

HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Petr Sedlák

Bakalářský studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Michaela Valentová, MSc., Ph.D.

*Bakalářská práce
Květen 2018*

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 _____

Petr Sedlák

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sedlák** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **460505**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Hodnocení efektivity energeticky úsporných opatření

Název bakalářské práce anglicky:

Evaluation of energy saving measures

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše opatření na podporu energetické efektivity
2. Metody hodnocení opatření na podporu energetické efektivity
3. Vyhodnocení ekonomické efektivity vybraného opatření - hodnocení celkových přínosů a nákladů modelového případu
4. Závěry a doporučení

Seznam doporučené literatury:

Paul J. Gertler, Sebastian Martinez, Patrick Premand, Laura B. Rawlings, Christel M. J. Vermeersch: Impact Evaluation in Practice. World Bank 2011
Richard A. Brealey, Stewart C. Myers, Franklin Allen. Principles of Corporate Finance.
Michaela Valentová: TRANSAKČNÍ NÁKLADY PROGRAMŮ NA PODPORU ENERGETICKÉ EFEKTIVNOSTI. ČVUT v Praze, 2013

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Michaela Valentová, MSc., Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **26.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Michaela Valentová, MSc., Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
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

Poděkování

Děkuji vedoucí této práce, Michaele Valentové, MSc., Ph.D., za cenné připomínky a návrhy na vylepšení práce a dále za trpělivost a rychlost komunikace. Dále děkuji Ing. Tomáši Králíkovi, Ph.D. za připomínky k použitým hodnotám a výpočtům a také svým rodičům za podporu.

Anotace

Práce se zabývá ekonomickým hodnocením opatření, používaných na vytápění objektů a teplou vodu. Teoretická část práce představuje různé možnosti opatření a metody pro hodnocení takovýchto projektů. Hlavní část práce ekonomicky porovnává dvě možné varianty pro provedení v rodinném domě pomocí metody NPV (Čistá současná hodnota).

Klíčová slova: Tepelné čerpadlo, plynový kondenzační kotel, NPV, energeticky úsporná opatření, hodnocení projektu

Annotation

The thesis is about an economic evaluation of measures used to create enough heat inside of buildings and to provide hot water. The theoretical part of the thesis introduces various measure options and methods used to evaluate these sorts of projects. The main part of this thesis compares two different options of measures that can be used in a house. The comparison is based on results from the NPV (Net present value) evaluation method.

Keywords: heat pump, gas condensing boiler, NPV, energy saving measures, project evaluation

Obsah

1	Úvod.....	13
1.1	Cíle práce.....	13
1.2	Organizace dokumentu	14
2	Rešerše a výběr opatření na podporu energetické efektivity.....	15
2.1	Možnosti opatření.....	16
2.1.1	Plynový kondenzační kotel.....	16
2.1.2	Tepelné čerpadlo	16
2.1.3	Solární kolektory.....	18
2.1.4	Ostatní.....	20
2.1.4.1	Zateplení a výměna otvorových výplní.....	20
2.1.4.2	Energeticky úsporné spotřebiče	20
2.1.4.3	Kotle na tuhá paliva.....	20
2.2	Výběr opatření	21
2.2.1	Popis objektu.....	21
2.2.2	Popis variant řešení	22
2.2.3	Výběr tepelného čerpadla.....	23
2.2.4	Výběr solárních kolektorů	24
2.2.5	Vybraná varianta	25
3	Metody hodnocení opatření na podporu energetické efektivity	29
3.1	Čistá současná hodnota.....	29
3.1.1	Stanovení diskontu	31
3.1.2	Roční ekvivalentní peněžní tok (RCF).....	31
3.2	Návratnost	31
3.3	Vnitřní výnosové procento	32
3.4	Index ziskovosti	33
3.5	Transakční náklady.....	34
3.6	Vybraná metoda.....	35
4	Vyhodnocení ekonomické efektivity vybraného opatření	36
4.1	Hodnoty parametrů	36
4.1.1	Diskont	36
4.1.2	Ceny energií.....	37

4.1.3	Mzda	38
4.1.4	Spotřeba energií	38
4.1.5	Eskalace cen	41
4.1.6	Životnost projektu	42
4.1.7	Ostatní	42
4.2	Výdaje projektu	43
4.2.1	Varianta 1.....	43
4.2.2	Varianta 2.....	43
4.2.3	Zjištění transakčních nákladů.....	44
4.3	Výpočet NPV - životnost 25 let	44
4.4	Výpočet NPV - životnost 30 let.....	46
4.5	Citlivostní analýzy	47
4.5.1	Analýza diskontu	48
4.5.2	Analýza inflace.....	49
4.5.3	Analýza ceny tepelného čerpadla.....	49
4.6	Zhodnocení přínosů a nákladů	50
4.6.1	Přínosy	50
4.6.2	Náklady	51
5	Závěry a doporučení.....	52
5.1	Zhodnocení projektu.....	52
5.1.1	Zpřesnění výsledků.....	53
5.1.2	Srovnání efektivity s jiným tvrzením	53
5.1.3	Jiný jistič.....	53
5.1.4	Energie ze solárních kolektorů	53
5.1.5	Vnitřní zateplení	54
5.2	Doporučení	54
5.3	Shrnutí celé práce	55
6	Zdroje.....	56
7	Samostatná příloha 1	60

Seznam tabulek

Tabulka 1 Bilance spotřeby energií před realizací opatření.....	22
Tabulka 2 Ceny za energie v roce 2017 [28,29].....	37
Tabulka 3 Spotřeba plynu	39
Tabulka 4 Spotřeba elektřiny	39
Tabulka 5 Spotřeba TČ a ostatních spotřebičů.....	40
Tabulka 6 Spotřeba při vysokém a nízkém tarifu	41
Tabulka 7 Výdaje projektu s tepelným čerpadlem a solárními kolektory.....	43
Tabulka 8 Výdaje projektu s plynovým kondenzačním kotlem.....	43
Tabulka 9 Transakční náklady	44

Seznam obrázků

Obrázek 1 Objekt, v němž došlo k realizaci opatření	21
Obrázek 2 Určení bivalentního bodu – charakteristika je pro TČ typ AWT-AC 241.A10 [16] (Upraveno autorem práce)	26
Obrázek 3 Schéma soustavy s tepelným čerpadlem vzduch/voda a solárními kolektory [18] (Upraveno autorem práce)	27
Obrázek 4 Schéma soustavy s plynovým kotlem [19]	28
Obrázek 5 Diskontované CF v čase – kratší doba životnosti projektu	46
Obrázek 6 Diskontované CF v čase – delší doba životnosti projektu.....	47
Obrázek 7 Závislost rozdílu NPV variant na diskontní sazbě.....	48
Obrázek 8 Závislost rozdílu NPV variant na inflaci	49
Obrázek 9 Závislost rozdílu NPV variant na ceně tepelného čerpadla	50

1 Úvod

V každé domácnosti je potřeba mít zajištěn zdroj tepla, který při nižších venkovních teplotách zajistí příjemnou teplotu uvnitř objektu a který je schopen po celý rok zajistit teplou užitkovou vodu. Roční výdaje zajištění těchto potřeb se ale mohou velmi lišit v závislosti na použitých technologiích pro vytápění a technickém stavu budovy. Nové budovy se staví s myšlenkou omezení energetické náročnosti, což má za následek výrazné snížení částek na fakturách za energii. Staré budovy mívají naopak mnohem vyšší výdaje za teplo, protože jej v sobě neudrží nebo používají zdroje tepla, které vyrábí teplo velmi draze. Zde je příležitost jejich energetickou a tedy i ekonomickou náročnost snížit provedením doplňujících opatření nebo výměnou starých za nové a energeticky efektivní technologie. Tato energetická zefektivnění mohou být vyšší schopnost objektu udržet vyrobené teplo, použití obnovitelných zdrojů energie nebo instalace technického zařízení, které dokáže vyrobit teplo levně.

Snížení energetické náročnosti je přínosné jak pro obyvatele domácností, kteří zaplatí méně peněz, tak i pro celou Zemi, protože čím méně tepla je potřeba získávat, tím menší jsou emise CO₂ a dalších skleníkových plynů, které přispívají ke klimatickým změnám.

1.1 Cíle práce

Práce má jako jeden z úkolů představit a popsat některá energeticky efektivní opatření ke snížení energetické náročnosti budov. Ukáže tedy lidem, rozhodujícím se o provedení nového opatření, jaké mají možnosti. Dalším úkolem je prozkoumání a popsání různých metod, které se dají použít pro hodnocení těchto opatření z hlediska jejich efektivity. Ukáže se, že ne všechny metody jsou spolehlivé, protože neberou v potaz důležité parametry, které mohou hodnocení projektu výrazně ovlivnit. Dále má práce upozornit na započítávání transakčních nákladů, majících vliv na celkové výdaje projektu a které jsou často opomíjeny.

Efektivita zvolených technických opatření se projeví ve snížení odebíraných energií od distributorské společnosti a konečně v úspoře financí. Hlavní výstup práce má tedy ukázat, že investování do nového vhodného opatření může dlouhodobě ušetřit výraznou částku peněz, i když se počáteční výdaje mohou zdát vysoké.

1.2 Organizace dokumentu

Práce je rozdělena do 5 částí. První kapitola je úvod práce, po které následuje rešerše možností opatření na podporu energetické efektivity. Zde je ze začátku uvedeno podle čeho byly technologie vybrány. Ve zbylém textu kapitoly jsou uvedeny možnosti opatření a technologie, které jsou použity v této práci, jsou rozepsány více.

Ve třetí části jsou popsány metody hodnocení opatření na podporu energetické efektivity. Jsou popsány metody NPV, IRR, návratnost a index ziskovosti. NPV je ukázána jako nejlepší možná metoda pro hodnocení projektů a je použita pro vyhodnocení modelového případu. Ke konci kapitoly jsou představeny i transakční náklady. Tyto náklady nebývají často uvažovány, protože nejsou explicitně vyjadřovány v penězích. Lidé si tedy ani nemusí uvědomovat, že jim nějaké náklady vznikají. Dají se ovšem na peníze přepočítat a v některých případech mohou být výraznou součástí výdajů projektu.

Čtvrtá kapitola vyhodnocuje ekonomickou efektivity vybraného opatření. Jako modelový příklad byl vybrán řadový rodinný dům v památkové zóně města. V objektu bylo instalováno tepelné čerpadlo pro vytápění a ohřev užitkové vody a solární kolektory pouze pro ohřev užitkové vody. Projekt byl zkompletován ke konci roku 2013, takže z něj už jsou k dispozici data o reálné úspoře díky těmto opatřením. Projekt ovšem vypočítávám tak, jako by se o jeho provedení rozhodovalo v současnosti. Jako srovnávací variantu uvažuji plynový kondenzační kotel na vytápění a ohřev užitkové vody, protože zde byl tento zdroj tepla před výměnou za tepelné čerpadlo. Součástí kapitoly je výpočet, citlivostní analýzy a hodnocení přínosů a nákladů.

Poslední kapitola shrnuje výsledky z předchozí části práce a dává doporučení. Jsou také naznačeny možnosti zpřesnění výpočtu a hodnocení transakčních nákladů.

2 Rešerše a výběr opatření na podporu energetické efektivity

Pro výběr energeticky efektivních opatření týkajících se vytápění v rezidenčních budovách jsem se rozhodl použít typologii vhodných technických zařízení vycházející z dotačních programů Státního fondu životního prostředí ČR, podporující energetickou efektivnost a snižování emisí. [1] Těmito programy jsou Nová zelená úsporám¹ a Kotlíkové dotace². V následujících podkapitolách jsou popsány některé technologie spolu se způsoby jejich provedení.

¹ Nová zelená úsporám má za cíl omezit emise látek, které znečišťují životní prostředí a podpořit výstavbu a rekonstrukci obytných budov (rodinné a bytové domy) tak, aby byly co nejvíce energeticky úsporné. Část projektu zaměřující se na rodinné domy má 3 hlavní oblasti podpory. První je snižování energetické náročnosti už postavených rodinných domů. Jedná se o zateplení domu, částečné nebo celkové. Druhá je výstavba rodinných domů, které mají velice nízkou energetickou náročnost. Třetí oblast je efektivní využití zdrojů energie. Oblast se zaměřuje na výměnu neekologických zdrojů tepla za ekologické a efektivní, na zabudování fotovoltaických a termických zařízení a dalších instalací, které zvyšují energetickou účinnost. V programu Nová zelená úsporám je možné dosáhnout na příspěvek 100 000 Kč pokud se zároveň dům zatepluje, nebo až 80 000 Kč bez zateplení. [2]

² Cílem dotačních programů kotlíkových dotací je snížení emisí z lokálních topenišť pro zlepšení kvality ovzduší. Program se zaměřuje na výměnu kotlů na pevná paliva s ručním příkládáním v rodinných domech a je určen pouze pro fyzické osoby. S touto podporou je možné staré zařízení vyměnit za tepelné čerpadlo, automatický kotel pouze na biomasu, kotel pouze na biomasu s ručním příkládáním, plynový kondenzační kotel nebo automatický kombinovaný kotel na uhlí a biomasu. Momentálně probíhá druhá vlna tohoto programu s celkovou částkou 3,4 miliardy Kč, které jsou rozděleny mezi kraje, jejichž úřady mají na starosti administraci projektu. Například v Olomouckém kraji je na dotační program Kotlíkové dotace v Olomouckém kraji II. alokováno 166 699 029,13 Kč. Úspěšní žadatelé dostanou na nové zařízení podporu až 120 000 Kč plus dalších 7500 Kč, pokud jsou z míst uvedených na seznamu prioritních měst a obcí tohoto programu. [3]

2.1 Možnosti opatření

Existuje mnoho způsobů, jakými lze vylepšit energetickou efektivitu objektu. Technologie, používající se jako opatření ke snížení energetické náročnosti, které vyhodnocuji dále v práci v rámci případové studie, tedy plynový kondenzační kotel, solární kolektory a tepelné čerpadlo, popíši detailněji. Některé ostatní zmiňuji s menší úrovní detailu.

2.1.1 Plynový kondenzační kotel

Plynový kondenzační kotel používá pro výrobu tepla zemní plyn. Spalováním plynu se vytváří teplo, kterým ohříváme topnou vodu. Vznikají i spaliny, které mají tepelnou energii. Spaliny jsou vodní pára a oxid uhličitý. V normálních plynových kotlech se tyto spaliny vypouští do komína, v kondenzačních plynových kotlech ještě spaliny procházejí přes výměník. Ve výměníku je teplota vzduchu menší, než je rosný bod, pára tedy zkondenzuje a topné vodě je tepelná energie spalin předána. Tato topná voda je ochlazená, protože se vrací z otopného systému a ve výměníku se přehřívá.

Získáním více tepla se celkově sníží spotřeba, takže tento zdroj tepla je oproti starým plynovým kotlům ekologičtější a účty za zemní plyn jsou nižší.

Kondenzační kotel by měl mít dostatečný výkon, aby pokryl celkové tepelné ztráty domu a zajistil přípravu teplé vody pro celou domácnost. Výkon lze regulovat od 10 % do 100 % (jmenovitý výkon kotle). V teplejších obdobích tedy regulace sníží výkon kondenzačního kotle a nedochází tak k cyklování.

