím grafu:

³⁴ ŠAFRÁNEK, D. *Výpočetní software TČ WPL 08 Trend*. Topné faktory. Poskytnuto dne 26.04.2016. Tel: 606 792 065



Graf 2: Závislost topného faktoru na venkovní teplotě Stiebel Eltron WPL 08 $t=35$ ³⁴

Odpovídající odhadnutý regresní model:

$$\hat{\varepsilon} = 0,0499t + 2,9698 + u \quad (13)$$

kde: $\hat{\varepsilon}$ je odhadnutý topný faktor v závislosti na teplotě [-]
 t je venkovní teplota [°C]
 u je chyba regrese [-]

Spotřebu elektrické energie TČ $Q_{spotř,n}$ bez respektování účinnosti distribuce tepla lze určit jako podíl potřeby tepla na vytápění $Q_{potř,n,kor}$ a příslušného topného faktoru ε_n . Celková roční spotřeba elektrické energie TČ za rok je pak rovna součtu všech spotřeb tepla za jednotlivé měsíce. Pro respektování účinnosti otopného systému lze napsat vztah:

$$Q_{VYT} = \frac{Q_{spotř}}{\eta_{dis}} = \frac{2,41}{0,89} = 2,71 \text{ MWh/r} \quad (14)$$

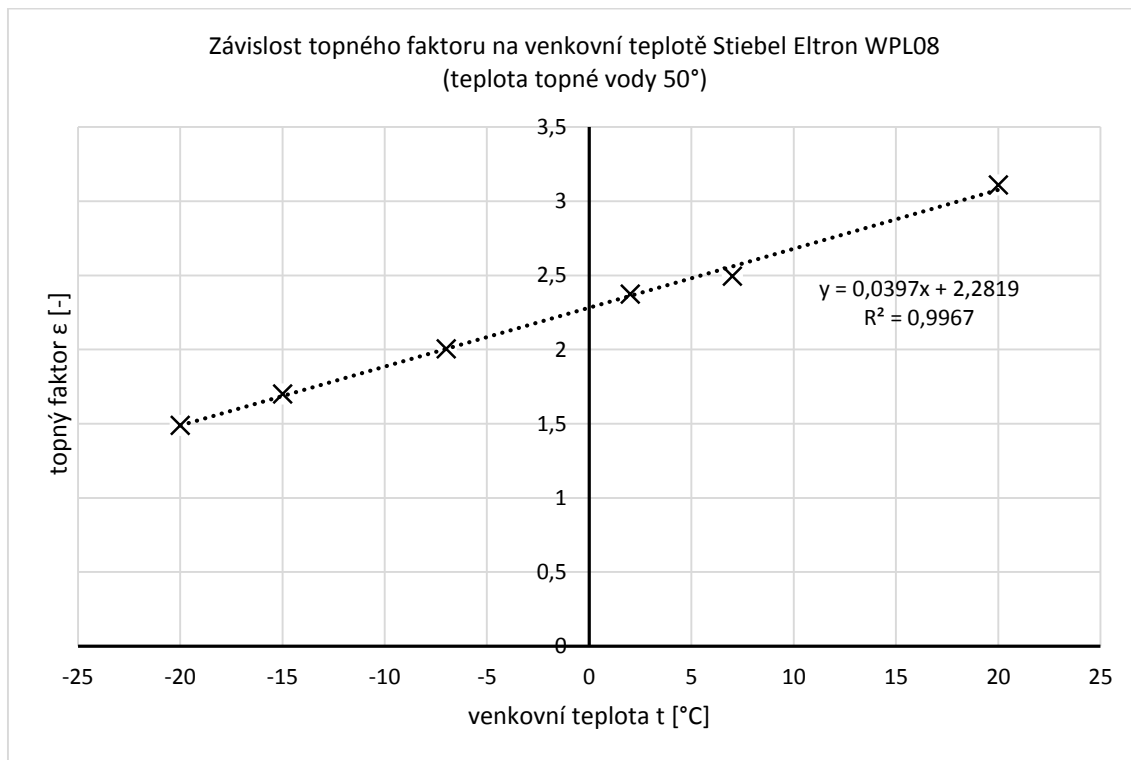
kde: $Q_{spotř}$ je roční spotřeba EE TČ na vytápění [MWh/rok]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy 30 [-]

Náklady na ohřev TUV určím analogicky z následující tabulky:

Tabulka 13: Spotřeba tepla na ohřev TUV

Měsíc	$t^0, \text{ ext } [^{\circ}\text{C}]^2$	$Q_{\text{potř,TV,n}} [\text{MWh}]$	$\epsilon_n [-]$	$Q_{\text{spotř,TV,n}} [\text{MWh}]$
Leden	0,9	0,19	2,32	0,08
Únor	0,8	0,17	2,31	0,07
Březen	4,6	0,19	2,46	0,08
Duben	9,2	0,18	2,65	0,07
Květen	14,2	0,19	2,85	0,07
Červen	17,5	0,17	2,98	0,06
Červenec	19,1	0,09	3,04	0,03
Srpen	18,5	0,18	3,02	0,06
Září	14,7	0,17	2,87	0,06
Říjen	9,7	0,19	2,67	0,07
Listopad	4,4	0,18	2,46	0,08
Prosinec	0,9	0,19	2,32	0,08
CELKEM				0,81

Odpovídající závislost topného faktoru na venkovní teplotě pro teplotu topné vody 50°C (TUV) je určím z lineární regrese topného faktoru W_{50} z tabulky: Tabulka 12: Topné faktory TČ Stiebel Eltron WPL08



Graf 3: Závislost topného faktoru na venkovní teplotě Stiebel Eltron WPL 08 $t=50$ ³⁴

Odpovídající odhadnutý regresní model:

$$\hat{\varepsilon} = 0,0397t + 2,2819 + u \quad (15)$$

Spotřebu elektrické energie TČ $Q_{spotř,TV,n}$ na ohřev TUV bez respektování účinnosti distribuce tepla lze určit jako podíl potřeby tepla na ohřev TUV $Q_{potř,TV,n}$ a příslušného topného faktoru ε_n . Celková roční spotřeba elektrické energie TČ za rok za ohřev TUV je pak rovna součtu všech spotřeb tepla za jednotlivé měsíce. Pro respektování účinnosti otopného systému lze napsat vztah:

$$Q_{TV} = \frac{Q_{spotř}}{\eta_{dis}} = \frac{0,81}{0,87} = 0,93 \text{ MWh/r} \quad (16)$$

kde: $Q_{spotř}$ je roční spotřeba EE TČ na ohřev TUV [MWh/rok]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy³⁰ [-]

Pro vyčíslení ročních nákladů na vytápění a ohřevu TUV je nutné znát ceník elektrické energie, protože EE je pro TČ jediný energonositel, který vyvolá náklady. Ceník odpovídající zvolenému tarifu a velikosti jističe je v následující tabulce:

Platba za distribuci:	Cena bez DPH	Cena s DPH	Jednotka
Měsíční plat za rezervovaný příkon dle jističe	338,0	409,0	Kč / m
Cena za 1MWh (pouze pro NT)	131,2	158,8	Kč / MWh
Cena za 1MWh (pouze pro VT)	141,7	171,5	Kč / MWh
Platba za ostatní regulované položky:			
Platba za systémové služby	99,7	120,6	Kč / MWh
Platba za činnost OTE	6,6	8,0	Kč / OM / měs
Platba příspěvku na podporované zdroje - podle odběru	24,0	29,0	Kč / A / měs
Platba příspěvku na podporované zdroje - MAX	495,0	599,0	Kč / MWh
Daň z elektřiny	28,3	34,2	Kč / MWh
Platba za dodávku elektřiny:			
Stálá složka-platba za činnost obchodníka	60,0	72,6	Kč / měs
Silová elektřina: (pouze pro VT)	1 313,0	1 588,7	Kč / MWh
Silová elektřina: (pouze pro NT)	1 261,0	1 525,8	Kč / MWh
Celková cena za fixní složku energie včetně DPH:		5 874,5	Kč/r
Celková cena za variabilní složku energie včetně DPH v VT:		2 514,1	Kč/MWh
Celková cena za variabilní složku energie včetně DPH v NT:		2 438,4	Kč/MWh

Tabulka 14: Ceník elektrické energie produktu ČEZ Comfort³⁵

³⁵ Skupina ČEZ. Ceník elektřiny. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf

Náklady na vytápění a ohřev TUV tedy vypočítám vynásobením celkové ceny za variabilní složku elektrické energie včetně DPH v NT a příslušné celkové spotřeby EE na ohřev TUV nebo vytápění. Nízký tarif jsem zvolil, protože varianta má akumulaci nádrží, která se bude nahřívat přes noc na nízký tarif. Celkové náklady za první rok na vytápění jsou 6 639 Kč a na ohřev TUV 2 265 Kč.

Celkovou cenu za fixní složku elektrické energie jsem určil sečtením měsíčního platu za rezervovaný příkon dle jističe, platbu za činnost OTE a přičtením stálé platby za činnost obchodníka. Hodnota stálé platby za OM 5 874,5 Kč / rok.

Náklady odpovídající spotřebě 3279,4 kWh jsou rovny 8038,5 Kč. Cena za 1kWh v sobě obsahuje v rámci platby za systémové služby, příspěvku na OZE, daně z EE a silové elektřiny z příslušného tarifu. Rozdělení spotřeby do NT nebo VT viz kap. (4.6).

Výpočet toku hotovosti dle kapitoly (2.3.2). V roce 0 odpovídá pouze investičním výdajům ve výši 253 000 Kč a v prvním roce 22 817 Kč. Dle metodiky eskalovány jednotlivé položky.

Výpočet NPV pro $Tž = 20$ na základě 2% diskontu vypočítán dle vzorce v kap. (2.3.2). Použitá funkce v MS Excel = ČISTÁ.SOUČHODNOTA(CF1;CF20)+N0. Výsledek je roven **-758 100 Kč** a příslušná roční ekvivalentní hodnota RCF – **45 000 Kč**. Obě znaménka jsou záporná, protože představují velikost nákladů.

5.3 VARIANTA 2 – TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ VODA

Tabulka 15: Investiční výdaje varianty 2 ^{21 22 23}

Položka	Umístění	Počet [Ks.]	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Životnost [let]
WPC 07 TČ s vestavěným zásobníkem teplé vody	Topný systém	1	210 800,0 Kč	242 420,0 Kč	20
Expanzní nádoba REFLEX NG 18 pro topení	Topný systém	1	1 163,0 Kč	1 337,5 Kč	10
Expanzní nádoba REFLEX REFIX DE 12l pro TUV	Topný systém	1	1 615,0 Kč	1 857,3 Kč	10
SBP 100 – Závěsný zásobník TUV	Topný systém	1	13 600,0 Kč	15 640,0 Kč	10
WKPI-V - sada pro připojení k TČ	Topný systém	1	4 600,0 Kč	5 290,0 Kč	10
Montáž	Topný systém	1	8 000,0 Kč	9 200,0 Kč	20
Elektroinstalace a revize	Topný systém	1	6 200,0 Kč	7 130,0 Kč	20
Instalační a spotřební materiál	Topný systém	1	4 700,0 Kč	5 405,0 Kč	20
Kolektorové potrubí	Zemní kolektor	350m	15 000,0 Kč	17 250,0 Kč	20
Sběrač a rozdělovač	Zemní kolektor	1	21 200,0 Kč	24 380,0 Kč	20
Šachtice	Zemní kolektor	1	5 000,0 Kč	5 750,0 Kč	20
Sběrné potrubí	Zemní kolektor	1	7 000,0 Kč	8 050,0 Kč	20
Výkopové práce	Zemní kolektor	1	20 000,0 Kč	23 000,0 Kč	20
Expanzní nádoba MAG 12l	Zemní kolektor	1	1 210,0 Kč	1 391,5 Kč	10
Nemrzoucí kapalina primárního okruhu	Zemní kolektor	1	3 150,0 Kč	3 622,5 Kč	10
Instalační a spotřební materiál	Zemní kolektor	1	3 400,0 Kč	3 910,0 Kč	20
Montáž zařízení a připojení k TČ	Zemní kolektor	1	4 900,0 Kč	5 635,0 Kč	20
DPH (snížená sazba §48 Zákona o dani z přidané hodnoty) 15%				37 601,7 Kč	
CELKEM S DPH				381 268,7 Kč	

Dodávku TČ WPC 07 s vestavěným zásobníkem teplé vody, SBP 100 – závěsného zásobníku TUV a WKPI-V - sada pro připojení k TČ dodá firma Stiebel Eltron . Montáž a ostatní práce provede pracovník firmy Toron ²¹. Dodávku a instalaci zemního kolektoru provede živnostník na klíč. ²³

Dobu ekonomické životnosti varianty stanovují na 20 let na základě životnosti nejdražšího komponentu a to samotného tepelného čerpadla. Náklady na opravu a údržbu systému se odvíjí od životnosti jednotlivých komponent. Životnost expanzních nádob, tepelných čerpadel a ostatního spotřebního materiálu je zvolena na základě podobnosti s variantou 1 ²¹. Životnost komponentů zemního kolektoru stanovují na 10 let protože se jedná o spotřební materiál podobný topnému okruhu. Investiční výdaje na opravu a údržbu jsou v následující tabulce a cenu jednotlivých

komponent jsem určil na základě podobnosti s první variantou. Zde je ovšem navíc chladivo pro primární okruh a příslušná expanzní nádoba. Celkové náklady na opravu a údržbu jsou:

Tabulka 16: Náklady na opravu a údržbu varianty 2^{21 22}

Položka	Počet [Ks.]	Cena po t = 10 [Kč]
Expanzní nádoba REFLEX NG 18 pro topení	1	1 630,3 Kč
Expanzní nádoba REFLEX REFIX DE 12l pro TUV	1	2 264,0 Kč
Expanzní nádoba MAG 12l pro primární okruh	1	1 696,2 Kč
WILO Star-Z NOVA - Cirkulační čerpadlo (2x topení, 1x TUV)	3	7 836,9 Kč
Kompresor TČ	1	36 569,8 Kč
Chladivo R 407 C	1	2 438,0 Kč
Chladivo primárního okruhu	1	4 876,0 Kč
CELKEM		57 311,3 Kč

Cena po t letech znázorňuje vliv inflace a to ve výši 2 % za rok po dobu t podobně jako u předchozí varianty. Pro tuto variantu jsem navíc doporučil výměnu chladiva primárního okruhu po 10 letech na základě odborné konzultace s firmou Stiebel Eltron²². Pro primární okruh uvažuji ještě jednu expanzní nádobu navíc. Odlišností ve výpočtu spotřeby tepla na vytápění a TUV od první varianty je jiná hodnota teploty, protože toto TČ získává teplo z půdy v hloubce 1m. Teploty půdy v hloubce 1m mi poskytl pracovník ČHMU³⁶. V následující tabulce je celková spotřeba tepla na vytápění bez vlivu účinnosti distribuce tepla:

