

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH - VODA
AIR TO WATER HEAT PUMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JINDŘICH ŠPATENKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HEJČÍK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jindřich Špatenka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tepelná čerpadla vzduch - voda

v anglickém jazyce:

Air to water heat pumps

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tepelná čerpadla (TČ) se stávají stále oblíbenějším zdrojem tepelné energie na vytápění a přípravu teplé vody, což vede k nárůstu konkurence a tím rychlému rozvoji celého odvětví.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést rešerši v oblasti tepelných čerpadel vzduch-voda, která bude zahrnovat používané principy, koncepční řešení a dosahované topné faktory.



Seznam odborné literatury:

<http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Jiří Hejčík

Katedra: Strojní inženýrství

Obor: Strojní inženýrství (230101)

Číslo úkolu: Vm v součtu se výkonem 2.11.1908 o vysokých školách a se študiem a
Akademickým ústavem VUT v Brně může nastupovat k bakalářské práci

Tepelná čerpadla vzduch - voda

Využití: Využití

Air to water heat pump

Úkol: Číslo úkolu 2.11.1908

Tepelná čerpadla (TC) se staví stále častěji jako zdroj tepla na vytápění a
přípravu teplé vody. Co vše k návrhu konstrukce a tím i k návrhu rozvodů tepla patří

Cíl bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést teoreticky a prakticky návrh tepelného čerpadla vzduch-voda, která bude
nastavena používat principy, koncepty tepla

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 18.11.2011



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce jsou tepelná čerpadla vzduch - voda. Práce se v první části zabývá principem tepelného čerpadla a vývojem od doby vzniku až po dnešní dobu, dále stručným uvedením dalších typů tepelných čerpadel a jejich výhod a nevýhod. V další části jsou uvedeny u vybraných tepelných čerpadel od různých výrobců dosahované topné faktory, výkony a jiné parametry. Následují používané oběhy současných tepelných čerpadel. V třetí části jsou popsány dílčí části tepelného čerpadla a jejich rozdělení.

ABSTRACT

Topic of the bachelor thesis are heat pumps air - water. The first part deals with the principle of heat pump and development since the inception to the present day, as well as a brief indication of other types of heat pumps and their advantages and disadvantages. In the next part are selected heat pumps from different manufacturers achieved by heating factors, performance and other parameters. Followed by used circuits of heat pumps. In the third section are described the component parts of heat pumps and their distribution.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné čerpadlo, vzduch - voda, topný faktor, vytápění, teplo, kompresor, tepelný výměník

KEYWORDS

Heat pump, air - water, Coefficient of Performance, heating, heat, compressor, heat exchanger

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠPATENKA, J. *Tepelná čerpadla vzduch - voda*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 34 s., Vedoucí práce Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Tepelná čerpadla vzduch - voda vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25. května 2012

.....
Jindřich Špatenka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jiřímu Hejčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Rovněž děkuji za vstřícný přístup, za trpělivost a čas, který mně věnoval.

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 9 |
| 2 | TEPELNÁ ČERPADLA | 10 |
| 2.1 | PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA | 10 |
| 2.2 | PRACOVNÍ CYKLUS TEPELNÉHO ČERPADLA | 12 |
| 2.3 | TOPNÝ FAKTOR..... | 13 |
| 3 | HISTORICKÝ VÝVOJ TEPELNÝCH ČERPADEL | 15 |
| 4 | ROZDĚLENÍ TČ PODLE ZDROJE TEPLA | 19 |
| 4.1 | TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH - VODA | 19 |
| 4.2 | TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ - VODA..... | 23 |
| 4.3 | TEPELNÁ ČERPADLA VODA- VODA | 25 |
| 4.4 | TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH- VZDUCH..... | 27 |
| 4.5 | POROVNÁNÍ TEPELNÝCH ČERPADEL VZDUCH -VODA | 28 |
| 5 | OBĚHY SOUČASNÝCH TČ VZDUCH - VODA | 29 |
| 5.1 | TECHNOLOGIE EVI..... | 29 |
| 5.2 | DVOUSTUPŇOVÁ KOMPRESI..... | 29 |
| 6 | ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI TEPELNÉHO ČERPADLA | 31 |
| 6.1 | KOMPRESORY | 31 |
| 6.2 | VÝMĚNÍKY TEPLA..... | 35 |
| 6.3 | EXPANZNÍ VENTIL..... | 37 |
| 7 | ZÁVĚR | 39 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 40 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 43 |

