

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tepelná čerpadla a možnosti jejich využití

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav HANZLÍK**
Osobní číslo: **E10B0210P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Tepelná čerpadla a možnosti jejich využití**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vysvětlíte principy využívání geotermální energie.
2. Uveďte podmínky využití zdrojů nízko-potenciálního tepla.
3. Podrobně popište jednotlivé systémy tepelných čerpadel.
4. Zhodnoťte současný stav využívání tepelných čerpadel v ČR a EU.

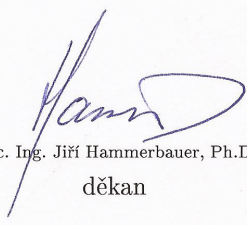


Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

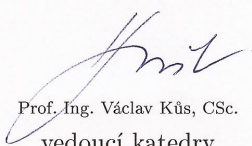
1. Bude upřesněno konzultantem a vedoucím práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Obsah této bakalářské práce je zaměřen na problematiku využívání nízkopotenciálních zdrojů energie především v oblasti tepelných čerpadel. Spolu s primárními a sekundárními zdroji nízkopotenciální energie do této problematiky patří i zdroje geotermální energie.

Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých systému tepelných čerpadel (vzduch – voda, voda – voda, země – voda) a jejich podrobný popis. Zároveň jsou tyto systémy vzájemně porovnány a zhodnoceny. V závěru práce je zhodnocen současný stav a využití tepelných čerpadel v České republice a Evropské unii.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo, Nízko-potenciální zdroje, Teplo, Systém vzduch – voda, voda – voda, země – voda, Topný faktor, Carnotův oběh

Abstract

The content of this bachelor's thesis is focused on the use of low-potential energy sources especially in the field of heat pumps. Along with primary and secondary sources of low-potential energy in this issue includes the sources of geothermal energy. There are written advantages and disadvantages of each system heat pumps (air - water, water - water, ground - water) with their detailed description. At the same time, these systems are mutually compared and evaluated. In the end of thesis is commented present condition and use of heat pumps in the Czech Republic and the European Union.

Key word

Heat pumps, Low-potential energy sources, Heat, Coefficient of performance, Carnot cycle, Geothermal energy, Compressor

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 27.5.2013

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. a mému konzultantovi Ing. Vlastimilu Šantínovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1. FYZIKÁLNÍ PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA	12
1.1 HISTORIE	12
1.2 TERMODYNAMIKA	12
1.2.1 První zákon termodynamiky	13
1.2.2 Druhý zákon termodynamiky	13
1.2.3 Carnotův cyklus v tepelném čerpadle	14
1.2.4 Obecný Carnotův cyklus	14
1.3 TOPNÝ FAKTOR	15
1.4 TOK ENERGIE	16
1.5 FYZIKÁLNÍ PRINCIP	16
2. ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE V OKOLNÍM PROSTŘEDÍ	17
2.1 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	17
2.1.1 Geotermální vody	18
2.1.2 Energie suchých hornin	19
2.2 FOTOTERMÁLNÍ PŘEMĚNA ENERGIE	20
2.2.1 Pasivní solární systémy	20
2.2.2 Aktivní solární systémy	20
2.3 NÍZKOPOTENCIÁLNÍ ZDROJE ENERGIE	21
2.3.1 Teplo získané z půdy a zemského podloží	21
2.3.2 Teplo získané z povrchové a podzemní vody	21
2.3.3 Teplo získané z okolního vzduchu	22
2.3.4 Odpadní teplo získané z technologických procesů	22
3. PRINCIP ČINNOSTI JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ TEPELNÝCH ČERPADEL	22
3.1 KOMPRESOROVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	23
3.1.1 Teplonosné látky – chladiva	23
3.1.2 Tepelné výměníky – kondenzátory	25
3.1.3 Kompresory	26
3.1.4 Provedení kompresorů	26
3.1.5 Expanzní ventil	28
3.2 ABSORPČNÍ TEPELNÉ ČERPADLO	28
3.3 OSTATNÍ TEPELNÁ ČERPADLA	29
3.3.1 Paroproudé tepelné čerpadlo	29
3.3.2 Plynové tepelné čerpadlo	29
3.3.3 Termoelektrické tepelné čerpadlo	30
4. SYSTÉMY TEPELNÝCH ČERPADEL	30
4.1 VZDUCH-VODA	30
4.1.1 Dělená konstrukce – split	30
4.1.2 Společná konstrukce – kompakt	30
4.2 VZDUCH - VZDUCH	31
4.3 ZEMĚ – VODA	32
4.3.1 Plošný kolektor	33
4.3.2 Vrtý	34
4.4 VODA – VODA	35
4.4.1 Spodní voda	35

4.4.2	<i>Povrchová voda</i>	35
5.	VYUŽÍVÁNÍ TEPELNÝCH ČERPADEL V ČESKÉ REPUBLICĚ A EVROPSKÉ UNII	36
5.1	VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL V ČESKÉ REPUBLICĚ.....	36
5.2	VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL V EVROPSKÉ UNII.....	37
	ZÁVĚR	40
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	41
	PŘÍLOHY	43

Úvod

Předložená práce je věnována problematice tepelných čerpadel, které se v poslední době stávají stále více populární pro majitele rodinných domků, ale i průmyslových objektů. Stále více se tato čerpadla používají pro vytápění a to v porovnání s tuhými palivy má velký dopad jak na ekonomičnost, tak na ekologii, které je v dnešní době přikládán veliký důraz. Ve vyspělých evropských státech, mezi které patří například Švédsko, je vytápění novostaveb tepelnými čerpadly běžnou záležitostí a tvoří tak většinu používaných druhů vytápění.

Tepelné čerpadlo patří mezi zařízení, které využívá nízkopotenciální energii ze svého okolí. S využíváním této energie se úzce spojují také nové technologické procesy, které umožňují efektivněji využívat teplo získané ze zemského povrchu a okolního prostředí. Tato energie má nízkou hodnotu tepelného potenciálu a je proto nutné převést získanou energii na hladinu s vyšším potenciálem. Taková energie se již může vyžívat k přeměně na energii tepelnou, pomocí tepelného čerpadla, nebo na energii elektrickou.

Hlavní cíl této práce je popsat jednotlivé druhy tepelných čerpadel, jejich systémy a fyzikální princip. Všechny druhy čerpadel jsou navzájem porovnány a vyhodnoceny z hlediska principu i konstrukce. Velká část práce je věnována nízkopotenciální a geotermální energii, kde jsou popsány její jednotlivé zdroje a způsoby využití. Závěrem této práce je zhodnocení situace využívání tepelných čerpadel v České republice a v Evropské unii.

Seznam symbolů a zkratk

- COP - Topný faktor
- TUV - Teplá užitková voda
- TČ - Tepelné čerpadlo
- EEV - Elektronicky řízený expanzní ventil
- ODP - Ozone Depletion Potential (koeficient poškození ozonové vrstvy)
- EU - Evropská unie
- EHPA - Evropská asociace využití tepelných čerpadel

1. Fyzikální princip tepelného čerpadla

První kapitola je zaměřena na fyzikální podstatu tepelného čerpadla. Jsou zde uvedeny termodynamické zákony, Carnotův cyklus, tok energie a topný faktor tepelného čerpadla. Tato kapitola by měla vytvořit základní fyzikální představu o funkci tepelného čerpadla a termodynamických dějích, které využívá.

1.1 Historie

Prvním průkopníkem principu tepelného čerpadla byl Lord Kelvin, který již v roce 1852 položil základní myšlenku ve své druhé větě termodynamické. Z této věty plyne, že teplo se šíří vždy od teplejší části k chladnější. Jako první prakticky princip tepelného čerpadla řeší Robert C. Weber, který při svých pokusech s hlubokým zmrazením zjistil, že kondenzátor mrazícího přístroje se velmi zahřívá. To ho přivedlo na myšlenku propojit výstup mrazáku s akumulací nádobou na teplou vodu. [1]

Hlavní nástup tepelných čerpadel je datován s nástupem ropné krize v roce 1980, kdy se hledaly nové a levnější alternativy pro získání tepla. Po zahánění krize vývoj tepelných čerpadel klesá a jejich rozvoj opět narůstá až koncem 20. století. [2]

Tento propad byl způsoben aktuálním stavem trhu a také tím, že byl nedostatek odborných firem zabývajících se problematikou tepelných čerpadel. To mělo za následek špatný chod TČ, nespolehlivost a vysokou poruchovost. [1]

Jako první firma, která začala v bývalém Československu komerčně prodávat tepelná čerpadla, byla švédská společnost IVT. Ta v roce 1991 nainstalovala své první tepelné čerpadlo. [20]

1.2 Termodynamika

Tepelné čerpadlo je založeno na principu levotočivého přečerpávání tepla s nízkou teplotní hladinou na hladinu vyšší. Tento děj probíhá na základě prvního a druhého termodynamického zákona a lze ho srovnat s Carnotovým cyklem.

1.2.1 První zákon termodynamiky

První zákon termodynamiky je také nazýván zákonem o zachování energie termodynamické soustavy. Říká, že veškeré druhy energie lze transformovat a jsou kvantitativně rovnocenné. Jedná se o popis práce a sdílení tepla při termodynamickém procesu. Nejznámější definice využívaná pro tento zákon je formulována takto:

„Energie v izolované termodynamické soustavě nemůže samovolně vznikat ani zanikat“

Matematická formulace zákona:

$$\Delta U = Q + W \quad (1)$$

„Změnu vnitřní energie U termodynamické soustavy je tedy možné způsobit přidáním či odebráním tepla Q nebo mechanické energie, tzn. vykonáním práce W “.

1.2.2 Druhý zákon termodynamiky

Druhý zákon termodynamiky definuje, kterým směrem mohou probíhat termodynamické děje. Formulace zákona:

- ***Clausiusova formulace***

„Teplu nemůže při styku dvou těles různých teplot samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší“.

Právě tato věta nám poukazuje na to, že pro přenos tepelné energie z chladnějšího prostředí do teplejšího se musí použít tepelné čerpadlo.

- ***Carnotova formulace***

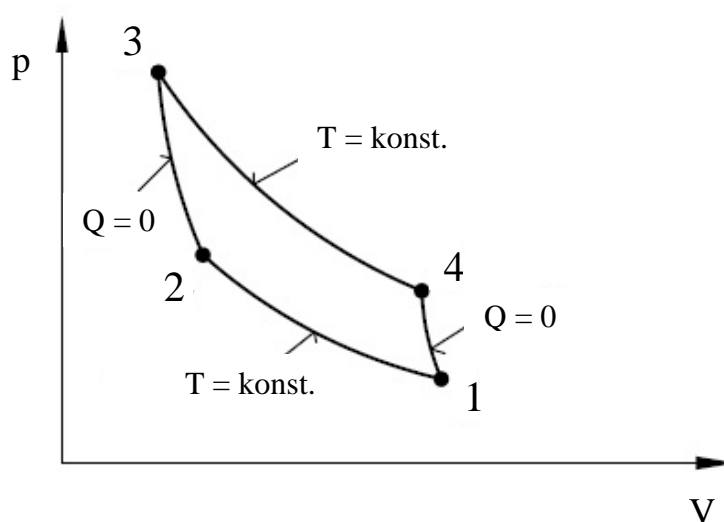
„Žádný tepelný stroj pracující mezi dvěma teplotami nemůže mít vyšší účinnost než Carnotův stroj pracující mezi stejnými teplotami“.