Tabulka 17: Spotřeba EE na vytápění varianty 2:

Měsíc	t ⁰ , půdy [°C] ³⁶	Qpotř,n,kor [GJ]	Qpotř,n,kor [MWh]	εn [-]	Qspotř,n [MWh]
Leden	3,9	6,20	1,72	5,43	0,32
Únor	2,7	4,62	1,28	5,28	0,24
Březen	3,3	3,21	0,89	5,36	0,17
Duben	6,0	1,09	0,30	5,69	0,05
Květen	9,3	0,11	0,03	6,11	0,01
Červen	12,6	0,00	0,00	6,51	0,00
Červenec	14,5	0,00	0,00	6,74	0,00
Srpen	15,3	0,00	0,00	6,84	0,00
Září	14,0	0,02	0,01	6,69	0,00
Říjen	11,5	1,45	0,40	6,37	0,06
Listopad	8,5	3,88	1,08	6,01	0,18
Prosinec	5,9	5,66	1,57	5,68	0,28
CELKEM					1,30

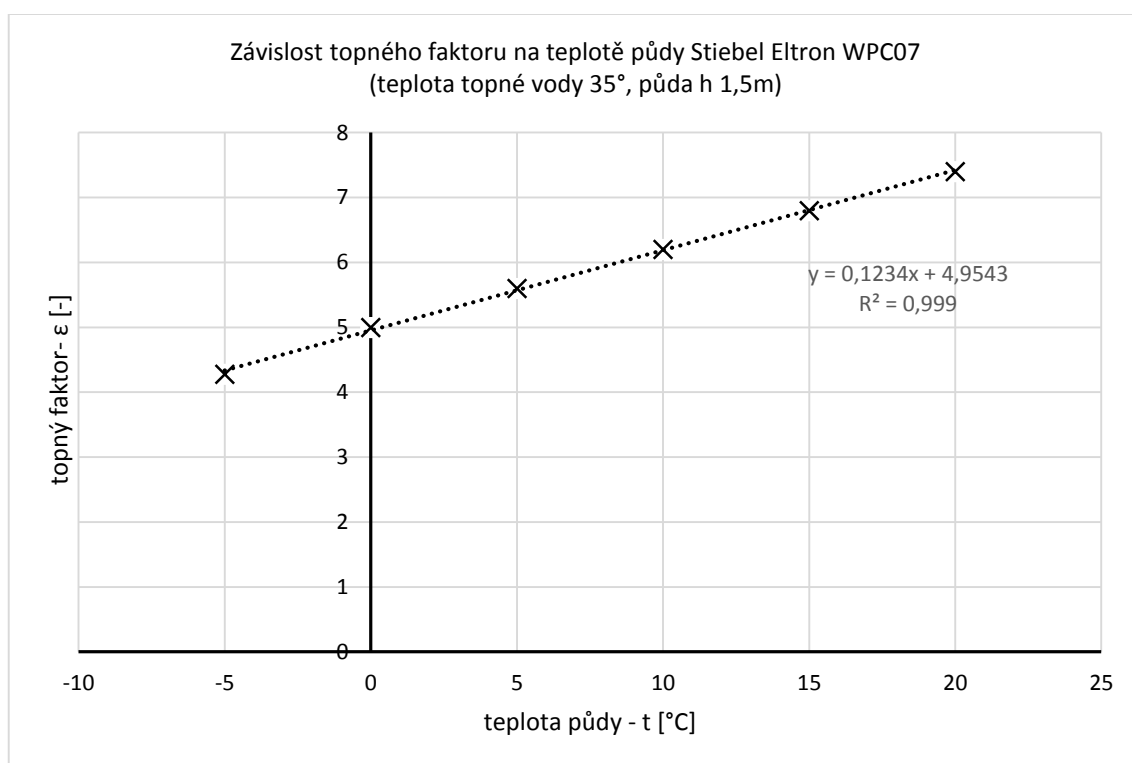
Hodnoty topných faktorů pro použité tepelné čerpadlo:

³⁶ VRÁBLÍK, Tomáš. ČHMU. Tel: 602 605 085. Hodnoty z: Agroklimatické podmienky ČSSR", Hydrometeorologický ústav, Bratislava, 1975. Poskytnuto dne 27.04.2016

Tabulka 18: Topné faktory TČ Stiebel Eltron WPC07³⁷

Teplota půdy [°C]	Topný faktor W35 [-]	Topný faktor W45 [-]	Topný faktor W50 [-]	Topný faktor W55 [-]
-5	4,28	3,2	2,78	2,36
0	5	3,68	3,21	2,74
5	5,6	4,21	3,675	3,14
10	6,2	4,8	4,175	3,55
15	6,8	5,36	4,665	3,97
20	7,4	5,79	5,055	4,32

Z tabulky topných faktorů volím topný faktor W35, protože 35°C má topná voda podlahového topení. Odpovídající závislost topného faktoru na venkovní teplotě uvažovaného TČ je na následujícím grafu:



Graf 4: Závislost topného faktoru na teplotě půdy Stiebel Eltron WPC 07 $t=35$ ³⁷

Odpovídající odhadnutý regresní model:

$$\hat{\varepsilon} = 0,1234t + 4,9543 + u \quad (17)$$

kde: $\hat{\varepsilon}$ je odhadnutý topný faktor v závislosti na teplotě [-]
 t je teplota půdy [°C]

Spotřebu elektrické energie TČ $Q_{spotř,n}$ bez respektování účinnosti distribuce tepla lze určit jako podíl potřeby tepla na vytápění $Q_{potř,n,kor}$ a příslušného topného faktoru ε_n . Celková roční

³⁷ ŠAFRÁNEK, D. Tepelná čerpadla země | voda WPC, Stiebel Eltron, Údaje o výkonu. Technický dokument 2015

spotřeba elektrické energie TČ za rok je pak rovna jako součtu všech spotřeb tepla za jednotlivé měsíce. Pro respektování účinnosti otopného systému lze napsat vztah:

$$Q_{vvt} = \frac{Q_{spotř}}{\eta_{dis}} = \frac{1,3}{0,89} = 2,71 \text{ MWh/r} \quad (18)$$

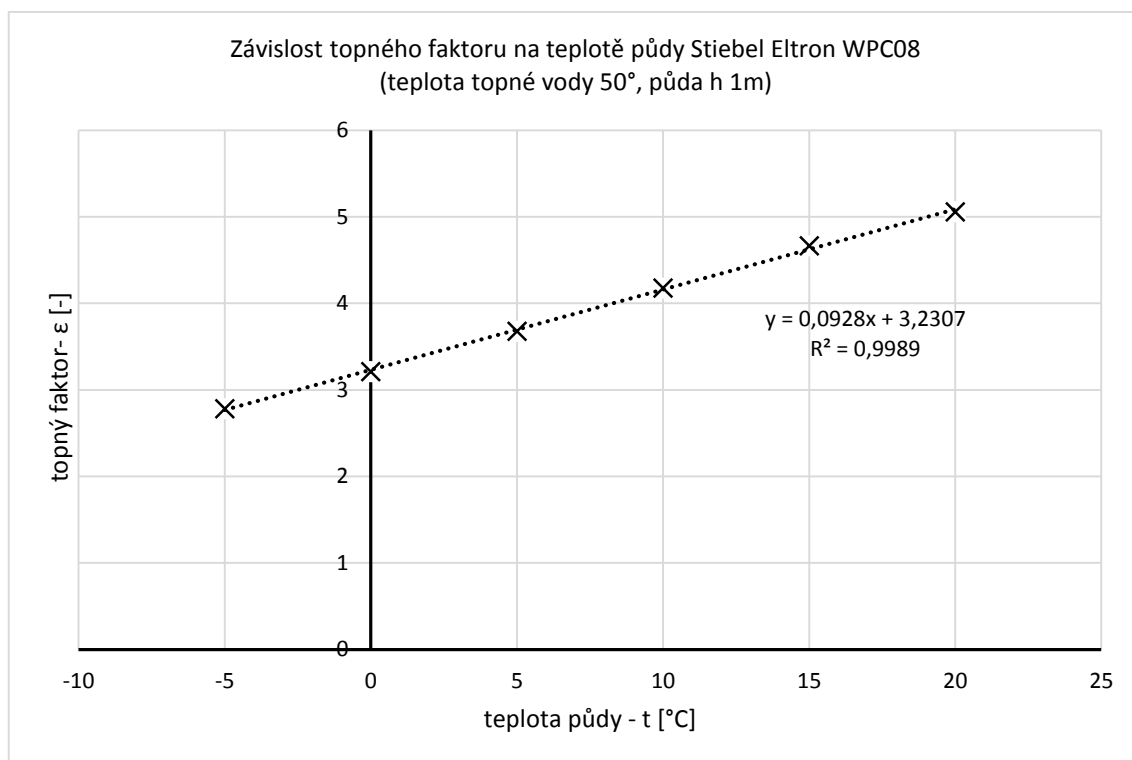
kde: $Q_{spotř}$ je roční spotřeba EE TČ na vytápění [MWh/rok]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy³⁰ [-]

Náklady na ohřev TUV určím analogicky z následující tabulky:

Tabulka 19: Spotřeba elektrické energie na ohřev TUV

Měsíc	t^{θ} , půdy [°C] 36	$Q_{potř,TV,n}$ [MWh]	ϵ_n [-]	$Q_{spotř,TV,n}$ [MWh]
Leden	3,9	0,19	3,59	0,05
Únor	2,7	0,17	3,48	0,05
Březen	3,3	0,19	3,53	0,05
Duben	6,0	0,18	3,79	0,05
Květen	9,3	0,19	4,10	0,05
Červen	12,6	0,17	4,40	0,04
Červenec	14,5	0,09	4,58	0,02
Srpen	15,3	0,18	4,65	0,04
Září	14,0	0,17	4,53	0,04
Říjen	11,5	0,19	4,29	0,04
Listopad	8,5	0,18	4,02	0,05
Prosinec	5,9	0,19	3,78	0,05
CELKEM				0,53

Odpovídající závislost topného faktoru na venkovní teplotě pro teplotu topné vody 50°C (TUV) je určím lineární regresí topného faktoru W50 z tabulky: Tabulka 18: Topné faktory TČ Stiebel Eltron WPC07



Graf 5: Závislost topného faktoru na teplotě půdy Stiebel Eltron WPC 07 t=50³⁷

Odpovídající odhadnutý regresní model:

$$\hat{\varepsilon} = 0,0928 + 3,2307 + u \quad (19)$$

Spotřebu elektrické energie TČ $Q_{spotř,TV,n}$ na ohřev TUV bez respektování účinnosti distribuce tepla lze určit jako podíl potřeby tepla na ohřev TUV $Q_{potř,TV,n}$ a příslušného topného faktoru ε_n . Celková roční spotřeba elektrické energie TČ za rok za ohřev TUV je pak rovna jako součtu všech spotřeb tepla za jednotlivé měsíce. Pro respektování účinnosti otopného systému lze napsat vztah:

$$Q_{TV} = \frac{Q_{spotř,TV}}{\eta_{dis}} = \frac{0,53}{0,87} = 0,61 \text{ MWh/r} \quad (20)$$

kde: $Q_{spotř,TV}$ je roční spotřeba EE TČ na ohřev TUV [MWh/rok]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy³⁰ [-]

Náklady na vytápění a ohřev TUV analogicky jako u varianty 1. Celkové náklady za první rok jsou rovny 3700 Kč za vytápění a 1500 Kč za ohřev TUV. Náklady za OM a za spotřebovanou energii stejné jako u předchozí varianty. Vstupní parametry ekonomického modelu totožné s první variantou. Za předpokladu předchozích parametrů NPV -827 500 Kč a RCF - 49 000 Kč.

5.4 VARIANTA 3.1 – ELEKTROKOTEL A SOLÁRNÍ KOLEKTORY

První věc, která je klíčová, je správné nedimenzování solárních kolektorů. Kolektory, které výrobce nabízí, jsem našel ve dvou velikostech s jinou plochou apertury. Postupuji tedy tak, abych navolil kombinaci kolektorů, která nebude mít větší přebytek tepelné energie než 100kWh·měsíc⁻¹. Přebytek nad tuto hodnotu už by byl příliš velký a soustava by byla předimenzovaná a mohlo by se stát, že dojde k trvalému poškození soustavy. Mám k dispozici kolektory s následujícími parametry:

Tabulka 20: Parametry a počet uvažovaných kolektorů ³⁸

	Malý kolektor KTU 10	Velký kolektor KTU 15	Jednotka
Korekční činitel (úhel dopadu, vítr, sálání vůči obsluze, sklon)	0,90	0,9	[-]
Střední (měsíční) účinnost solárního kolektoru	0,73	0,73	[-]
Plocha apertury solárních kolektorů	0,93	1,49	[m ²]
Tepelné ztráty solárních soustav (rozvody, solární zásobník)	0,2	0,2	[-]

Pro výpočet teoreticky využitelného měsíčního tepelného zisku ze solárních kolektorů použiji následující vztah:

$$Q_{k,u,n} = \sum_{i=1}^n k \cdot \eta_i \cdot Q_{ZSL,n,i} \cdot S_{AP,i} \cdot (1 - z) \quad (21)$$

kde:	k	je korekční činitel respektující úhel dopadu, vítr sálání a sklon	[-]
	η_i	je průměrná účinnost solárního kolektoru	[-]
	$Q_{ZL,n}$	je průměrná měsíční dávka tepelného záření na plochu m ²	[kWh/mes/m ²]
	S_{AP}	je plocha apertury solárních kolektorů	[m ²]
	z	je faktor respektující tepelné ztráty ³⁹	[-]

Solární kolektory tedy volím tak, aby:

$$\Delta Q_{k,n} > -100 \text{ kWh/mes} \wedge \Delta Q_{k,n} = \min \quad (22)$$

kde:	$\Delta Q_{k,n}$	je rozdíl mezi potřebou tepla na TUV a tepelným ziskem z kolektorů	[kWh/m]
------	------------------	--	---------

³⁸ ANONYM. Solární kolektory Regulus. *REGULUS*. [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/solarni-kolektory-pro-solarni-ohrev-vody>

³⁹ ANONYM. Bilance solárních systémů pro potřeby programu Zelená úsporám. *Nová zelená úsporám*. [online]. <http://www.zelenausporam.cz/ke-stazeni/4982/> [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/solarni-kolektory-pro-solarni-ohrev-vody>

Hledám tedy takový počet malých a velkých kolektorů, které bude splňovat přechází omezující podmínku a kritériální funkci.