1 ÚVOD

V dnešní době se lidé snaží co nejvíce ušetřit, a proto hledají způsoby, jak co nejvíce snížit spotřebu energie, která stále rychlým tempem zdražuje. Vhodným řešením, jak ušetřit nemalé finance za vytápění domova a ohřev užitkové vody, je tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo je zařízení, které využívá energii obsaženou v přírodních tepelných zdrojích (ve vzduchu, vodě a půdě). První myšlenka tepelného čerpadla vznikla díky Williamu Thomsonovi již v 19. století, avšak ke většímu využití dochází v posledních letech. Zejména v České republice je tento způsob vytápění poměrně nový, ale zájem o tepelná čerpadla se rychle zvyšuje. To má za příčinu rychlý rozvoj odvětví a vznik mnoha výrobců tepelných čerpadel. Vznikají nové technologie a zlepšuje se úspornost energie těchto zařízení.

2 TEPELNÁ ČERPADLA

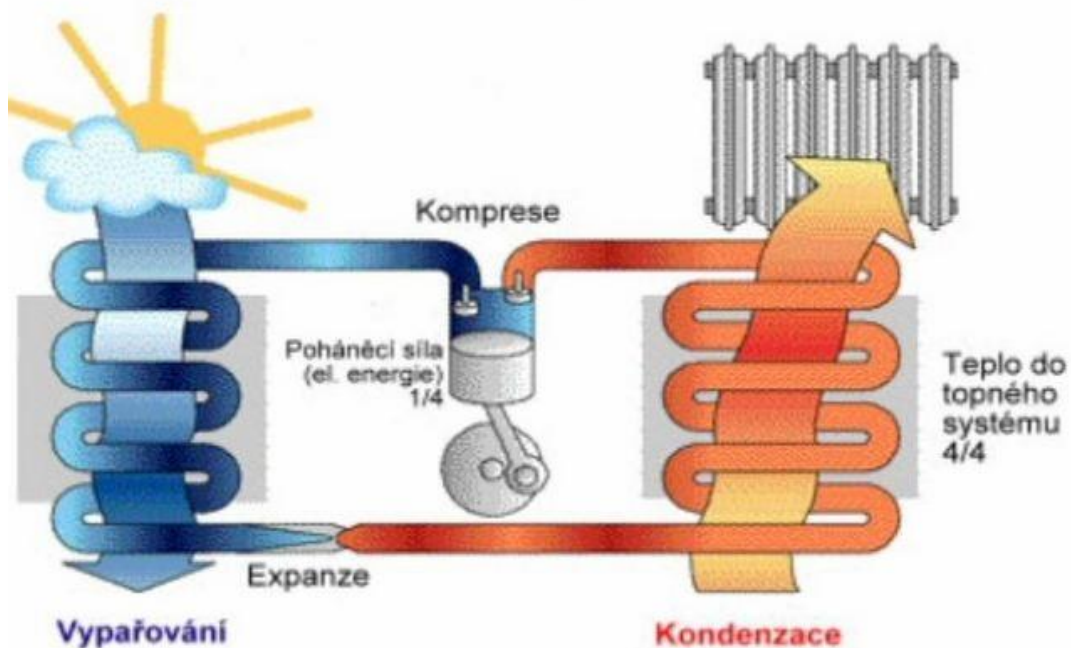
Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje obnovitelné energie. Využívají energii, která je obsažena v přírodních tepelných zdrojích. TČ odebírá tepelnou energii tzv. nízkopotenciálním zdrojům, ve kterých je obrovské množství energie. Takovýmto zdrojem může být například - okolní vzduch, voda v řece nebo země. Tuto energii však není možné v tomto stavu využít, proto musí být získané teplo převedeno pomocí TČ na vyšší teplotní hladinu, kde se již dá využívat pro vytápění budov nebo ohřev užitkové vody. TČ se ve většině případů skládá ze dvou částí, a to z venkovní a vnitřní jednotky. Venkovní část odebírá teplo z tepelného zdroje (vzduchu, vody, země). Podoba a velikost venkovní části je závislá na zdroji tepla. Vnitřní jednotka je velmi podobná běžně používaným plynovým kotlům nebo ohřivačům teplé vody. Nevyžaduje zvláštní umístění ani nepotřebuje velký prostor. Vnitřní část zajišťuje předávání tepla do topného systému.

