

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU S POMOCÍ
TEPELNÉHO ČERPADLA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

SIMONA OTRADOVSKÁ

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2015/2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Otradovská

Jméno: Simona

Osobní číslo: 396152

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Architektura a stavitelství

Studijní obor: Architektura a stavitelství

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění bytového domu s pomocí tepelného čerpadla

Název bakalářské práce anglicky: Heating system with heat pump in the apartment building

Pokyny pro vypracování:

Projekt vytápění bytového domu. Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, návrh systému vytápění, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti, funkční schéma.

Studie na téma Využití tepelných čerpadel pro vytápění

Seznam doporučené literatury:

Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ČNI 2005

ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. ČNI 2014.

Asociace pro využití tepelných čerpadel. Metodika návrhu. (Online) Dostupné na <http://www.avtc.cz/>

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 29.2.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

29.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Michala Kabrhela, Ph.D. a s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, dne 20. 5. 2016

.....

Simona Otradovská

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za vedení při vypracování bakalářské práce, poskytnutí cenných rad a ochotu konzultovat danou problematiku. Poděkování patří také mé rodině za podporu během studia.

ANOTACE	6
ÚVOD	7
1. HISTORIE A VÝVOJ TEPELNÝCH ČERPADEL	8
2. PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA	9
3. TYPY TEPELNÝCH ČERPADEL	11
3.1 TYP ZEMĚ/VODA	11
3.1.1 <i>Zemní kolektory</i>	11
3.1.2 <i>Půdní vrty – geotermální vertikální kolektory</i>	12
3.2 TYP VZDUCH/VODA	13
3.3 TYP VODA/VODA.....	14
3.3.1 <i>Podzemní voda</i>	14
3.3.1 <i>Povrchová voda</i>	15
3.4 TYP VZDUCH/VZDUCH	15
4. PARAMETRY TEPELNÝCH ČERPADEL	16
4.1 TEPELNÝ VÝKON	16
4.2 TOPNÝ FAKTOR.....	16
4.3 SKUTEČNÝ TOPNÝ FAKTOR.....	17
5. DRUHY PROVOZU TEPELNÝCH ČERPADEL	18
5.1 BIVALENTNÍ PROVOZ.....	18
5.2 MONOVALENTNÍ PROVOZ	18
6. TEPELNÁ SOUSTAVA PRO TEPELNÁ ČERPADLA	19
6.1 STÁVAJÍCÍ SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ	19
6.2 NOVÉ SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ	20
7. EKONOMIKA TEPELNÝCH ČERPADEL	21
7.1 POČÁTEČNÍ INVESTICE A NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA.....	21
7.2 TARIFY PRO TEPELNÁ ČERPADLA.....	22
7.3 DOTACE PRO TEPELNÁ ČERPADLA	22
7.3.1 <i>Nová zelená úsporám</i>	22
7.3.2 <i>Kotlíkové dotace</i>	23
ZÁVĚR	25
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	26
POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	27

Anotace

Bakalářská práce "Vytápění bytového domu s pomocí tepelného čerpadla" je rozdělena na studii a projekt. Cílem studie je popis tepelných čerpadel a možností jejich využití pro vytápění budov. Projekt se zabývá vytápěním čtyřpodlažního bytového domu. Součástí textové části projektu je technická zpráva a výpočty potřebné pro návrh systému vytápění. Druhou částí projektu je výkresová dokumentace vytápění obsahující půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti a funkční schéma zapojení.

Klíčová slova:

tepelné čerpadlo, vytápění, bytový dům

Annotation

This bachelor thesis "Heating system with heat pump in the apartment building" consists of two parts - a study and a project. The study describes heat pumps principles and possibilities of their use in real heating systems. The project focuses on a heating system design of a four-floor apartment building. The text part contains technical report and calculation relevant to the design. Floor plans, vertical section, boiler room layout and operating diagram are included in the second part of this project.

Key words:

heat pump, heating system, apartment building

Úvod

Potřeba tepla je podstatou lidské existence, teplota okolního prostředí je velmi důležitá z psychologického i fyzického hlediska. Již od počátku hledal člověk způsob, jak teplotu prostředí regulovat. V počátcích bylo teplo získáváno především z otevřeného ohně. Společně s vývojem lidského obydlí docházelo i k vývoji umístění zdroje tepla a jeho vedení. Milníkem v oblasti vytápění bylo využití černého a hnědého uhlí, které ve spojení s průmyslovou revolucí umožnilo plošné použití otopných těles. Proces vytápění je i v současnosti nadále zdokonalován a vyvíjeny jsou neustále nové technologie vytápění.

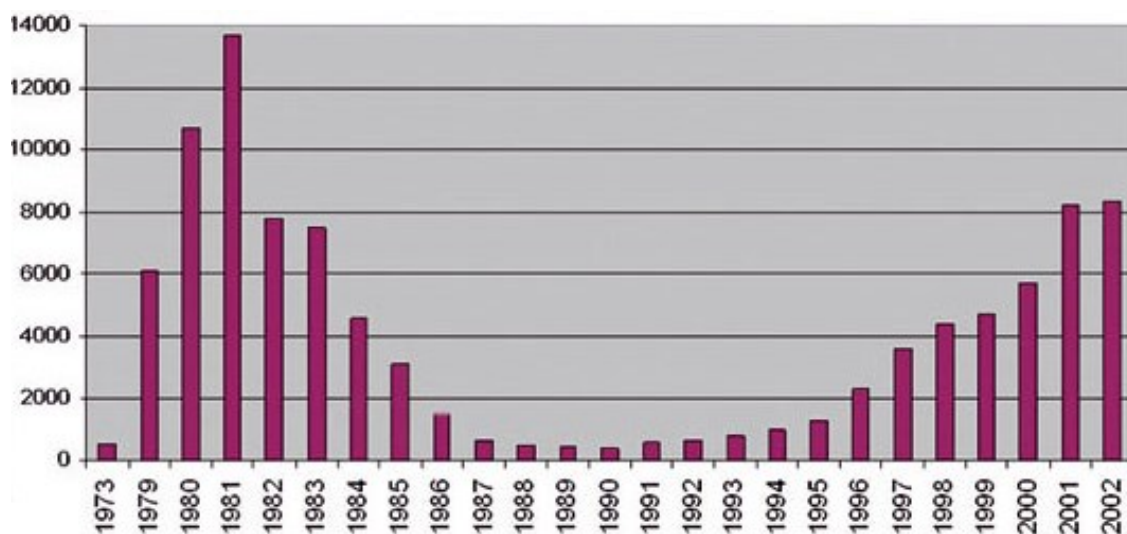
Prioritou je v současnosti hledisko získávání tepla z obnovitelných zdrojů a jeho maximální využití. Potřeba energie pro společnost neustále stoupá, i proto se více zaobíráme ekologií a dopady na životní prostředí. Cílem je snížení energetické náročnosti budov a emisí, které mají v globálním měřítku negativní vliv. Řešením dlouhodobě udržitelného rozvoje může být využití alternativních zdrojů energie: vody, vzduchu, Slunce a země. Zařízením, které splňuje všechny kladené požadavky, může být například tepelné čerpadlo.