Na rozdíl od tepelného čerpadla tento zdroj tepla pro vytápění a teplou vodu neumožňuje získání výhodnější sazby elektřiny, pro domy tedy zůstává nejčastější sazba D02d, jednotarifová sazba pro střední spotřebu. Při srovnávání cen na Heuréce nebo Googlu se ceny těchto technických zařízení nejčastěji pohybují od 25 000 Kč do 60 000 Kč. Další potvrzení těchto hodnot je například v [4].

2.1.2 Tepelné čerpadlo

Elektřina je jedním z nejčastěji používaných zdrojů tepla. Je to z toho důvodu, že do každé domácnosti (až na některá velmi odlehlá obydlí) je elektřina zavedena a na teplo se mění snadno.

Navíc se při přeměně na teplo nevytváří spaliny. Na druhou stranu je tento způsob vytápění finančně náročný kvůli nákladné výrobě elektřiny. Jelikož je v České republice velké procento elektráren uhelných, není tento způsob bez emisí, v tomto případě CO₂.

Pro výraznou úsporu peněz za energie (ať už plyn nebo elektřina) je výhodné si pořídit tepelné čerpadlo. Toto zařízení má kromě zlepšení energetické efektivity další výhody, a protože je považováno za šetrné k životnímu prostředí, jsou na ně od státu v určitých případech k dostání dotační podpory, které z něj dělají finančně dostupné řešení pro vytápění budov. [3] Ve většině případů se ale pro většinu lidí dotační programy na tepelná čerpadla nevztahují. Lidé v městech netopí uhlím nebo jinými znečišťujícími materiály, ale používají zdroje tepla, které se podle dotačních programů neklasifikují jako neekologická.

Preference tepelného čerpadla oproti plynu má i další důvody. Výstavba nových prostor si žádá konstrukci a zavedení plynových potrubí k těmto objektům. Společnosti distribuující plyn navíc neodkupují nově postavené plynovody, ale pouze si je pronajímají, takže zůstávají ve vlastnictví developerů, pro které není výhodné, aby je měli ve vlastnictví i po dokončení stavby. Je tedy výhodnější použít tepelné čerpadlo, které plyn nahradí. Někteří lidé také preferují jako zdroj elektrickou energii před plynem kvůli obavám o bezpečnosti provozu.

Tepelné čerpadlo je zařízení, které získává teplo z vnějšího prostředí a předává ho do domu. Teplo se může získávat přímo ze vzduchu, z vody, nebo v častějších případech ze země. Nemrznoucí směs v případě zemního provedení předává teplo chladivu, pokud teplo chceme ze vzduchu, chladivo ohřívá přímo vzduch. Chladiva jsou speciální kapaliny s nízkým bodem varu, takže se už při malé změně jejich teploty vypaří. Stačí tedy, aby v chladivo mělo teplotu třeba -20°C a v tuto chvíli už je vzduch s teplotou například -10° vzhledem k chladivu „teplý“ a chladivo ohřívá. Proto může tepelné čerpadlo fungovat i v zimě při nízkých teplotách. V zemi je v určité hloubce konstantní teplota kolem 4°C, takže na chladivo nejsou tak vysoké nároky. [5]

Plyn ohřátého chladiva se dostane do kompresoru, který jej stlačí, což způsobí zvýšení teploty. Z kompresoru je stlačené médium vháněno do kondenzátoru, kde zkondenzuje (plyn se přemění na kapalinu). Cyklické uzavření oběhu chladiva je dokončeno expanzním ventilem, kde dojde ke snížení tlaku, a tedy i teploty pracovní látky.

V kondenzátoru se teplo chladiva předá do topné vody domu.

Tepelná čerpadla se nejčastěji realizují v těchto provedeních: země/voda, vzduch/voda, voda/voda a vzduch/vzduch. Označení před lomítkem znamená odkud se teplo získává, za lomítkem se udává, co se bude ohřívat. Ceny tepelných čerpadel se pohybují i s montáží od 200 000 Kč do 350 000 Kč. Výjimkou jsou tepelná čerpadla vzduch/vzduch, která jsou podstatně levnější, od 25 000 Kč do 40 000 Kč. [6]

Topný faktor (účinnost tepelného čerpadla) je parametr, podle kterého můžeme hodnotit tepelná čerpadla. Stanovuje se pro určitý pracovní bod, ve kterém se bude čerpadlo pohybovat při provozu. Vyjadřuje poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou energií, je to bezrozměrná veličina. Hodnota záleží na venkovní teplotě a na tom, jak moc chceme mít topnou vodu teplou. Topný faktor může být 1,5 při venkovních -7°C a požadované topné vodě 55°C nebo i 6,88, pokud máme podlahové topení, které požaduje topnou vodu jen 35°C ve svém okruhu a venku je 30°C . Při takovéto venkovní teplotě se ale v domácnostech už netopí. Pokud je topný faktor například 4, tak to znamená, že při spotřebování 1kW energie dostaneme 4kW na vytápění a teplou vodu. Spotřebovaná energie je příkon kompresoru a dalších pomocných funkcí pro správnou činnost tepelného čerpadla. Čím větší je topný faktor, tím méně elektrické energie spotřebuje pro svůj provoz. Pokud by tedy například byla 2 různá tepelná čerpadla s výkonem 7,5kW, ale jedno by mělo příkon 1,76 a druhé 2,11, první by mělo topný faktor 4,27 a druhé 3,56. Z výsledků jde vidět, že mnohem efektivnější je čerpadlo s nižším příkonem (které potřebuje na stejný výkon dodat méně elektrické energie). [7] Topný faktor není konstantní veličina, mění se podle venkovní teploty a požadavků uživatelů.

S tepelným čerpadlem v budově je možno (pro domácnosti a podnikatele) u dodavatele elektřiny uplatnit dvoutarifovou distribuční sazbu, kde je dodávka elektřiny rozdělena do dvou cenových hladin. Pokud bylo tepelné čerpadlo uvedeno do provozu do 31/3/2016, mohla být od distributora přiznána sazba D56d. Nízký tarif je pak uplatňován 22 hodin denně, dobu jeho platnosti určuje firma dodávající elektřinu (za podmínek určených Energetickým regulačním úřadem). Od 1/4/2016 byla zavedena nová sazba D57d, která má nízký tarif po dobu 20 hodin denně.

2.1.3 Solární kolektory

Na našem území je ze slunce každý rok vyzářeno kolem 1 MWh na metr čtvereční. [8] Toto významné množství energie je vhodné využít, proto jsou zde solární technologie. Nejen že je tento

způsob získávání energie téměř zdarma, ale nedochází při něm ani k výrobě oxidu uhličitého, což z této technologie dělá velmi ekologickou volbu.

Tato technologie se používá především pro přitápění, ohřev užitkové vody nebo bazénů. Po nainstalování tohoto technického zařízení je energie ze slunce téměř zdarma, spotřebovává se pouze elektřina na provoz čerpadla, které zajišťuje oběh solární kapaliny přenášející teplo. Dochází tedy ke značným úsporám. Jejich životnost se uvádí mezi 25 až 30 lety. [9]

Solární kolektory přeměňují energii ze Slunce na teplo. Teplo se přenáší trubicemi, které jsou v aplikacích na budovách především z mědi, ve kterých je pracovní kapalina. To může být obyčejná voda nebo nemrznoucí kapalina. Hlavními částmi jsou absorbér, ve kterém se přijímá teplo ze záření a skříň, jejíž vnitřek bývá vyplněn izolací a z jejíž horní strany je krycí sklo. Krycí sklo je uděláno tak, aby vznikal skleníkový jev. To znamená, že záření prochází skrz do absorbéro, ale vznikající tepelné záření, které má delší vlnovou délku, je chyceno uvnitř skříně. Výsledkem je zvyšující se vnitřní teplota.

Solární kolektory lze konstruovat více způsoby. Pokud jde o plochou konstrukci, je absorbér jeden velký kus plechu, jehož materiál je hliník nebo měď. Aby se dosáhlo co nejvyšší účinnosti pohlcení záření, povrch se ještě pokrývá v nízkorozpočtovějších případech matnou černou barvou, v dražších provedeních se používá spektrálně selektivní povlak. Ze spodní strany plechu jsou nalisované nebo připájené trubice s pracovním médiem. Další typ konstrukce se jmenuje trubková. Její nejčastější provedení vypadá tak, že máme pásek plochého absorbéro, který má ze spodní strany umístěn trubicí odvádějící teplo a to všechno je ve skleněné trubce, ve které je snížený tlak na méně než tisícinu pascalu. Toto uspořádání má výhodu v malých tepelných ztrátách, a tím pádem dosahuje vysoké účinnosti, ale na druhou stranu je mnohem složitější a nákladnější na výrobu, což se projevuje na vysoké ceně. Jako třetím stylem provedení kolektoru jsou koncentrační kolektory. Ty používají optické prvky jako zrcadla a čočky pro usměrnění slunečního záření do ohniska, ve kterém je absorbér. V tomto případě má absorbér díky fokusování záření menší rozměry. [10] Absorbér se ukládá do skříně, která se umístí na střechu budovy. Pro ohřev bazénů se používají plastové absorbéro, které jsou uloženy bez skříně.

Cena deskových kolektorů se pohybuje kolem 5 000 Kč za metr čtvereční. Trubicové kolektory jsou poměrně dražší, 10 000 Kč až 26 000 Kč za metr čtvereční, rozdíl v ceně je způsoben vyšší kvalitou

materiálů, sofistikovanější technologií a životností. Také mají vyšší účinnost pohlcování sluneční energie. [11] Trubicové kolektory se prodávají v setech po desítkách kusů.

2.1.4 Ostatní

2.1.4.1 Zateplení a výměna otvorových výplní

Staré domy byly budovány s nedostatečnou izolací, tepelné ztráty jsou u takovýchto domů mnohem vyšší než v dnešních novostavbách a nízkoenergetických domech. Zateplením se sníží tepelné ztráty a v chladných měsících dojde ke snížení finančních výdajů za vytápění. V památkových zónách měst tento způsob musí schválit Národní památkový ústav. [12] Související možností, jak zlepšit tepelnou izolaci objektu, je výměna starých oken za nová, která mohou snížit tepelné ztráty v porovnání se starými okny o polovinu. [13]

2.1.4.2 Energeticky úsporné spotřebiče

Další možnost je vyměnit neúsporné spotřebiče za úsporné s energetickou třídou A+++ . Tato třída v současnosti znamená nejúspornější spotřebič. Chladnička s touto třídou spotřebuje o čtvrtinu méně elektrické energie, než druhá nejlepší třída A++. Pokud tedy domácnost má staré spotřebiče s horšími energetickými třídami, pořízením nových úsporných spotřebičů může v dlouhodobém horizontu dojít k úspoře. Důležité je se dívat i na potřebu domácnosti, jak mají být spotřebiče veliké. Například u chladniček může vyjít třída A++ levněji než A+++ , která má dvojnásobný objem. [14]

2.1.4.3 Kotle na tuhá paliva

Nevýhodou kotlů na tuhá paliva jsou vznikající spaliny, které snižují ekologičnost opatření. Také mají náročnější obsluhu, protože se do nich palivo musí pravidelně přidávat. Na druhou stranu jsou jejich pořizovací i provozní výdaje malé. Existují i automatické kotle, u kterých se musí doplňovat palivo jen jednou za několik dní. Jsou alternativou do objektů, které nemají přívod plynu. Jako palivo může být použito černé nebo hnědé uhlí, koks, dřevo nebo dřevěné pelety. [15]

2.2 Výběr opatření

2.2.1 Popis objektu

Jako modelový případ pro zhodnocení efektivity projektu jsem vybral řadový rodinný dům v památkové zóně města Olomouce, zateplení objektu Národní památkový ústav nepovolil. Projekt byl proveden na konci roku 2013, a tak už jsou k dispozici výsledky, jak instalace nových zařízení ovlivnila částku placenou za energii. Původně byl v domě plynový kondenzační kotel a příprava teplé užitkové vody probíhala pomocí nepřímo vytápěného zásobníku. Dům je dvoupatrový a má půdu a zahradu. Současná okna jsou součástí objektu od roku 2001, jedná se o dřevěná eurookna. V kuchyni je indukční varná deska, po provedení projektu se už neodebírá zemní plyn, ale pouze elektrická energie. Jistič 3x32 A, distributor elektrické energie ČEZ. Tepelné ztráty domu jsou 10 280 kW.



Obrázek 1 Objekt, v němž došlo k realizaci opatření

V následující tabulce jsou odhady spotřeby energií. Celkové výsledné částky souhlasí s průměry odběru energií v předešlých letech.

Tabulka 1 Bilance spotřeby energií před realizací opatření

	energie	odhady v MWh
Topení a ohřev vody	plyn	24,84
TV	elektřina	0,34
Vaření	elektřina	0,88
Svícení	elektřina	0,66
Pračka	elektřina	0,14
Myčka	elektřina	0,17
Chladnička	elektřina	0,62
Sušička	elektřina	0,21
Ostatní	elektřina	1,35
Spotřeba celkem	plyn	24,84
	elektřina	4,36

2.2.2 Popis variant řešení

Je několik možností, jak vyřešit vytápění domu. Jako první varianta se nabízí pořízení tepelného čerpadla. Další způsob by mohla být výměna starého plynového kondenzačního kotle za nový. Použít kotel na tuhá paliva v dnešní době už nepřipadá v úvahu kvůli jeho horší ekologičnosti a nepraktičnosti, jako je hlídání dodávky materiálu.

Pro další zlepšení energetické efektivity objektu by mohly být instalovány solární kolektory, které pomáhají k tvorbě teplé užitkové vody. Také by mohlo dojít k zateplení domu, to ale v tomto případě není povolená varianta kvůli umístění objektu v památkové zóně města.

Jako nejlepší řešení se jeví tepelné čerpadlo vzduch/voda, mimo jiné kvůli možnosti získání sazby D57d (dříve by byla uplatněna sazba D56d), která výrazně sníží cenu elektrické energie od distributora. Dále budou přidány i solární kolektory, které budou pomáhat k ohřevu užitkové vody. Oproti typům tepelných čerpadel země/voda má toto čerpadlo výhodu v nižších výdajích za instalaci zařízení.

Další alternativní způsob provedení by mohl být nový plynový kondenzační kotel. V tomto případě by výrazně klesla investiční cena, protože by došlo pouze k výměně kotle, který má výrazně menší pořizovací cenu než tepelné čerpadlo vzduch/voda.

2.2.3 Výběr tepelného čerpadla

Pro výběr tepelného čerpadla jako zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody jsou především ekonomické důvody, protože se na teplo nejen spotřebuje méně energie, ale zároveň je možné získat výhodnější dvoutarifovou sazbu od distributora D57d, která zlevní nejen elektřinu, kterou spotřebuje tepelné čerpadlo, ale i elektřinu na spotřebiče a vše ostatní. Tepelná čerpadla jsou také ekologičtější kvůli nižší spotřebě elektrické energie nebo absenci spalin, které mají kotle na tuhá paliva.

Pokud majitel domu uvažuje o pořízení tepelného čerpadla místo současného technického zařízení, je možné nejprve vyzkoušet, jestli stávající otopná soustava vyhovuje pro tepelné čerpadlo a vytváří požadovaný tepelný spád, který je 50°C na vstupu a 40°C na výstupu z otopné soustavy. Zkouška se provede v zimních měsících při nízkých teplotách tak, že se ve starém zdroji tepla, třeba plynovém kondenzačním kotli, nastaví teplota kapaliny z kotle na 50°C a termostat na 23°C přes den a 22°C v noci, popřípadě tyto hodnoty upravit podle přání. Pokud za těchto podmínek je v domě dostatečné teplo, má dům vyhovující otopnou soustavu, pokud ne, musí se vyměnit radiátory, aby měly větší otopnou plochu. Díky větší otopné ploše pak stačí v radiátorech na vytopení místnosti na požadovanou teplotu nižší teplota otopné vody.