Tabulka 21: Znázorňuje přebytek nebo nedostatek tepla pro ohřev TUV

Měsíc	$Q_{TV,n}$ [kWh]	$Q_{ZSL,n}$ [kWh/m ² /m]	$Q_{ZKOL,n}$ [kWh]	$\Delta Q_{k,n}$ [kWh] (+chybí, -navíc)
Leden	190,8	20,8	26,5	164,4
Únor	172,4	37,0	47,1	125,3
Březen	190,8	72,0	91,6	99,3
Duben	184,7	113,0	143,7	40,9
Květen	190,8	148,8	189,3	1,6
Červen	174,0	146,2	186,0	-11,9
Červenec	91,4	144,3	183,5	-92,2
Srpen	177,1	136,2	173,2	3,8
Září	174,0	87,1	110,8	63,2
Říjen	190,8	56,5	71,9	119,0
Listopad	184,7	25,2	32,1	152,6
Prosinec	190,8	14,9	19,0	171,9

Uvedená tabulka reprezentuje potřebu tepla na ohřev TUV $Q_{TV,n}$, tepelný zisk ze slunečního záření $Q_{ZSL,n}$ a tepelný zisk ze soustavy kolektorů $Q_{ZKOL,n}$ a znázorňuje přebytek nebo nedostatek tepla ze soustavy solárních kolektorů na pokrytí potřeby tepla TUV.

Počet kolektorů dimenzuji na měsíc červenec, protože v tomto měsíci je nemensší odběr teplé vody a největší solární zisky ze soustavy. Provedl jsem korekci na měsíc červenec, kdy nebude odběr teplé vody, protože je rodina na dovolené. Toto je zásadní informace pro návrh spolehlivého solárního systému. Počet kolektorů jsem tedy určil na koupi 1 malého a 1 velkého. Při následujícím stavu je největší přebytek tepelného výkonu 92,2 kWh a připadá na měsíc červenec a je v souladu s omezující podmínkou.

Investiční výdaje uvažované varianty jsou v následující tabulce:

Tabulka 22: Investiční výdaje varianty 3.1 ²⁴

Položka	Okruh [-]	Počet [Ks.]	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Životnost [let]
Vakuový kolektor KTU10	Solární	1	12 300,0 Kč	14 145,0 Kč	20
Vakuový kolektor KTU15	Solární	1	16 900,0 Kč	19 435,0 Kč	20
Uchycovací sada (AL konstrukce, uchycení)	Solární	2	4 000,0 Kč	4 600,0 Kč	20
Čerpadlová skupina S1 STDC E ext	Solární	1	11 390,0 Kč	13 098,5 Kč	10
Expanzní nádoba SL018	Solární	1	1 040,0 Kč	1 196,0 Kč	10
Solární regulátor SRS2TE	Solární	1	4 890,0 Kč	5 623,5 Kč	10
Nemrznoucí směs LS 20L	Solární	1	2 500,0 Kč	2 875,0 Kč	15
Práce, revize, nastavení, materiál	Solární	1	12 000,0 Kč	13 800,0 Kč	-
Aku. nádrž s nerezovým výměníkem TV HSK 390 P (izolace)	Teplovodní	1	39 590,0 Kč	45 528,5 Kč	15
Elektrická vložka 6kW	Teplovodní	1	1 400,0 Kč	1 610,0 Kč	15
Elektrokotel DAKON Daline PTE 8	Teplovodní	1	16 990,0 Kč	19 538,5 Kč	15
Expanzní nádoba SL018	Teplovodní	2	2 080,0 Kč	2 392,0 Kč	10
Čerpadla sekundárního okruhu	Teplovodní	2	4 000,0 Kč	4 600,0 Kč	10
Materiál pro elektroinstalaci	Teplovodní	1	2 000,0 Kč	2 300,0 Kč	-
Materiál pro topenářské práce	Teplovodní	1	6 000,0 Kč	6 900,0 Kč	-
Práce, revize, tlak zkouška, nastavení	Teplovodní	1	7 000,0 Kč	8 050,0 Kč	-
Doprava	Teplovodní	1	2 000,0 Kč	2 300,0 Kč	-
DPH		15%		21 912,0 Kč	15%
CENA CELKEM S DPH				167 992,0 Kč	

Investiční výdaje jsem určil z upravené cenové nabídky firmy HeatStav. Upravil jsem počet a značku solárních kolektorů. Kolektory, které mi byly nabízeny, jsou příliš drahé a soustava by s nimi byla naddimenzovaná.

Cena je složena z cen za dva okruhy. První okruh je solární a jeho celková cena je rovna 74 800 Kč bez kombinované akumulární nádrže. Cena topného okruhu s akumulární nádrží je 94 400 Kč.

Dobu ekonomické životnosti varianty stanovuji na 15 let na základě životnosti nejdražších komponentů – elektrokotle a kombinované akumulární nádrže. Náklady na opravu a údržbu systému se odvíjí od životnosti jednotlivých komponent. Náklady na obnovu systému uvažuji v 10. roce na základě konzultace s realizační firmou ²⁴.

Tabulka 23: Náklady na opravu a údržbu varianty 3.1 ²⁴

Položka	Počet [ks]	Cena po t = 10 [Kč]
Expanzní nádoba SL018	3	4 373,8 Kč
Elektrická vložka 6kW	1	1 962,6 Kč
Čerpadla sekundárního okruhu	2	5 607,4 Kč
Obnova solárního okruhu (Čerpadlová skupina, kapalina, jednotka, servis, těsnosti)	1	9 752,0 Kč
CELKEM		18 779,8 Kč

Pro celkovou spotřebu elektrické energie elektrokotle na vytápění zapíší následující vztah:

$$Q_{VYT} = \frac{Q_p}{\eta_{dis} \cdot \eta_{kot}} = \frac{6,25}{0,89 \cdot 0,99} = 7,1 \text{ MWh/r} \quad (23)$$

kde: Q_p je roční potřeba TUV na vytápění uvedená v kapitole (3.3) [MWh/r]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy³⁰ [-]
 η_{kot} je účinnost elektrokotle⁴⁰ [-]

Tabulka 24: Potřeba tepla na vytápění s respektováním vlivu kolektorů

Měsíc	$Q_{TV,n}$ [kWh]	$Q_{ZKOL,n}$ [kWh]	$Q_{TV,S,n}$ [kWh]
Leden	190,83	26,46	164,38
Únor	172,36	47,06	125,30
Březen	190,83	91,58	99,25
Duben	184,68	143,73	40,95
Květen	190,83	189,27	1,57
Červen	174,02	185,96	0,00
Červenec	91,39	183,54	0,00
Srpen	177,07	173,24	3,83
Září	174,02	110,79	63,23
Říjen	190,83	71,87	118,97
Listopad	184,68	32,05	152,62
Prosinec	190,83	18,95	171,88
CELKEM			941,97

$Q_{TV,n}$ je roční potřeba tepla na ohřev TUV, $Q_{ZKOL,n}$ je zisk ze solárních kolektorů a $Q_{TV,S,n}$ je roční potřeba tepla na ohřev TUV snižená o tepelné zisky ze solárních kolektorů.

⁴⁰ANONYM. Elektrokotel Daline PTE e 4-18 kW. DAKON. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/daline-pte-4-18-kw/>

Pro celkovou spotřebu elektrické energie elektrokotle na ohřev TUV zapíše následující vztah:

$$Q_{TV} = \frac{Q_{TV,S}}{\eta_{dis} \cdot \eta_{kot}} = \frac{0,94}{0,87 \cdot 0,99} = 1,09 \text{ MWh/r} \quad (24)$$

kde: $Q_{TV,S}$ je roční potřeba tepla na ohřev TUV respektující vliv kolektorů [MWh/r]
 η_{dis} je účinnost distribuce tepla pro teplovodní systémy³⁰ [-]
 η_{kot} je účinnost elektrokotle⁴⁰ [-]

Ceník elektrické energie včetně tarifu a jističe je totožný s předchozími variantami. Náklady na vytápění jsem tedy určil na hodnotu 17 300 Kč/rok. Náklady pro ohřev TUV 2660 Kč/rok. Fixní náklady za OM totožné s předchozí variantou. Náklady za elektrickou spotřebu (bez systému vytápění) stejné jako ve variantě 1 a 2.

U této varianty respektuji dotaci ve výši 40% způsobilých výdajů na solární systém do maximální výše 35 000 Kč. V mém případě tato dotace činí 31 000 Kč a její připsání na účet uvažuji v prvním roce, protože lze peníze dostat do tří dnů po podání všech relevantních podkladů. Dotace obnáší vyrazení administrativních podkladů, kterému je třeba věnovat čas. Čas ušlé příležitosti za tuto činnost nebudu uvažovat v této práci.

Za platnosti a použití předchozích parametrů jsem vypočítal **NPV -649 500 Kč** a **RCF -49 400 Kč**.

5.5 VARIANTA 3.2 – ELEKTROKOTEL

Varianta elektrokotel vychází z předpokladu, že je nejlevnější ale pravděpodobně neprojde průkazem energetické náročnosti budovy. Pokud by se tak stalo, tak se musí instalovat fotovoltaická elektrárna, aby se zvětšil podíl energonositelů využívající obnovitelnou energii. Tato varianta je zde jako doplněk k variantě 3.1 a má následující odlišnosti:

- 1) Neuvažuji investiční výdaje a náklady na opravu a údržbu solárního okruhu.
- 2) Neuvažuji přijatou dotaci na solární okruh.
- 3) Uvažuji 100% krytí potřeby tepla na ohřev TUV z elektrokotle.

Tyto změny znamenají následující ekonomické důsledky:

- 1) Investiční výdaje ve výši 93 219 Kč
- 2) Náklady na opravu a údržbu po v 10 roce budou pouze 10 480 Kč místo 18 799 Kč
- 3) Neuvažuji přijatou dotaci na solární okruh
- 4) Uvažuji 100% krytí potřeby tepla na ohřev TUV z elektrokotle – náklady na ohřev TUV se spočítají z roční potřeby tepla na ohřev TUV z kapitoly 3.4. Opět respektuji vliv účinnosti distribuce tepla a účinnosti kotle. Celková spotřeba tepla je pak 2,45 MWh /

rok místo 1,09 MWh / rok. Pro spotřebu 2,45 MWh za první rok vypočítám náklady na ohřev TUV v celkové výši 6000 Kč.

Pro uvedené změny v ekonomickém modelu vypočítám hodnotu NPV rovnu **-648 750 Kč** a **RCF -49 300 Kč**.

5.6 VARIANTA 4 – KOTEL NA TUHÁ PALIVA

Poslední varianta řeší vytápění a ohřev TUV pomocí peletového kotle. Celkové investiční náklady varianty odhaduji na 175 300 Kč na základě ceníku dostupného na internetových stránkách firmy ATMOS.⁴¹

Tabulka 25: Investiční výdaje varianty 4⁴¹

Položka	Počet [Ks.]	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Životnost [let]
Automatický kotel na pelety D15P	1	34 600,0 Kč	39 790,0 Kč	20
Hořák na pelety A25	1	19 400,0 Kč	22 310,0 Kč	20
Šnekový dopravník DA1500	1	8 900,0 Kč	10 235,0 Kč	10
Zásobník na pelety 500l (325kg)	1	5 900,0 Kč	6 785,0 Kč	20
Kombinovaná akumulční nádrž s plovoucím bojlerem DZ1000	1	30 000,0 Kč	34 500,0 Kč	20
Řídící jednotka ACD01 (ekvitermní regulace)	1	10 900,0 Kč	12 535,0 Kč	20
Laddomat 21	1	6 500,0 Kč	7 475,0 Kč	10
Čerpadla sekundárního okruhu	2	4 000,0 Kč	4 600,0 Kč	10
Expanzní nádoba REFLEX NG 18 pro topení	1	1 163,0 Kč	1 337,5 Kč	10
Expanzní nádoba REFLEX REFIX DE 12l pro TUV	1	1 615,0 Kč	1 857,3 Kč	10
Záložní zdroj proti přetopení	1	4 500,0 Kč	5 175,0 Kč	20
Revize	1	1 500,0 Kč	1 725,0 Kč	-
Montáž, revize	1	10 000,0 Kč	11 500,0 Kč	-
Napojení na komín	1	2 500,0 Kč	2 875,0 Kč	-
Doprava	1	2 000,0 Kč	2 300,0 Kč	-
Instalační a spotřební materiál (čidla, potrubí)	1	8 000,0 Kč	9 200,0 Kč	-
DPH	15%		22 721,7 Kč	
CENA CELKEM S DPH			174 200 Kč	

Životnost jednotlivých komponent stanovím na základě konzultace s pracovníkem ATMOS na veletrhu Aquatherm. Dobu ekonomické životnosti varianty stanovuji na 20 let na základě životnosti nejdražších komponentů a to peletového kotle a akumulční nádrže. Náklady na opravu a údržbu systému se odvíjí od životnosti jednotlivých komponent. Životnost expanzních nádob, tepelných čerpadel a ostatního spotřebního materiálu zvolena na základě podobnosti s variantou 1²¹. Investiční výdaje na opravu a údržbu jsou v následující tabulce:

⁴¹ ANONYM. Ceník | ATMOS. *ATMOS*. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/cenik/>

Tabulka 26: Náklady na opravu a údržbu varianty 4 ^{21 41}

Položka	Počet [ks]	Cena po t = 10 [Kč]
Expanzní nádoba topení REXLEX NG 18l + pojistný ventil	1	1 630,3 Kč
Expanzní nádoba TUV REFLEX REFIX DE 12l + pojistný ventil	1	2 264,0 Kč
Oprava zařízení - Laddomat 21/22	1	2 438,0 Kč
Čerpadlo - WILO Star-Z NOVA	2	5 607,4 Kč
Šnekový dopravník DA1500	1	8 270,9 Kč
CELKEM		20 210,6 Kč

Fixní náklady za OM a variabilní náklady za spotřebovanou energii stanovím na základě znalosti použitého tarifu a velikosti jističe. Příslušný ceník je v následující tabulce:

Tabulka 27: Ceník EE pro tarif D02d pro velikost jističe 3x16A-3x20A ³⁵

Platba za distribuci:	Cena bez DPH	Cena s DPH	Jednotka
Měsíční plat za rezervovaný příkon dle jističe	71,0	85,9	Kč/m
Cena za 1MWh	1579,8	1911,6	Kč/MWh
Platba za ostatní regulované položky:	Cena bez DPH	Cena s DPH	Jednotka
Platba za systémové služby	99,7	120,6	Kč/MWh
Platba za činnost OTE	6,6	8,0	Kč/OM/měs
Platba příspěvku na podporované zdroje - podle odběru	24,0	29,0	Kč/A/m
Platba příspěvku na podporované zdroje - MAX	495,0	599,0	Kč/MWh
Daň z elektřiny	28,3	34,2	Kč/MWh
Platba za dodávku elektřiny:	Cena bez DPH	Cena s DPH	Jednotka
Stálá složka-platba za činnost obchodníka	60,0	72,6	Kč/m
Silová elektřina:	1213,0	1467,7	Kč/MWh
Celková cena za fixní složku energie včetně DPH		1997,7	Kč/r
Celková cena za variabilní složku energie včetně DPH v VT		4133,1	Kč/MWh

Z uvedené tabulky určím fixní náklady za odběrné místo a to v celkové výši 2000 Kč za první rok. Náklady za odpovídající spotřebu a tarif činí 15 500 Kč za první rok.

