

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Studijní obor: Elektrotechnika a management



**Optimalizace rekonstrukce rodinného domu v obci
Krakovec**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Petr Kroneisl

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

Rok: 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kroneisl** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **492090**
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:

Optimalizace rekonstrukce/výstavby rodinného/bytového domu

Název bakalářské práce anglicky:

Optimization of reconstruction / construction of family house

Pokyny pro vypracování:

Technická a ekonomická analýza pro běžný, doporučený, případně nízkoeenergetický či pasivní standard rekonstrukce či nové výstavby:

- o Analýza stávajícího stavu a požadavků na rekonstrukce/novou výstavbu: Technická specifiká rekonstrukcí, legislativa a normy, porovnání a diskuse, programy podpor v ČR apod.
- o Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby a jejich diskuse.
- o Sestavení funkčních variant řešení.
- o Vyhodnocení variant, shrnutí, diskuse a formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

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: **10.02.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

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.

V Praze dne 15.5.2022

Petr Kroneisl

Poděkování

Tímto bych rád poděkovat svému vedoucímu Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA., za cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení, které vedly k vytvoření této práce.

Abstrakt

Následující práce se zabývá problematikou optimalizace rodinného domu v obci Krakovec. Práce je rozdělena do několika částí. Zprvu je popsán současný stav objektu za účelem určení počáteční fáze pro následné zásahy. Dále je popsána legislativa spojená s danou problematikou. V další fázi jsou představeny prvky, které zpravidla pomáhají zlepšovat parametry objektů. Z těchto prvků jsou sestaveny konkrétní varianty řešení, které jsou pak zhodnoceny pomocí ekonomických nástrojů. V závěru je zhodnocení a doporučení nejlepších řešení.

Abstract

The following thesis deals with the problem of optimisation of a family house in the town Krakovec. The work is divided into several segments. First, the current situation is described in order to determine the initial phase for the following changes. Further, the thesis deals with the existing legislation associated with this topic. Subsequently, elements that tend to improve the parameters of buildings are introduced. Based on these elements, variants of possible solutions are proposed. They are then evaluated based on economic tools. Recommendations for the best solutions and evaluation are in the conclusion of the thesis.

Obsah

Úvod	12
1 Analýza stávajícího stavu	13
1.1 Předmět posouzení	13
1.2 Popis objektu	13
1.3 Stavební řešení, technická infrastruktura	14
1.4 Současný způsob vytápění.....	15
1.5 Příprava TUV.....	15
1.6 Stav obalových konstrukcí.....	15
1.7 Elektrické spotřebiče	16
1.8 Faktury za elektřinu	16
2 Legislativa a podpora v ČR	19
2.1 Vyhláška č. 264/2020 Sb.....	19
2.2 Norma ČSN 73 0540-2	19
2.3 Norma ČSN 38 3350	19
2.4 Nová zelená úsporám	20
3 Příležitosti ke snížení energetické náročnosti	21
3.1 Izolace.....	21
3.2 Součinitel prostupu tepla	22
3.3 Tepelné ztráty.....	22
3.4 Tepelné čerpadlo – zdroj tepla.....	22
3.5 Kotel nebo kamna na tuhá paliva.....	23
3.6 Elektrokotel se solárními kolektory.....	23
3.7 Rekuperace vzduchu	24
4 Sestavení funkčních variant	25
4.1 Výběr vhodného prvku ke zlepšení	25
4.2 Varianta 0_Současný stav – referenční varianta	25
4.3 Varianta 1_TČ BoxAir_60 + podlahové topení	26

4.4	Varianta 2 _Tepelné čerpadlo vzduch – voda + podlahové topení + zateplení, Hitachi Yutaki S Combi 8.....	27
4.5	Varianta3_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení	28
4.6	Varianta 4_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení komplet	29
4.7	Varianta 5_Krbová vložka	30
5	Ekonomické posouzení jednotlivých variant.....	31
5.1	Postup hodnocení.....	31
5.2	Ukazatel NPV	31
5.2.1	Zůstatková hodnota.....	32
5.3	Ukazatel RCF.....	32
5.4	Ukazatel IRR.....	32
5.5	Doba návratnosti	33
5.6	Inflace	34
5.7	Diskont.....	35
5.8	Cena energie.....	35
5.9	Investiční, reinvestiční a provozní náklady.....	36
5.10	Zhodnocení.....	37
5.11	Citlivostní analýza	38
	Manažerský souhrn a závěr	39
	Bibliografie	41
	Seznam obrázků	44
	Seznam tabulek.....	44
	Seznam rovnic.....	44
	Seznam grafů	45
	Přílohy	46
	Příloha č. 1 Přehled všech variant	46

Úvod

V současnosti je kladen velký důraz na správné využívání elektrické energie a hledání nevhodnější cesty, jak ji vyrábět a zacházet s ní. Jedno z odvětví, kterého se tato problematika dotýká, je problematika energetické náročnosti budov. Vystavované objekty již musejí splňovat kritéria, jenž zajišťují minimalizaci spotřeby energie. Nicméně velká část budov vystavěné v minulosti tato kritéria zdaleka nesplňují, a tak je důležité hledat cesty, jak do nich adekvátně a rozumně zasáhnout, aby se k těmto kritériím maximálně přiblížily.

Cílem této práce je analýza a vyhodnocení možností, jak optimalizovat rekonstrukci konkrétního objektu, aby se stal energeticky úsporným. Dále je to snaha zaměřit se na minimalizování nevhodného vlivu na životní prostředí, což lze zajistit postupným odstraněním neekologických prvků a zvolením vhodných metod pro rekonstrukci.

Bude provedeno několik návrhů, které se zanalyzují a z nich se vyberou pouze ty, které dávají smysl pro konkrétní objekt v obci Krakovec.

Nemalou roli v celkovém řešení bude hrát i průzkum a představení současných dotačních programů, které se věnují energetickému auditu budov a jejich zlepšení. Tyto programy jsou jakousi motivací pro subjekty, aby minimalizovaly a zkvalitněly energetickou náročnost objektů a tím zmenšily negativní dopad na životní prostředí.

Paralelně vedle těchto dotačních programů se bude nahlížet i na celkovou ekonomickou zátěž v daném řešení pro tuto konkrétní rekonstrukci.

Závěrem práce je zhodnocení výsledků jednotlivých řešení dle komplexního rozhodování a návrh nevhodnějšího řešení pro investora, které sníží energetickou náročnost objektu a minimalizuje výdaje investora.

V této práci bylo čerpáno z doporučené literatury, která byla nápomocná a díky které bylo možné se dostat hlouběji do dané problematiky. Jednalo se o publikace od firmy Ekowatt. (1) (2) Problematika je řešena na různých úrovních. Například Jonannes Persson na toto téma napsal doktorskou práci (3) nebo Ministerstvo ochrany klimatu v Německu vydalo publikaci, kde se snaží přiblížit význam a problematiku nízkoenergetických budov. (4)

1 Analýza stávajícího stavu

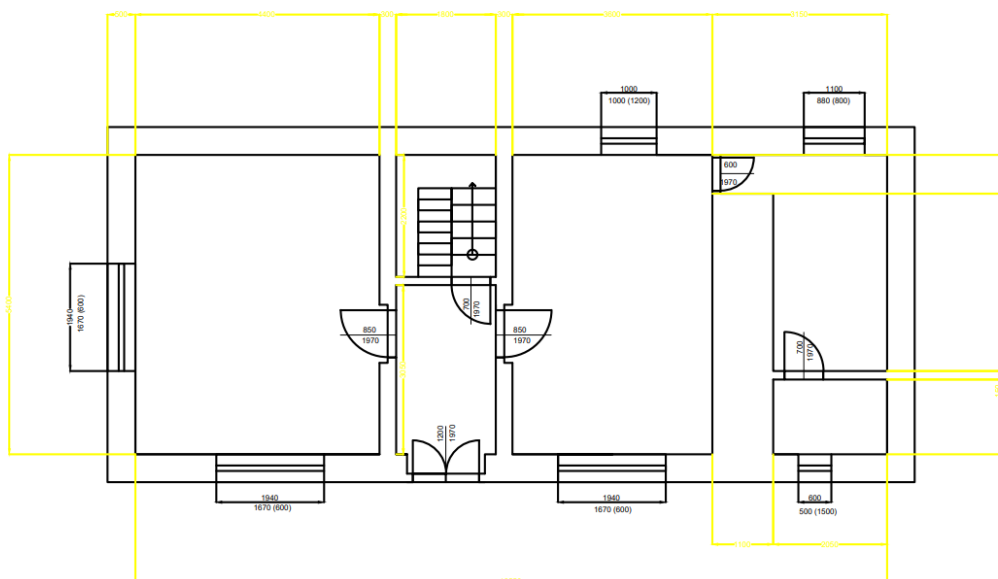
1.1 Předmět posouzení

Tento bakalářský projekt řeší energetický audit budovy v obci Krakovec, okres Rakovník. Cílem je energetický zlepšit stav budovy a minimalizovat výdaje s tím spojené. Toho se dosáhne pomocí rekonstrukce. Objekt je ve vsi, kde jsou převážně rodinné domy či domy s dalšími objekty pro realizaci celoročního chodu domácnosti na vesnici (stodola, chlívký pro domácí zvířata, kůlna). Objekt spadá do památkově chráněné rezervace. Případný zásah bude vždy konzultován s příslušným orgánem.

1.2 Popis objektu

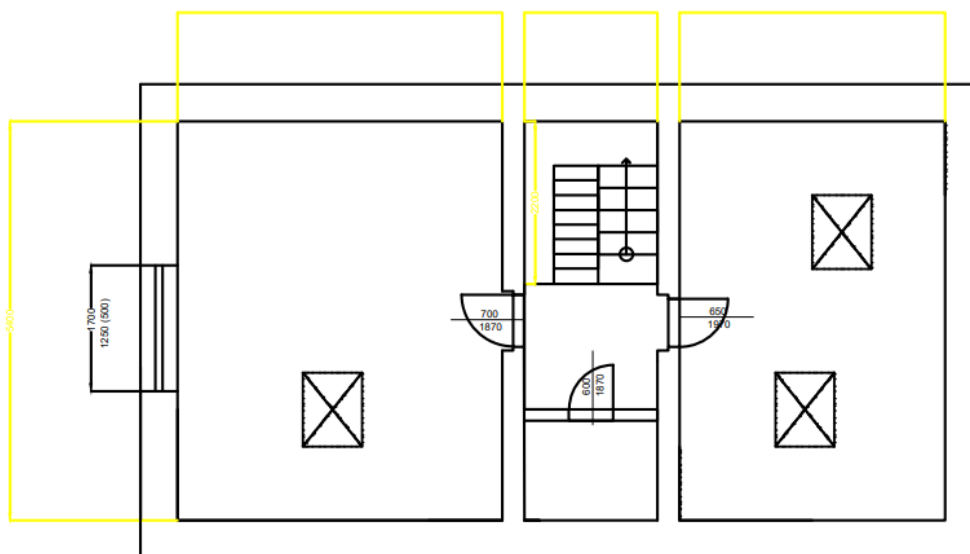
Dnešní podoba objektu pochází z roku 1937, kdy byl svépomocí vybudován k účelu bydlení a provozování malého statku, převážně s drůbeží. Původní objekt se skládal pouze ze dvou obytných místností, ložnice a světnice. Později upraven na dvoupodlažní dispozici 3+1. Hlavní vstup je orientován na východ. Objekt je složen z obytné části, na kterou ze severní strany přilehá stodola a přes dvorek, jsou chlívký, sloužící jako úložný prostor. Rekonstrukce se bude zabývat pouze obytnou částí, která je jako jediná zatěžovaná. Pro představu přikládám náčrt a do přílohy této práce obrázek i zvětšený náčrt objektu.