Podobné formulace druhého termodynamického zákona definoval také W. Thomson, Planck a Ostwald. Z těchto definic plyne, že nelze přeměnit veškeré teplo na práci periodicky pracujícím tepelným strojem, ale že lze veškerou mechanickou práci přeměnit na teplo.

1.2.3 Carnotův cyklus v tepelném čerpadle

Princip je založen na změně skupenství média, kterým může být jakákoliv látka, která mění své skupenství z kapalného na plynné a zpět. Využívají se speciální chladiva, což jsou média, která se odpařují a kondenzují při teplotách užitečných pro danou přeměnu. Chladivo se odpařuje ve výparníku a odebírá teplo z okolí. Následně je v plynném skupenství stlačeno kompresorem, tím se zvýší tlak a teplota. Poté dojde k odevzdání tepla kondenzátoru, médium zkondenzuje a následně se po snížení tlaku expanzním ventilem dostává zpět do výparníku. [6]

1.2.4 Obecný Carnotův cyklus



Obr. 1.1 Carnotův oběh [11]

Stavy ideálního Carnotova cyklu:

- 1-2 : *Izotermická komprese*
- 2-3 : *Adiabatická komprese*
- 3-4 : *Izotermická expanze*
- 4-1 : *Adiabatická expanze*

Cartonův cyklus označuje vratný kruhový děj tepelného stroje. Poprvé tento děj popsal Nicolas Léonard Sadi Carnot.

Izotermická komprese

Při tomto ději je dno válce v kontaktu s ohřívákem o teplotě $T = \text{konst.}$. Plyn se izotermicky rozpíná z objemu V_1 na objem V_2 . Plyn přijme teplo Q z ohříváku a vykoná práci W . [5]

Adiabatická komprese

Dno válce je tepelně izolováno a plyn se dále adiabaticky rozpíná z objemu V_2 na V_3 . Zároveň se plyn ochlazuje z teploty ohříváče T_1 na teplotu chladiče T_2 . Práce W se v tomto případě rovná úbytku vnitřní energie. [5]

Izotermická expanze

Nyní je válec v kontaktu s chladičem o teplotě T_2 a plyn se působením vnější síly izotermicky stlačuje z objemu V_3 na V_4 . Při tomto ději vykoná vnější síla práci W_2 a plyn odevzdá chladiči teplo Q_2 a platí, že $W_2 = Q_2$. [5]

Adiabatická expanze

V poslední části cyklu je válec opět tepelně izolován a plyn se působením vnější síly stlačí z objemu V_4 zpět na objem V_1 . Teplota přitom vzroste z T_2 na T_1 . [5]

1.3 Topný faktor

Jedná se o důležitý parametr popisující tepelné čerpadlo. O topném faktoru můžeme hovořit jako o ukazateli efektivnosti. Topný faktor se značí COP (Coefficient of performance) a udává poměr tepelného výkonu a hnací energie tepelného čerpadla, neboli poměr tepla předaného teplotně nosné látce a vynaložené práce. Velikost topného faktoru souvisí s velikostí teploty nízkopotenciálního zdroje a použitým pohonem (elektrický motor, spalovací motor). To znamená, že čím je teplejší zdroj, tím je vyšší účinnost a i topný faktor. [8]

$$\varepsilon = \frac{P}{P_0} \quad [-] \quad (2)$$

P - tepelný výkon kondenzátoru (využití tepla) [W]

P_0 - příkon kompresoru, čerpadel a ventilátorů [W]

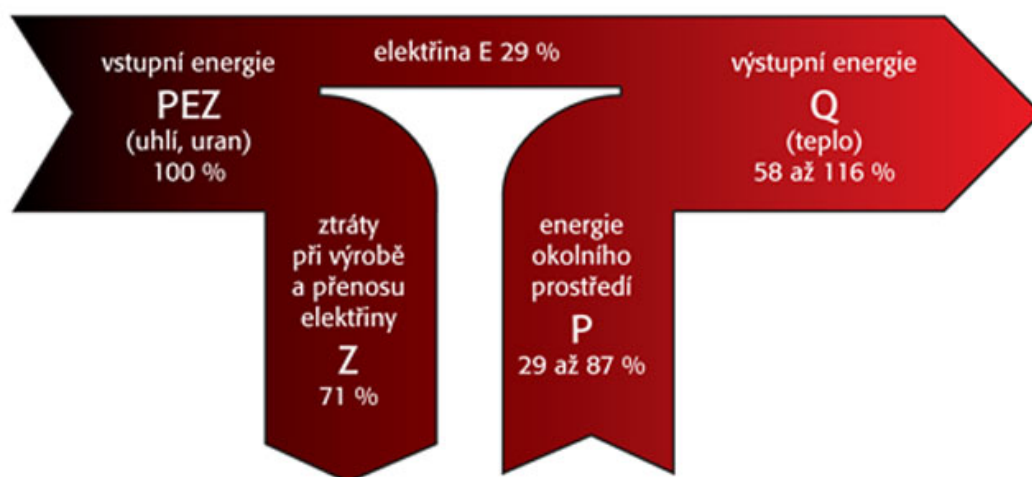
ε - topný faktor

V praxi se tato hodnota pro elektrický pohon pohybuje v rozmezí okolo 2 - 7. Tato hodnota není stálá, ale závisí na okolních podmínkách. [8]

Příklad značení: COP při 0°C/35°C 4,5 dle EN 14 511. Toto označení nám udává, že při vstupu tekutiny na primární straně o teplotě 0 °C získáme na výstupní straně kapalinu o teplotě 35 °C. Topný faktor je 4,5. [9]

1.4 Tok energie

V tomto případě budeme uvažovat provoz nepoužívanějšího druhu TČ a to kompresorové. Kompresor tepelného čerpadla lze pohánět jakýmkoliv motorem. Nejčastěji se používá elektrický pohon, ale můžeme se setkat i se spalovacím motorem na zemní plyn. Odpadní teplo výfukových plynů lze využít spolu s okolním prostředím, ale přesto se topný faktor tepelného čerpadla se spalovacím motorem pohybuje okolo hodnoty 1,3. [10] Na obrázku 1.2 je znázorněna energetická bilance tepelného čerpadla poháněného elektrickým pohonem. Z obrázku je patrné, že elektřina se distribuuje s účinností 29 %. Ztráty při výrobě se nezapočítávají do topného faktoru, proto je jeho hodnota podstatně vyšší než u spalovacího motoru. [10]



Obr. 1.2 Tok energie, zdroj: <http://www.abastor.cz/data/images/toky-energie.jpg>

1.5 Fyzikální princip

Tepelné čerpadlo patří mezi zařízení, které je schopno využívat nízkopotenciální energii. Samotný systém tepelného čerpadla energii nevyrábí, nýbrž přečerpává na vyšší teplotní potenciál. Ke svému provozu tedy potřebuje obvykle zdroj elektrické energie. [7]

Na primární straně tepelných čerpadel se nachází výparník. Do výparníku je přiváděno nízkopotenciální teplo z okolí, které předává svou energii teplotněmu médiu. Dochází k ochlazení výparníku pod teplotu okolí a zároveň k odpařování média. Takto odpařený plyn je v případě kompresorového TČ stlačován kompresorem na vysokou teplotu. Obecně ale platí, že v tomto kroku dochází k přeměně získaného nízkopotenciálního tepla na vyšší teplotní hladinu. Plyn o vysoké teplotě pak pomocí kondenzátoru ohřívá vodu v topném systému. V kondenzátoru dochází ke zkapalnění plynu a platí zde druhá věta termodynamická. Poté je kapalina vedena do expanzního ventilu, který kapalinu pod vysokým tlakem vstříkává do výparníku. Protože je tlak ve výparníku nižší, dochází tak k rychlejšímu odpařování kapaliny. [7]

2. Zdroje tepelné energie v okolním prostředí

Druhá kapitola se zabývá jednotlivými zdroji tepelné energie. Jako první se zaměřím na geotermální energii, výskyt jednotlivých systémů a popis nejvyužívanějších systémů v ČR. Poté následuje využití sluneční energie a na závěr se zaměřím na primární a sekundární zdroje nízkopotenciálního tepla (teplo z půdy, zemského podloží, okolního vzduchu, vody a další).

2.1 Geotermální energie

Geotermální energií se rozumí teplo získané z nitra Země. Získané teplo se využívá ve formě tepla, nebo se dále zpracovává v geotermálních teplárnách na výrobu elektrické energie. Obrovskou výhodou této energie je její nezávislost na klimatických podmínkách. Prakticky to znamená nepřetržitou dodávku energie. Z jádra Země putuje k zemskému povrchu tepelný tok o průměrné hodnotě 57 mW/m^2 . Udává se, že celkový výkon získaný geotermální energií je přes 40 TW. V porovnání s celkovou světovou spotřebou je tento výkon téměř čtyřikrát vyšší. Vysoká teplota v jádře Země ($5000 \text{ }^\circ\text{C}$) je způsobena kinetickou energií srážek materiálů. [12]

Přenos tepla k zemskému povrchu je zajišťován pomocí dvou mechanismů a to prouděním (konvekcí) nebo vedením (kondukcí). Použití těchto mechanismů je spojeno se vzdáleností od zemského povrchu. Mechanismus proudění je využíván ve vzdálenostech blízkých k jádru, kde se vyskytují roztavené pevné látky. Ve vzdálenosti přibližně 100 km od zemského povrchu je materiál již příliš viskózní. Zde je teplo přenášené vedením (kondukcí).

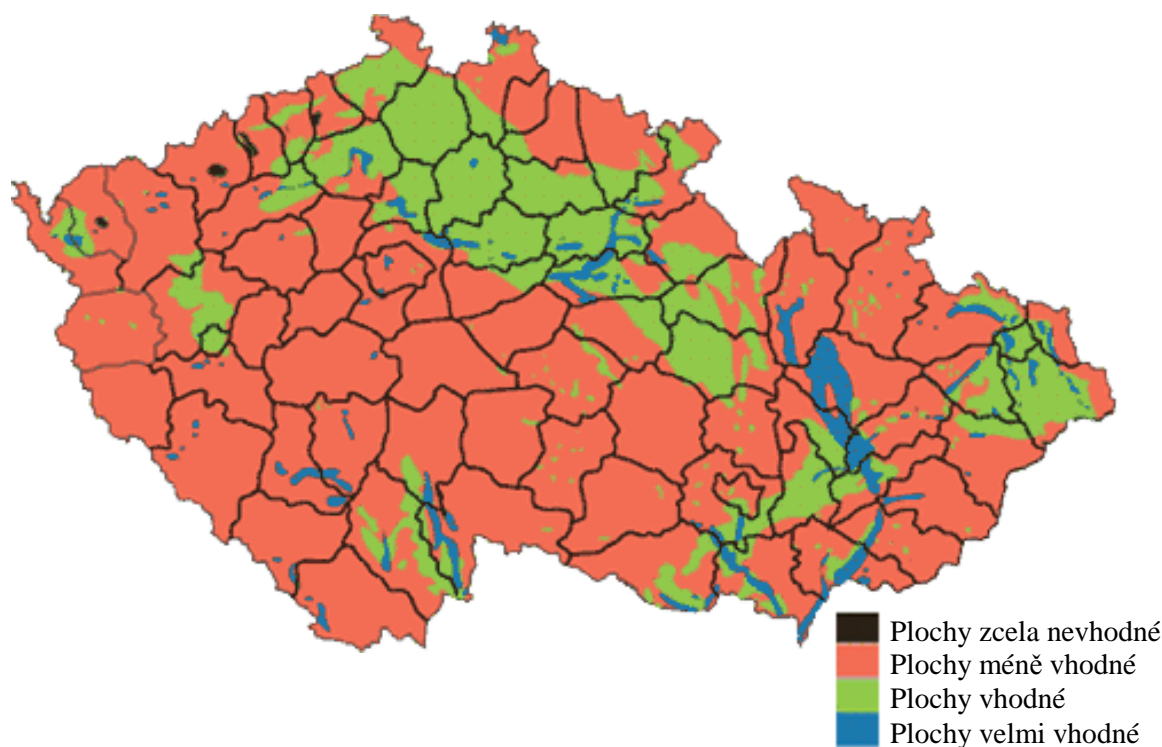
Zemská kůra je rozdělena na jednotlivé části, které se nazývají litosférické desky. V místě, kde se litosférické desky stýkají, vzniká vysoký teplotní gradient, jehož tok dosahuje hodnoty až 300 W/m^2 . [12]