Náklady na vytápění ocením množstvím použitého paliva na vytápění. Tím jsou pelety s předpokládanou výhřevností 17,2 MJ/kg ⁴². Množství pelet na vytápění lze zapsat:

$$m_{S,VYT} = \frac{Q_{P,VYT}}{\eta_{dis} \cdot \eta_k \cdot q_{pel}} = \frac{22,51 \cdot 1000}{0,89 \cdot 0,9 \cdot 17,2} = 1\,626 \text{ Kg/r} \quad (25)$$

⁴² LYČKA, Zbyněk. Náklady na vytápění dřevními peletami. *TZB-Info*. [online]. 22.2.2016 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6263-naklady-na-vytapeni-drevnimi-peletami>

kde: $Q_{P,VYT}$ je roční potřeba tepla na vytápění [G]/rok
 η_k je účinnost peletového kotle ATMOS D15P²⁹ [-]
 q_{pel} je výhřevnost sušiny dřevěných peletek⁴² [MJ]/kg

Pro ohřev TUV:

$$m_{S,VYT} = \frac{Q_{P,TUV}}{\eta_{dis} \cdot \eta_k \cdot q_{pel}} = \frac{7,6 \cdot 1000}{0,89 \cdot 0,9 \cdot 17,2} = 562 \text{ Kg/r} \quad (26)$$

kde: $Q_{P,TUV}$ je roční potřeba tepla na ohřev TUV [G]/rok
 η_k je účinnost peletového kotle ATMOS D15P²⁹ [-]
 q_{pel} je výhřevnost sušiny dřevěných peletek⁴² [MJ]/kg

Cena peletek z velkoobchodu:

Tabulka 28: Cena dřevěných pelet⁴³

Položka	Počet [Ks.]	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Každoroční naskladnění firmou – (1 100kg/paletu "Big Bag")	2	11 000,0 Kč	13 310,0 Kč
Doprava pelet (Kozojedy - Březí 10 km, cena 18kč/km + 140 Kč stání)	10km	320,0 Kč	320,0 Kč
DPH (§48 Zákona o dani z přidané hodnoty)	21%		2 862,3 Kč
Cena celkem s DPH			13 630,0 Kč
Celkem cena za kg s DPH			5,5 Kč

Tabulka 29: Cena dřevěných pelet

Celkové náklady na vytápění jsou rovny součinu množství pelet na vytápění krát jejich cena za kg. Náklady za ohřev TUV analogicky. Předchozím výpočtem zjistím náklady na vytápění 9000Kč/rok a pro ohřev TUV 3100 Kč/rok.

Za platnosti tvrzení v této kapitole vypočítám **NPV -801 500 Kč** a **RCF -47 600 Kč**.

⁴³ ANONYM. Úvod – Velkoobchodpelety.cz. *Velkoobchodpelety.cz*. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.velkoobchodpelety.cz/>

5.7 SHRUTÍ EKONOMICKÉHO POROVNÁNÍ

Ekonomické výsledky uvedených modelů zapisuji do tabulky:

Tabulka 30: Ekonomické vyhodnocení zvolených variant

Parametr	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3.1	Varianta 3.2	Varianta 4
Způsob vytápění	TČ vzduch-voda	TČ země-voda	Elektrokotel	Elektrokotel	Kotel na tuhá paliva
Způsob ohřevu TUV	TČ vzduch-voda	TČ země-voda	Elektrokotel + solární kolektory	Elektrokotel	Kotel na tuhá paliva
Záloha	Elektrická vložka	Elektrická vložka	Elektrická vložka	Elektrická vložka	-
Způsob větrání	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka	Rekuperační jednotka
Způsob distribuce tepla	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení	Kombinovaná akumulární nádrž, podlahové topení
NPV	-758 108,9 Kč	-827 514,8 Kč	-649 522,8 Kč	-648 745,7 Kč	-801 519,1 Kč
RCF	-45 032,1 Kč	-49 154,8 Kč	-49 421,9 Kč	-49 362,8 Kč	-47 610,7 Kč

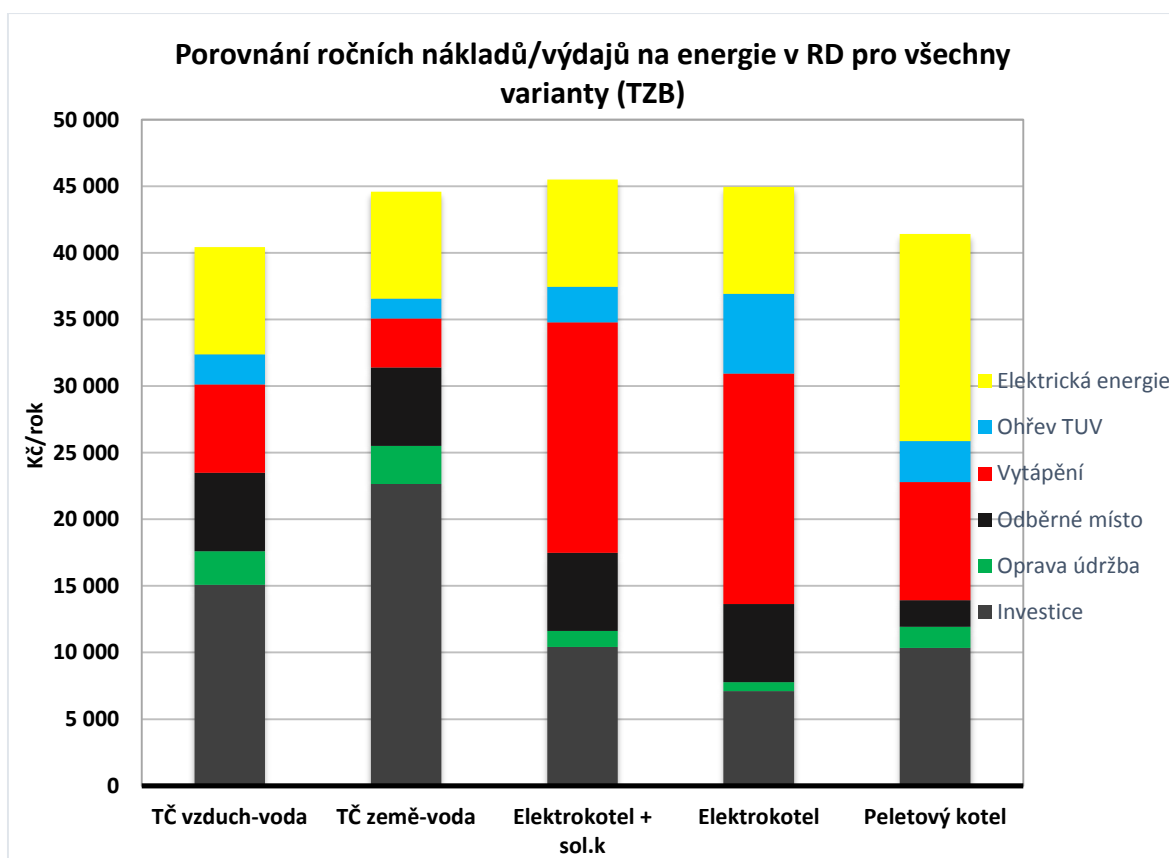
Dle roční ekvivalentní hodnoty doporučuji investorovi volbu **varianty 1**.

Varianta 2 vyšla ekonomicky hůře, protože je dražší a její lepší topný faktor neznamená lepší ekonomický výsledek. Lepších ekonomických výsledků by varianta dosáhla, pokud by byla instalována do domu s větší potřebou tepla na vytápění nebo by rodinný dům obývalo více osob. Pro větší potřebu tepla bych navrhnul TČ s větším příkonem, které je dražší cca o 10 000 ve variantě 1 a pro variantu 2 cca o 10 00 Kč + náklady na zemní kolektor. U zemního kolektoru lze předpokládat velké fixní náklady a malé variabilní náklady. Z uvedeného mohu konstatovat, že pokud vyberu TČ o vyšším příkonu, tak nedojde k drastickému navýšení investičních výdajů pro obě varianty, avšak dojde k velkému poklesu provozních nákladů ve variantě 2. Z uvedeného vyplývá, že by se větší investiční výdaje tepelného čerpadla země-voda rychleji vracely a za určitých podmínek by mohlo vyjít ekonomicky lépe než varianta 1.

Varianty 3.1 a 3.2 vyšly nejhůře ze všech variant. Domnívám se, že to je zapříčiněno tím, že jsem uvedené varianty počítal na dobu 15 let, což mi doporučil výrobce. Z osobní zkušenosti vím, že elektrokotle se mohou dožívat ekonomické životnosti až 20 let. Proto provedu orientační výpočet pro uvedenou životnost. Za tohoto tvrzení mi vychází RCF 48 000kč, což stále není uspokojující výsledek.

Peletový kotel vychází jako druhá nejlepší varianta.

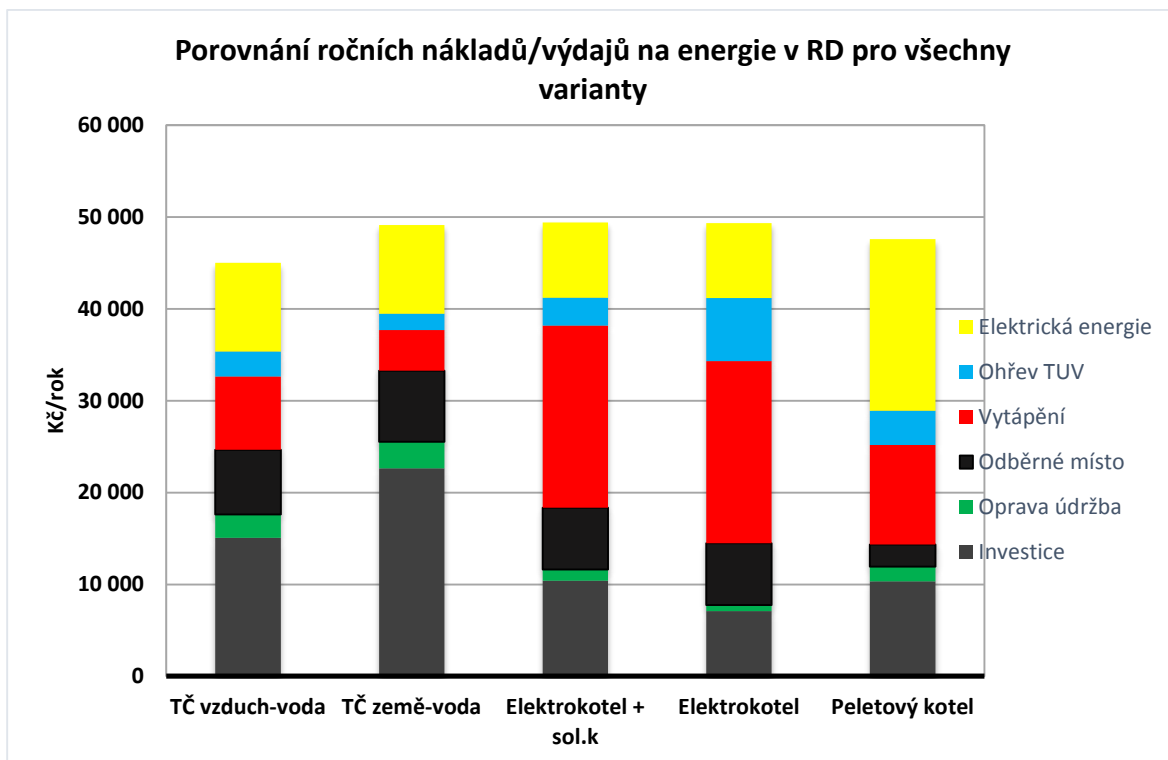
První uvedený graf zakládám na výpočtové metodice z TZBInfo. Investiční výdaje a náklady na opravu a údržbu rozpočítává do doby životnosti podobně jako RCF.



Graf 6: Porovnání ročních nákladů dle metodiky TZBInfo

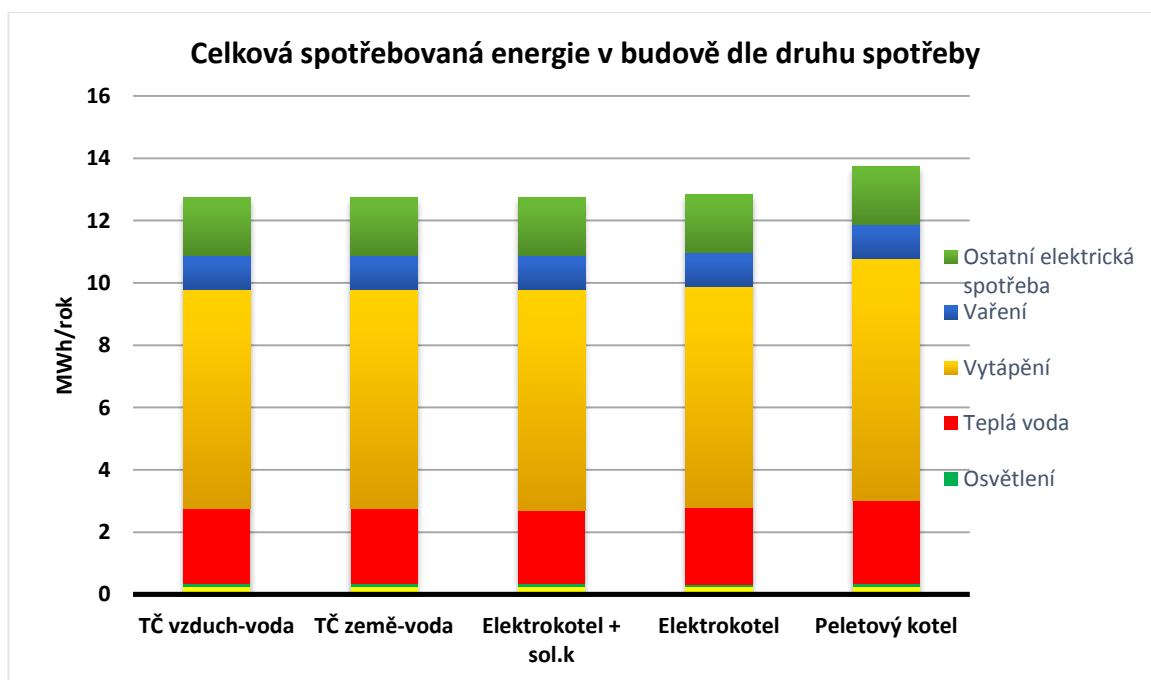
Domnívám se, že tento graf není úplně správný, protože nepočítá s eskalací cen elektrické energie a s inflací. Mohl bych tento graf připustit za předpokladu, že bude eskalace cen shodná s inflací a varianty by vykazovaly životnosti do doby 10 let.