1 NP



Obrázek 1 - Náčrt prvního podlaží posuzovaného objektu

2 NP



Obrázek 2 - Nákres druhého podlaží posuzovaného objektu

1.3 Stavební řešení, technická infrastruktura

Příjem vody je zajištěn vlastní studnou, je to jediný možný zdroj pitné vody, poněvadž veřejný vodovod není vybudován.

Stejná situace je u Čističky odpadních vod (ČOV) a kanalizace. Každý občan obce je odpovědný za vlastní realizaci. V našem případě je tato problematika vyřešena domácí ČOV.

Z důvodu nepřítomnosti plynové infrastruktury v obci, je zbytečné se zabývat přípojkou z důvodu neefektivnosti.

Dodávku elektřiny zajišťuje distribuční skupina ČEZ. Objekt je připojen pomocní podzemního vedení k přípojné skříni a dále na soustavu.

V obci je telekomunikační síť, ale přípojka k objektu není realizována. Nicméně to není v rekonstrukci žádoucí, tudíž tato problematika nebude dále v práci řešena.

1.4 Současný způsob vytápění

Do této chvíle nikdo neřešil objekt z energetické stránky. Objekt slouží hlavně jako letní chalupa, nebylo tedy potřeba se touto problematikou zabývat. Nicméně poslední dobou se začalo uvažovat o úpravě objektu tak, aby ho bylo možné navštěvovat celoročně. To je možné i v současné době, ale náklady na vytopení, i při krátkodobé návštěvě, nejsou ekonomicky uspokojivé. Když přijedete do objektu máte dvě možnosti, jak získat teplo. Buď zatopíte v kamnech, které je na dřevo a je pouze v kuchyni nebo spustíte akumulční kamna, které jsou k dispozici pouze v dolním podlaží. Horní podlaží je možné vytopit pouze elektrickými přímotopy, které nemají šanci v zimě prostor vytopit a jsou tedy velice neefektivním řešením.

1.5 Příprava TUV

V současnosti se teplá voda připravuje v kotli na vodu, který je na dřevo a pro menší potřebu se ohřívá voda na kamnech v hrnci. V letních měsících je tento zdroj naprosto dostačující, nicméně pro celoroční pobyt je potřeba najít vhodné řešení, které tento neefektivní způsob přípravy TUV nahradí. Potřeba teplé vody bude v celé práci dimenzována na 4 osoby.

1.6 Stav obalových konstrukcí

Pro analýzu obalových konstrukcí byl použit nástroj dostupný na internetových stránkách tzbinfo.cz (5), pomocí kterého bylo určeno, v jakém stavu se nachází. Cílem je aplikovat taková opatření, která splní nebo se přibližují hodnotě součinitele prostupu tepla danou normou ČSN 73 0540-2. V následující tabulce jsou hodnoty vycházející ze současného stavu objektu, požadované hodnoty a doporučené hodnoty. V této práci bude snaha dosáhnout na hodnoty doporučené.

Tabulka 1 - Stav obalových konstrukcí objektu

Obalové konstrukce – současný stav			ČSN 73 0540-2:2011	
			požadovaný stav	doporučený stav
	Plocha [m ²]	U[W/m ² K]	U[W/m ² K]	U[W/m ² K]
Obvodová stěna	350	1,196	0,3	0,2
Okna	20	2,5	1,5	1,2
Dveře	2,8	2,3	1,7	1,2
Střecha	120	0,35	0,24	0,16
Styk se zeminou	70	3,1	0,45	0,3

1.7 Elektrické spotřebiče

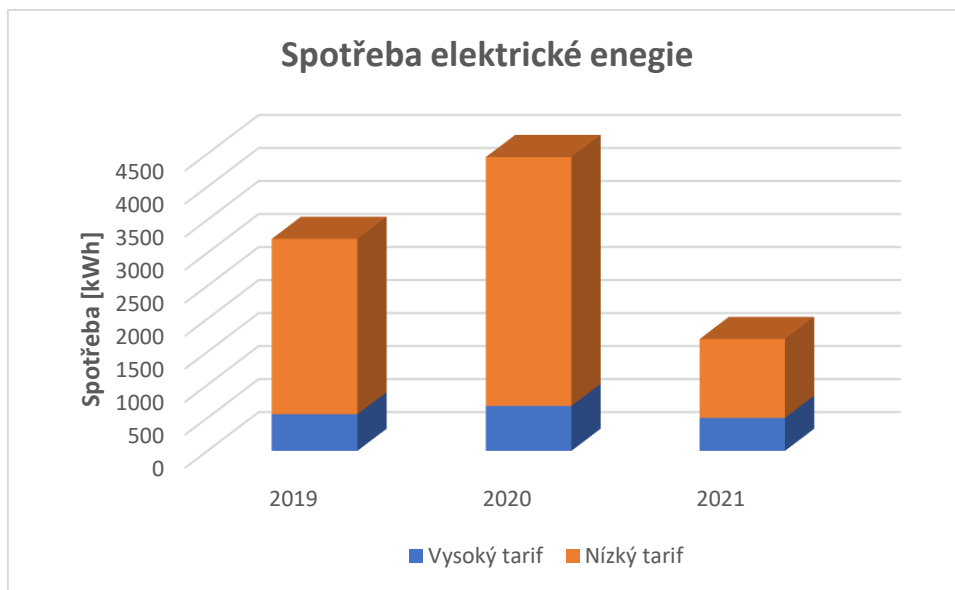
Aby bylo možné lépe analyzovat fakturu za elektřinu, tak byla zhotovena tabulka, kde je popsána odhadovaná útrata za elektrické spotřebiče. To pomůže k tomu, aby se neopomnělo ke každé variantě, kterou navrhnou v tomto projektu, zahrnout tuto částku do ročních provozních nákladů.

Tabulka 2- Elektřina za spotřebiče v objektu

Spotřebiče	Příkon [W]	Spotřeba za rok [kWh]	Cena za rok [Kč]
Rychlovarná konvice	2000	208	740
Chladnička	100	216	756
Osvětlení 20-60 W	1200	312	1111
Pračka	2500	260	926
Elektrický vaříč	2000	52	182
Celkem			3715

1.8 Faktury za elektřinu

Posuzovaný objekt má pouze přípojku na elektřinu. Plynová přípojka ve vesnici ani není, tudíž se dále v tomto projektu nebudeme zabývat plynem. Náklady spojené se zavedením plynu do objektu jsou neúměrně vysoké k jeho užitku. V následujících tabulkách jsou tři faktury za elektřinu, kde vidíme vývoj plateb. Jedná se o roky 2019, 2020 a 2021. Z následujících tabulek je patrné, že se cena za elektřinu pohybuje v rozmezí kolem 10 000 Kč vzhledem k tomu, že objekt není navštěvován celoročně. Dále také můžeme vidět graf spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu za zmiňované tři roky. Používaná distribuční sazba ve všech třech letech je stejná a to D25D. Jedná se o dvoutarifovou sazbu elektřiny, kde 8 hodin denně je využívána elektřina v levnějším tarifu. Vidíme, že spotřeba v dražším tarifu je podobná v průběhu let a je daleko menší než v nízkém tarifu, poněvadž hlavní spotřebiče běží v nízkém tarifu.



Graf 1 - Spotřeba elektrické energie za poslední 3 roky

Faktura 2019

Tabulka 3 - Spotřeba elektřiny za rok 2019

Silová elektřina	Jednotky	Počet jednotek	Kč/jednotka	Cena bez DPH
7.11.2018 -10.11.2019				
Pevná cena	Kč/měsíc	12,13	69	837
VT	Kč/MWh	1,383	1515	2095
NT	Kč/MWh	2,65	1150	3048
Distribuce D25D 7.11.2018-10.11.2019				
Jistič 3x25A	Kč/měsíc	12	127	1524
VT	Kč/MWh	0,556	1719	956
NT	Kč/MWh	2,65	71	188
Systémová služba	Kč/MWh	3,2	93	298
POZE	Kč/MWh	3,2	495	1584
OTE	Kč/měsíc	12	5,4	65
Celková spotřeba				3,2MWh
Základ daně				10 594,03 Kč

Faktura 2020

Tabulka 4 - Spotřeba elektřiny za rok 2020

Silová elektřina	Jednotky	Počet jednotek	Kč/jednotka	Cena bez DPH
<i>11.11.2019 -2.11.2020</i>				
Pevná cena	Kč/měsíc	12	77	924
VT	Kč/MWH	0,652	1750	1141
NT	Kč/MWH	3,74	1658	6201
Distribuce D25D	<i>7.11.2019-2.11.2020</i>			
<i>7.11.2019-2.11.2020</i>				
Jistič 3x25A	Kč/měsíc	12	134	1608
VT	Kč/MWh	0,679	1825	1239
NT	Kč/MWh	3,75	98	368
Systémová služba	Kč/MWh	4,44	76	337
POZE	Kč/MWh	4,44	495	2198
OTE	Kč/měsíc	12	5,4	65
Celková spotřeba				4,5MWh
Základ daně				14 080,64 Kč

Faktura 2021

Tabulka 5 - Spotřeba elektřiny za rok 2021

Silová elektřina	Jednotky	Počet jednotek	Kč/jednotka	Cena bez DPH
<i>3.11.2020 -10.11.2021</i>				
Pevná cena	Kč/měsíc	12	79	948
VT	Kč/MWH	0,498	1688	841
NT	Kč/MWH	1,188	1597	1897
Distribuce D25D	<i>7.11.2020-10.11.2021</i>			
Jistič 3x25A	Kč/měsíc	12	136	1632
VT	Kč/MWh	0,49	1848	906
NT	Kč/MWh	1,188	134	159
Systémová služba	Kč/MWh	1,506	77	116
POZE	Kč/MWh	1,61	495	797
OTE	Kč/měsíc	12	5,4	65
Celková spotřeba				3,2MWh
Základ daně				7 360,28 Kč