Dále se musí zjistit tepelné ztráty podle normy ČSN EN 12 831. Výsledná hodnota je v kW a pomáhá při výběru výkonu tepelného čerpadla. Výkon tepelného čerpadla se určuje podle toho, jestli se plánuje vytápění monovalentní, monoenergetické nebo bivalentní. Monovalentní znamená, že všechno teplo vyrobí právě tepelné čerpadlo. Při monoenergetické variantě pokryje většinu výroby tepla tepelné čerpadlo a zbytek pokryje elektrický průtokový ohříváč nebo elektrokotel. Obě zařízení potřebují pro svou funkci stejný druh energie. Poslední, bivalentní varianta, znamená, že při extrémních venkovních podmínkách vyrábí teplo jiný zdroj tepla, třeba plynový kondenzační kotel, buď sám, nebo současně s tepelným čerpadlem. Hodnota tepelných ztrát závisí i na oblasti, ve které se objekt nachází, v každé se počítá s jinou teplotou (v ČR je to -12°C až -15°C). Tepelné ztráty se tedy počítají na hodnoty, jako by byla po celý rok zima a výsledná

hodnota je tedy vyšší, než je reálně v letních měsících. Tepelné ztráty se se zvyšující teplotou snižují.

Časté jsou monoenergetické varianty, kde je do jedné skříňe zabudováno jak tepelné čerpadlo, tak i elektrický průtokový ohřev, který pomáhá dohřát kapalinu při extrémních podmínkách. Tepelné ztráty se tedy vynásobí koeficientem 0,7 - 0,85, protože maximální výkon, vypočtený na velmi nízkou teplotu, by byl využit jen malý počet dnů za rok. Dále se přičte 0,5 až 2 kW, které slouží k pokrytí teplé užitkové vody (TUV). U rodinných domů s bivalentní variantou se nemusí připočítávat výkon k ohřevu TUV, protože tepelné čerpadlo má dostatečný výkon k jejímu ohřátí bez ovlivnění teploty v objektu. [16] Z tohoto výpočtu poté dostaneme výsledný výkon, a hledáme tedy stejný nebo nejbližší vyšší výkon tepelného čerpadla.

Tepelné čerpadlo pro svoji činnost pracuje s kapalinou do 55°C. Teplotní spád (rozdíl teplot na začátku a konci oběhu s radiátory) je 10°C (50°C -> 40°C).

Zařízení se nesmí předimenzovat ani poddimenzovat. Předimenzování má za následek výrazné zvýšení investiční ceny a také snížení životnosti kompresoru tepelného čerpadla kvůli jeho častému vypínání a zapínání. Vyšší výkon totiž ohřeje kapalinu rychleji a poté vypne, cyklus se tedy opakuje rychleji než při nižším výkonu. Poddimenzování by znamenalo dražší provoz, protože by bivalentní bod, ve kterém je tepelné čerpadlo ještě schopno pokrýt tepelnou ztrátu objektu, byl při příliš vysoké teplotě. Při nižší teplotě by už musel být použit doplňující zdroj tepla (průtokový ohříváč), u kterého je výroba tepla dražší. Ideální bivalentní bod se v České republice pohybuje kolem -5°C. Pokud jsou k dispozici potřebná data, lze bivalentní bod určit z průběhů výkonu tepelného čerpadla a tepelných ztrát objektu v závislosti na venkovní teplotě. Bivalentní bod je průsečík obou průběhů. Pokud nejsou tyto informace dostupné, lze zjednodušeně určit, že bod bivalence se pohybuje mezi -3°C a -5°C, pokud je výkon tepelného čerpadla roven 75-85% tepelných ztrát domu. [17]

2.2.4 Výběr solárních kolektorů

Solární kolektory se vybírají podle velikosti: buď podle počtu panelů v m², pokud jsou deskové, nebo po kusech, pokud jsou trubicové. Prodejci prodávají sety 2 panelů nebo 20 trubic se zásobníkem na 200 až 300 litrů. Pro větší objekty to jsou 4 panely nebo 40 trubic se zásobníkem až 500 litrů.

Stanovení absorpční plochy závisí na mnoha faktorech a je obtížné. Závisí na jejich umístění, počtu osob v objektu a spotřebě vody. Přesné navrhnutí ztěžují i různé časové úseky, ve kterých slunce denně svítí.

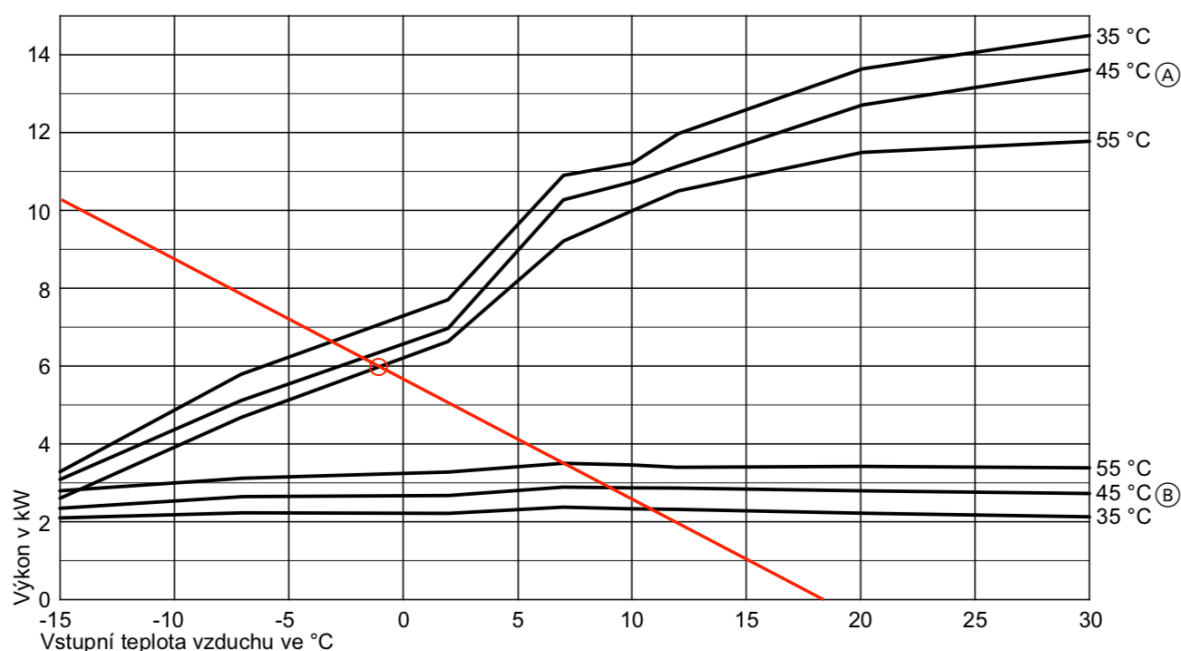
Po dosažení nastavené teploty vody v zásobníku se vypne čerpadlo solárního okruhu, čímž dojde k zastavení dalšího přenosu tepla. Aby k tomuto zastavení docházelo co nejméně, používá se 20 kusů trubic na 200 litrový zásobník. Při stagnaci může především v letních dnech docházet k přehřátí trubic a kapaliny v nich. Pokud teplota v kolektorech přesáhne zvolenou maximální (110°C), čerpadlo se nezapne, ani kdyby byla teplá voda spotřebována a nahrazena studenou. Pro další funkci se musí počkat na ochlazení solární kapaliny přes noc pod maximální nastavenou teplotu. Při častém přehřívání solární kapalina ztrácí své chemické vlastnosti, musí se tedy měnit častěji, což výrazně zvyšuje výdaje této technologie.

2.2.5 Vybraná varianta

Varianta je vybrána podle reálného projektu. Projekt realizuje výměnu starého zařízení za tepelné čerpadlo vzduch/voda Viessmann Vitocal 242-S, typ AWT-AC 241.A10, s topným výkonem 6,60 kW pro A2/W55, a solární vakuové trubice Thermomax DF 100 (20 kusů). Vytápění domu se po dokončení projektu zařizuje tepelným čerpadlem, užitková voda se ohřívá solárními kolektory a tepelným čerpadlem. Zásobník na vodu má 220 litrů. Pokud tepelné čerpadlo není schopné dodat dostatečné teplou kapalinu, elektrický průtokový ohříváč, který je součástí tohoto tepelného čerpadla, vodu dohřeje. Z tepelného čerpadla se nejdříve ohřeje užitková voda a poté se přepne trojcestný ventil a dochází k dodávce tepla do radiátorů. Vstupní teplota vody do otopného systému je 50°C. Jako alternativní variantu pro porovnání jsem vybral projekt, který by realizoval výměnu starého plynového kondenzačního kotle za nový.

Tepelné čerpadlo bylo vybráno podle tepelných ztrát objektu, které jsou 10,280 kW. Vybíralo se z tepelných čerpadel s bivalentním zdrojem, který bude pomáhat ohřevu při nízkých teplotách. Výše zmíněný typ tepelného čerpadla vzduch/voda má pro zkoumaný objekt bivalentní bod -1°C při výkonu 6 kW, jak je určeno na obrázku 2. V místě, kde červená čára protíná horizontální osu, je mezní teplota topení a průsečík s vertikální osou jsou tepelné ztráty objektu. Bivalentní bod je průsečík průběhu tepelných ztrát v závislosti na venkovní teplotě a průběhu výkonu při teplotě přívodní větve 55°C. Bivalentní bod má o několik stupňů vyšší hodnotu, než je teoreticky

vyžadováno, ale skutečný projekt již 4 roky bez problému s touto vyšší hodnotou spolehlivě pracuje. Bivalentní bod bude ve skutečnosti nižší hodnota, protože vstupní teplota vody do otopného systému je 50°C a ne 55°C, jak je určeno na obrázku s určením bivalentního bodu. Další důvod, proč je bivalentní bod ve skutečnosti nižší hodnota, je fakt, že průtokový ohřívač byl za 4 roky provozu aktivní pouze 149 hodin na stupeň 1 (výkon 3 kW) a 175 hodin na stupeň 2 (výkon 6kW). Z toho plyne, že ztráty objektu jsou nadhodnoceny a bivalentní zdroj se použije jen při nízkých teplotách zejména na dohřátí teplé užitkové vody. Topný faktor s klesající venkovní teplotou klesá. Při -7°C je jeho hodnota 2, při 12°C 3,1. Bivalentní zdroj je průtokový ohřívač topné vody a jeho maximální topný výkon je 8,8 kW. Ohřívač je třífázový, může zapnout jen 1/3 celkového výkonu. Teplota vzduchu na vstupu může být při topném provozu od -15 do 35 °C. Maximální teplota přívodní větve je 55°C.



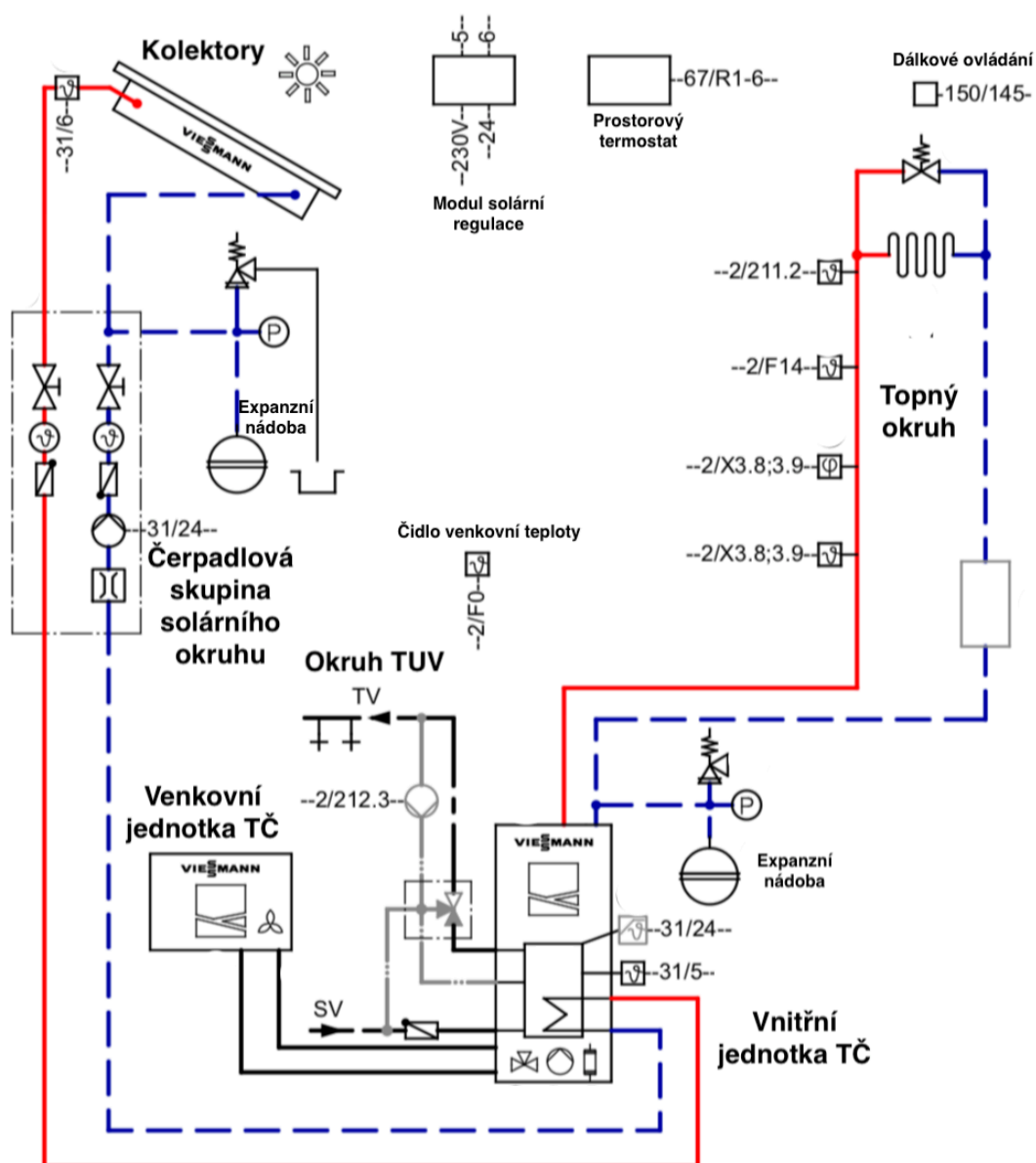
Obrázek 2 Určení bivalentního bodu – charakteristika je pro TČ typ AWT-AC 241.A10 [16] (Upraveno autorem práce)

Na obrázku 2 průběhy A značí topný výkon při různých teplotách přívodních větví, průběhy B znamenají elektrický příkon topení při daných teplotách přívodní větve.