2.1.1 Geotermální vody

V zemských dutinách a vrstvách se nacházejí podzemní vody, které jsou prostupujícím teplem od zemského jádra ohřívány. Za jeden kilometr hloubky se teplota zemské kůry zvýší až o $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve většině případů, se takto ohřátá voda získává geotermálními hlubinnými vrty. Část těchto vod je klasifikována jako voda lázeňská a její využití pro energetické účely je zakázané. [13]

Geotermální voda se využívá na vytápění nebo jako zdroj tepla v geotermální elektrárně. S takovýmto druhem vytápění se nejčastěji setkáme na území Nového Zélandu, Japonska, Itálie, ale hlavně v oblasti Islandu, kde tento způsob využívá až 90 % domácností. [14]

V České republice jsou geotermální vody využívány velmi zřídka. Hlavním důvodem jsou špatné geologické podmínky. Větší využití v ČR má tzv. energie suchých hornin.

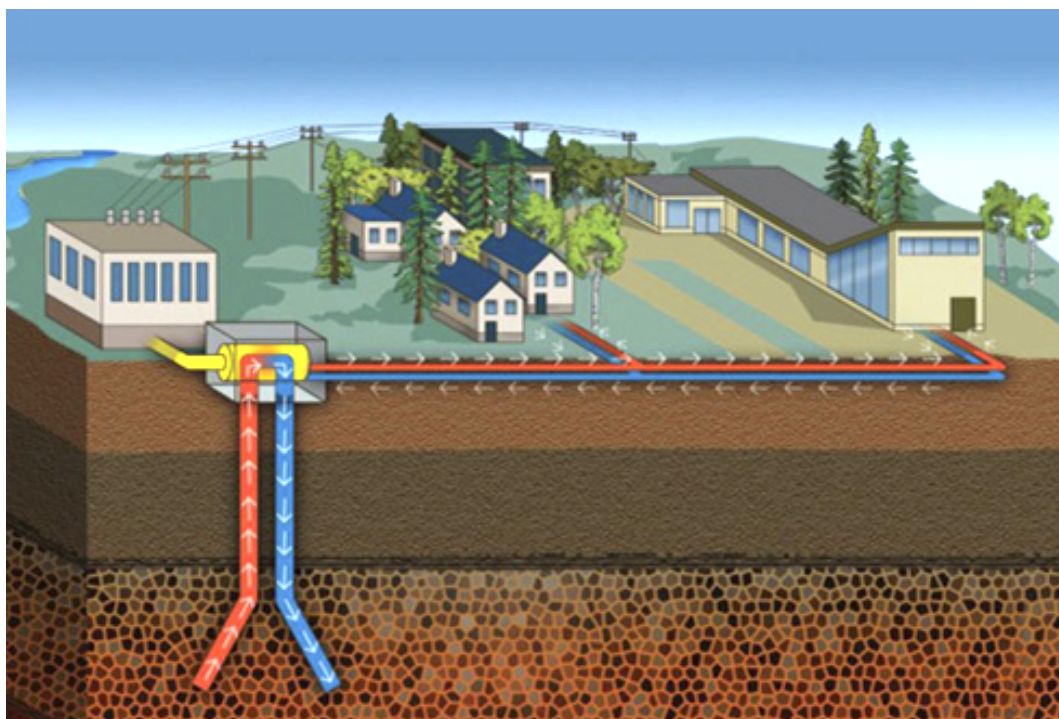


Obr. 2.1 Potenciál využití geotermální energie v ČR [15]

2.1.2 Energie suchých hornin

Takto získaná energie má v České republice podstatně vyšší využití. Využívá se jak na vytápění, tak i v posledních letech na výrobu elektrické energie. Princip takto získaného tepla lze vysvětlit na geotermální elektrárně.

Jedním ze zástupců jsou geotermální elektrárny v Litoměřicích a Liberci. Aby mohla vzniknout taková elektrárna, je potřeba vytvořit dva pětakilometrové vrty ve vzdálenosti 500 m. Jedním vrtem (vsakovacím) se vhání studená voda k suchým horninám a druhým (produkčním) se odebírá ve formě páry. Odebíraná pára má teplotu okolo 150 °C. Tato vodní pára je vháněna do speciální turbíny. Teplo, které se nevyužije v turbíně, se může v tomto případě využít k vytápění okolních objektů. Tento princip je názorně zobrazen na *Obr. 2.2* [15]



Obr. 2.2 Princip elektrárny využívající energii suchých hornin (www.semily.cz)

2.2 Fototermální přeměna energie

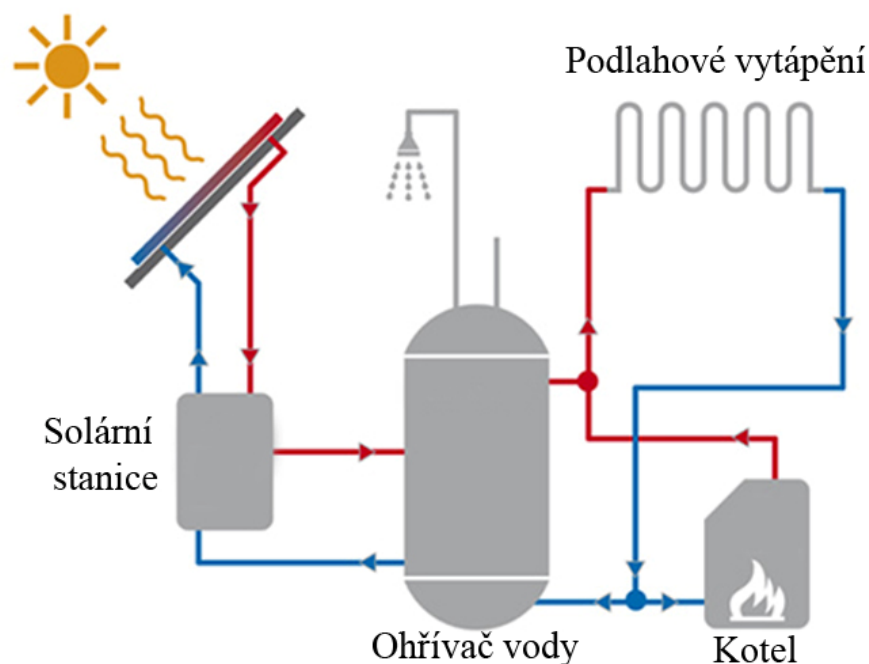
Slunce patří mezi základní a nepostradatelné zdroje energie na Zemi. Energie, kterou sluneční paprsky odevzdají Zemi, je více než 15 000 krát vyšší než celosvětová spotřeba. Tato energie se pomocí fotovoltaických článků přemění na energii elektrickou, nebo pomocí solárních systémů na energii tepelnou (fototermální přeměna). K fototermální přeměně slouží solární systémy. [18]

2.2.1 Pasivní solární systémy

Za takto využívaný systém se považuje konstrukční a architektonické uspořádání budovy. Mezi pasivní solární prvky patří prosklené plochy na jižní straně budovy, lodžie, zimní zahrady apod. Cílem tohoto systému je, aby teplo získané z dopadajícího slunečního záření bylo co nejvíce využito bez jakéhokoliv speciálního zařízení. [18]

2.2.2 Aktivní solární systémy

Tento systém se skládá ze sběrného zařízení (kolektor), akumulční nádoby a rozvodného systému s teplotněstabilním médiem. Sluneční paprsky předávají teplo médiu proudícímu v kolektoru a to pak v akumulční nádobě ohřívá vodu. Voda z akumulční nádoby se využívá k vytápění nebo jako užitková. (TUV). [18]



Obr. 2.3 Schéma kombinovaného systému na ohřev TUV a podporu vytápění (upraveno autorem)[18]

2.3 Nízkopotenciální zdroje energie

Jedná se o zdroje energie, které se nachází v běžném okolí všude kolem nás. Tepelné čerpadlo je zařízení, které dokáže tuto energii z okolí odebírat a převádět na energii s vyšším potenciálem. Jedná se o teplo z vody, zemské půdy, vzduchu (primární zdroje) a odpadních zdrojů (sekundární zdroje). Toto teplo vzniká důsledkem dopadu slunečních paprsků a geotermální energie. [16]

Všechny zdroje jsou níže popsány s ohledem na využití tepelnými čerpadly.

2.3.1 Teplo získané z půdy a zemského podloží

Jako výměník mezi tepelnou energií půdy a teplonosnou látkou je zde použito vodovodní tlakové potrubí z polyethylenu, které je umístěno v hloubce od 1 do 2 m pod zemským povrchem. Toto potrubí se pokládá do výkopu ve formě spirály nebo tzv. hadovitého kolektoru. V případě využití zemského podloží se vytvoří dva hlubinné vrtů o hloubce od 50 do 150 m v minimální vzdálenosti 10 m. Do těchto vrtů se opět vkládá potrubí z polyethylenu. Teplonosné médium přijímá teplo z půdy a předává k dalšímu zpracování - např. tepelné čerpadlo země – voda. [17]

2.3.2 Teplo získané z povrchové a podzemní vody

Aby bylo možné využívat teplo z podzemní a povrchové vody, musí mít voda určité vlastnosti. Voda musí mít vhodné chemické složení a být dostatečně čistá. K využívání podzemní vody je nutné vytvořit dvě studny (odběrovou a vsakovací). Z odběrové studny je voda čerpána, ve výparníku dojde k jejímu ochlazení a je vypouštěna do vsakovací studny. Tím je zajištěna stálá výška vodní hladiny. Podzemní voda má oproti povrchové zaručenou stálou teplotu v rozmezí od 8 do 10 °C. [17]

V případě povrchové vody se využívá říčních toků, jezer a vodních nádrží, kde dochází k předávání tepelné energie teplonosnému médium, které proudí v oběhové smyčce. Teplonosné médium musí být nemrzoucí, protože v zimních měsících dochází k zamrznutí vodní hladiny. Druhý způsob je přímé čerpání a vracení vody do povrchového zdroje. Z biologického hlediska je požadováno, aby teplota vody, která je vracena zpět do zdroje, měla teplotu min. 2 °C. Tento způsob je méně využíván, neboť je zde riziko znečištění. Je

zřejmé, že teplo z povrchové vody bude v celoročním průměru odevzdávat nižší tepelnou energii než voda podzemní, která má stálou teplotu. [16,17]

2.3.3 Teplo získané z okolního vzduchu

Teplo získávané z okolního vzduchu patří mezi nejdostupnější možné varianty získávání tepelné energie. Vzduch je všude kolem nás a tak je jeho využití neomezené, zdarma a ekologické.

