

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická



Optimální rekonstrukce rodinného domu do pasivního (nízkoenergetického)  
standardu

Optimal reconstruction of family house to passive energy (low-energy)  
standard

Šimon Brychta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA  
Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Studijní obor: Elektrotechnika a management  
Rok: 2023



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Brychta** Jméno: **Šimon** Osobní číslo: **495567**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Elektrotechnika a management**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Optimální rekonstrukce rodinného domu do pasivního (nízkoenergetického) standardu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Optimal reconstruction of family house to passive energy (low-energy) standard**

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza stávajícího stavu a požadavků na rekonstrukci (technická specifika rekonstrukcí, legislativa a normy, programy podpor v ČR)
2. Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby a jejich diskuse.
3. Sestavení funkčních variant řešení.
4. Vyhodnocení variant, shrnutí, diskuse a formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

1. Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavít úsporný dům? [online] Praha, ? EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.
2. Beranovský, J., Jindrák, M., Bejvlová, V. (2017) Efektivní vytápění energeticky úsporných domů. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: ISBN 978-80-87333-14-3. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017. Dostupné z <http://ekowatt.cz/cz/publikace/>.
3. Srdečný, K. (2006) Katalog energeticky soběstačných řešení nejen pro nízkoenergetické domy. Praha: EkoWATT o. s.
4. Srdečný, K., Purkert, M., Klínerová, J. (2011) Porovnání kvality realizovaných pasivních domů v ČR z environmentálních hledisek. Odborná studie. [online] Praha: EkoWATT o. s. , elektronická publikace. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **03.02.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2024**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha 22.5. 2023

Šimon Brychta

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem mým nejbližším, kteří mě podporovali při vytvoření této práce. Chtěl bych poděkovat majitelům rodinného domu, za cenné rady a za poskytnuté informace. Též bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA za odborné vedení této práce.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá analýzou možných variant pro optimální rekonstrukci rodinného domu z hlediska energetické náročnosti. Předmětem zkoumání v této bakalářské práci byl rodinný dům ve městě Pyšely. V práci je zhodnocen současný stav budovy, na základě kterého byly následně navrženy jednotlivé varianty pro zlepšení energetické náročnosti zkoumaného objektu. Navrženo bylo celkem 6 variant – varianta\_2 změna kamen za kamna s výměníkem; varianta\_3 výměna oken; varianta\_4 tepelné čerpadlo; varianta\_5 tepelné čerpadlo s podlahovým topením; varianta\_6 tepelné čerpadlo + výměna oken; varianta\_7 tepelné čerpadlo + výměna oken + podlahové topení. Z těchto variant byla varianta\_7 vyhodnocena jako nejvýhodnější pro případnou realizaci u zkoumaného objektu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Optimalizace, rekonstrukce, rodinný dům, zdroje vytápění, energetická náročnost.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the analysis of possible options for the optimal reconstruction of a family house in terms of energy consumption. The subject of the research in this bachelor thesis was a family house in the town of Pyšely. The current condition of the building is evaluated in the thesis, on the basis of which individual options for improving the energy performance of the examined building were subsequently proposed. A total of 6 variants were proposed - variant\_2 change of stove for stove with heat exchanger; variant\_3 replacement of windows; variant\_4 heat pump; variant\_5 heat pump with underfloor heating; variant\_6 heat pump + replacement of windows; variant\_7 heat pump + replacement of windows + underfloor heating. Of these options, option\_7 was evaluated as the most advantageous for possible implementation in the object under study.

## **KEYWORDS**

Optimization, reconstruction, family house, heating sources, energy performance.

# Obsah

<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM ROVNIC .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU .....</b>	<b>12</b>
1.1 POPIS ZKOUMANÉHO OBJEKTU .....	12
1.2 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU .....	12
1.3 STAVEBNÍ KONSTRUKCE .....	14
1.4 SYSTÉM VYTÁPĚNÍ .....	15
1.5 OHŘEV UŽITKOVÉ VODY .....	15
1.6 ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE .....	16
1.7 FAKTURY ZA ELEKTRINU .....	17
<b>2 MOŽNÉ NÁVRHY KE ZVÝŠENÍ ÚSPOR .....</b>	<b>23</b>
2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY .....	23
2.2 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA .....	23
2.3 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM .....	23
2.4 NÍZKOENERGETICKÝ A PASIVNÍ DŮM .....	24
2.5 ZATEPLENÍ BUDOVY .....	25
2.5.1 <i>Izolace obvodových stěn .....</i>	<i>25</i>
2.5.2 <i>Zateplení podlahy, podhledu v suterénu .....</i>	<i>25</i>
2.5.3 <i>Zateplení střechy .....</i>	<i>25</i>
2.5.4 <i>Výměna oken .....</i>	<i>26</i>
2.6 ZMĚNA ZDROJE VYTÁPĚNÍ .....	26
2.6.1 <i>Tepelné čerpadlo .....</i>	<i>26</i>
2.6.2 <i>Kotle na tuhá paliva .....</i>	<i>28</i>
2.6.3 <i>Kotel na plyn .....</i>	<i>28</i>
2.6.4 <i>Připojení k teplotní soustavě .....</i>	<i>28</i>
2.6.5 <i>Fotovoltaický systém .....</i>	<i>28</i>
2.6.6 <i>Výměna kamna za kamna s výměníkem .....</i>	<i>29</i>

2.7	REKUPERACE VZDUCHU .....	29
<b>3</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>30</b>
3.1	UKAZATEL ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY (NPV).....	30
3.2	DOBA NÁVRATNOSTI .....	30
3.3	INFLACE .....	31
3.4	DISKONT .....	32
3.5	VÝVOJ CENY ENERGIE .....	33
<b>4</b>	<b>ZPŮSOB SESTAVENÍ MOŽNÝCH VARIANT .....</b>	<b>34</b>
4.1	VARIANTA_1 STÁVAJÍCÍ STAV .....	34
4.2	VARIANTA_2 ZMĚNA KAMEN ZA KAMNA S VÝMĚNÍKEM .....	34
4.3	VARIANTA_3 VÝMĚNA OKEN .....	35
4.4	VARIANTA_4 TEPELNÉ ČERPADLO .....	35
4.5	VARIANTA_5 TEPELNÉ ČERPADLO S PODLAHOVÝM TOPENÍM.....	36
4.6	VARIANTA_6 TEPELNÉ ČERPADLO + VÝMĚNA OKEN.....	36
4.7	VARIANTA_7 TEPELNÉ ČERPADLO + VÝMĚNA OKEN + PODLAHOVÉ TOPENÍ.....	36
<b>5</b>	<b>VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT.....</b>	<b>37</b>
5.1	VYHODNOCENÍ ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY .....	37
5.2	CITLIVOSTNÍ ANALÝZA .....	38
	<b>CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR .....</b>	<b>39</b>



## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Současný stav porovnaný s normou ČSN 73 0540-2 .....	15
Tabulka 2 - Roční provozní náklady spotřebičů v objektu.....	16
Tabulka 3 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2018.....	17
Tabulka 4 - Distribuční sazba za rok 2018 .....	18
Tabulka 5 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2019.....	18
Tabulka 6 - Distribuční sazba za rok 2019 .....	19
Tabulka 7 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2020.....	19
Tabulka 8 - Distribuční sazba za rok 2020 .....	20
Tabulka 9 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2021 .....	20
Tabulka 10 - Distribuční sazba za rok 2021 .....	21
Tabulka 11 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2022.....	21
Tabulka 12 - Distribuční sazba za rok 2022 .....	22
Tabulka 13 - Vyhodnocení jednotlivých variant, NPV, Doba návratnosti.....	39

## **Seznam rovnic**

Rovnice 1 - Čistá současná hodnota .....	30
Rovnice 2 - Prostá doba návratnosti .....	30
Rovnice 3 - Reálná doba návratnosti.....	31

## **Seznam obrázků**

Obrázek 1 - Půdorys prvního podlaží .....	13
Obrázek 2 - Půdorys druhého podlaží .....	13
Obrázek 3 - Půdorys suterénu.....	14

## **Seznam grafů**

Graf 1- Spotřeba elektrické energie.....	22
Graf 2 - Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen [18] .....	32
Graf 3 - vývoj ceny elektřiny [22] .....	33
Graf 4 - Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontu.....	38

## Úvod

Nízkoenergetické náročnosti budov je v posledních letech věnováno čím dál více pozornosti. Jedním z důvodů může být například to, že je také věnováno více pozornosti změnám klimatu a s ním spojeným environmentálním problémům. Z tohoto hlediska je tedy důležité, že čím méně energie objekt spotřebuje, tím je šetrnější k životnímu prostředí. V dnešní době tedy musí nově vystavěné budovy splňovat kritérium pro nízkou spotřebu. S tímto se pojí také podpora v podobě dotací těchto staveb či případných rekonstrukcí již existujících budov.

Cílem práce je analýza stávajícího stavu a požadavků na rekonstrukci již existujícího objektu – rodinného domu, který byl postaven před více než 20 lety. Dům se nachází v dojezdové blízkosti Prahy ve městě Pyšely. Dále v práci budou navrženy možnosti pro snížení energetické náročnosti budovy (například v podobě zateplení budovy či výměny oken) a vyhodnocení možnosti realizace či přiblížení zkoumaného objektu do nízkoenergetického (pasivního) standardu. Také budou navrženy možné změny zdroje vytápění. V případě využití těchto možností optimalizace energetické náročnosti budovy se tedy i sníží náklady na roční provoz objektu. Z možností, které budou v práci popsány dále budou vybrány a aplikovány pouze prvky, které jsou v případě zkoumaného objektu potenciálně realizovatelné.

Následně budou sestaveny případné optimalizační či rekonstrukční varianty pro vylepšení energetické náročnosti zkoumaného objektu. Poté bude v práci zanalyzováno a popsáno jejich ekonomické zhodnocení.

Závěrem práce poté bude kompletní vyhodnocení jednotlivých variant z hlediska ekonomických kritérií. Z těchto variant bude následně vybrána ta, která z analýzy vyplyne jako nejvhodnější pro potenciální realizaci u zkoumaného objektu a ta bude předložena a doporučena majiteli objektu.

# 1 Analýza stávajícího stavu

## 1.1 Popis zkoumaného objektu

Předmětem zkoumání této bakalářské práce je rodinný dům ve městě Pyšely. Jedná se o jednogenerační dům, který je celoročně využíván k bydlení. Hlavním důvodem zkoumání je optimalizace energetické náročnosti budovy, protože dochází k čím dál většímu nárůstu ceny energií. Bakalářská práce řeší ekonomickou efektivnost jednotlivých optimalizačních variant. Majitel objektu si nepřeje zásadní úpravy objektu ani jeho okolí.