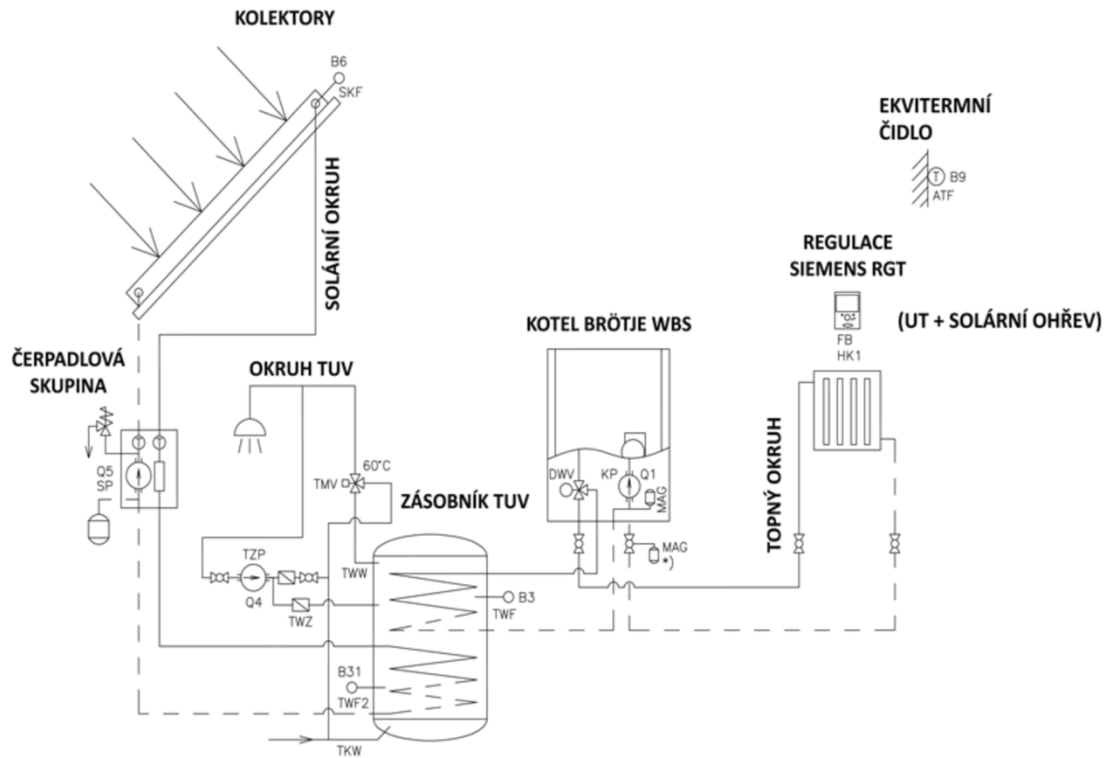
Zásobník teplé vody je zaintegrován spolu s tepelným čerpadlem, regulací a průtokovým ohřívačem do jedné skříně a má 220 litrů, vakuových trubíc bylo použito 20. Kolektory byly umístěny směrem na jižní stranu. Solární kapalina solárního oběhu používáním ztrácí své specifické vlastnosti, k její výměně by mělo docházet jednou za 5 let. Plocha absorbéru, tedy plocha, kde se přeměňuje sluneční záření na teplo, je pro 20 trubíc 2,004 m². Účinnost těchto

solárních kolektorů je 0,773. Pokud budu uvažovat, že se na území ČR vyzáří na metr čtvereční asi 1 MWh/rok, maximální hodnota, kolik energie vyrobí za rok, by byla 1,549 MWh. Toto číslo bude ale v reálu menší, protože ne vždy budou solární kolektory dodávat teplo (například když teplota teplé užitkové vody dosáhne požadované teploty).

V následujících dvou obrázcích je znázorněno schéma zapojení s vybranou variantou s tepelným čerpadlem a solárními kolektory a s alternativní variantou s plynovým kondenzačním kotlem.



Obrázek 3 Schéma soustavy s tepelným čerpadlem vzduch/voda a solárními kolektory [18] (Upraveno autorem práce)



Obrázek 4 Schéma soustavy s plynovým kotlem [19]

3 Metody hodnocení opatření na podporu energetické efektivity

Tato část popisuje různé způsoby hodnocení efektivity opatření. Abychom zjistili, zda je opatření výhodné provést, je nutné jej vyhodnotit z ekonomického hlediska. Metod na hodnocení je několik, ale ne všechny nám poskytnou kvalitní a přesný výsledek, protože mají své nedostatky. Je tedy nutné vybrat tu nejspolehlivější metodu a dbát na to, aby všechny její parametry byly zpracovány s co nejpřesnějšími informacemi, které nám dají co nejrealnější výsledek. Výsledky metod pak lze analyzovat a zjišťovat, jaké kroky jsou nutné pro zlepšení efektivity nebo je také možné je s rezervou aplikovat na podobné objekty.

3.1 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (Net Present Value, NPV) je nejspolehlivější metoda pro srovnávání projektů. Bere v potaz proměnnou hodnotu peněz v čase i rozdílné trvání projektů.

U projektu chceme vědět, jestli je jeho dnešní hodnota, kterou bude mít po provedení, větší než peníze, které na jeho zrealizování použijeme. Zkrátka aby jeho hodnota byla vyšší než vynaložené výdaje. Dnešní hodnota se musí zjistit, protože hodnota jednotky peněz je dnes větší, než její hodnota zítra, jelikož finance můžeme investovat a dostávat z nich úrok. Tomuto se říká první základní princip teorie financí (Druhý základní princip financí: bezpečná měna má větší hodnotu než riziková). Tuto současnou hodnotu budoucí výplaty vypočítáme vynásobením očekávaného hotovostního toku s diskontním faktorem [20]:

$$PV = \text{diskontní faktor} * CF_1 = \frac{1}{1+r} * CF_1 \quad (1)$$

kde PV je současná hodnota, CF_1 očekávaný hotovostní tok a r výnosová míra. Současná hodnota je hodnota budoucí investice v dnešních penězích. Tento vzorec ale platí pro jedno období. Pro více období by platilo [20]:

$$PV = \frac{CF_1}{1 + r_1} + \frac{CF_2}{(1 + r_2)^2} + \frac{CF_3}{(1 + r_3)^3} + \dots = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t} \quad (2)$$

kde CF_t jsou roční hotovostní toky a r roční úrokové sazby. Mocniny jsou ve vzorci kvůli tomu, aby byly hotovostní toky správně diskontovány. Pokud by tedy byly 3 období, uplatní se ROČNÍ úroková míra 3 roky po sobě, což způsobí, že výraz ve jmenovateli je na třetí mocninu.

Čistá současná hodnota je rozdíl současné hodnoty a investice. Vyjadřuje nám, o kolik se zvýší hodnota podniku, pokud se projekt realizuje. Následující vzorec [20] je součet proto, že investice CF_0 se zadává jako záporné číslo.

$$NPV = CF_0 + PV = CF_0 + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t} \quad (3)$$

T představuje životnost projektu, CF_t jsou očekávané roční hotovostní toky, r je diskontní sazba/alternativní náklad kapitálu - je to ušlý výnos (neinvestovalo se třeba do cenných papírů které by peníze zhodnotily do nějaké míry), $1/(1+r)$ je diskontní faktor a CF_0 je cena investice, která je záporná (jde o záporný tok hotovosti). Suma umožňuje počítat pro více než jen jedno období.

Diskont by měl být vždy větší než 0, pokud by nebyl, neplatil by základní princip teorie financí a hodnota peněz zítra by byla větší než dnes. Diskont může být záporný jen ve speciálních případech. Například v Dánsku, když si komerční banky ukládají přebytečné peníze u centrální banky, mohou dostat zápornou úrokovou sazbu. Je to z toho důvodu, aby komerční banky půjčovaly peníze výhodně a nebyly pouze uloženy v centrální bance. [21] Pokud bude NPV menší než 0, investice se nedoporučuje provést, pokud větší nebo roven 0, tak projekt uskutečníme.

Problém této metody je, že se musí často odhadovat a předpovídat (cena investice, diskont, očekávané hotovostní toky), což přináší prostor pro nepřesnosti výpočtu. U projektů se často objeví neočekávané výdaje na jejich začátku nebo konci (nebo i během). Diskont také může být upraven tak, aby zvýšil zájem investora o projekt tím, že prezentuje nejlepší možné výsledky. Je tedy nutné diskont upravit tak, aby počítal i s neideálním průběhem projektu (nečekané výdaje). Pokud bychom ale pracovali s už hotovým projektem a ověřovali u něj efektivnost, už máme k dispozici data a metoda je tedy v tomto případě přesná. [22]

3.1.1 Stanovení diskontu

Jestli jsou hotovostní toky v budoucnosti bezpečné, diskontní sazba se shoduje s úrokovou sazbou bezpečných cenných papírů (třeba dluhopisy). [20] Pokud jsou rizikovější, používá se sazba cenných papírů se stejným rizikem. U málo rizikových projektů menších rozměrů může být také použito jako diskont třeba stavební spoření nebo termínovaný vklad.

3.1.2 Roční ekvivalentní peněžní tok (RCF)

Používá se při hodnocení dvou a více projektů, které mají stejný rok počáteční investice, ale mají různou dobu životnosti. Vypočítá se vynásobením čisté současné hodnoty a anuitního faktoru, který obsahuje diskont a dobu životnosti, jak je ukázáno ve vzorci (4). RCF jsou diskontované CF rozložené do jednotlivých let, ve kterých projekt probíhá. V anglické literatuře se může anuitní člen objevovat jako převrácená hodnota, NPV se poté anuitním členem dělí.

$$RCF = \frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} * NPV \quad (4)$$

Další možnost jak hodnotit projekty s odlišnou dobou životnosti je najít nejmenší společný násobek trvání projektů, čímž dostaneme 2 projekty se stejnou životností. Jeden projekt tedy může proběhnout dvakrát a druhý třikrát.

3.2 Návratnost

Další způsob hodnocení projektů je návratnost. Používá se, pokud se má projekt sám splatit během určené doby. Zajímá nás, za jak dlouho výnosy z investice pokryjí výdaje na tuto investici, kdy je tedy celkový cash flow rovný nebo větší než 0. Výsledkem je čas v letech, za jak dlouho se investice splatí. Vzorcem jde vyjádřit takto [23]:

$$\sum_{t=0}^T CF_t \geq 0 \quad (5)$$

kde CF_t jsou hotovostní toky projektu (investice i následné výnosy nebo výdaje), T je počet let, za které se projekt splatí. Vždy hledáme nejnižší možné T, které vyhovuje rovnici.

Tato metoda ale nepočítá s tím, co se stane po splacení projektu, ani to, že peníze v čase ztrácí svou hodnotu. Navíc nerozeznává krátkodobé a dlouhodobé investice a faktory ovlivňující rizikovost. Tímto se ale může stát že projekty, které by po bližším prozkoumání byly vyhodnoceny jako přínosné, budou zamítnuty. Vylepšení této varianty hodnocení investic může být provedeno diskontováním hotovostních toků.

Návratnost je vhodné použít na první rychlé zhodnocení rizikovosti projektů, ale nespoléhat na něj jako na jedinou evaluaci investic. Zároveň by se projekty, které touto metodou neprošly, neměly hned vyřadit.

3.3 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return, IRR) je podobně jako NPV jedna z nejspolehlivějších metod hodnocení projektů. Vnitřní výnosové procento můžeme vypočítat ze vzorce pro NPV, pokud zadáme NPV rovno 0. Vzorec pak vypadá takto [23]:

$$CF_0 + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (6)$$

V tomto případě pak hledáme IRR (ve vzorci NPV je to r =diskont). V případě více časových období se stává vzorec složitý na výpočet kvůli polynomům vysokých stupňů a je nutno použít programy pro výpočet IRR nebo náhodně zkusit výsledky, jestli do vzorce pasují. Jiná možnost je také získat několik dvojic NPV a vypočtené IRR ze vzorce a z těchto bodů si vytvořit graf $NPV=f(IRR)$. Hledaný výsledek je ta hodnota IRR, která odpovídá na grafu hodnotě NPV rovné 0. Další nevýhoda je, že je u IRR možné najít více výsledků pro jeden projekt. [20,22]

U IRR si musíme dát také pozor na několik věcí:

Jsou případy, kdy NPV roste spolu s rostoucí diskontní sazbou. Takový případ je pokud si vypůjčujeme peníze. Peníze si vypůjčujeme za úrok. A čím je větší, tím větší je i IRR.

Další nevýhoda je, že je u IRR možné najít více výsledků pro jeden projekt. Stane se tak, když dojde ke změně směru hotovostních toků (jeden rok peníze firma získá, ale další rok zase musí něco zaplatit). Také se může stát, že není žádný výsledek.

Narazíme i u porovnávání projektů, které se vzájemně vylučují. V takovém případě pak musíme pro správnost rozhodnutí počítat i IRR přírůstkových toků, kde zjistíme, jestli je výhodné

investovat do projektu, který měl původně nižší IRR (pokud do druhého projektu investujeme o X víc peněz a vytvoří se přírůstek hotovostního toku o Y, musí být IRR pořád vyšší než diskontní sazba, abychom přijali projekt s původně nižším IRR).

Porovnávání projektů s proměnným tokem hotovosti v čase. Projekt s nižším IRR může mít vyšší NPV než projekt s vyšším IRR, pokud je alternativní náklad kapitálu menší než hodnota průsečíku křivek obou projektů. [20]

Abychom se těchto problémům vyvarovali, je lepší použít pravidlo čisté současné hodnoty.

Při hodnocení projektů požadujeme co nejvyšší IRR a aby bylo vyšší než alternativní náklad kapitálu (diskont). Někdy je také zadáno povinné výnosové procento, které nám určí, jaké IRR má projekt minimálně mít, aby se uvažovalo o jeho realizování. Pokud máme víc projektů, nejvyšší rozdíl těchto hodnot je nejlepší provést.

Příklad by mohl být takový, že IRR by mohlo vyjít 20%. Pokud by alternativní náklad kapitálu (diskont) byl třeba 10 %, tedy nižší než vnitřní výnosová míra, NPV je kladné (protože jakýkoliv diskont menší než 20 % má kladné NPV). Pokud by byl 25 %, NPV by bylo záporné. IRR tedy udává takový maximální diskont, který by subjekt ještě dovolil, aby nechal projekt zrealizovat.

Vnitřní výnosové procento je dobré používat zároveň s NPV, kvůli možnému zkreslení výsledků. Zkreslení může vyvolat velikost investic a různé délky projektů. Projekt v těchto případech může dát za výsledek malé IRR, ale na druhou stranu velké NPV, která zvýší hodnotu firmy více než projekt s vysokým IRR ale malým NPV.

3.4 Index ziskovosti

Je to podíl současné hodnoty budoucích hotovostních toků (bez počáteční investice) a investice. Přijatelné jsou všechny projekty, které mají index ziskovosti vyšší než 1. Při porovnávání vylučujících se projektů se musí počítat přírůstkové investice jako u IRR, abychom vybrali ten opravdu nejlepší projekt. Pro připomenutí se to počítá tak, že zhodnotíme méně nákladný projekt, a poté si spočítáme, jestli výsledek poměru přírůstků, jak investované, tak získané z druhého nákladnějšího projektu, jsou pořád ve vyhovujících výsledcích (větší než 1). V tom případě je pak druhý projekt lepší. Tato metoda navíc umožňuje porovnávat projekty s různými počátečními výdaji. [22,24]

3.5 Transakční náklady

Transakční náklady jsou výdaje, které vznikají během provádění transakce, ale velmi často se opomíjejí, přestože to je v některých případech nezanedbatelná část. U projektů jsou to náklady na zjišťování informací o projektu, jejich plánování a zpracovávání smluv. Dále do nich také patří náklady na údržbu a provoz nebo také na hodnocení a sledování projektu. Dají se rozčlenit podle strany, které náklad vzniká (žadatel nebo administrátor projektu) nebo podle fáze projektu, ve které se zrovna nachází. Tyto fáze jsou tři: plánování (tedy vše okolo přípravy projektu), implementace (zpracování smlouvy a realizace projektu) a monitoring a verifikace (vyhodnocování projektu). [25,26]

Transakční náklady nemusí být vyjádřeny v penězích, ale je možné je vyhodnocovat v hodinách. Jako příklad může být člověk, který stráví nějaký čas hledáním informací a rozhodováním se, jestli je pro něj projekt výhodný. Abychom s těmito náklady ale mohli pracovat při počítání celkových nákladů projektu, je nutné je převést na koruny. Zde využijeme náklady ušlé příležitosti (opportunity cost) a budeme předpokládat, že by člověk mohl místo trávením času nad možným projektem pracovat a vydělávat tak peníze. Hodiny přemýšlení o projektu tedy vynásobíme jeho hodinovou mzdou a dostaneme tak hodnotu transakčních nákladů pro fázi plánování projektu [25]:

$$N_c = H * N_p \quad (7)$$

kde N_c jsou náklady plánování projektu, H je čas plánování projektu, N_p je opportunity cost.