2 Legislativa a podpora v ČR

2.1 Vyhláška č. 264/2020 Sb.

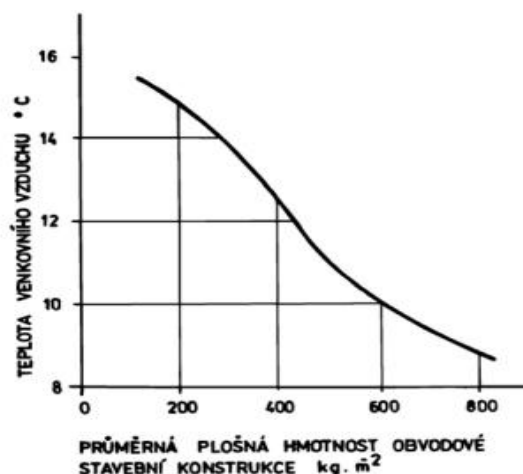
Vyhláška č. 264/2020 Sb. je vyhláška o energetické náročnosti budov. V platnost vešla 1. září roku 2020 a nahradila vyhlášku 78/2013 Sb. Obsahem je zpracování předpisů a požadavků Evropské unie pro energetickou náročnost budov. Dále popisuje výpočet energetické náročnosti, možnosti dodávání energie, způsoby snížení energetické náročnosti budovy. Vyhláška vznikla jako reakce na novou směrnici Evropského parlamentu, ve které je mj. upraven výpočet energetické náročnosti. (6)

2.2 Norma ČSN 73 0540-2

Tato norma z roku 2011 se zabývá tepelnou ochranou budov. Určuje požadavky, jaké má být tepelné chování objektu. Do toho je zahrnuta povrchová teplota vnitřní konstrukce či součinitel prostupu tepla. Dále můžeme nalézt informace ohledně vlhkosti, proudění vzduchu v konstrukci či tepelné stabilitě. (7) Hodnoty, které norma zahrnuje se dělí na hodnoty požadované, které je potřeba bezpodmínečně splnit na hodnoty doporučené, které se blíží k ideálu, který je možné dosáhnout. (1)

2.3 Norma ČSN 38 3350

Norma 38 3350 slouží pro územní plánování a projektování soustav zásobování teplem městských oblastí, sídlišť a průmyslových závodů. (8) Obsahem jsou všeobecné zásady pro zacházení a zásobování teplem. Norma mj. definuje, jak určit venkovní denní teplotu pro zahájení a ukončení topné sezóny na základě znalosti plošné hmotnosti obvodové konstrukce. Tato hodnota v našem případě není známa, takže byla určena mezní teplota +13 °C dle vyhlášky 194/2007 Sb., která určuje topné období. Vytápění se v otopném období započne, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí se nedá očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den. (9) Náš posuzovaný objekt se nachází v okrese Rakovník, tudíž délka otopného období odpovídá 232 dnům.



Obrázek 3 - Orientační stanovení průměrné denní teploty venkovního vzduchu pro zahájení a ukončení topného období v závislosti na průměrné ploše hmotnosti obvodové stavební konstrukce dle ČSN 38 3350: 1988 (10)

2.4 Nová zelená úsporám

Jedná se o nejznámější dotační program, který pomáhá snižovat energetickou náročnost jak v rodinných domech, tak v bytových jednotkách. Celý tento projekt zajišťuje Ministerstvo životního prostředí a spravuje ho Státní fond životního prostředí České republiky. Historie této dotace sahá do roku 2014 a od roku 2021 je spuštěná její nejnovější etapa. Důraz je kladen především na obnovitelné zdroje energie a na takové současné metody a opatření, které pomáhají úspornosti objektu. Mezi opatření například patří pomoc s hospodařením s dešťovou vodou, výměna neekologických zdrojů energie či výstavba fotovoltaických systémů. (11) Při této optimalizaci budou respektovány pokyny, které byly vyhlášeny Ministerstvem životního prostředí. (12)

V této práci bude využita podpora hlavně na zateplení objektu a dále na zakoupení tepelného čerpadla (TČ), které se stalo, zvláště poslední dobou, velmi populárním zdrojem tepla. Následující tabulka ukazuje základní podmínky pro získání dotace a maximální výši dotace. V případě plánovaného využití dotace by se postupovalo dle doporučeného návodu od ministra životního prostředí. (12)

Tabulka 6 - Možnosti dotace v rámci programu nová zelená úsporám

Účel dotace	Dotace maximální	Poznámka
Zateplení	650 000,00 Kč	nejvýše polovina výdajů
TČ s přípravou TUV	100 000,00 Kč	teplovodní vytápění
TČ bez přípravou TUV	80 000,00 Kč	teplovodní vytápění
TČ vzduch – vzduch	60 000,00 Kč	

3 Příležitosti ke snížení energetické náročnosti

3.1 Izolace

Prvním prvkem, který je možný aplikovat ke zlepšení energetického stavu budovy je tepelná izolace. Prostory, které je potřeba izolovat, jsou rozděleny do tří hlavních částí, a to izolace střechy, obvodových stěn a podlahy. Každá z těchto částí, jenž bude zateplena, přispěje k výraznému zlepšení tepelného komfortu.

V první části bude řešena problematika zateplení střechy. V současném stavu, ve kterém se objekt nachází, je vhodná aplikace izolace nadkrovní. To znamená, že se odhalí střecha a pokládá se izolace. Jedná se tak o vnější způsob zateplení. K maximální účinnosti zateplení je vhodné zvýšit kapacitu prostoru pod střešními taškami, aby mohla být použita mohutnější vrstva izolace. Toho docílíme pomocí kontrakrokví. Nesporná výhoda je v tom, že není potřeba zásahu do vnitřních prostor, které tak zůstávají nadále plně funkční. Naopak jedna z nevýhod je, že tento způsob zatím není rozšířený, takže nemusí být jednoduché nalézt firmu, která tuto zakázku provede. V této práci je zvolena izolace v tloušťce 160 mm.

V následujícím kroku je vhodné vyřešit zateplení obálky posuzovaného objektu. V současném stavu nedisponuje objekt žádným zateplením obvodových stěn, tudíž každé zateplení přispěje k výraznému zlepšení. Bude použito zateplení od firmy Isover, konkrétně zateplení pomocí pěnového polystyrenu, který vyšel nejlevněji a zároveň stále velice účinně. Tato firma u toho produktu o tloušťce 200 mm udává součinitel prostupu tepla $0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, což splňuje normu pro pasivní dům. (13)

Další část, kterou je vhodné tepelně izolovat je podlaha. V současném stavu je pod podlahovou krytinou materiál připomínající strusku. Nejvhodnější postup by byl odejmou podlahovou krytinu a vyhrabat tuto strusku. Strusku by nahradila izolace, o tloušťce minimálně 30 mm, a položila by se zpět krytina. V případě nevyhovujícího stavu by byla krytina nahrazena OSB deskami.

Poslední části, které jsou potřeba zateplit, jsou dveře a okna. Z důvodu přání majitele, by se vyměňovala pouze střešní okna. Ostatní okna a vchodové dveře by se zachovali původní. Pro střešní okna splňuje požadavky firma Dakea, jejíž okna mají prostup tepla do hodnoty 1,1, což splňuje požadavek na pasivní dům. Zbylá okna a dveře se pouze zbrousí a přelakují, což nepochybně také přispěje k snížení tepelných ztrát.

3.2 Součinitel prostupu tepla

Tento faktor nám charakterizuje tepelně – izolační vlastnosti jakékoliv stavební konstrukce. Jedná se o významný parametr ve stavebnictví. Značí se písmenem U a je to veličina, kterou se zabývá jedna z norem, které jsem popisoval v předešlé kapitole. Pokud se tedy má stavět nový dům, musí být hodnota U menší než hodnota referenční U_n , kterou určuje právě norma. Takže při optimalizaci rekonstrukce je snahou volit zateplení takové, aby hodnota U byla co nejmenší. To ale samozřejmě výrazně zasahuje do finanční stránky rekonstrukce, protože čím tlustší izolace, tím větší investiční náklady. Proto se snažíme najít optimum.

3.3 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty jsou dalším důležitým ukazatelem. Tento faktor odpovídá velikosti tepla, jenž objekt ztratí vlivem vnějšího prostředí. Tuto hodnotu ovlivňuje několik základních faktorů. Mezi ně patří zateplení, velikost domu a geografická poloha objektu. Je to užitečná hodnota při výběru zdroje, který bude dodávat teplo. Je třeba zbytečně nepředimenzovat zdroj a na druhé straně aplikovat zdroj natolik výkonný, aby dokázal vytvořit požadované teplo. Z výpočtového online nástroje (14) bylo zjištěno, že posuzovaný objekt, po aplikaci kompletní izolace popsané v části 3.1, by disponoval zhruba tepelnou ztrátou 6kW. Bez izolace disponuje dům ztrátou 17kW. Tyto hodnoty budou používány dále v práci.

3.4 Tepelné čerpadlo – zdroj tepla

Tepelné čerpadlo je v dnešní době velmi oblíbený způsob, jak zajistit teplo i teplou vodu v objektu. Celý princip je založen na obrácené ledničce. Zatímco lednička ze svého interiéru teplo odebírá a předává svému okolí, tepelné čerpadlo teplo ze svého okolí bere a následně po několika procesech předává interiéru. Tepelné čerpadlo má chladivo, které cirkuluje v uzavřeném okruhu. Toto chladivo přijímá teplo z okolí. Zdrojem tepla může být vzduch, voda nebo třeba země. Toto chladivo se odpařuje již při nízkých teplotách. Tudiž když chladivo přijme teplo, tak venkovní zdroje se ochladí. Přijmutím tepla se změní chladivo na plyn, který kompresorem lze stlačit a tento plyn nabude tlaku a tepla, které pak ve výměníku předá a po průchodu expanzím ventilem, který chladivu vrátí původní parametry, se může tento cyklus opakovat.

Rozlišujeme několik typů čerpadel na základě zdroje externího tepla. Jendou z možností je čerpadlo vzduch – vzduch. Je zřejmé, že toto čerpadlo bere teplo ze vzduchu a ohřívá vzduch v objektu. Jedná se o nejjednodušší typ čerpadla. Donedávna byla velká nevýhoda tohoto typu, že nedokázal ohřát teplou vodu, ale v současnosti už to realizovatelné je. Tento typ čerpadlo má nejnižší pořizovací náklady.