Město Pyšely se nehází ve Středočeském kraji v okrese Benešov. Část Pyšel, kde se objekt nachází byla dříve považována za chatovou oblast, ale s přibývajícím obyvateli, kteří chtějí bydlet za Prahou se Pyšely zvětšují a už se jedná spíše o město. Ve městě tak dochází nejen k výstavbě nových rodinných domů, ale také k přestavbě chat na celoročně obyvatelné domy.

## 1.2 Popis stávajícího stavu

Jak bylo již zmíněno, rodinný dům, který je předmětem zkoumání této bakalářské práce, prošel už několika rekonstrukcemi a úpravami. Objekt byl přestavěn do aktuálního stavu v roce 2000, kdy byl původní dům zrekonstruován a byla přistavěna další část objektu. Dům má 2 patra a suterén. Vchod do budovy se nachází v prvním patře, kde se zároveň nachází obývací pokoj s jídelnou a kuchyní. Dále se v prvním patře také nachází koupelna a samostatná toaleta. Z prvního patra je možné jít po schodech do suterénu nebo do druhého patra.

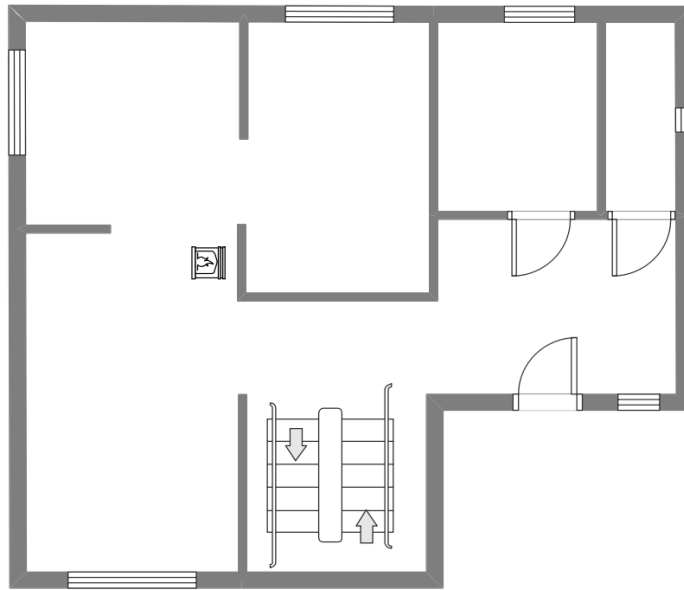
V suterénu se nachází dvě ložnice, spižirna a kotelna. Suterén je zapuštěný v zemi a jednou stranou, dvěma ložnicemi, mírně vyčnívá do zahrady. Strop vyčnívající části je používán jako terasa na kterou, je přístup jak z obývacího pokoje, tak i ze zahrady.

Ve druhém patře se nachází chodba, ze které je možné jít do tří pokojů. Konkrétně se jedná o pracovnu, ložnici a dětský pokoj. Z ložnice je pak možnost dostat se do podkroví, které se kvůli své velikosti využívá pouze na uskladnění věcí. Z chodby je pak dále možnost jít na samostatnou toaletu.

V roce 2020 proběhla rekonstrukce krytiny na celé střeše. Při té příležitosti došlo i k vylepšení stávajícího stavu, tedy přidání a výměna skelné vaty pro zlepšení tepelných vlastností domu.

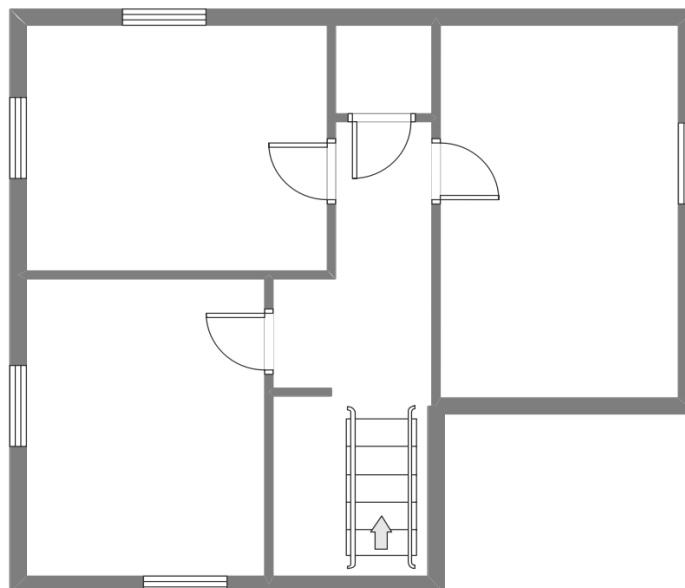
Pro lepší orientaci jsem vytvořil půdorysy jednotlivých podlaží, jež jsou uvedeny níže.

## První patro



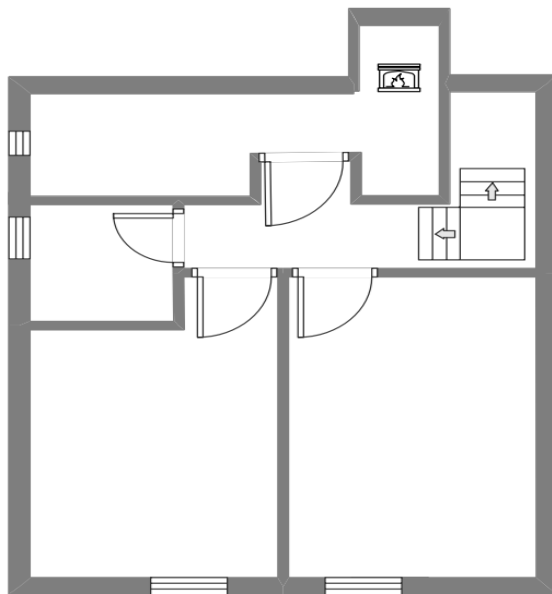
*Obrázek 1 - Půdorys prvního podlaží*

## Druhé patro



*Obrázek 2 - Půdorys druhého podlaží*

## Suterén



*Obrázek 3 - Půdorys suterénu*

### 1.3 Stavební konstrukce

V kapitole stavební konstrukce se budu zabývat celkovou konstrukcí objektu. Pro přehlednost jsem vytvořil tabulku se současným stavem součinitelů prostupu tepla u jednotlivých konstrukcí. Dále jsou jednotlivé hodnoty porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami stanovenými dle normy ČSN 73 0540-2 [2].

Tabulku jsem sestavil pomocí internetového zjednodušeného výpočtu potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy [3]. Cílem tabulky je znázornit rozdíl hodnot současného stavu s hodnotami doporučenými či požadovanými normou ČSN 73 0540-2 [2]. Z tabulky je patrné, že jednotlivé části objektu jsou na pomezí mezi danou normou požadovanými hodnotami. Problémové prvky stavební konstrukce jsou převážně ty, u kterých se hodnoty výrazně odlišují od požadovaných či doporučených. Takový problém je patrný hlavně u vstupních dveří a oken.

Konstrukce	Současný stav		Požadovaný	Doporučený	Doporučené pro PD*
	U [W/m <sup>2</sup> K]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Stěna	0,35	280	0,3	0,2	0,18 – 0,12
Podlaha na terénu	0,43	82	0,45	0,3	0,22 – 0,15
Střecha	0,2	82	0,24	0,16	0,15 – 0,10
Vstupní dveře	3,7	2,8	1,7	1,1	0,9
Okna	2,5	20	1,5	1,2	0,9

Tabulka 1 – Současný stav porovnaný s normou ČSN 73 0540-2

PD\* - pasivní dům

## 1.4 Systém vytápění

Objekt má tři způsoby vytápění. Prvním z nich, který byl nejpoužívanější, je elektrický kotel, který rozvádí teplou vodu do radiátorů po celém domě. Elektrický kotel má instalovaný výkon 12 kW.

Druhým způsobem je kotel na dřevo, který je schopen podobně jako elektrický kotel rozvádět vodu do radiátorů po celém domě. Kotel na dřevo je umístěn v suterénu, který ale není uzpůsobený k tomu, aby se zde dalo skladovat potřebné množství dřeva, což je také jeden z hlavních důvodů, proč se moc nevyužívá. Kotel na dřevo má zároveň poměrně velkou spotřebu, protože jeho instalovaný výkon je 22 kW. Poslední variantou jsou kamna, která se nachází v obývacím pokoji a mají instalovaný výkon 3,3 – 7 kW, záleží na způsobu topení. Způsob vytápění celého objektu pomocí kamen ovšem není možný, protože kamna jsou bez výměníku vody a dokážou vytopit pouze obývací pokoj, na nejvýš cele první patro.

Poslední topné období se využívání elektrického kotle, jako primárního zdroje tepla v objektu snížila, s ohledem na nárůst ceny elektřiny. Z tohoto důvodu se tedy převážně topilo kamny na dřevo v obývacím pokoji.

## 1.5 Ohřev užitkové vody

K ohřevu užitkové vody se v objektu využívá elektrický bojler, který rozvádí teplou užitkovou vodu do celého objektu. Objem bojleru je 200 litrů, což je ideální velikost zhruba pro pět lidí. Nyní však v objektu žijí pouze dva lidé, takže by se mohlo zdát, že velikost bojleru je naddimenzovaná. Nicméně, z důvodu častých návštěv by menší velikost byla nedostačující, a proto s možností výměny bojleru nebude dále pracováno.

## 1.6 Elektrické spotřebiče

Pro analýzu faktur za elektřinu byla vytvořena tabulka s elektrickými spotřebiči a jejich elektrickou náročností. V tabulce je přibližena roční spotřeba domácích spotřebičů, ale samozřejmě jde o hrubý odhad, takže čísla jsou pouze pro orientační přiblížení roční spotřeby domácnosti.