Na základě předchozích nedostatků navrhuji vlastní metodiku, která počítá s eskalací cen elektrické energie, inflací a s diskontem. Metodika vychází ze znalosti RCF pro všechny nákladové a výdajové položky. Pokud bych všechny tyto položky sečetl, dostal bych celkové RCF uvedené v předchozí tabulce.



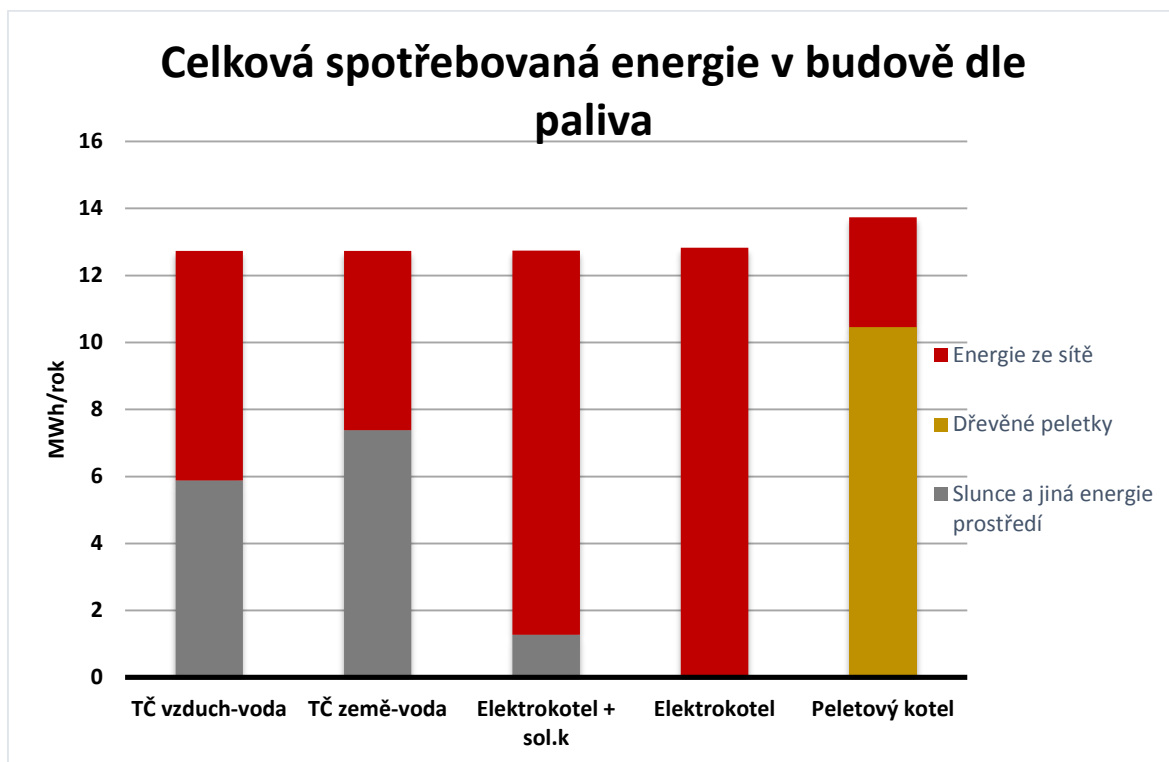
Graf 7: Porovnání ročních ekvivalentních nákladů dle vlastní metodiky

Vlastní metodika představuje poměrově stejné výsledky jako předchozí, protože volím stejný diskont, eskalaci cen EE a inflaci pro všechny uvažované varianty. Zvolením větší inflace a menší sazby pro eskalaci cen EE bych zvýhodnil topné systémy využívající elektrickou energii. Naopak peletový kotel by vycházel hůře, protože bych každoročně více zdražoval peletky vlivem inflace.



Graf 8: Celková spotřebovaná energie v budově dle druhu spotřeby

Graf znázorňuje celkovou spotřebovanou energii v budově dle druhu spotřeby. Celková spotřeba je pro všechny varianty podobná, protože se jedná pořád tu stejnou budovu se stejnými parametry. Případné odlišnosti jsou způsobeny různými účinnostmi topných systémů. Topný systém ve variantě 4 má nejmenší účinnost, protože se jedná o peletový kotel a proto je spotřebovaná energie v budově větší než u ostatních variant.

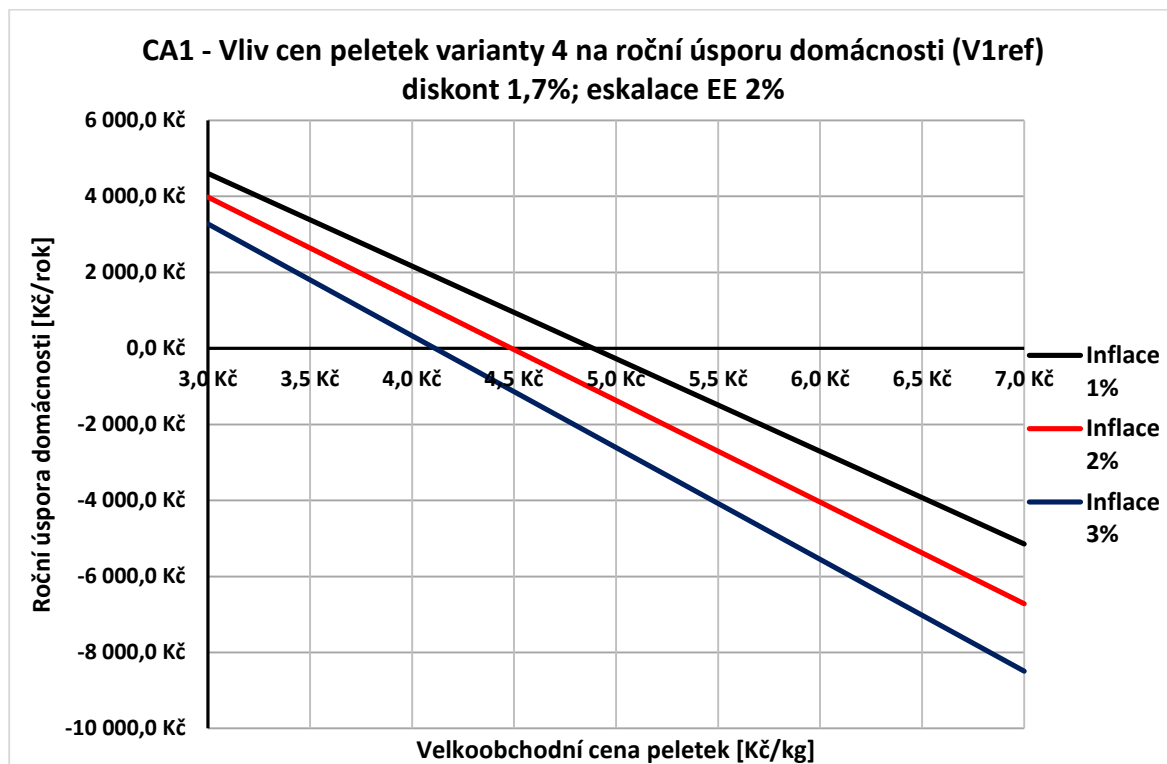


Graf 9: Celková spotřebovaná energie v budově dle druhu paliva

Tento graf koreluje s předchozím, protože celková energie je pořád stejná. Můžeme si všimnout, že je u varianty 1 a 2 je zastoupena energie prostředí. Tato energie představuje nízkopotenciální teplo, které získává tepelné čerpadlo. Z prvního pohledu na tepelné čerpadlo by se mohlo zdát, že je schopno vyrábět elektrickou energii, protože má topný faktor větší než 1. Ovšem toto není pravda, protože energii nemůžete vyrobit ani zničit, můžete ji jenom transformovat.

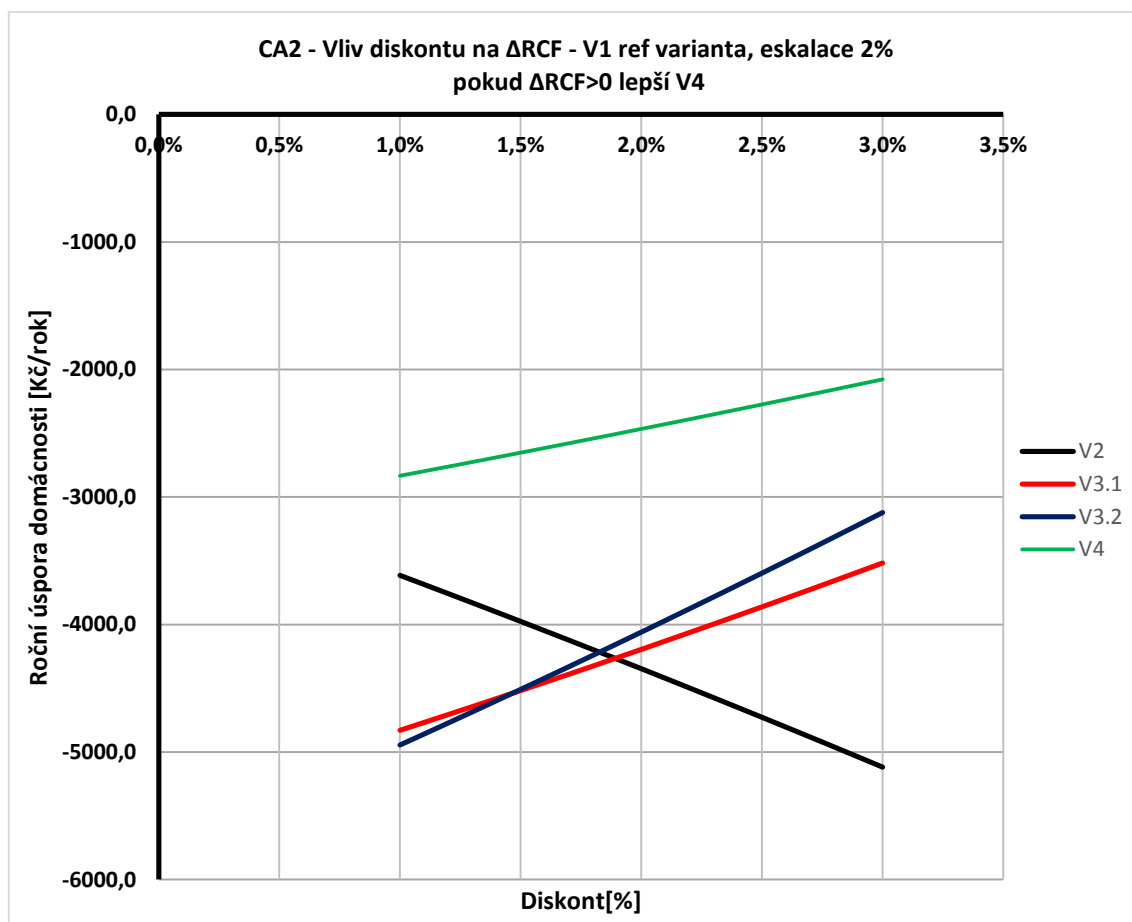
5.8 CITLIVOSTNÍ ANALÝZY

První graf ukazuje citlivostní analýzu ceny peletek varianty 4 k referenční variantě 1 pro různé sazby inflace.



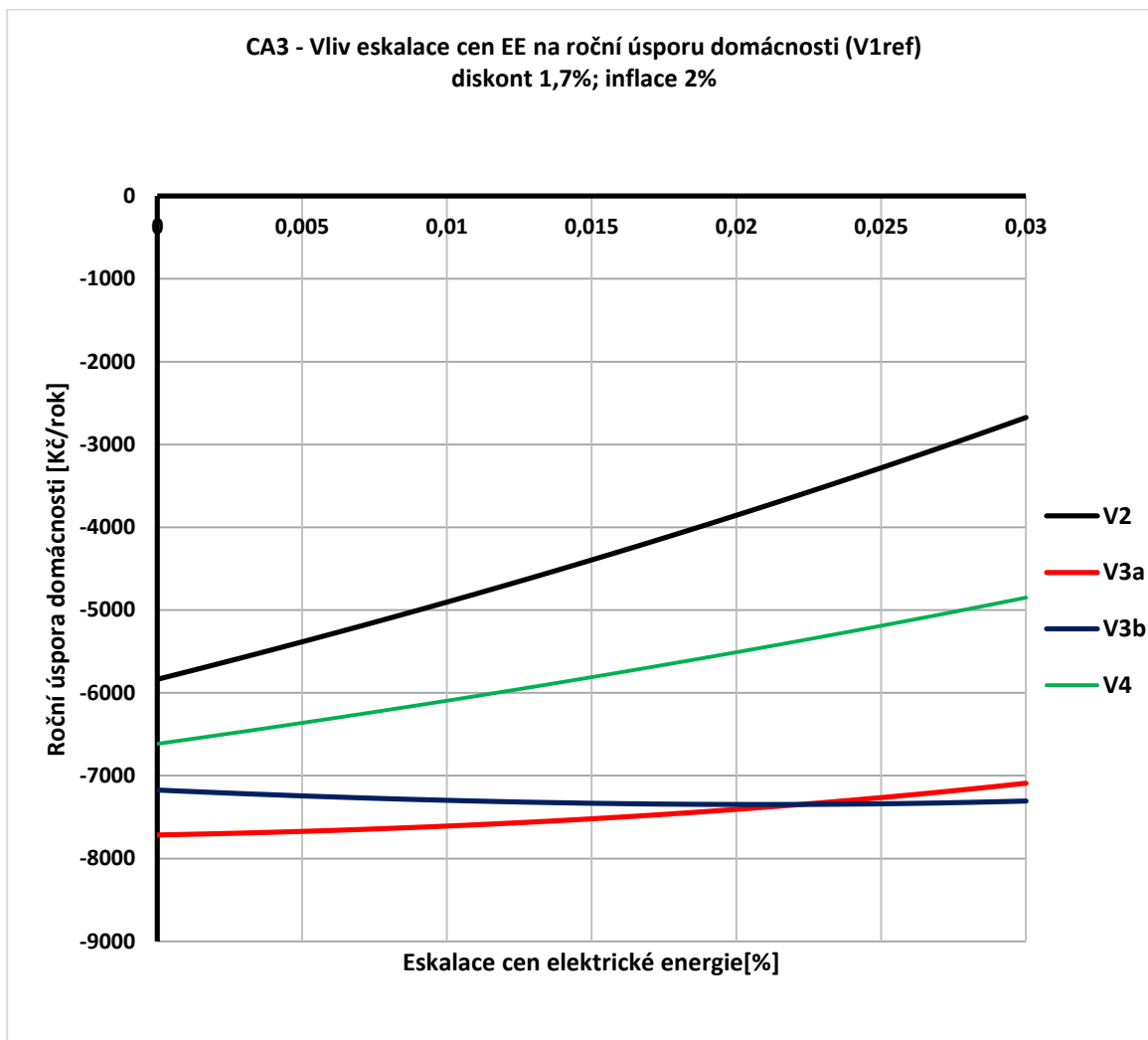
Graf 10: Citlivostní analýza na cenu peletek

Graf ukazuje, kolik musí stát peletky, aby varianta 4 byla ekonomicky efektivnější než varianta 1. Pro CA uvádím různé sazby inflace, aby bylo vidět jaký vliv má inflace na cenu peletek. Můžeme si všimnout, že peletky musí stát cca 4,5 Kč/kg, aby byly varianty ekonomicky rovnocenné. Znamená to tedy, že by peletky musely zlevnit přibližně o 20%. V případě, že by majitel měl možnost sehnat peletky za cenu nižší jak 4,5 Kč/Kg variantu bych doporučil. Peletový kotel nebo obecně kotel na dřevo by byl zajímavý, kdyby měl majitel k dispozici vlastní les nebo dřevo za zvýhodněných podmínek.