Hlavní výhodou oproti výše uvedeným zdrojům energie, je odpadající stavební úprava. Odebírat vzduch můžeme prakticky kdekoliv a díky tomu se tento systém řadí mezi ty nejlevnější. [17]

Vytvořená oběhová smyčka odebírá teplo z proudícího vzduchu. Vzduch odevzdá svou tepelnou energii a vrací se zpět do prostředí. Teplota proudícího vzduchu je ovlivněna klimatickými podmínkami. V České republice se teplota vzduchu pohybuje v rozmezí od -20 do 30 °C. [17]

2.3.4 Odpadní teplo získané z technologických procesů

Je odpadní teplo, které vzniká při nejrůznějších technologických procesech, využívaných v hutnictví, sklárnách, slévárnách a další. Toto teplo je bez využití odváděno do okolí. Nemá sice již potřebnou teplotu na využití v dalším technologickém procesu, ale je možné ho využít na vytápění prostor, ohřev vody, výrobu elektrické energie, ale i na předehřívání. Veškeré takto využitě teplo může výrazně zefektivnit výrobu. [19]

3. Princip činnosti jednotlivých druhů tepelných čerpadel

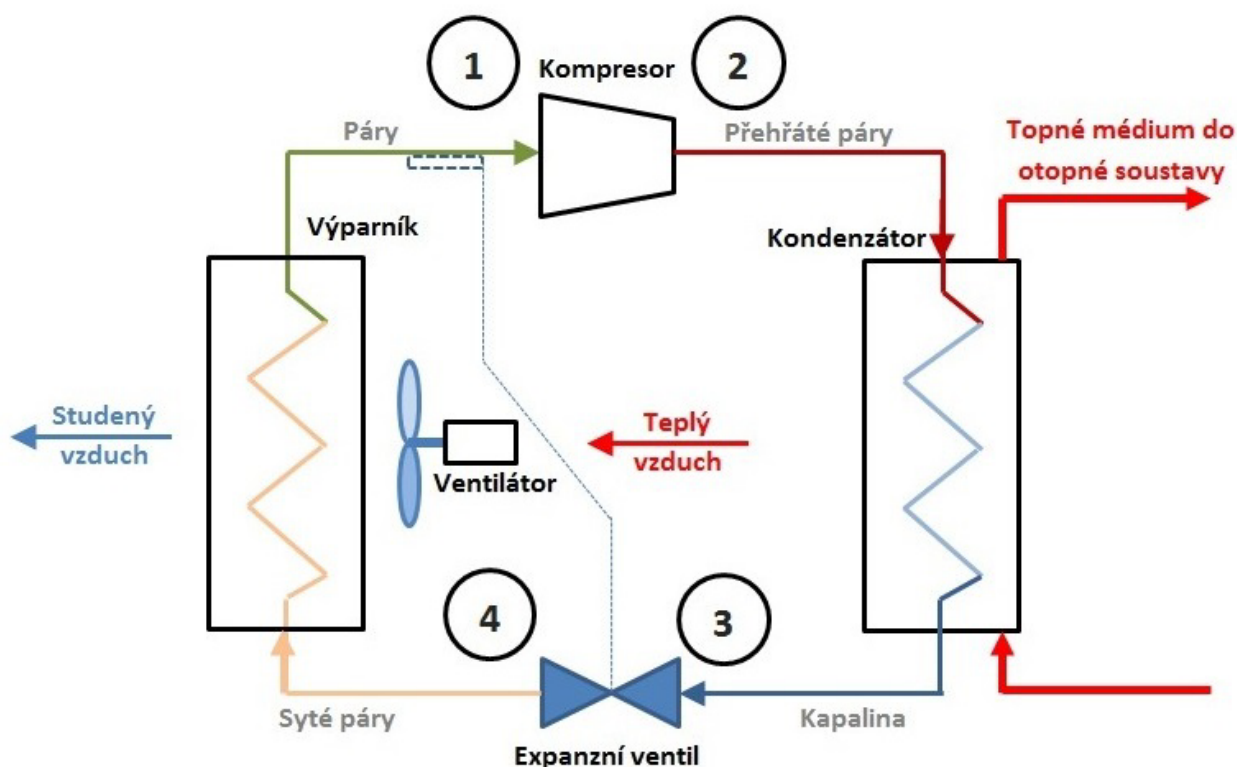
Existuje několik principů tepelných čerpadel, na které se v této kapitole zaměřím. Mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější patří kompresorové TČ. Je zde uveden jeho princip, popis jednotlivých částí a jejich využití. Dále následuje absorpční TČ a skupina méně rozšířených tepelných čerpadel, jako je paroproudé, plynové a termoelektrické, které se z důvodu nízké efektivity tepelné přeměny a její technické náročnosti běžně nepoužívají.

3.1 Kompresorové tepelné čerpadlo

Princip činnosti kompresorového tepelného čerpadla je podrobně vysvětlen v kapitole **1.5 Fyzikální princip** na straně 15.

3.1.1 Teplonosné látky – chladiva

Chladivo patří mezi velmi důležitou část samotného tepelného čerpadla. Je to látka, která slouží k přenosu tepla v uzavřeném chladicím okruhu. Použité chladivo musí splňovat určité chemické složení a fyzikální vlastnosti.



Obr 3.1 Princip tepelného čerpadla [21]

Koloběh chladiva začíná v bodě (1). Zde se nasávají páry, které jsou kompresorem stlačovány a kompresním teplem zahřáty (2). Takto přehřáté páry postupují do kondenzátoru (výměníku), kde jsou ochlazovány a kondenzují na kapalinu (3). Tlak kapalného chladiva je snížen pomocí EEV (elektronicky řízený expanzní ventil) (4). Ve výparníku tak dojde k prudkému odpařování chladiva a přijmutí tepelné energie z okolního prostředí. [21]

Podle termodynamických vlastností a poměru složek lze chladiva dělit na *azeotropní* a *zeotropní*. Chemické složení se pak dělí na *přírodní* a *syntetické*.

Azeotropní chladiva - jsou taková chladiva, která se chovají jako čisté kapaliny. Během fázové přeměny z páry na kapalinu se složení par nemění. Mohou to být chladiva jednosložková, ale i vícesložková.[7]

Mezi tato chladiva patří: R22, R290, R502, R507. Písmeno R je z anglického „refrigerant“ – chladivo. Některá chladiva mohou být tzv. cyklická a ve svém označení mají ještě písmeno C. Číselný kód označuje samotné chladivo a jeho skupinu. [7]

Zeotropní chladiva - jsou směsi složené obvykle z 2 až 4 druhů chladiv, která mají během fázové přeměny páry na kapalinu proměnné složení. Pokud je rozdíl teplot nasycených par složek velmi malý, nazývají se blízce azeotropní.[7]

Do této skupiny patří například chladiva: R407, R404. U těchto chladiv je udávám tzv. glide (skluz) a je to rozdíl teplot varu při stejném tlaku.

S ohledem na životní prostředí se zavádí koeficient ODP (Ozone Depletion Potential). Je to relativní číslo, které udává vliv na poškození ozonové vrstvy. Referenční hodnota rovna jedné byla stanovena pro freon R11. Čím je hodnota ODP nižší, tím je i nižší poškození ozonové vrstvy. [7]

Mezi **organická** chladiva řadíme:

CFC – halogenizované uhlovodíky a jejich směsi. Všechny atomy vodíku jsou nahrazeny prvky ze skupiny halogenidů (chlor, fluor, brom) Takové směsi patří do skupiny tzv. tvrdých freonů a mají vysoký koeficient ODP. *Chladiva*: R11, R12, R13, R113, R114, R502, R503...[7]

HCFC – chlorofluorované uhlovodíky - jsou směsi, které obsahují i atomy vodíku a patří do skupiny měkkých freonů. *Chladiva*: R21, R22, R141, R123... [7]

HFC – v molekulách obsažen jen fluor. Koeficient ODP = 0. *Chladiva*: R134a, R152a, R125, R32 a další.[7]

HC – přírodní uhlovodíky - jsou bez halogenidů, nemají žádný škodlivý vliv na ozón $ODP = 0$. Využívají se i směsi přírodních uhlovodíků. [7]

Do skupiny *anorganických* chladiv patří oxid uhličitý – R744, vzduch – R729, voda – R718 nebo sloučeniny dusíku – čpavek R717. Čpavek je jedovatá sloučenina a tak není příliš vhodná pro využití TČ. Používá se k chlazení ledových ploch, velkých chladících systémů a to díky nízké ceně a výhodným termodynamickým vlastnostem. [7]

Vývoj chladiv úzce souvisí s časem. Od 1. 1. 2004 je zakázáno používat freonová chladiva v nových zařízeních. Počátkem roku 2015 bude zakázáno používat freonová chladiva ve všech zařízeních. To plyne z nařízení Evropského parlamentu č. 2037/2000.

3.1.2 Tepelné výměníky – kondenzátory

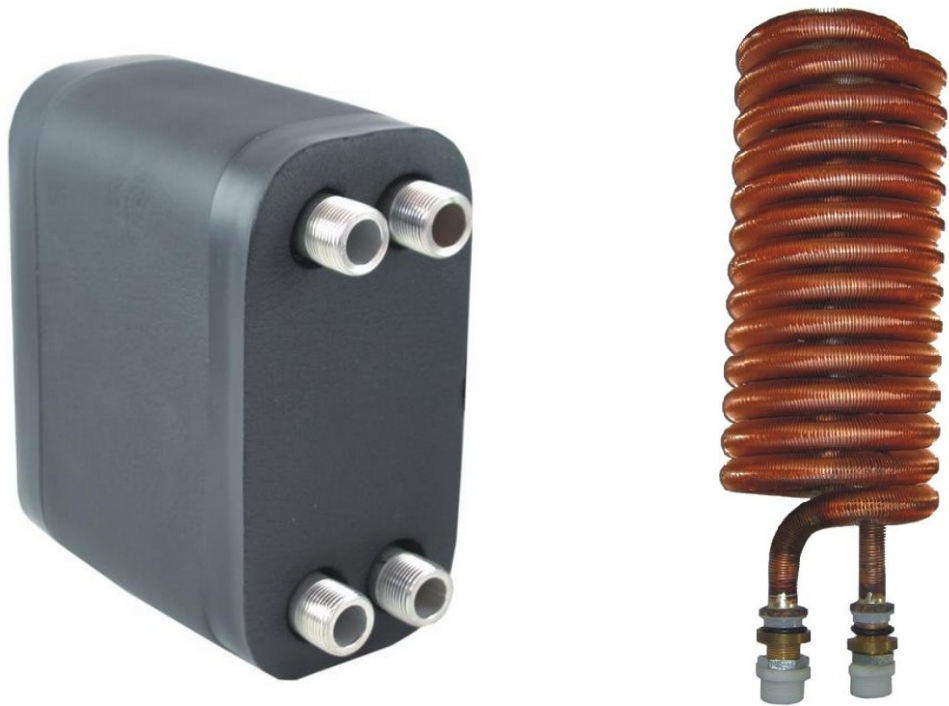
Kondenzátor je zařízení, které se využívá k předání tepla tam, kde není možné využít teplo přímo ze zdroje. Aby k takovému předání tepla došlo, musí platit druhá termodynamická věta. To znamená, že mezi okolním prostředím a chladivem musí být teplotní rozdíl.