	Spotřebiče	Celková doba využívání za rok [hod]	Příkon [kW]	Spotřeba za rok [kWh]	Tarif	Cena za rok bez daně [Kč]
1.	televizor	912,5	0,478	436,2	20h NT, 4h VT	2 983
2.	počítač	730	0,38	277,4	20h NT, 4h VT	1 897
3.	monitor	730	0,05	36,5	20h NT, 4h VT	250
4.	notebook	730	0,06	43,8	20h NT, 4h VT	300
5.	pračka	200 cyklů	-	440,0	20h NT, 4h VT	3 009
6.	elektrické kamna	73	2	146,0	20h NT, 4h VT	998
7.	fěn	36,5	2,2	80,3	20h NT, 4h VT	549
8.	vysavač	109,5	2	219,0	20h NT, 4h VT	1 498
9.	myčka	150 cyklů	-	127,5	20h NT, 4h VT	872
10.	žehlička	109,5	3	328,5	20h NT, 4h VT	2 246
11.	varná konvice	54,75	2,2	120,5	20h NT, 4h VT	824
12.	mikrovlnná trouba	36,5	1	36,5	20h NT, 4h VT	250
13.	trouba	91,25	3,3	301,1	20h NT, 4h VT	2 059
14.	lednice kombinovaná 1.	8760	0,029	254,0	20h NT, 4h VT	1 737
15.	lednice kombinovaná 2.	8760	0,034	297,8	20h NT, 4h VT	2 037
16.	router	8760	0,007	61,3	20h NT, 4h VT	419
17.	bojler 200 litrů	-	2,2	3300,0	20h NT, 4h VT	22 567
18.	čistička bazénů	474,5	0,45	213,5	20h NT, 4h VT	1 460
19.	televizní reproduktor	912,5	0,04	36,5	20h NT, 4h VT	250
<b>Celkem</b>				<b>7 056,48</b>		<b>46 204</b>

Tabulka 2 - Roční provozní náklady spotřebičů v objektu

K výpočtu celkové spotřeby je následně nutné přičíst spotřebu elektrického kotle a spotřebu osvětlení. Osvětlení v domácnosti jsem z důvodu velkého množství a různorodosti žárovek stanovil na 0,3 MWh ročně, která je přičtená k celkové spotřebě. Cena je vypočtena ze zastropovaných cen, které jsou detailně rozepsány v příloze práce<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Záložka „Spotřebiče“



## 1.7 Faktury za elektřinu

Faktury za elektřinu, se kterými je pracováno v této práci jsou za období od 9.6. 2017 do 7.6. 2022. Elektřina je dodávána distribuční skupinou ČEZ. Z tabulek je patrné, že průměr roční spotřeby je okolo 65 000 Kč. Spotřebu v jednotlivých letech ovlivňuje hned několik faktorů. Jedním z faktorů je změna počtu obyvatel ve zkoumaném objektu. V letech 2017-2019 obývali objekt tři dospělí lidé, ale naopak během let 2019-2020, kdy byla nejrozšířenější pandemie Covidu-19 v domě bylo pět dospělých lidí. V této době byli zároveň kvůli pandemii všichni obyvatelé nepřetržitě doma. To tedy mělo za následek zvýšení spotřeby.

Dále je z grafu patrné, že po pandemii Covidu-19 rapidně klesla spotřeba elektřiny, což je dáno tím, že obyvatelé domácnosti začali nakládat s elektřinou úsporněji (z důvodu zvyšování cen elektřiny). V posledním roce sice dochází ke 30 % navýšení cen elektřiny, ale zároveň z důvodu zmiňované úspory domácnosti nedochází k navýšení celkové ceny za dodanou elektřinu.

### 2018

09.06.2017 08.06.2018

Faktura		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
Silová elektřina					
9. 6. 2017 - 31. 12. 2017	Pevná cena	-	6,73	60	403,98
	VT	0,980	-	1 448	1 418,46
	NT	9,693	-	1 261	12 222,24
1. 1. 2018 - 31. 5. 2018	Pevná cena	-	5,00	60	300,00
	VT	0,761	-	1 448	1 102,04
	NT	9,953	-	1 261	12 550,96
1. 6. 2018 - 8. 6. 2018	Pevná cena		0,27	69	18,42
	VT	0,040	-	1 495	60,28
	NT	0,527	-	1 390	727,70
					<b>28 804</b>

Tabulka 3 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2018

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2017- 31. 12. 2017	platba za jistič	-	6,73	397	2 673,00
	distribuce VT	0,980	-	254,84	249,64
	distribuce NT	9,693	-	64,01	620,42
	systémové služby	10,672	-	93,94	1 002,54
	platba POZE	10,672	-	495	5 282,69
	činnost OTE	-	6,73	4,9	32,99
1. 1. 2018 - 8. 6. 2018	platba za jistič	-	5,27	420	2 212,14
	distribuce VT	0,801	-	269,66	216,11
	distribuce NT	10,481	-	71,69	751,35
	systémové služby	11,282	-	93,63	1 056,32
	platba POZE	11,282	-	495	5 584,54
	činnost OTE	-	5,27	5,4	28,44
Celková daň		621,3 Kč			<b>19 710</b>

Tabulka 4 - Distribuční sazba za rok 2018

## 2019

09.06.2018 06.06.2019

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2018 - 31. 12. 2018	Pevná cena	-	6,73	69	464,58
	VT	0,797	-	1 495	1 191,52
	NT	9,448	-	1 380	13 038,78
1. 1. 2019 - 28. 2. 2019	Pevná cena	-	2,00	69	138,00
	VT	0,242	-	1 495	362,37
	NT	3,781	-	1 380	5 217,42
1. 3. 2019 - 6. 6. 2019	Pevná cena		3,20	74	236,70
	VT	0,403	-	1 641	660,48
	NT	6,280	-	1 639	10 291,76
					<b>31 602</b>

Tabulka 5 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2019

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2018 - 31. 12. 2018	platba za jistič	-	6,73	420	2 827,86
	distribuce VT	0,797	-	269,66	214,92
	distribuce NT	9,448	-	71,69	677,36
	systémové služby	10,245	-	93,63	959,28
	platba POZE	10,245	-	495	5 071,47
	činnost OTE	-	6,73	5,4	36,36
1. 1. 2019 - 6. 6. 2019	platba za jistič	-	5,20	446	2 319,20
	distribuce VT	0,645	-	286,41	184,73
	distribuce NT	10,061	-	98,22	988,15
	systémové služby	10,706	-	76,19	815,66
	platba POZE	10,706	-	495	5 299,27
	činnost OTE	-	5,20	6,93	36,04
Celková daň		592,91 Kč			<b>19 430</b>

Tabulka 6 - Distribuční sazba za rok 2019

## 2020

07.06.2019 04.06.2020

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
7. 6. 2019 - 31. 10. 2019	Pevná cena	-	4,80	74	355,06
	VT	0,589	-	1 641	966,62
	NT	5,198	-	1 639	8 519,18
1. 11. 2019- 31. 12. 2019	Pevná cena	-	2,00	79	158,00
	VT	0,299	-	1 829	547,02
	NT	4,835	-	1 829	8 843,64
1. 1. 2020 - 29. 2. 2020	Pevná cena	-	2,00	79	158,00
	VT	0,298	-	1 829	545,22
	NT	5,259	-	1 829	9 618,75
1. 3. 2020 - 4. 6. 2020	Pevná cena	-	3,13	79	247,51
	VT	0,409	-	1 829	747,33
	NT	4,881	-	1 829	8 928,23
					<b>39 635</b>

Tabulka 7 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2020

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH
7. 6. 2019 - 31. 12. 2020	platba za jistič	-	6,80	446	3 032,80
	distribuce VT	0,8883	-	286,41	254,42
	distribuce NT	10,0335	-	98,22	985,49
	systémové služby	10,9218	-	76,19	832,13
	platba POZE	10,9218	-	495	5 406,29
	činnost OTE	-	6,80	6,93	47,12
1. 1. 2020 - 4. 6. 2020	platba za jistič	-	5,13	452	2 320,12
	distribuce VT	0,7067	-	289,94	204,90
	distribuce NT	10,1405	-	134,56	1 364,51
	systémové služby	10,8472	-	77,12	836,54
	platba POZE	10,8472	-	495	5 369,36
	činnost OTE	-	5,13	5,08	26,08
Celková daň		616,07 Kč			<b>20 680</b>

Tabulka 8 - Distribuční sazba za rok 2020

## 2021

05.06.2020 08.06.2021

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (kč)
5. 6. 2020 - 30. 9. 2020	Pevná cena	-	6,87	79	542,49
	VT	0,471	-	1 829	860,69
	NT	3,261	-	1 829	5 964,68
1. 10. 2020- 31. 12. 2020	Pevná cena	-	6,87	79	542,49
	VT	0,446	-	1 639	730,70
	NT	5,754	-	1 639	9 430,20
1. 1. 2021 - 8. 6. 2021	Pevná cena	-	5,27	79	416,09
	VT	0,734	-	1 639	1 202,37
	NT	9,152	-	1 639	15 000,46
					<b>34 690</b>

Tabulka 9 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2021

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
5. 6. 2020 - 31. 12. 2020	platba za jistič	-	6,87	452	3 103,88
	distribuce VT	0,9164	-	289,94	265,70
	distribuce NT	9,0148	-	134,56	1 213,03
	systémové služby	9,9312	-	77,12	765,89
	platba POZE	9,9312	-	495	4 915,94
	činnost OTE	-	6,87	5,08	34,88
1. 1. 2019 - 8. 6. 2021	platba za jistič	-	5,27	432	2 275,34
	distribuce VT	0,7336	-	252,07	184,92
	distribuce NT	9,1522	-	135,91	1 243,88
	systémové služby	9,8858	-	93,3	922,35
	platba POZE	9,8858	-	495	4 893,47
	činnost OTE	-	5,27	3,91	20,59
Celková daň		560,82 Kč			<b>19 840</b>

Tabulka 10 - Distribuční sazba za rok 2021

## 2022

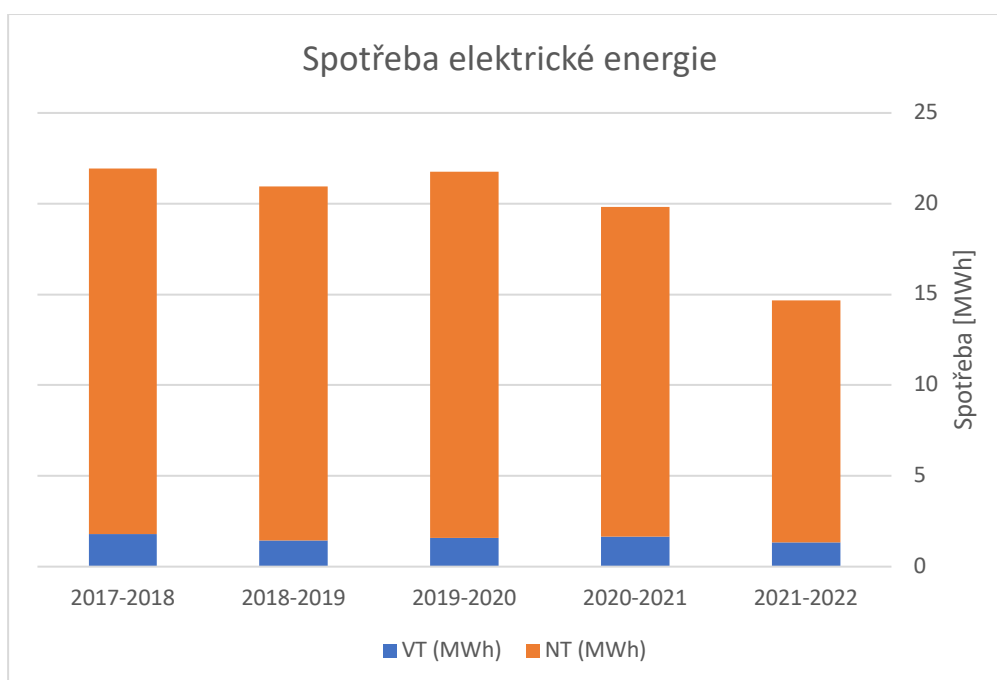
09.06.2021 07.06.2022

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2021 - 30. 12. 2021	Pevná cena	-	6,70	79	529,38
	VT	0,736	-	1 639	1 205,50
	NT	6,515	-	1 639	10 677,99
31. 12. 2021 - 31. 12. 2021	Pevná cena	-	0,03	79	2,85
	VT	0,004	-	2 954	12,67
	NT	0,057	-	2 954	167,67
1. 1. 2022 - 7. 6. 2022	Pevná cena	-	5,23	89	465,74
	VT	0,599	-	2 954	1 770,04
	NT	6,759	-	2 954	19 966,97
					<b>35 213</b>