2.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje na principu uzavřeného chladicího okruhu podobně jako chladnička. Chladnička odebírá teplo z vnitřní části, kde se nacházejí potraviny a předává je kondenzátorem, který je umístěn v zadní části do prostoru, ve kterém je umístěna. Dochází k snižování teploty uvnitř chladničky a ohřívání vzduchu v místnosti je nezbytným důsledkem. TČ neochlazuje potraviny, ale například vzduch, podzemní vodu nebo zemskou kůru. Teplo odebrané těmto zdrojům předává do topného systému. [2]

Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu, nebo-li na provoz tepelného čerpadla, je zapotřebí dodávat určité množství energie. To znamená, že TČ spotřebovává pro pohon kompresoru nejčastěji elektrickou energii. Protože spotřebované množství energie není zanedbatelné, můžeme TČ považovat za alternativní zdroj tepelné energie pouze částečně. Záleží na tom, jakým způsobem je elektrické energie vyrobená, ale v našich podmínkách je nejčastěji vyrobena spalováním uhlí nebo je z jaderných elektráren. [2]

Elektrická energie je spotřebována pouze na pohon kompresoru a ventilátoru TČ. Tato energie tvoří přibližně jednu třetinu až jednu čtvrtinu energie, kterou nám tepelné čerpadlo dodá pro ohřev topné vody, zbývající 2/3 až 3/4 energie je získáno ze vzduchu (země, vody). Z tohoto důvodu je možné ušetřit přibližně 2/3 až 3/4 energie potřebné pro vytápění a ohřev užitkové vody. [2]



Obr. 2.1 Princip tepelného čerpadla [8]

V okruhu TČ cirkuluje pracovní médium, které cyklicky mění své skupenství. Přeměna skupenství probíhá ve čtyřech dějích.

První děj:

Kolující chladivo v tepelném čerpadle odebírá teplo ze vzduchu, vody, země, a tím se odpařuje (mění kapalné skupenství na plynné).

Druhý děj:

Kompresor TČ stlačí plynné chladivo přehřáté o několik stupňů a díky fyzikálnímu principu komprese (se zvyšujícím se tlakem roste teplota stlačující se látky) převede nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu v rozmezí teplot mezi 55 až 80 °C.

Třetí děj:

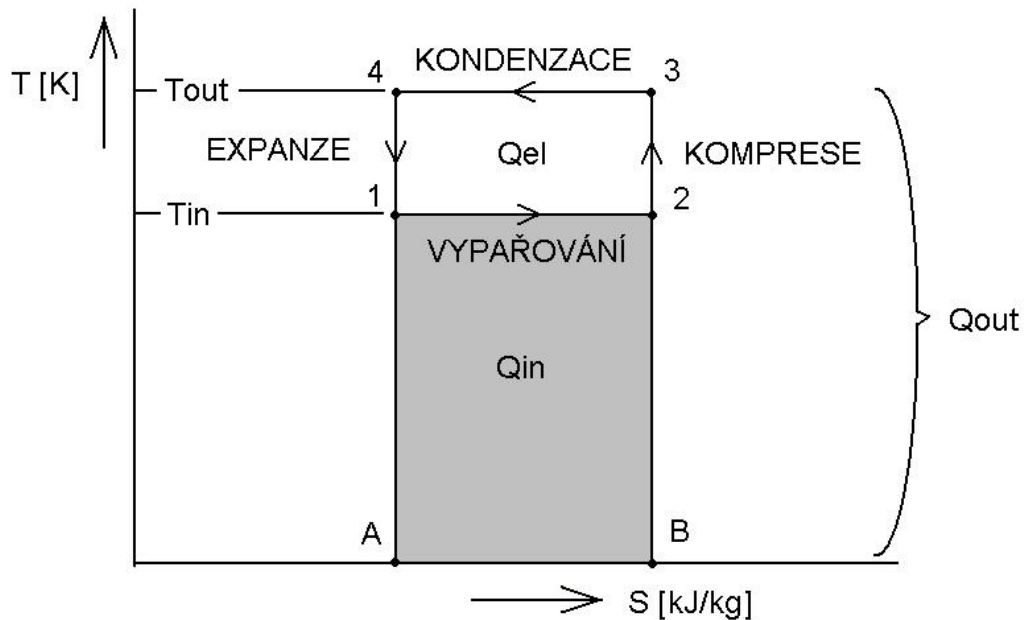
Chladivo na vyšší teplotní hladině pomocí druhého výměníku předá teplo vodě v topné soustavě, ochladí se a zkondenzuje. Otopná tělesa toto teplo předají vzduchu ve vytápěné místnosti. Ochlazená voda v topném okruhu se vrací zpět k druhému výměníku, kde se opět ohřívá.