Tepelné čerpadlo nabízí nové možnosti ve využití nízkopotencionálních zdrojů energie. Vzhledem k dostupnosti těchto zdrojů, dokáže tepelné čerpadlo nalézt uplatnění ve všech lokalitách, pouze typ tepelného čerpadla musí být přizpůsoben místním podmínkám. Přestože pořizovací náklady jsou vůči ostatním zařízením pro vytápění (plynové kondenzační kotle, elektrokotle a další) relativně vysoké, náklady na jejich provoz dokáží zvýšenou investici vyrovnat. Finanční návratnost tepelných čerpadel je navíc značně podpořena dotacemi poskytovanými Evropskou Unií a Ministerstvem životního prostředí České republiky.

1. Historie a vývoj tepelných čerpadel

V roce 1852 William Thomson Kelvin předložil myšlenku tepelných čerpadel (dále jen TČ) díky své druhé větě termodynamické. Věta mimo jiné říká, že teplo samovolně přechází z teplé části do studené. První tepelné čerpadlo neúmyslně vytvořil Robert C. Weber během svých pokusů s hlubokým zmrazováním. Při provádění pokusu si popálil dlaň o výstupní potrubí chladícího stroje. Na základě této zkušenosti se rozhodl toto zařízení dále zkoumat a využívat. [1, 2]

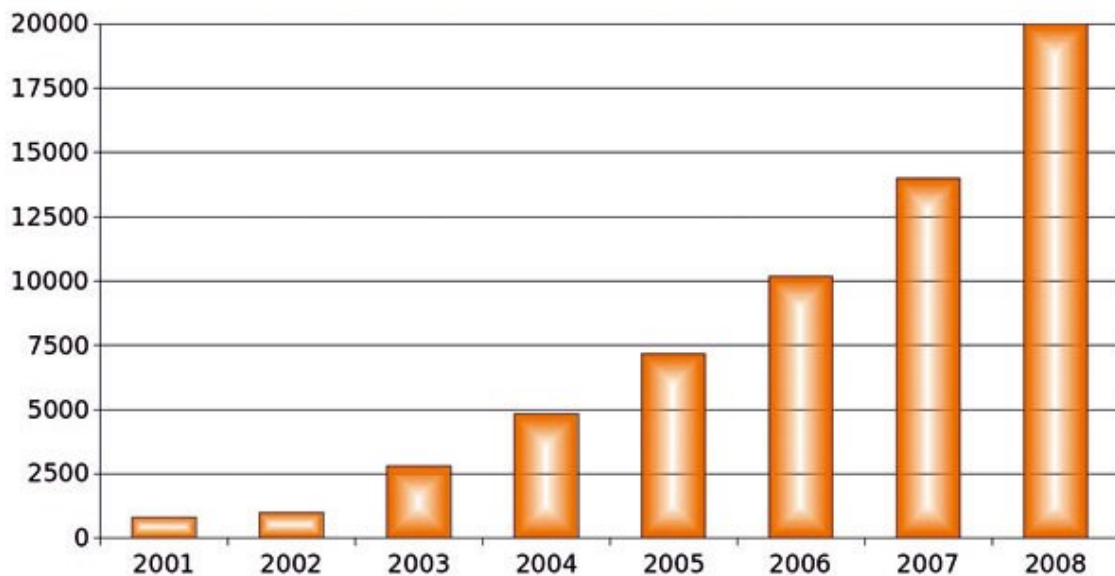
V roce 1980 je v Evropě díky „ropné krizi“ zaznamenán znatelný nárůst v oblasti instalací TČ. Krátce poté následuje rychlý propad kvůli technickým nedostatkům a problémům při instalacích, jelikož je nebylo možné připojit do stávajících topných systémů. Počátkem 21. století je zaznamenán další vzestup TČ, jejich technologie se stává vyspělejší a jsou instalována odbornými firmami, které si své pozice na evropském trhu drží dodnes. [3]



Obr. 1, Počet instalací TČ v Německu (1973-2002)

V České republice se TČ začala významně objevovat až po roce 1990, do té doby bylo u nás instalováno pouze malé množství kusů a to především ekology. TČ byla dovážena zejména z Německa, Rakouska a Švédska. Nízké ceny paliva a skutečnost, že doba návratnosti investice přesahovala dobu životnosti, vedly k velmi pomalému nárůstu rozvoje. Největší rozmach TČ je datován po roce 2000, který bývá označován rokem 0. V tomto roce začíná fungovat Asociace pro využití tepelných čerpadel

a Státní fond životního prostředí ČR začíná podporovat instalace novými dotačními programy. Zavedeny byly například výhodnější tarify elektrické energie D55 a C55, které výrazně přispěly spolu s dotacemi k oblíbenosti tepelných čerpadel u nás. Přestože došlo později k zavedení méně výhodného tarifu a přísnějšímu přidělování dotací, nedošlo k očekávanému propadu prodeje TČ. Společně s rostoucími cenami energií a zvýšené informovanosti veřejnosti a montážních firem probíhal další nárůst instalací. Od roku 2006 bylo v České republice instalováno ročně přes 10 000 tepelných čerpadel, průběh prodeje lze pozorovat na obrázku 2. [3, 4]

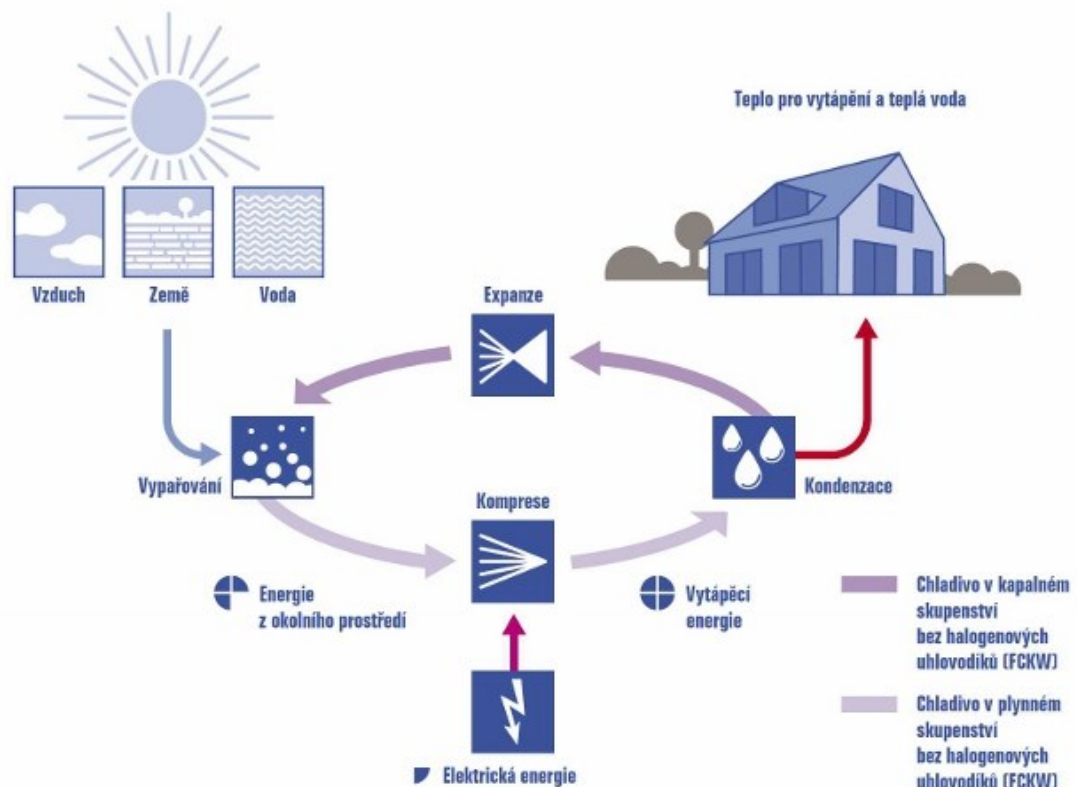


Obr. 2, Vývoj počtu instalací TČ v ČR (2001-2008)