Také se musí kromě časových nákladů započítat i náklady na externí služby, jako je třeba příprava projektů. Tento parametr je v korunách.

Pro hodnocení větších celků se nesmí opomenout zahrnout transakční náklady jak těch subjektů, které nakonec transakci realizovali, ale i těch, kteří transakci neuskutečnili, protože ve fázi rozhodování došli k závěru, že pro ně není vhodná. [25]

3.6 Vybraná metoda

Při výpočtech budu používat metodu NPV, protože bere v potaz proměnnou hodnotu peněz v čase. Zároveň budu v projektu započítávat transakční náklady. Projekt tepelného čerpadla má malou rizikovost. Je to dáno tím, že funkce tepelného čerpadla a solárních kolektorů ze svého principu fungovat musí.

4 Vyhodnocení ekonomické efektivnosti vybraného opatření

V této části budu porovnávat dvě varianty provedení projektu. Varianta 1 je nahrazení starého plynového kondenzačního kotle za tepelné čerpadlo vzduch/voda a solární kolektory. Varianta 2 bude předpokládat pouhou výměnu starého plynového kondenzačního kotle za nový.

Varianty jsou vybrány podle reálného projektu, kde došlo k provedení varianty 1 na konci roku 2013. Plynový kondenzační kotel byla předchozí technologie, která vytápěla objekt. Budu hodnotit, jestli by bylo provedení stejného projektu v současnosti výhodné. Při výpočtech budu vycházet i z reálných hodnot spotřeb zdrojů tepla, která mám k dispozici.

4.1 Hodnoty parametrů

4.1.1 Diskont

K určení diskontu je více možností výběru. Varianty, z kterých určím diskont, nesmí být rizikové, protože sám prováděný projekt není rizikový. Mohu jej tedy určit z výnosů ze stavebního spoření, z úroků spořicíh účtů nebo z termínovaných vkladů.

Spořicí účty mají úrokové sazby zpravidla od 0,01% do 1%. K vyšším úrokům se zpravidla vážou nějaké podmínky, jako například vklad do určité výše (po překročení se úrok sníží), podmínka platebního účtu u stejné banky a určitý počet plateb kartou v měsíci. Inflace je v současnosti vyšší než úroky této varianty (v březnu 2018 1,9%, dlouhodobý inflační cíl je 2%), uložené peníze se tedy nezhodnotí. Jejich nevýhodou je, že se jejich úroková sazba může měnit. [27]

Další způsob určení diskontu je podle úrokové sazby stavebního spoření. Roční úroková sazba se pohybuje od 0,5% do 1% ročně. Tuto variantu ovšem zvýhodňuje státní podpora, která může být až 2000 Kč ročně. Nevýhoda tohoto způsobu je, že se peníze vkládají postupně po menších částkách a prvních pár let se velká část peněz nezhodnocuje. [27]

Třetí možností je použít termínovaný vklad, jehož úrokové sazby jsou až 2,5%. Termínovaný vklad je výhodný pro ty, kdo si chtějí dlouhodobě uložit peníze. Vklady na termínované účty jsou pro jednu osobu pojištěny až do výše 100 000 eur. Tím mizí riziko, že by instituce nemohla peníze vrátit. Výhoda této metody je v tom, že se uloží všechny peníze najednou, na rozdíl od spořicíh účtů, kde se vkládá průběžně po menších částkách. Hodnoty z této varianty jsou pro můj modelový příklad nevhodnější, jako diskont tedy budu používat hodnotu 2,5%. Diskont budu v hodnotící části práce dále testovat pomocí citlivostní analýzy. [27]

4.1.2 Ceny energií

Díky tepelnému čerpadlu lze u distributora elektrické energie požádat o změnu tarifu a dostat tak dvoutarifovou sazbu s nízkým a vysokým tarifem. Pokud by byl projekt zhotoven do 31/3/2016, bylo by možné používat sazbu D56d, která ale od zmíněného data už pro současné projekty není dostupná. Nahrazuje ji sazba D57d, se kterou budu ve výpočtech počítat.

V popisu domu jsou uvedeny informace, které jsou důležité pro získání správných cen energií. Pro plyn je to roční spotřeba plynu v MWh, která je v rozmezí do 25MWh/rok a distributor, kterým je innogy Energie. Pro elektrickou energii je důležité vědět velikost jističe (3x32A), sazbu, která se bude uplatňovat a rovněž distributora, kterým je ČEZ. Sazba bude v případě varianty s tepelným čerpadlem D57d, a bez tepelného čerpadla D02d.

Tabulka 2 Ceny za energie v roce 2017 [28,29]

Elektrická energie (D57d)		
Měsíční platba (jistič 3x32A)	481,46	Kč/měsíc
Vysoký tarif	2504,71	Kč/MWh
Nízký tarif	2431,43	Kč/MWh
Elektrická energie (D02d)		
Měsíční platba (jistič 3x32A)	214,05	Kč/měsíc
Cena 1MWh	4099,66	Kč/MWh
Zemní plyn		
Cena za 1MWh plynu	1327,52	Kč/MWh
Měsíční platba	298,02	Kč/měsíc

4.1.3 Mzda

Hodinovou mzdu pro určení transakčních nákladů jsem určil z údajů Českého statistického úřadu pro Olomoucký kraj. Mzda za vykonanou práci je uvedena 149,23 Kč/hod. [30]

4.1.4 Spotřeba energií

K dispozici už mám hodnoty pro projekt, ve kterém došlo k výměně za tepelné čerpadlo a solární kolektory. Tyto hodnoty jsou spotřeba elektrické energie v MWh a celková cena v Kč. Ve skutečnosti byl projekt zhotoven v roce 2013, mám tedy data ke spotřebě elektřiny za poslední 4 roky. Také mám k dispozici hodnoty pro plynový kotel a spotřebu elektřiny pro několik let před provedením projektu.

Pro získání hodnot spotřeby energií jsem použil reálné údaje z faktur za zemní plyn a elektrickou energii. Chybějící data jsem nahradil výpočty z historických údajů cen energií [31]. Některé hodnoty, cenu za plyn před provedením projektu, jsem nedopočítával, protože není potřeba tuto hodnotu znát. Protože počítám s tím, že se o projektu rozhoduje v současné době, jsou pro mě důležité hodnoty spotřeby v MWh. Dopočítané hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce (*Tabulka 3*) tučně.

Dopočítání spotřeby zemního plynu v letech 2009 a 2010 jsem provedl následujícím způsobem. Je uveden postup pro rok 2010. Z údajů z [31] pro ceny plynu jsem vypočítal průměrnou cenu plynu za 1 MWh u tehdejšího distributora, čímž byla Severomoravská plynárenská. Průměrná cena byla v tomto roce 1 116,27 Kč/MWh. Dále jsem vypočítal celkové poplatky za rok, jejichž cena byla 3 292 Kč. Z tabulky 1 vím, že v roce 2010 se za plyn zaplatilo 31 081,01 Kč (v rámci této částky jsou i poplatky). Po odečtení poplatků od této částky dostaneme 27 789,02 Kč, což je cena plynu. Abych vypočítal spotřebu v MWh, musím číslo z předešlé věty vydělit průměrnou cenou plynu za MWh. Vypočítaná spotřeba plynu v roce 2010 tedy byla 24,89 MWh. Stejným způsobem jsem dopočítal i pro rok 2009. Dopočítané spotřeby se hodnotově nachází mezi spotřebou v letech 2012 a 2013.

Poskytovatelem elektrické energie byl a je ČEZ, zemní plyn byl distribuován společností RWE (Severomoravská plynárenská). V roce 2016 byla česká RWE přejmenována na innogy Energie. Následující tabulky ukazují spotřebu plynu a elektřiny:

Tabulka 3 Spotřeba plynu

Rok	Kč	MWh
2009	31 874,65	24,68
2010	31 081,01	24,89
2011	N/A	N/A
2012	N/A	26,57
2013	N/A	23,20
Průměr	-	24,84
Realizace projektu		
2014-současnost	0	0

Průměr spotřeby zemního plynu před realizací projektu je 24,84 MWh. Po realizaci projektu došlo k odpojení od plynové soustavy. Tento průměr budu používat jako údaj, kolik by byla roční spotřeba zemního plynu, kdyby se plynem topilo dále.

Tabulka 4 Spotřeba elektřiny

Rok	Kč	MWh
2008	23 015,28	5,205
2010	28 632,69	6,127
2011	30 579,20	6,161
Průměr	-	5,831
Realizace projektu		
2014	30 175,85	10,011
2015	31 439,25	10,588
2016	30 791,16	10,838
2017	27 929,68	10,225
Průměr	-	10,416

Průměr spotřeby elektřiny v MWh před realizací projektu je 5,831 MWh. Z tabulky lze odpozorovat, že se spotřeba elektrické energie po instalaci tepelného čerpadla zvýšila téměř dvakrát. Na druhou stranu ceny za tuto energii se zvýšily jen nepatrně. Je to způsobeno několika faktory. Zaprvé, cena elektřiny se ve sledovaném období snížila. Zadruhé, po provedení opatření

nastala změna z jednotarifové na dvoutarifovou sazbu, která výrazně snížila cenu za elektrickou energii. Průměrná hodnota odebírané energie po provedení projektu je 10,416 MWh. Tato hodnota v mých výpočtech reprezentuje roční odběr elektrické energie.

Z tabulky je vidět, že nainstalované zařízení mělo výrazný vliv na celkovou cenu zaplacenou za energii za rok. Spotřeba elektřiny se sice zvedla, ale na druhou stranu došlo k úplné eliminaci výdajů za zemní plyn.

Tepelné čerpadlo umožňuje zjištění doby provozu čerpadla solárního okruhu, která je za 4 roky od provedení opatření 1416 hodin. Čerpadlo má 60 W, jsou tedy k dispozici údaje pro výpočet spotřebované elektřiny. Za 4 roky čerpadlo spotřebovalo 84,96 kWh, roční průměr je 21,24 kWh. Tento údaj řádově souhlasí s údaji v například [32].

Samotná spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla přesahuje polovinu celého množství spotřebované elektřiny domácnosti, jak ukazuje následující tabulka.

Tabulka 5 Spotřeba TČ a ostatních spotřebičů

Rok	MWh
Spotřeba TČ	
2014	5,989
2015	6,125
2016	6,228
2017	5,880
Průměr	6,056
Spotřeba za ostatní	
2014	4,022
2015	4,463
2016	4,610
2017	4,345
Průměr	4,360

Z této tabulky lze dopočítat průměrnou roční hodnotu spotřeby tepelného čerpadla, 6,056 MWh. Odečtením celkového průměrného odběru elektřiny od spotřeby tepelného čerpadla dostaneme

průměrnou roční hodnotu, kolik spotřebují ostatní spotřebiče v objektu, 4,360 MWh. Spotřeba čerpadla solárních kolektorů je v tabulce zahrnuta mezi ostatními spotřebiči.

V případě varianty projektu s tepelným čerpadlem je ovšem nutné vědět, kolik se spotřebuje při vysokém a kolik při nízkém tarifu. Tyto informace jsou také zaznamenány ve výroční faktuře za elektrickou energii. Z obou hodnot poté vypočteme celkovou cenu za elektrickou energii a následně můžeme zvlášť spočítat cenu elektřiny, kterou spotřebuje tepelné čerpadlo a kolik ostatní spotřebiče. To se udělá poměrem spotřeby tepelného čerpadla ku celkové spotřebě, který se vynásobí celkovou cenou za energii. Cenu pro ostatní spotřebiče získáme rozdílem celkové ceny elektřiny a ceny elektřiny spotřebované zdroji tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody, tepelného čerpadla a solárních kolektorů. Protože neznáme časy, kdy je zapnut nízký a kdy vysoký tarif, není možné udělat výpočet zvlášť pro vysoký a nízký tarif.

Tabulka 6 Spotřeba při vysokém a nízkém tarifu

	Spotřeba vysokého tarifu (MWh)	Spotřeba nízkého tarifu (MWh)
2014	0,468	9,543
2015	0,507	10,081
2016	0,534	10,304
2017	0,545	9,680
Průměr	0,514	9,902

4.1.5 Eskalace cen

Pro tuto hodnotu jsem použil inflační cíl České národní banky [33], který je 2 %. Hodnotu budu používat pro růst cen elektřiny a plynu v budoucnosti. Jako další možnost by se mohlo jevit použití historických cen elektřiny a plynu od distributora, kde bych mohl v případě elektřiny zvlášť spočítat budoucí eskalaci jak pro fixní část ceny za energie, tak i pro cenu za 1 MWh. Tento způsob má ale problém v tom, že různým časovým rozsahem můžeme dojít k různým hodnotám, které se od sebe mohou velmi lišit a tedy výrazně ovlivnit rozhodnutí o provedení projektu. Proto tento přístup není vhodný.

4.1.6 Životnost projektu

Životnost tepelného čerpadla vzduch/voda se liší, uvádí se doba životnosti 15 až 20 let [34]. Plynový kondenzační kotel by měl vydržet v provozu +-15 let [35]. Solární kolektory mají rozmezí doby životnosti od 25 do 35 let [9].

Kvůli rozpětí životností technologií pro vytápění a přípravu teplé vody jsem vybral 2 kombinace tak, aby se mohly projekty spolehlivě porovnat. V jednom případě budu uvažovat nižší životnost tepelného čerpadla i plynového kondenzačního kotle 12,5 let a životnost solárních kolektorů 25 let. Celková životnost obou variant tedy bude 25 let s tím, že se v polovině životnosti projektu hlavní zdroj na výrobu tepla vymění. Druhý případ bude počítat s životností TČ a plynového kondenzačního kotle 15 let a solárních kolektorů 30 let. Celková doba životnosti bude 30 let.

4.1.7 Ostatní

Revize tepelného čerpadla je povinná první 2 roky, poté je doporučena jednou ročně. Cena revize je 1 500 Kč. Plynový kondenzační kotel má cenu revize stejnou jako tepelné čerpadlo.

Revize solárních kolektorů je také doporučena jednou za rok, cena je 800 Kč. Pokud je nutná výměna solární kapaliny, cena revize se zvýší o tisíce korun, asi na 2 500 Kč.

Likvidace starých technických zařízení není drahá. Firma většinou odveze při instalaci nového zařízení staré, které se odveze do sběrných dvorů. Likvidace solárních kolektorů není na rozdíl od fotovoltaických panelů vůbec nákladná, v případě trubicových kolektorů je cena za jejich likvidaci 8 Kč za trubici. Zjištěno od [36].