Tabulka 11 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2022

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2021 - 31. 12. 2021	platba za jistič	-	6,73	432	2 908,66
	distribuce VT	0,7398	-	252,07	186,48
	distribuce NT	6,5717	-	135,911	893,16
	systémové služby	7,3115	-	93,3	682,16
	platba POZE	7,3115	-	495	3 619,19
	činnost OTE	-	6,73	3,91	26,33
1. 1. 2019 - 7. 6. 2022	platba za jistič	-	5,23	435	2 276,36
	distribuce VT	0,5992	-	249,72	149,63
	distribuce NT	6,7593	-	173,98	1 175,98
	systémové služby	7,3585	-	113,53	835,41
	platba POZE	7,3585	-	495	3 642,46
	činnost OTE	-	5,23	4,201	21,98
Celková daň		415,17 Kč			<b>16 418</b>

Tabulka 12 - Distribuční sazba za rok 2022



Graf 1- Spotřeba elektrické energie

## 2 Možné návrhy ke zvýšení úspor

V této kapitole se budu zabývat možnými návrhy pro zvýšení úspor při provozu objektu. Jednotlivé možné prvky optimalizace budu následně posuzovat, zda jsou akceptovatelné pro daného investora v tomto případě i majitele. Dále také nesmíme přehlédnout, zda jsou jednotlivé varianty kompatibilní se skutečným stavem objektu. Pro optimalizaci byly vybrány prvky, které jsou obvykle používány a které jsou u daného objektu potenciálně realizovatelné. Nejdříve je nutné definovat základní pojmy jako jsou tepelné ztráty, součinitel prostupu tepla nebo také Nová zelená úsporám, kterou následně mohou využít jednotlivé prvky optimalizace.

### 2.1 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty jsou jedním z hlavních ukazatelů energetické náročnosti ve zkoumaném objektu. Jak už název napovídá jedná se o ztracené teplo v daném objektu. Na tepelné ztráty má vliv mnoho faktorů – dispozice objektu, míra zateplení, způsob větrání či geografická poloha objektu. Tepelným ztrátám je třeba věnovat pozornost z důvodu spojitosti se zdrojem tepla, protože když bychom měli tepelné ztráty větší než výkon zdroje vytápění, nebo naopak zdroj vytápění předdimenzovaný, tak ani jeden ze způsobů není optimální pro vytvoření požadovaného tepla.

### 2.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je ukazatelem kolik tepla unikne konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot jejich povrchů. Jedná se o hodnotu, kterou značíme  $U$ . Čím menší je součinitel prostupu tepla  $U$ , tím je objekt zateplenější a prostupnost tepla menší. Samozřejmě konstrukce s nízkým součinitelem prostupu tepla jsou výrazně dražší a je tedy důležité si při stavbě nebo rekonstrukci rozmyslet, na jakou úroveň objekt chceme dimenzovat a najít nějaké požadované optimum.

### 2.3 Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je dotační program pro byty a rodinné domy v České republice. Tento dotační program, který je jeden z nejznámějších, pomáhá snižovat energetickou náročnost objektu, podporuje šetrné způsoby vytápění a obnovitelné zdroje energie. Cílem dotace je snížit produkci emisí a skleníkových plynů, které vznikají při vytápění objektů a tím tak zlepšit stav životního prostředí. Dotace byla za léta 2014–2021 financována z emisních povolenek. Od roku 2021 je dotační program financován z Nástroje pro oživení a odolnost, který spravuje Národní plán obnovy, později také Modernizační fond. Ke konci roku 2022 byl

vyhlášen další program Nová zelená úsporám Light. Tento program je určen pro seniory a domácnosti s nižšími příjmy [4]. Konkrétně tento program podporuje například akumulční nádrže na zachytávání dešťové vody; využívání odpadní vody; solární termické a fotovoltaické systémy; pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro osobní vozidla; výměny neekologických zdrojů tepla za tepelná čerpadla či lokální zdroje na biomasu [5].

Dotace, které je možné využít pro rodinné domy jsou například tyto:

- Fotovoltaický systém se standartním měničem a základní instalací o výkonu 2kWp lze získat až 40 000 Kč.
- Následně za každý další instalovaný 1kWp výkonu lze získat až 10 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění a přípravu teplé vody lze získat až 100 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění bez přípravy teplé vody lze získat až 80 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody připojené k fotovoltaickému systému lze získat až 140 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch lze získat až 60 000 Kč.
- Při zateplení nebo výměně oken lze čerpat až 650 000 Kč, ale podmínkou je, že nejvyšší částka, kterou lze získat odpovídá 50 % celkových výdajů [6].

## 2.4 Nízkoenergetický a pasivní dům

Nízkoenergetický dům, jak už název napovídá je dům, který na svůj provoz potřebuje nízké množství tepla. Roční potřeba tepla na vytápění takového nízkoenergetického domu musí být menší než 50 kWh/m<sup>2</sup>. Doporučené hodnoty nízkoenergetického a pasivního standardu dané normou ČSN 730540 2, jako je například součinitel prostupu tepla, nejsou legislativně závazné. Dalšími charakteristickými znaky nízkoenergetického domu mohou být například: otopná soustava o nižším výkonu; využití obnovitelných zdrojů; dobře zateplené konstrukce nebo řízené větrání [1].

Nízkoenergetický standard je nezbytným vývojovým stupněm pasivního standardu. Pasivní dům, je dům s velmi nízkou energetickou náročností. Pro pasivní domy se uvádí, že jejich roční potřeba tepla musí být méně než 15 kWh/m<sup>2</sup>. Dalšími charakteristickými znaky pasivního domu mohou být například: řízené větrání s rekuperací tepla; vynikající parametry tepelné izolace či velmi těsné konstrukce [1]. Pasivní domy nejčastěji využívají zdroje tepla



s nízkým výkonem, těmi obvykle bývají tepelná čerpadla v kombinaci se solárními systémy a fotovoltaikou.

## **2.5 Zateplení budovy**

Zateplení budovy je jedním z nejdůležitějších prvků pro snížení energetické náročnosti objektu. Pro zateplení budov se nejčastěji používá tepelná izolace. Úkolem tepelné izolace je především udržet teplo v daném objektu. Izolace prostorů, u kterých chceme nějak řešit energetické vlastnosti je nevyhnutelná. V následujících podkapitolách je zateplení budovy rozděleno do čtyř skupin. A to sice, izolace obvodových stěn, zateplení podlahy, střechy a výměna oken.

### **2.5.1 Izolace obvodových stěn**

První prvkem snížení energetické náročnosti objektu je izolace obvodových stěn. V současném stavu má zkoumaný objekt izolaci z polyuretanu, která má součinitel tepelné vodivosti  $U = 0,022 - 0,075 \text{ W/mK}$  [7].

Izolace obvodových stěn pomocí 10 cm polyuretanu by měla mít dostatečné tepelné izolační vlastnosti, a proto v této práci nebude dále uvažováno o možnosti optimalizace prostřednictvím výměny izolace obvodových stěn.

### **2.5.2 Zateplení podlahy, podhledu v suterénu**

Další částí, kterou je vhodné tepelně izolovat je podlaha a podhledy v suterénu. V současném stavu je podlaha tvořena z hlavní části z podlahových prken z masivního dřeva doplněná dlažbou, která je v předsíni, koupelně a kuchyni. Ve stávajícím stavu se už nachází podlažní tepelná izolace. V této práci nebude tedy dále uvažováno o optimalizaci prostřednictvím zateplení nebo výměny izolace podlahy.

Podhled v suterénu nebo také podlaha terasy je 20 cm betonová deska, která je z podhledové části izolována polyuretanem a doplněna izolační vatou.

### **2.5.3 Zateplení střechy**

Zateplení střechy je dalším prvkem, díky kterému můžeme eliminovat ztrátu tepla, protože teplý vzduch stoupá vzhůru a díky správné a dobré izolaci tak můžeme udržet teplo v objektu. Po proběhlé rekonstrukci střechy v roce 2020 je stávající stav zateplení střechy v celku dobrý. Stávající stav využívá jednu ze standartních zateplovacích metod, a to sice zateplení mezi krovem. Dalšími možnostmi je nadkrovní či podkrovní zateplení nebo jejich kombinace. Ke stávajícímu stavu by se mohla přidat kombinace podkrovního zateplení, abychom zlepšili hodnoty součinitele prostupnosti tepla. To by nám však ubralo skladovací

prostor na půdě. Ve stávajícím stavu se nachází mezikrovní izolace z polyuretanu o tloušťce 10 cm.

#### **2.5.4 Výměna oken**

Posledním prvkem, který bych zařadil do zateplení budovy je výměna oken a dveří. Okna a dveře ve zkoumaném objektu jsou vyrobena truhlářem před více než 20 lety. Podle online výpočetního programu [3] mohou okna a dveře až za 38 % tepelných ztrát objektu. Okna nejsou vyrobena pomocí vícevrstvých a lepených profilů, které se v dnešní době používají na výrobu takzvaných eurooken. V době přestavby však už nezbyly peníze na eurookna, která v té době byla znatelně dražší.

V dnešní době jsou eurookna čím dál více preferovanou variantou, nejen pro svoje charakteristické tepelné, izolační a akustické vlastnosti, ale také kvůli svému vzhledu. Eurookna jsou charakteristická hned několika prvky. Jedna z hlavních charakteristických vlastností je, že rám i křídla oken jsou vyrobeny z vícevrstvých lepených hranolů, takzvaných eurohranolů. Eurookna se nejčastěji označují čísly 68, 78 a 92. Rozdíl mezi nimi je v šířce zmiňovaného hranolu a typu zasklení. Čím vyšší třída profilu, tím je součinitel prostupu tepla menší a tím okno umožňuje vyšší úspory. Samotné okno se pak skládá ze tří slepených vrstev dřeva, přičemž na vrchní strany je použité masivní dřevo, které odolává změnám vnějšího prostředí, změnám počasí a změnám ročního období. Samotné zasklení je nejčastěji provedeno dvojsklem nebo trojsklem (popřípadě čtyřsklem). S tím, že meziprostor mezi skly je vyplněn plynem, který omezuje vedení tepla [8].