Dalším typem je čerpadlo vzduch – voda, které prostřednictvím venkovního vzduchu ohřívá vodu v topném systému uvnitř objektu. Zde je důležité zahrnout akustickou stránku čerpadla, které může rušit návštěvníky objektu či jeho okolí

Posledním typem čerpadla, které přichází v úvahu je čerpadlo země – voda ve variantě zemních kolektorů, které jsou zabudovány v zemi. Zde je zřejmé, že pro tuto variantu potřebujeme dostatečné množství plochy, kam je možné zabudovat hadice, které absorbují teplo ze země a dodávají ho tepelnému čerpadlu.

Každé tepelné čerpadlo disponuje základním parametrem, jenž se nazývá topný faktor. Jedná se o faktor, který udává poměr vyprodukovaného tepla k dodané energii. Čím větší tato hodnota je, tím je provoz čerpadla úspornější. Avšak při správném určování je nutné respektovat teplotu okolí, jenž může velmi měnit tuto hodnotu. V této práci bude používána hodnota sezonního průměrného topného faktoru (SCOP), která ukazuje průměrnou hodnotu za celou topnou sezonu.

3.5 Kotel nebo kamna na tuhá paliva

Zde jsou představeny další příležitosti, které využívají kotle nebo krbové vložky jako zdroje tepla. Jako první existuje možnost instalace kotle na pelety. Vyhovuje již dlouho všem ekologickým požadavkům, protože se jedná o zdroj, jenž můžeme zařadit do zdrojů obnovitelných. Ke kotli je vhodné instalovat kombinovaný akumulární zásobník, který se vyrábí nejčastěji ve velikosti 500 l a 1000 l. Fungování je tedy takové, že kotel ohřeje vodu v zásobníku, kterou lze poté využít jako zdroj tepla v objektu a samozřejmě jako zdroj teplé vody. Dle spotřeby se v kotli voda dohřívá.

Druhá možnost, která se nevyskytuje často, je instalace teplovodního krbu. Funguje na úplně stejném principu jako kotel. Jen místo kotle se bude používat krbová vložka. Jedná se tak o variantu pro milovníky ohně. Tato varianta má však úskalí samozřejmě v tom, že přikládání do krbové vložky je samozřejmě závislé na uživateli. Další varianta s krbovou vložkou, která je investičně dostupnější, je aplikace krbové vložky s teplovzdušnou distribucí tepla, která vyprodukované teplo je schopna rozšířit do celého objektu pomocí vhodně upravených rozvodů.

3.6 Elektrokotel se solárními kolektory

Další příležitost, která zajistí teplo a teplou vodu v domě je instalace elektrického kotle. Samotný elektrický kotel už není nijak podporovaný dotačními programy. Zpravidla se kombinuje se solárním systémem, který je podporovaný různými dotacemi. Mezi nejznámější patří Nova zelená úsporám.

Tento systém je úsporný, protože solární systém dokáže v ideálním případě pokrýt v letních měsících spotřebu energie. Uživatel se nemusí bát, že by ztratil možnost využívat tzv. noční proud, ten totiž i po instalaci solárního systému zůstává v platnosti. Je tedy možnost využít dvou nezávislých zdrojů, které ohřívají vodu v akumulační nádrži, která je pak k dispozici i jako zdroj tepla. Nicméně v této práci nebude aplikován z důvodu přání investora a zároveň majitele objektu, který si nepřeje zásah na střechu v podobě panelů. Následující problém s instalací panelů by byl s Památkovým ústavem z toho důvodu, že objekt se nachází v památkově chráněném území.

3.7 Rekuperace vzduchu

V pořadí již pátý prvek, který je schopný přispět k snížení energetické náročnosti budovy je rekuperace vzduchu. Do doby, než se objevily na trhu rekuperační jednotky probíhala výměna vzduchu pomocí větrání. Tento způsob je ale z energetického hlediska vysoce ztrátový, poněvadž vzduch je sice vyměněn, ale za cenu snížení či zvýšení teploty v objektu – v závislosti na ročním období. Deficit je pak potřeba opět vyrovnat dle potřeb. Toto vyrovnání bude zasahovat do financí, které by se mohly ušetřit. Rekuperační jednotky a jejich princip je zcela jednoduchý. Jejich úkolem je výměna vzduchu v objektu. To znamená, že sbírá vzduch z interiéru, který je distribuován ven a naopak. Poněvadž venkovní vzduch může a je často i velice chladný, tak odváděný interiérový vzduch je využíván k ohřevu tohoto nového čerstvého vzduchu. Tak se maximalizuje efektivita výměny vzduchu. Tento prvek ale nebude z důvodu nenalezení vhodného způsobu instalace rekuperační jednotky aplikován.

4 Sestavení funkčních variant

4.1 Výběr vhodného prvku ke zlepšení

V této části práce budou sestaveny konkrétní kroky, které přispějí ke zlepšení energetické situace posuzovaného objektu. Jednotlivá opatření jsou uvedena v několika variantách a následně zhodnocena po ekonomické stránce. Ke každé variantě je přiložena tabulka, která přehledně shrnuje základní informace o daném návrhu. Tyto tabulkou budou společně přidány do přílohy této práci. Důležité je zmínit životnost jednotlivých variant – vždy řídí životností nejdražší komponenty v dané variantě.

4.2 Varianta 0_Současný stav – referenční varianta

Jako první je vložena do této práce referenční varianta, která popisuje současný stav. Je smysluplné tento prvek zahrnout z důvodu názornosti, aby majitel – investor viděl, jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými návrhy oproti současnému stavu. Je zde použit konstruktivní odhad na náklady, který vychází z hodnot, které lze zjistit. Nicméně objekt nebyl obýván celoročně, tudíž celková spotřeba energie nikdy nebyla známá. Je pouze odhadnuta dle současné tepelné ztráty objektu a dle odhadu energie vydané na chod spotřebičů.

Tabulka 7 - Varianta 0_Současný stav – referenční varianta

Varianta 0	
Tepelná ztráta	17kW
Potřeba tepla	40MWh
Životnost	30 let
Současný stav	
Kamna na dřevo	
Akumulační kamna	
Přímotopy	

4.3 Varianta 1_TČ BoxAir_60 + podlahové topení

V první variantě je uvažována instalace tepelného čerpadla, dosahující až průmyslových kapacit. Jedná se o tepelné čerpadlo od firmy MasterTherm, které pokryje tepelnou ztrátu v takové míře, kterou současný objekt vyžaduje. Bude použit jako zdroj teplé vody i pro teplo. Topný faktor je dle výrobce stanoven na průměr 3,2 během topné sezony. Důvod zařazení této varianty je v investičních nákladech, které jsou jedny z nejmenších, poněvadž se neuvažuje o žádném zásahu do schránky objektu v podobě jakéhokoliv zateplení. Na druhou stranu je nutné vybudovat distribuční cestu, po které může v objektu teplo proudit. To zvyšuje investiční náklady, což je samozřejmě zahrnuto. Podlahové topení je zvoleno z důvodu pohodlnosti a maximalizace účinnosti rozvodu tepla po objektu. Spolu s tímto rozvodem je vhodné přistoupit k výměně podlahové izolace. To ale záleží na jejím stavu, který není dosud přesně analyzován. Důvod je zřejmý, podlahou může unikat nemalé množství tepla. Na tuto variantu lze pobírat příspěvek, který jsem určil na 130 000 Kč a budu s touto hodnotou počítat při ekonomickém hodnocení. Jako záložní zdroj budou sloužit kamna, která se v tuto chvíli v objektu nacházejí.

Tabulka 8 - Varianta 1_TČ BoxAir_60 + podlahové topení

Varianta 1	
Tepelná ztráta	17 kW
Potřeba tepla	40 MWh
Opatření	Cena s DPH
TČ BoxAir-60	352 400,00 Kč
SCOP	3,2
Podlahové topení	92 700,00 Kč
Rozvody + instalace TČ	50 000,00 Kč
Dotace NZÚ	130 000,00 Kč
Životnost	30 let
Celkem	365 100,00 Kč

4.4 Varianta 2 _Tepelné čerpadlo vzduch – voda + podlahové topení + zateplení, Hitachi Yutaki S Combi 8

Další možností, která byla zařazena do práce, je instalace tepelného čerpadla od firmy Hitachi. Toto čerpadlo se nachází v kategorii vzduch – voda. Bude použito jako zdroj teplé vody i tepla. Toto řešení počítá s vybudováním vnitřního systému rozvodu tepla, které se v současném objektu nevyskytuje. Hitachi je vhodná volba, díky dobrým recenzím na tento typ čerpadla. Topný faktor je dle výrobce stanoven na průměr 3,8 během topné sezony. Díky zahrnutí kompletního zateplení objektu včetně podlahy se tepelná ztráta sníží na pouhých 6kW, což nám zajišťuje dobrý výchozí bod pro nalezení funkčního řešení pro úsporu energie. Zateplení střechy je vhodné aplikovat ve vnějším provedení. Důvod zateplení střechy je v eliminaci ztrát tepla, poněvadž teplý vzduch stoupá vzhůru, a díky zateplení by zůstal v objektu. Nejjednodušším řešením by bylo sice zateplení podlahy na půdě, ale díky dvěma obytným podkrovním pokojům je to nereálné. Z tohoto důvodu je dobré zvolit již zmíněnou vnější izolaci, která nijak nezasahuje do vnitřních prostor a pohybu v nich. Životnost se předpokládá u zateplení na 30 let a u topení 40 let. Jako záložní zdroj nechávám v objektu dvoje kamna na dřevo, které v případě neschopnosti tepelného čerpadla budou vyhřívat objekt. Dotace této varianty je volena ve výši 350 000 Kč.

Tabulka 9 - Varianta 2_ Tepelné čerpadlo vzduch – voda + podlahové topení + zateplení, Hitachi Yutaki S Combi 8

Varianta 2	
Tepelná ztráta	6kW
Potřeba tepla	15,4MWh
Opatření	Cena s DPH
Výměna oken	42 255,00 Kč
Zbroušení oken a dveří	24 000,00 Kč
Zateplení střecha	63 360,00 Kč
Úprava krovu	32 400,00 Kč
Zateplení obálka	630 000,00 Kč
Tepelné čerpadlo VZ-VO	140 000,00 Kč
SCOP	3,8
Rozvody + instalace TČ	50 000,00 Kč
Podlahové topení + izolace	130 000,00 Kč
Dotace NZÚ	350 000,00 Kč
Životnost zateplení	30 let
Životnost topení	40 let
Celkem	762 015,00 Kč

4.5 Varianta3_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení

Teplené čerpadlo Multisplit Triple C od Japonské firmy Hitachi je na trhu v České republice už více jak rok a výhoda je, že tento typ dokáže zajistit jak teplo, tak teplou vodu. Jedná se tedy už na první pohled o zajímavé řešení našeho problému v oblasti zajištění tepla a teplé vody. V reálu se tento set skládá z venkovní jednotky, jejíž výkon si můžeme vybrat dle potřeby, pak z několik a vnitřních multisplit jednotek, které se vyrábí v několika variantách a také zásobníkem na vodu, který jsem volil 190l. Distribuce je realizována pomocí vnitřních jednotek. Konzultace ohledně mých požadavků proběhla s montážní firmou Hitachi výrobků KOVOSLUŽBA OTS, a.s. V požadavcích byly 4 vnitřní jednotky a 1 zásobník. Topný faktor je dle výrobce stanoven na průměr 3,8 během topné sezony. Zateplení střechy by bylo provedeno vnějším způsobem. Opět jsem zahrnul do této varianty možnou dotaci, kterou jsem zvolil 100 000 Kč, jak na zateplení, tak na tepelné čerpadlo. Opět jako záložní zdroj poslouží kamna v objektu.