2. Princip tepelného čerpadla

Dá se říci, že tepelné čerpadlo pracuje na podobném principu jako chladicí zařízení. Chladnička odebírá teplo z uložených potravin a předává jej do vzduchu v bytě. TČ odebírá teplo z okolního prostředí a následně ho předává vybranému prostředí. TČ lze rozdělit na 4 základní pracovní úseky: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Nízkopotencionální teplo z okolí se ve výparníku předává chladicí kapalině, kterou je nemrznoucí směs, zpravidla se používá prostý denaturovaný líh. Tato teplonosná látka je přenesena do kompresoru, který ji za pomoci přidané energie stlačí na vyšší pracovní tlak, a tím teplota látky stoupne. Teplonosná látka následně putuje do kondenzátoru, ve kterém je teplo předáno topné vodě, kterou lze využít k vytápění, ohřevu teplé vody nebo ohřevu bazénu. Chladivo se změní ze stavu plynného zpět

do stavu kapalného a pokračuje do expanzního ventilu, kde je prudce ochlazeno a tím opět schopné přijímat teplo. Proces končí ve výparníku a celý cyklus se opakuje. Přibližně $\frac{3}{4}$ výkonu TČ tvoří teplo z okolního prostředí a pouze $\frac{1}{4}$ výkonu dodává elektrická energie. [1, 5, 7]

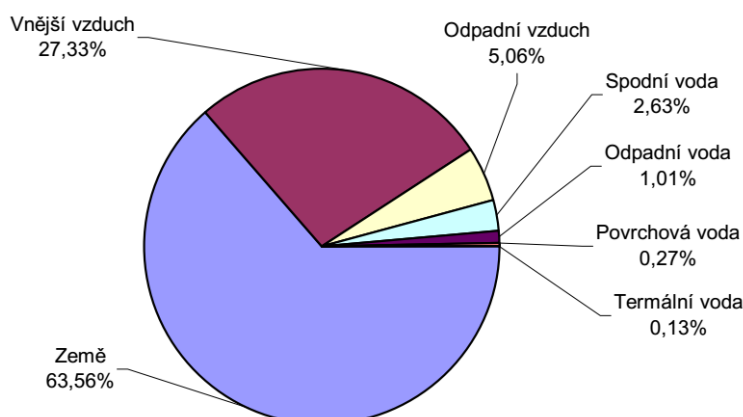


Obr. 3, Princip tepelného čerpadla

Důležitou částí každého TČ je kompresor, který zvyšuje teplotu teplotnosné látky. Setkáváme se s několika druhy kompresorů, přičemž mezi dva nejběžnější patří pístový a spirálový kompresor. Dříve se více používali kompresory pístové, tento druh kompresoru je ovšem mírně hlučnější a má topný faktor o poznání nižší než spirálový. Životnost pístového kompresoru se uvádí kolem 15 let. Nová generace TČ využívá dražší spirálový kompresor, nazývaný též „SCROLL“, který dosahuje lepšího topného faktoru a jeho životnost je uváděna okolo 20 let. [5, 6]

3. Typy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla se dají kategorizovat dle nízkopotencionálního zdroje tepla (země, voda, vzduch) a média (voda, vzduch), do kterého je teplo přenášeno. Výsledné označení typu čerpadla vychází z obou uvedených parametrů, které jsou odděleny lomítkem. Existuje mnoho druhů TČ, níže jsou uvedeny nejčastěji používané typy. [1, 5]



Obr. 4, Poměr využití nízkopotencionálních zdrojů pro tepelná čerpadla (2002)

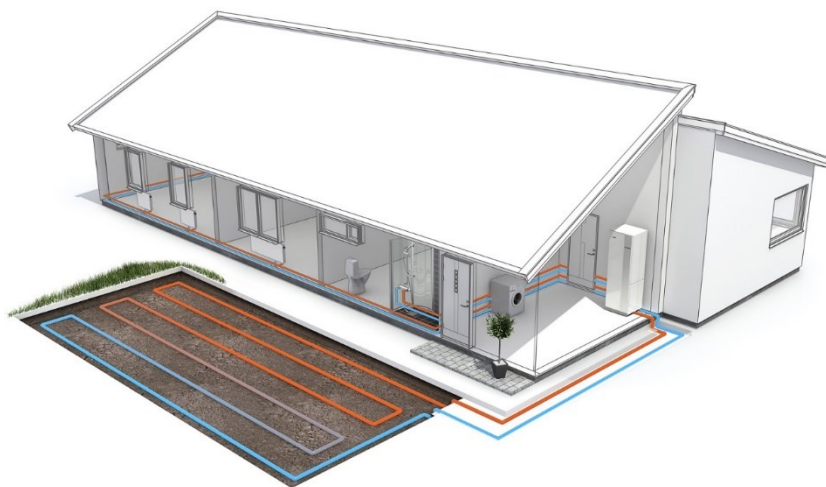
3.1 Typ země/voda

Tepelné čerpadlo typu země/voda je jedním z nejčastěji používaných systémů. Jeho předností je nezávislost na venkovních klimatických podmínkách, a proto je označováno jako nejstabilnější. Tento druh TČ lze využít i v horských oblastech s extrémně nízkými teplotami okolního prostředí. Jednotka TČ země/voda je ve většině případů umístěna uvnitř budovy. U typu země/voda využíváme nízkoeenergetického zdroje tepla z půdy pomocí zemních kolektorů nebo geotermálních vrtů. [1, 5]

3.1.1 Zemní kolektory

Tento systém má velké plošné nároky na pozemek, který nesmí být dále upravován. Výkon mimo jiné závisí na vlastnostech a druhu půdy, ze které teplo odebíráme. Důležitá je také hloubka, ve které je zemní kolektor uložen. Jako optimální hloubka se v našich podmínkách uvádí hodnota 1,5 m, ve které je teplota půdy v průběhu roku téměř konstantní. Kolektory jsou většinou polyethylenové trubky naplněné nemrznoucí směsí, které se umísťují po jedné s roztečí 0,5 – 1 m do úzkého hadicového výkopu nebo jako svazek do rýhy. Šířka rýhy je závislá na použitém hloubícím stroji.

