



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Tepelná čerpadla pro RD

Heat pumps for family house

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Josef Černohous

Martin Špatenka

Praha 2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Špatenka Martin**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Tepelná čerpadla pro rodinný dům

Pokyny pro vypracování:

1. Tepelnětechnické vlastnosti objektu.
2. Návrh variant vytápění pomocí různých typů TČ ve vazbě na tepelně technické parametry objektu.
3. Ekonomické zhodnocení variant.

Seznam odborné literatury:

1. Kislíngrová E.: Manažerské finance. C.H. Beck, 2010, 3. vydání.
2. Beranovský J., Truxa J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA group spol. s.r.o., 2004, 2. aktualizované vydání.
3. Knápek J., Geuss E.: Ekologie a ekonomika. Vydavatelství ČVUT, 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Černošous

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.

děkan

V Praze dne 10.2.2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil pouze odbornou literaturu a prameny uvedené v příloženém seznamu použité literatury. Nemám námitek proti půjčení práce se souhlasem katedry ani proti zveřejnění práce nebo její části.

V Praze dne 18.5.2015

Martin Špatenka

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu inženýru Josefu Černohousevi, za vedení práce. Za jeho rady, připomínky a vstřícné jednání při osobních konzultacích.

Děkuji také celé své rodině, za obrovskou trpělivost v mém studiu a také za poskytnutí psychické i finanční podpory.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá výpočtem vhodné varianty vytápění rodinného domu pomocí tepelného čerpadla. Nejdříve přibližuje problematiku spojenou s tepelnými čerpadly. Následně popisuje způsob výpočtu tepelné ztráty konkrétního rodinného domu a potřebu tepla pro výrobu teplé užitkové vody. Na závěr je provedeno ekonomické porovnání několika variant vytápění a ohřevu teplé užitkové vody pomocí tepelných čerpadel.

Klíčová slova: tepelné čerpadlo, tepelná ztráta, zdroj tepla

Abstract

The subject of this bachelor's thesis is the calculation of a suitable use of heat pumps as a heat source in a family house. First of all, it gives insight into the essence of heat pumps. Subsequently, it describes a way of calculating thermal loss in a particular family house and the amount of heat needed for manufacturing warm potable water. The work is concluded by economical comparison of a few heating alternatives and ways of heating potable water using heat pumps.

Key words: heat pump, thermal loss, heat source

Obsah

Úvod	8
1. Tepelná čerpadla	9
1.1. Typy tepelných čerpadel.....	11
1.2. Tepelné čerpadlo Země/Voda - Hlubinný vrt.....	11
1.3. Tepelné čerpadlo Země/Voda – Povrchový kolektor	12
1.4. Tepelné čerpadlo Voda/Voda - Podzemní voda	13
1.5. Tepelné čerpadlo Voda/Voda - Povrchová voda.....	14
1.6. Tepelné čerpadlo Vzduch/Voda	15
1.7. Plynové tepelné čerpadlo	16
1.8. Tepelné čerpadlo Vzduch/Vzduch.....	16
1.9. Historie tepelných čerpadel	17
2. Tepelně technické vlastnosti objektu.....	21
2.1. Konstrukční prvky objektu.....	21
2.2. Výpočet tepelné ztráty objektu.....	22
2.3. Výpočet roční potřeby tepla	26
3. Vstupy ekonomického modelu	29
3.1. Pořizovací náklady.....	29
3.2. Změna spotřeby a ceny energií	29
3.2.1. Plyn.....	29
3.2.2. Elektřina.....	30
3.3. Celkové porovnání.....	31
3.4. Výdaje	34
4. Model ekonomického zhodnocení.....	35
4.1. Průměrná roční míra inflace	35
4.2. Diskontní sazba	35
4.3. Čistá současná hodnota	36
4.4. Roční ekvivalentní tok hotovosti	37
4.5. Kumulovaná diskontovaná úspora a diskontovaná doba splacení	38
4.6. Ekonomické zhodnocení variant vytápění RD před zahájením výstavby	39
Závěr.....	41
Použitá literatura.....	43
Seznam příloh.....	45

Obrázek 1- Princip tepelného čerpadla, zdroj: http://www.chlazenizlin.cz/tepelna-čerpadla	10
Obrázek 2 - Hlubinný vrt, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-vrt&id=001&idsub=0004	11
Obrázek 3 - Povrchový kolektor, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-plocha&id=001&idsub=0002	12
Obrázek 4 - Podzemní voda, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-čerpadla-voda-voda&id=001&idsub=0005	13
Obrázek 5 - Povrchová voda, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-rybnik&id=001&idsub=0003	14
Obrázek 6 - Vzduch/Voda, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-čerpadla-vzduch-voda&id=001&idsub=0006	15
Obrázek 7 - Vzduch/Vzduch, zdroj: http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-čerpadla-vzduch-vzduch&id=001&idsub=0007	16
Obrázek 8 - graf počtu tepelných čerpadel, zdroj: http://www.mpo.cz/dokument150513.html	20
Obrázek 9 - Graf průběhu teplot konstrukcí obvodového zdiva [15]	24
Obrázek 10 - Koláčový graf rozdělení tepelných ztrát obálkou budovy	26
Obrázek 11 - Graf diskontované doby splacení	39
Obrázek 12 - Graf diskontované doby splacení před zahájením výstavby	40
Tabulka 1 - Prostupy konstrukcemi	21
Tabulka 2 - Výpočtové teploty	22
Tabulka 3 - Odpory přestupu tepla [14]	23
Tabulka 4 - Ztráty jednotlivých místností	25
Tabulka 5 - Vypočtené hodnoty roční potřeby tepla	28
Tabulka 6 - Plyn před instalací tepelného čerpadla	30
Tabulka 7 - Plyn po instalaci tepelného čerpadla	30
Tabulka 8 - Elektřina před instalací tepelného čerpadla	31
Tabulka 9 - Elektřina po instalaci tepelného čerpadla	31
Tabulka 10 - Vytápění s plynovým kotlem	31
Tabulka 11 - Vytápění s tepelným čerpadlem	31
Tabulka 12 - Spotřeba energie tepelnými čerpadly	32
Tabulka 13 - Tabulka ročních výdajů	34
Tabulka 14 - Čistá současná hodnota projektů	37
Tabulka 15 - Roční ekvivalentní tok hotovosti projektů	38
Tabulka 16 - Investiční kritéria před zahájením výstavby	39

Úvod

Tato bakalářská práce na téma „Tepelná čerpadla pro RD“ se zabývá návrhem vhodného způsobu vytápění rodinného domu pomocí tepelného čerpadla. V první kapitole je vysvětleno, co je to tepelné čerpadlo (TČ) a na jakém principu tepelné čerpadlo funguje. Dále jsou zde rozepsány jednotlivé druhy tepelných čerpadel, jsou zde popsány jejich vlastnosti a využitelnost na našem území. Také je zde vysvětleno, jakým způsobem se určuje jejich označení. Zbytek kapitoly tvoří historie tepelných čerpadel a jejich rozvoj na našem území.

Druhá kapitola je věnována tepelně technickým vlastnostem objektu. Je zde uveden konkrétní objekt, který jsem vybral pro mé výpočty. Dále jsou zde informace, z jakých konstrukčních prvků se objekt skládá a jaké mají tyto konstrukční prvky tepelné vlastnosti. Následovně je zde uveden podrobný výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností a tepelných toků mezi nimi. Díky tomu je vypočtena celková tepelná ztráta objektu. Na základě vypočtené tepelné ztráty objektu je později volen vhodný typ tepelného čerpadla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV). Následuje podrobný výpočet potřeby teplé vody pro domácnost. Z těchto dvou parametrů je vypočítána celková roční potřeba tepla objektu

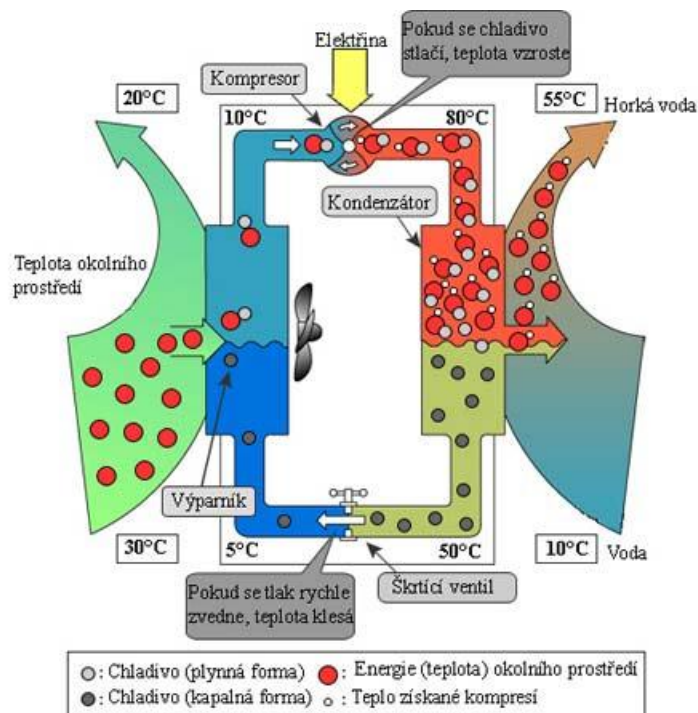
Třetí kapitola popisuje vstupy ekonomického modelu. Je zde uvedeno, jakým způsobem byly získány nabídky na jednotlivá tepelná čerpadla, jak se změní spotřeba elektrické energie a plynu při přechodu z vytápění pomocí plynové kotle na vytápění tepelným čerpadlem. S tím spojené změny sazeb za odebírané energie. V této kapitole je také uvedeno celkové porovnání, kolik peněz ušetříme za elektřinu a plyn pouhým přechodem na vytápění tepelným čerpadlem. Dále jsou zde rozepsány roční výdaje u jednotlivých typů vytápění, zahrnující spotřebované energie a také údržbu a servis s nimi spojený.

Poslední kapitola mé práce popisuje model ekonomického zhodnocení stávajícího stavu, kdy je zvolený objekt vytápěn plynovým kotlem. Je zde vysvětleno, jakým způsobem jsem volil vstupní data do ekonomického modelu. Tím je myšlena například velikost inflace a diskontní sazby. Jakými investičními kritérii se řídím při výběru nejvýhodnější investice a také, jakým způsobem se tyto investiční kritéria počítají. Je zde uvedena i kumulovaná diskontovaná úspora a diskontovaná doba splacení jednotlivých projektů. V závěru poslední kapitoly je uvedena varianta ekonomického modelu, který počítá s možností výběru zdroje vytápění a ohřevu teplé užitkové vody ještě před započítáním výstavby.

1. Tepelná čerpadla

Hlavním bodem této kapitoly je seznámení se s tepelnými čerpadly, s důležitými pojmy a principem činnosti. Výstupem by měl být přehled různých typů tepelných čerpadel, jejich vlastností a využitelnosti.

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie díky tomu, že pracují na principu čerpání nízkopotenciálového tepla a toto teplo předávají do topné vody určené pro ohřívání teplé užitkové vody nebo k vytápění. Tepelná čerpadla pracují na stejném principu jako chladnička, která odebírá teplo potravinám a toto teplo šíří do svého okolí. U tepelného čerpadla se teplo získává z okolního prostředí, což může být teplo uložené v zemi, které se čerpá pomocí hlubinných vrtů, nebo pomocí plošných kolektorů. Nemrznoucí směs je ohřátá teplem okolí a je pomocí čerpadla odvedena do výparníku, kde se teplo nabrané v zemi či vzduchu předá chladivu kolujícím uvnitř zařízení tepelného čerpadla. Chladivo se přivede do výparníku, kde se vypaří a vzniklý plyn je nasán kompresorem. V kompresoru je ohřáté chladivo, které bylo vypařeno ve výparníku prudce stlačeno a díky tomu, že při vyšším tlaku stoupá teplota, je vypařené chladivo schopné dostat se na vyšší teplotní hladinu, která je cca 80°C [1]. Takto ohřáté chladivo putuje do kondenzátoru, kde se teplo předá topné vodě, pomocí níž se bude objekt vytápět, nebo ohřevu teplé užitkové vody a plynné chladivo se mění na kapalné skupenství. Chladivo v kapalném skupenství pokračuje přes expanzní ventil, kde se výrazně sníží jeho teplota, zpět do výparníku, kde mu bude opět předáno teplo a celý proces se neustále opakuje.



Obrázek 1- Princip tepelného čerpadla, zdroj: <http://www.chlazenizlin.cz/tepelna-čerpadla>

Další způsob čerpání tepla je přímo z venkovního vzduchu. Využívá se tedy takřka nevyčerpatelné energie, kterou nám poskytuje okolní prostředí. V tepelných čerpadlech proudí nemrznoucí směs, jelikož jsou schopny pracovat až do teplot pod bodem mrazu. Tepelná čerpadla, která odebírají teplo ze vzduchu, pracují na stejném principu. Pokud je teplota pod bodem mrazu, je tepelné čerpadlo stále schopno čerpat teplo z okolí a to tak, že teplota chladiva musí být o několik stupňů nižší než teplota venkovní. Tímto způsobem dokáže tepelné čerpadlo pracovat i v teplotách pod bodem mrazu. Avšak při provozu za takto nízkých teplot tepelnému čerpadlu razantně ubývá topný faktor.

Topný faktor je důležitým pojmem. U tepelných čerpadel se jejich účinnost neuvádí v procentuální formě, ale pomocí topného faktoru. Je to poměr mezi vyrobeným teplem a energií k této činnosti potřebné. Jednoduše můžeme říci, že čím je topný faktor tepelného čerpadla vyšší, tím je jeho provoz levnější. Topný faktor není konstantní hodnota. Je závislý na několika faktorech. Záleží na teplotě topné vody, čím nižší teplota topné vody je zapotřebí, tím se zlepšuje topný faktor. Dalším faktorem je venkovní teplota. Protože tepelné čerpadlo čerpá nízkopotenciálové teplo z vnější, záleží na teplotě vnějšího prostředí. Topný faktor klesá se snižující se teplotou okolí. Pokud při nízkých teplotách topný faktor klesne natolik, že nestačí zásobovat objekt požadovaným množstvím tepla, je zapotřebí tuto tepelnou energii dodat z externího zdroje energie. Takovýmto externím zdrojem bývá často plynový nebo elektrický kotel.

1.1. Typy tepelných čerpadel

V této kapitole osvětlím jednoduchý mechanismus pro udělování názvů pro různé typy tepelných čerpadel. Název tepelných čerpadel se vždy skládá ze dvou, od sebe lomítkem oddělených slov. Slovo za lomítkem označuje typ média, kterému je teplo předáváno (voda, vzduch). Pokud je teplo předávané vodě, jedná se o aplikaci, kdy je ohřívána voda otopného systému pro vytápění nebo TUV. Pokud je teplo předáváno vzduchu, s největší pravděpodobností se jedná o klimatizaci. Vzniká zde však problém, který se týká prvního slova před lomítkem. Jsou dva způsoby, jak první slovo chápat. Může značit, tak jako slovo za lomítkem, typ teplotního média v primárním okruhu. Nejčastější však je, že slovo před lomítkem udává, „odkud tepelné čerpadlo teplo čerpá“ (země, voda, vzduch). Toto běžné označení, které používají výrobci, ale nevyjadřuje zdroj čerpaného nízkopotenciálního tepla. Například instalace Země/Voda využívá geotermální energii při hlubinném vrtu, při povrchovém kolektoru se ale využívá energie slunečního záření. V této práci se budu zabývat pouze vytápěním pomocí otopné soustavy, proto aplikaci vzduch/vzduch, tedy klimatizaci pouze uvedu ve výčtu typů tepelných čerpadel.