Tabulka 10 - Varianta 3_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení

Varianta 3	
Tepelná ztráta	12kW
Potřeba tepla	28,2 MWh
Opatření	Cena s DPH
Výměna oken	42 255,00 Kč
Zbroušení oken a dveří	24 000,00 Kč
Zateplení střecha	63 360,00 Kč
Úprava krovu	32 400,00 Kč
Tepelné čerpadlo	190 000,00 Kč
SCOP	3,8
Rozvody + instalace TČ	50 000,00 Kč
Dotace NZÚ	100 000,00 Kč
Životnost	30 let
Celkem	302 015,00 Kč

4.6 Varianta 4_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení komplet

Tato varianta je velmi podobná variantě druhé, nicméně rozdílné jsou v typu čerpadla. Zde bylo vybráno opět tepelné čerpadlo Multisplit Triple C od firmy Hitachi, fungující na bázi vzduch – vzduch. Kromě tohoto opatření je do této varianty zahrnuto kompletní zateplení objektu s životností 30 let. Tepelné čerpadlo bylo představeno v předešlé variantě. Pro doplnění uvádím vyšší hodnoty dotace, se kterou se bude počítat pro ekonomické zhodnocení. Tentokrát je to částka 300 000 Kč. Jako záložní zdroj opět použiji současné vybavenosti objektu, a to sice kamen na dřevo.

Tabulka 11 - Varianta 4__Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení komplet

Varianta 4	
Tepelná ztráta	6kW
Potřeba tepla	15,4 MWh
Opatření	Cena s DPH
Výměna oken	42 255,00 Kč
Zbroušení oken a dveří	24 000,00 Kč
Zateplení střecha	63 360,00 Kč
Úprava krovu	32 400,00 Kč
Zateplení obálka	630 000,00 Kč
Zateplení podlaha	40 000,00 Kč
Tepelné čerpadlo VZ-VZ	190 000,00 Kč
SCOP	3,8
Rozvody + instalace TČ	50 000,00 Kč
Dotace NZÚ	300 000,00 Kč
Životnost	30 let
Celkem	772 015,00 Kč

4.7 Varianta 5_Krbová vložka

Poslední možností, jak zasáhnout do objektu s cílem zlepšení jeho energetického stavu je možnost aplikace krbové vložky, která by se nasadila místo současných kamen. Představa byla alespoň částečně využít současného stavu, aby investice byla co nejnižší. Na zpracování této varianty byla oslovena firma Topsis s.r.o, se kterou byly vedeny konzultace, jak dosáhnout co nejideálnějšího řešení. V zadání bylo zachovat zdroj na dřevo a zkusit využít současných kamen, což bylo bohužel vyvráceno. Současné kamna by nedokázala pokrýt takovou tepelnou ztrátu. Navrhovaná vložka disponuje účinností přes 86 %. I přes výměnu kamen za krbovou vložku je nutné zateplit alespoň střechu, opět se životností zateplení 30 let, což je zahrnuto do nákladů. Dále bylo v této variantě nutné vyřešit otázku přípravy teplé vody. Tento problém je vhodné vyřešit aplikací tepelného čerpadla Stiebel SHP – F 220, který by pouze ohřívalo vodu. Topný faktor je dle výrobce stanoven na průměr 3,07 během topné sezony. Proběhla by žádost o dotaci na zateplení a předpokládané obdržení ve výši 50 000 Kč. Životnost krbové vložky byla určena na 20 let.

Tabulka 12 - Varianta 5_Krbová vložka

Varianta 5	
Tepelná ztráta	12kW
Potřeba tepla	23,2 MWh
Potřeba tepla na TUV	5MWh
Opatření	Cena s DPH
Výměna oken	42 255,00 Kč
Zbroušení oken a dveří	24 000,00 Kč
Zateplení střecha	63 360,00 Kč
Úprava krovu	32 400,00 Kč
TČ Stiebel SHP-F 220 +instalace	100 000,00 Kč
SCOP	3,07
Krbová vložka + rozvod	77 108,00 Kč
Dotace NZÚ	50 000,00 Kč
Životnost kamen	20 let
Celkem	289 123,00 Kč

5 Ekonomické posouzení jednotlivých variant

5.1 Postup hodnocení

Další kapitola je věnována posouzení jednotlivých variant z ekonomického hlediska. Abychom toto mohli udělat budeme potřebovat zjistit, jaké jsou předpokládané roční náklady jednotlivých variant. Z tohoto důvodu jsem našel ceník elektrické energie od společnosti ČEZ, ze kterého jsem určil, jakou částka se může očekávat na faktuře za rok, při dané variantě. Položka cena zahrnuje i spotřebu zařízení, které jsou popsány již dříve v této práci. (1.7) Detailní rozpočet se bude nacházet opět v příloze této práce. Dále jsem zvolil k hodnocení jednotlivých variant některé nástroje, díky nimž se budu řídit při závěrečné volbě opatření.

Tabulka 13 - Roční provozní náklady jednotlivých variant

	Provozní náklady za rok [Kč]
Varianta 1	66734
Varianta 2	27982
Varianta 3	41585
Varianta 4	28541
Varianta 5	38464
Varianta 0	179126

5.2 Ukazatel NPV

První bude v tomto projektu použita, jako finanční kritérium, metoda čisté současné hodnoty známe jako NPV. Jde o velmi používaný nástroj pro zhodnocení projektu z finanční stránky. Tato metoda zahrnuje dobu životnosti projektu a respektuje časovou hodnotu peněz.

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

Rovnice 1 – výpočet NPV

kde:

CF_t – peněžní tok jednotlivých let

n – doba životnosti projektu

r – diskontní úroková míra

t – daný rok hodnocení investice

5.2.1 Zůstatková hodnota

Jelikož doba životnosti jednotlivých zásahů, především zateplení, se vždy nerovná době hodnocení projektu, bylo potřeba adekvátně zahrnout tuto dobu přesahující životnosti do výpočtů. To je vyřešeno pomocí zůstatkové hodnoty, která je součástí vyhlášky č. 140/2021 Sb. Tyto hodnoty jsou zapsány pro každou variantu do následující tabulky. Je patrné, že u Varianty 2 a 4 při hodnocení 15 let je zůstatková hodnota velká, poněvadž byla provedena kompletní izolace s plánovanou životností 30 let, což je dvakrát delší než uvažovaná doba hodnocení.

Tabulka 14 - Zůstatkové hodnoty

	Zůstatková hodnota 15 let	Zůstatková hodnota 30 let
Varianta 1	43 048,42 Kč	12 794,24 Kč
Varianta 2	305 884,30 Kč	- Kč
Varianta 3	23 538,71 Kč	- Kč
Varianta 4	257 588,35 Kč	- Kč
Varianta 5	14 323,09 Kč	31 627,71 Kč

5.3 Ukazatel RCF

Ve variantách, které byly zvoleny, je vždy vhodné zvolit dobu životnosti, se kterou se počítá, že dané zařízení bude pracovat v plné funkčnosti. Tuto dobu v sobě obsahuje ukazatel, tzv. roční ekvivalentní peněžní tok, který zahrnuje NPV a anuitní člen, díky němuž se zohlední do výpočtu různá délka životnosti projektu.

$$RCF = \frac{r}{(1 - (1 + r)^{-T})} \cdot NPV$$

Rovnice 2 – Výpočet RCF

(2)

kde:

r – cena příležitosti

T – počet období

NPV – Čistá současná hodnota

5.4 Ukazatel IRR

Dalším používaným kritériem pro hodnocení investic je vnitřní výnosové procento, vnitřní úroková míra IRR (Internal Rate of Return – IRR), což je taková hodnota úrokové míry, která použita pro diskontování dává za dobu životnosti právě nulovou hodnotu diskontovaného toku hotovosti. (15) Investice je vhodná, pokud IRR je větší než zvolená diskontní sazba. Jedná se o diskontní sazbu, při

keré NPV je rovno 0. V práci jsem zvolil referenční variantu (současný stav), vůči kterému budu hodnotit zbylé varianty. Hodnota IRR bude počítána pro životnost 30 let. Pro výpočet platí následující vztah:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Rovnice 3 - výpočet IRR

kde:

CF_t – peněžní tok jednotlivých let

n – doba životnosti projektu

IRR – vnitřní úroková míra

t – daný rok hodnocení investice

5.5 Doba návratnosti

Poslední kritérium, které bude aplikováno k hodnocení je doba návratnosti investice. Tento ukazatel udává, ve kterém roce převáží tvorba finančních zdrojů nad jejich čerpáním. (15) Existují dvě možnosti, jak tento ukazatel aplikovat. Buď se rozhodne pro variantu prostou, která v sobě zahrnuje pouze investici a následné cashflow nebo je možnost využít variantu diskontovanou, která, jak název napovídá, respektuje i diskont. V práci budou uvedeny oba typy tohoto ukazatel. Vztahy pro výpočet jsou následující:

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

Rovnice 4 - výpočet doby návratnosti prosté

(4)

kde:

Ts – doba návratnosti prostá

IN – počáteční investice

CF – roční úspora nákladů

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

Rovnice 5 - Výpočet doby návratnosti reálné

(5)

kde:

Tsd – doba návratnosti reálná

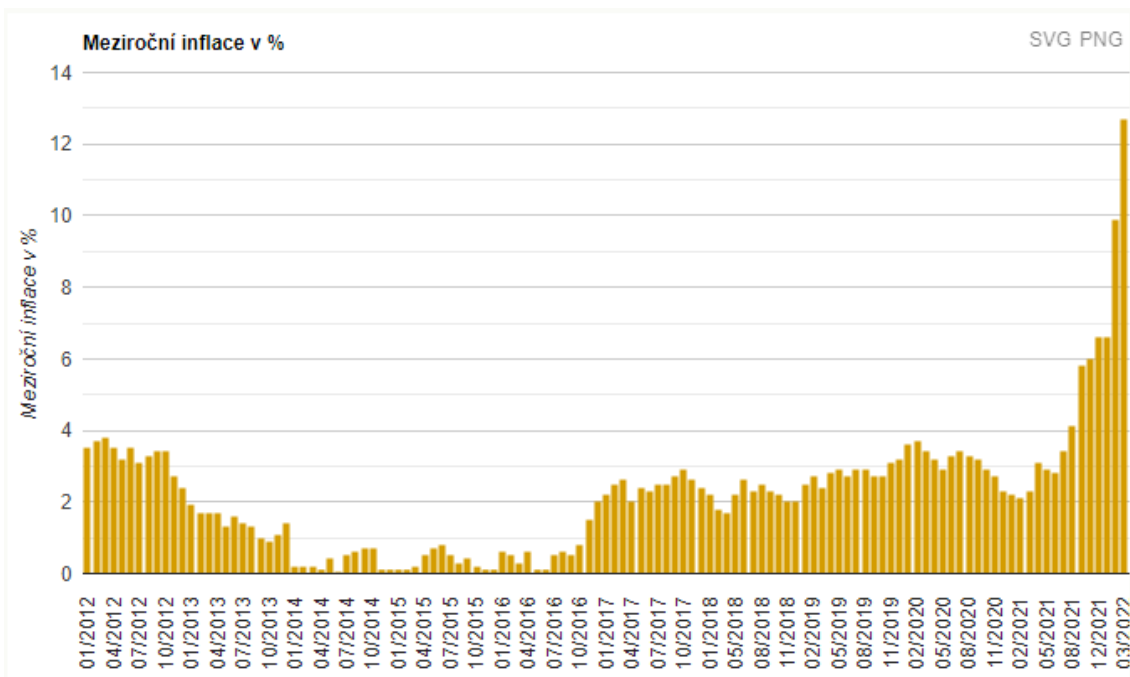
CF – roční úspora nákladů

r – diskontní míra

IN – investiční výdaj

5.6 Inflace

Inflace je jev, který je součástí každé ekonomiky. V současnosti tato hodnota roste. Jedná se o růst cenové hladiny v čase a je vhodné na tento růst nějak reagovat. Vysoká inflace sebou nese většinou zvyšování úrokových sazeb, které v důsledku inflaci snižují, což je jedna z reakcí, která se v současné době děje. Dlouhodobý cíl ČNB je udržet tuto hodnotu na 2 % meziročně. Výhledově by se měla inflace přiblížit k této hodnotě v roce 2023. Pro představu je přiložen graf vývoje inflace za posledních 10 let. Stojí za to si povšimnout, že hodnota současné inflace se nachází na své maximální hodnotě za toto období. Dokonce ani v roce 2008 během krize nedosahovala meziroční inflace dvojčíferných čísel. K současné inflaci se vyjádřil i ředitel sekce měnové ČNB Petr Král v investičním websemináři České spořitelny, který prohlásil: „Vrchol inflace máme ještě před sebou. Bude vrcholit na úrovni kolem 14 % v meziročním vyjádření. Největší hrozbou je válečný konflikt na Ukrajině, který je neekonomickou a naprosto nepredikovatelnou záležitostí. Důsledky tohoto konfliktu, jak krátkodobé, tak dlouhodobé, nedokážeme nyní ještě v plném rozsahu domyslet.“ (16) Díky nejistotě v tomto odvětví je přistoupeno k výpočtům nezahrnující inflaci. Toto opatření sice více posune výsledek do teoretické roviny, ale není reálné v této situaci provést kvalitní predikci této hodnoty.



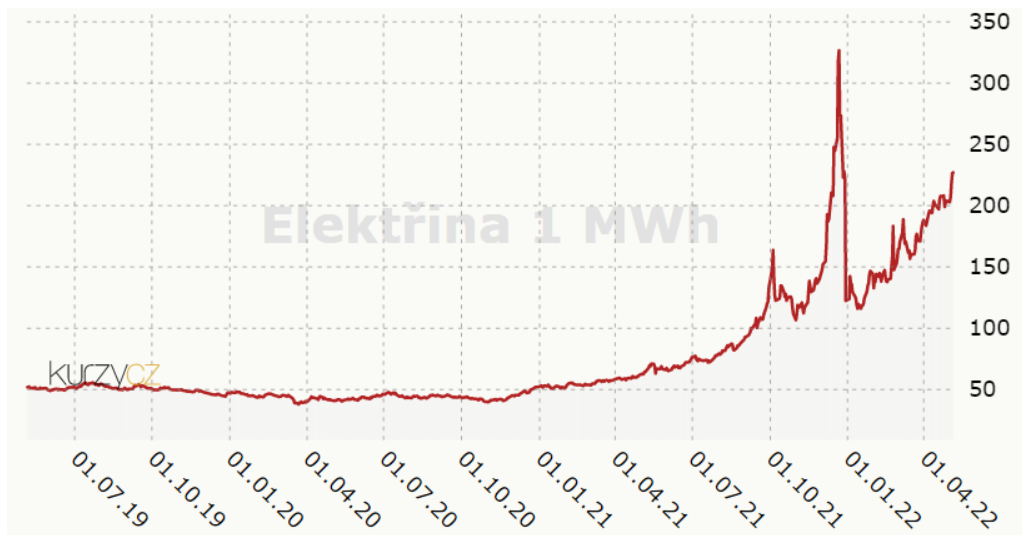
Graf 2 - Hodnota meziroční inflace a posledních 10 let. (17)

5.7 Diskont

Pokud by se respektovala inflaci, tak velikost inflace určitě taky ovlivňuje volbu diskontu, se kterým je nutné počítat při určování NPV. Jestliže mluvíme o diskontu, mluvíme o odúročení. Diskontování je postup, kdy jsou na současnou hodnotu přepočteny budoucí výnosy – budoucí výnos je ponížován o diskont. (18) Jinak lze diskont popsat i tak, že se jedná o cenu, které mají naše peníze. Diskont vyjadřuje, o co přijdeme tím, že peníze vložíme právě do této investice a ne jinam (do alternativní možnosti investování peněz, což běžně v případě domácnosti znamená nechání peněz na účtu.) (1) Vidíme tedy při výpočtu NPV, že čím větší hodnotu diskontu zvolíme, tím menší hodnotu NPV budeme mít. Cílem je tedy najít takovou hodnotu, která by byla co nejrealističtější, což je obtížná disciplína. V tomto projektu se budeme držet standartu a bude zvolena hodnota 2 %, jenž respektuje chování investora.

5.8 Cena energie

Stejně jako u inflace je potřeba přiblížit situaci ohledně současné ceny energie. Poslední rok vidíme rapidní změny v cenách elektrické energie, kterých si všimnul asi každý, komu chodí do rukou faktury. V přejatém grafu (19) je znázorněna cena elektřiny za 1 MWh za poslední 3 roky. Z této křivky je obtížné určit další vývoj cen. Proto v této práci nebude uvažován růst ani pokles cen energie a je pracováno se současným ceníkem. Kdyby byla práce vypracována před pár lety, tak by nebyl sestavit odhad vývoje cen a zahrnout je do výpočtů, ale v současné chvíli tento odhad cen těžko predikovatelný.



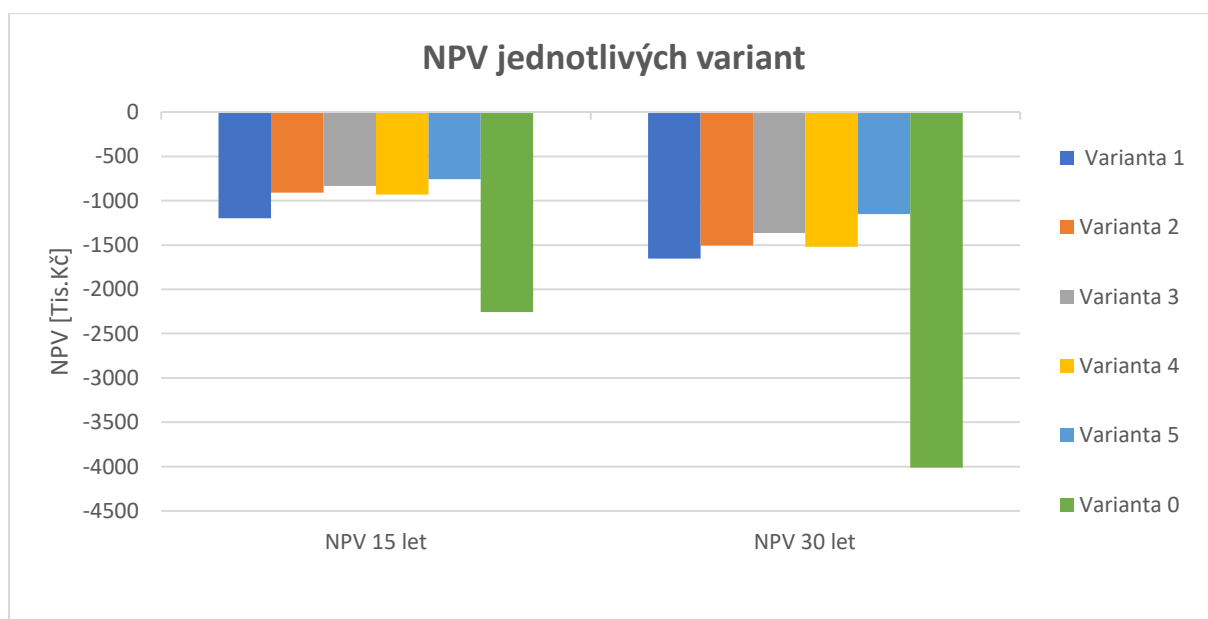
Graf 3 - Vývoj ceny elektřiny za poslední 3 roky (v eurech) (19)