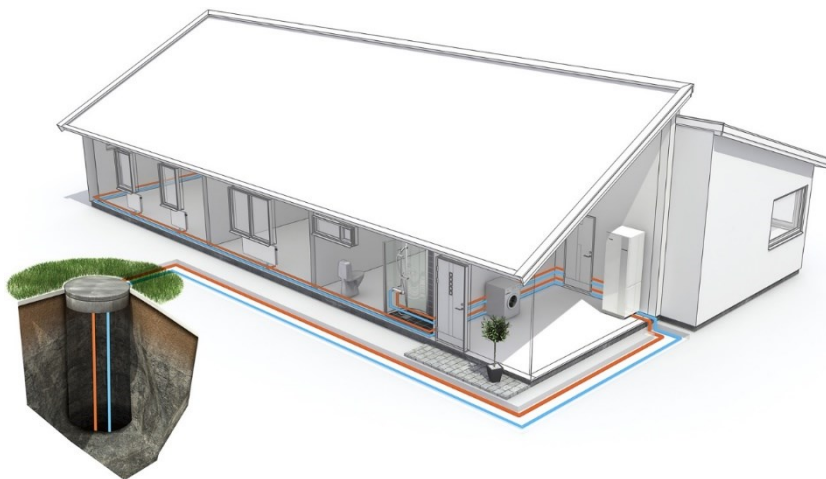
Nejčastěji se využívá tzv. „bělorus“, který vytváří dostačující rýhu širokou 70 cm. Předpokládá se, že na 1 kW tepelného výkonu bude zapotřebí délka výkopu přibližně 6 m. [1, 5, 6]



Obr. 5, TČ typu země/voda se zemními kolektory

3.1.2 Půdní vrty – geotermální vertikální kolektory

V České republice je tento způsob odebrání tepla z půdy nejrozšířenější, přestože pořizovací náklady jsou vyšší než v případě plošných kolektorů. Tento způsob odběru je nezávislý na počasí a má konstantní teplotu i v letních měsících, což je velmi vhodné pro chlazení objektu. Výkon a délka vrtů se liší podle místních podmínek, pro zhotovení jsou vhodné především kompaktní zeminy, ve kterých není potřeba pažení. Hloubka vertikálních kolektorů se obvykle pohybuje v rozmezí 70 - 150 m. Potřebnou délku vrtů lze rozdělit do několika menších částí, odstupy vrtů by neměly přesáhnout 10 m. Předpokládá se, že na 1 kW tepelného výkonu je zapotřebí vrt v hloubce zhruba 18 m. [1, 5, 6]



Obr. 6, TČ typu země/voda s půdními vrty

3.2 Typ vzduch/voda

System vzduch/voda je u nás čím dál více oblíbený, jelikož je možné jej instalovat ve většině lokalit a při instalaci odpadají náročné zemní práce. Topný faktor TČ tohoto typu se dnes již vyrovná systému země/voda. Nevýhodou může být závislost na klimatických podmínkách, která kolísá vzhledem k venkovní teplotě. Současné TČ jsou schopná pracovat i při venkovní teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je pro většinu oblastí v České republice dostačující. Kvůli vlhkosti vzduchu v zimním období může docházet k zamrznutí tepelného čerpadla, ale tento problém jsou dnešní TČ schopna při provozu odstranit. Kvůli nestálosti výkonu jsou systémy vzduch/voda montovány převážně v bivalentním provozu. [1, 5]

Nevýhodou typu vzduch/voda je hlučnost způsobená prouděním vzduchu, proto musíme dbát na správné umístění jednotky na pozemku tak, aby nerušila obyvatele objektu ani sousedy. Kvalitní tepelná čerpadla mají hladinu hluku přibližně 40 dB, pokud je TČ umístěno ve vzdálenosti 5 m od budovy. Tento systém je k dostání ve třech různých provedeních. Jedním z provedení je systém „split“, u kterého je TČ rozděleno do dvou jednotek: vnitřní a vnější. Venkovní jednotka, zpravidla umístěná na jižní straně budovy nebo na střeše, nasává vzduch a vnitřní jednotka zajišťuje následný ohřev. Další možností je samostatná vnitřní jednotka, která si vzduchotechnickým potrubím vedeným skrz obvodovou zeď zajišťuje přívod i odvod vzduchu. Poslední variantou je kompletní venkovní jednotka. [1, 5]



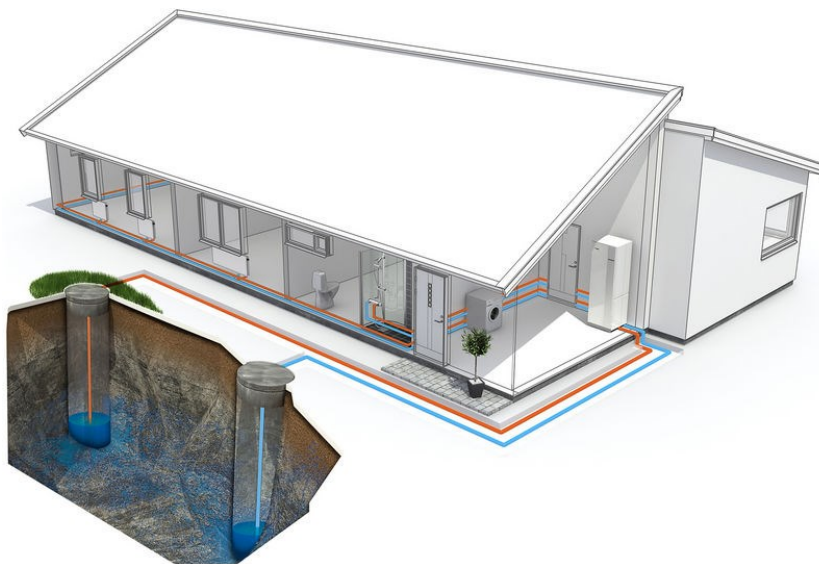
Obr. 7, TČ typu vzduch/voda

3.3 Typ voda/voda

System voda/voda dosahuje mezi TČ nejvyšších topných faktorů, na našem území je ale vhodných lokalit k jeho instalaci velmi málo. Zdrojem nízkoenergetického tepla pro tento typ je voda podzemní nebo povrchová. Před instalací toho typu TČ musí být provedeny zkoušky kvality vody. Jednotka TČ voda/voda se umísťuje výhradně uvnitř objektu. [1, 6]

3.3.1 Podzemní voda

U získávání tepla z podzemní vody vznikají z důvodu čerpání vody ze studny dodatečné náklady na provoz. Pro provoz systému voda/voda z podzemní vody jsou zapotřebí dvě studny. Zdrojová studna slouží k odběru tepla z podzemní vody, do druhé vsakovací studny pak vracíme ochlazenou vodu. Vzdálenost mezi nimi nesmí být menší než 15 m, aby nebyl narušen jejich vzájemný provoz. Studny musí být hluboké přibližně 10 m, jelikož v této hloubce má voda téměř stabilní teplotu mezi 10 °C a 12 °C. Pro správný chod potřebuje TČ studny o kapacitě 180 l/h spodní vody na 1 kW tepelného výkonu. [1, 6]



Obr. 8, TČ typu voda/voda

3.3.1 Povrchová voda

Tento způsob získávání tepla je v České republice spíše vzácný. Instalace bývá spojená s komplikovanou administrativou a zdroje povrchové vody nedosahují dostatečné hloubky. Dochází také ke zdatelnému kolísání teploty vody v průběhu roku. Vhodné pro tento typ odběru jsou mlýny a budovy s náhonem, kde je zaručena konstantní výška vodního sloupce a proud dosahuje malých rychlostí. Hadice kolektorů se zatíží a umístí na dno, ve vzdálenosti zhruba 0,5 – 1 m od sebe. Instalaci můžeme provést rovnou z hladiny, případně vodu vypustit. [1, 6]