Nejdůležitějším parametrem výměníku je jeho předávací výkon. Ten se však mění s teplotním rozdílem mezi topnou a ohřivanou stranou výměníku. Proto je nutné navrhovat výměníky vždy pro konkrétní druh zařízení a provoz. Tím se liší velikost a druh použitého výměníku. Základními druhy jsou deskové a trubkové výměníky. [22]

Trubkové výměníky se skládají z jedné nebo více stočených trubek do tvaru spirály. Takové výměníky jsou používány v akumulacích nádobách TUV, jsou levné a jednoduché. Použití s TČ je omezené a to do výkonu řádově 10 kW. Jejich nevýhodou je, že k předání malého výkonu potřebují velkou přestupní plochu (nízký přestupní koeficient). [22]

Deskové výměníky mají až 10 krát vyšší přestupní koeficient než trubkové výměníky. Jsou velmi vhodné pro TČ s výměníky o výkonu až stovek kW. Jejich nevýhodou je nutnost použití oběhového čerpadla jak na topnou, tak i na ohřivanou stranu. Z tohoto důvodu jsou cenově dražší než trubkové výměníky. Deskové výměníky lze vyrobit téměř v jakémkoliv

velikosti a provedení. Deskové výměníky jsou tvořeny obvykle z nerezových plechů, které vzájemně tvoří kanálky, kde proudí medium. [22]



Obr. 3.2 Deskový a trubkový výměník [22]

3.1.3 Kompresory

Další důležitou částí TČ tohoto druhu je kompresor. Kompresor slouží ke stlačení par chladiva, které vznikají ve výparníku. Podle použitého chladiva a konkrétních pracovních podmínek je stanoven sací tlak a výtlak. Sací tlak se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,5 MPa a výtlak 0,5 – 2,5 MPa. Teplota nasávaných par je obvykle v mezích od -20 do 10 °C a výtláčná teplota mezi 60 a 100 °C. Hlavním parametrem při výběru kompresoru je jeho sací výkon. „Jde o objem nasávaných par vztažených k tlaku v sacím hrdle.“ [7]

3.1.4 Provedení kompresorů

Hermetické – elektromotor i kompresor je umístěn na jedné hřídeli ve společné olejové náplni a nádobě. Vše je hermeticky uzavřené a z nádoby vede pouze sací a výtláčné potrubí.

Polohermetické – i v tomto provedení je kompresor spolu s elektromotorem umístěn na jedné hřídeli, ale elektromotor, kompresor i kliková skříň jsou přístupné pomocí demontovatelných vík.

Otevřené – kompresor je umístěn samostatně s vyvedenou hřídelí. Takto provedené kompresory může pohánět nejen elektromotor, ale i motor spalovací.

Pístový kompresor je velmi rozšířený a využívaný nejen v oblasti TČ. Ke stlačování vzduchu dochází pomocí pístů. Najdeme jej téměř ve všech chladničkách. Pístový kompresor se vyznačuje svou dlouhou životností. Jako pohon je použit elektromotor o výkonu až několik stovek kW. Kompresory vyšších výkonů jsou poháněny třífázovými asynchronními motory a bývají dvou i více válcové. Hlavní nevýhodou pístového kompresoru je jeho hluchnost. [7]

Dvojitý rotační kompresor obsahuje dvě pevné komory. V každé z nich se plynule otáčí excentrické vačky, které jsou spojeny na jedné hřídeli v opačných polohách. To zajišťuje rovnoměrné namáhání celého ústrojí. Tato konstrukce zajišťuje ve srovnání s ostatními kompresory nižší hmotnost, velikost a zároveň vyšší výkon. Ve srovnání s pístovým kompresorem je rotační kompresor poháněn motorem stejnosměrným a to z důvodu plynulosti jeho regulace. [23]

Scroll kompresor je typ rotačního objemového kompresoru, který stlačuje množství vzduchu se stále se zmenšujícím objemem. Skládá se z pevné a pohyblivé spirály, která je odstředivě poháněna motorem. Spirály jsou montovány s posunutím o 180°, tím vzniknou vzduchové kapsy, které se stlačují. Když se pohyblivá spirála otáčí, nasává vzduch a stačuje ho směrem ke středu, kde je vytlačován. Podstatnou výhodou je velmi tichý chod. Tento typ kompresoru patří mezi nejpoužívanější. [24]



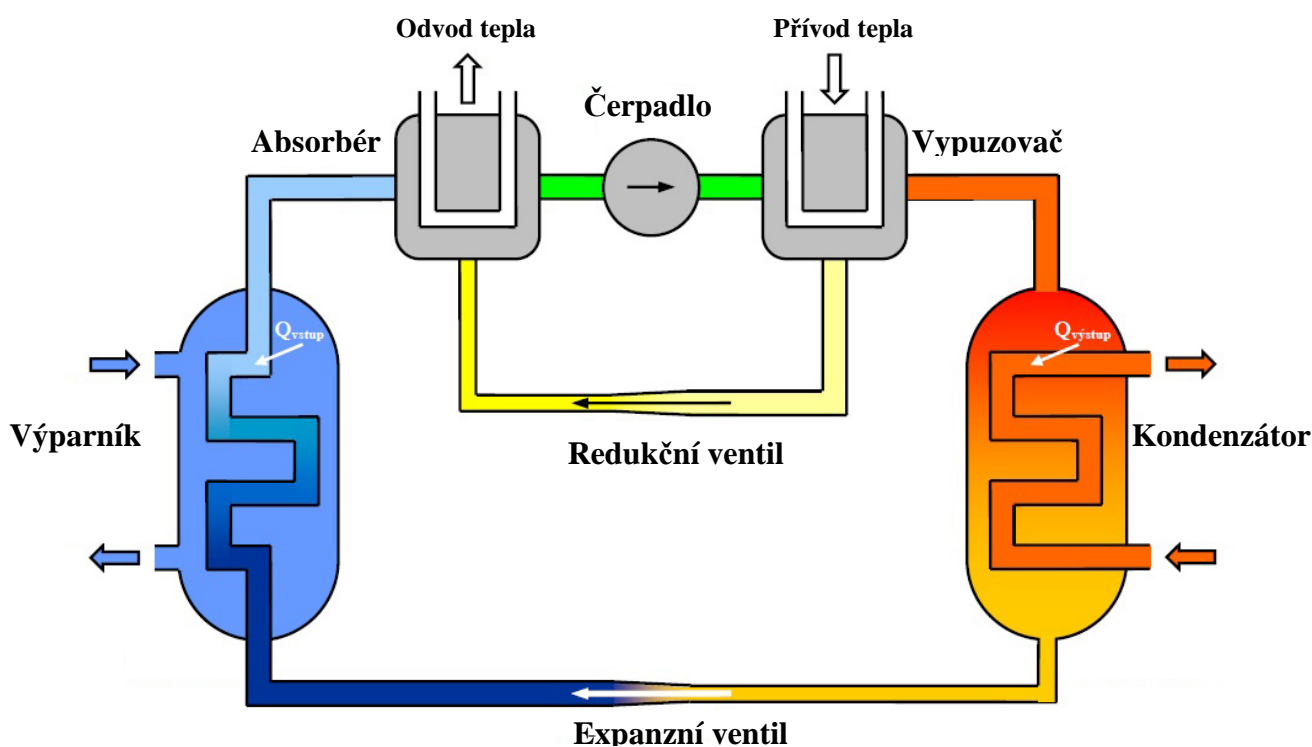
Obr. 3.3 Pevná a pohyblivá spirála.
<http://www.steptomont.cz/kompresor-compliant-scroll.html>

3.1.5 Expanzní ventil

Také nazývaný jako vstřikovací ventil, který vstřikuje do výparníku určité množství chladiva tak, aby byl výparník správně plněn. V dnešní době je mechanický expanzní ventil nahrazován elektronickým ventilem. Takový ventil tvoří magnet, který je umístěn v tělese a pomocí vysílaných impulsů do ovládací cívky se pootáčí vpravo nebo vlevo. Díky tomu je možné řídit množství vstřikovaného chladiva a tím i přehřátí nasávaných par. To zajišťuje elektronická regulace. [25]

3.2 Absorpční tepelné čerpadlo

Tento druh tepelného čerpadla nevyužívá kompresor. Hlavní části tohoto TČ jsou výparník, absorbér, vypuzovač a kondenzátor.



Obr. 3.2 Princip absorpčního TČ [26] (upraveno autorem)

Ve výparníku dochází k odpařování chladiva, nejčastěji čpavku. Takto odpařená látka o nízkém tlaku je pohlcována absorbentem. Jako absorbent je využívána voda, která protéká okruhem absorbéru. Pomocí čerpadla je vzniklý roztok dopraven do vypuzovače, kde se přívodem tepla z obohaceného absorbentu vypudí ve formě par s vyšším tlakem a teplotou. Poté páry proudí do kondenzátoru, předají teplo a zkapalní. Chladivo se vrací přes expanzní ventil do výparníku, kde dojde k opětovnému odpaření. [27]

Absence pohyblivých částí zajišťuje naprosto bezhlučný a spolehlivý provoz. Jako hnací energie je zde teplo získané např. z technologických procesů nebo přímým spalováním paliva.

Ve srovnání s kompresorovým čerpadlem je energie absorpčního čerpadla v místě spotřeby 2,5 až 4 krát vyšší. Významnou nevýhodou tohoto druhu TČ je nehospodárnost. [27]

3.3 Ostatní tepelná čerpadla

Do této části jsou zařazeny takové principy tepelných čerpadel, které se z důvodu nízké efektivity tepelné přeměny a její technické náročnosti běžně nepoužívají.

3.3.1 Paroproudé tepelné čerpadlo

Podstatnou změnou proti výše uvedeným tepelným čerpadlům je pohonná jednotka. U paroproudého čerpadla tuto jednotku tvoří paroproudý kompresor, který je složen z parogenerátoru a ejektoru. Principem takového kompresoru je stlačování par chladiva (odpařených ve výparníku) pomocí páry o vysokém tlaku nebo horké kapaliny. Výhodou těchto TČ je jednoduchá konstrukce. Naopak podstatnou nevýhodou je nízká efektivita. [26]

3.3.2 Plynové tepelné čerpadlo

Toto TČ využívá Stirlingův motor. Je to zařízení, které obsahuje dva pracovní prostory, mezi kterými může proudit plyn. Jeden prostor je ohříván a druhý chlazen. Mezi těmito prostory se nachází regenerátor, který odebírá teplo při přechodu z jednoho prostoru do druhého. Stlačující písty (pracovní a přetlačující) se mnohdy nacházejí buď v jednom společném válci, nebo každý samostatně. Pracovní píst stlačí plynné médium, vznikne kompresní teplo, které je odváděno výměníkem a využito k vytápění. Přetlačující píst tlačí plyn přes regenerátor a dojde k prudkému ochlazení. [26, 27]

Energie potřebná pro pohyb pístů, je ve většině případech dodávána elektromotorem, ale je možnost nahrazení jiným druhem motoru (tepelný, spalovací...).