1.2. Tepelné čerpadlo Země/Voda - Hlubinný vrt



Obrázek 2 - Hlubinný vrt, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-vrt&id=001&idsub=0004>

Tento způsob řešení tepelného čerpadla čerpá teplo ze země pomocí hlubinného vrtu o hloubce 60 m až 200 m [2]. Průměrně je na 1kW tepelné ztráty objektu potřeba 15m vrtu. Do vrtu o průměru 125 mm až 165 mm se instaluje plastový výměník tvořený uzavřeným okruhem potrubního vedení. Pokud je potřeba, provádí se několik paralelních vrtů. Nejlépe se tato metoda hodí do oblastí s tvrdým podložím. Naopak v oblastech, kde se do větší hloubky nacházejí písky a štěrky, je vrtání obtížnější. Tepelné čerpadlo s vrty má vysoký topný faktor, neboť čerpá teplo z velké hloubky a jeho výkon je velice stabilní i při velmi nízkých venkovních teplotách. Spotřeba elektřiny bývá až o 30% nižší než u čerpadel Vzduch/Voda [3]. Tato aplikace je realizovatelná u většiny objektů, díky malým nárokům na prostor. Nevýhodou jsou vyšší investiční náklady spojené s instalací vrtu a nutnost stavebního povolení.

1.3. Tepelné čerpadlo Země/Voda – Povrchový kolektor

V tomto případě je kolektor uložen v zemi horizontálně v hloubce okolo 1,2 m – 1,5m s roztečí 1 m [4]. Výhody jsou podobné jako u tepelného čerpadla s vrtem. Kvůli menší hloubce jsou více náchylné k teplotním výkyvům během roku. Jsou však o něco levnější, protože není zapotřebí složitá konstrukce vrtu. Instalace je méně náročná. Nevýhodou je velká zastavěná plocha kolektorem, na které nelze stavět. U ulehlejších půd je potřeba asi 40 m kolektoru na 1 kW tepelných ztrát. Je vhodné dimenzovat tepelné čerpadlo na 70% tepelné ztráty objektu.



Obrázek 3 - Povrchový kolektor, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-plocha&id=001&idsub=0002>

1.4. Tepelné čerpadlo Voda/Voda - Podzemní voda

Použití podzemní vody jako zdroje energie pro vytápění a ohřev TUV pomocí tepelného čerpadla je vůbec nejvýhodnější z několika důvodů. Prvním důvodem je skutečnost, že při této aplikaci tepelné čerpadlo dosahuje největších topných faktorů, jelikož podzemní voda má stálou teplotu v otopném období okolo 10°C, což je mnohem více než u jiných zdrojů [5]. Výhodnou je také fakt, že voda má velmi dobrou tepelnou kapacitu a nízkou viskozitu. Pro správnou činnost této sestavy je nutné mít v místě realizace správné podmínky. Důležitý je dostatečný zdroj podzemní vody s dostatečnou čistotou a dobrou propustností podloží. Pokud je čistota podzemní vody dostatečná, je přímo čerpána ponorným čerpadlem z vrtů o průměrech větších než 220 mm. Po ochlazení v tepelném čerpadlu se nemůže vrátit zpět do jedné studny, protože by vodu v ní výrazně ochladila a tím snížila topný faktor. Proto je třeba vybudovat ještě



Obrázek 4 - Podzemní voda, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-čerpadla-voda-voda&id=001&idsub=0005>

vsakovací studnu, kde se bude ochlazená voda vsakovat. Musí být umístěna v dostatečné vzdálenosti, aby se navzájem neovlivňovaly. Vzdálenost mezi vrty bývá cca 15 metrů. Pokud čistota vody není dostatečná, je zaveden kolektor s nemrznoucí teplotonosnou kapalinou. Tepelné čerpadlo se dimenzuje na 70% tepelných ztrát objektu.

1.5. Tepelné čerpadlo Voda/Voda - Povrchová voda

Povrchovou vodou se rozumí vodní toky, jezera a rybníky. V našich podmínkách je častým problémem čistota vody, proto se nízkopotenciálové teplo čerpá nepřímo plastovým kolektorem upevněným na dně vodního toku či nádrže v hloubce minimálně 2 metry a probíhá v něm nemrznoucí kapalina. Instalace plošného kolektoru do vodního toku musí být schválena příslušnými orgány (Povodí, do kterého spadá vodní tok, Meliorační správa či místní Obecní úřad). Výhodou tohoto systému jsou nižší pořizovací náklady než u tepelných čerpadel Země/Voda, při zachování přibližně stejné



Obrázek 5 - Povrchová voda, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=zeme-voda-rybnik&id=001&idsub=0003>

vysokého topného faktoru. Tato skutečnost je však spjata s několika úskalími. První z nich se týká teploty vody v zimě, která se na našem území pohybuje okolo 4°C [6]. Protože tepelné čerpadlo při svém předávání energie ochlazuje vodu právě o 4°C, může nám docházet k namrzání výparníku. Proto musí být čerpadlo vybaveno výparníkem, který vydrží namrzání. Dalším problémem může být i nedostatečný průtok vodního toku. Problém jsou i přírodní vlivy, čímž myslím např. povodně. A v neposlední řadě se jedná o problémy spojené s udržováním vodního toku, jako jsou například výlovy rybníků, odbahňování atd. Tepelné čerpadlo typu Voda/Voda se dimenzuje na 70%

tepelných ztrát objektu. Pro vytápění tímto způsobem je potřeba cca 35 čtverečních metrů na pokrytí 1 kW tepelných ztrát objektu [7]. Vzhledem k tomu, že tepelná čerpadla Voda/Voda pracují na stejném principu s velice podobnými parametry, používají se tepelná čerpadla typu Země/Voda.

1.6. Tepelné čerpadlo Vzduch/Voda

Tyto čerpadla využívají teplo obsažené přímo v okolním vzduchu. Na rozdíl od ostatních systémů tepelných čerpadel nepotřebují rozsáhlé kolektory ani hlubinné vrty, protože venkovní vzduch je přímo nasáván do tepelného čerpadla. Tím se tento systém stává nejlevnějším a nejjednodušším z hlediska instalace a odpadá nutnost stavebního povolení. Využití tepla ze vzduchu má nejmenší dopad na okolní prostředí,



Obrázek 6 - Vzduch/Voda, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-čerpadla-vzduch-voda&id=001&idsub=0006>

jelikož se do něj teplo opět vrací prostřednictvím tepelných ztrát objektu. Nevýhodou je však hlučnost a proměnlivý výkon tepelného čerpadla, který výrazně klesá s poklesem venkovní teploty. Kolísání výkonu může ubírat na životnosti tepelného čerpadla oproti ostatním instalacím tepelných čerpadel. Nynější tepelná čerpadla jsou však schopna pracovat až do teplot okolo -15°C , avšak se sníženým topným faktorem kolem 1,5 a velmi nízkou úrovní hluku. Proto je tepelné čerpadlo Vzduch/Voda vhodné pro většinu našeho území kromě horských oblastí. Tepelné čerpadlo Vzduch/voda může být dimenzováno až na 100% tepelných ztrát objektu, protože rozdíl v investičních nákladech tepelného čerpadla vyššího výkonu není nějak výrazný.

1.7. Plynové tepelné čerpadlo

Tento typ tepelného čerpadla pracuje v systému Vzduch/Voda. Změnou oproti klasickým tepelným čerpadlům Vzduch/Voda je, že mají kompresor poháněný plynovým motorem spalující zemní plyn nebo LPG. Toto tepelné čerpadlo představuje energeticky velmi účinný systém, jelikož teplo se získává jak z okolí, tak z chladícího okruhu plynového motoru a z ohřátých spalin. Výhody tohoto systému jsou, že kompresor, nejporuchovější součástka tepelného čerpadla, poháněný plynem má oproti elektrickému vyšší životnost. Nižší provozní náklady díky nižší ceně plynu než elektřiny a velmi vysokou účinnost. Pracují téměř při jakékoli venkovní teplotě, až při -32 °C [8]. Bohužel se tento typ tepelných čerpadel vyrábí pouze pro výkony cca nad 20 kW. Z tohoto důvodu s těmito tepelnými čerpadly ve své práci nepočítám.

1.8. Tepelné čerpadlo Vzduch/Vzduch

Tepelné čerpadlo odebírá přírodní teplo stejně jako aplikace Vzduch/Voda z venkovního vzduchu. Vyprodukované teplo je předáváno cirkulací vzduchu ve vnitřním vytápěném prostoru. Tepelné čerpadlo má většinou jen jednu vnitřní jednotku, proto vytápí pouze místnost, ve které je instalována. Teplo se však přirozeně šíří po celém domě.



Obrázek 7 - Vzduch/Vzduch, zdroj: <http://www.maltop-eko.cz/index.php?page=tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch&id=001&idsub=0007>

Proto se nehodí k vytápění domů s větším počtem malých místností. Jsou vhodná zejména pro instalace ve velkoobjemových prostorech a halách. Dosahují výrazně lepších topných faktorů než klasická tepelná čerpadla díky tomu, že tepelné čerpadlo ohřívá vzduch v místnosti přímo, bez použití otopného systému. Výhody tohoto typu jsou především v jednoduchosti provedení i instalace. Další výhodou je, že tepelné čerpadlo v zimě topí, v létě chladí. Navíc často obsahují vestavěné plasmaclusterové filtry a ionizátory, díky nimž čistí vzduch uvnitř místnosti od alergenů, virů a dalších škodlivin [9]. Stejně jako u tepelného čerpadla Vzduch/Voda využití tepla ze vzduchu má nejmenší dopad na okolní prostředí, jelikož se do něj teplo opět vrací prostřednictvím tepelných ztrát objektu. Nevýhodou je nemožnost ohřívát teplou vodu.

1.9. Historie tepelných čerpadel

Idea tepelných čerpadel vznikla již v 19. století, kdy jejich příchod předpověděl W. T. Kelvin ve své druhé větě termodynamické. Z této věty vyplývá, že pokud teplo nemůže přejít ze studenějšího tělesa na teplejší samo, musí se mu nějak pomoci. Tento problém řeší právě tepelné čerpadlo. Prakticky se tímto zabýval Robert Weber ve čtyřicátých letech, který při svých pokusech s ochlazováním zjistil, že kondenzátor mrazícího přístroje se zahřívá.

Rozvoj samotného použití tepelného čerpadla jako zdroj pro vytápění a TUV v Evropě se datuje až kolem roku 1980. V tomto období se topilo nejčastěji pomocí fosilních paliv, především olejem. Jeden z hlavních impulsů pro používání tepelných čerpadel byla ropná krize, v jejímž důsledku se hledaly alternativní zdroje tepla. Díky tomu počet instalací s tepelnými čerpadly prudce stoupl. Tento prudký nárůst byl však vzápětí vystřídán strmým poklesem, zapříčiněným těmito dvěma skutečnostmi. První z nich bylo nedokonalé technické vybavení tepelných čerpadel. Neměli dořešeny všechny provozní stavy, a to vedlo k poruchovosti a nespokojenosti majitelů těchto systémů. Druhá skutečnost, která zapříčinila negativní ohlasy na tepelná čerpadla, byly nedostatečné zkušenosti s instalací těchto zařízení. Velice často se totiž ponechal stávající otopný systém, který dobře fungoval s kotlem na fosilní paliva. Avšak tepelné čerpadlo nelze připojit na stávající otopný systém. Tuto skutečnost si však tehdejší instalatéři neuvědomovali, a tak, i když nevědomky, přispěli k negativnímu pohledu na tepelná čerpadla, která neplní očekávání majitelů. Trvalo poté řadu let, než důvěra v tepelná čerpadla opět začala stoupat. V dnešní době se už v celé Západní Evropě používají technicky vyspělá tepelná čerpadla, která instalují certifikované firmy. Ve většině případů se jedná o výrobky renomovaných evropských firem, které se vývojem a výrobou tepelných čerpadel zabývají již od 80. let minulého století.

Opětovný rozvoj nastává až koncem 20. století společně se zdražováním energií a rostoucím zájmem o alternativní zdroje energie. Před rokem 1990 bylo u nás instalováno pouze několik aplikací tepelných čerpadel a to hlavně z propagačních a informativních důvodů. Teprve po roce 1990 se u nás začala objevovat skutečná tepelná čerpadla vytápějící budovy svých majitelů. Pocházela především ze zemí, jako je Švédsko, Německo a Rakousko, kde tato technologie byla již vyzkoušená a zaběhnutá. Později se do tohoto odvětví odvážili i tuzemští výrobci, kteří zde získávali své první zkušenosti. Stále se však jednalo o instalace v řádech desítek, v pozdějších letech stovek tepelných čerpadel ročně. Tento pomalý rozvoj souvisí s ekonomikou provozu, která se odvíjí od cen paliv a energií. Jelikož ceny paliv a energií byli poměrně nízké, tepelné čerpadlo ušetřilo 50 až 70% energie. Hodnota uspořené energie byla tedy poměrně nízká, což vedlo k malé částce uspořené financí. Při nízkých cenách paliv a energií byla výnosnost investice tepelného čerpadla velice dlouhá a často přesahovala životnost vlastního tepelného čerpadla. Proto z ekonomického hlediska nebyl pro pořízení tepelného čerpadla důvod.

Skutečný rozvoj instalací se však datuje až po roce 2000. V tomto období odstartoval masivní nárůst počtu instalací tepelných čerpadel na našem území. Jedním z nejvýznamnějších důvodů bylo stálé zdražování cen energií. Tyto vysoké ceny měly pozitivní vliv na výnosnost tepelných čerpadel, která v tomto období byla zhruba 10 let, což je polovina oproti výnosnosti tepelných čerpadel kolem roku 1990. Současně se zdražováním energií se také podařilo nastartovat několik podpůrných mechanismů. Vznikla Asociace pro využití tepelných čerpadel, která byla iniciátorem jejich podpory a partnerem při jednání s orgány státní správy. Byl založen státní fond životního prostředí ČR (SFŽP), který stanovil podmínky dotační politiky na instalace tepelných čerpadel. Pro tepelná čerpadla byly zavedeny speciální sazby za el. energii. V rodinných domech (D55d, D56d) a v podnikatelských objektech (C55d, C56d). Nakonec pak některá města, jako například Praha a Plzeň, poskytovala na tepelná čerpadla dotace.