Graf 11: Citlivostní analýza na změnu diskontu

V grafu ukazují, jak velkou hodnotu by musel mít diskont, aby se vyplatila změna rozhodnutí z varianty 1 na příslušnou variantu. Z grafu je vidět, že s hodnotou diskontu od 1% do 3% se nevyplatí uvažovat jinou než první variantu. Přímka varianty 2 má klesající trend, protože je investičně nejnáročnější a s rostoucím diskontem se bude čím dál tím méně vyplácet. Je to dáno tím, že vynaložením velkého množství peněz si investor znemožní investování peněz efektivněji. Pokud tedy bude mít možnost investovat peníze s velkým úrokem (diskontem).



Graf 12: Citlivostní analýza na eskalaci cen elektrické energie

V posledním grafu citlivostní analýzy zkoumám vliv sazby za eskalaci cen elektrické energie na roční úspoře domácnosti oproti referenční variantě 1. CA ukazuje, že ať je eskalace sebemenší nebo sebevětší, tak varianta 1 je vždy ekonomicky nejefektivnější. Varianta 2 se nejlépe přibližuje k úspoře, avšak eskalace by musela být přibližně 6 – 10%, což není možné. Kdyby to bylo možné, tak za cca 8 let trvání máme dvojnásobné ceny elektrické energie a hodně firem by mohlo rozpustit své výrobní závody a dle mého názoru by to mělo špatný vliv na celou společnost.

6 DOPORUČENÍ A ZÁVĚRY

Na základě provedeného ekonomického hodnocení doporučuji **variantu 1**, tedy tepelné čerpadlo vzduch-voda. Tato varianta přináší nejlepší ekonomické hodnocení. Navíc díky nově hrozící tarifní struktuře platné od ledna příštího roku by majitel mohl ušetřit 300 Kč/rok, protože má dobré využití jističe.

Za předpokladu, že by měl problém s hlukem venkovní jednotky nebo estetickým dojmem může mít tepelné čerpadlo země-voda, které se mu ovšem prodraží o 4000 Kč/rok v podobě větších investičních výdajů.

Varianta 2 je stejně uživatelsky přívětivá, avšak jsou zde další úskalí a to s příchodem nové tarifní struktury. Pokud vejde v platnost, tak nejenom že investor zaplatí navíc 4000 Kč/rok, ale zvýší si náklady o 2300 Kč/rok za nízké využití instalovaného jističe. Tuto variantu tedy nedoporučuji za tohoto předpokladu.

Varianty 3.1 a 3.2 vylučuji na základě toho, že vyšly nejhůře v ekonomickém hodnocení.

Pokud je majitel schopen sehnat peletky pod cenu rovnou 4,5 Kč/kg nebo má k dispozici vlastní les, tak doporučuji variantu 4.

6.1 POSOUZENÍ UŽIVATELSKÉHO KOMFORTU

Varianty využívající tepelné čerpadlo představují nejvyšší možný způsob uživatelského komfortu. Důvodem je to, že nevyžadují žádnou péči ani údržbu. Výrobce navíc na některé komponenty dává prodlouženou záruku, takže v případě poruchy stačí zavolat na servisní linku. Jedinou nevýhodou varianty 1 je hlučná a rozměrná jednotka, která musí být umístěna v exteriéru.

Hluk způsoben jednotkou tepelného čerpadla je ve variantě 2 odstraněn tím, že je jednotka uvnitř budovy a je kvalitně zvukově odizolována. Odizolování je daleko účinnější než ve variantě 1, protože tato varianta nemá ventilátor, který by nasával vnější vzduch. Varianta dvě také nenarušuje přirozený design rodinného domu na rozdíl od varianty 1.

U varianty 3.1 a 3.2 nebudu hodnotit na základě uživatelské přívětivosti, protože jsem ji eliminoval v rámci ekonomického hodnocení.

Poslední varianta, peletový kotel není moc uživatelsky přívětivý, protože vyžaduje pravidelnou údržbu. Jednou za týden se musí vynést popel a vyčistit spalnou komoru od přebytečných usazenin. Dále je třeba dopravit peletky do technické místnosti, což zabere čas, které způsobí vícenáklady v podobě ušlé příležitosti. Vzhledem k tomu, že varianta ekonomicky nevyšla, tyto náklady ušlé příležitosti nebyly brány v potaz. Pokud by se ukázalo, že varianta s peletovým kotlem vychází ekonomicky nejlépe tak by bylo třeba ocenit vícenáklady za údržbu topného systému podobě ušlé příležitosti.

6.2 POSOUZENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Nejhorší vliv na ŽP má varianta 3.2, protože jako hlavní palivo využívá elektrickou energii bez jakéhokoliv obnovitelného zdroje energie. Elektrická energie je v ČR získávána v převážné většině z uhlí a jádra (cca 70%). Tento fakt má za následek, že pokud vlastníte elektrokotel a topíte elektřinou, tak nepřímo znečišťujete ovzduší. Varianta 1 a 2 využívá také elektrickou energii, ale navíc využívá energii prostředí, takže nemá tak negativní vliv na ŽP. Spalováním peletek ve variantě 4 také vzniká oxid uhličitý, ale nevznikají oxidy síry a dusíku. Peletky jsou navíc z obnovitelného zdroje energie, takže tato varianta představuje minimální zátěž pro ŽP.

7 ZÁVĚR

V této práci jsem si stanovil za cíl vybrat vhodný systém větrání a vytápění pro majitele rodinného domu na základě ekonomického hodnocení. Systém vytápění musel také splňovat požadavky majitele a technologická omezení, které jsem bral v potaz. Byl jsem limitován tím, že v domě není plynová přípojka a majitel chce rekuperaci za všech okolností. V první kapitole problematiky technických zařízení budov jsem shrnul základní legislativní poznatky související s návrhem a výpočtem variant a uvedl použitou metodiku.

Pro návrh vhodných variant technických zařízení budov jsem musel popsat a zhodnotit stávající stav, abych byl schopen pokračovat v navazujících výpočtech. Výpočty v uvažované kapitole se týkaly stavebních konstrukcí, elektrické spotřeby, potřeby tepla na vytápění, potřeby tepla na ohřev teplé užitkové vody a výpočtu tepelné ztráty. Dále jsem provedl analýzu přípustných řešení a zjistil požadavky majitele na TZB. Na základě znalosti předchozího jsem navrhnul konkrétní varianty s popisem funkčnosti a příslušným schématem zapojení. Daným variantám jsem přiřadil vhodný tarif a velikost jističe na základě výpočtu.

Za nejpřínosnější část práce považuji kapitolu pátou, která obsahuje konkrétní ekonomické hodnocení zvolených variant. Ekonomický výpočet jsem provedl na základě kritéria čisté současné hodnoty a roční ekvivalentní hodnoty. Porovnání jsem pak realizoval pouze pomocí roční ekvivalentní hodnoty. Vstupy pro ekonomický výpočet mi poskytly firmy z oboru, které zajišťují kompletní dodávku na klíč. Na základě ekonomického výpočtu jsem zjistil, že nejlépe vychází varianta s tepelným čerpadlem vzduch voda. Druhá ekonomicky nejefektivnější varianta představuje instalaci peletového kotle. Tato variant má ovšem nevýhodu v tom, že je uživatelsky nepřívětivá a vyžaduje pravidelnou údržbu. Zjistil jsem, že se zemní tepelné čerpadlo nevyplatí za současných podmínek, ale vyplatilo by se, pokud by byla energetická potřeba tepla rodinného domu větší. Naopak pokud bych měl pasivní nebo nulový dům tak by se vyplatil elektrokotel, který má nízké investiční výdaje ale velké provozní náklady. Tím, že se jedná o pasivní dům popř. nulový dům s nízkou energetickou potřebou na vytápění, tak by se tolik neprojevil vysoké provozní náklady elektrokotle. Tyto domy jsou totiž tak úsporné, že jejich náklady na vytápění jsou totožné s náklady za ohřev teplé užitkové vody, což činí přibližně 6 000 Kč za rok dohromady.

Solární kolektory, které jsem uvažoval v jedné z variant, se nevyplatí ani s dotací. Získání dotace představuje velkou administrativní zátěž a nutnost realizace od firmy, která je pro tento úkon autorizovaná. Za současných podmínek tuto variantu tedy nedoporučuji a mohla by vyjít zajímavě, pokud by majitel využíval solární ohřev vody pro bazén. Toto by byl i případně námět na rozšíření této práce, kde by se zkoumala ekonomická efektivnost solárních systému za různých vstupních podmínek.

Pokud má majitel možnost sehnat peletky za cenu nižší jak 4,5 Kč/kg, vyplatí se peletový kotel.

Práce pro mě byla velkým přínosem a ukazuje, že návrh vhodného a ekonomicky efektivního topného systému záleží na mnoha faktorech. Z tohoto důvodu je třeba věnovat zvýšenou pozornost výběru a nelze formulovat jednoduché pravidlo pro výběr ideální varianty. Je třeba vždy provést výpočet pro uvažovanou situaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.
- [2] Norma ČSN 38 3350, zásobování teplem, všeobecné zásady
- [3] Vyhláška č. 194/2007, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie
- [4] BERANOVSKÝ, Jiří. POKORNÝ, Jan. Je úsporný dům opravdu úsporný, z čeho postavit úsporný dům?. Praha: EkoWATT, 2015. ISBN: 978-80-87333-10-5
- [5] Kolektiv autorů. Nové znění ČSN 73 0540-2. TZB-Info. [online]. 6.10.2011 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7899-nove-zneni-csn-73-0540-2>
- [6] Norma ČSN EN 15 316-3-1, tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy
- [7] URBAN, Miroslav. Podrobnosti k TNI 73 0331. [přednáška]. Praha: ČVUT 14-15.1.2013
- [8] ANONYM. O programu Nová zelená úsporám [online]. 2.4.2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>
- [9] ANONYM. Podmínky oblasti podpory C. Nová zelená úsporám. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>
- [10] KRAINER, Robert. Tepelná čerpadla: Princip TČ. TZB-Info. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [11] ŠESTÁK, Jiří a Rudolf ŽITNÝ. Tepelné pochody II: výměníky tepla, odpařování, sušení, průmyslové pece a elektrický ohřev. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-03475-5.
- [12] THEMEßL, Armin a Werner WEIß. Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí. Praha: Grada, 2005. ISBN 8024705893.
- [13] HOLZ, Thomas. Topíme dřevěnými peletami: návrh, instalace a provoz. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 9788024716343.
- [14] ŠIMŮNEK, M. Optimalizace energetické spotřeby a investičních a provozních nákladů podle metodiky Energie 2014 a EkoWATT 2015. Praha: 2015 EkoWATT CZ s.r.o.
- [15] Kolektiv autorů firmy A-TECHNOLOGY, s. r. o. Porovnání nákladů na vytápění TZB-Info. TZB-Info. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://forum.tzb-info.cz/porovnani-nakladu-na-vytapani>
- [16] KUČEROVÁ, Blanka. Kritéria efektivnosti investic. Edux ČVUT. [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <https://edux.fit.cvut.cz/oppa/BI-EKP/cviceni/Krit%20ekonomick%20efektivnosti.pdf>
- [17] ANONYM. Stavební systém THERMOMUR : Thermomur Praha s.r.o. Nádražní 549, tel: +420 28398 1733. [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.thermomur.cz/stavebni.html>
- [18] Pracovníci ČVUT-FS, katedra TZB. Projekční podklady a pomůcky – Tepelná bilance objektu – denostupňová metoda. Katedra technických zařízení budov. [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>