Plynové tepelné čerpadlo se vyznačuje vysokou životností a spolehlivostí, ale je špatně regulovatelné. [26]

3.3.3 Termoelektrické tepelné čerpadlo

Základem tohoto TČ je Peltierův jev, který vzniká průchodem proudu polovodičovými články. Ty se vzájemně spojují měděnými vodiči. V těchto spojích při přechodu atomů z vyšší napěťové hladiny na nižší dochází k jejich nadměrnému shromažďování a vzniku tepelné energie, která je odebírána k vytápění. Bezprostřední výhodou je jednoduchá konstrukce. Nevýhodou jsou velmi náročné technologické procesy a nízká efektivita provozu. [26]

4. Systémy tepelných čerpadel

4.1 Vzduch-voda

Systém vzduch – voda je v oblasti tepelných čerpadel nejpobulárnější. Jak již bylo řečeno v kapitole 2.3.3, vzduch je všude kolem nás a jako zdroj energie pro tepelné čerpadlo je téměř nevyčerpatelný. Tento systém dosahuje topného faktoru až 4 a výkonů v řádech desítek kW. Podle použitého chladiva je možnost efektivně provozovat systém vzduch-voda i při teplotách $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr.4.1 Systém vzduch-voda [17]

4.1.1 Dělená konstrukce – split

Skládá se z venkovní jednotky a vnitřní jednotky. Venkovní jednotka obsahuje výparník a ventilátor. Výparník se skládá ze soustavy tenkých měděných trubiček. Nasávaný vzduch ofukuje výparník s teplotnosným médiem, teplo je předáváno do vnitřní jednotky (kompresor a kondenzátor), kde se přemění na vyšší teplotní úroveň a předá otopné soustavě. [28]

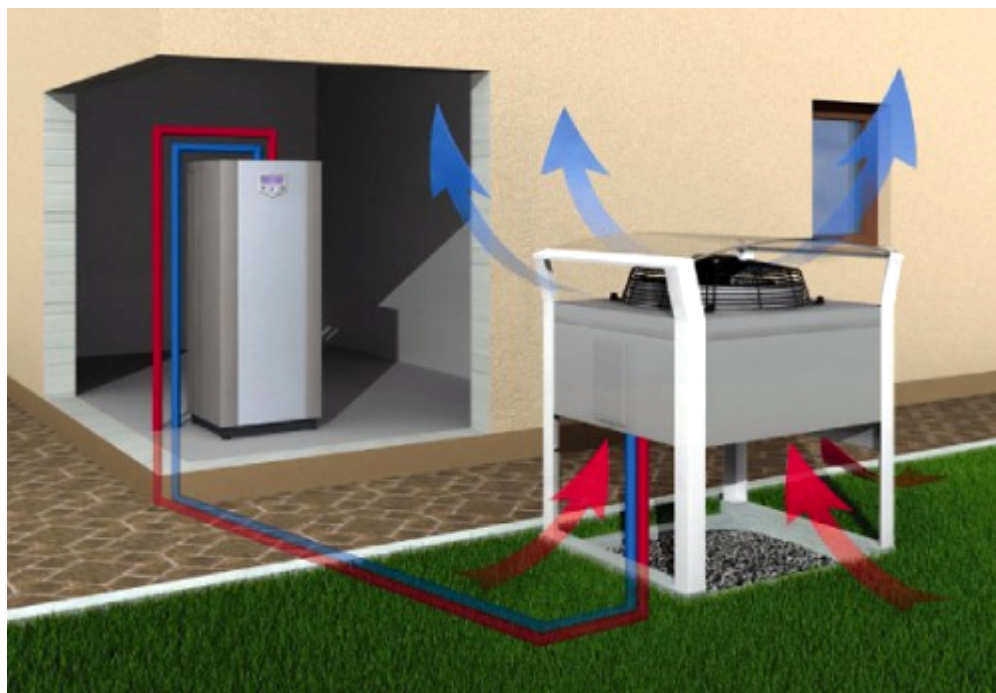
4.1.2 Společná konstrukce – kompaktní

Jak je již z názvu patrné, v tomto systému jsou veškeré komponenty soustředěny do jedné společné konstrukce. Ta bývá umístěna mimo vytápěný objekt. [28]

Další možnost je využití odpadního tepla. Jedná se o teplo, které odchází z vytápěného objektu ventilačními proudy.

Jako doplňkový zdroj tepla se využívá kotel (elektrický, plynový, na tuhá paliva...), který pracuje společně s tepelným čerpadlem a dá se dobře regulovat. Říkáme pak, že TČ pracuje v bivalentním provozu.

Nízké pořizovací náklady a téměř minimální stavební úpravy patří mezi hlavní výhody systému. Výstupní teplota vody bývá při optimálních okolních podmínkách až 55 °C. V dnešní době se bezprostředně používá k ohřevu TUV, bazénů a k vytápění, které je většinou realizováno pomocí podlahového topení. Nevýhodou může být označena hlučnost mechanických částí – především ventilátoru.



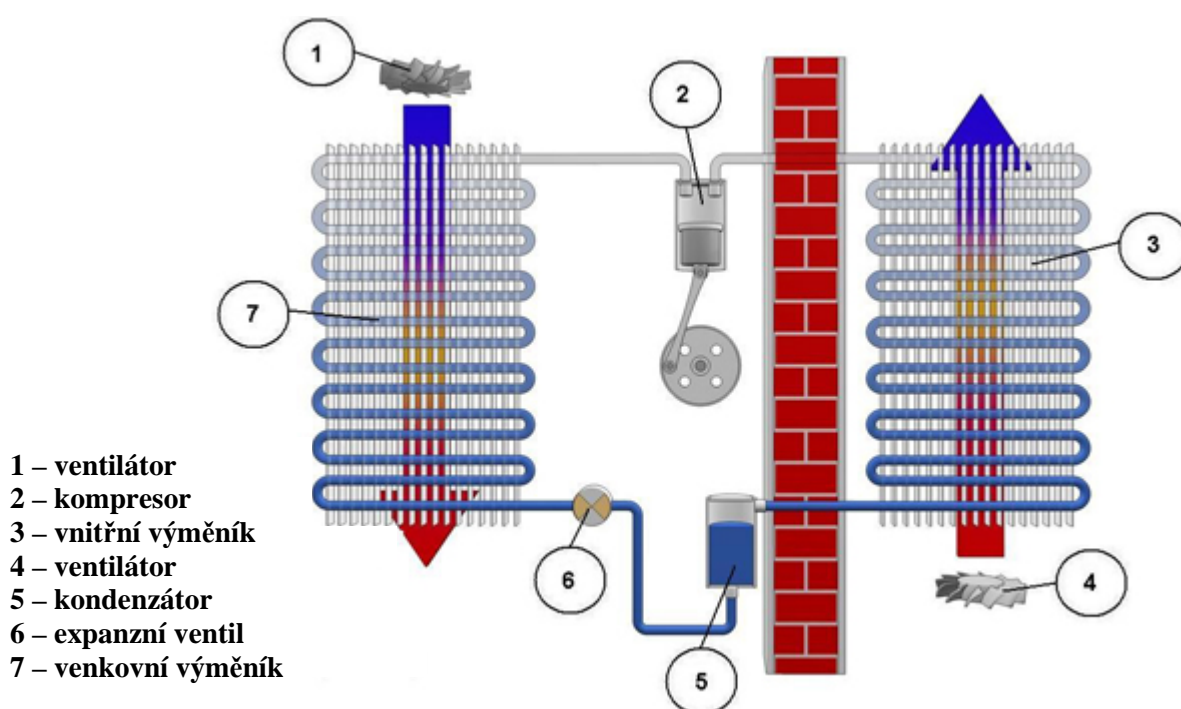
Obr. 4.2 Dělená konstrukce TČ vzduch-voda Zdroj: <http://www.tzb-info.cz>

4.2 Vzduch - vzduch

Dalším, velmi podobným systémem, je systém vzduch – vzduch. Výstupní teplo takového TČ není použito k ohřevu topných těles, ale přímo k ohřevu vzduchu v dané

místnosti. Teplem ohřátý vzduch pak přirozeně proudí celým objektem. Využívá se jako doplňkový zdroj tepla a k temperování budov. V letních měsících, kdy nevyžadujeme vytápění, lze TČ použít jako klimatizační jednotku. Samotný princip je dobře patrný z obrázku 4.3.

Výkonový rozsah se pohybuje v rozmezí 3 – 16 kW, ale úzce souvisí s daným výrobcem. TČ se nechají kaskádně spojit a vytvořit výkon až stovek kW. Nemožnost ohřátí TUV a efektivita provozu v zimních chladných měsících je podstatnou nevýhodou. Naopak možnost čištění a filtrace vzduchu během provozu spolu s nízkými provozními a pořizovacími náklady je velmi příznivá. [29]



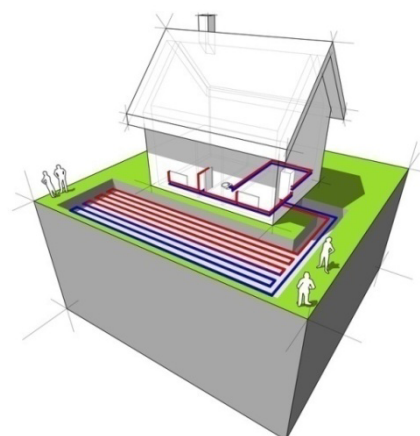
Obr.4.3 Systém Vzduch-vzduch [29]

4.3 Země – voda

Získání tepla ze zemské půdy patří mezi další používané systémy TČ. Podle použitého výparníku se dělí na tepelná čerpadla s plošným kolektorem nebo vrtem.

4.3.1 Plošný kolektor

Jedná se o plastové potrubí o průměru nejčastěji 40mm a dlouhé několik stovek metrů, ve kterém obíhá nemrzoucí teplotnosné médium. Zdrojem tepla je okolní půda, která ohřívá plastové smyčky uložené v nezámrazné hloubce od 1 do 2 m. V této hloubce je přibližná teplota půdy 12 – 18 °C. Až 98 % tepla se odebere z půdy, která leží nad samotnou potrubní smyčkou. V této části se akumuluje solární energie získaná ze slunce.



Obr. 4.4 Plošný kolektor
(www.gemtec.cz)

Jak je z obrázku 4.5 a 4.6 patrné, tento systém se neobejde bez výkopových prací, které značně navýší pořizovací náklady. Po uložení plošného kolektoru, již není možno tuto část pozemku využívat pro jinou výstavbu (garáž, bazén...), ale ani k osazování větších dřevin, jejichž kořeny by mohly narušit kolektor.



Obr. 4.5 Plošný kolektor
(<http://www.tepelnecerpadla.eu.sk>)

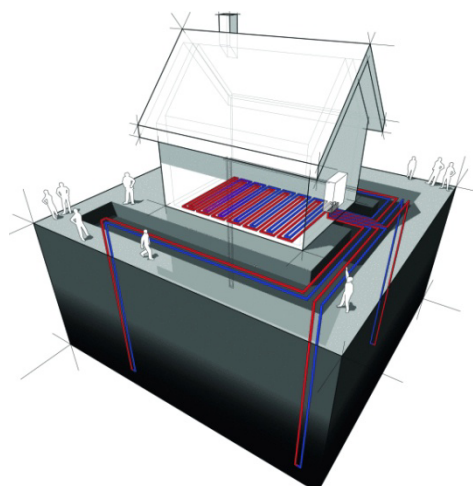


Obr. 4.6 Vrtné práce
(<http://www.vrtytepelnecerpadla.cz>)

Důležité pro správnou a efektivní funkci TČ je dostatečná vlhkost a přístup slunečních paprsků. Tento systém je tichý s efektivností provozu zaručenou i v zimních měsících. Výkon TČ je závislý na velikosti použitého pozemku a složení půdy. Výrobce tepelných čerpadel *Mastertherm* uvádí, že na 1 kW výkonu je potřeba 30 m² pozemku. [29]

4.3.2 Vrtý

Oproti plošným kolektorům je v tomto případě plastová smyčka vložena do hlubinného vrtu. Průměr vrtu se pohybuje v rozmezí od 12 do 16 cm a jeho hloubka dosahuje 70 až 150 m (*IVT – Tepelná čerpadla*). V případě využití vyšších výkonů je možnost provedení více vrtů, které musí být v minimální vzdálenosti 10 m, aby nedocházelo k jejich vzájemnému ovlivňování.