## **2.6 Změna zdroje vytápění**

### **2.6.1 Tepelné čerpadlo**

Tepelné čerpadlo v dnešní době prochází obdobím velmi silné poptávky. Důvodem mohou být třeba rostoucí náklady za energie nebo ekologické normy spojené s různými dotacemi. Tepelné čerpadlo a jeho princip se většinou demonstruje na příkladu s obrácenou chladničkou. Chladnička odebírá teplo ze svého interiéru a následně jej předává ven do místnosti, tepelné čerpadlo pracuje přesně naopak. Tepelné čerpadlo čerpá teplo ze svého okolí a následně jej předává po několika procesech do interiéru.

Čerpané teplo z okolí, které využívá tepelné čerpadlo, nejčastěji využívá teplotu vzduchu, země nebo vody. Teplonosné médium uvnitř tepelného čerpadla můžeme chápat jako takový přenašeč tepla. Médium nám proudí v kapalném stavu ke zdroji tepla prostřednictvím výše zmíněných tří způsobů. Médium uvnitř tepelného čerpadla při daném tlaku a teplotě nemá

potřebu svůj stav měnit na plynný a je tedy v rovnováze se svým okolím. Při snížení tlaku média v místě, kde chceme získat teplo, dojde k jeho ochlazení, a tedy následně k vypařování média (Medium se odpařuje při nízkých teplotách). Během procesu vypařování médium odebírá teplo z okolí a hromadí jej v sobě. Po procesu vypařování máme médium v plynném stavu a vedeme ho na místo, kde chceme tuto energii zužít (například v akumulční nádobě). Při zvýšení tlaku, nejčastěji kompresorem, dojde k tomu, že teplota kondenzace média vzroste nad teplotu v zásobníku vody a díky tomu médium začne kondenzovat. Ve chvíli, kdy médium začne kondenzovat předává naakumulované teplo do vody v zásobníku. Tuto ohřátou vodu již můžeme využívat například jako topení nebo pro další účely v domácnosti. Po kondenzaci a předání tepla se médiu vrátí původní parametry a cyklus se může znovu opakovat.

Dále, jak bylo již zmíněno, rozlišujeme několik typů čerpadel dle čerpání tepla. První možností je čerpadlo vzduch-vzduch. Z názvu už je patrné že tepelné čerpadlo odsává teplo ze vzduchu a následně ohřívá vzduch v daném objektu. Jedná se o nejjednodušší typ tepelného čerpadla a zároveň je i nejlevnější z těchto typů.

Druhou možností tepelného čerpadla je země – voda. V této variantě je teplo čerpáno ze země. Tato varianta se nejčastěji rozděluje na dva typy dle čerpání tepla, a to sice na plošné kolektory a na vrty. Obě varianty však mají svá úskalí. Pro realizaci plošných kolektorů je zapotřebí dostatečně velká plocha, kde by byla možnost zabudovat plošné kolektory. Plošné kolektory také musí být v dostatečné hloubce, aby nedošlo v zámrazném období k poškození vlivem expanze ledu. České republice se tato nezámrazná hloubka pohybuje od 0,8 m do 1,2 m, přičemž záleží na druhu zeminy. Nicméně pro podzemní vrty je zapotřebí udělat geologický výzkum a získat stavební povolení. Podle typu podloží se také odvíjí investice, která je u podzemních vrtů větší než u varianty s plošnými kolektory. Pro představu se u výrobců udává, že na 1kW je třeba počítat zhruba 30 m<sup>2</sup> plošných kolektorů nebo 12m vrt [9].

Třetím typem tepelného čerpadla je vzduch – voda. Jedná se o úspornější variantu druhé možnosti, tedy možnosti země – voda. Varianta vzduch – voda pracuje na podobném principu jako tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, kde je teplo odebíráno z venkovního vzduchu. Oproti variantě vzduch – vzduch je však místo ohřevu vzduchu v objektu získané teplo využíváno k ohřevu vody. Pro variantu vzduch – voda není potřeba velká plocha pozemku. Nicméně jednotka umístěná venku je do určité míry hlučná. Tento typ by tedy mohl rušit jak majitele objektu, tak jejich sousedy.

Důležitým kritériem u každého tepelného čerpadla je tepelný faktor. Tento faktor udává poměr mezi vyprodukovaným teplem a dodanou energií. Tedy čím je tepelný faktor větší, tím tepelné čerpadlo na výrobu tepla spotřebuje méně energie, a tím pádem je tepelné čerpadlo

úspornější. Nicméně tepelný faktor je úzce spjatý s teplotou okolí, proto tepelný faktor nezůstává konstantní po celý rok. Pro zjednodušení výpočtu v této práci bude využita hodnota průměrného topného faktoru, který udává průměrnou hodnotu za celou topnou sezónu.

### **2.6.2 Kotle na tuhá paliva**

Další možností zdroje tepla je kotel na tuhá paliva. Těch existuje celá řada, přičemž je lze rozdělit podle typu paliv. Ve zkoumaném objektu je instalován kotel na dřevo, avšak moc se nevyužívá, kvůli jeho nešikovnému umístění a nevybudování prostoru, kde by se dalo případně uskladnit dřevo na topení. Nicméně soustava pro kotle je vybudována. Velkou nevýhodou kotlů je potřeba jejich neustálé obsluhy, která může být do určité míry časově náročná. Z takového důvodu se může jednat o méně komfortní variantu. Tento problém by šel však snadno vyřešit a to tím, že v dnešní době už existují kotle s vestavěným zásobníkem, kdy si kotel sám přikládá.

Dalším typem by mohl být kotel na pelety který, je v dnešní době velmi oblíbený, kvůli svým ekologickým vlastnostem. I přesto ani jedna z uvedených variant není ve zkoumaném objektu snadno realizovatelná, protože jak už bylo zmíněno, v kotelně není dostatek místa.

### **2.6.3 Kotel na plyn**

Varianta připojení domu k plynárenské soustavě a následné využití plynu v kotli u zkoumaného objektu není možná, protože tato možnost ve městě Pyšely není.

### **2.6.4 Připojení k teplotárenské soustavě**

Varianta připojení domu k teplotárenské soustavě u zkoumaného objektu také není možná, protože tato možnost ve městě Pyšely není.

### **2.6.5 Fotovoltaický systém**

Fotovoltaický systém neboli solární elektrárna vyrábí elektřinu ze slunečního záření. Elektřina vyrobená fotovoltaickým systémem je obnovitelný a nevyčerpatelný zdroj energie. Na její provoz není potřeba žádné palivo. Fotovoltaický systém je třeba umístit na střechu tak, aby sluneční záření dopadalo za den po co nejdelší dobu, čímž spolu s četností panelů docílíme co největšího výkonu. Fotovoltaický systém se většinou kombinuje s nějakým záložním zdrojem, který můžeme rychle připojit do provozu. Fotovoltaický systém se dále kombinuje s nějakým typem akumulace energie, abychom dokázali využít sluneční energii i v době, kdy slunce nesvítí. Akumulace energie máme několik typů, nejčastěji se jedná o elektrické baterie nebo zásobník na teplou vodu [11]. „Pro případné dosažení nulového či dokonce plusového

*standardu je nutné část energetických potřeb primárních zdrojů pokrýt z obnovitelných zdrojů. Nejvhodnějšími typy OZE pro tyto účely jsou fotovoltaické panely, případně mikrokogenerace na ZP či bioplyn.*“ [1] (OZE – obnovitelné zdroje energie, ZP – zemní plyn). Z důvodu nevhodné orientace střechy a tím pádem i nízké efektivnosti fotovoltaických panelů nebude dále se solární elektrárnou počítáno.

#### **2.6.6 Výměna kamna za kamna s výměníkem**

Kamna s výměníkem jsou v dnešní době velmi oblíbenou záležitostí, protože hezky spojují dekorativní doplněk interiéru s ohřevem jak dané místnosti, tak pomocí výměníku vody i ústřední vodu v radiátorech. Teplovodní výměník předává do vody až 70 % tepla. Jelikož se v obývacím pokoji už kamna bez výměníku nachází, výměna kamen za jiný typ by tedy nebyla tak náročnou variantou optimalizace.

### **2.7 Rekuperace vzduchu**

Větrání neboli výměnu vzduchu můžeme chápat jako odvádění znehodnoceného vzduchu, místo kterého je do objektu přiváděn čerstvý vzduch z venkovního prostředí. Tento proces se nejčastěji provádí otevřením okna, při kterém se v místnosti nebo v celém objektu vyvětrá vzduch. Při tomto běžném stylu větrání se však ochladí celý objekt a musíme následně vynaložit další energii k jeho ohřevu. Rekuperace vzduchu je proces, při kterém získáváme teplo ze znehodnoceného vzduchu a ohříváme jím čistý vzduch přiváděný do objektu. Nicméně nesmíme zapomenout na spotřebu elektrické energie při provozu ventilátoru, ta je však řádově nižší než spotřeba energie, kterou potřebujeme k dříve zmiňovanému ohřevu vzduchu [12]. *„Bez využití rekuperace tepla rodinný dům nemůže v energeticky pasivním ani v nízkoenergetickém standardu v podstatě vyjít. Rekuperační jednotky se v současné době vyrábějí již s regulací otáček ventilátorů a dovedou přizpůsobit příkon motorů okamžité potřebě. Oproti neregulovaným variantám mají až poloviční spotřebu elektrické energie. Bydlení v pasivním standardu s rekuperační vzduchu je uživatelsky velmi přátelské, protože místo větrání okny za obyvatele větrají čidla.*“ [1]. Čidla se obvykle přizpůsobují prostředí, ve kterém se vyskytují. Čidel je celá řada, ale například čidla na detekci vlhkosti jsou vhodná do koupelen a čidla na detekci CO<sub>2</sub> jsou spíše vhodná do obývacích pokojů nebo ložnic. [1] Tato prvek však na přání majitele nebude dále posuzován.

### 3 Ekonomické zhodnocení

#### 3.1 Ukazatel čisté současné hodnoty (NPV)

Čistá současná hodnota se řadí k nejvíce používaným metodám k vyhodnocení investic. V práci ji budu používat při porovnávání mezi jednotlivými variantami. Jako ukazatele nejvýhodnější z variant budu vybírat tu s nejvyšší čistou současnou hodnotou. Metoda zohledňuje dobu životnosti projektu a prostřednictvím diskontu je schopna zohlednit také časovou hodnotu peněz.

Lze dojít ke třem základním výsledkům:

- $NPV > 0$  projekt lze doporučit k realizaci, výnos z projektu je vyšší než je cena kapitálu do něj vložena
- $NPV = 0$  projekt je na hranici rentability
- $NPV < 0$  projekt není vhodné realizovat [14]

Kritérium čisté současné hodnoty vypočtu podle vzorce [13].