- [19] DUFEK, Pavel. Technik firmy Regulus. Telefon: 244 016 945. Informace z období konzultace při návštěvě veletrhu Aquatherm 2016
- [20] ANONYM. Hodnocení tepelných čerpadel v rámci programu kotlíkových dotací. Praha 2015. Porovnávání TČ Ministerstvem životního prostředí financované EU - operačním programem ŽP
- [21] JIŘÍK, D. Cenová nabídka firmy TORON 142/2016/1, TČ STE WPL08. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 724 568 538
- [22] ŠAFRÁNEK, D. Cenová nabídka ze dne 27.04.2016, TČ STE WPC07. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 606 792 065
- [23] DEMKO, M. Příprava staveniště. Praha: 2015. Konzultace. IČO: 66710120. Tel: 773 743 028
- [24] DLABAČ, J. Cenová nabídka ze dne 22.04.2016, Solární systém – Vakuové Sol kolektory Foitl. Praha: 2015. Cenová nabídka. Tel: 602 433 147
- [25] SAJDL, R. ATMOS: Základní podmínky pro dobrou funkci a vysokou životnost kotlů ATMOS. [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/instalace-kotlu/>
- [26] ANONYM. ČEZ. Ceník elektřiny. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf
- [27] ANONYM. Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů. Skupina ČEZ. [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/technicke-zalezitosti/pro-stavebniky/proudova-hodnota-jistice.html>
- [28] ANONYM. Elektrokotel DALINE PTE e 4-18 kW. DAKON. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/daline-pte-4-18-kw/>. Specifikace výrobce.
- [29] ANONYM. Kotle na pelety ATMOS. ATMOS. [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>. Specifikace výrobce
- [30] TNI 73 0331. Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet
- [31] Vyhláška 480/2012 Sb., Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku
- [32] ANONYM. Česká národní banka. Cílování inflace v ČR. [online]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/cilovani.html
- [33] ANONYM. ERÚ – Změny pro konečné zákazníky. Energetický regulační úřad. [online]. 18.5.2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zmeny-pro-konecne-zakazniky>
- [34] ŠAFRÁNEK, D. Výpočetní software TČ WPL 08 Trend. Topné faktory. Poskytnuto dne 26.04.2016. Tel: 606 792 065
- [35] Skupina ČEZ. Ceník elektřiny. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf
- [36] VRÁBLÍK, Tomáš. ČHMU. Tel: 602 605 085. Hodnoty z: Agroklimatické podmínky ČSSR", Hydrometeorologický ústav, Bratislava, 1975. Poskytnuto dne 27.04.2016
- [37] ŠAFRÁNEK, D. Tepelná čerpadla země | voda WPC, Stiebel Eltron, Údaje o výkonu. Technický dokument 2015
- [38] ANONYM. Solární kolektory Regulus. REGULUS. [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/solarni-kolektory-pro-solarni-ohrev-vody>
- [39] ANONYM. Bilance solárních systémů pro potřeby programu Zelená úsporám. Nová zelená úsporám. [online]. <http://www.zelenausporam.cz/ke-stazeni/4982/> [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/solarni-kolektory-pro-solarni-ohrev-vody>

- [40] ANONYM. Elektrokotel Daline PTE e 4-18 kW. DAKON. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/produkty/daline-pte-4-18-kw/>
- [41] ANONYM. Ceník | ATMOS. ATMOS. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/cenik/>
- [42] LYČKA, Zbyněk. Náklady na vytápění dřevními peletami. TZB-Info. [online]. 22.2.2016 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6263-naklady-na-vytapeni-drevnimi-peletami>
- [43] ANONYM. Úvod – Velkoobchodpelety.cz. Velkoobchodpelety.cz. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.velkoobchodpelety.cz/>
- [44] ANONYM. TZBInfo. Tepelný odpor R. [online]. 30. 3. 2016 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [45] ANONYM. TZBInfo. Součinitel prostupu tepla. [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [46] ŠIMŮNEK, M. Výpočet energetické náročnosti budovy a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2. 2015. Interní dokument firmy EkoWATT s.r.o.

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1: ORIENTAČNÍ STANOVENÍ PRŮMĚRNÉ DENNÍ TEPLoty VENKOVNÍHO VZDUCHU V ZÁVISLOSTI	13
GRAF 2: ZÁVISLOST TOPNÉHO FAKTORU NA VENKOVNÍ TEPLOTĚ STIEBEL ELTRON WPL 08 T=35 ³⁴	47
GRAF 3: ZÁVISLOST TOPNÉHO FAKTORU NA VENKOVNÍ TEPLOTĚ STIEBEL ELTRON WPL 08 T=50 ³⁴	48
GRAF 4: ZÁVISLOST TOPNÉHO FAKTORU NA TEPLOTĚ PŮDY STIEBEL ELTRON WPC 07 T=35 ³⁷	53
GRAF 5: ZÁVISLOST TOPNÉHO FAKTORU NA TEPLOTĚ PŮDY STIEBEL ELTRON WPC 07 T=50 ³⁷	55
GRAF 6: POROVNÁNÍ ROČNÍCH NÁKLADŮ DLE METODIKY TZBINFO	65
GRAF 7: POROVNÁNÍ ROČNÍCH EKVALENTNÍCH NÁKLADŮ DLE VLASTNÍ METODIKY	66
GRAF 8: CELKOVÁ SPOTŘEBOVANÁ ENERGIE V BUDOVĚ DLE DRUHU SPOTŘEBY	66
GRAF 9: CELKOVÁ SPOTŘEBOVANÁ ENERGIE V BUDOVĚ DLE DRUHU PALIVA	67
GRAF 10: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NA CENU PELETEK	68
GRAF 11: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NA ZMĚNU DISKONTU	69
GRAF 12: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NA ESKALACI CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE	70

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: PRŮMĚRNÉ VENKOVNÍ MĚSÍČNÍ TEPLoty PRO PRAHU KARLOV ²	13
TABULKA 2: SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA POSUZOVANÝCH KONSTRUKCÍ ¹⁴	24
TABULKA 3: UVAŽOVANÁ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V RODINNÉM DOMĚ (BEZ SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ) ²⁵	25
TABULKA 4: SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE DLE DRUHU SPOTŘEBY	26
TABULKA 5: PASIVNÍ ZISKY UVAŽOVANÉ BUDOVY ¹⁴	27
TABULKA 6: KORIGOVANÁ ROČNÍ POTŘEBA TEPLA	27
TABULKA 7: PŘEHLED PŘÍKONU UVAŽOVANÝCH SPOTŘEBIČŮ	40
TABULKA 8: PŘEHLED VŠECH NAVRŽENÝCH VARIANT	42
TABULKA 9: INVESTIČNÍ VÝDAJE VARIANTY 1 ²¹	45
TABULKA 10: NÁKLADY NA OPRAVU A ÚDRŽBU VARIANTY 1 ²¹	45
TABULKA 11: SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ	46
TABULKA 12: TOPNÉ FAKTORY TČ STIEBEL ELTRON WPL08	46
TABULKA 13: SPOTŘEBA TEPLA NA OHŘEV TUV	48
TABULKA 14: CENÍK ELEKTRICKÉ ENERGIE PRODUKTU ČEZ COMFORT	49
TABULKA 15: INVESTIČNÍ VÝDAJE VARIANTY 2 ^{21 22 23}	51
TABULKA 16: NÁKLADY NA OPRAVU A ÚDRŽBU VARIANTY 2 ^{21 22}	52
TABULKA 17: SPOTŘEBA EE NA VYTÁPĚNÍ VARIANTY 2:	52

TABULKA 18: TOPNÉ FAKTORY TČ STIEBEL ELTRON WPC07	53
TABULKA 19: SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE NA OHŘEV TUV	54
TABULKA 20: PARAMETRY A POČET UVAŽOVANÝCH KOLEKTORŮ	56
TABULKA 21: ZNÁZORŇUJE PŘEBYTEK NEBO NEDOSTATEK TEPLA PRO OHŘEV TUV	57
TABULKA 22: INVESTIČNÍ VÝDAJE VARIANTY 3.1 ²⁴	58
TABULKA 23: NÁKLADY NA OPRAVU A ÚDRŽBU VARIANTY 3.1 ²⁴	59
TABULKA 24: POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ S RESPEKTOVÁNÍM Vlivu KOLEKTORŮ	59
TABULKA 25: INVESTIČNÍ VÝDAJE VARIANTY 4 ⁴¹	61
TABULKA 26: NÁKLADY NA OPRAVU A ÚDRŽBU VARIANTY 4 ^{21 41}	62
TABULKA 27: CENÍK EE PRO TARIF D02D PRO VELIKOST JISTIČE 3X16A-3X20A ³⁵	62
TABULKA 28: CENA DŘEVĚNÝCH PELET	63
TABULKA 29: CENA DŘEVĚNÝCH PELET.....	63
TABULKA 30: EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ ZVOLENÝCH VARIANT	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: MAPA OBLASTÍ NEJNIŽŠÍCH VÝPOČTOVÝCH VENKOVNÍCH TEPLOT ²	13
OBRÁZEK 2: ZJEDNODUŠENÁ TEPELNÁ BILANCE BUDOVY	16
OBRÁZEK 3: POUŽITÝ EKONOMICKÝ MODEL	19
OBRÁZEK 4: MODEL POSUZOVANÉHO OBJEKTU Z JV STRANY ¹⁴	23
OBRÁZEK 5: BLOKOVÉ SCHÉMA VARIANTY 1	34
OBRÁZEK 6: BLOKOVÉ SCHÉMA VARIANTY 2	35
OBRÁZEK 7: BLOKOVÉ SCHÉMA VARIANTY 3.1	36
OBRÁZEK 8: BLOKOVÉ SCHÉMA VARIANTA 3.2.....	37
OBRÁZEK 9: BLOKOVÉ SCHÉMA VARIANTY 4	38

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – ZÁKLADNÍ POJMY

Tepelný odpor z fyzikálního hlediska vyjadřuje jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu, čili k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 sekundu.⁴⁴ Tento parametr brání tepelné výměně a je zodpovědný za to, že nám teplo z interiéru neuniká ven, ale drží se uvnitř budovy.

Tepelný odpor konstrukce, která je složená z jednoho materiálu lze vypočítat dle vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (27)$$

kde: d je tloušťka daného materiálu [m]
 λ je součinitel tepelné vodivosti [W·m⁻¹·K⁻¹]

Tloušťku daného materiálu lze získat ze stavební dokumentace popř. jeho zaznamenání před stavbou. Součinitel tepelné vodivosti lze najít ve fyzikálních tabulkách.

Většina konstrukcí je složená z jednotlivých souvrství s různými materiály. Každý z těchto materiálů má jinou tloušťku i jiný součinitel tepelné vodivosti, takže má i jiný tepelný odpor. Pro výpočet celkového tepelného odporu konstrukce platí následující vztah:

$$R_{celk} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (28)$$

Analogii tohoto vztahu lze najít v elektrotechnice při výpočtu celkového odporu sériově řazených odporů.

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m², při rozdílu teplot jejich povrchů 1 K. Uvedený parametr stavební konstrukce popisuje celkovou výměnu tepla mezi dvěma prostředím. Uvedený předpoklad platí za ustáleného stavu obou prostředí, která jsou oddělena stavební konstrukcí o tepelném odporu R. Celkový součinitel prostupu tepla zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce.⁴⁵ Je roven převrácené hodnotě celkového tepelného odporu stavební konstrukce.

$$U_T = \frac{1}{R_{celk}} \quad (29)$$

kde: R_{celk} je celkový tepelný odpor konstrukce [m²·K·W⁻¹]

⁴⁴ ANONYM. TZBInfo. *Tepelný odpor R*. [online]. 30. 3. 2016 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

⁴⁵ ANONYM. TZBInfo. *Součinitel prostupu tepla*. [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

Výpočet součinitele prostupu tepla pro všechny druhy konstrukce slouží k určení kvality obálky budovy. Pro budovy s výpočtovou vnitřní teplotou v rozmezí od 18 °C do 22 °C lze požadované a doporučené (pro nízkoenergetické a pasivní dny) součinitele prostupu tepla najít v normě ČSN 73 0540-2.

Tepelný tok je množství tepla, které prochází jednotkou plochou a jeho jednotou je Watt. Měrný tepelný tok znamená to, že je velikost tepelného toku vztažena na teplotu. Tepelný tok mezi dvěma prostředími lze napsat dle rovnice:

$$Q_T = H_T \cdot (t_1 - t_2) \quad (30)$$

kde	H_T	je měrný tepelný tok	[W·K ⁻¹]
	t_1	je teplota prostoru, které teplo odevzdává	[K]
	t_2	je teplota prostoru, které teplo přijímá	[K]

Měrný tepelný tok používaný v této práci lze rozdělit na dva. První z nich je měrný tepelný tok prostupem tepla stavební konstrukcí a druhý je měrný tepelný tok větráním. Pro měrný tepelný tok prostupem platí:

$$H_T = \sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i + v \quad (31)$$

kde:	A_i	je plocha i-té konstrukce z vnějších rozměrů	[m ²]
	U_i	je součinitel prostupu tepla i-té konstrukce	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
	v	je vliv tepelných vazeb a mostů	[W·K ⁻¹]

A pro měrný tepelný tok větráním platí:

$$H_V = \rho_V \cdot c_a \cdot V_A \quad (32)$$

kde:	ρ_V	je hustota vzduchu	[kg·m ⁻³]
	c_a	je měrná tepelná kapacita vzduchu	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
	V_A	je objemový tok větracího vzduchu	[m ³ ·h ⁻¹]

Hustotu a měrnou tepelnou kapacitu vzduchu lze najít ve fyzikálních tabulkách.

PŘÍLOHA 2 – SIMULACE Z PROGRAMU ENERGIE LT 2015 ⁴⁶

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2015

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ:

PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: Z1 - Rodinný dům
Typ zóny pro určení Uem,N: jiná než nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu: rodinný dům
Typ hodnocení: jiný účel posouzení
Obsazenost zóny: 40,0 m²/osobu
Uvažovaný počet osob v zóně: 5,3 (informativní údaj, ve výpočtu se nepoužije)

⁴⁶ ŠIMŮNEK, M. Výpočet energetické náročnosti budovy a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2. 2015. Interní dokument firmy EkoWATT s.r.o.