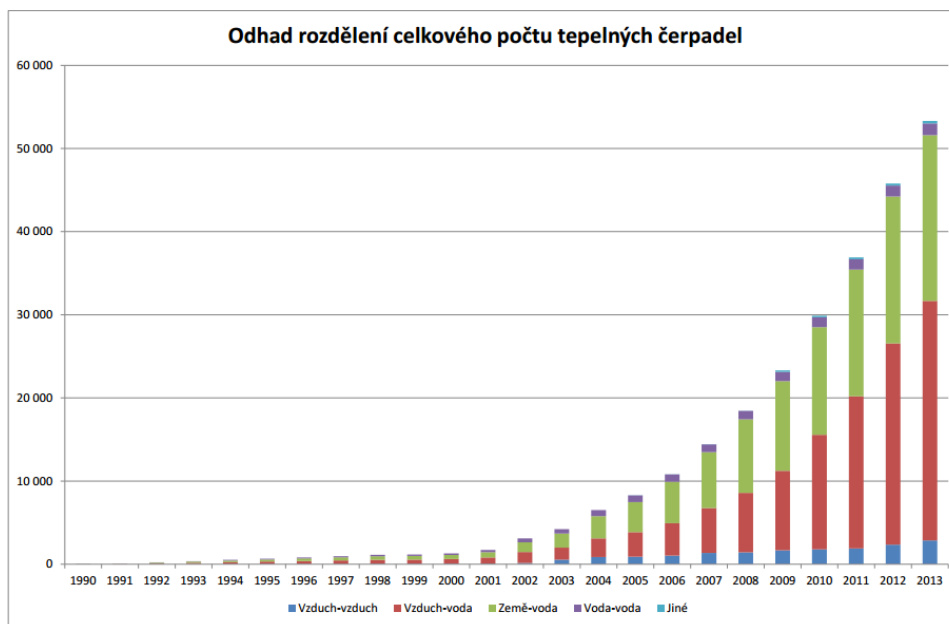
Byl už sice rok 2000, ale tím, že tepelná čerpadla zaznamenávaly velmi rychlý rozvoj, při takto mladém oboru, vyskytovalo se zde několik úskalí, která opět nehrála tepelným čerpadlům přímo do karet. Jedná se o problémy spojené s hlukem, které byly nejčastější u systémů Vzduch/Voda. Někteří výrobci dodávali tepelná čerpadla s velmi hlučným provozem, který často přesahoval hygienický předpis hladiny hluku pro určitou lokalitu či denní dobu. Problémy se nevyhnuly ani systémům Země/Voda a Voda/Voda, které mají ke své správné funkci zapotřebí hlubinné vrty, díky kterým čerpají nízkopotenciálové teplo z hornin nebo spodních vod. Jelikož u těchto aplikací problémy nikdo nepředpokládal, stavební úřady prakticky k udělení povolení nic nevyžadovaly, což

postupně vedlo k problémům. Vznikaly firmy, které vykonávaly vrtné práce bez patřičných zkušeností. Souhrou obou stran došlo k tomu, že v řadě případů došlo ke kontaminaci spodních vod, někdy dokonce k jejich ztrátě, nebo nevratnému poškození. Na základě těchto zkušeností se zpřísnily podmínky prací a byla povinnost vypracovat odbornou projektovou dokumentaci, která musela být schválena patřičnými orgány.

Komplikace ale trvají dodnes. Ze statistik vyplývá, že pokud tepelné čerpadlo nepracuje jak má, z 95% je to způsobeno otopným systémem. Vzniká zde totiž stejný problém jako při prvním velkém úpadku tepelných čerpadel. Pokud si majitel objektu pořídí tepelné čerpadlo sám, dle vlastního výběru, a nechá si ho nainstalovat, vzniká zde problém, protože otopný systém a tepelné čerpadlo nemusí být plně kompatibilní a tato skutečnost vede k nesprávné funkci systému, popřípadě k jeho poškození. A zde nastává problém, co je příčinou závady a čím je to vina. Také vzniká problém, pokud otopný systém a tepelné čerpadlo je od různých, sice kvalifikovaných, firem. Zde se také velice těžko dělí zodpovědnost. Ideálním řešením je obě tyto součásti systému nechat instalovat jednu kvalifikovanou firmu, která poté ručí za kompletní odvedenou práci. Problémy provázejí i samotný vrt. Například pokud jedna firma vyvrtá vrt do horniny. Uložení plastových trubek pro oběh nemrznoucí směsi ale nechá na firmě jiné. U hlubinného vrtu je důležité, aby pokud možno co nejdříve po jeho vyvrtání byl osazen potrubím a vyplněn bentonitovou směsí. Zde nastává problém s dělením prací mezi jednotlivé firmy, musí být zaručeno, že vrt se do začátku prací druhé firmy nezačne bortit, nezasype se atd.

V dnešní době je u nás možné použít všechny tři druhy tepelných čerpadel což jsou Voda/Voda, Země/Voda, Vzduch/Voda. Výběr z těchto možností je z největší míry dán místními podmínkami, jako jsou poloha stavby, průměrné teploty vzduchu, geologické podloží, existence spodních vod atd. Z přiloženého grafu, který vypracovalo a publikovalo ministerstvo průmyslu a obchodu k 24. 6. 2014, je vidět, že nejméně používaná jsou u nás tepelná čerpadla Voda/Voda. Jejich počet oproti ostatním instalacím téměř neroste. Je to zapříčiněno skutečností, že je zapotřebí určitých podmínek spodní vody, co se týče množství a kvality čerpané vody. Příznivé podmínky pro tuto aplikaci jsou u nás jen zřídka. Systém Země/Voda je klasický a velice spolehlivý. Kolem roku 2000 byl tento systém nejpoužívanějším. Po roce 2000 se začali objevovat systémy Vzduch/Voda mnohem více než v předešlých letech, díky novým tepelným čerpadlům, která byla schopna pracovat i při teplotách pod bodem mrazu se stále příznivým topným faktorem. Z grafu je patrný jejich rozvoj. Dokonce po roce 2009 se jejich počet zvýšil na tolik, že překonal tepelná čerpadla Země/Voda a momentálně jsou tepelná čerpadla Vzduch/Voda nejpoužívanější aplikací a to z několika důvodů. Prvním důvo-

dem je pořizovací cena, která je u samotného tepelného čerpadla vyšší, než u tepelného čerpadla Země/Voda, ale při započítání nákladů na hlubinné či povrchové vrty vychází jeho instalace mnohem levněji. Druhým důvodem oblíbenosti je fakt, že nepotřebujete zahradu, pro hlubinný vrt, ani zahradu s velkou rozlohou pro umístění plošného kolektoru. Díky těmto vlastnostem je v nynější době nejpoužívanějším tepelným čerpadlem u nás.



Obrázek 8 - graf počtu tepelných čerpadel, zdroj: <http://www.mpo.cz/dokument150513.html>

2. Tepelně technické vlastnosti objektu

Objektem, použitým pro mou bakalářskou práci je rodinný dům typu PREMIER 92 CZ od firmy GSERVIS, který je vystavěn v Ústeckém kraji, okres Ústí nad Labem, obec Libouchec. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům s garáží. Přízemí je tvořeno obývacím pokojem spojeným s kuchyní, chodbou, technickou místností, koupelnou a jedním pokojem. První patro obsahuje tři ložnice, koupelnu, toaletu a šatnu.

2.1. Konstrukční prvky objektu

Obvodové zdivo tl. 400 mm je složeno z tvárnic POROTHERM 40. Vnitřní nosné zdivo tl. 250 mm je z bloků POROTHETM 24. Dělicí příčky tl. 115 mm jsou z tvárnic POROTHERM 11,5. Podlaha v přízemí je tvořena štěrkopískovým podsypem tl. 100 mm, podkladními betony z prostého betonu B 15 tl. 150 mm, izolační lepenkou A 400 H, polystyrenem tl. 110 mm, ve kterém je uloženo podlahové vytápění a laminátovou plovoucí podlahou. Stropní konstrukci nad přízemím tvoří tvarovky Miako. Strop v prvním patře je tvořený sádkartonem, tepelnou izolací ROCKWOOL ROCKMIN tl. 180 mm a OSB deskou. Vnitřní omítky jsou vápenné. Celý dům je zateplen polystyrenem o tl. 100 mm. Všechny okna, dveře na balkon i terasu jsou plastová s izolačním dvojsklem. Vchodové dveře jsou také plastové. Pro takto postavený dům jsem počítal tepelné ztráty a následně navrhl optimální tepelné čerpadlo.

Tabulka 1 - Prostupy konstrukcemi

Prostupy konstrukcemi	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² *K]
Obvodové zdivo (Vápenná omítka, Porotherm 40, polystyren, fasádní omítka)	0,17
Vnitřní příčky (Vápenná omítka, Porotherm 11,5, Vápenná omítka)	1,54
Vnitřní nosné příčky (Vápenná omítka, Porotherm 24, Vápenná omítka)	1,2
Podlaha v přízemí (Lepenka, Polystyren, plovoucí podlaha)	0,31
Strop (Vápenná omítka, sadrokarton., tvarovky miako, beton, polystyren, lino)	0,68
Střecha (Vnitřní omítka, sádkarton, izolace rockwool, OSB deska)	0,42

Prostupy konstrukcemi	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² *K]
Vnitřní dveře	2,3
Vchodové dveře	0,8
Balkonové dveře	1,2
Okna dvojsklo	1,2
Střešní okno	1
Garážová vrata	0,92
Obvodové zdivo bez polystyrenu	0.31

2.2. Výpočet tepelné ztráty objektu

Pro správný výpočet potřeby tepla pro rodinný dům je zapotřebí použít správné parametry konstrukčních celků a také klimatické podmínky v lokalitě, kde se objekt nachází. Proto jsem jako výpočtovou vnější teplotu použil -12°C [10]. Vnitřní výpočtové teploty jednotlivých místností jsem převzal z této tabulky[11], kde po konzultaci s vedoucím projektu byly pozměněny hodnoty u obou chodeb na 18 °C.

Tabulka 2 - Výpočtové teploty

Doporučené vnitřní výpočtové teploty místností [°C]		
Přízemí	Tech. Místnost	15
	Koupelna 1	24
	Pokoj 1	20
	Obývací + kuchyň	20
	Chodba 1	18
	Garáž	5
1. Patro	Pokoj 2	20
	Pokoj 3	20
	Chodba 2	18
	Ložnice	20
	Šatna	20
	Koupena 2	24
	WC	20
Exteriér	Venkovní teplota	-12
	Zemina pod podlahou	5

Je zapotřebí znát správné rozměry objektu, které jsem čerpal z jeho projektové dokumentace. Odtud jsem čerpal také informace o složení konstrukčních prvků objektu. Součinitele tepelné vodivosti jednotlivých vrstev jsem čerpal z technických listů jednotlivých výrobců a z [12]. Pro výpočet jsem za obálku uvažoval vnější zateplené části.

Pro jednoduchost jsem využil toho, že obálku z vrchu budovy netvoří krov, ale zateplený strop nad 1. patrem. Nedílnou součástí výpočtu jsou hodnoty tepelných odporů konstrukce a hodnoty součinitelů tepelných prostupů tepla.

Tepelný odpor R vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu [13]. Pro výpočet tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukcí je zapotřebí znát jejich tloušťky a výpočtové tepelné vodivosti. R_j je tepelný odpor j -té vrstvy konstrukce. Vztah pro výpočet tepelného odporu jedné vrstvy je:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

kde d_j je tloušťka jednotlivé vrstvy v konstrukci [m]

λ_j je výpočtová tepelná vodivost [W/mK]

Po vypočtení tepelných odporů jednotlivých vrstev jsem schopen vypočítat tepelný odpor celé konstrukce R_T tak, že se sečtou tepelné odpory jednotlivých vrstev a připočítají se tabulkové hodnoty tepelných odporů při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce R_{si} a tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí R_{se} . Vztah pro tepelný odpor konstrukce se rovná:

$$R_T = R_{si} + \sum_{j=1}^n R_j + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

kde R_{si} je odpor přestupu tepla z vnitřního prostoru do konstrukce [$\text{m}^2\text{K/W}$]

R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [$\text{m}^2\text{K/W}$]

R_j je tepelný odpor jednotlivé vrstvy konstrukce [$\text{m}^2\text{K/W}$]

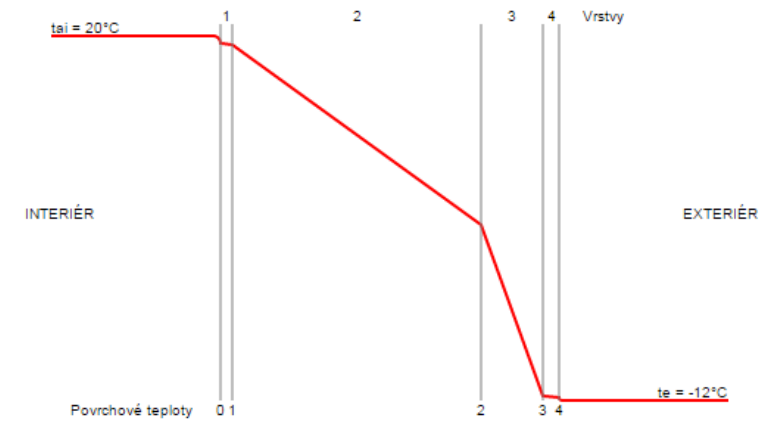
Tepelné odpory R_{si} a R_{se} se volí podle směru tepelného toku z následující tabulky:

Tabulka 3 - Odpory přestupu tepla [14]

Odpor	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Po vypočtení tepelných odporů veškerých stavebních konstrukcí je možné spočítat součinitele prostupu tepla. Počítá se jako převrácená hodnota tepelného odporu konstrukce. Výpočet součinitele prostupu tepla udává vztah:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$



Obrázek 9 - Graf průběhu teplot konstrukcí obvodového zdiva [15]

Vypočtením součinitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí začíná hlavní část výpočtu tepelných ztrát objektu.

Celková tepelná ztráta objektu je dána součtem tepelné ztráty prostupem skrz konstrukční prvky objektu Q_p a tepelné ztráty větráním Q_v . Pro výpočet ztrát prostupem je nutno znát plochy všech konstrukcí, jejich součinitele prostupu tepla a teploty sousedících místností, které jsou uvedeny v tabulce č. 1 a 2. Vztah pro výpočet výsledné tepelné ztráty objektu se tedy rovná:

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad [W]$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem [W]

Q_v je tepelná ztráta větráním [W]

Výpočet tepelné ztráty prostupem se počítá pro každou místnost počítaného projektu zvlášť a výsledná tepelná ztráta objektu je dána součtem všech vypočtených prostupů jednotlivých místností. Výpočet tepelné ztráty místnosti je celkem náročný, protože je nutné zohlednit veškeré konstrukční prvky, jejich plochy a součinitele prostupu tepla. Vztah pro výpočet tepelné ztráty jedné místnosti prostupem se rovná:

$$Q_p = \sum_{j=1}^n U_j * S_j * (t_i - t_e) \quad [W]$$

kde U_j je součinitel prostupu tepla j-tého konstrukčního prvku [$\text{W/m}^2\text{K}$]

S_j je plocha j-té ochlazované konstrukce [m^2]

t_i je výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_e je výpočtová vnější teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Výpočet tepelné ztráty větráním nesmíme opomenout, jelikož tepelné ztráty větráním představují nemalou část ze ztráty celkové. U obytných místností se počítá s vyměněním celého objemu vzduchu v místnosti jednou za dvě hodiny. U neobytných místností jednou za čtyři hodiny. Vztah pro výpočet tepelné ztráty větráním se rovná:

$$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) \text{ [W]}$$

kde V_v je objemový tok větraného vzduchu $V_v = \frac{n_h}{3600} * V_m \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$

V_m je vnitřní objem větraného prostoru $[\text{m}^3]$

n_h je intenzita výměny vzduchu $[\text{h}^{-1}]$

Na konec teoretické části přidávám tabulku s vypočtenými hodnotami tepelných ztrát prostupy i větráním.