Opravy zařízení nelze určit přesně. Zdroj tepla může být funkční po celou dobu životnosti, ale také může během své životnosti vyžadovat opravu nebo výměnu svých částí. Ve výpočtech tedy budu uvažovat cenu oprav zařízení jako 10 procent z ceny zařízení a budu ji započítávat v polovině životnosti daného projektu.

4.2 Výdaje projektu

4.2.1 Varianta 1

Abychom mohli spočítat NPV projektu, potřebujeme zjistit, kolik se do projektu investuje. Do výdajů zahrnujeme veškeré výdaje spojené s projektem včetně zjištěných transakčních nákladů.

Tabulka 7 Výdaje projektu s tepelným čerpadlem a solárními kolektory

	Položky	Cena (Kč)
1	Tepelné čerpadlo Vitocal 242-S, typ AWT-AC, 241.A13, výkon 7,7 kW	187 000
2	Solární vakuové trubice Thermomax DF 100, 20ks	24 000
3	Montáž TČ včetně elektroinstalace a rozvodu chladiva	16 000
4	Montáž vakuových solárních trubic	8 000
5	Revize elektroinstalace	950
6	Uvedení do provozu	5 500
7	Transakční náklady	3 283
	Celkem	244 733

Z tabulky je zřejmé, že většina výdajů jsou investiční výdaje na zdroje tepla pro vytápění a ohřev vody. Výdaje za ostatní položky, jako montáž a uvedení do provozu, jsou podstatně menší.

4.2.2 Varianta 2

Výdaje varianty s výměnou plynového kondenzačního kotle za nový jsou výrazně nižší než v předešlé variantě. Je to zejména díky absenci instalace solárních kolektorů a rozdílu cen obou technologií.

Tabulka 8 Výdaje projektu s plynovým kondenzačním kotlem

	Položky	Cena (Kč)
1	VISSMANN Vitodens 100-W 26	40 000
2	Montáž	5 500
3	Revize elektroinstalace	950
4	Revize komínu	900

5	Uvedení do provozu	2 600
6	Transakční náklady	2 985
	Celkem	52 935

Při pouhém porovnání výdajů obou variant by se mohlo zdát, že pořízení nového plynového kondenzačního kotle vyjde výhodněji, protože ceny obou investic se liší o více než 190 000 Kč.

4.2.3 Zjištění transakčních nákladů

Protože se tento projekt prováděl bez dotačních podpor, transakční náklady jsou menší. Odstraní se především veškerá administrace, vztahující se k těmto programům. Zdroje transakčních nákladů se dají v tomto případě rozdělit na ty, které vznikly před začátkem projektu a na ty, které vznikly po jeho dokončení. Ve fázi rozhodování je to sběr informací a rozhodování o možnostech opatření. Transakční náklady po dokončení této instalace představují administraci pro získání dvoutarifovou sazby od poskytovatele elektřiny. Všechny tyto náklady jsou vyjádřeny v jednotkách času. Pro variantu 2, kdy nedochází ke změně sazby, odpadá čas na administraci žádosti na dvoutarifovou sazbu.

Tabulka 9 Transakční náklady

Transakční náklady	Čas (h)
Rozhodování o projektu	20
Administrace žádosti na dvoutarifovou sazbu	2

Čas ale není moc vhodný, protože všechny ostatní výdaje jsou vyjádřeny peněžitě. Převedení času na koruny se provede vynásobením času průměrnou hodinovou mzdou v Olomouckém kraji, která představuje ušlou příležitost. Přesto, že se jedná o konkrétní projekt, při kterém by se mohla mzda určit podle investora, používám průměrnou mzdu kvůli nedostatku dat a pro větší obecnost. Pro vyšší hodinovou mzdu by se transakční náklady zvýšily, pro nižší snížily.

4.3 Výpočet NPV - životnost 25 let

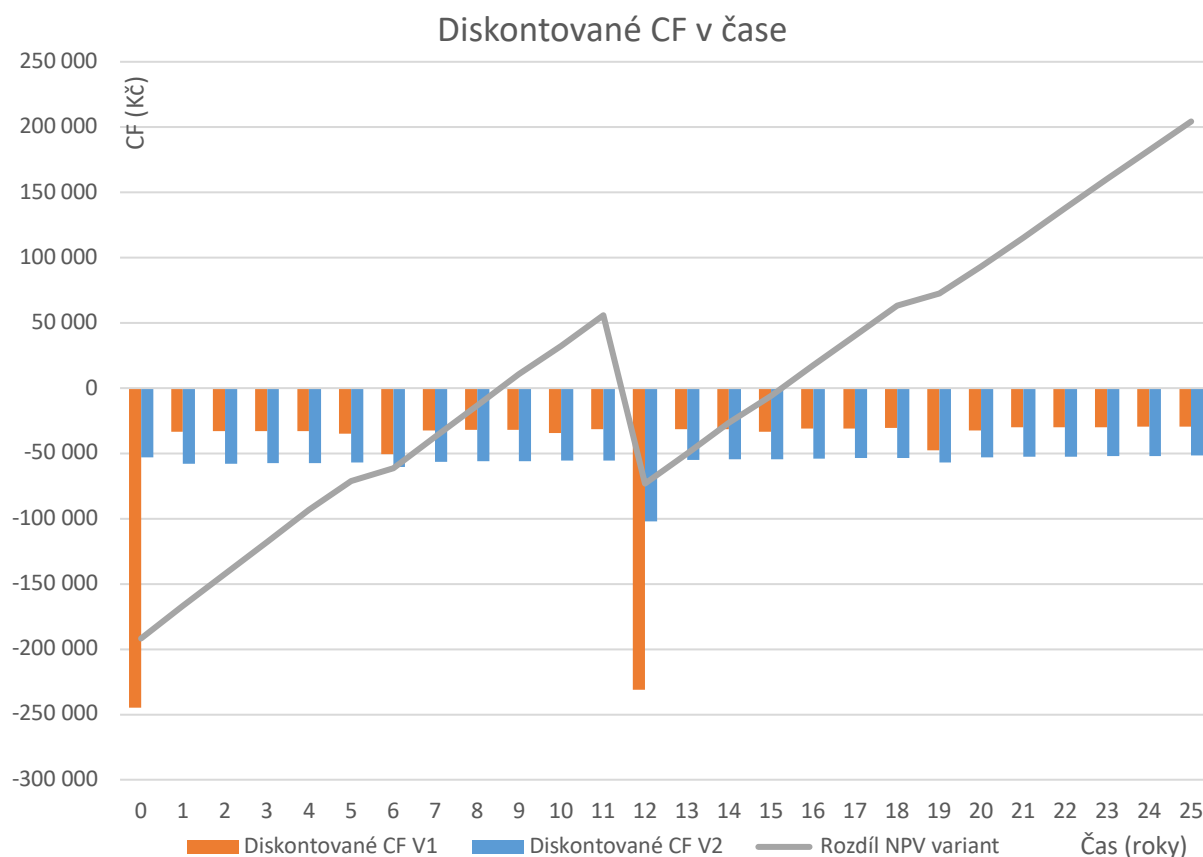
Kratší doby životnosti zdrojů tepla počítají s celkovou dobou životnosti projektu 25 let, tepelné čerpadlo a plynový kondenzační kotel se vymění za nové v polovině životnosti projektu. Solární kolektory vydrží celých 25 let. Spočítal jsem hotovostní toky pro každý rok projektu zvlášť pro obě

varianty. V 0. roce je započítána cena investice dané varianty, v následujících letech jsou do cash flow počítány revize, ceny za energie spotřebované zařízeními, případně opravy, likvidace a investice do nového zdroje tepla, pokud je to staré na konci doby životnosti. Do výpočtu se musí započítat i spotřeba elektřiny za ostatní spotřebiče, protože varianta 1 umožní změnu sazby ceny elektrické energie. Ceny nezůstávají stejné, ale s přibývajícím rokem se zvyšují, protože dochází k eskalaci cen, kterou mám určenou podle inflačního cíle jako 2 %.

Poté jsem vypočetl v každém roce diskontované hotovostní toky s diskontem, určeným jako 2,5%. NPV se vypočítá součtem všech diskontovaných hotovostních toků a původní investice v 0. roce (pokud nebyla zahrnuta již v diskontovaných CF). Tímto postupem se dodržel výpočet podle vzorce 3.

NPV varianty 1 je po skončení životnosti -1 274 252 Kč, varianta 2 má výsledek nižší, -1 478 544 Kč. Protože se v objektu nějak vytápět musí, alespoň jedna z variant bude vybrána. To znamená, že pokud bude vybrána varianta 1, rozdíl oproti NPV varianty 2 bude 204 292 Kč, tedy ušetří oproti variantě 2 za dobu životnosti projektu při daných parametrech přes 200 000 Kč.

Detailnější rozbor projektu z hlediska diskontovaných hotovostních toků lze vidět na obrázku 5, kde lze vidět diskontované hotovostní toky obou variant v každém roce a šedý průběh ukazuje celkové NPV varianty 1 oproti variantě 2 v čase. V polovině životnosti projektu je jednorázový vyšší výdaj jak u varianty 1, tak i u varianty 2, způsobený výměnou opotřebovaných technických zařízení za nová. V tomto místě také dojde ke krátkodobé změně pořadí variant, protože cena nového tepelného čerpadla je vyšší než částka, kterou tento zdroj tepla spolu se solárními kolektory ušetřil za 12 let provozu. Tento propad mezi variantami je ale výrazně menší než při zahájení projektu a 4. rok po výměně (16. rok celkově) je opět varianta se solárními kolektory a tepelným čerpadlem výhodnější.



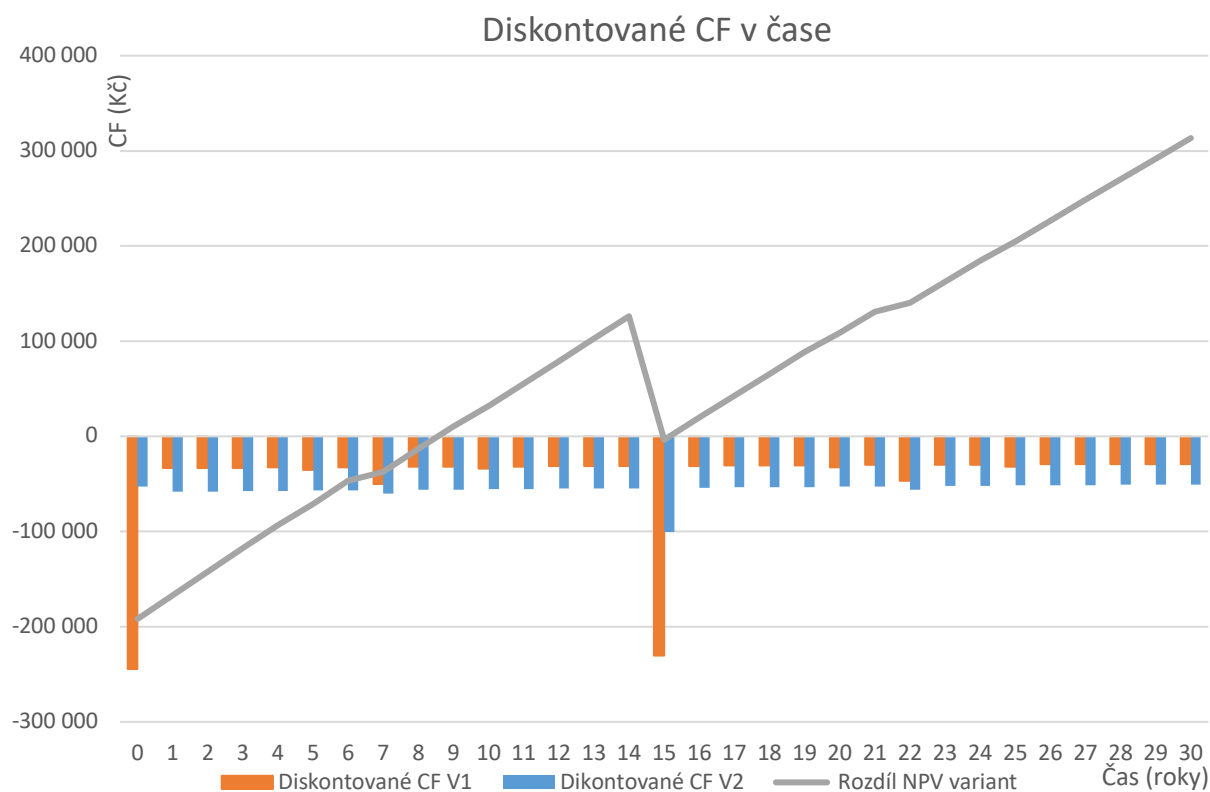
Obrázek 5 Diskontované CF v čase – kratší doba životnosti projektu

4.4 Výpočet NPV - životnost 30 let

Výpočet se provede stejně jako u kratší doby životnosti. V tomto případě mají tepelné čerpadlo a plynový kondenzační kotel životnost 15 let, solární kolektory 30 let. NPV varianty 1 je po 30 letech -1 419 023 Kč a varianty 2 -1 732 437 Kč. Rozdíl NPV varianty 1 oproti variantě 2 je 313 414 Kč. Toto číslo je o více jak 100 000 Kč vyšší než v případě s kratší dobou životnosti projektu, je tedy možné říct, že delší životnost technologií pro vytápění a ohřev teplé vody zvýhodňuje projekt s tepelným čerpadlem.

V následujícím grafu (Obrázek 6) je vidět diskontované CF v jednotlivých letech projektu pro obě varianty a průběh naznačující, jak na tom je ekonomicky varianta 1 oproti variantě 2. Na začátku projektu je mnohem výhodnější varianta s plynovým kondenzačním kotlem, hlavně kvůli výrazně nižší počáteční investici. Tato varianta má ovšem mnohem vyšší výdaje za energie a s přibývajícimi lety se její náskok snižuje. Stejně jako v předchozím případě začne být varianta s tepelným čerpadlem výhodnější investicí mezi 8. a 9. rokem. V polovině grafu jsou vidět zvýšené diskontované hotovostní toky z důvodu výměny zdroje tepla za nový. Zde dojde k poklesu rozdílu

NPV jednotlivých variant do záporných hodnot, a tedy k prohození pořadí variant, ale na rozdíl od kratších životností je varianta 2 výhodnější jen v rok provedení výměny zdroje tepla. Následující roky už zase nastává výhodnost varianty 1.