Čtvrtý děj:

Chladivo prochází nazpět přes expanzní ventil k prvnímu výměníku, kde se opět ohřívá. Tento cyklus se neustále opakuje. Aby takto mohlo tepelné čerpadlo pracovat, musíme samozřejmě TČ nějakým způsobem pohánět. Ve většině případů je to elektrická energie.

2.2 Pracovní cyklus tepelného čerpadla

Pracovní cyklus TČ, na jehož principu pracuje, se nazývá obrácený Carnotův cyklus (přímý Carnotův cyklus se používá u tepelných motorů). Carnotův cyklus je cyklický děj ideálního tepelného stroje a má největší teoretickou tepelnou účinnost. Je tvořen dvěma adiabaty a dvěma izotermami. T-S diagram Carnotova cyklu je znázorněn na obrázku 2.2. Ve skutečnosti probíhá děj trochu jinak. [1]



Obr. 2.2 Grafické znázornění teoretického pracovního cyklu TČ [1]

S - entropie

T - teplota

Pracovní cyklus se skládá z těchto jednotlivých fází:

- 1-2 izotermické vypařování
- 2-3 adiabatická komprese
- 3-4 izotermická kondenzace
- 4-1 adiabatická expanze

Plocha ohraničená body A, 1, 2, B je úměrná množství energie, která je odebírána z nízkoteplotního zdroje tepla a značí se Q_{IN} . Plocha ohraničená body 1, 2, 3, 4 se označuje Q_{EL} a znázorňuje množství elektrické energie dodané pro pohon kompresoru. Q_{OUT} je součet obou ploch a je úměrná tepelné energii, kterou TČ dodává do topného systému. [1]

2.3 Topný faktor

Jedním z nejdůležitějších parametrů TČ je topný faktor. Značí se zkratkou COP (z angličtiny Coefficient of Performance). Topný faktor je bezrozměrné číslo a vyjadřuje poměr tepelného výkonu k elektrickému příkonu. Čím má TČ vyšší topný faktor, tím je lepší, protože jeho provoz je levnější.

Topný faktor lze vypočítat pomocí tohoto vzorce:

$$\varepsilon = \frac{Q_{OUT}}{Q_{EL}} = \frac{Q_{IN} + Q_{EL}}{Q_{EL}} = \frac{T_{OUT}}{T_{OUT} - T_{IN}} \quad (2.1)$$

Q_{OUT} - je výsledná energie [W]