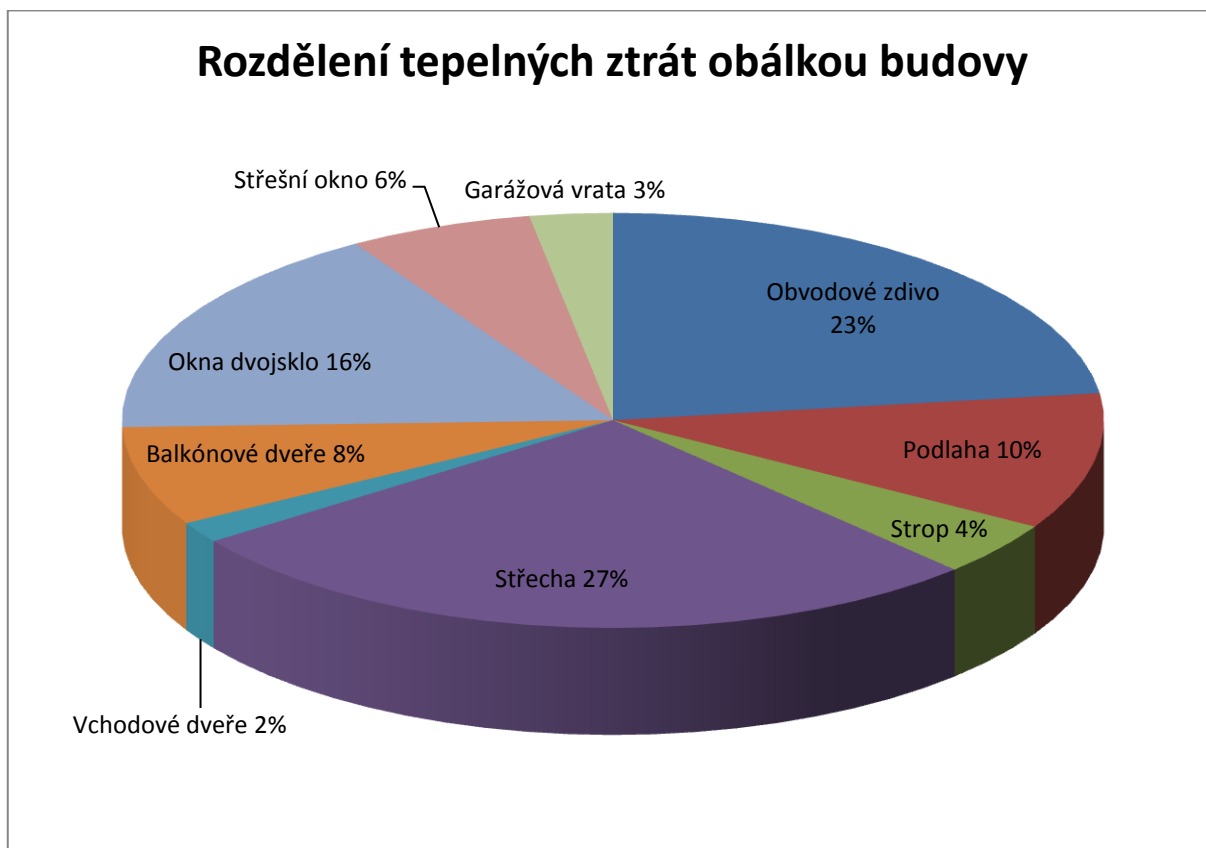
Tabulka 4 - Ztráty jednotlivých místností

Umístění	Místnost	Tepelná ztráta prostupem Qp [W]	Tepelná ztráta větráním Qv [W]	Celková tepelná ztráta Qc [W]
Přízemí	Tech. místnost	-24.48	16.89	-7.58
	Koupelna 1	259.75	66.56	326.31
	Pokoj 1	222.12	177.09	399.21
	Obývací + Kuchyň	793.16	629.78	1422.94
	Chodba 1	-0.37	130.16	129.79
	Spíž	-68.00	-2.25	-70.25
	Garáž	358.15	88.78	446.92
1. patro	Pokoj 2	381.62	187.37	568.99
	Pokoj 3	408.24	187.72	595.96
	Chodba 2	0.77	90.59	91.36
	Šatna	122.68	67.20	189.88
	Ložnice	350.89	208.87	559.76
	Koupelna 2	402.85	134.23	537.07
	WC	57.75	24.56	82.31
Celkem		3265.12	2007.54	5272.66

Z předchozí tabulky je na první pohled vidět, že místnosti spíž a tech. místnost mají záporné hodnoty celkové tepelné ztráty. To svědčí o tom, že tyto dvě místnosti místo tepelné ztráty naopak vykazují tepelný zisk. Je to dáno tím, že je v těchto místnostech požadována nízká teplota a jsou obklopeny místnostmi s vyšší teplotou, které tyto dvě místnosti ohřívají. Naopak největší tepelnou ztrátu vykazuje obývací+kuchyň. Nejvyšší tepelnou ztrátu prostupem má proto, že má největší plochu ze všech místností, která je ochlazována vzduchem o venkovní teplotě. Další důvod je ten, že tato místnost obsahuje nejvyšší plochu vyplněnou okny a balkónovými dveřmi. Přes okna se ztrácí značná část tepla z objektu, protože mají vysoký součinitel prostupu tepla. Tato

místnost má také nejvyšší ztráty větráním, jelikož je to místnost obytná s největším objemem vzduchu.

Nakonec kapitoly o výpočtu tepelných ztrát přikládám koláčový graf, kde jsou znázorněny tepelné ztráty skrze jednotlivé konstrukce.



Obrázek 10 - Koláčový graf rozdělení tepelných ztrát obálkou budovy

2.3. Výpočet roční potřeby tepla

Roční potřeba tepla je množství energie, která je dodaná do hodnocené budovy. Je to důležitý faktor pro následnou volbu zdroje tepla pro náš rodinný dům. Pro můj výpočet potřeby tepla jsem použil tzv. denostupňovou metodu, která se provádí na základě průměrných denních teplot venkovního vzduchu. Roční potřeba tepla se skládá z roční potřeby tepla pro vytápění ($Q_{VYT,r}$), pro ohřev TUV ($Q_{TUV,r}$), pro ohřev vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních ($Q_{VZT,r}$) a pro technologii ($Q_{TECH,r}$). Poslední dva členy tohoto vzorce nebudu uvažovat, jelikož se tohoto počítaného objektu netýkají. Roční potřebu tepla tedy vyjadřuje následující vzorec:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \text{ [Wh/rok]}$$

Abychom mohli určit roční potřebu tepla pro vytápění, potřebujeme nejprve určit denostupně, které závisí na počtu topných dnů v roce pro danou lokalitu. Pro výpočet jsem použil data z topné sezóny 2013/2014, kde topné období trvalo 229 dní. Závisí také na vnitřní výpočtové teplotě. Použil jsem průměrnou vnitřní teplotu interiéru domu kromě garáže. A nakonec na střední denní teplotě pro začátek a konec otopného období což je 13°C [16]. Denostupně se počítají pomocí následujícího vztahu:

$$D = d * (t_{is} - t_{es}) \text{ [k * dny]}$$

kde d je počet topných dnů v roce pro danou lokalitu

t_{is} je průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]

t_{es} je průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

Vypočítané denostupně dosazujeme do výsledného vzorečku pro výpočet roční potřeby tepla pro vytápění, který má tvar:

$$Q_{vyt,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_e)} * 10^{-3} \text{ [MWh/rok]}$$

kde ε je opravný součinitel, který se volí pro střední stavby s krátkými otopnými přestávkami (noční útlum) $\varepsilon = 0,75$

η_o je účinnost obsluhy a možnosti regulace soustavy. Volí se $\eta_o = 1$ pro otopnou soustavu rozdělenou do sekcí a s regulací

η_r je účinnost rozvodu vytápění. Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení

Q_c je tepelná ztráta objektu [kW]

D jsou denostupně [k*dny]

t_e je venkovní výpočtová teplota [°C]

Druhým krokem pro výpočet roční potřeby tepla pro domácnost, je výpočet roční potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody ($Q_{TUV,r}$). Podle postupu výpočtu je nejprve zapotřebí určit denní potřebu tepla pro ohřev teplé vody ($Q_{TUV,d}$). Denní potřeba tepla pro ohřev TUV je dána vztahem:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) * \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_2 - t_1)}{3600} * 10^{-3} \text{ [kWh]}$$

kde z je koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody. Pro rozvody v nových stavbách $z = 0,5$

ρ je měrná hmotnost vody [1000 kg/m³]

c je tepelná kapacita vody [4186 J/kgK]

V_{2p} je celková potřeba teplé vody 1 osoby za 1 den

t_1 je teplota studené vody [10 °C]

t_2 je teplota ohřáté vody [55 °C]

Pomocí vypočtené hodnoty denní potřeby tepla pro ohřev teplé užitkové vody jsem schopen určit roční potřebu tepla pro ohřev TUV. Zde se zohledňuje počet dnů otopného období v roce, snížená potřeba TUV v létě, počet pracovních dní soustavy a zvýšení teploty studené vody v létě. Výsledný vztah pro roční potřebu tepla pro ohřev TUV má tvar:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} * (N - d) * 10^{-3} \text{ [MWh/rok]}$$

kde $Q_{TUV,d}$ je denní potřeba tepla [kWh]

d je počet dnů otopného období viz. Potřeba tepla pro vytápění

0,8 je součinitel zohledňující snížení spotřeby TUV v létě

t_{svl} teplota studené vody v létě [15 °C]

t_{svz} teplota studené vody v zimě [5 °C]

N je počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$

Poznámka k výpočtům: Veškeré vztahy a tabulkové hodnoty byly čerpány z [17]

Na závěr uvádím tabulku s vypočtenými hodnotami denostupňů a potřeby tepla pro rodinný dům. V této tabulce jsou nejdůležitější hodnoty roční potřeba tepla pro vytápění a roční potřeba tepla pro přípravu TUV, které použiji ve výpočtu ekonomického modelu s tepelnými čerpadly.

Tabulka 5 - Vypočtené hodnoty roční potřeby tepla

Výpočet denostupňů:	D=	3668.58	[k*dny]
Roční potřeba tepla pro vytápění	$Q_{VT,r}$	11.80	[MWh/rok]
Denní potřeba tepla pro přípravu TUV	$Q_{TUV,d}$	32.18	[kWh]
Roční potřeba tepla pro přípravu TUV	$Q_{TUV,r}$	10.33	[MWh/rok]
Roční potřeba tepla	Q_r	22.14	[MWh/rok]

3. Vstupy ekonomického modelu

V praktické části mé práce se zabývám ekonomickým porovnáním potenciální náhrady plynového kotle tepelným čerpadlem. Pro vytápění rodinného domu provádím porovnání tří typů tepelných čerpadel. Na závěr jsem spočetl variantu, kdy se rozhodují pro zdroj vytápění rodinného domu před započítáním stavby.

3.1. Pořizovací náklady

Pořizovací náklady jsem stanovil na základě průzkumu trhu. Při zjišťování pořizovacích nákladů na tepelná čerpadla jsem oslovil celkem 3 nejvýznamnější dodavatele na českém trhu. Z obdržených nabídek jsem vybral nejlepší nabídku od společnosti IVT s.r.o. Nabídky na jednotlivé typy tepelných čerpadel jsou uvedeny jako přílohy č. 4 – 6.

3.2. Změna spotřeby a ceny energií

V této kapitole se zabývám, jakým způsobem se změní měsíční platby za elektřinu a plyn při přechodu z vytápění pomocí plynového kotle na vytápění pomocí tepelného čerpadla.

3.2.1. Plyn

Při stávajícím stavu, kdy je objekt vytápěn pomocí plynového kotle, je do domu zaveden přívod plynu i přívod el. energie. Jak již bylo řečeno, plyn slouží k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Je použit také k vaření. Tím je myšlen plynový sporák se čtyřmi plotýnkami. Ostatní spotřebiče, používané v kuchyni i mimo ni, využívají pro svou činnost elektrickou energii. Z toho vyplývají dva důležité fakty. Prvním faktem je, že většina spotřebovaného plynu je použita na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Pokud tedy budeme uvažovat jako zdroj pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody tepelné čerpadlo, zbavíme se většinového množství spotřebovaného plynu, zůstane pouze malé množství použité k vaření, a tím i většiny výdajů za plyn. Plyn je odebírán od společnosti E.ON Distribuce, a.s. a jeho cena je počítána pro produktovou řadu Standart plyn pro roční spotřebu plynu 15 – 25 MWh ročně. Při výpočtu ceny plynu jsem počítal se stejným množstvím jako v minulém roce, a s cenami pro 2015 podle tabulky [18] ze které jsem vypočetl základ daně, který je ve výši 20 230 Kč. Roční platba za spotřebovaný plyn s daní dělá 24 479 Kč.

Pokud ovšem přejdeme na vytápění pomocí tepelného čerpadla, tak nám zůstane odběr plynu jen k vaření, ve výši pouhých 0,85 MWh ročně [19], důsledkem tohoto se

dostáváme na produkt Standart plyn, spotřeba do 1,89 MWh ročně. Tabulka s přepočtem ceny plynu je uvedena v příloze č. 2,

Tabulka 6 - Plyn před instalací tepelného čerpadla

Před instalací tepelného čerpadla	
Spotřeba plynu	16.19 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	24 479 Kč

Tabulka 7 - Plyn po instalaci tepelného čerpadla

Po instalaci tepelného čerpadla	
Spotřeba plynu	0.85 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	2 795 Kč

3.2.2. Elektřina

Objekt, pro který jsem tepelné čerpadlo navrhoval, disponuje poměrně velkou spotřebou elektrické energie a to 6 MWh ročně. Tuto hodnotu jsem se dočetl na fakturaci el. energie za poslední roční období. Při procházení starších faktur, se tato hodnota výrazně neliší od předchozích let, proto ji uvažuji jako hodnotu pro své výpočty. Na této hodnotě se podílí spotřeba el. energie světelnými zdroji, el. Spotřebiči vybavená kuchyň (kromě plynového sporáku), řídicí technikou, zajišťující komfort uživatelům, elektricky poháněné vrata do garáže i vrata vjezdová, bazénová filtrace a venkovní osvětlení příjezdové cesty s terasou. Ve výpočtovém programu Excel jsem spočetl přesnou cenu za shodnou velikost dodané el. energie jako v minulém roce, ale s cenami pro rok 2015 pomocí výpočetní tabulky [20]. Cena se velice odráží na distribuční sazbě. Po započítání všech poplatků jsem dostal základ daně, který činí 22 559 Kč. Přičtením jednadvaceti procentní daně jsem spočetl cenu el. energie za daný rok. Tato částka vyšla na 27 296 Kč.