Obr. 4.7 Vrt (www.gemtec.cz)

Vrt je teplotně i výkonnostně stabilnější než plošný kolektor. Finanční náročnost je podstatně vyšší jak z hlediska samotného vrtání (obr. 6.6), tak i s nutností stavebního povolení. Naopak relativně malý potřebný prostor k realizaci a možnost plně využívat pozemek je výhodou.

Další z možností, jak využít teplo z půdy, je realizace pomocí energetických pilotů nebo spirálových sond. Energetické piloty vzniklé při rozsáhlých stavbách se osazují vedle železné armatury také potrubím pro následné využití TČ. Spirálové sondy se využívají v prostředích, kde není možné vytvořit hlubinný vrt. Použije se spirálové potrubí vložené do hloubky cca 5 m. [29]



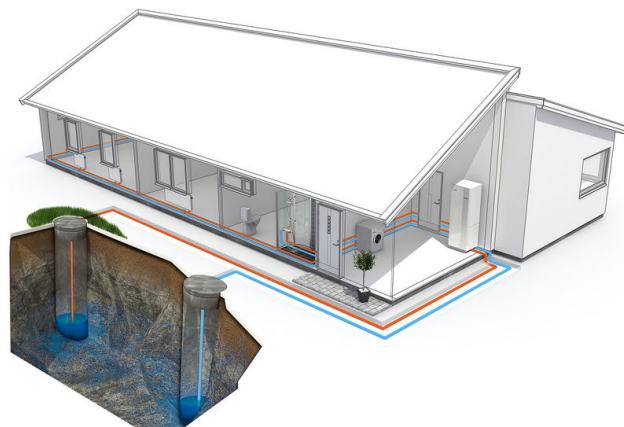
Obr. 4.8 Energetický pilot [29]

4.4 Voda – voda

Využívání povrchových a termálních vod patří k posledním hojně používaným zdrojům.

4.4.1 Spodní voda

K tomu, abychom mohli využívat spodní vodu, je potřeba vytvořit dvě studny (sací a vsakovací). Ze sací studny je čerpána voda přímo k výparníku TČ, kde předá teplo, ochladí se a vtéká do vsakovací studny. Vzdálenost vsakovací studny musí být alespoň 10 m od studny sací ve směru proudění spodní vody. Rodinný dům přečerpá přibližně 1800 l vody za hodinu. Proto je potřeba zajistit

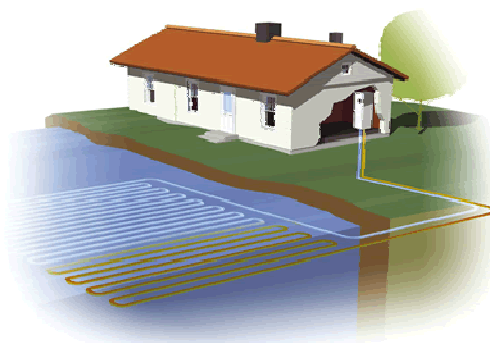


Obr. 4.9 Využití spodní vody
(<http://www.svp-solar.cz>)

dostatečný přítok spodní vody, její vhodné chemické složení a teplotu, která by neměla klesnout pod 7°C. Pokud jsou splněny tyto požadavky, pak tento druh TČ má stabilní a nejvyšší topný faktor ze všech výše uvedených. Bezprostřední nevýhodou je nutnost stavebního a hydrogeologického povolení. [29]

4.4.2 Povrchová voda

V ojedinělých případech, lze využívat i povrchové vody. Jedná se o vodní nádrže, rybníky, ale i vodoteče, ve kterých jsou ponořené soustavy potrubních smyček (kolektory) obsahující chladivo. Při stavbě takového zdroje je možné tyto smyčky vložit přímo do břehu. Na 1 kW výkonu je potřeba přibližně 35 m² plošných kolektorů.



Obr. 4.10 Využití povrchové vody
(www.teplotechnika.cz)

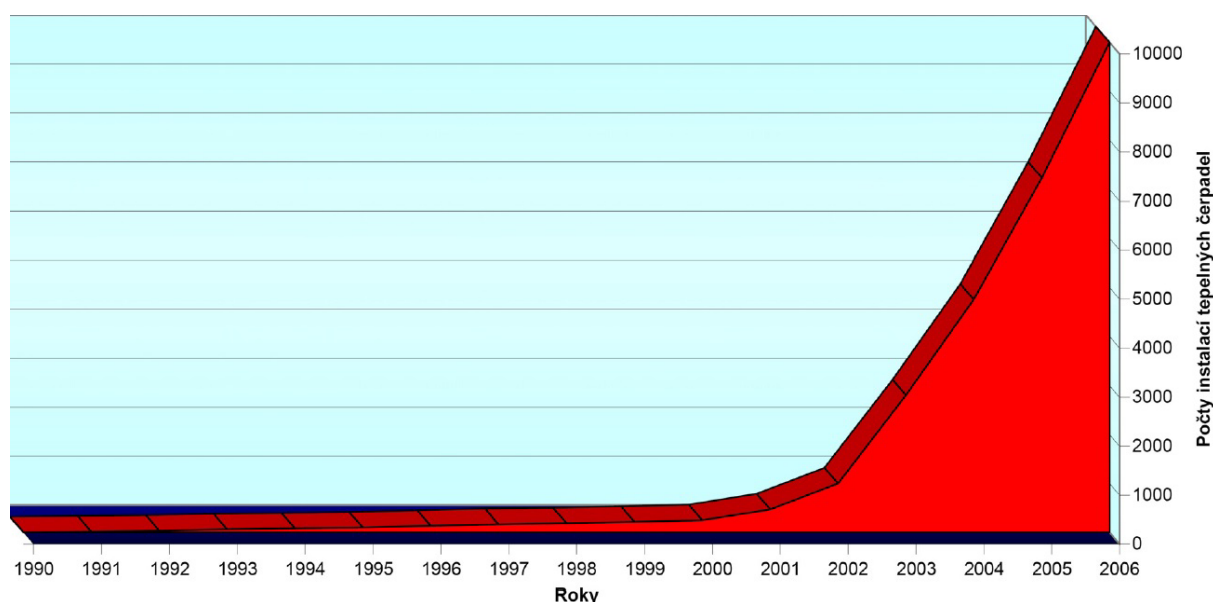
Vzhledem k biologickým procesům a riziku úniku chladiva proudícího potrubím do vody je tento systém využíván jen minimálně. [26,29]

System voda-voda lze využít i pro odpadní teplo vznikající při technologických procesech.

5. Využívání tepelných čerpadel v České republice a Evropské unii

5.1 Využití tepelných čerpadel v České republice

První průlomový rok rozvoje tepelných čerpadel v ČR je rok 1990, kdy vznikla možnost importu nových a dokonalejších technologií ze zahraničí. Jednalo se o tepelná čerpadla dovážena z Rakouska, Německa a Švédska. V následujících deseti letech byl nárůst instalovaných čerpadel jen pozvolný. Růst značně ovlivňovala nízká cena ostatních energií (zemní plyn, ropa, elektřina apod.). Jak je z obrázku 5.1 vidět, skutečný masivní rozvoj TČ začíná až v roce 2000. [30]



Obr. 5.1 Vývoj TČ v České republice v letech 1990 – 2006 [30]

V roce 2000 je založena Asociace pro využití tepelných čerpadel v České republice, která zároveň byla zakládajícím členem Evropské asociace tepelných čerpadel EHPA sídlící v Bruselu. Citelný nárůst cen energií a zavedení dotace na instalace tepelných čerpadel zvýšil jejich poptávku. V této dotaci bylo možné získat až 30 % ceny pořizovacích a instalačních nákladů. [30]

Tabulka 1. znázorňuje využití jednotlivých systémů. Z počátku převažoval systém země - voda, ale s příchodem nových technologií (scroll kompresory) a možnosti efektivního využívání systému vzduch – voda i v zimních měsících tvoří tento systém drtivou většinu instalovaných TČ.

Strmý nárůst instalací, který souvisí s hledáním způsobů, jak snížit náklady na vytápění a ohřev TUV, pokračoval i v dalších letech. V roce 2011 by počet instalovaných čerpadel téměř 30 000.

Systém	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Vzduch-vzduch	47	122	338	60	254	118	105
Vzduch-voda	693	964	1 482	1 769	2 386	4 212	4 525
Země-voda	958	1 362	1 730	2 125	1 959	2 150	2 296
Voda-voda	55	84	62	78	87	74	65
Jiné	19	0	3	0	159	10	24
Celkem	1 771	2 532	3 615	4 032	4 845	6 564	7 015

Tabulka 1 – Počet ročních instalací v letech 2005 – 2011 [31]

Rozvoj využití tepelných čerpadel od roku 2002 do roku 2011 je shrnut v tabulce 2. V roce 2011 byl v rámci projektu Sčítání lidu, bytů a domů zjišťován i samotný výskyt TČ v domácnostech.

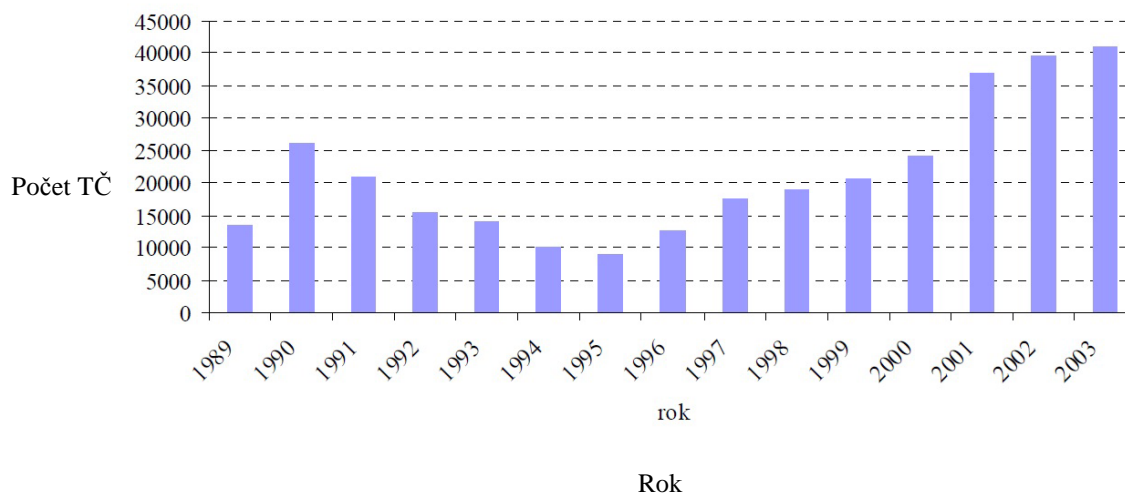
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Firmy	161	227	414	551	710	834	947	1 077	1 259	1 447
Domácnosti	2 541	3 449	5 312	6 795	9 095	11 257	14 199	17 793	23 496	27 557
Celkem	2 702	3 676	5 726	7 346	9 805	12 091	15 146	18 870	24 755	29 004

Tabulka 2 - Celkový počet provozovaných TČ v České republice [31]

5.2 Využití tepelných čerpadel v Evropské unii

Ve státech EU, stejně jako v České republice, rozvoj ovlivňovala strategie energetického hospodářství. V osmdesátých letech provázela celou EU ropná krize, která způsobila masivní nástup využívání tepelných čerpadel. Kvůli technické a technologické nedokonalosti tehdejších systémů, nastal po zažehnutí krize úpadek. Opětovný nárůst pak začal v devadesátých letech.