Objem z vnějších rozměrů:	743,51 m ³
Podlah. Plocha (celková vnitřní):	213,09 m ²
Celk. energet. vztažná plocha:	242,01 m ²
Účinná vnitřní tepelná kapacita:	165,0 kJ/(m ² .K)
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Typ vytápění:	nepřerušované
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	448 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"> · produkci tepla: 1,5+3,0 W/m² (osoby+spotřebiče) · časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče) · zohlednění spotřebičů: jen zisky · minimální přípustnou osvětlenost: 50,0 lx · dodanou energii na osvětlení: 4,5 kWh/(m².a) (vztaženo na podlah. plochu z celk. vnitřních rozměrů) · prům. účinnost osvětlení: 12 % · další tepelné zisky: 0,0 W
Potřeba tepla na přípravu TV:	13731,3 MJ/rok
..... odvozeno pro	<ul style="list-style-type: none"> · roční potřebu teplé vody: 73,0 m³ · teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C
Zpětně získané teplo mimo VZT:	0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Teplovzdušné vytápění:	ne
Zdroj tepla č. 1 a na něj napojená otopná soustava:	
Název zdroje tepla:	Krbová vložka (podíl 80,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby tepla:	80,0 %
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 87,0 %
Objem akumulční nádrže:	300,0 l
Měrná ztráta nádrže:	5,6 Wh/(l.d)
Příkon čerpadel vytápění:	30,2 W (prům. roční příkon)
Příkon regulace/emise tepla:	0,0 / 0,0 W
Zdroj tepla č. 2 a na něj napojená otopná soustava:	
Název zdroje tepla:	Elektropatrona (podíl 20,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby tepla:	99,0 %
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 87,0 %
Akumulční nádrž:	zdroj ohřívá stejnou nádrž jako zdroj č. 1
Čerpadla:	zdroj zapojen do soustavy s čerpadly u zdroje č. 1
Regulace a emise:	zdroj zapojen do soustavy s příkony u zdroje č. 1

Ventilátory systémů nuceného větrání, vytápění a chlazení vzduchem

Průměrný měrný příkon ventilátoru:	1250,0 Ws/m ³
Váhový činitel regulace:	0,7

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla:	krbová vložka (podíl 40,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost zdroje přípravy TV:	80,0 %
Název zdroje tepla:	elektrická patrona (podíl 60,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost zdroje přípravy TV:	99,0 %
Délka rozvodů TV:	20,0 m
Měrná tep. ztráta rozvodů TV:	44,7 Wh/(m.d)
Příkon čerpadel distribuce TV:	0,0 W
Příkon regulace:	0,0 W

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně:	545,513 m ³
-----------------------	------------------------

Podíl vzduchu z objemu zóny:	73,4 %
Typ větrání zóny:	nucené (mechanický větrací systém)
Objem.tok přiváděného vzduchu:	163,65 m ³ /h
Objem.tok odváděného vzduchu:	163,65 m ³ /h
Násobnost výměny při dP=50Pa:	0,6 1/h
Součinitel větrné expozice e:	0,01
Součinitel větrné expozice f:	20,0
Účinnost zpětného získávání tepla:	77,0 %
Podíl času s nuceným větráním:	70,8 %
Výměna bez nuceného větrání:	0,0 1/h
<u>Měrný tepelný tok větráním Hv:</u>	<u>9,874 W/K</u>

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce [W/m ² K]	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N,20
OP1	219,15	0,212	1,00	46,460	0,300
STR1	48,22	0,135	1,00	6,510	0,240
STR3 - půda	73,57	0,135	1,00	9,932	0,300
OP2 - zádveř	16,61	0,158	1,00	2,624	0,250
STR2 - zádveř	4,71	0,130	1,00	0,612	0,240
OK1 J	16,06 (16,06x1,0 x 1)	0,800	1,00	12,848	1,500
OK1 S	2,25 (2,25x1,0 x 1)	0,800	1,00	1,800	1,500
OK1 V	4,35 (4,35x1,0 x 1)	0,800	1,00	3,480	1,500
OK1 Z	6,74 (6,74x1,0 x 1)	0,800	1,00	5,392	1,500
OK2 J	5,46 (5,46x1,0 x 1)	1,200	1,00	6,552	1,500
OK2 S	3,28 (3,28x1,0 x 1)	1,200	1,00	3,936	1,500
DV V	2,73 (2,73x1,0 x 1)	0,900	1,00	2,457	1,700

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je číselný koeficient teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N,20 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2 pro Tim=20 C.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).

Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,02 W/m²K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 102,603 W/K

..... a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 8,063 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	PDL1 - zemina
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	123,36 m ²
Exponovaný obvod podlahy:	43,62 m
Součinitel vlivu spodní vody Gw:	1,0
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu
Tloušťka obvodové stěny:	0,3 m
Tepelný odpor podlahy:	4,54 m ² K/W
Přídavná okrajová izolace:	svislá
Tloušťka okrajové izolace:	0,1 m
Tepelná vodivost okrajové izolace:	0,03 W/mK
Hloubka okrajové izolace:	1,0 m
Vypočtený přídavný lin. číselný koeficient prostupu:	-0,045 W/mK
Součinitel prostupu tepla bez vlivu zeminy Uf:	0,212 W/m ² K
Požadovaná hodnota souč. prostupu U,N,20:	0,45 W/m ² K
Číselný koeficient teplotní redukce b:	0,69
Souč. prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,146 W/m ² K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,965 W/K
Kolisání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,174 do 68,125 W/K
..... stanoveno pro periodické toky Hpi / Hpe:	21,467 / 7,479 W/K
<u>Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:</u>	<u>17,965 W/K</u>
..... a příslušnými tep. vazbami Hg,tb:	2,467 W/K
Kolisání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,174 do 68,125 W/K

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Zeměpisná šířka lokality: 50,0 st. sev. šířky

Celk. Název výplně otvoru F,fin	Orientace	Markýza		Levá stěna		Pravá stěna	
		Úhel	F,ov	Úhel	F,finL	Úhel	F,finR
OK1 J 1,000	J	----	0,800	----	-----	----	-----
OK1 S 1,000	S	----	1,000	----	-----	----	-----
OK1 V 1,000	V	----	1,000	----	-----	----	-----
OK1 Z 1,000	Z	----	0,800	----	-----	----	-----
OK2 J 1,000	J	----	1,000	----	-----	----	-----
OK2 S 1,000	S	----	1,000	----	-----	----	-----
DV V 0,800	V	----	1,000	----	-----	----	-----

Název výplně otvoru	Orientace	Okolí / Horiz.		Celkový činitel Fsh	Způsob stanovení celk. činitele stínění
		Úhel	F,hor		
OK1 J	J	----	0,700	0,560	přímé zadání uživatelem
OK1 S	S	----	0,700	0,700	přímé zadání uživatelem
OK1 V	V	----	0,700	0,700	přímé zadání uživatelem
OK1 Z	Z	----	0,700	0,560	přímé zadání uživatelem
OK2 J	J	----	0,900	0,900	přímé zadání uživatelem
OK2 S	S	----	0,900	0,900	přímé zadání uživatelem
DV V	V	----	0,600	0,480	přímé zadání uživatelem

Vysvětlivky: F,ov je korekční činitel stínění markýzou, F,finL je korekční činitel stínění levou boční stěnou/žebrem (při pohledu zevnitř), F,finR je korekční činitel stínění pravou boční stěnou, F,fin je souhrnný korekční činitel stínění bočními stěnami, F,hor je korekční činitel stínění horizontem (okolím budovy) a úhel je příslušný stínící úhel.

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Fg/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fsh [-]	
OK1 J	16,06	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,56	J (90°)
OK1 S	2,25	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,7	S (90°)
OK1 V	4,35	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,7	V (90°)
OK1 Z	6,74	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,56	Z (90°)
OK2 J	5,46	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,9	J (90°)
OK2 S	3,28	0,6	0,7/0,3	0,90/0,90	0,9	S (90°)
DV V	2,73	0,6	0,7/0,3	1,00/1,00	0,48	V (90°)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fsh je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	770,9	1203,2	1882,6	2411,2	2635,9	2487,3
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2467,4	2684,9	2025,2	1762,4	1007,6	640,7

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny: Z1 - Rodinný dům
 Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne

Regulace otopné soustavy:	ano
Měrný tepelný tok větráním Hv:	9,874 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb:	113,133 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,965 W/K
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu,t:	---
Měrný tok větráním nevytápěnými prostory Hu,v:	---
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrný tok větráními stěnami H,vw:	---
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHT:	---
Výsledný měrný tok H:	140,973 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	7,769	1,334	0,771	2,105	1,000	100,0	5,665
2	6,638	1,142	1,203	2,345	0,998	100,0	4,297
3	6,022	1,210	1,883	3,093	0,989	100,0	2,963
4	4,339	1,124	2,411	3,535	0,921	100,0	1,083
5	2,666	1,122	2,636	3,758	0,673	10,2	0,138
6	1,633	1,074	2,487	3,561	0,459	0,0	---
7	1,024	1,109	2,467	3,577	0,286	0,0	---
8	1,059	1,122	2,685	3,807	0,278	0,0	---
9	2,513	1,129	2,025	3,154	0,734	35,9	0,197
10	4,414	1,207	1,762	2,970	0,962	100,0	1,557
11	5,996	1,221	1,008	2,229	0,998	100,0	3,773
12	7,140	1,329	0,641	1,969	1,000	100,0	5,171

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 24,843 GJ

Roční energetická bilance výplní otvorů:

Název výplně otvoru	Orientace	QI [GJ]	Qs,ini [GJ]	Qs [GJ]	Qs/QI	U,eq,min	U,eq,max
OK1 J	J	4,666	8,907	6,421	1,38	-2,5	0,4
OK1 S	S	0,654	0,656	0,419	0,64	-1,6	0,7
OK1 V	V	1,264	2,325	1,514	1,20	-3,1	0,6
OK1 Z	Z	1,958	2,882	1,877	0,96	-2,3	0,7
OK2 J	J	2,380	4,867	3,509	1,47	-4,0	0,6
OK2 S	S	1,429	1,230	0,786	0,55	-1,8	1,1
DV V	V	0,892	1,112	0,724	0,81	-2,0	0,8

Vysvětlivky: QI je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty prostupem za rok; Qs,ini jsou celkové solární zisky za rok; Qs jsou využitelné solární zisky za rok; Qs/QI je poměr ukazující, kolikrát jsou využitelné solární zisky vyšší než ztráty prostupem, U,eq,min je nejnižší ekvivalentní součinitel prostupu tepla okna (rozdíl QI-Qs vydělený plochou okna a počtem denostupňů) během roku a U,eq,max je nejvyšší ekvivalentní součinitel prostupu tepla okna během roku.

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]
1	9,120	---	---	0,075	1,376	0,446	0,081
2	6,950	---	---	0,068	1,365	0,331	0,073
3	4,877	---	---	0,075	1,376	0,305	0,081
4	1,918	---	---	0,073	1,372	0,241	0,078
5	0,441	---	---	0,075	1,376	0,205	0,008
6	---	---	---	0,073	1,372	0,184	---
7	---	---	---	0,075	1,376	0,191	---
8	---	---	---	0,075	1,376	0,205	---
9	0,528	---	---	0,073	1,372	0,247	0,028
10	2,670	---	---	0,075	1,376	0,302	0,081
11	6,142	---	---	0,073	1,372	0,352	0,078
12	8,345	---	---	0,075	1,376	0,440	0,081
10,317							

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení

(popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 62,403 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 131,1 W/K
 Plocha obalových konstrukcí zóny: 526,5 m²
 Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,40 W/m²K
Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U,em: 0,25 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,71 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	140,973	100,00 %
z toho:	Měrný tok větráním Hv:	---	9,874	7,00 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	17,965	12,74 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	10,530	7,47 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcemí Hd,c:	---	102,603	72,78 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	OP1:	219,2	46,460	32,96 %
	STR1:	48,2	6,510	4,62 %
	STR3 - půda:	73,6	9,932	7,05 %
	OK1 J:	16,1	12,848	9,11 %
	OK1 S:	2,3	1,800	1,28 %
	OK1 V:	4,4	3,480	2,47 %
	OK1 Z:	6,7	5,392	3,82 %
	OK2 J:	5,5	6,552	4,65 %
	OK2 S:	3,3	3,936	2,79 %
	PDL1 - zemina:	123,4	17,965	12,74 %
	OP2 - zádveří:	16,6	2,624	1,86 %
	STR2 - zádveří:	4,7	0,612	0,43 %
	DV V:	2,7	2,457	1,74 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: 140,973 W/K
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 743,5 m³
 Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994): 0,19 W/m³K
 Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997): 13,9 kWh/(m³.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht: 131,1 W/K
 Plocha obalových konstrukcí budovy: 526,5 m²
 Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,40 W/m²K
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U,em: 0,25 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 24,843 GJ 6,901 MWh
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 743,5 m³

Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 242,0 m²
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m³): 9,3 kWh/(m³.a)
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 29 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3959.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	9,120	---	---	0,075	1,376	0,446	0,081	11,098
2	6,950	---	---	0,068	1,365	0,331	0,073	8,788
3	4,877	---	---	0,075	1,376	0,305	0,081	6,714
4	1,918	---	---	0,073	1,372	0,241	0,078	3,683
5	0,441	---	---	0,075	1,376	0,205	0,008	2,106
6	---	---	---	0,073	1,372	0,184	---	1,630
7	---	---	---	0,075	1,376	0,191	---	1,642
8	---	---	---	0,075	1,376	0,205	---	1,657
9	0,528	---	---	0,073	1,372	0,247	0,028	2,248
10	2,670	---	---	0,075	1,376	0,302	0,081	4,504
11	6,142	---	---	0,073	1,372	0,352	0,078	8,017
12	8,345	---	---	0,075	1,376	0,440	0,081	10,317

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	40,990 GJ	11,386 MWh	47 kWh/m ²
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	0,590 GJ	0,164 MWh	1 kWh/m ²
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	41,579 GJ	11,550 MWh	48 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	0,888 GJ	0,247 MWh	1 kWh/m ²
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	0,888 GJ	0,247 MWh	1 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	16,487 GJ	4,580 MWh	19 kWh/m ²
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	16,487 GJ	4,580 MWh	19 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	3,449 GJ	0,958 MWh	4 kWh/m ²
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	3,449 GJ	0,958 MWh	4 kWh/m²
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	62,403 GJ	17,334 MWh	72 kWh/m²

Měrná dodaná energie budovy

Celková roční dodaná energie: 17,334 MWh

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 743,5 m³

Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 242,0 m²

Měrná dodaná energie EP,V: 23,3 kWh/(m³.a)

Měrná dodaná energie budovy EP,A: 72 kWh/(m².a)

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Energo- nositel	Faktory transformace			Vytápění				Teplá voda			
	f,pN	f,pC	f,CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂
				-----	MWh/a	-----	t/a	-----	MWh/a	-----	t/a

elektřina ze sítě	3,0	3,2	1,1700	1,9	5,7	6,1	2,2	2,5	7,5	8,0	2,9
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0000	9,5	1,9	11,4	---	2,1	0,4	2,5	---
SOUČET				11,4	7,6	17,5	2,2	4,6	7,9	10,5	2,9

Energo- nositel	Faktory transformace			Osvětlení				Pom.energie			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektřina ze sítě	3,0	3,2	1,1700	1,0	2,9	3,1	1,1	0,2	0,5	0,5	0,2
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				1,0	2,9	3,1	1,1	0,2	0,5	0,5	0,2

Energo- nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání				Chlazení			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektřina ze sítě	3,0	3,2	1,1700	0,2	0,7	0,8	0,3	---	---	---	---
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				0,2	0,7	0,8	0,3	---	---	---	---

Energo- nositel	Faktory transformace			Úprava RH				Export elektřiny		
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,el	Q,pN	Q,pC
elektřina ze sítě	3,0	3,2	1,1700	---	---	---	---	---	---	---
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0000	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO2 je součinitel emisí CO2 v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO2 [t/a]
elektřina ze sítě	5,791	17,374	18,533	6,776
dřevěné peletky	11,543	2,309	13,851	---
SOUČET	17,334	19,683	32,384	6,776

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Měrná primární energie a emise CO2 budovy

Emise CO2 za rok:	6,776 t	
Celková primární energie za rok:	32,384 MWh	116,582 GJ
Neobnovitelná primární energie za rok:	19,683 MWh	70,859 GJ
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	743,5 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	242,0 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	9,1 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	43,6 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	26,5 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	28 kg/(m2.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,A:	134 kWh/(m2.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A:	81 kWh/(m2.a)	

STOP, Energie 2015