Druhou skutečností je fakt, že pokud přejdeme na systém vytápění s tepelným čerpadlem, změní se nám distribuční sazba elektrické energie. V současné době je cena elektřiny pro navrhovaný objekt počítána pomocí Distribuční sazby D02d. Tato sazba neumožňuje provoz nízkého tarifu, obsahuje pouze tarif vysoký. Po instalaci tepelného čerpadla splňujeme předpoklady k udělení distribuční sazby D56d. V této distribuční sazbě je vyšší platba za rezervovaný příkon, ale je dvoutarifová, obsahuje jak vysoký tarif, tak tarif nízký. V době platnosti vysokého tarifu jsou dodávky elektřiny účtovány za vyšší cenu, v době platnosti nízkého tarifu za cenu nižší. Doba platnosti nízkého a vysokého tarifu je stanovena distributorem, za podmínek stanovených cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu, v našem případě ČEZ Distribuce, a. s., která stanovila platnost nízkého tarifu na 22 hodin a vysokého na zbývající 2 hodiny. Díky tomu většina spotřebované energie bude

odebírána v tarifu nízkém, s nižší cenou a tím dojde k úspoře 8 235 Kč. Přepočtení ceny elektřiny je uveden v příloze č. 3.

Tabulka 8 - Elektřina před instalací tepelného čerpadla

Před instalací tepelného čerpadla	
Spotřeba el. energie	6.04 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	27 296 Kč

Tabulka 9 - Elektřina po instalaci tepelného čerpadla

Po instalaci tepelného čerpadla	
Spotřeba el. energie	6.04 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	19 062 Kč

V ekonomickém modelu uvažují konstantní ceny za energie. V současné době se velmi těžko odhaduje budoucí vývoj cen elektřiny i plynu. Složka ceny za odebrané množství se snižuje, oproti tomu cena za služby mírně roste.

3.3. Celkové porovnání

Pokud si tedy dáme dohromady cenu za obě energie, dostaneme částku 51 775 Kč, která slouží k pokrytí energetických potřeb rodinného domu.

Tabulka 10 - Vytápění s plynovým kotlem

Vytápění s plynovým kotlem	
Spotřeba el. energie	6.04 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	27 296 Kč
Spotřeba plynu	16.19 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	24 479 Kč
Roční výdaj za elektřinu a plyn	51 775 Kč

Předpokládané změny spotřeby a cen energií po přechodu na vytápění tepelným čerpadlem.

Tabulka 11 - Vytápění s tepelným čerpadlem

Vytápění s tepelným čerpadlem	
Spotřeba el. energie	6.04 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	19 062 Kč
Spotřeba plynu	0.85 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	2 795 Kč
Roční výdaj za elektřinu a plyn	21 856 Kč

Výše uvedená tabulka nezahrnuje spotřebu tepelného čerpadla. Pokud chceme zjistit, jak bude vypadat spotřeba energií po instalaci tepelného čerpadla, musíme pro každý

typ tepelného čerpadla spočítat, kolik elektrické energie bude potřeba na výrobu požadovaného množství tepla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. K této hodnotě poté přidáme roční spotřebu el. energie za minulý rok, která se nezmění, jelikož předpokládám, že el. energie využitá k chodu plynového kotle (řízení, čerpadla apod.) zhruba odpovídá vlastní spotřebě jednotky tepelného čerpadla. Protože tepelné čerpadlo využívá jiný zdroj energie, než je el. energie nebo plyn, měla by být částka na výrobu stejného množství tepla menší.

Tabulka 12 - Spotřeba energie tepelnými čerpadly

TČ Země/Voda - plošný kolektor	
Spotřeba el. energie	12.79 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	34 531 Kč
Spotřeba plynu	0.85 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	2 795 Kč
Roční výdaj za elektřinu a plyn	37 326 Kč
Roční úspora proti plyn. Kotli	14 450 Kč
TČ Země/Voda - hlubinný vrt	
Spotřeba el. energie	12.79 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	34 531 Kč
Spotřeba plynu	0.85 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	2 795 Kč
Roční výdaj za elektřinu a plyn	37 326 Kč
Roční úspora proti plyn. Kotli	14 450 Kč
TČ Vzduch/Voda	
Spotřeba el. energie	14.03 MWh/rok
Cena za spotřebovanou el. energii	37 380 Kč
Spotřeba plynu	0.85 MWh/rok
Cena za spotřebovaný plyn	2 795 Kč
Roční výdaj za elektřinu a plyn	40 175 Kč
Roční úspora proti plyn. Kotli	11 600 Kč

Spotřeba el. energie na vytápění a ohřev TUV pomocí TČ Země/Voda – plošný kolektor. Vycházím z předpokladu, že toto tepelné čerpadlo je schopno pokrýt 96 % potřebné tepelné energie. Zbývající 4 % potřebné tepelné energie zajistí bivalentní tepelný zdroj. V tomto případě elektrokotel, vestavěný v jednotce tepelného čerpadla. Tento předpoklad stavím na základě vypracované nabídky od firmy IVT s.r.o., která mi doporučila tepelné čerpadlo IVT Greenline HA C6, které je schopno pokrýt 5 – 7 kW tepelné ztráty. Je mi však jasné, že očekávat od tepelného čerpadla stoprocentní pokrytí tepelných ztrát je nereálné. Proto jsem zvolil tento poměr. Pomocí tohoto předpokladu jsem schopen rozdělit potřebu tepla na vytápění i ohřev TUV na část vyrobenou TČ a část vyrobenou pomocí elektrokotle. Tepelné čerpadlo je schopno vyrobit stejné množství tepla jako elektrokotel mnohem levněji. To se dá spočítat podle topného faktoru. Pokud tedy tu část tepelné energie, kterou musí vyrobit TČ, vydělím topným faktorem, dostanu kolik el. energie je potřeba na její výrobu. Topný faktor je uveden v katalogovém listu, který je přiložen jako příloha č. 7.

Tedy „topný faktor-krát nižší“ než při použití elektrokotle. Díky tomu dostaneme, že el. energie potřebná k výrobě tepla pro vytápění a ohřev TUV pomocí TČ se rovná 6.75 MWh.

Přičtením této hodnoty k roční spotřebě el. energie na svícení apod. dostanu celkovou spotřebovanou el. energii 12,79 MWh ročně. Tato spotřeba v distribuční sazbě D56d odpovídá 34 531 Kč. Přičteme-li cenu za plyn použitý pouze k vaření, dostáváme částku 37 326 Kč. Odečtením této částky od částky, kterou nás stojí výroba tepla plynovým kotlem, dostáváme v našem případě roční úsporu na výdajích 14 450 Kč.

Spotřeba el. energie na vytápění a ohřev TUV pomocí TČ Země/Voda – hlubinný vrt. Při uvažování použití tohoto typu tepelného čerpadla vycházím ze stejného předpokladu jako u tepelného čerpadla Země/Voda – plošný kolektor. A to díky tomu, že jsem, na obě tyto instalace obdržel nabídku od firmy IVT s.r.o., která mi doporučila tepelné čerpadlo IVT Greenline HA C6, které je schopno pokrýt 5 – 7 kW tepelné ztráty objektu, tzn. stejné tepelné čerpadlo se stejným topným faktorem. Instalace se liší pouze primárním okruhem. Z tohoto důvodu tedy ponechávám rozdělení vyrobeného tepla na 96% tepelné čerpadlo a 4% elektrokotel. Dostávám tedy stejné hodnoty spotřebované el. energie na výrobu potřebného tepla a tedy i v tomto případě je roční úspora výdajů za energie rovna 14 450 Kč.

Spotřeba el. energie na vytápění a ohřev TUV pomocí TČ Vzduch/Voda . U tohoto typu tepelného čerpadla vycházím z trochu odlišného předpokladu a to kvůli tomu, že TČ odebírá energii z okolního vzduchu. Teplota okolního vzduchu se mění na rozdíl od teploty země poměrně výrazně a také velmi často klesá hluboko pod bod mrazu, kde TČ Vzduch/Voda ztrácí na svých schopnostech a je tedy více využit bivalentní zdroj tepla. Proto jsem nastavil vstupní hodnoty na úroveň, kdy TČ dokáže pokrýt 90% potřeby tepla rodinného domu a bivalentní zdroj pokrývá zbylých 10 %. Tento předpoklad stavím na základě vypracované nabídky od firmy IVT s.r.o., která mi doporučila tepelné čerpadlo IVT AIR Split 7,5 pro dům s tepelnou ztrátou 4 – 10 kW. To znamená, že u všech tří typů jsou tepelná čerpadla lehce naddimenzovaná. Proto jsem rozhodl právě pro tyto poměry. U TČ Vzduch/Voda spíše kvůli výskytu dnů s velkými mrazy. Jak již bylo řečeno, tepelné čerpadlo je schopno vyrobit stejné množství energie jako elektrokotel ale mnohem levněji. Spočítal jsem tedy potřebu el. energie na pokrytí potřeby tepla, která vyšla 7,99 MWh. Je to vyšší hodnota než u TČ Země/Voda a to kvůli faktu, že TC Vzduch/Voda spíná mnohem častěji a uvádí se, že má až o 30% větší spotřebu el. energie než TC Země/Voda. [21]. Toto všechno se nepříznivě projeví na topném faktoru, který je proto nižší. U tohoto typu TC výrobce zřejmě záměrně neudává topný faktor při 0 °C/35 °C. Proto jsem musel tuto hodnotu aproximovat z uvedených topných faktorů v katalogovém listu při 2 °C/35 °C a 7 °C/35 °C [22], abych porovnával všechny tři varianty mezi sebou s ekvivalentními hodnotami. Katalogový

list je přiložen jako příloha č. 8. Přepočteno na peníze dostaneme, že ročně budeme platit za vytápění TC Vzduch/Voda 40 175 Kč, včetně spotřeby plynu na vaření a el. energie na svícení apod. Odečtením této částky od částky, kterou nás stojí výroba tepla plynovým kotlem za rok, dostáváme v našem případě roční úsporu výdajů 11 600 Kč.

3.4. Výdaje

Abych mohl začít s výpočtem investičních kritérií, musím znát vstupní data k tomu potřebná. Z toho důvodu jsem se v této části mé práce zabýval propočtem výdajů, spojených s ročním provozem rodinného domu. Tomu odpovídají výdaje za spotřebovanou elektrickou energii, spotřebu plynu, a k tomu je potřeba započíst i výdaje spojené s ročním servisem zařízení, popřípadě kontrolou komínu při využití plynového kotle. Tím jsou myšleny potřebné revize, kontrola otopné vody apod.

Tabulka 13 - Tabulka ročních výdajů

Projekt	Počáteční investice	Doba životnosti	Roční výdaj
TČ Vzduch/Voda	203 458 Kč	12 let	41 675 Kč
TČ Země/Voda kol.	272 481 Kč	15 let	38 826 Kč
TČ Země/Voda Vrt	364 481 Kč	15 let	38 826 Kč
Plynový kotel	78 037 Kč	15 let	53 775 Kč

Roční výdaje za vytápění a ohřev TUV našeho rodinného domu jsou sestaveny z následujících položek. První a nejvýraznější položkou jsou ceny energií, tzn. Elektřiny a plynu, které dohromady činí 51 775 Kč ročně. Dalšími položkami je nezbytný servis zařízení ve výši 1400 Kč/rok [23] a v případě plynového kotle také náklady spojené s každoročním čištěním komínů dle Nařízení vlády 91/2010, které vyjdou na 600 Kč/rok[24]. Dostáváme tedy částku 53 775 Kč/rok, za kterou jsme schopni vytopit pomocí plynu dům a ohřát potřebné množství TUV.

U vytápění pomocí tepelných čerpadel se roční výdaje za vytápění a ohřev TUV rovnají pouze výdajům za jejich spotřebovanou elektrickou energii a nezbytný roční servis. Odpadá potřeba komínu a s ním výdajů spojených. Servis na tepelné čerpadlo je však dražší, takže ve výsledku vychází servis plynového kotle i tepelného čerpadla stejný. Připočteme-li roční výdaje za plyn, dostáváme částku 41 675 Kč u TČ Vzduch/Voda, 38 826 Kč u TČ Země/Voda pro plošný kolektor i vrt.

Jak je na první pohled možné vidět z vypočtených ročních výdajů, největší úsporu by nám přineslo TČ Země/Voda. Obě tyto instalace však mají mnohem větší počáteční investici, proto musíme provést výpočet, ve kterém budou všechny tyto faktory zohledněny, a dostaneme výsledek, který nám ukáže, která z variant je pro nás nejpříznivější.

4. Model ekonomického zhodnocení

V této závěrečné kapitole se zabývám ekonomickým zhodnocením čtyř různých projektů. Jde mi o to najít nejvýhodnější způsob vytápění našeho rodinného domu. Proto jsem zde spočítal variantu pro stávající plynový kotel, kterou беру jako výchozí stav. Porovnávám tedy další tři různé varianty vytápění pomocí tepelných čerpadel a hledám nejlepší variantu, která by přinesla nejvíce peněz v podobě úspor oproti výchozímu stavu, tedy plynovému kotli.

4.1. Průměrná roční míra inflace

Abych mohl začít počítat investiční kritéria, která mi doporučí nejvýhodnější investici, potřeboval jsem zjistit nejrůznější vstupní data. Jelikož všechny projekty trvají více, jak deset let, tak jako první jsem si potřeboval zjistit, jaká bude průměrná roční míra inflace v roce 2015. „V praxi je inflace v oblasti spotřebitelských cen měřena jako přírůstek tzv. indexu spotřebitelských cen“ [25]. Protože za období posledních 5 ti let se průměrná roční míra inflace do roku 2012 zvyšovala a to až na hodnotu 3.3%, ale záhy klesala až na 0.4% v roce 2014 [26]. Uvažuji tedy pro výpočet průměr za poslední pětileté období. Protože se jedná o procentuální přírůstky, musel jsem pro výpočet použít geometrického průměru a dostávám tak průměrnou roční míru inflace v roce 2015 a to 1.7%.