Stát s největším počtem instalovaných TČ je Švédsko. V roce 2003 zde bylo instalováno 40 000 tepelných čerpadel. Podle posledních statistik z roku 2011, kde bylo produkováno 106 775 čerpadel, je nárůst instalací téměř trojnásobný.



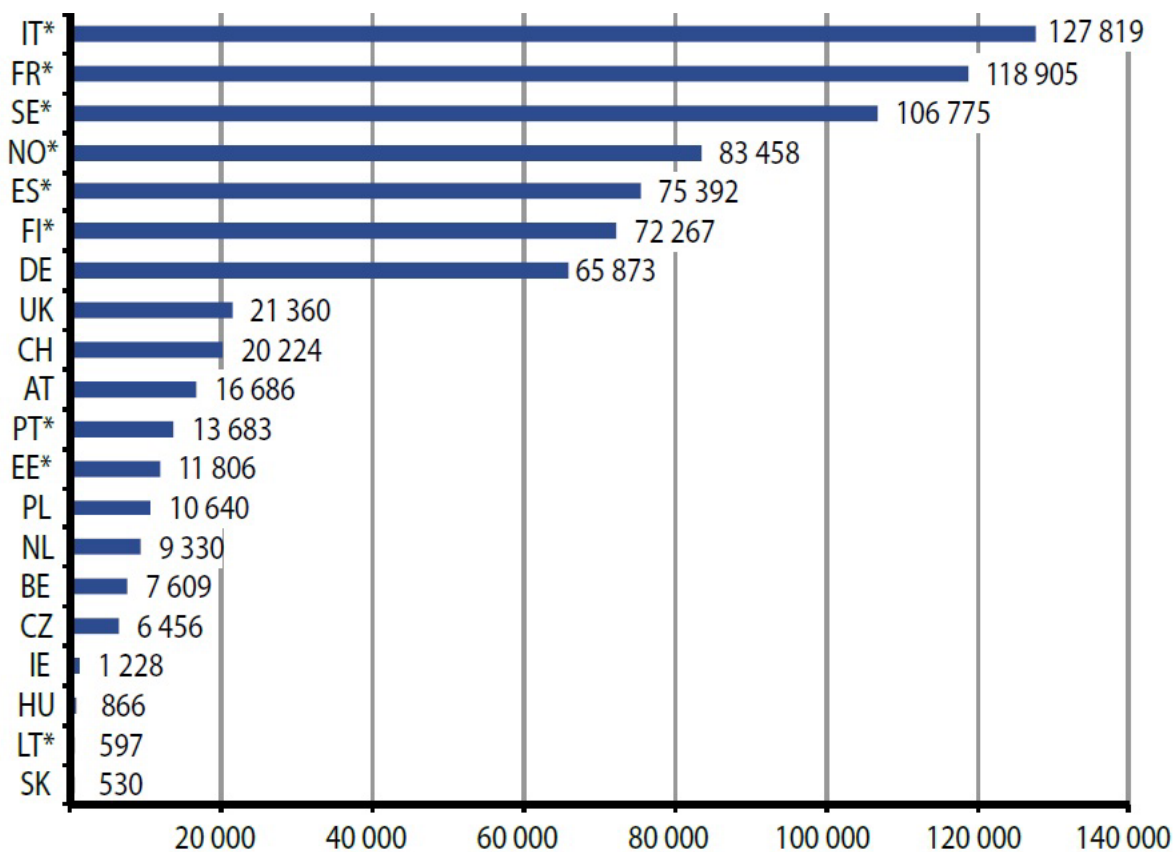
Obr.5.2 Tepelná čerpadla – Švédsko [26]

Švédsko využívá tepelná čerpadla jako hlavní zdroj vytápění a ohřevu TUV jak pro novostavby, tak pro stávající objekty.

Další stát, který se řadí do popředí využití TČ v Evropské unii, je Francie. Instalace nových TČ se zde v roce 2008 pohybovala kolem 157 000, což je dosud největší počet z celé EU. Ze statistiky EHPA z roku 2011 je zaznamenán pokles na 119 000 instalací. Mezi státy s malou rozlohou, kde bylo nainstalováno jedno z prvních tepelných čerpadel, se řadí Švýcarsko. V roce 2009 se ve Švýcarsku nainstalovalo 20 000 TČ. V sousedním Německu se rozvoj TČ začal postupně zvyšovat až v roce 1995. V roce 2008 bylo Německo téměř na stejné úrovni využití TČ jako Norsko a to se 70 000 instalacemi. Přibližně stejný počet instalací je zaznamenán i v roce 2011.

Všechny výše získané údaje jsou vybrány ze statistiky EHPA vydané 20. 5. 2010 v Bruselu (Příloha 1. European Heat Pump Market statistics 2005 – 2009) a ze zpravodaje REHVA Journal Říjen 2012. Lze říci, že instalace TČ stále rostou, ale v předních evropských státech jako je Francie, Německo, Švédsko a Itálie se již růst dostal na svoje nynější maximum. Velký nárůst je v porovnání se staršími statistikami nyní zaznamenán ve Velké Británii.

V následujícím obrázku 5.3 je znázorněn počet instalací v roce 2011 ve státech EU. Od roku 2005 do 2011 bylo v Evropské unii nainstalováno více než 4,5 milionu tepelných čerpadel.



Obr. 5.3 Počet instalací TČ v EU – rok 2011, zdroj: REHVA Journal October 2012

Závěr

Vzrůstající ceny energií za vytápění a ohřev TUV klasickými zdroji tepla (elektrina, zemní plyn, tuhá paliva, ropné produkty...) vedou lidskou populaci k použití alternativních řešení. Mezi tyto řešení bezprostředně patří tepelná čerpadla. Z kapitoly 5 je patrný masivní nárůst využívání tepelných čerpadel v minulých 5 letech a to jak v České republice, tak i v celé Evropské unii.

Cílem této práce bylo vytvoření uceleného textu v oblasti využití nízkopotenciálních zdrojů tepla a jeho přeměnu na teplo o vyšším potenciálu, které lze využít k vytápění a ohřevu TUV.

První kapitola se zabývá obecným fyzikálním principem tepelného čerpadla, což je velmi podstatné pro porozumění samotné činnosti. Následuje kapitola obsahující zdroje nízkopotenciální tepelné energie v okolním prostředí a to nejen pro využití tepelnými čerpadly. Hlavní částí je kapitola 3, ve které jsou shrnuty konkrétní používané typy TČ a popsány jejich části. Navazují systémy tepelných čerpadel, které využívají teplo ze vzduchu, vody a země a jejich porovnání. Závěrem práce je shrnutí současného využívání tepelných čerpadel na území ČR a EU.

Je zřejmé, že vývoj tepelných čerpadel jde velmi rychle kupředu a to jak po stránce technologické, tak po stránce dosahujících výkonů. Přesto je stále problematika TČ a možnosti jejich použití pro řadu lidí velkou neznámou. Tato práce by měla potenciálním zájemcům o budování systémů s vytápěním a ohřevem tepelnými čerpadly vytvořit ucelenou představu o jejich funkčnosti. Dobře provedené TČ může oproti elektrickému vytápění ušetřit až 60 % nákladů. Díky poměrně vysoké úspoře nákladů, komfortu, ekologičnosti a stále zvyšujícím se cenám energií, lze předpokládat vyšší zájem o tento druh vytápění. Do budoucna by tepelné čerpadlo mohlo mít významné spojení s nízkoenergetickými a pasivními domy.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] NEPA: Historie tepelných čerpadel. [online]. [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.nepa.cz/cs/tepelna-cerpadla-sinclair-hlavni/historie-tepelnych-cerpadel/>
- [2] Tepelná čerpadla: Historie. [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://files.tepelnacerpadla.webnode.cz/200000020-5ce2b5ddcf/Tepelna-cerpadla-historie.pdf>
- [3] 1. a 2. Věta termodynamiky. ČVUT. [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-01.pdf>
- [4] Rovnice termodynamických veličin. Wikipedie [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Prvn%C3%AD_termodynamick%C3%BD_z%C3%A1kon
- [5] Carnotův cyklus. Gymnázium F. X. Šaldy [online]. 2006 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://jan.gfxs.cz/studium/files/termika/tz23.pdf>
- [6] Princip Carnotova cyklu. Caltheo.cz [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.caltheo.cz/carnotuv-cyklus>
- [7] ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]. 1. vyd. Přerov: Antonín Žeravík, 2003, 311 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [8] Návrh tepelného čerpadla: Topný faktor. [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/1_tepelne_cerpadlo_navrh_navodu.pdf
- [9] Označení: Topný faktor. [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-tepelneho-cerpadla>
- [10] SRDEČNÝ, Karel. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [11] MAREŠ, Radim. *Kapitoly z termomechaniky*. Plzeň, 2009.
- [12] MOTLÍK, Jan. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha: ČEZ, 2007.
- [13] Geotermální energie. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/geoterm.htm>
- [14] Využití geotermální energie. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.zdrojeenergie.blogspot.cz/2008/10/geotermalni-energie.html>
- [15] Geotermální elektrárny. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/prvni-geotermalni-elektrarna-v-cr-liberec-nebo-litomerice.aspx>
- [16] Obnovitelné zdroje energie: Tepelné čerpadlo. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.eis.cz/problematika.php?klic=2/>
- [17] Tepelné čerpadlo. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=zdroje&ar=02>

- [18] Terms: *Solární energie* [online]. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.terms-cz.com/solarni-energie-ohrev-vody.php>
- [19] POWER ENGINEERING: Využití odpadního tepla. *Terms: Solární energie* [online]. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.pwr.cz/prumysl/vyuziti-odpadniho-tepla/>
- [20] IVT: Historie. [online]. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/historie-ivt>
- [21] KUCHYNKA, Lubomír. Faktory ovlivňující účinnost tepelných čerpadel. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9147-ac-heating-faktory-ovlivnujici-ucinnost-tepelnych-cerpadel>
- [22] REGULUS. Výměníky tepla. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vymeniky-tepla>
- [23] Rotační kompresor. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: http://www.ac-heating.cz/upload/file/Dvojity_rotacni_kompresor.pdf
- [24] Scroll kompresor. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: http://www.samad.cz/prodej-techniky/120_scroll-kompresory/
- [25] Expanzní ventil. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.eltex-km.cz/cs/clanky/10021-elektronicky-expanzni-ventil>
- [26] ŠANTÍN, Vlastimil. *Energetická bilance a využití tepelných čerpadel*. Plzeň, 2007. Diplomová práce. ZČU Plzeň.
- [27] ZLATAREVA, Veneta. ČEA. *Tepelná čerpadla*.
- [28] Tepelná čerpadlo vzduch-voda. [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.uspornevytapani.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/>
- [29] Energetický poradce. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/vytapani/tepelna-cerpadla>
- [30] SEDLÁČEK, Josef. Asociace pro využití TČ: Tepelná čerpadla v ČR. s. 5.
- [31] Obnovitelné zdroje energie v roce 2011. BUFKA, Aleš a Daniel ROSECKÝ. [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9504-obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2011-3-cast>

Přílohy

Příloha 1. Evropské obchodní statistiky TČ 2005 – 2009 (European Heat Pump Market statistics 2005 – 2009)