5.9 Investiční, reinvestiční a provozní náklady

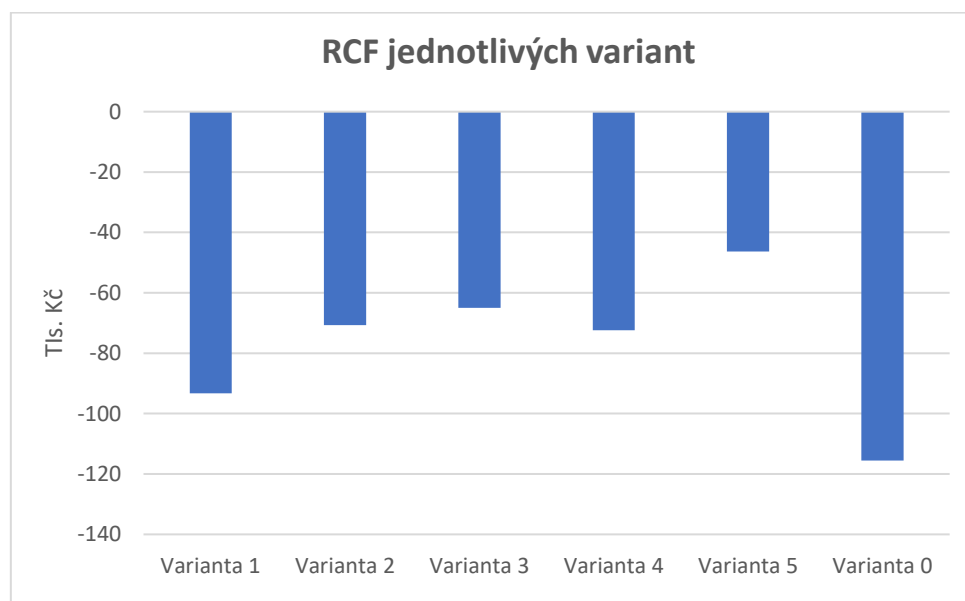
Výpočet hodnoty NPV je složen z ročních peněžních toků na dané období. Při výpočtech je počítáno s dobou životnosti 15 a 30 let. Při hodnocení, budeme hledat hodnotu nejbližší nule. Při uvažované životnosti 30 let projektu je po 15 roku rozumné počítat nutnou reinvesticí. U tepelných čerpadel typu vzduch – vzduch je doporučeno počítat s reinvesticí ve výši 80 % pořizovacích nákladů. U typu vzduch – voda je vhodné počítat s 60 % pořizovacích nákladů. Servis jsem určil na 2500 Kč za rok u tepelných čerpadel. U těchto reinvestic už nelze pobírat žádné dotace, jak jsem se dozvěděl při komunikaci se společností Nová zelená úsporám. U krbové vložky samozřejmě byly započítány roční náklady na palivo. Očekávám výměnu vložky po 20 letech.

5.10 Zhodnocení

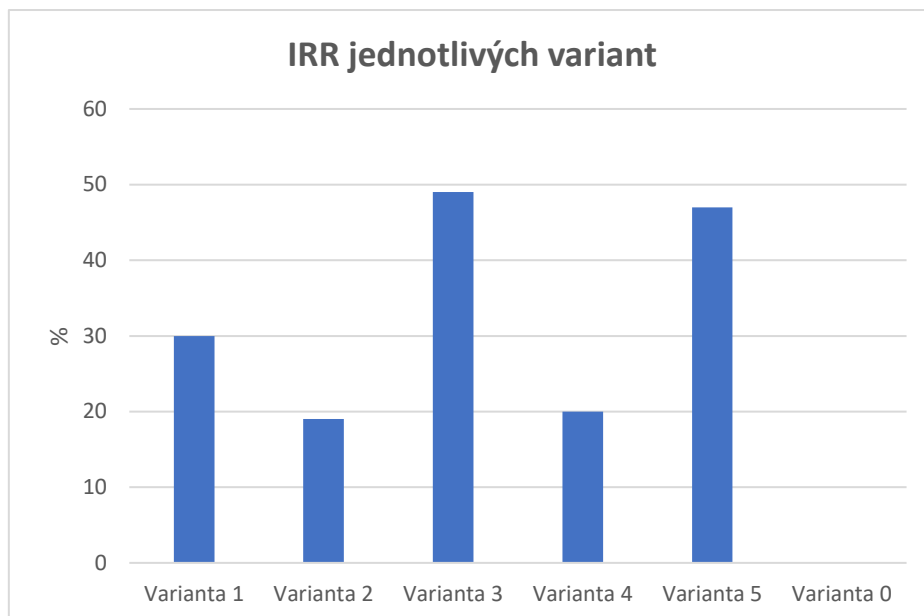
Z grafů je patrné, že dle kritérií, která byla zvolena, je každý navrhovaný zásah zlepšením celkového stavu objektu. Za povšimnutí stojí fakt, že dle ukazatele RCF současný stav, znázorňující varianta 0, na tom není tak špatně oproti některým navrhovaným, zvláště čtvrté a první variantě. Při pohledu na ukazatel NPV je zřejmé, že při hodnocení projektu na 15 let, tedy bez zahrnutí reinvestice, vychází těsně nejlépe varianty tři a pět. Překvapující je varianta 1, ve které nebylo aplikováno žádné zateplení, a přesto její výsledky nejsou vzdáleny od ostatních. Nepřekvapujícím faktem bylo, že opět Varianta 3 a 5 disponovali nejlepšími hodnotami IRR, kolem 50 %.



Graf 4 - Čistá současná hodnota jednotlivých variant



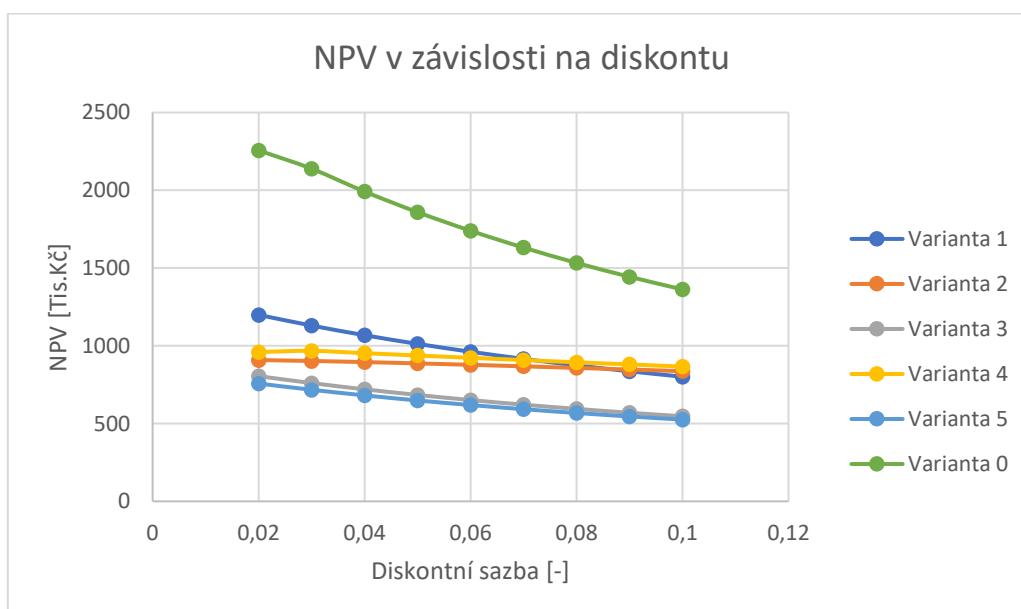
Graf 5 - Roční ekvivalentní peněžní tok jednotlivých variant



Graf 6 - Vnitřní výnosové procento jednotlivých variant

5.11 Citlivostní analýza

Pomocí tohoto nástroje pozorujeme závislost změny výstupní hodnoty na vstupní hodnotě. V této práci jsem to využil pro znázornění velikosti NPV na volbě diskontu. Už ze vzorce je patrné, že při volbě vyššího diskontu dostáváme nižší hodnotu NPV, což se potvrdilo na grafu. Hodnoty NPV jsou znázorněny v absolutní hodnotě.



Graf 7 - Čistá současná hodnota v závislosti na diskontu

Manažerský souhrn a závěr

V této práci byl hodnocen objekt, který slouží jako letní chalupa. Zjištěné energetické hodnoty současného stavu objektu byly velmi špatné. Cílem tedy bylo najít funkční řešení, které by energeticky optimalizovalo tento objekt. Pro dosažení vhodného výsledku, bylo navrženo několik variant, které byly zhodnoceny. Výsledky jsou patrné v přiložené tabulce. Tabulka obsahuje mj. hodnoty současného stavu, které najdeme pod variantou 0. Hodnota IRR byla vypočítána vůči referenční variantě 0. To znamená, že jednotlivé roční výnosy byly získány jako rozdíly ročních provozních nákladů varianty 0 a dané varianty. Analogicky se postupovalo při určení doby návratnosti. Ta se zdá být překvapivě krátká. Důvod je ten, že současný stav chalupy je z energetického hlediska opravdu nevyhovující. Hodnocení NPV na 15 let bylo stanoveno z důvodu životnosti tepelných čerpadel, které bez reinvestice fungují právě tuto dobu a které figurují dokonce ve čtyřech variantách. Hodnoty RCF byly určeny dle životnosti stěžejní komponenty dané varianty, tedy bez nutnosti reinvestice. Výpočet NPV na 30 let zahrnuje reinvestici. Dle tohoto zhodnocení je možné prezentovat, že nejlepší varianta je varianta 5, což lze vyčíst z hodnot všech ukazatelů. Nevýhoda této varianty je, že vyžaduje aktivitu člověka, v podobě obsluhování krbové vložky, která není vhodná pro každého uživatele. Z toho důvodu bude investorovi doporučeno volit Variantu 3, která je díky výsledkům druhá nejlepší, ale obslužnost je zde daleko snadnější díky tepelnému čerpadlu. Samozřejmě veškeré dotazy od majitele budou konzultovány a bude dosaženo výběru a realizace jedné z variant.

Tabulka 15 - Velikost NPV, RCF, IRR a doba návratnosti jednotlivých variant

	NPV15	NPV30	RCF 15	IRR	T _s	T _{sd}
Varianta 1	-1 198 745,00 Kč	-1 654 985,00 Kč	-93 293,00 Kč	30 %	3 roky	4 roky
Varianta 2	-908 245,00 Kč	-1 503 789,00 Kč	-70 684,00 Kč	19 %	5 let	7 let
Varianta 3	-834 299,00 Kč	-1 366 063,00 Kč	-64 930,00 Kč	49 %	2 roky	3 roky
Varianta 4	-930 859,00 Kč	-1 518 309,00 Kč	-72 444,00 Kč	20 %	5 let	7 let
			RCF 20			
Varianta 5	-757 354,00 Kč	-1 153 787,00 Kč	-46 317,00 Kč	47 %	2 roky	3 roky
			RCF 25			
Varianta 0	-2 256 507 Kč	-4 011 787,00 Kč	-115 579,00 Kč	0 %	-	-

NPV15 – čistá současná hodnota počítána na 15 let

NPV30 – čistá současná hodnota počítána na 30 let

RCF – roční ekvivalentní peněžní tok různých životností

IRR – vnitřní výnosové procento

T_s – doba návratnosti prostá

T_{sd} – doba návratnosti reálná

I z takto krátké práce je patrné, že problematika energetické optimalizace jakéhokoliv objektu je obsáhlejší a komplexnější, než si dokáže člověk vůbec představit. Každý objekt je něčím originální, tudíž je zapotřebí dělat pokaždé novou analýzu a přemýšlet nad vhodnou optimalizací. Faktorů, které je potřeba zahrnout do každého projektu, je vždy mnoho a tvoří jedinečnou kombinaci. Toto vede k jedinému úsudku a to, že ke každému objektu se musí přistupovat jako k unikátnímu.