Obrázek 6 Diskontované CF v čase – delší doba životnosti projektu

4.5 Citlivostní analýzy

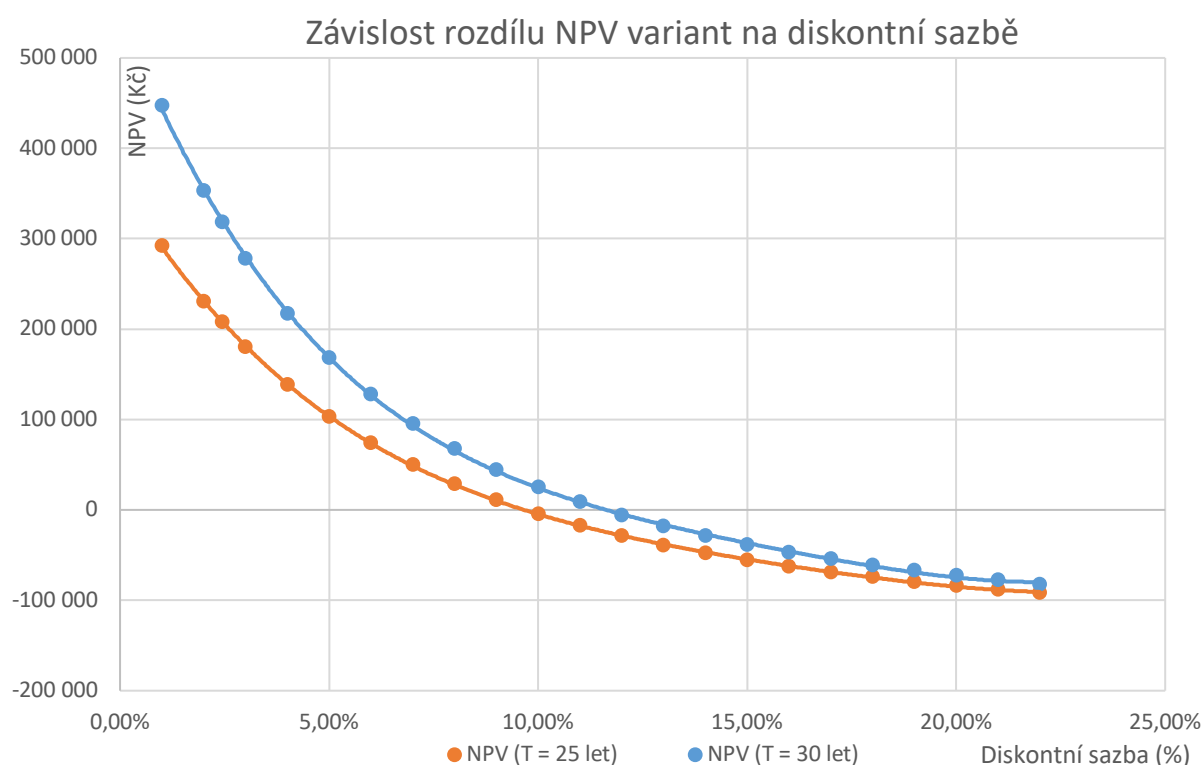
Při hodnocení efektivity opatření používám mnoho parametrů, u kterých jsem si určit jejich hodnoty. Je ale možné, že reálné budoucí hodnoty by se od mnou stanovených mohly odlišovat a varianta s plynovým kondenzačním kotlem by se tak mohla stát výhodnější variantou oproti variantě číslo 1 s tepelným čerpadlem a solárními kolektory. V této kapitole tedy budu zjišťovat, do jaké míry se mohou parametry měnit, aby byla varianta 1 stále vhodnější než varianta 2.

V příloženém excel souboru je možné si změnit libovolně parametry. Pro diskont a inflaci jsou k dispozici posuvníky, pro změnu ostatních parametrů se musí nahradit příslušná buňka požadovanou hodnotou. Také jsou k dispozici grafy diskontovaných CF jak pro kratší, tak i delší životnost projektu, na kterých lze vidět porovnání obou variant. Dále jsou v dokumentu vypracovány tabulky hodnot pro analýzu diskontu, inflace a velikost investice do tepelného

čerpadla. Z těchto tabulek jsou vytvořeny grafy, ukazující rozdíl ve výsledcích při odlišné době životnosti projektu.

4.5.1 Analýza diskontu

Jako diskont mám určený roční úrok z termínovaného vkladu, který je 2,5 %. Na obrázku 7 je graf, znázorňující závislost rozdílu NPV variant na diskontu pro obě doby životnosti projektu. Zvyšující se diskont znamená nižší NPV projektu, protože máme možnost získat větší zhodnocení peněžních prostředků jinde.

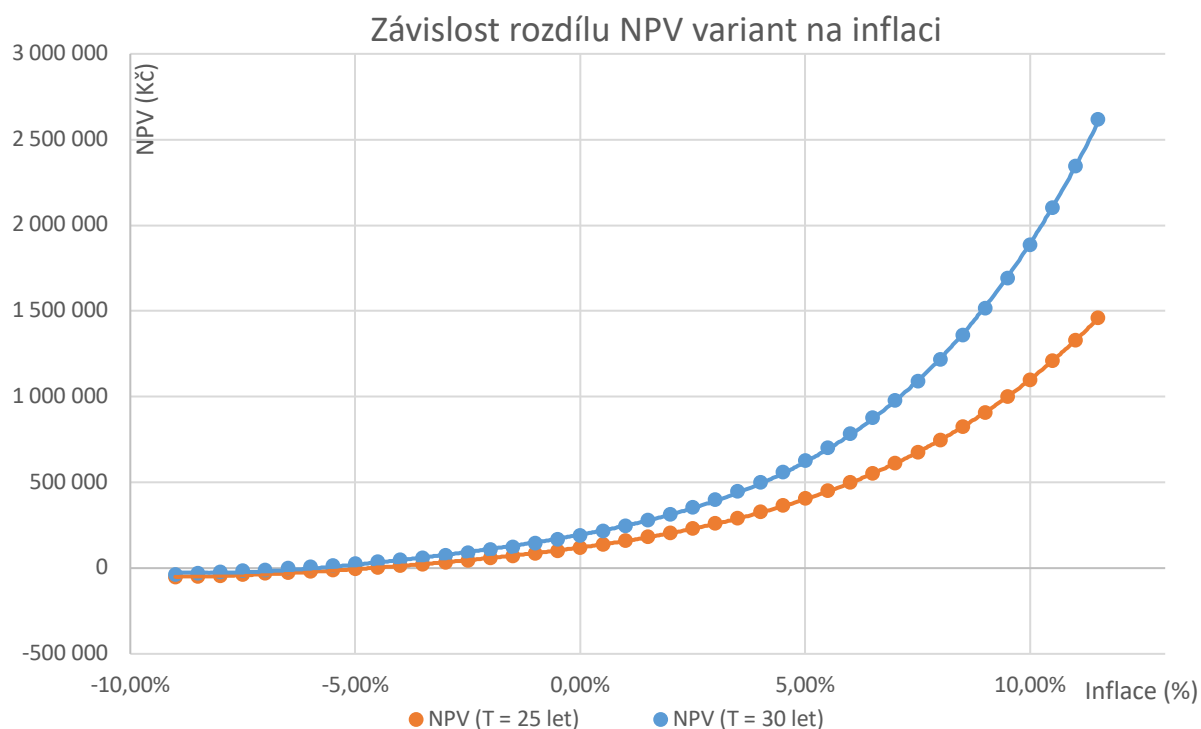


Obrázek 7 Závislost rozdílu NPV variant na diskontní sazbě

Bod zvratu, tedy když je rozdíl NPV variant roven 0, nastane při hodnotě diskontu 9,7 % u kratší doby životnosti projektu a 11,6 % při delší době životnosti. Po překročení těchto hodnot začíná být výhodnější pořídit jako zdroj tepla nový plynový kondenzační kotel na vytápění a teplou užitkovou vodu.

4.5.2 Analýza inflace

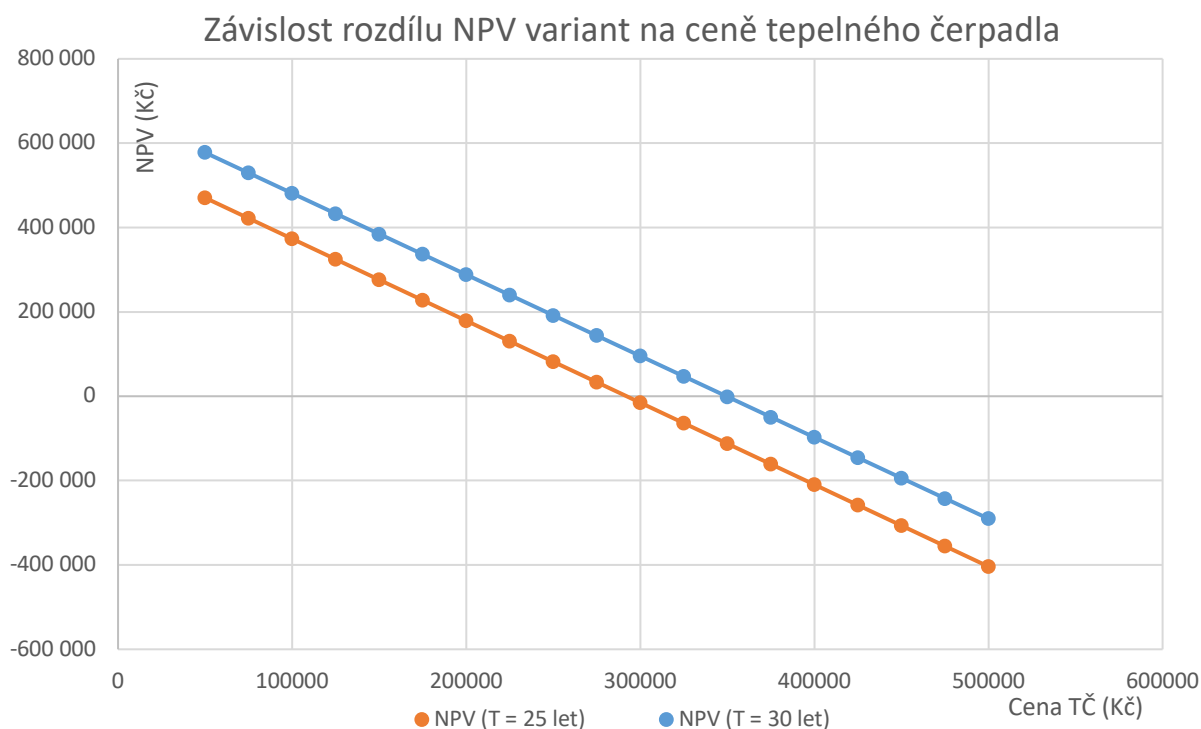
Míru inflace jsem zvolil 2 %. Z grafu lze vidět, že větší eskalace cen zlepšuje výsledek varianty s tepelným čerpadlem. Pokud by se měnil jenom parametr inflace, mohlo by dojít k prohození pořadí variant jen při deflaci -4,7 % při délce projektu 25 let nebo -6,3 % při délce projektu 30 let.



Obrázek 8 Závislost rozdílu NPV variant na inflaci

4.5.3 Analýza ceny tepelného čerpadla

V grafu (Obrázek 9) je znázorněno, jak cena tepelného čerpadla ovlivňuje celkové NPV projektu, když se vybere varianta 1 oproti variantě 2. Vybrané tepelné čerpadlo by mohlo stát 292 142 Kč při kratší době životnosti tohoto zařízení a NPV by v tuto chvíli bylo 0. Varianta 1 by tedy byla stále přijatelná. V případě doby trvání projektu 30 let by tepelné čerpadlo mohlo mít cenu 349 452 Kč. Vyšší dovolená hodnota u delší doby životnosti zařízení na výrobu tepla je způsobena především větší úsporou za energie kvůli více aktivním rokům. Průběh závislosti je lineární.



Obrázek 9 Závislost rozdílu NPV variant na ceně tepelného čerpadla

4.6 Zhodnocení přínosů a nákladů

4.6.1 Přínosy

Ať máme pesimistické nebo optimistické předpovědi pro délku životnosti použitých technologií, je vidět, že investovat do zařízení s tepelným čerpadlem vzduch/voda a solárními kolektory je pro daný typ objektu v dlouhodobém časovém intervalu ekonomicky výhodnější oproti plynovému kondenzačnímu kotli.

Dalším přínosem je vyšší šetrnost vůči životnímu prostředí, žádné z použitých zařízení ve variantě 1 nevytváří spaliny. Neekologičnost by se technologiím mohla přiřadit nepřímo jako spaliny, vzniklé při výrobě elektrické energie, kterou spotřebovávají. Ekologičnost dále zvyšují solární kolektory, které spotřebují velice nepatrné množství elektrické energie na svůj provoz. Pokud by teplou užitkovou vodu ohřívalo pouze tepelné čerpadlo, spotřebovalo by se více elektrické energie, se kterou jsou nepřímo spojeny škodlivé plyny, vznikající při její výrobě.

Eliminace plynu zjednoduší administrativu v domácnosti, protože za něj nebudou žádné faktury.

4.6.2 Náklady

Investice do varianty 1 byla výrazně vyšší než do varianty 2, především kvůli vysoké ceně tepelného čerpadla. V části s citlivostní analýzou jsem se díval na výhodnost varianty 1, kdyby tepelné čerpadlo mělo vyšší cenu. K prohození pořadí projektů by došlo až při velikém nárůstu ceny tohoto zdroje tepla a čím déle by fungoval, tím větší by jeho cena mohla být.

Náklady na elektrickou energii jsou oproti variantě 2 výrazně sníženy díky jiné sazbě za elektřinu. Rozdíl v ceně za ostatní spotřebiče v domácnosti, které nesouvisejí s nainstalovanými zdroji tepla, je na začátku projektu více než 7 500 Kč ročně. Tato částka se s přibývajícím lety zvyšuje vlivem eskalace cen. Ještě vyšší je rozdíl v samotných použitých zařízeních obou variant, kde u varianty 1 se na začátku životnosti projektu zaplatí o více jak 18 700 Kč ročně méně za vytápění a ohřev teplé užitkové vody než u varianty s plynovým kondenzačním kotlem. Toto číslo se také zvyšuje vlivem eskalace cen.

Transakční náklady investice varianty 1 byly 1,34 % celkové investice, což není mnoho. Je to způsobeno velmi malou administrativou spojenou s instalací nového zdroje tepla v porovnání s jeho celkovou cenou. Pro tento případ výměny tepelného zdroje by nebylo možné využít ani program Nová zelená úsporám ani kotlíkové dotace, původní plynový kondenzační kotel se podle těchto dotačních programů neklasifikuje jako neekologický. Pokud bychom ale uvažovali, že by bylo možné dotaci na toto zařízení dostat nebo že by původní tepelný zdroj byl kotel na uhlí, výdaje by se díky příspěvku snížily. Na druhou stranu by se výrazně zvýšily transakční náklady, které se v takovýchto případech pohybují okolo 10 % ceny investice. [25] Transakční náklady tedy už tvoří výraznou část nákladů, a proto je důležité je započítávat, protože jejich absence může rozhodnout o přijetí nebo nepřijetí zdánlivě výhodného, ale ve skutečnosti ztrátového projektu. V mém modelovém případě by ale transakční náklady přijetí nebo nepřijetí projektu s největší pravděpodobností neovlivnily, jelikož je rozdíl NPV variant bez dotace vysoký. Transakční náklady investice varianty 2 jsou několikrát vyšší, 5,98 % celkové investice.