4.2. Diskontní sazba

Druhým úkolem pro mne bylo zvolení správného diskontu. Pomocí správně zvoleného diskontu jsme schopni přepočítat budoucí toky hotovosti na současnou hodnotu. Diskont v sobě zahrnuje jak faktor času, tak i riziko investice. Čím je investice rizikovější, tím je větší diskont a díky tomu by nám rizikovější investice měla přinést více peněz. Dá se také říci, že vyjadřuje, kolik peněz by nám přinesla oportunitní investice, například pokud bychom, místo projektu pro který se rozhodujeme, investovali tytéž peníze do státních obligací. Pokud bychom se náš projekt rozhodli financovat pomocí cizího kapitálu, tedy nějakého úvěru, dal by se diskont přibližně stanovit ve výši úrokové míry tohoto úvěru. Po konzultaci s budoucím investorem, jsem zjistil, že projekt bude financován z vlastního kapitálu. Diskont jsem zvolil podle oportunitní investice, která nejlépe zhodnotí tento kapitál, tedy státní obligace. Na webových stránkách Ministerstva financí ČR jsem si našel odpovídající zhodnocení ve formě Státního dluhopisu 78. Emise s úrokem 2.5%, datum splatnosti je k 25. 8. 2028. Což je po konzultaci s mým vedoucím práce ekvivalentní oportunitní investice.

4.3. Čistá současná hodnota

K tomu abych byl schopen posoudit více od sebe se lišících investic, jsem použil finanční ukazatel čistá současná hodnota, anglický název pro tento ukazatel je Net Present Value (NPV). Finanční ukazatel NPV se počítá podle vzorce:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad [27]$$

kde T_z je doba životnosti projektu

CF_t je tok hotovosti v daném roce

r je diskont

Je to tedy součet diskontovaných hotovostních toků po celou dobu životnosti projektu, včetně započítání počáteční investice. Tento finanční ukazatel jsem spočetl jak u všech třech projektů s tepelnými čerpadly, tak i u výchozího stavu s plynovým kotlem. K tomu, abych byl schopen spočítat čistou současnou hodnotu, potřebuji znát následující hodnoty. První z nich je počáteční investice, kterou jsem si pro projekty s tepelnými čerpadly nechal vypracovat od firmy IVT s.r.o.

Nabídku na plynový kotel jsem obdržel v telefonické podobě, kterou mi na základě mých požadavků vypracoval technik od společnosti Vaillant Group Czech s.r.o., na kterého mě odkázal obchodní zástupce značky PROTHERM, pan Jiří Vavřina. Počáteční investice znamená, jakou cenu musíme zaplatit za instalování nového způsobu vytápění v roce nula. Rok nula je brán jako rok, kdy je provedena instalace zařízení, je za ni patřičně zapláceno a provoz, tudíž i provozní výdaje začínají v roce jedna.

Druhou podstatnou hodnotou, kterou musíme znát, jsou roční toky hotovosti, které v našem případě odpovídá ročním výdajům na provoz vytápění, které jsou uvedeny v kapitole výdaje. Tyto roční toky hotovosti jsem nejprve převedl na současnou hodnotu, tak, že jsem je vydělil $(1+r)^t$. A to abych dostal přehlednou tabulku s diskontovanými ročními hotovostními toky. Díky které je vidět, jaké budou roční výdaje všech projektů v jednotlivých letech po celou dobu životnosti jejich životnosti. Dále mi už nezbývalo, než spočítat NPV.

Při výpočtu NPV, se však vyskytly dva menší problémy. Výpočet NPV u všech třech variant vytápění pomocí tepelných čerpadel nebyl problém, protože zde známe přesnou částku investice, roční toky hotovosti, začínáme v roce 0 a známe životnost tepelného čerpadla. První problém byl, jak zajistit, aby byly všechny vypočtené NPV porovnatelné, tzn. aby projekty byly ekvivalentní, protože u stávajícího vytápění pomocí plynového kotle nemáme žádnou počáteční investici, jelikož tento kotel už sedm let vytápí náš dům. Protože

předpokládaná životnost našeho plynového kotle je patnáct let, znamená to, že nám bude ještě dalších osm let sloužit. Poté se bude muset vyměnit. Proto jsem počáteční investici do plynového kotle započel v 8. roce projektu, který je na 15 let. Tento krok nám zajistí, v souladu s podmínkou opakovatelnosti, že v době životnosti plynového kotle máme počáteční investici. Díky tomu jsou všechny čtyři projekty z tohoto pohledu ekvivalentní a výsledné NPV dává smysluplný výsledek.

Tabulka 14 - Čistá současná hodnota projektů

Projekt	Počáteční investice	Doba životnosti	Roční výdaj	NPV
TČ Vzduch/Voda	203 458 Kč	12 let	41 675 Kč	-678 899 Kč
TČ Země/Voda kol.	329 981 Kč	15 let	38 826 Kč	-877 293 Kč
TČ Země/Voda Vrt	364 481 Kč	15 let	38 826 Kč	-911 793 Kč
Plynový kotel	78 037 Kč	15 let	53 775 Kč	-900 139 Kč

Je zde však druhý problém, a tím je rozdílná doba životností projektů, kvůli které nemůžeme rozhodnout na základě finančního ukazatele NPV. Projekt s plynovým kotlem i oba projekty, které počítají s tepelným čerpadlem Země/Voda mají dobu životnosti 15 let. Kdežto tepelné čerpadlo Vzduch/Voda má dobu životnosti pouhých 12 let. Tyto hodnoty jsme zvolili po domluvě s mým vedoucím BP. Výrobce totiž udává, že životnost tepelných čerpadel Země/Voda je až 20 let a tepelných čerpadel Vzduch/Voda o 20% až 30% méně. [28]. My jsme nebyli tak optimističtí a domluvili jsme se na přijatelné době životnosti tepelných čerpadel Země/Voda 15 let a tepelných čerpadel Vzduch/Voda 12 let. S rozdílnou dobou životností projektů jsem si, po poradě s vedoucím BP, poradil pomocí ročního ekvivalentního toku hotovosti.

4.4. Roční ekvivalentní tok hotovosti

Roční ekvivalentní tok hotovosti (ReCF) slouží k porovnání více projektů, které nemají stejnou dobu životnosti, ale zároveň začínají ve stejný okamžik. K výpočtu se používá NPV a anuitní člen. Vzorec pro výpočet ročního ekvivalentního toku hotovosti je:

$$ReCF = \frac{r}{(1-(1+r)^{-T})} * NPV \quad [29]$$

kde r je diskont

T je doba životnosti projektu

NPV je čistá současná hodnota

Roční ekvivalentní tok hotovosti tedy dostaneme, pokud vynásobíme NPV anuitním členem. To nám udává, jakou konstantní částku bychom platili každý rok po celou dobu

životnosti projektu. Tato metoda je výdajová, hledáme tedy projekt s co nejmenšími ročními výdaji. Tato metoda je v souladu s podmínkou opakovatelnosti.

Tabulka 15 - Roční ekvivalentní tok hotovosti projektů

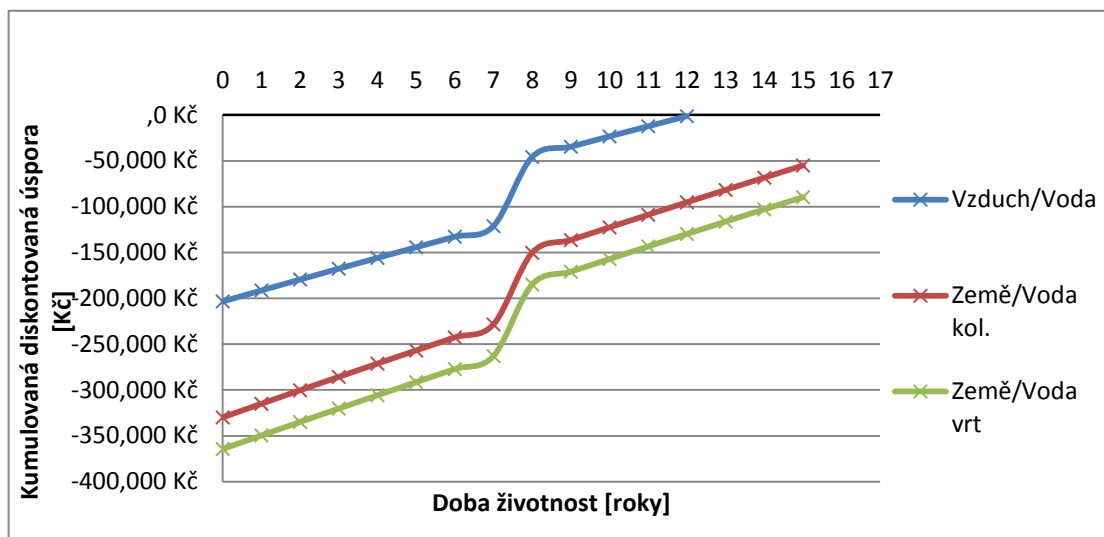
Projekt	Počáteční investice	Doba životnosti	Roční výdaj	NPV	ReCF
TČ Vzduch/Voda	203 458 Kč	12 let	41 675 Kč	-678 899 Kč	-66 184 Kč
TČ Země/Voda kol.	329 981 Kč	15 let	38 826 Kč	-877 293 Kč	-70 856 Kč
TČ Země/Voda Vrt	364 481 Kč	15 let	38 826 Kč	-911 793 Kč	-73 642 Kč
Plynový kotel	78 037 Kč	15 let	53 775 Kč	-900 139 Kč	-72 701 Kč

Podle finančního ukazatele ReCF vychází, že TČ Vzduch/Voda i TČ Země/Voda - povrchový kolektor je výhodnější projekt, než stávající plynový kotel. Nejlepší varianta je TČ Vzduch/Voda. Z tohoto důvodu bychom se rozhodli investovat právě do tohoto projektu. Naopak TČ Země/Voda – hlubinný vrt má horší ReCF než plyn, proto do tohoto projektu nemá smysl investovat.

4.5. Kumulovaná diskontovaná úspora a diskontovaná doba splacení

Když mám spočtené potřebné finanční ukazatele, je čas na to, abych zjistil, kolik investice do daného tepelného čerpadla ušetří peněz v podobě nižších ročních výdajů za vytápění a ohřev TUV oproti současnému plynovému kotli. Úsporu začínám počítat v roce 0, kde je ale úspora záporná, kvůli počáteční investici do tepelného čerpadla. V dalších letech odečítáním ročních výdajů za jednotlivá tepelná čerpadla od ročních výdajů na plynový kotel dostávám roční úsporu. Je však potřeba tyto uspořené částky převést na současné hodnoty, proto úspory jednotlivých let diskontuji vydělením členem $(1 + r)^t$. Tím tedy dostávám diskontované úspory jednotlivých let.

Chceme-li zjistit diskontovanou dobu splacení, tedy v jakém roce se nám díky uspořeným penězům tepelné čerpadlo zaplatí, a začne vydělávat, musíme spočítat kumulovanou diskontovanou úsporu. To provedeme tak, že ke stavu v roce 0 postupně přičítáme hodnoty diskontovaných úspor v jednotlivých letech. V roce, ve kterém dosáhneme kladné hodnoty, se nám investice do projektu vrátila a to nazýváme rentabilitou. Pokud budeme dále pokračovat v přičítání diskontované úspory až do doby životnosti projektu, zjistíme, kolik peněz celkově ušetříme na výdajích za dobu životnosti projektu.



Obrázek 11 - Graf diskontované doby splacení

Z grafu vyplývá, že diskontovaná doba splacení všech tří variant vytápění pomocí tepelného čerpadla je delší, než jejich doba životnosti. Hlavním důvodem, je poměrně nízká potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV a tomu odpovídající nízká úspora při použití tepelného čerpadla.

4.6. Ekonomické zhodnocení variant vytápění RD před zahájením výstavby

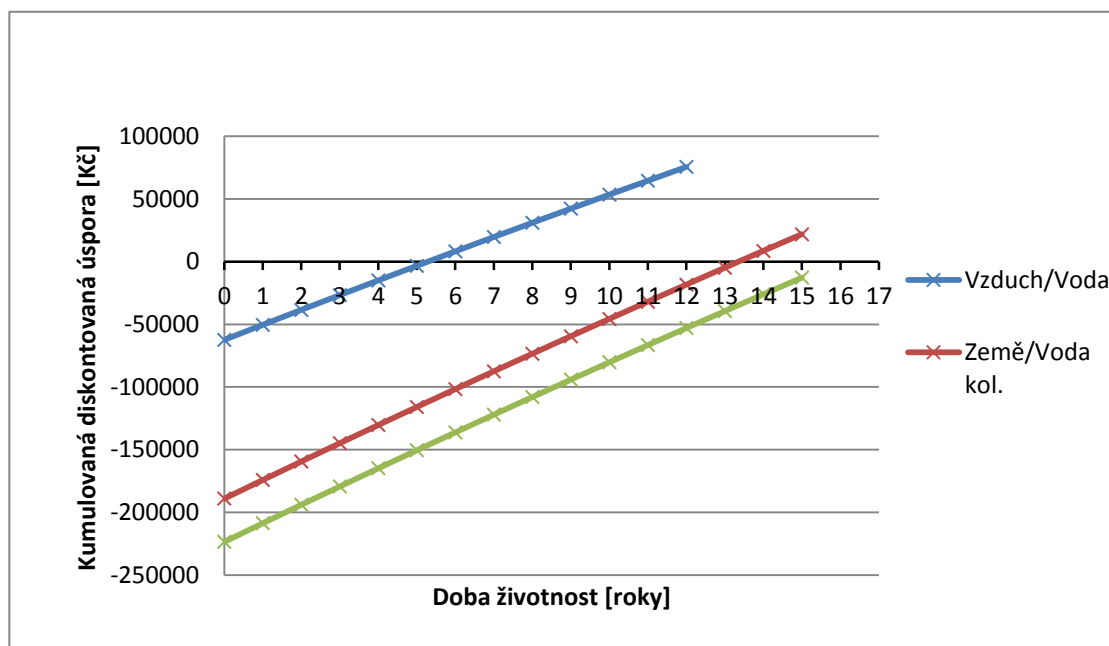
Cílem tohoto zhodnocení je vybrat nejlepší variantu vytápění RD v případě kdy se teprve rozhodujeme o zvolení vhodného způsobu vytápění např. ve fázi projektové přípravy výstavby RD a rozhodnutí o zřízení přípojky plynu.

Oproti předchozímu výpočtu musíme zohlednit náklady na pořízení plynového kotle, plynové přípojky a nákladů s tím spojených. Ostatní parametry zůstávají shodné jako u předchozího výpočtu.