Bibliografie

1. BERANOVSKÝ, Jiří, POKORNÝ, Jan. *Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům?* [Online]. Praha: EkoWATT, 2015. ISBN 978-80-87333-10-5.
Dostupné z: http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporny_dum_opravdu_úsporny.
2. BERANOVSKÝ, Jiří, JINDRÁK, Martin, BEJVLOVÁ, Veronika. *Efektivní vytápění úsporných domů.* [Online]. Praha: EkoWATT, 2017. ISBN 978-80-87333-14-3. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/e-book-efektivni-vytapeni-úspornych-domu.pdf>.
3. PERSSON, Johannes. *Low-energy buildings* [Doktoral Thesis]. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2014. ISSN 1654-1081. ISBN 978-91-7595-019-8. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:706608/FULLTEXT01.pdf>.
4. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *Energieeffizienz-strategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand* [Online]. Berlín: PRpetuum GmbH, München, 2015. Dostupné z: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?__blob=publicationFile&v=25.
5. REINBERK, Zdeněk, ŠUBRT, Roman, ZELENÁ, Lucie. On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy. *TZB-info*. [Online]. [Citace: 8. Březen 2022]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-úspor-a-dotaci-zelena-úsporám>.
6. ŠAFRÁNEK, Jaroslav Nová vyhláška o energetické náročnosti budov od 1. září 2020. *Zprávy a informace ČKAIT* [Online]. 6. Červen 2020. [Citace: 15. Březen 2022.] Dostupné z: <http://zpravy.ckait.cz/vydani/2020-04/nova-vyhlaska-o-energeticke-narocnosti-budov-plati-od-1-zari-2020/>.
7. KUPSA, Tomáš. Nová ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov- Požadavky. *TZB-info*. [Online]. 6. Červen 2011. [Citace: 8. Březen 2022]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7595-nova-csn-73-0540-2-tepelna-ochrana-budov-pozadavky>.
8. ČSN 38 3350. *Zásobování teplem, všeobecné zásady*. Praha: Úřad pro technickou normaliaci, metrologii a státní zkušebnictví, červen 1989.
9. *Vyhláška č. 194/2007 Sb., 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 dodávky tepelné energie.

Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017.

Dostupné z: <https://www.sagit.cz/info/uz.asp?cd=5&typ=r&det=&levelid=743028>.

10. HORÁKOVÁ, Alena, MRÁZEK, Karel. *Klimatologické údaje* [Online]. Praha: ARCADIS Project Management, s.r.o. , 2009. [Citace: 24. Březen 2022.] Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Klimatologie_2009.pdf.

11. *Nová zelená úsporám* [Online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2014-2021. [Citace: 24. Březen 2022.] Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy>.

12. Ministersvo životního prostředí. *Výzva č. 2/2021 k předkládání žádostí o poskytnutí podpory v rámci programu Nová zelená úsporám* [Online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2021.

[Citace: 16. duben 2022]. Dostupné z:

https://novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2021/09/21/1632208558_NZ%C3%9A%20B%D%20-%20V%C3%BDzva%202-2021.pdf.

13. *Isover. Katalog produktů.* [Online] *Isover*, 2019. [Citace: 19. Březen 2022.] <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-greywall-sp#descriptions>.

14. REINBERK, Zdeněk. Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody. *TZB-info*. [Online] [Citace: 28. Březen 2022.] ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapeni-vetrani-a-pripravu-teple-vody>.

15. KNÁPEK, Jaroslav, STARÝ, Oldřich, VAŠÍČEK, Jiří. *Zásady hodnocení ekonomické efektivnosti energetických projektů* [Online]. [Citace: 5. Květen 2022.] Dostupné z: <https://adoc.pub/queue/zasady-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-energetickych-proje.html>.

16. KRÁL, Petr. *Vrchol inflace máme ještě před sebou.* In: ČNB, *servis pro media* [Online]. 12. Duben 2022. [Citace: 23. Duben 2022.] Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/verejnost/servis-pro-media/autorske-clanky-rozhovory-s-predstaviteli-cnb/Vrchol-inflace-mame-jeste-pred-sebou/>.

17. *Inflace – 2022, míra inflace a její vývoj v ČR.* In: Kurzy.cz. [Online] [Citace: 3. Květen 2022.] Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/makroekonomika/inflace/>.

18. NOVOTNÝ, Radovan. *Základy investování: úrok, uročení a diskontování.* *Investujeme* [Online] 23. Listopad 2015. [Citace: 20. Duben 2022.] ISSN 1802-5900.

Dostupné z: <https://www.investujeme.cz/clanky/zaklady-investovani-urok-uroceni-a-diskontovani/>.

19. *Elektřina - ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh - 1 rok - měna EUR*. In: Kurzy.cz. [Online]
[Citace: 3. Květen 2022.] Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Nákres prvního podlaží posuzovaného objektu.....	13
Obrázek 2 - Nákres druhého podlaží posuzovaného objektu	14
Obrázek 4 - Orientační stanovení průměrné denní teploty venkovního vzduchu pro zahájení a ukončení topného období v závislosti na průměrné ploše hmotnosti obvodové stavební konstrukce dle ČSN 38 3350: 1988 (10)	20

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Stav obalových konstrukcí objektu	15
Tabulka 2- Elektřina za spotřebiče v objektu	16
Tabulka 3 - Spotřeba elektřiny za rok 2019.....	17
Tabulka 4 - Spotřeba elektřiny za rok 2020.....	18
Tabulka 5 - Spotřeba elektřiny za rok 2021.....	18
Tabulka 6 - Možnosti dotace v rámci programu nová zelená úsporám	20
Tabulka 7 - Varianta 0_Současný stav – referenční varianta	25
Tabulka 8 - Varianta 1_TČ BoxAir_60 + podlahové topení.....	26
Tabulka 9 - Varianta 2_Tepelné čerpadlo vzduch – voda + podlahové topení + zateplení, Hitachi Yutaki S Combi 8.....	27
Tabulka 10 - Varianta 3_Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení...	28
Tabulka 11 - Varianta 4__Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch, Multisplit Triple C Hitachi + zateplení komplet	29
Tabulka 12 - Varianta 5_Krbová vložka	30
Tabulka 13 - Roční provozní náklady jednotlivých variant	31
Tabulka 14 - Zůstatkové hodnoty.....	32
Tabulka 15 - Velikost NPV, RCF, IRR a doba návratnosti jednotlivých variant	39

Seznam rovnic

Rovnice 1 – výpočet NPV.....	31
Rovnice 2 – Výpočet RCF	32
Rovnice 3 - výpočet IRR	33
Rovnice 4 - výpočet doby návratnosti prosté.....	33
Rovnice 5 - Výpočet doby návratnosti reálné	34

Seznam grafů

Graf 1 - Spotřeba elektrické energie za poslední 3 roky	17
Graf 2 - Hodnota meziroční inflace a posledních 10 let. (17).....	35
Graf 3 - Vývoj ceny elektřiny za poslední 3 roky v eurech (19)	36
Graf 4 - Čistá současná hodnota jednotlivých variant.....	37
Graf 5 - Roční ekvivalentní peněžní tok jednotlivých variant.....	37
Graf 6 - Vnitřní výnosové procento jednotlivých variant	38
Graf 7 - Čistá současná hodnota v závislosti na diskontu.....	38

Přílohy

Příloha č. 1 Přehled všech variant

<p>Varianta 1</p> <p>Tepelná ztráta 17kW Potřeba tepla 40MWh Opatření Cena bez DPH TČ BoxAir-60 352 400,00 Kč SCOP 3,2 Podlahové topení 92 700,00 Kč Rozvody + instalace TČ 50 000,00 Kč dotace NZÚ 130 000,00 Kč Celkem 365 100,00 Kč</p>	<p>Varianta 4</p> <p>Tepelná ztráta 6kW Potřeba tepla 15,4 Opatření Cena bez DPH Výměna oken 42 255,00 Kč Zbroušení oken a dveří 24 000,00 Kč Zateplení střecha 63 360,00 Kč úprava krovu 32 400,00 Kč Zateplení obálka 630 000,00 Kč Zateplení podlaha 40 000,00 Kč Tepelné čerpadlo VZ-VZ 190 000,00 Kč SCOP 3,2 rozvody + instalace TČ 50 000,00 Kč dotace NZÚ 300 000,00 Kč Celkem 742 015,00 Kč</p>
<p>Varianta 2</p> <p>Tepelná ztráta 6kW Potřeba tepla 15,4 Opatření Cena bez DPH Výměna oken 42 255,00 Kč Zbroušení oken a dveří 24 000,00 Kč Zateplení střecha 63 360,00 Kč úprava krovu 32 400,00 Kč Zateplení obálka 630 000,00 Kč Tepelné čerpadlo VZ-VO 140 000,00 Kč SCOP 3,8 rozvody + instalace TČ 50 000,00 Kč Podlahové topení + izolace 130 000,00 Kč dotace NZÚ 350 000,00 Kč Celkem 762 015,00 Kč</p>	<p>Varianta 5</p> <p>Tepelná ztráta 12kW Potřeba tepla 23,2 MWh Potřeba tepla na TUV 5MWh Opatření Cena bez DPH Výměna oken 42 255,00 Kč Zbroušení oken a dveří 24 000,00 Kč Zateplení střecha 63 360,00 Kč úprava krovu 32 400,00 Kč Dotace NZÚ 50 000,00 Kč TČ Stiebel SHP-F 220 +instalace 100 000,00 Kč Krbová vložka+rozvod 77 108,00 Kč SCOP 3,07 Celkem 289 123,00 Kč</p>
<p>Varianta 3</p> <p>Tepelná ztráta 12kW Potřeba tepla 28,5 MWh Opatření Cena bez DPH Výměna oken 42 255,00 Kč Zbroušení oken a dveří 24 000,00 Kč Zateplení střecha 63 360,00 Kč úprava krovu 32 400,00 Kč Tepelné čerpadlo 190 000,00 Kč SCOP 3,8 rozvody + instalace TČ 50 000,00 Kč dotace NZÚ 100 000,00 Kč Celkem 302 015,00 Kč</p>	<p>Varianta 0</p> <p>Tepelná ztráta 17kW Potřeba tepla 40MWh Současný stav Kamna na dřevo Akumulační kamna Přímotopy</p>