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

*Rovnice 1 - Čistá současná hodnota*

Kde:

T – Doba životnosti projektu

$CF_t$  – Peněžní tok jednotlivých let projektu

r – Diskontovaná úroková míra

t – Daný tok hodnocení investic

#### 3.2 Doba návratnosti

Prostá doba návratnosti je metoda, pomocí které bychom měli zjistit, za jak dlouho se investice vrátí. Prostá metoda porovnává investiční náklady s cashflow (tedy peněžním tokem), ta ale nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Reálná metoda určení doby návratnosti respektuje diskont.

Kritérium prosté doby návratnosti vypočtu podle vzorce [15].

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

*Rovnice 2 - Prostá doba návratnosti*

Kde:

IN – Velikost investice

CF – Roční úspora nákladů v důsledku investice

Kritérium reálné doby návratnosti vypočtu podle vzorce. [14]

$$\sum_{t=1}^{T_{re}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

*Rovnice 3 - Reálná doba návratnosti*

Kde:

IN – Velikost investice

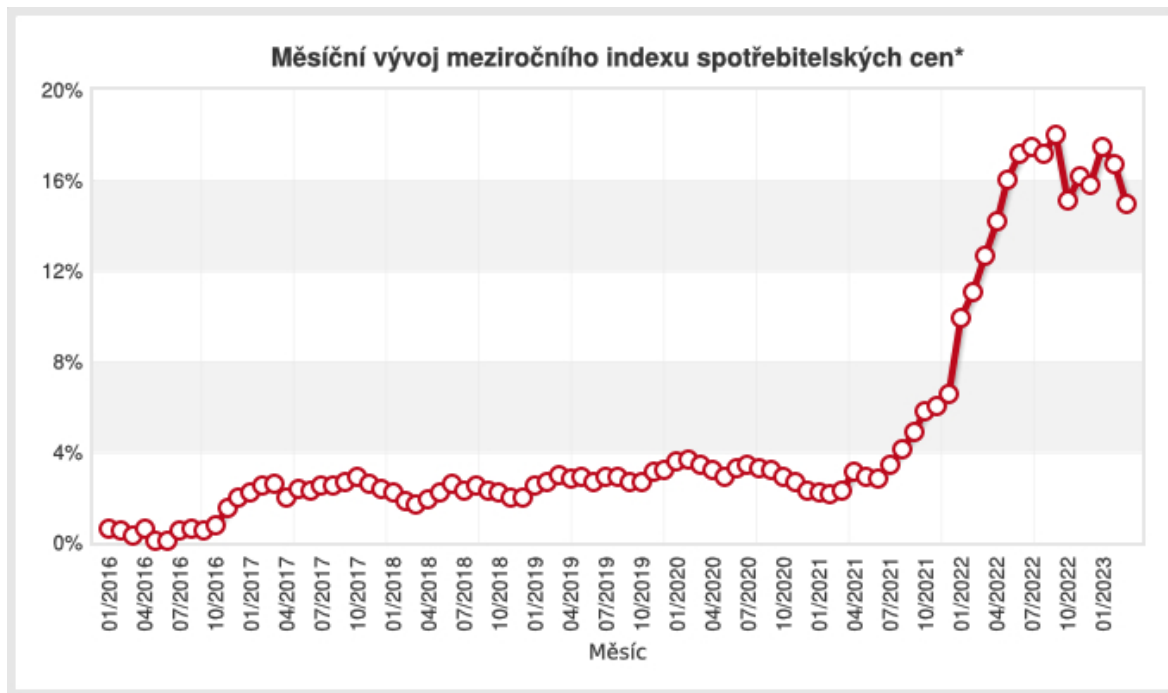
$T_{re}$  – Reálná doba návratnosti

CF – Roční úspora nákladů v důsledku investice

r – Diskontní míra

### 3.3 Inflace

*„Inflace je obvykle chápána jako opakovaný růst většiny cen v dané ekonomice. Jde o oslabení reálné hodnoty (tj. kupní síly) dané měny vůči zboží a službám, které spotřebitel kupuje – je-li v ekonomice přítomna inflace spotřebitelských cen, pak na nákup téhož koše zboží a služeb spotřebitel potřebuje čím dál více jednotek měny dané země.“* [16]. Pokles inflace je označován jako deflace. Z příloženého grafu, na kterém je měsíční vývoj meziročního indexu za posledních 7 let je patrné, že inflace začíná mít mírně klesající tendenci. Na začátku roku 2023 byl ale ještě prudký nárůst. Nejhuře na tom inflace byla na podzim roku 2022, kdy meziročně dosahovala až 18 %. Dlouhodobý cíl ČNB je udržet inflaci na 2 % meziročně [17]. Kvůli nemožnému přesnému odhadu vývoje inflace, nebude zahrnuta v této práci do výpočtu. Z tohoto důvodu budou výpočty z části přesunuty do teoretické roviny.



Graf 2 - Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen [18]

„\*Míra inflace vyjádřená přírůstkem indexu spotřebitelských cen ke stejnému měsíci předchozího roku vyjadřuje procentní změnu cenové hladiny ve vykazovaném měsíci daného roku proti stejnému měsíci předchozího roku.“ [18].

### 3.4 Diskont

„Diskontováním se rozumí proces úpravy budoucích hodnot příjmů nebo výdajů projektu na současné hodnoty pomocí diskontní sazby, tj. vynásobením budoucí hodnoty koeficientem, který s časem klesá.“ [19].

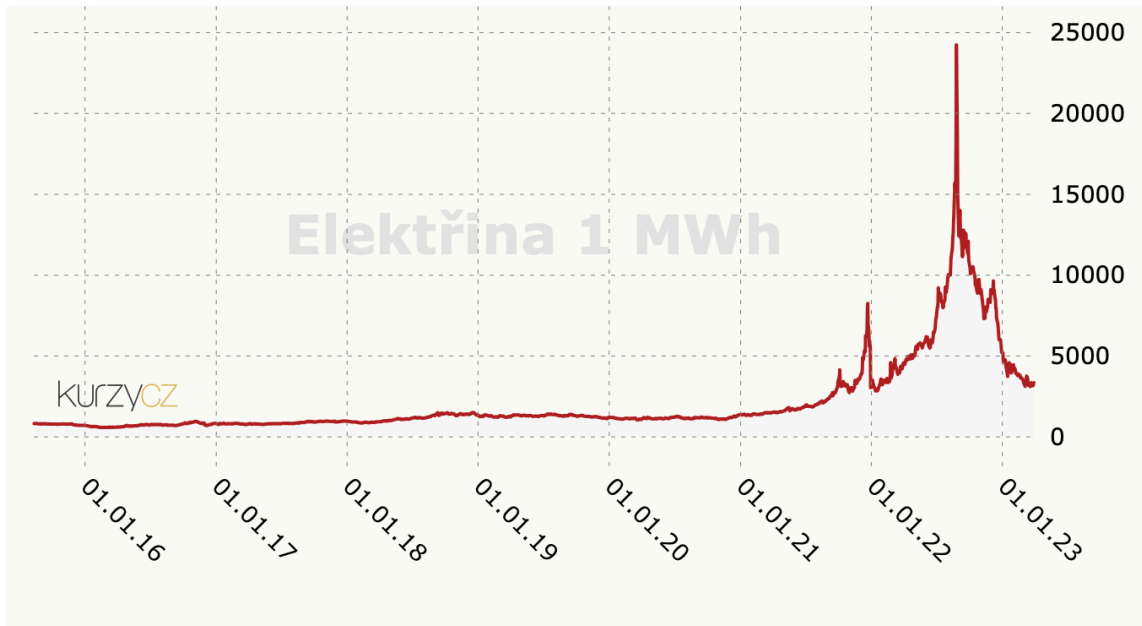
Diskont vyjadřuje, jakou cenu pro nás mají naše peníze. Diskont dále znázorňuje, o co bychom mohli přijít tím, že vložíme peníze do právě zvolené investice, a ne do jiné či v případě, že necháme peníze na účtě. Volba diskontu je důležitá hlavně při výpočtu NPV [1],[20].

Z rovnice (1) pro výpočet čisté současné hodnoty je patrné, že čím větší hodnotu diskontu zvolíme, tím dostaneme menší hodnotu NPV. Zvolená hodnota by měla co nejvíce odpovídat reálnému předpokladu investora. Zvolený diskont pro výpočet u zkoumaného objektu, s ohledem na alternativní možnosti investování, bude stanoven ve výši 1 %.



### 3.5 Vývoj ceny energie

Vývoj ceny energie je v dnešní době velmi obtížné určit. Z obrázku 5 - vývoj ceny elektřiny je patrné, že cena elektřiny byla do roku 2021 stabilní. Začátkem roku 2021 je však vidět již mírný nárůst, který vyvrcholil v půlce roku 2022, kdy cena elektřiny dosahovala přes 24 000 Kč za 1MWh. Na základě vývoje za poslední dva roky je tedy velmi obtížné určit další vývoj ceny elektřiny. Z tohoto důvodu v mé bakalářské práci budu počítat se současným ceníkem elektřiny pro domácnosti, který byl vypsán pro rok 2023 [21].



Graf 3 - Vývoj ceny elektřiny [22]

## 4 Způsob sestavení možných variant

V této kapitole budou popsány jednotlivé varianty a také jejich možná kombinace. Varianty budu porovnávat s výchozí variantou, tedy se stávajícím stavem zkoumaného objektu. Ve všech variantách zůstanou v obývacím pokoji kamna, kvůli jejich dekorativnímu přínosu, a bude se v nich i nadále topit. Dále všechny varianty budou vypočítány pomocí zastropovaných cen, které jsou detailně rozepsány v příloze práce. U variant, ve kterých bude počítáno s tepelným čerpadlem bude zároveň počítáno s reinvesticí po 15 letech a s pravidelným každoročním servisem.

Stávající stav disponuje tepelnými ztrátami 8kW. Pro vytápění stávající stav potřebuje ročně 14,9 MWh energie. S těmito hodnotami bude dále počítáno ve variantách, kde nedochází k výměně oken.

### 4.1 Varianta\_1 stávající stav

Základní variantou je stávající stav, který je důležitý pro porovnání s jednotlivými variantami. Zároveň by z tohoto porovnání mělo vyplynout, zda se některá z jednotlivých variant ukáže jako efektivnější než stávající stav objektu. Pro sestavení první varianty jsem použil průměrnou spotřebu elektřiny v domácnosti.

### 4.2 Varianta\_2 změna kamen za kamna s výměníkem

První možností zlepšení stávajícího stavu je investice do koupě nových kamen do obývacího pokoje. V této možnosti by se jednalo pouze o výměnu již nainstalovaných kamen za kamna od stejné značky, ale navíc s výměníkem vody. Kamna, která jsou nainstalována v objektu jsou od značky Hass + Sohn, ale tento typ už se nevyrobí. Na porovnání jsem našel velmi podobné kamna, které se jmenují HERBORN II [23]. S těmito kamny tedy bude pracováno při porovnávání s novými kamny od značky Hass + Sohn, akorát s výměníkem. V této variantě budu uvažovat o instalaci kamen s názvem MANTOVA AL II s výměníkem [24]. Kamna s výměníkem mají instalovaný výkon 3,3 – 10,0 kW a samotný výměník má instalovaný výkon 7,4 kW. Pro porovnání, nová kamna mají o 66 m<sup>2</sup> větší vytápěcí schopnost.