3.4 Typ vzduch/vzduch

Tento typ funguje na stejném principu jako systém vzduch/voda. Nízkopotencionálním zdrojem tepla zůstává vzduch, který je odebírán za pomoci ventilátorů a velkoplošného žebrového výparníku a teplo je místo vodě, předáváno vnitřnímu vzduchu. Instalace toho typu je jednodušší a cenové náklady jsou nižší než u ostatních typů TČ. Typ vzduch/vzduch se doporučuje pouze do prostor s vytápěním jedné nebo dvou místností, které musí být dostatečně propojené. Další možnosti využití jsou malé byty a chaty, kde chceme zabránit promrzání. Na českém trhu se tato TČ objevují především v malých nástěnných provedeních. Systém rekuperace vzduchu bývá označován jako typ TČ vzduch/vzduch. [1]

4. Parametry tepelných čerpadel

4.1 Tepelný výkon

Tepelný výkon TČ je jedním z důležitých uváděných parametrů. Často se uvádí „nominální tepelný výkon“, což je výkon TČ při jasně stanovených podmínkách. Číslo uváděné v označení projektu bývá největší možný dosažitelný tepelný výkon za nejvhodnějších podmínek. Vždy je nutné dávat pozor na podmínky, při kterých je topný výkon uvedený. [5, 8]

4.2 Topný faktor

V současnosti nejčastěji hodnotíme tepelná čerpadla právě podle topného faktoru COP z anglického „Coefficient of Performance“. Topným faktorem určujeme energickou efektivitu TČ. Jedná se o bezrozměrné číslo, které udává poměr mezi teplem vyrobeným TČ a potřebným elektrickým příkonem pro jeho provoz. Z toho vyplývá, že čím je hodnota COP vyšší, tím účinnější je TČ a jeho provoz levnější. Běžně se tato hodnota pohybuje v rozmezí 2,5 – 5. Zjednodušeně se dá určit podle vzorce: [6]

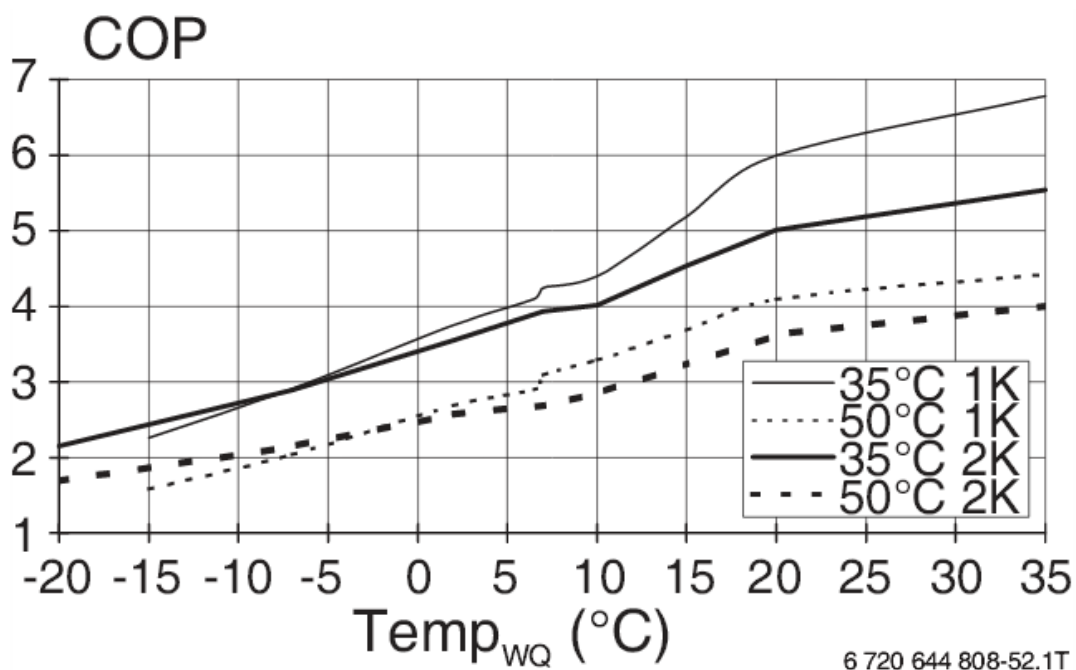
$$COP = \varepsilon_T = \frac{Q}{E} [-]$$

kde, Q je teplo dodané do vytápění [kWh]

E je energie pro pohon tepelného čerpadla [kWh]

Hodnota COP je přímo závislá na provozních podmínkách, především na teplotě nízkoenergetického zdroje tepla (primární médium) a na výstupní teplotě média (sekundární médium). Při výběru TČ je tedy nutné důkladně sledovat tyto parametry. Většina výrobců dodržuje zápis dle normy EN 14 511, například: COP při 0 °C/35 °C je 4,5, což znamená, že při teplotě primárního média 0 °C a sekundárního 35 °C je výsledný topný faktor 4,5. Tato srovnávací podmínka se u různých typů TČ liší. COP pro typ země/voda se udává při teplotách 0 °C/35 °C, typ vzduch/voda při teplotách 2 °C/35 °C a typ voda/voda při teplotách 10 °C/35 °C. Platí, že hodnota COP s klesající teplotou výstupního média roste, proto je vhodné TČ instalovat společně s podlahovým vytápěním. Vyjádření hodnoty COP dává prostor marketingovým strategiím, můžeme se setkat s klamáním spotřebitele jako v případech, kdy výrobce neuvádí, při jakých

podmínkách je COP vypočten. V ideálním případě dodavatel uvádí hodnotu topného faktoru při různých podmínkách, někdy v podobě názorného grafu, viz obrázek 9. [1, 6, 8]



Obr. 9, Křivka hodnot COP pro TČ vzduch/voda WPL25 A

4.3 Skutečný topný faktor

Předešlý teoretický topný faktor je zpravidla vyšší, než skutečný topný faktor. Při výpočtu skutečného topného faktoru se zohledňuje mnoho dalších parametrů, které zvyšují náklady na provoz. Tento rozdíl může být důležitý i při žádosti o dotace na TČ. Do skutečného COP se započítává potřebná energie na oběhová čerpadla, druh použitého chladiva, energie ztracená při provozu kompresoru, energie na přípravu teplé vody, doplňující zdroj při bivalentním provozu a další. [6, 9]

5. Druhy provozu tepelných čerpadel

Pro správný návrh TČ je nutné znát přesnou tepelnou ztrátu objektu a místní klimatické podmínky. Při výpočtu celkového potřebného výkonu nesmíme opomenout ohřev teplé vody, případně ohřev bazénu. Vybrán musí být vhodný typ TČ a provozu.