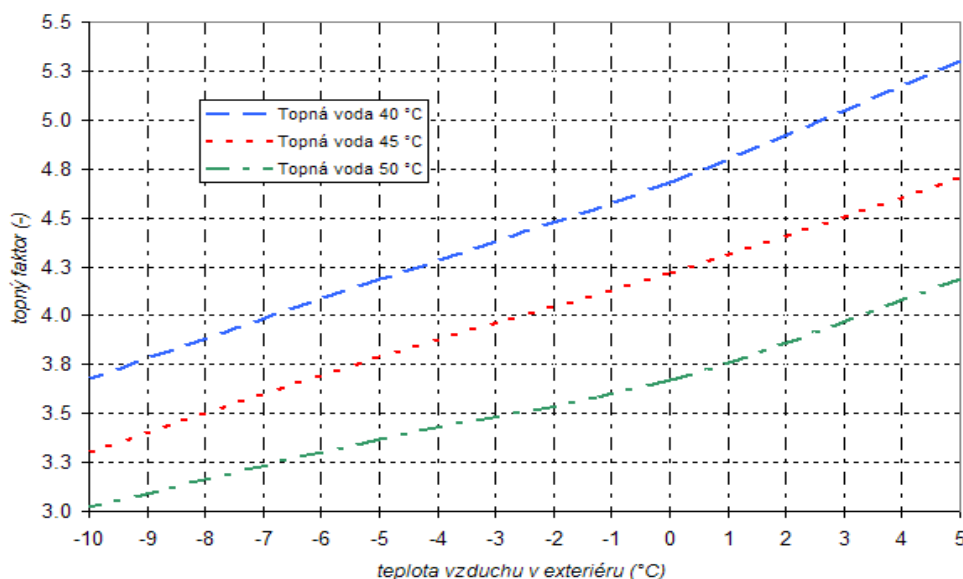
Q_{EL} - je elektrická energie potřebná pro pohon kompresoru [W]

Q_{IN} - je energie získaná ze zdroje tepla (např. vzduchu) [W]

T_{OUT} - je teplota na výstupu [K]

T_{IN} - je teplota zdroje tepla [K]

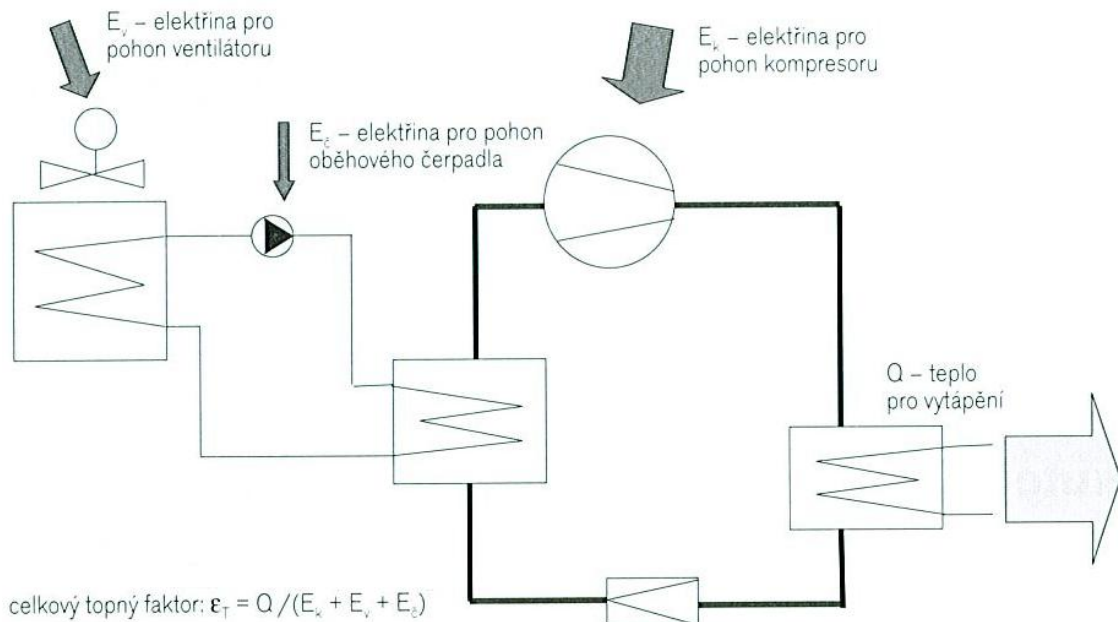
Hodnota tohoto čísla je vždy větší než jedna. Obvykle se pohybuje v rozmezí hodnot od 2 do 5. U velmi dobrých tepelných čerpadel je udáván topný faktor za ideálních podmínek až 7. Topný faktor ale není stále stejný. Mění se podle podmínek, ve kterých TČ pracuje, a to zejména podle teploty zdroje tepla a výstupní teploty. Teplota zdroje tepla se během roku mění. Nejvíce proměnlivá teplota zdroje je u TČ získávajících energii ze vzduchu. Mírně může kolísat i teplota na výstupu TČ. U nízkoteplotního vytápění se tato teplota pohybuje okolo 30 až 50 °C. Aby byl provoz TČ co nejlevnější, je výhodné používat zdroje s co nejvyšší teplotou a teplo dodávat do topných systémů s co nejnižší teplotou. Teoreticky lze ochlazovat cokoliv, co má vyšší teplotu než absolutní nula (-273,15 °C). V běžné praxi se teplota zdroje tepla průměrně pohybuje okolo 0 °C. [1]