Tabulka 16 - Investiční kritéria před zahájením výstavby

Projekt	Počáteční investice	Doba životnosti	Roční výdaj	NPV	ReCF
TČ Vzduch/Voda	203 458 Kč	12 let	41 675 Kč	-678 899 Kč	-66 184 Kč
TČ Země/Voda kol.	329 981 Kč	15 let	38 826 Kč	-877 293 Kč	-70 856 Kč
TČ Země/Voda Vrt	364 481 Kč	15 let	38 826 Kč	-911 793 Kč	-73 642 Kč
Plynový kotel	141 037 Kč	15 let	53 775 Kč	-899 090 Kč	-72 616 Kč

Podle finančního ukazatele ReCF vychází jako nejlepší varianta TČ Vzduch/Voda. Z výše uvedené Tabulky 16 je však patrné, že i projekt s tepelným čerpadlem Země/Voda – povrchový kolektor má lepší finanční ukazatel ReCF než plynový kotel. Naopak TČ Země/Voda – hlubinný vrt má horší ReCF než plyn, proto do tohoto projektu nemá smysl investovat. Na první pohled se varianta před zahájením výstavby velice podobá variantě se stávajícím plynovým kotlem. Největší rozdíl je však v diskontované době splacení jednotlivých projektů s tepelnými čerpadly, které znázorňuje následující graf:



Obrázek 12 - Graf diskontované doby splacení před zahájením výstavby

Ani v tomto případě projekt s tepelným čerpadlem Země/Voda – hlubinný vrt nedosahuje rentability v rámci doby své životnosti. Hlavním důvodem nerentability tohoto typu tepelného čerpadla jsou více jak dvojnásobné pořizovací náklady, než u varianty s plynovým kotlem. Na rozdíl od předešlého případu nastane diskontovaná doba splacení u projektu s TČ Země/Voda – plošný kolektor ve čtrnáctém roce. Avšak v tomto případě se opět nejvíce vyplatí investovat do tepelného čerpadla Vzduch/Voda, protože investiční náklady jsou vyšší pouze o cca 25% oproti plynovému kotli. Kumulovaná diskontovaná úspora tepelného čerpadla oproti plynovému kotli zajistí, že diskontovaná doba splacení nastane v šestém roce, což je polovina doby životnosti TČ. Celková částka, kterou nám tento projekt přinese v podobě úspor na konci své životnosti oproti plynovému kotli je 75 623 Kč.

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo ekonomické zhodnocení případné výměny stávajícího plynového kotle třemi typy tepelných čerpadel. Problematiku mé práce jsem rozdělil do několika témat.

Prvním tématem bylo seznámení se s problematikou tepelných čerpadel, s jejich nejčastěji používanými typy instalací a s historií vývoje instalací tepelných čerpadel v ČR. Po prostudování této problematiky lze konstatovat, že v dnešní době je nejčastěji používaná instalace tepelného čerpadla Vzduch/Voda. Hlavním důvodem jsou nejnižší pořizovací náklady a minimální prostorové nároky na instalaci kolektoru. V posledních letech lze pozorovat prudký nárůst instalací tepelných čerpadel zapříčiněný zejména poklesem cen tepelných čerpadel a vysokými cenami energií. Dále je možné získat dotaci na pořízení tepelného čerpadla díky programu Nová zelená úsporám s označením C - Efektivní využití zdrojů energie. Podmínky dotací stanovují minimální topný faktor tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla použitá pro výpočet v mé práci těchto podmínek nedosahují, proto jsem v našem případě s dotací na tepelná čerpadla nepočítal.

Druhým tématem bylo zpracování výpočtu tepelných ztrát a tepelné potřeby vybraného objektu. Pro konkrétní objekt jsem spočítal tepelné ztráty prostupem i větráním. Výsledky jsou interpretované v tabulce č. 3, ze které je vidět, jak se konkrétní místnosti podílejí na tepelné ztrátě objektu. Pomocí koláčového grafu (Obrázek č. 11) je ukázáno, jakým způsobem je tepelná ztráta rozdělena mezi jednotlivé konstrukční prvky objektu. Dalším úkolem ve výpočtové části bylo určit potřebu tepla pro tento konkrétní objekt. Díky tomu jsem teď schopen říci, kolik MWh/rok bude potřeba do objektu dodat. Tyto informace použiji jako vstupní podklady pro mou bakalářskou práci, ve které se budu zabývat návrhem tepelného čerpadla pro tento objekt včetně posouzení pořizovacích a provozních nákladů.

Třetím tématem bylo provedení průzkumu trhu. Oslovil jsem 3 dodavatele tepelných čerpadel. Z obdržených nabídek jsem vybral nabídku od společnosti IVT s.r.o. Pro účel zjištění ceny plynového kotle jsem oslovil společnost Vaillant Group Czech s.r.o. V ekonomickém modelu uvažuji výměnu plynového kotle v osmém roce životnosti.

Čtvrtým tématem bylo sestavení ekonomického modelu. Nejprve se zabývám, jakým způsobem se změní měsíční platby při přechodu z vytápění pomocí plynového kotle na vytápění pomocí tepelného čerpadla. Ekonomické hodnocení jsem provedl pomocí investičních kritérií NPV, ReCF a diskontované doby splacení.

Investiční kritérium ReCF doporučuje změnit způsob vytápění a investovat do projektu s tepelným čerpadlem Vzduch/Voda. Avšak diskontovaná doba splacení je delší než doba životnosti pro všechny tři varianty porovnávaných tepelných čerpadel. Pokud bychom se rozhodovali ve fázi před započatí výstavby RD, investiční kritérium ReCF opět doporučuje investovat do projektu s tepelným čerpadlem Vzduch/Voda. Dosahujeme zde však větších úspor. Diskontovaná doba splacení projektu se nachází v polovině jeho životnosti, což je velice příznivé. Jako druhá, ale horší varianta, je investovat do tepelného čerpadla Země/Voda – plošný kolektor, diskontovaná doba splacení této investice je však mnohem delší. Do projektu s tepelným čerpadlem Země/Voda – hlubinný vrt se nevyplatí investovat vůbec, jelikož je finančním kritériem ReCF hodnocen hůře, než projekt s plynovým kotlem.

Použitá literatura

- [1] ABECEDA-CERPADEL.CZ, Princip tepelného čerpadla. Dostupné online: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpadla>
- [2] ING. MILAN TRS, Dimenzování hlubinných vrtů systémů tepelných čerpadel, 07.11.2013. Dostupné online: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/dimenzovani-hlubinnych-vrtu-systemu-tepelnych-cerpadel>
- [3] CERPADLA-IVT.CZ, Tepelná čerpadla Země/Voda –vrt, Dostupné online: <http://www.cerpada-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [4] SCHLIEGER.CZ, Tepelná čerpadla se zemním kolektorem. Dostupné online: <http://www.schlieger.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>
- [5] SOLARENVI.CZ, Tepelná čerpadla Voda/Voda – podzemní voda. Dostupné online: <http://www.solarenavi.cz/a-48-tepelna-cerpadla-voda-voda-podzemni-voda.html>
- [6] SOLARENVI.CZ, Tepelná čerpadla Voda/Voda – povrchová voda. Dostupné online: <http://www.solarenavi.cz/tepelna-cerpadla/typy-tepelnych-cerpadel/voda-voda-povrchova-voda.html>
- [7] SOLARENVI.CZ, Tepelná čerpadla voda/voda – povrchová voda, Dostupné online: <http://www.solarenavi.cz/tepelna-cerpadla/typy-tepelnych-cerpadel/voda-voda-povrchova-voda.html>
- [8] YZAMER.SK, Výhody plynového tepelného čerpadla, Dostupné online: <http://www.yzamer.sk/produkty/tepelne-cerpadla/vyhody-plynoveho-tepelneho-cerpadla>
- [9] CERPADLA-IVT.CZ, Tepelná čerpadla Vzduch/Vzduch, Dostupné online: <http://www.cerpada-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [10] VYTAPENI.TZB-INFO.CZ, Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit, Dostupné online: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [11] VETRANI.TZB-INFO.CZ, Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210, Dostupné online: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>
- [12] TZB-INFO.CZ, tabulka součinitele tepelné vodivosti materiálů, Dostupné online: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
- [13] STAVBA.TZB-INFO.CZ, Tepelný odpor R, Dostupné online: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/tepelny-odpor-r>
- [14] FCE.VUTBR.CZ, Určení součinitele prostupu tepla U, Dostupné online: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/BT03_S/1_Soucinitel_prostupu%20U_bt03.pdf

- [15] STAVBA.TZB-INFO.CZ, Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci, Dostupné online: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [16] ING LADISLAV TINTĚRA, Denostupně – teorie k výpočetní pomůcce, 11.7.2005, Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/2592-denostupne-teorie-k-vypocetni-pomucce>
- [17] TZB-INFO.CZ, Veškeré vzorce pro výpočet tepelné ztráty, Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/>
- [18] EON.CZ, Ceník prodejních cen dodávky zemního plynu pro maloobchodníky a domácnosti C1, Dostupné online: <http://www.eon.cz/file/edee/cs/domacnosti/produkty-a-ceny-zemniho-plynu/eon-cenik-standard-plyn-rwe-sever-20150101.pdf>
- [19] TOPSROVNANI.CZ, Kolik stojí v roce 2014 kubík plynu?, Dostupné online: <http://www.topsrovnani.cz/aktuality/kolik-stoji-v-roce-2014-kubik-plynu>
- [20] CEZ.CZ, Ceny produktů skupiny čez, produktová řada komfort, Dostupné online: http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2015/cez_cz_ele_cenikmoo_2015-01-01_comfort.pdf
- [21] ABECEDA-CERPADEL.CZ, Časté omyly a bludy o tepelných čerpadlech, Dostupné online: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/omyly-a-bludy>
- [22] ENERFINPLUS.CZ, Technický list IVT Air Split 7,5, Dostupné online: http://www.enerfinplus.cz/files/technicke_listy_ivt/technicky-list-ivt-air-split.pdf
- [23] TECHNIK-PLYN.CZ, Základní ceník technik - plyn, Dostupné online: <http://www.technik-plyn.cz/cenik.html>
- [24] KOMINY.CZ, Ceník služeb, Dostupné online: <http://www.kominy.cz/cenik/>
- [25] CNB.CZ, Inflace, Dostupné online: <https://www.cnb.cz/cs/statistika/inflace/>
- [26] CZSO.CZ, Míra inflace v ČR v lednu 2015, Dostupné online: <https://www.czso.cz/csu/x/mira-inflace-v-cr-v-lednu-2015>
- [27] KISLINGEROVÁ, E. a kol. Manažerské finance, 3. Vydání. Praha : C. H. Beck, 2010.
- [28] CERPADLA-IVT.CZ, Časté dotazy, Dostupné online: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/caste-dotazy>
- [29] KISLINGEROVÁ, E. a kol. Manažerské finance, 3. Vydání. Praha : C. H. Beck, 2010.

Seznam příloh

Příloha č.1 – Tabulky s výpočtem tepelné ztráty místnosti

Tech. místnost		Vm [m ³]	6.93				
světová strana	konstrukce	Plocha	sousedí	součinitel prostupu	vnitřní teplota	sousední teplota	Q
sever	Obod. Zdivo	2.55	exteriér	0.17	15	-12	11.70
sever	Okno	1.13	exteriér	1.2	15	-12	36.45
vychod	Obod. Zdivo	4.71	exteriér	0.17	15	-12	21.63
jih	Vnitřní příčka	2.1	chotba 1	1.54	15	18	-9.70
jih	Dveře	1.58	chotba 1	2.3	15	18	10.87
zapad	Vnitřní příčka	4.71	koupelna1	1.54	15	24	65.32
země	Podlaha v přízemí	2.77	terén	0.31	15	5	8.59
strop	Strop	2.77	koupelna 2	0.68	15	24	16.96

Qp	-24.48 [W]
Intenzita větraného vzduchu	0.25 [h ⁻¹]
Vv	0.000481 [m ³ s ⁻¹]
Qv	16.89 [W]
Qc	-7.58 [W]

Příloha č.2 – Přepočet ceny plynu

Propočet ceny plynu	
Produkt Standart plyn	
Spotřeba do 1.89 MWh/rok	
CENA DODÁVKY ZEMNÍHO PLYNU	
Jednotková hraniční komoditní cena	1 002.60 Kč/MWh
Stálý plat za dodávku	25 Kč/měs
CENA ZA DISTRIBUCI ZEMNÍHO PLYNU A OSTATNÍ REGULOVANÉ PLATBY	
Daň ze zemního plynu	30.6 Kč/MWh
Pevná cena za odebraný plyn	410.61 Kč/MWh
Pevná cena za služby operátora	2.16 Kč/MWh
Stálý plat za přistavenou kapacitu	65.05 Kč/měsíc
Roční spotřeba plynu	0.85 MWh
Základ daně	2309.675 Kč
Sazba DPH	21%
Daň	485.0316 Kč
CELKEM	2794.706 Kč

Příloha č.3 – Přepočet ceny elektřiny


Propočet ceny elektřiny	
Produktová řada COMFORT	
Distribuční sazba D56d	
DISTRIBUCE	
měsíční plat za rezervovaný příkon 3x25	
A	300 kč/měs
cena za 1 MWh	
VT	249.98 kč/MWh
NT	36.94 kč/MWh
OSTATNÍ SLUŽBY	
systémové služby	105.27 kč/MWh
podpora výkupu elektřiny	495 kč/MWh
činnost zúčtování OTE	6.94 kč/MWh
OBCHOD	
pevná cena za měsíc	60 kč/měs
VT	1313 kč/MWh
NT	1263 kč/MWh
Roční spotřeba (bez čerpadla)	6.036 MWh
VT	0.48288 MWh
NT	5.55312 MWh
Základ daně	15753.4419 kč
Sazba DPH	21%
Daň	3308.2228 kč
CELKEM	19061.6647 kč

Příloha č.4 – Nabídka na tepelné čerpadlo Vzduch/Voda

Vzduch-voda IVT AIR Split

Cenová nabídka - rozpočet instalace tepelného čerpadla

IVT AIR Split 7,5 - Pro dům s tepelnou ztrátou 4 - 10 kW



Tepelné čerpadlo

Venkovní jednotka tepelného čerpadla	IVT AIR Split 7,5		78 000 Kč
Vnitřní jednotka tepelného čerpadla	IVT Splitbox 80 S		64 000 Kč
- Nízkoenergetické oběhové čerpadlo	WILO		v ceně
- Ekvitermní regulátor v českém jazyce	REGO 800		v ceně
- Pojistný ventil topného systému			v ceně
- Trojcestný ventil pro připojení záložního zdroje tepla	ESBE		v ceně
- Filterball pro zachycení nečistot			v ceně
Doprava a montáž tepelného čerpadla	potrubí do 5 m		15 500 Kč
Uvedení do provozu a zaškolení obsluhy			6 000 Kč
ZÁKAZNICKÁ SLEVA (v případě probíhající obchodní akce)			- 35 380 Kč
CELKOVÁ CENA tepelného čerpadla s montáží			128 120 Kč

Ohřev teplé užitkové vody

Zásobník teplé vody	HR 200, smalt	22 000 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	22 000 Kč
Připojovací sada zásobníku, včetně čidla	DHW KIT	4 800 Kč	4 800 Kč
Připojení vnitřní jednotky a zásobníku teplé vody	do 2 m	4 500 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	4 500 Kč

Volitelné příslušenství a služby

Elektrokotel 9 kW (doplatek za Splitbox E)	IVT Splitbox 80 E	5 000 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	5 000 Kč
Konzole nebo stativ pro umístění venkovní jednotky		4 400 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	4 400 Kč
Dálkové ovládání s LCD displejem		3 100 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	3 100 Kč
Připojení jednotek potrubím nad 5 m (včetně montáže)	za 1 m	1 300 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Nerezový zásobník teplé vody (doplatek ke smaltovanému)	IVT DS 200 R	15 000 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Topný kabel pro bezpečný odvod kondenzátu	3 m nebo 5 m	1 600 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Prodloužená materiálová záruka	5 let	5 000 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Revize chladivového okruhu		1 500 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Připojení vnitřní jednotky k topnému systému			- Kč
----			- Kč
CELKOVÁ CENA včetně vybraného příslušenství (bez DPH)			171 920 Kč
CELKOVÁ CENA vč. 15% DPH			197 708 Kč