5.1 Bivalentní provoz

V průběhu roku se venkovní teplota mění a tím kolísá i potřebný výkon na vytápění. Ve většině případů je neekonomické navrhovat tepelná čerpadla na pokrytí celkového výkonu, jelikož tím stoupají pořizovací náklady a část výkonu TČ bývá většinu roku nevyužitá. V takových případech je nejvhodnější TČ navrhovat v bivalentním provozu, což znamená, že systém vytápění doplníme o tzv. špičkový zdroj tepla. Tento zdroj slouží jako záloha a podporuje soustavu ve dnech, kdy venkovní teplota klesne pod bod bivalence. Bod bivalence určuje venkovní teplotu, pod kterou není TČ schopné pokrýt maximální potřebu tepla a musí být podpořeno dodatečným zdrojem. U typu země/voda se předpokládá, že TČ pokryje cca 60-80 % celkové tepelné ztráty objektu a bod bivalence se nachází mezi -5 °C až -8 °C, u typu vzduch/voda uvažujeme 70-90 % pokrytí celkové tepelné ztráty a bod bivalence mezi -3 °C a -5 °C. Doplnujícím zdrojem bývá nejčastěji elektrokotel, který mají některá TČ vestavěný. S připojením doplňujícího zdroje musíme počítat se zvýšenou spotřebou elektrické energie a tím pádem se zvýšenými provozními náklady a vyšší cenou za jistič. Špičkovým zdrojem může být také kondenzační kotel na zemní plyn, kotel na dřevo nebo krb v interiéru. U výběru doplňkového zdroje musíme dbát na to, aby regulace zdrojů fungovala společně. [1, 6, 0]

5.2 Monovalentní provoz

Tento provoz je zajišťován pouze TČ a proto musí být navržen na maximální potřebný výkon, který pokryje celkovou tepelnou ztrátu objektu, ohřev teplé vody a nutnou rezervu pro správný chod TČ. Do rezervy je nutné započítat výkon pro odtávání TČ a případné přerušení provozu TČ po dobu každodenní dvouhodinové odstávky spojené s distribucí při sníženém tarifu D56d. TČ při monovalentním provozu nemusí spolupracovat s jiným zdrojem tepla. Monovalentní provoz je ale pro většinu budov neekonomický, jelikož je výkon TČ zbytečně předimenzován. Pro tento typ provozu jsou vhodné dobře izolované novostavby rodinných domů, jejichž celková ztráta nepřesáhne 10 kW a zvýšené investiční náklady jsou tudíž relativně nízké. [1, 6, 10]

6. Tepelná soustava pro tepelná čerpadla

Při návrhu tepelné soustavy pro TČ je teplotní spád velmi důležitým parametrem. Čím nižší je teplota sekundárního média, tím je účinnost a COP vyšší, viz kapitola 4.2. Většina TČ na dnešním trhu poskytuje maximální výstupní teplotu 55 °C, nejlépe však pracují při použití tzv. nízkoteplotního systému s výstupní teplotou pod 40 °C. [1, 6]

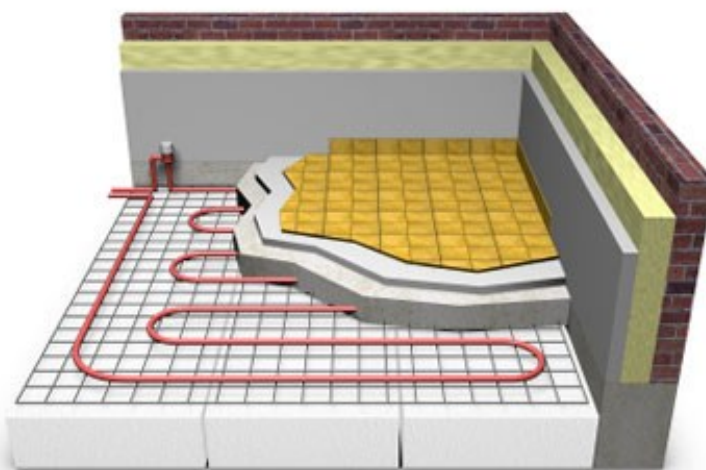
Pro úpravu teplotního spádu lze využít tzv. ekvitermní regulace, která v závislosti na venkovní teplotě řídí teplotu topné vody. Tímto způsobem příznivě ovlivňuje ztráty zdroje a topného potrubí. Ekvitermní řízení je dnes téměř samozřejmostí a bývá součástí dodávky TČ. Dalším vhodným zařízením pro správný chod TČ je akumulční nádrž. Instalací této nádrže zajistíme konstantní průtok topné vody k otopným prvkům. Přerušovaná dodávka topné vody k tělesům nepříznivě působí na životnost TČ, které se musí opakovaně zapínat a vypínat. [6, 10]

6.1 Stávající systémy vytápění

Dříve byly tepelné soustavy dimenzovány převážně na teplotní spád 90 °C/70 °C a proto na ně nemohou být TČ instalována bez nutných úprav. Pokud chceme teplotu sekundárního okruhu snížit na 55 °C a původní otopné prvky byly navrženy na výstupní teplotu 90 °C, je patrné, že bude nutné zvětšit velikost otopných ploch více než dvojnásobně. Změna otopných prvků je spojená se zvýšenými náklady na realizaci nového topného systému a s možnými interiérovými a stavebními úpravami. Další možností je snížení tepelných ztrát nákladnějším zateplením budovy, ale odpadá nutnost zásahu do interiérů a změní se pouze teplotní spád soustavy. Stávající systémy vytápění jsou zpravidla předimenzované o tzv. přírážku na zátáp. Tato přírážka byla dříve užívána, protože kotle na tuhá paliva bývaly doplňovány ručně s nočními přestávkami. Výrobci dodávají na český trh i tzv. vysokoteplotní TČ s teplotou výstupní vody 65 °C, ve výjimečných případech až 80 °C. Topný faktor vysokoteplotních TČ je o poznání nižší než v případě běžných modelů a tato čerpadla bývají využívána především v případech, ve kterých by úprava topného systému byla příliš nákladná či špatně řešitelná. [1, 6]

6.2 Nové systémy vytápění

Novostavby vytápěné pomocí TČ jsou navrhovány na maximální teplotu sekundárního média 55 °C a vzhledem k velkému vlivu na hospodárnost provozu, je nutné tuto teplotu správně navrhnout. Podlahové vytápění je pro systémy s TČ vhodným řešením, jelikož je střední teplota vody uvažována kolem 40 °C. Při návrhu podlahového vytápění je zapotřebí dodržet požadavky na maximální teplotu podlahy. V obytných místnostech může mít podlaha teplotu maximálně 29 °C, u podlahy s dřevěným povrchem 27 °C a v koupelnách až 32 °C. U rodinných domů je povolená teplota podlahy obytných místností snížena na 25 °C. Při nesprávném návrhu podlahového vytápění se v zimním období teplota podlahy zvyšuje, což může mít nepříznivý vliv na pohodlí a zdravotní stav obyvatel. Možným řešením je kombinace podlahového vytápění a topných těles. [1, 6, 11]



Obr. 10, Podlahové vytápění

Dalším otopným prvkem pro systém vytápění s TČ je stěnové vytápění, teplotní spád je podobný jako v případě podlahového vytápění. Topné potrubí je uloženo v omítce tloušťky přibližně 20-25 mm. Další možností je použití konvektorů a deskových těles, u kterých se uvažuje s teplotou sekundárního média 55 °C a lze ji snížit na 45 °C, pokud je objekt dostatečně zateplený. V nových objektech se vzhledem k rozměrům litinových a žebrových radiátorů nedoporučuje jejich využití. [1]