Obr. 2.3 Graf závislosti topného faktoru na teplotě vody a teplotě zdroje tepla udávané výrobcem [18]

Skutečný topný faktor

Při provozu TČ v praxi musíme brát v úvahu nejenom spotřebu elektrické energie pro pohon kompresoru, ale také i pro oběhové čerpadlo a ventilátor. Oběhové čerpadlo má poměrně malou spotřebu elektrické energie (přibližně 100 až 300 kWh za rok), ale nemůžeme ji zanedbat. Ventilátor u TČ, využívající jako zdroj venkovní nebo vnitřní vzduch, spotřebovává ještě více energie než oběhové čerpadlo. Při započítání spotřeby energie těchto prvků se skutečný topný faktor může značně lišit od teoretického. [3]



Obr. 2.4 Celkový topný faktor [3]

3 HISTORICKÝ VÝVOJ TEPELNÝCH ČERPADEL

První myšlenku TČ formuloval roku 1852 lord Kelvin (William Thomson) a to tak, že obráceně fungujícího tepelného motoru lze použít nejen k chlazení, ale také k ohřívání. Poprvé TČ bylo použito v praxi pro vytápění budov až po 75 letech, a to v roce 1927, kdy T. Haldane použil TČ v Los Angeles s tepelným výkonem 1,4 MW k vytápění úřední budovy. Do této doby se TČ používala pouze k technologickým účelům. Dlouhá doba mezi první myšlenkou a realizací nebyla dána obtížností technického řešení, ale ekonomickou a provozní nevýhodou TČ v porovnání s ostatními zdroji tepla v době, kdy bylo dostatek levného paliva (uhlí, dřevo atd.). Výhodnost TČ se ukázala až za 2. světové války, kdy ve Švýcarsku, kam bylo veškeré palivo dováženo, došlo k rozmachu TČ a bylo vytvořeno několik zařízení (například k vytápění radnice v Curychu, k vytápění plaveckého bazénu současně s ochlazováním ledové plochy umělého kluziště a další).

Tato první vlna se projevila i u nás v poválečných letech díky nedostatku paliv a snaze úspory energie a paliv. Bylo postaveno mnoho TČ, která byla po ekonomické stránce více či méně úspěšná a byla určena například pro:

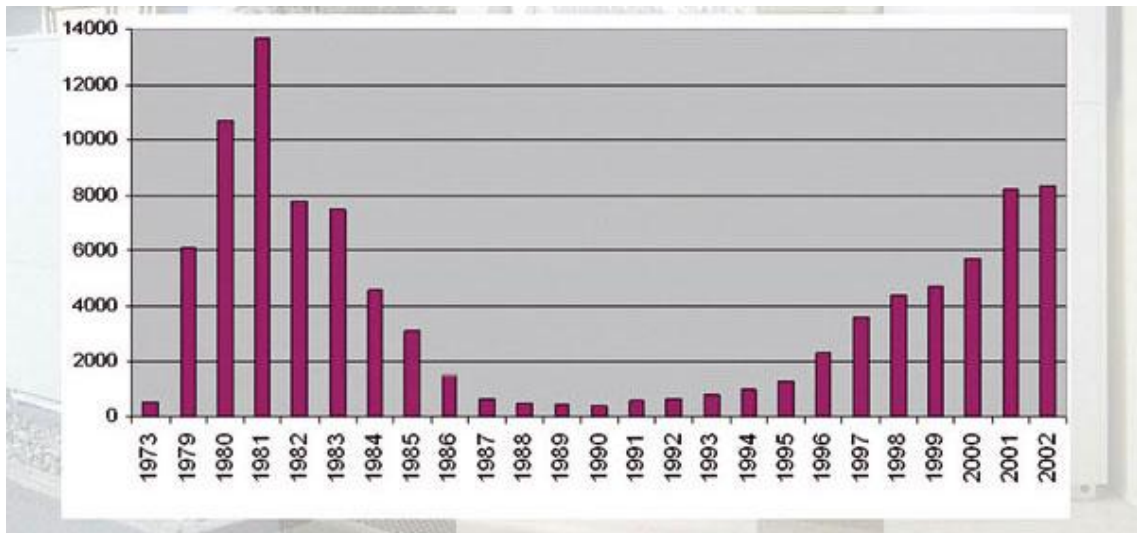
- vytápění prostorů hydroelektráren na přehradách Vážské kaskády (Sušany, Lipovec, Skalka)
- vytápění podzemních prostorů přehrady Lipno
- sušení při lití filmové emulze (Foma Hradec Králové)
- vytápění lázeňských budov ve Štubňanských Teplicích