V této variantě předpokládám, že při topení v objektu ve stávajících kamnech se vytápí pouze obývací pokoj a mnohdy nastává stav, že obývací pokoj je přetopený a zbývající místnosti v daném objektu jsou nevytopené. Tento problém by mohly vyřešit kamna s výměníkem vody, které by přebytečné teplo v podobě ohřáté vody rozváděly do ostatních místností.

### 4.3 Varianta\_3 výměna oken

V této variantě budu vycházet se stávajícího stavu, co se týká zdroje vytápění. Varianta by spočívala pouze ve zlepšení energetické náročnosti objektu, a to sice prostřednictvím výměny oken. Jako referenční typ okna pro cenové porovnání budu v této variantě používat dvoukřídlé okno o velikosti 1350 mm na výšku a 1350 mm na šířku. Plastové okno v těchto parametrech, aby splňovalo doporučený součinitel prostupu tepla normou ČSN 73 0540-2 musí mít alespoň  $U=1.22 \text{ W/m}^2\text{K}$  se pohybuje okolo 7500 Kč bez DPH. Na přání majitele, který si plastová okna nepřeje, nebude u zkoumaného objektu dále s variantou výměny dřevěných oken za plastová dále pracováno. Pro získání informací o dřevěných oknech s touto velikostí rámu jsem oslovil firmu Oknostyl, která mi vytvořila nabídku na dva typy dřevěných oken. Prvním nabízeným typem bylo okno, které má prostupnost tepla  $U=0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$  a jeho cena byla načíslena na 27 364 Kč. Druhé okno, které firma načíslila by stálo 28 631 Kč s prostupností tepla  $U=0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$  [25]. Tento typ se používá hlavně u nízkoenergetických a pasivních domů. Proto u variant v této práci, kde se bude počítat s výměnou oken budu pracovat s hodnotami prvního zmíněného dřevěného okna. K samotné ceně okna musíme ještě přičíst náklady spojené se samotnou instalací.

Díky výměně oken dojde ke snížení tepelných ztrát na 6 kW. Spotřeba tepla se s výměnou oken také sníží, a to na 10,7 MWh. Tyto hodnoty budou dále použity u variant, kde se bude počítat s výměnou oken.

### 4.4 Varinata\_4 tepelné čerpadlo

Další možností, která byla zařazena do práce, je změna zdroje. V této variantě bude počítáno s instalací tepelného čerpadla jako zdrojem tepla, a případně i jako prostředkem pro ohřev teplé užitkové vody. Tepelné čerpadlo by se v našem případě napojilo na teplovodní systém, který se již vyskytuje v současném stavu. Teplovodní systém v současném stavu je vysokoteplotní, proto bude varianta s tepelným čerpadlem rozdělena do více variant. První varianta bude pouze s tepelným čerpadlem, která bude obsahovat kontrolní výpočet, zda by vyhovovala vysokoteplotnímu systému ve zkoumaném objektu. Druhá varianta bude kombinace tepelného čerpadla s výměnou topného systému ve zkoumaném objektu na nízkoteplotní. Tepelné čerpadlo, které by bylo umístěno do objektu se nachází v kategorii vzduch – voda a je od společnosti Mitsubishi. Konkrétně by šlo o Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM100YAA, které disponuje topným výkonem 10kW a tepelným faktorem, který je výrobcem stanoven na 3,45. Tepelný faktor by se mohl ještě lišit s ohledem na vysokoteplotní systém.

#### **4.5 Varianta\_5 tepelné čerpadlo s podlahovým topením.**

Již dříve zmiňovaný problém týkající se nekompatibility tepelného čerpadla s vysokoteplotním systémem, by mohl nastat, kdyby prostřednictvím kontrolního výpočtu bylo zjištěno, že stávající vysokoteplotní soustava nedostačuje k vytopení objektu. V této variantě bude počítáno se stejným tepelným čerpadlem jako v předchozí variantě, ale bude k investici připočítány rozvody podlahového topení. Tepelné čerpadlo, které by bylo instalováno do objektu je Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM100YAA, které disponuje topným výkonem 10kW s teplotním faktorem 3,45.

#### **4.6 Varianta\_6 tepelné čerpadlo + výměna oken**

Další varianta je kombinace předchozích variant, tedy změna zdroje na tepelné čerpadlo podpořená výměnou oken v celém objektu. Výměna oken by proběhla stejně, jak v kapitole 4.3, tedy kompletní výměna oken za eurookna se součinitelem prostupnosti tepla  $U=0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Změna zdroje by představovala konkrétně instalaci tepelného čerpadla od firmy Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM80YAA s výkonem 8kW a teplotním faktorem stanoveným výrobcem na 3,75. Rozdíl oproti předchozí variantě\_4, co se týče potřeby výkonu tepelného čerpadla je v tom, že tepelné ztráty objektu se díky výměně oken snížily na 6kW, tedy není potřeba tak výkonné tepelné čerpadlo.

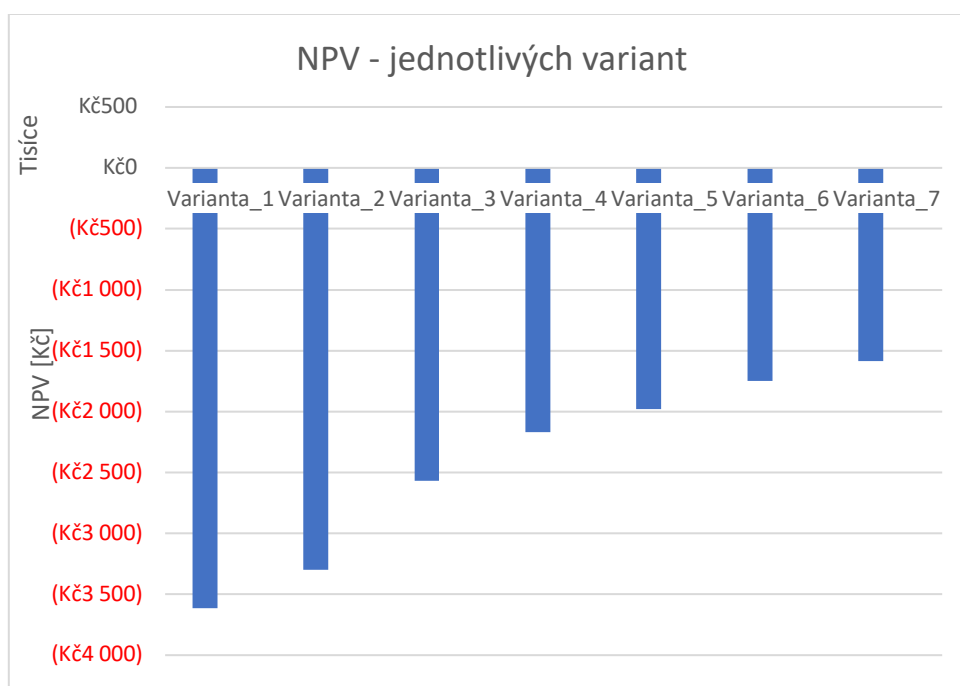
#### **4.7 Varianta\_7 tepelné čerpadlo + výměna oken + podlahové topení**

Poslední variantou je kombinace všech uvedených možností. Tedy využití stejného tepelného čerpadla jako v předchozí variantě, a to sice od firmy Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM80YAA s výkonem 8kW a teplotním faktorem 3,75. Dále bude ve variantě počítáno s výměnou oken na nová eurookna a instalace podlahového topení k tepelnému čerpadlu pro lepší rozvod tepla v nízkoteplotním systému.

## 5 Vyhodnocení jednotlivých variant

### 5.1 Vyhodnocení čisté současné hodnoty

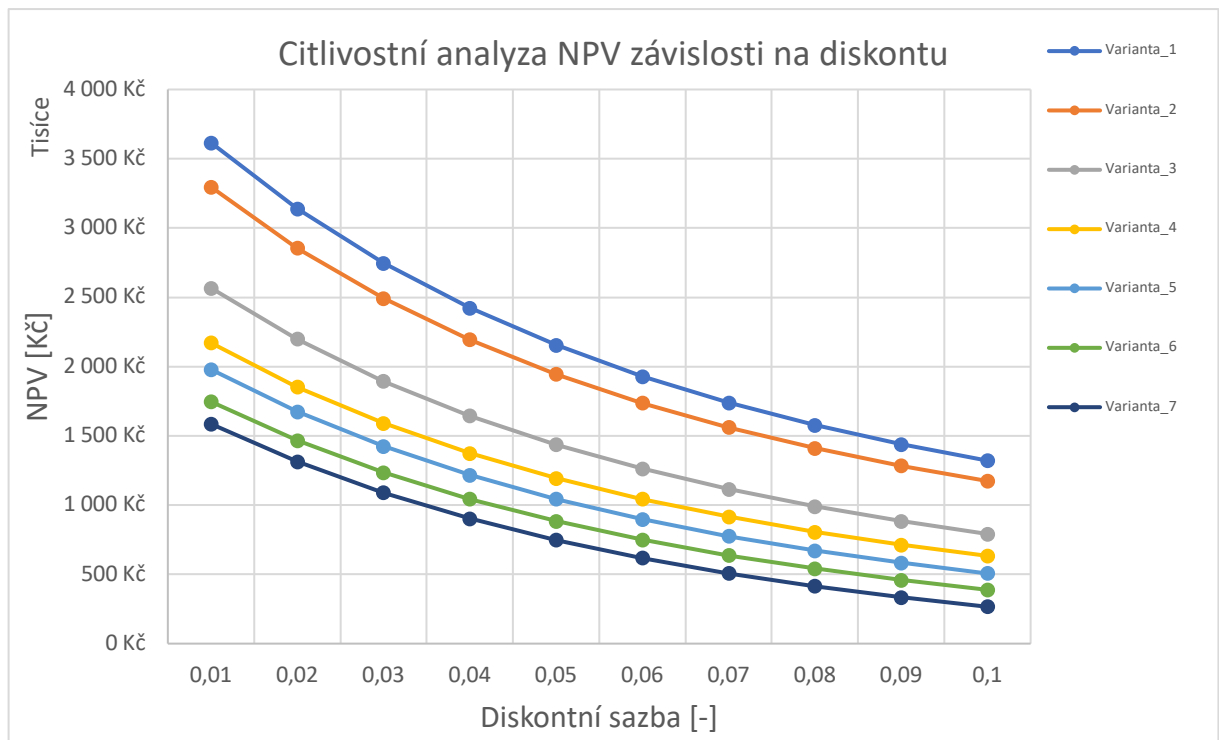
V této kapitole budou vyhodnoceny jednotlivé varianty pomocí dříve zmíněného ekonomického kritéria. Graf je sestaven z jednotlivých variant čisté současné hodnoty (NPV). Hodnoty NPV jsou sestaveny s počáteční investicí jednotlivých variant a každoročním nákladem na jejich provoz. Z grafu je patrné, že nejlépe dopadla varianta\_7. Varianta\_7 je kombinace variant a jedná se tedy o změnu zdroje na teplotné čerpadlo, výměnu oken a instalaci podlahového topení. Z grafu je dále patrné, že varianty jsou sestaveny tak, že s přibývajícimi změnami se zlepšuje čistá současná hodnota.