Cena neobsahuje

STAVBA: Průstup do domu od venkovní jednotky, základ pro venkovní jednotku v případě umístění na zem

INSTALACE: Připojení k topnému systému, připojení zásobníku k rozvodům vody, odvod kondenzátu venk. jednotky

ELEKTRO: Elektrický přívod a kabely pro venkovní a vnitřní čidla, stykač HDO, revize elektro

Ostatní

- Platnost cenové nabídky 3 měsíce od vydání
- Termín dodávky do 8 týdnů od objednání
- Záruka 2 roky s možností prodloužení na 5 let

Kontakt


Přímý kontakt na technika IVT naleznete v e-mailu
NEBO VOLEJTE ZDARMA 800 488 488
 ivt@ivtcentrum.cz

IVT můžete 100% důvěřovat


- Spolehlivé švédské a japonské výrobky
- 22 let zkušeností s tepelnými čerpadly
- 8 500 spokojených zákazníků v ČR

Tepelná čerpadla IVT s.r.o. Československého exilu 8, 143 00 Praha, www.cerpadla-ivt.cz

Příloha č.5 – Nabídka na tepelné čerpadlo Země/Voda plošný kolektor

Země-voda IVT		2.3.2015	
Cenová nabídka - rozpočet instalace tepelného čerpadla			
Pro dům s tepelnou ztrátou 5 - 7 kW			
			
Strojovna tepelného čerpadla			
Tepelné čerpadlo	IVT Greenline HA C6		186 000 Kč
Zásobník teplé vody	Vestavěný nerezový 225 l		V ceně
- Elektrokotel	9 kW		v ceně
- Nízkoenergetická oběhová čerpadla	WILO		v ceně
- Moderní grafický ekvitermní regulátor v českém jazyce	REGO 1000		v ceně
- Pojistný ventil a expanzní nádoba primárního okruhu			v ceně
- Trojcestný ventil pro připojení zásobníku teplé vody	LK		v ceně
- Filterbally pro zachycení nečistot, plnicí souprava			v ceně
Poskytnutá záruka	2 roky		v ceně
Materiál, montáž a doprava tepelného čerpadla	potrubí do 2 m		20 900 Kč
Uvedení do provozu a zaškolení obsluhy			7 000 Kč
ZÁKAZNICKÁ SLEVA (v případě probíhající obchodní akce)			16 740 Kč
CELKOVÁ CENA tepelného čerpadla s montáží			197 160 Kč
Zdroj energie			
Zemní práce pro plošný kolektor, délka (m):	300	40 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
HDPE hadice pro zemní kolektor	300	50 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	15 000 Kč
Propojení sběračů tepla, nemrznoucí směs		14 080 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	14 080 Kč
Volitelné příslušenství a služby			
Akumulátor topné vody	Akumulátor BC 100	15 000 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Oběhové čerpadlo a expanzní nádoba topného systému		7 500 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Dálkové ovládání s LCD displejem		3 100 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Připojení tep. čerpadla k topnému systému (nad 2 m)	za 1 m	1 300 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Elektroinstalace včetně montáže		1 800 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	1 800 Kč
Připojení zásobníku na rozvod vody		3 900 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	3 900 Kč
Prodloužená materiálová záruka	5000	5 000 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	5 000 Kč
Prázdné			- Kč
Prázdné			- Kč
Prázdné			- Kč
...			- Kč
...			- Kč
CELKOVÁ CENA včetně vybraného příslušenství (bez DPH)			236 940 Kč
CELKOVÁ CENA vč. 15% DPH			272 481 Kč
Cena neobsahuje (pokud to není uvedeno ve volitelném příslušenství):			
STAVBA: Prostup do domu, stavební přípomoc, zemní práce			
INSTALACE: Připojení k topnému systému, připojení zásobníku k rozvodům topné a užitkové vody			
ELEKTRO: Elektrický přívod, kabely pro venkovní a vnitřní čidla, stykač HDO, revize elektro			
Ostatní			
- Platnost cenové nabídky 3 měsíce od vydání			
- Ceny vrtů a zemních kolektorů jsou pouze orientační			
- Termín dodávky do 8 týdnů od objednání			
Kontakt			
Přímý kontakt na technika IVT naleznete v e-mailu			
NEBO VOLEJTE ZDARMA 800 488 488			
ivt@ivtcentrum.cz			
IVT můžete 100% důvěřovat			
- Spolehlivé a odolné švédské výrobky			
- 23 let zkušeností s tepelnými čerpadly			
- 9 000 spokojených zákazníků v ČR			

Příloha č.6 – Nabídka na tepelné čerpadlo Země/Voda hlubinný vrt

Země-voda IVT		12.3.2015	
Cenová nabídka - rozpočet instalace tepelného čerpadla			
Pro dům s tepelnou ztrátou 5 - 7 kW			
			
Strojovna tepelného čerpadla			
Tepelné čerpadlo	IVT Greenline HA C6		186 000 Kč
Zásobník teplé vody	Vestavěný nerezový 225 l		v ceně
- Elektrokotel	9 kW		v ceně
- Nízkoenergetická oběhová čerpadla	WILO		v ceně
- Moderní grafický ekvitermní regulátor v českém jazyce	REGO 1000		v ceně
- Pojistný ventil a expanzní nádoba primárního okruhu			v ceně
- Trojcestný ventil pro připojení zásobníku teplé vody	LK		v ceně
- Filterbally pro zachycení nečistot, plnicí souprava			v ceně
Poskytnutá záruka	2 roky		v ceně
Materiál, montáž a doprava tepelného čerpadla	potrubí do 2 m		20 900 Kč
Uvedení do provozu a zaškolení obsluhy			7 000 Kč
ZÁKAZNICKÁ SLEVA (v případě probíhající obchodní akce)			- 16 740 Kč
CELKOVÁ CENA tepelného čerpadla s montáží			197 160 Kč
Zdroj energie			
Vrtné práce, délka (m):	100	750 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	75 000 Kč
Sonda do vrtu HDPE	100	200 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	20 000 Kč
Propojení sběračů tepla, nemrzoucí směs		14 080 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	14 080 Kč
Volitelné příslušenství a služby			
Akumulátor topné vody	Akumulátor BC 100	15 000 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Oběhové čerpadlo a expanzní nádoba topného systému		7 500 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Dálkové ovládání s LCD displejem		3 100 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Připojení tep. čerpadla k topnému systému (nad 2 m)	za 1 m	1 300 Kč <input type="checkbox"/>	- Kč
Elektroinstalace včetně montáže		1 800 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	1 800 Kč
Připojení zásobníku na rozvod vody		3 900 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	3 900 Kč
Prodloužená materiálová záruka	5000	5 000 Kč <input checked="" type="checkbox"/>	5 000 Kč
Prázdné			- Kč
Prázdné			- Kč
Prázdné			- Kč
---			- Kč
---			- Kč
CELKOVÁ CENA včetně vybraného příslušenství (bez DPH)			316 940 Kč
CELKOVÁ CENA vč. 15% DPH			364 481 Kč
Cena neobsahuje (pokud to není uvedeno ve volitelném příslušenství):			
STAVBA: Prostup do domu, stavební přípomoc, zemní práce			
INSTALACE: Připojení k topnému systému, připojení zásobníku k rozvodům topné a užitkové vody			
ELEKTRO: Elektrický přívod, kabely pro venkovní a vnitřní židla, stykač HDO, revize elektro			
Ostatní			
- Platnost cenové nabídky 3 měsíce od vydání			
- Ceny vrtů a zemních kolektorů jsou pouze orientační			
- Termín dodávky do 8 týdnů od objednání			
Kontakt			
Přímý kontakt na technika IVT naleznete v e-mailu			
NEBO VOLEJTE ZDARMA 800 488 488			
ivt@ivtcentrum.cz			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>IVT můžete 100% důvěřovat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spolehlivé a odolné švédské výrobky - 23 let zkušeností s tepelnými čerpadly - 9 000 spokojených zákazníků v ČR </div>			

IVT GREENLINE HA C – země/voda

- Vhodné do maximální tepelné ztráty 16 kW
- Vestavěný zásobník teplé vody a elektrokočel
- Oběhová čerpadla na teplé i studené straně
- Maximální teplota topné vody až 65 °C



TEPELNÉ ČERPADLO	IVT GREENLINE HA OS	IVT GREENLINE HA CT	IVT GREENLINE HA OS	IVT GREENLINE HA CTT
Výkon při 0°C / 35°C ¹	kW	5,5	7,2	8,8
Fřiklon	kW	1,3	1,7	2,1
Topný výkon při 0°C / 35°C	kW	4,1	4,2	4,2
Výkon při 0°C / 45°C ²	kW	5,1	6,8	8,2
Fřiklon	kW	1,8	2,0	2,5
Topný výkon při 0°C / 45°C	kW	3,2	3,3	3,3
Maximální teplota topné vody	°C	1	185 (elektron. modul vody 225 l)	3,5
Wobson topné vody	l		40	
Výstupní elektrický výkon	W	0,3	0,38	0,48
Nominální výkon na studeném okruhu	W	0,20	0,25	0,31
Střední proud při aktivaci ³	A	27 / 27	33 / 21,4	38 / 28,2
Max. aktivovaný při aktivaci ³	dB	31	34	36
Hlučnost standardního typu Lp v 1m ⁴	kg	200	207	210
Hmotnost	kg	28	28	28
Připojení na studeném okruhu	Da	22	22	22
Připojení na teplém okruhu	kg	1,8	1,8	1,8
Wobson okruhu	mm		600 x 845 x 1300	
Číslo výrobku			Elektronický modul R 407 C	
Prostředí			400 V, N35 I500	
Elektrická zapojení			MASSA/ENI/Scotl	
Komponenty			20 °C	
Max. výkon topná primárního okruhu			65 °C	
Max. výkon topná sekundárního okruhu			Elektronický modul R 1000	

¹ Při teplotě vzduchu +35°C na výstupu z topného čerpadla 0°C na vstupu do topného čerpadla, kotel DT 14001
² Při teplotě vzduchu +45°C na výstupu z topného čerpadla 0°C na vstupu do topného čerpadla, kotel DT 14001
³ Tepelné čerpadlo měří výkon elektrický ač. aktivací, výstupní modulu IVT GREENLINE HA OS
⁴ ČSN EN ISO 11000



Vybavení tepelného čerpadla

V praxi se čerpadlo (základní v sestavě)
 • Externí zásobník a potrubí pro primární okruhu, tříry pro přívod
 • Sekundární okruhu (tříkotví, jiné sestavy)
 • Vnější část pro externí regulátor a čláso pro odleh vody.

Instalátorské úkony

- Kompenzace Scott ligazáže Electric
- Novovýškovací zásobník pro odleh teplé vody (225 l) kotelový dělen, z toho 185 l užitková voda.
- Elektrický řídicí modul o výkonu 3 – 8 – 9 kW.
- Elektronický regulátor FEGCO 1000 s řídicím displejem, který je vybaven modulů až 4 topných okruhů, sekcí pro řízení dvou topných čerpadel, odstavění kotle, odleh vody v zásobníku, diagnostiku poruch, časový řízení, odleh algoritmus FCO a další funkce.
- Okružní čerpadla WFC připojením i sekundárního okruhu.
- Průběh trubky pro tlumení chvění topného čerpadla.
- Tlumení vrtání kompenzace.
- Odstranění vzduchu z okruhu teplé vody.
- Možná další dělní kapacitativní.

IVT AIR SPLIT – vzduch/voda

- Vhodné do maximální tepelné ztráty 16 kW
- Plynule řízený výkon kompresoru
- Řízení dvou topných okruhů
- Možnost využití jako klimatizace v letním období
- Maximální teplota topné vody 55 °C



TEPELNÉ ČERPADLO		IVT AIR SPLIT 7.5	IVT AIR SPLIT 11	IVT AIR SPLIT 12
Provoz vzduch/voda				
Jmenovitý tepelný výkon při A2W35 ¹	kW	6,4	9,5	10,5
COE ² při A2W35 ¹		3,23	3,20	3,16
Jmenovitý tepelný výkon při A2W35 ³	kW	8,8	14,0	16,3
COE ² při A2W35 ³		4,45	4,24	4,54
Teploty výkon při A2W35 ²	kW	8,1	—	10,4
COE ² při A2W35 ²		2,91	—	2,44
Jmenovitý chladič výkon při AS5W7 ⁴	kW	6,8	12,0	12,5
EER ⁵ při AS5W7 ⁴		2,55	2,55	2,52
Elektrická data				
Elektrická spotřeba		230V, 1N,AC 50Hz	400V, 3N,AC 50Hz	
Jmenovitý proud jističe	A	25	10	18
Maximální proud ⁶	A	19	9,5	13
Ohmův chlápek				
Připojovací kabel			3x6 ² a 5x6 ²	
Chladič ⁷			FH10A	
Hmotnost chladiče	kg	3,5	5,0	5,0
Jmenovitý objemový průtok topné vody	m ³ /h	1,008	1,794	2,016
Údaje o vnitřní a tlakové				
Motor ventilátor (DC-Inverter)	W	88		80+90
Nominální objemový průtok vzduchu	m ³ /h	3300		7200
Hlasitá akustická tlama ve vnitřní jednotce	dB(A)	48		52
Hlasitá akustická výkon ⁸	dB(A)	66		68
Všeobecné informace				
Maximální teplota výstupu topné vody, pouze tepelné čerpadlo	°C		55	
Maximální teplota výstupu topné vody, pouze chladič	°C		50	
Prostorný B ⁹ x H ⁹ x V ⁹	mm	1650 x 380 x 943	1050 x 380 x 1338	
Hmotnost	kg	87	136	132

¹ Jmenovitý tepelný výkon v režimu A2W35 při nominální teplotě (t_{in}-t_o)=35 °C
² Jmenovitý tepelný výkon v režimu A2W35 při nominální teplotě
³ Tepelný výkon v režimu A2W35 při nominální teplotě
⁴ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě (t_{in}-t_o)=35 °C
⁵ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě
⁶ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě
⁷ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě
⁸ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě
⁹ Tepelný výkon v režimu AS5W7 při nominální teplotě



Vybavení tepelného čerpadla

Instalováno uvnitř
 = Společnost Electric je hlavním montážním partnerem

Obsah příloženého CD

1. Výpočet_stávající.xls
 - 1.1. Tepelná ztráta objektu
 - 1.2. Potřeba tepla
 - 1.3. Graf
 - 1.4. Přehled ztrát
 - 1.5. EI – Plyn
 - 1.6. Náklady
 - 1.7. Zhodnocení
 - 1.8. Tabulky do wordu

2. Výpočet_před_stavbou
 - 2.1. Tepelná ztráta objektu
 - 2.2. Potřeba tepla
 - 2.3. Graf
 - 2.4. Přehled ztrát
 - 2.5. EI – Plyn
 - 2.6. Náklady
 - 2.7. Zhodnocení
 - 2.8. Tabulky do wordu