5 Závěry a doporučení

5.1 Zhodnocení projektu

Projekt uvažoval 2 různé varianty použitých technologií pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Varianta 1 obsahuje tepelné čerpadlo a solární kolektory pro zajištění vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Varianta 2 má jako zařízení pro vytápění a teplou vodu plynový kondenzační kotel. Vypočítané NPV varianty 1 oproti variantě 2 má kladnou hodnotu, vybrané technologie (tepelné čerpadlo a solární kolektory) jsou tedy oproti porovnávané variantě ekonomicky výhodné. Projekt by měl kladné NPV i kdyby doba trvání projektu byla kratší. V mnou použitých dobách životností projektů se v obou případech stalo, že varianta 1 se už při prvním nainstalovaném tepelném čerpadle dostala do kladných hodnot a výměna za nové tepelné čerpadlo v polovině životnosti projektu způsobila na určitou dobu (4 roky u doby životnosti projektu 25 let, 1 rok u doby životnosti projektu 30 let) změnu pořadí variant. Pokud by se snižovala celková životnost projektu, došlo by k tomu, že by se varianta s tepelným čerpadlem a solárními kolektory stala výhodnou až po výměně tepelného čerpadla v polovině projektu. Na druhou stranu, kdyby se prodlužovala životnost použitých tepelných zdrojů, a tím i životnost projektu, nedošlo by už k výměně pořadí variant při výměně tepelného čerpadla v půlce životnosti projektu. Varianta 1 by se tedy stala výhodnou mezi 8. a 9. rokem a zůstala by jako ekonomičtější varianta až do konce životnosti projektu. Z výsledků lze vidět, že takováto situace by nastala už při 31 letech, protože při životnosti 30 let je NPV v záporu pouze 3 446 Kč.

Z hodnot výsledků lze dovodit, že čím delší životnost tepelné čerpadlo vzduch/voda a solární kolektory mají, tím vyšší bude výsledná úspora oproti plynovému kondenzačnímu kotli.

Výsledkem realizace opatření s technologiemi varianty 1 je dům se znatelně nižším odběrem energie od distribučních společností. Dům je i přes toto snížení schopný zajistit potřeby obyvatel domu. Navíc obnovitelné zdroje energie přispívají k jeho ekologičnosti.

5.1.1 Zpřesnění výsledků

Výsledek výpočtu se bude zpřesňovat s přibývajícími roky, kdy budou k dispozici skutečné ceny za energii a ostatní skutečné hodnoty určených parametrů. Je možné, že celková skutečná NPV bude vyšší, protože použité tepelné zdroje budou fungovat déle než 12,5 nebo 15 let.

Další zpřesnění by zajistilo sehnání kompletních vyúčtování z archívu distributorů energií. Nemuselo by se tedy nic dopočítávat. Správnost výsledků by měla být zajištěna i při přepočítání, jde tedy spíš o usnadnění získání potřebných dat.

5.1.2 Srovnání efektivity s jiným tvrzením

Podle příkladu na stránkách společnosti E.ON [37] se peníze investované do tepelného čerpadla vrátí od 6 do 8 let, což je o rok méně než můj výpočet. V příkladu, který je na stránkách uveden, se ovšem uvažuje, že starý tepelný zdroj vydrží alespoň do té doby, než se tepelné čerpadlo splatí. Počet let, potřebných na splacení tepelného čerpadla by zde tedy mohl být ještě nižší, kdyby se počítalo s výdaji, které by přinesla investice do alternativní varianty. Roky splacení jsou na minimální hranici také proto, že se příklad počítá podle návratnosti, která neuvažuje časovou hodnotu peněz. Další rozdíl, který ovlivňuje výsledek je alternativní varianta, kterou je v tomto případě přímotop a jeho cena za vytápění je určena o 17 000 více než v mém případě s vytápěním plynovým kotlem, což vykresluje tepelné čerpadlo jako ještě výhodnější technologii.

5.1.3 Jiný jistič

V domě, na kterém byla provedena změna zdroje vytápění na tepelné čerpadlo, byl před i po instalaci tepelného čerpadla jistič 3x32 A. Pokud by se místo tepelného čerpadla provedl projekt s plynovým kondenzačním kotlem, stačila by menší hodnota jističe, což by znamenalo nižší výdaje za fixní ceny elektrické energie. NPV varianty 2 by se tedy zvýšila a celková výhodnost varianty 1 oproti variantě 2 by se snížila. Tato změna by ale neměla vliv na pořadí projektů a tepelné čerpadlo se solárními kolektory by zůstaly jako investice stále výhodnější.

5.1.4 Energie ze solárních kolektorů

V kapitole 2.2.5 (Vybraná varianta) jsem odhadl, že tepelné kolektory by mohly vyrobit za rok 1,549 MWh. Z dostupných dat na ovládacím panelu tepelného čerpadla jsem zjistil, že za 4 roky

provozu solární kolektory vyrobily 4 455 kWh. To se rovná 1,114 MWh za rok. Reálná hodnota je tedy o více než 400 kWh menší. To je způsobeno především neaktivitou solárního okruhu v letních dnech, kdy je voda dostatečně ohřáta nebo také ne úplně nejlepším umístěním kolektorů na střeše.

5.1.5 Vnitřní zateplení

U budov v památkových zónách měst je alternativou k vnějšímu zateplení vnitřní zateplení. Výhoda je, že se nijak nezmění vnější vzhled budovy. Malá akumulace tepla do stěn způsobuje rychlejší vyhřátí objektu oproti vnějšímu zateplení, ale také rychlejší vychladnutí. Nevýhodou je snížení velikosti místností o tloušťku izolace. V izolaci také vznikají tepelné mosty, které zvyšují tepelnou ztrátu objektu (oproti tomu, kdyby tam nebyly) a vyvolávají kondenzaci par a vznik plísní. U provádění vnitřního zateplení se tedy musí velmi dbát na kvalitu. Další nepříjemností je omezení pohybu v objektu při provádění zateplení. [38]

V modelovém případě této práce by vnitřní zateplení mohlo být teoreticky provedeno jako doplňkové opatření, které by snížilo tepelné ztráty objektu, což by se projevilo na snížených účtech za energie. Snížení tepelných ztrát by také znamenalo možnost pořízení zdroje tepla s nižším výkonem. Počáteční investiční výdaj za tepelný zdroj by tedy byl menší. Na druhou stranu by vznikl výdaj za provedení vnitřního zateplení.

5.2 Doporučení

Je zřejmé, že investování do energeticky efektivních technologií, popsaných v této práci, je výhodné pro výrazné snížení výdajů za energie. Tento projekt také nebyl podporován žádnými dotačními programy, z čehož vyplývá, že je provedení opatření výměny starých zařízení na výrobu tepla a ohřev vody za nové efektivnější technologie vhodné i pro majitele domů, kteří mají zdroje tepla z ekologického hlediska dostačující, ale ne ekonomicky efektivní.

V mých výpočtech se počítá s tím, že se tepelné čerpadlo ve variantě 1 a plynový kondenzační kotel ve variantě 2 vymění za stejné modely v polovině celkové životnosti projektu. Vzhledem k technickému vývoji by ale bylo lepší, kdyby se před výměnou tepelného zdroje zjistilo, jestli nebyly vyrobeny úspornější modely, které by případně zvýšily celkovou efektivitu projektu a případně je použít místo původního vybraného modelu.

5.3 Shrnutí celé práce

V části s různými možnostmi opatření byly podrobně popsány technologie relevantní k modelovému případu. Byly zmíněny i další technologie. V této části jsem také popsal objekt modelového případu a představil technická zařízení, která dále při výpočtech představují variantu 1. Je také napsáno, jak se tato zařízení vybírají.

V části s metodikou byly představeny nejčastější způsoby hodnocení projektů, jako jsou NPV, IRR a návratnost. Byly ukázány jejich výhody i nedostatky a vzorce pro výpočet. Také bylo doporučeno, jak a kdy se metody dají použít. Také jsem rozhodl, že pro hodnocení našeho modelového případu bude nejlepší provést výpočet pomocí metody čisté současné hodnoty (NPV).

V části s výpočty efektivity vybraných opatření byly nejprve upřesněny varianty, se kterými se poté počítalo. Následně jsem představil a určil parametry, které mohou ovlivnit výpočet. Také jsem zpracoval výdaje počátečních investic pro obě varianty. V rámci výdajů byly zjištěny i transakční náklady, které jsou v tomto případě malé. To je způsobeno malou administrací spojenou s projektem. V podkapitole s parametry jsem si určil 2 různé životnosti projektů, jednu na 25 let, druhou na 30 let. Pro určení jejich ekonomické efektivity jsem vypočítal jejich NPV podle vzorce, popsaného v kapitole s metodikou. Výsledkem byly velice příznivé hodnoty NPV pro obě životnosti při srovnání varianty 1 (tepelné čerpadlo a solární kolektory) s variantou 2 (plynový kondenzační kotel). Z výsledků je zřejmé, že čím vyšší by byla životnost projektu, tím výhodnější instalace tepelného čerpadla a solárních kolektorů bude oproti plynovému kondenzačnímu kotli. Bylo tedy potvrzeno, že v dlouhodobém časovém úseku provedení opatření ušetří hodně peněz.

6 Zdroje

1. *Seznam výrobků a technologií* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2014 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://svt.sfzp.cz>
2. *Nová zelená úsporám* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz>
3. *Dotační program Kotlíkové dotace v Olomouckém kraji II. Olomoucký kraj* [online]. Olomouc: Krajský úřad Olomouckého kraje, 2017 [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <https://www.kr-olomoucky.cz/dotacni-program-kotlikove-dotace-v-olomouckem-kraji-ii-cl-4047.html>
4. DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-2019-7.
5. *Princip tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpada>
6. *Jaká je adekvátní cena tepelného čerpadla?* EON [online]. České Budějovice: EON, c2017 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/tepelne-cerpadlo-cena>
7. *Základní pojmy v tepelných čerpadlech. Abeceda čerpadel* [online]. Česká republika, 2017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/pojmy-a-princip>
8. *Energie ze Slunce*. Viessmann [online]. Chrást: Viessmann, spol. s r.o., c2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/solarni-systemy/ploche-kolektory.html>
9. *JAKÁ JE ŽIVOTNOST SOLÁRNÍHO KOLEKTORU?* Československá společnost pro sluneční energii [online]. Praha: Topinfo CMS, c2010-2017 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/21.jaka-je-zivotnost-solarniho-kolektoru>
10. *Princip solárního kolektoru. Skupina ČEZ* [online]. ČEZ, 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
11. *Kolik stojí solární kolektory pro ohřev vody a vytápění? A kolik ušetříte?* Nazeleno.cz [online]. NetBrokers Holding, c2015 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/kolik-stoji-solarni-kolektory-pro-ohrev-vody-a-vytapeni-a-kolik-usetrite.dic>
12. *Co, proč a jak chráníme. Národní památkový ústav* [online]. Praha [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/opravujete-pamatku/jak-postupovat/co-proc-a-jak-chranime>

13. KARÁSEK, Jiří. Výsledky programu Zelená úsporám. In: *Nová zelená úsporám* [online]. Ministerstvo životního prostředí, c2009, 25/10/2011 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://japatech.zelenausporam.cz/gallery/0/98-01_sfzp_vysledky_programu_zelena_usporam_jiri_karasek.pdf
14. KALINA, Zbyněk. *Energeticky úsporné spotřebiče*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT.
15. PONCAROVÁ, Jana. Automatické kotle se zásobníkem: Vyplatí se?. *Dřevostavitel* [online]. Brno: NETION, 1/1/2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/automaticke-kotle-se-zasobnikem>
16. *Projekční návod Vitocal: Tepelná čerpadla vzduch/voda, provedení Split, Výkon 3,0 až 10,6 kW*. Rudná, 2011. Dostupné také z: www.viessmann.com
17. *Metodika pro návrh tepelného čerpadla vzduch-voda_28-05-2012* [online]. In: . Praha: Asociace pro využití tepelných čerpadel, 2012, s. 6 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: http://www.avtc.cz/?download=_/dokum/metodika-pro-navrh-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda_28-05-2012-pracovni-verze.pdf
18. *Projekční návod - Příklady zařízení: Tepelná čerpadla vzduch/voda, provedení Split, Výkon 3,0 až 10,6 kW*. Rudná, 2015.
19. Schéma pro zapojení solárních setů s kotlem BRÖTJE WBS. In: *CG Solární sety* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.gc-solarni-sety.cz/informace/technicke-informace/schemata-zapojeni-solarnich-setu/>
20. BREALEY, Richard A. a Stewart C. MYERS. *Teorie a praxe firemních financí*. Praha: Victoria, 1991. ISBN 80-85605-24-4.
21. Záporné úrokové sazby aneb Kam až může zajít měnová politika. Lidovky.cz: Česká pozice [online]. Praha: MAFRA, c2017, 7.6.2013 [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/zaporne-urokove-sazby-aneb-kam-az-muze-zajit-menova-politika-p5m-/tema.aspx?c=A130607_080632_pozice_133360
22. Investopedia [online]. USA: Investopedia, 2017 [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com>
23. STARÝ, Oldřich. Investiční rozhodování. In: *Ekonomika podniku A1B16EKP* [online]. Praha: ČVUT, 2017, s. 18 [cit. 2017-12-18]. Dostupné z: <https://moodle.fel.cvut.cz/course/view.php?id=1424>
24. SCHOLLEOVÁ, Hana. *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy. 2.*, aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4004-1.
25. VALENTOVÁ, Michaela. *TRANSAKČNÍ NÁKLADY PROGRAMŮ NA PODPORU ENERGETICKÉ EFEKTIVNOSTI* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-12-16]. Dostupné z:

- <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/15302>. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd.
26. Transakční náklady. *Management Mania* [online]. c2011-2016, 9/5/2013 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/transakcni-naklady>
 27. Spoření a investice. *Měšec.cz* [online]. Praha: Internet Info, c1998-2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.mesec.cz/sporeni-a-investice/>
 28. Ceny elektrické energie platné od 1.1.2017 do 31.12.2017. *TZBinfo* [online]. Topinfo, c2001-2018, 1/1/2017 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/16774-ceny-elektricke-energie-platne-od-1-1-2017-do-31-12-2017>
 29. Ceny zemního plynu platné od 1.1.2017 do 31.12.2017. *TZBinfo* [online]. Topinfo, c2001-2018, 1/1/2017 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/16777-ceny-zemniho-plynu-platne-od-1-1-2017-do-31-12-2017>
 30. *Úplné náklady práce - 2016* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2017, 30/11/2017, , 1 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/45379600/1100271703.pdf/27214c30-b9e1-4eec-86c8-caff3eca517a?version=1.0>
 31. Ceny zemního plynu platné od 1.1.2010 do 31.12.2010. *TZBinfo* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/6981-ceny-zemniho-plynu-platne-od-1-1-2010-do-31-12-2010>
 32. Solární systémy versus tepelná čerpadla. *Solární systémy Kocián* [online]. Stádlec, c2015 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://solarnisystemynaohrevvody.cz/solarni-systemy-nebo-tepelne-cerpadlo>
 33. Aktuální prognóza ČNB. *Česká národní banka* [online]. Praha, c2003-2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/
 34. PRODUCED BY NATURAL RESOURCES CANADA'S OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY. *Heating and cooling with a heat pump*. Rev. Dec. 2004. Ottawa: Office of Energy Efficiency, 2004. ISBN 06-623-7827-X.
 35. How Long Do Boilers Last?. *HomeServe* [online]. Leeds: Help-Link UK, c2018, 1/29/2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.homeserveheating.co.uk/news/boiler-guides/how-long-do-boilers-last>
 36. *SUEZ* [online]. SUEZ Využití zdrojů [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.sita.cz/24806-reference>

37. Jaká je návratnost tepelného čerpadla?. *EON* [online]. České Budějovice [cit. 2018-05-12].
Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/navratnost-tepelneho-cerpadla#anchor-menu>
38. ŠÁLA, Jiří. O vnitřním zateplení. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2018, 4/5/2001 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrnim-zatepleni>

7 Samostatná příloha 1

Excel soubor „Vypocetv2“, obsahuje 2 listy: list „NPV“ s výpočty NPV a citlivostními analýzami a list „Energie“ s výpočty průměrné spotřeby energií.