Graf 4 - Čistá současná hodnota jednotlivých variant

## 5.2 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza nám v našem konkrétním případě ukazuje závislost čisté současné hodnoty na změně diskontu. Ze vzorce pro NPV (rovnice 1) je patrné, že při zvolení vyššího diskontu dostaneme nižší hodnoty NPV. Tento předpoklad se potvrdil na grafu. Pro přehlednost grafu jsou hodnoty uvedeny v absolutní hodnotě.



Graf 4 - Citlivostní analýza NPV v závislosti n diskontu

## Celkové zhodnocení a závěr

V celkovém zhodnocení se budu zabývat vyhodnocením dosažených výsledků. Pro lepší přehlednost je níže uvedena tabulka s čistou současnou hodnotou a dobou návratnosti. V tabulce je zahrnut současný stav objektu, se kterým budu porovnávat výsledek kritérií. Všechny sestavené varianty vychází podle kritéria čisté současné hodnoty jako potenciálně realizovatelné v rámci varianty\_1 (tedy stávajícího stavu). To je dáno tím, že v současném stavu se nachází nevhodný elektrický kotel. Varianta\_2 tedy, výměna kamen se jeví po stávajícím stavu jako nejméně efektivní varianta optimalizace. V této variantě došlo k nejmenšímu ušetření na provozních nákladech. Varianta\_3 výměna oken nevedla zas k takovému zlepšení tepelných vlastností objektu, jak bylo předpokládáno, tedy samotná výměna oken bez změny zdroje nevedla k vyhovujícím výsledkům.

Hodnoty doby návratnosti byly vypočteny jako roční úspora mezi jednotlivými variantami a referenční variantou\_1. Dále stojí za povšimnutí, že doba návratnosti je velmi podobná u všech variant. Také stojí za povšimnutí, že napříč variantami nedochází k přiblížení se k době životnosti jednotlivých variant, která je 30 let.

	NPV	Doba návratnosti (roky)	Reálná doba návratnosti (roky)
Varianta_1	-3 615 878 Kč	-	-
Varianta_2	-3 296 442 Kč	5	6
Varianta_3	-2 566 881 Kč	7	9
Varianta_4	-2 170 783 Kč	4	6
Varianta_5	-1 978 808 Kč	6	8
Varianta_6	-1 746 368 Kč	6	8
Varianta_7	-1 585 701 Kč	7	10

Tabulka 13 - Vyhodnocení jednotlivých variant, NPV, Doba návratnosti

Kde:

NPV – Čistá současná hodnota jednotlivých variant

Cílem práce bylo odhalit a stanovit nejvhodnější možné řešení k optimalizaci rodinného domu. Jako výsledek můžeme považovat variantu\_7, která vyšla nejlépe. Tato varianta bude následně konzultována s majitelem objektu, zda by mohla být potenciálně realizovatelná či nikoliv. V rámci zpracování práce jsem také dospěl k závěru, že stávající stav, co se týká zateplení, není v tak špatném stavu, jak jsem předpokládal. Zkoumaný objekt není možné zrekonstruovat na pasivní dům, z důvodu charakteristiky pasivního domu. U pasivního domu je totiž roční potřeba tepla menší než 15 kWh/m<sup>2</sup>. Dále také například řízené větrání s rekuperací tepla, což ovšem nebylo majitelem zkoumaného objektu dovoleno k možné

realizaci. Jak již bylo zmíněno, součinitelé prostupu tepla u většiny prvků konstrukce zkoumaného objektu jsou na hraně s doporučenými hodnotami. Dále pak navržené varianty s optimalizací tepelných vlastností objektu se téměř přiblížily k nízkoenergetickému standardu. Na základě těchto skutečností se tedy domnívám, že rekonstrukce zkoumaného objektu do nízkoenergetického standardu není nezbytná, také vzhledem k tomu, že pro dosažení tohoto standardu by rekonstrukce zkoumaného objektu byla velmi rozsáhlá oproti jiným navrženým variantám pro optimalizaci nízkoenergetické náročnosti. Zároveň je důležité zmínit, že technologií pro možnou optimalizaci je nespočet a že všechny možné varianty se musí posuzovat konkrétně pro zkoumaný objekt.



## Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] Beranovský Jiří, Pokorný Jan ([WWW.EKOWATT.CZ](http://WWW.EKOWATT.CZ)) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům? [online] Dostupné na: [https://old.ekowatt.cz/cz/publikace/Je\\_úsporny\\_dum\\_opravdu\\_úsporny](https://old.ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporny_dum_opravdu_úsporny)
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TZB-INFO.CZ](http://WWW.TZB-INFO.CZ)) Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TZB-INFO.CZ](http://WWW.TZB-INFO.CZ)) On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-úspor-a-dotaci-zelena-úsporám>
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.SFZP.CZ](http://WWW.SFZP.CZ)) Nová zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-úsporám/>
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TZB-INFO.CZ](http://WWW.TZB-INFO.CZ)) Nová zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/zelena-úsporám-na-tzb-info>
- [6] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.NOVAZELENASUPORAM.CZ](http://WWW.NOVAZELENASUPORAM.CZ)) Dotace pro rodinné domy [online] Dostupné na: <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy/>
- [7] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TZB-INFO.CZ](http://WWW.TZB-INFO.CZ)) Izolace PUR, PIR a fenolická pěna [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
- [8] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TRUHLASTVIPESK.CZ](http://WWW.TRUHLASTVIPESK.CZ)) Dřevěná eurookna a vchodové dveře [online] Dostupné na: <https://www.truhlarstvipesek.cz/6496/drevena-eurookna-a-dvere/>
- [9] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.VIESSMAN.CZ](http://WWW.VIESSMAN.CZ)) Tepelné čerpadlo země/voda [online] Dostupné na: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zemevoda.html>
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.VIESSMAN.CZ](http://WWW.VIESSMAN.CZ)) Jak funguje tepelné čerpadlo? Princip je jednoduchý [online] Dostupné na: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/tepelne-cerpadlo-princip.html>
- [11] Zilvar Jiří ([WWW.TZB.CZ](http://WWW.TZB.CZ)) Střešní fotovoltaika – jak funguje a co od ní očekávat? [online] Dostupné na: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/22067-stresni-fotovoltaika-jak-funguje-a-co-od-ni-ocekavat>

- [12]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.TZB-INFO.CZ](http://WWW.TZB-INFO.CZ)) Větrání s rekuperací [online]  
Dostupné na: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci>
- [13]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.ALGORITMY.NET](http://WWW.ALGORITMY.NET)) Ukazatelé ekonomické  
efektivnosti [online] Dostupné na: <https://www.algoritmy.net/article/149/Ekonomicka-efektivnost>
- [14]Knápek Jaroslav, Starý Oldřich, Vašíček Jiří Zásady hodnocení ekonomické  
efektivnosti energetických projektů [online] Dostupné na: <https://adoc.pub/zasady-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-energetickych-proje.html>
- [15]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.PROJEKTY-INKAPO.CZ](http://WWW.PROJEKTY-INKAPO.CZ)) Hodnocení přínosů  
zateplení 2: doba návratnosti [online] Dostupné na: <https://www.projekty-inkapo.cz/doba-navratnosti/>
- [16]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.CNB.CZ](http://WWW.CNB.CZ)) Co to je inflace? [online] Dostupné na:  
<https://www.cnb.cz/cs/casto-kladene-dotazy/Co-to-je-inflace/>
- [17]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.ECB.EUROPA.EU](http://WWW.ECB.EUROPA.EU)) Co to je inflace? [online]  
Dostupné na: [https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what\\_is\\_inflation.cs.html](https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_inflation.cs.html)
- [18]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.ECB.EUROPA.EU](http://WWW.ECB.EUROPA.EU)) Inflace, spotřebitelské ceny  
[online] Dostupné na: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebitelske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny)
- [19]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.DOTACEEU.CZ](http://WWW.DOTACEEU.CZ)) Diskontování [online] Dostupné na:  
<https://www.dotaceeu.cz/cs/ostatni/dulezite/slovník-pojmu/d/diskontovani>
- [20]Novotný Radovan Základy investování: úrok, úročení a diskontování [online] Dostupné  
na: <https://www.investujeme.cz/clanky/zaklady-investovani-urok-uroceni-a-diskontovani/>
- [21]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.CEZ.CZ](http://WWW.CEZ.CZ)) Ceník elektřiny pro domácnosti [online]  
Dostupné na: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/moo\\_ee\\_bez\\_zavazku\\_egd\\_10\\_2022.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/moo_ee_bez_zavazku_egd_10_2022.pdf)
- [22]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.KURZY.CZ](http://WWW.KURZY.CZ)) Elektřina – ceny a grafy elektřiny, vývoj  
ceny elektřiny 1 MWh – od 13.08.2015 do 30.03.2023 - měna CZK [online] Dostupné  
na: [Citace:30.3.2023][https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-30-let?dat\\_field=13.08.2015&dat\\_field2=30.03.2023](https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-30-let?dat_field=13.08.2015&dat_field2=30.03.2023)
- [23]KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ](http://WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ)) Krbová kamna HERBORN  
II [online] Dostupné na: <https://www.haassohn-rukov.cz/produkty/krbova-kamna/04295-01-krbova-kamna-herborn-ii?familyFilter%5Bpower%5D=8>

- [24] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ](http://WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ)) Krbová kamna MANTOVA AL II s výměníkem [online] Dostupné na: <https://www.haassohn-rukov.cz/produkty/krbova-kamna-s-vymenikem/0431915-krbova-kamna-mantova-al-ii-s-vymenikem?familiesFilter%5Bpower%5D=8>
- [25] KOLEKTIV AUTORŮ ([WWW.OKNOSTYL.CZ](http://WWW.OKNOSTYL.CZ)) Oknostyl [online] Dostupné na: <https://www.oknostyl.cz/eshop/>
- [26] Beranovský Jiří, Jindrák Martin, Bejvlová Veronika ([WWW.EKOWATT.CZ](http://WWW.EKOWATT.CZ)) Efektivní vytápění úsporných domů [online] Dostupné na: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/e-book-efektivni-vytapeni-uspornych-domu.pdf>