7. Ekonomika tepelných čerpadel

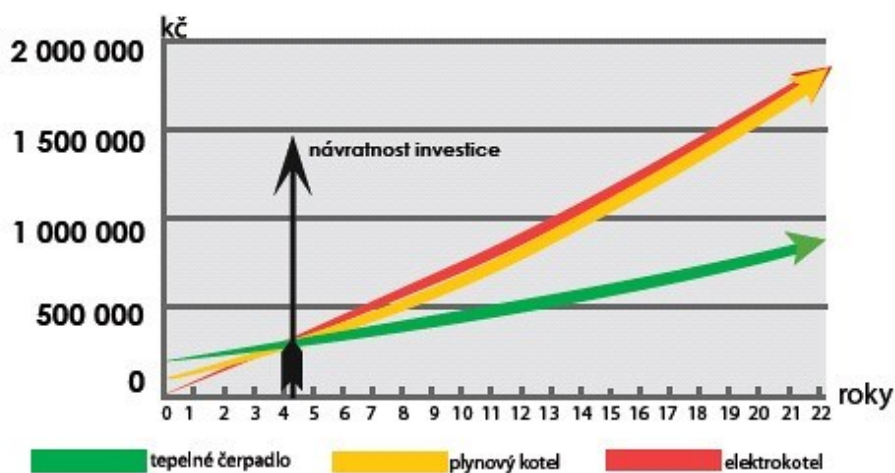
Hlavními důvody instalace TČ je v současnosti především ekologické a ekonomické hledisko. TČ mohou být až 4x efektivnější než elektrické zdroje vytápění a zároveň přispívají k dlouhodobě udržitelnému rozvoji. [6]

7.1 Počáteční investice a návratnost tepelného čerpadla

Důležitým parametrem při výběru TČ je doba návratnosti pořizovací ceny. Ta závisí na mnoha aspektech: na typu TČ, na druhu provozu, na místních klimatických podmínkách, na celkové spotřebě tepla a na růstu cen za energii. TČ je nutné vnímat především jako investici do budoucnosti. Níže je uveden vzorový příklad návratnosti investice v případě rodinného domu. [12, 13]

Tab. 1, Vzorový příklad návratnosti investice TČ pro RD

Investiční náklady		
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	200 000	Kč
Plynový kotel	100 000	Kč
Rozdíl v investici	100 000	Kč
Provozní náklady		
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	28 000	Kč/rok
Plynový kotel	51 000	Kč/rok
Rozdíl v provozních nákladech	23 000	Kč/rok
Návratnost	4,3 roku	



Obr. 11, Graf návratnosti investice TČ

7.2 Tarify pro tepelná čerpadla

Důležitým faktorem výsledných nákladů na vytápění jsou tarify elektrické energie pro TČ. Dodávku elektrické energie zajišťuje distributor a dodavatel. Distributor je v dané lokalitě pro všechny stejný, ale dodavatele silové elektřiny si lze zvolit.

Na trhu s elektrickou energií existují jednotarifové a dvoutarifové sazby. Jednotarifová sazba znamená, že se cena za energii v průběhu dne nemění. Dvoutarifová sazba má dvě cenová pásma: nízký tarif a vysoký tarif. Využitím dvoutarifové sazby lze ušetřit až 50% celkových nákladů na odběr elektrické energie. Distributor si dle podmínek Energetického regulačního úřadu určuje dobu platnosti nízkého tarifu, přičemž v současnosti platí pro TČ minimální délka trvání 22 hodin za den. Tato doba může být rozdělena až do 7 časových skupin a každá z nich musí trvat alespoň 1 hodinu. Blokace nízkého tarifu funguje na principu hromadného dálkového ovládání. [6, 14]

Pro domácnosti využívající TČ byly zavedeny speciální dvoutarifové sazby s označením D55d a D56d, přičemž sazba D56d je platná pro TČ instalována od 1. 4. 2015. Obdobným způsobem byly zavedeny sazby C55d a C56d pro firmy. Hlavními podmínkami pro získání těchto sazeb je zřízení samostatného přívodu elektřiny a měřicího zařízení. Nově instalovaná TČ navíc musí prokazatelně pokrýt nejméně 60 % celkové tepelné ztráty. [6, 14]

7.3 Dotace pro tepelná čerpadla

Dotace jsou v současnosti nejlepším způsobem, jak urychlit finanční návratnost investice. Dotační programy jsou podporovány Operačním programem Životní prostředí, Ministerstvem životního prostředí a Státním fondem životního prostředí České republiky. V současnosti probíhají například dotační programy „Nová zelená úsporám“ a „Kotlíkové dotace“.

7.3.1 Nová zelená úsporám

V programu „Nová zelená úsporám“ lze uplatnit dotaci na TČ v rámci oblasti podpory „Efektivní využití zdrojů energie“, která platí pro všechny typy TČ. Program byl spuštěn v říjnu 2015 pro rodinné domy, pro bytové domy pak v březnu 2016. Jako termín ukončení podávání žádostí je uveden konec roku 2021. Podmínkou získání dotace pro TČ je minimální hodnota topného faktoru pro typ země/voda 4,3, pro typ vzduch/voda 3,1 a pro typ voda/voda 5,1. Udělené dotace mohou být v případě zateplené budovy vyšší,

zateplení ale není podmínkou jejich získání. Výši dotací pro jednotlivé typy čerpadel lze vidět v tabulkách č. 2 a č. 3. [15-17]

Tab. 2, Výše dotace pro TČ "Nová zelená úsporám" pro budovy se zateplením

Typ zařízení	Maximální výše dotace v Kč	Maximální míra podpory
Tepelné čerpadlo voda-voda	100 000	75 %
Tepelné čerpadlo země-voda	100 000	75 %
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	75 000	75 %

Tab. 3, Výše dotace pro TČ "Nová zelená úsporám" pro budovy bez zateplení

Typ zařízení	Maximální výše dotace v Kč	Maximální míra podpory
Tepelné čerpadlo voda	80 000	55 %
Tepelné čerpadlo země-voda	80 000	55 %
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	60 000	55 %

7.3.2 Kotlíkové dotace

Jak již název napovídá, jedná se o dotaci na výměnu stávajících kotlů na pevná paliva s neautomatizovaným přikládáním. Dotace je poskytována pouze pro rodinné domy Operačním programem Životní prostředí. Původní zdroj může být nahrazen všemi typy TČ nebo dalšími podporovanými zdroji. Výše dotace činí u TČ 80 % nákladů, dalších 5 % se přidává pro oblasti se špatnou kvalitou ovzduší. Maximální částka je omezena na 150 000,- Kč. Společně s programem kotlíkových dotací je možné čerpat podporu na tzv. mikro energetická opatření ve výši až 20 000,- Kč. Přehled uznávaných drobných opatření za účelem snížení energetické náročnosti budovy je uveden v tabulce č. 5. [18-21]

Tab. 4, Přehled procentuální výše dotace podporovaných zdrojů v kotlíkové dotaci

Zdroj	Výše podpory
Kotel výhradně na uhlí	70 %
Kombinovaný kotel (uhlí + biomasa), plynový kotel	75 %
Kotle výhradně na biomasu a tepelná čerpadla	80 %

Tab. 5, Přehled uznávaných drobných opatření pro kotlíkovou dotaci

Číslo opatření	Typ opatření
1	Zateplení střechy nebo půdních prostor
2	Zateplení stropu sklepních prostor nebo podlahy
3	Dílčí zateplení dalších konstrukcí (např. severní fasáda apod.)
4	Oprava fasády, např. prasklin a dalších poruch fasády – eliminace tepelných mostů
5	Oddělení vytápěného prostoru rodinného domu od venkovního (např. zádveří)
6	Dílčí výměna oken
7	Výměna vstupních a balkonových dveří
8	Instalace těsnění oken a dveří, dodatečná montáž prahů vstupních dveří
9	Výměna zasklení starších oken za izolační dvojskla

Závěr

První částí bakalářské práce je studie na téma „Využití tepelných čerpadel pro vytápění“. Krátce zmíněna je historie tepelných čerpadel, popsán je také jejich fyzikální princip. Uvedeny jsou nejčastěji používané typy tepelných čerpadel, srovnávací parametry, druhy provozu a podmínky připojení na tepelnou soustavu. V poslední kapitole jsou uvedeny v současnosti platné energetické tarify pro tepelná čerpadla a poskytované dotace.

V rámci práce byl zpracován projekt systému vytápění čtyřpodlažního viladomu v Dobřanech u Plzně. Tepelné ztráty budovy, při venkovní návrhové teplotě $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, činí $21\,171\text{ W}$. Vytápění objektu je zajištěno prostřednictvím podlahových konvektorů a trubkových otopných těles o celkovém výkonu $32\,858\text{ W}$. Do celkového potřebného výkonu systému, který činí $52\,208\text{ W}$, je započten výkon $19\,350\text{ W}$ pro ohřev teplé vody. Teplotní spád soustavy je navržen na $50\text{ }^{\circ}\text{C}/40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jako zdroj tepla je zvolena kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch/voda Logatherm WPL 25 A v bivalentním provozu, doplněná o plynový kondenzační kotel Logamax plus GB162-25. Bod bivalence leží v $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro správný chod systému vytápění je do otopného systému připojen akumulační zásobník Storatherm Heat HF 1000/1_C.

Blíže je systém vytápění popsán v technické zprávě v textové části projektu. Veškeré výpočty a návrhy odpovídají příslušným platným normám a předpisům. Projekt obsahuje také související výkresovou dokumentaci.

Všechna data jsou přiložena na CD disku, který je součástí bakalářské práce.

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1, Počet instalací TČ v Německu (1973-2002).....	8
Obr. 2, Vývoj počtu instalací TČ v ČR (2001-2008).....	9
Obr. 3, Princip tepelného čerpadla.....	10
Obr. 4, Poměr využití nízkopotencionálních zdrojů pro tepelná čerpadla (2002).....	11
Obr. 5, TČ typu země/voda se zemními kolektory.....	12
Obr. 6, TČ typu země/voda s půdními vrty.....	12
Obr. 7, TČ typu vzduch/voda.....	13
Obr. 8, TČ typu voda/voda.....	14
Obr. 9, Křivka hodnot COP pro TČ vzduch/voda WPL25 A.....	17
Obr. 10, Podlahové vytápění.....	20
Obr. 11, Graf návratnosti investice TČ.....	21
Tab. 1, Vzorový příklad návratnosti investice TČ pro RD.....	21
Tab. 2, Výše dotace pro TČ "Nová zelená úsporám" pro budovy se zateplením.....	23
Tab. 3, Výše dotace pro TČ "Nová zelená úsporám" pro budovy bez zateplení.....	23
Tab. 4, Přehled procentuální výše dotace podporovaných zdrojů v kotlíkové dotaci	24
Tab. 5, Přehled uznávaných drobných opatření pro kotlíkovou dotaci.....	24

Použité zdroje a literatura

- [1] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada, 2009, 109 s. Profí. ISBN 978-80-247-2720-2.]
- [2] Představujeme tepelná čerpadla, 1. díl: Pohled do historie, aneb jak to vše vzniklo. *Svět bydlení* [online]. 2007 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.svet-bydleni.cz/stavba-a-rekonstrukce/predstavujeme-tepelna-cerpadla-1-dil-pohled-do-historie-aneb-jak-to-vse-vzniklo-.aspx>
- [3] SLOVÁČEK, Josef. Historie a vývoj tepelných čerpadel v ČR a EU. *ASB-portal.cz: odborný stavební portál* [online]. 2009 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/historie-avyvoj-tepelnych-cerpadel-vcr-aeu>
- [4] SLOVÁČEK, Josef. Tepelná čerpadla v ČR. In: *Asociace pro využití tepelných čerpadel ČR* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.avtc.cz/?download=/6/clanek-tepelna-cerpadla-v-cr-22.2.2007_uprava_final.pdf
- [5] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa - tepelná čerpadla - solární systémy]*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-730-0079-2.
- [6] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA, 2005. 21. století. ISBN 80-736-6031-8.]
- [7] Heat pumps and energy transfer. *SCIENCE LEARNING* [online]. 2014 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://sciencelearn.org.nz/Contexts/Gases-and-Plasmas/Looking-Closer/Heat-pumps-and-energy-transfer>
- [8] Jak je to s výkonem a účinností TČ? *4u-therm: tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.4u-therm.cz/zakladni-informace-jak-je-to-s-vykonem-TC.php?str=6>
- [9] KLAZAR, Luděk. Jak je to vlastně s topným faktorem (II) Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2443-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-ii>. In: *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2443-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-ii>
- [10] HONZÍK, Jiří. Dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda, bivalentní/záložní zdroj. In: *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>

- [11] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (III). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>
- [12] KUCHYNKA, Lubomír. Přechod starších topných soustav na moderní tepelné čerpadlo řízené invertem In: *TZB-info* [online]. 2008 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4979-prechod-starsich-topnych-soustav-na-moderni-tepelne-cerpadlo-rizene-invertem>
- [13] BERANOVSKÝ, Jiří. Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla. In: *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [14] D55d a D56d: Sazba pro tepelné čerpadlo. In: *CenyEnergie* [online]. 2010 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/d55d-a-d56d-sazba-pro-tepelne-cerpadlo/#/promo-ele>
- [15] Výše dotací na tepelná čerpadla. *Jak na zelenou.cz: vše o nové zelené úsporám* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/vyse-dotaci-na-tepelna-cerpadla-2/>
- [16] *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- [17] Nová zelená úsporám 2015. *Buderus* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.buderus.cz/o-nas/novinky/nova-zelena-usporam/>
- [18] MŽP zveřejnilo základní podmínky pro nové "kotlíkové dotace" a vyhlásilo výzvy pro kraje. Na výměnu starých kotlů je 9 miliard. In: *Operační program Životní prostředí* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/o-programu/aktuality-a-tiskove-zpravy/mzp-zverejnilo-zakladni-podminky-pro-nove-kotlikove-dotace-a-vyhlasiilo-vyzvy-pro-kraje-na-vymenu-starych-kotlu-je-9-miliard>
- [19] NZÚ v kostce. *Novazelena.cz* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://novazelena.cz/application/index/services>
- [20] ZILVAR, Jiří. Kotlíková dotace 2015-2020: podmínky a podrobnosti. In: *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>
- [21] Kotlíková dotace - informace. *Buderus* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.buderus.cz/o-nas/novinky/kotlikova-dotace-2015.html>