Ze stejných důvodů jako v počátcích TČ, to znamená v období relativního dostatku a nízkých cen paliva a energie, se začalo od TČ jako samostatného zařízení pro vytápění obytných prostorů nebo technologických látek ustupovat. Uplatňovala se pouze při řešení složitých zařízení pro potravinářský, chemický a petrochemický průmysl v rámci hospodaření s tepelnou energií, včetně využití odpadního tepla.

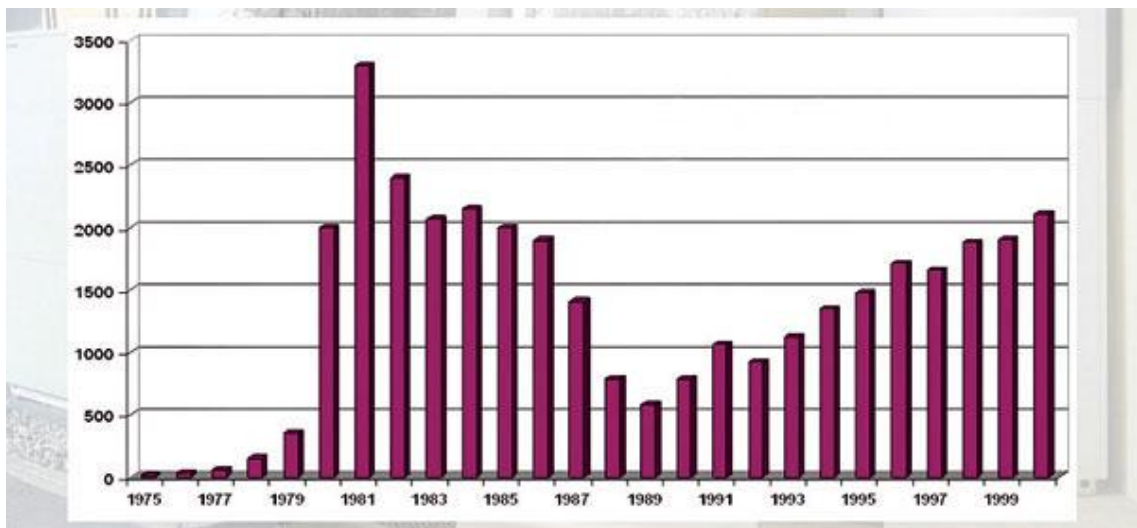
Další rozmach TČ, tentokrát v celosvětovém měřítku, přichází v období takzvané světové energetické krize, kdy jsou podmínky pro jejich použití daleko příznivější z hlediska dostupnosti a cen energie a paliva i z ekologických hledisek. O velikosti rozmachu svědčí počty instalovaných TČ v roce 1981. V Evropě to bylo přibližně 100 000 jednotek, v Japonsku okolo 500 000 jednotek a v USA dokonce 3 miliony. V této době dochází ke vzniku mnoha výrobců. Začínají se objevovat nová konstrukční řešení a zlepšuje se hospodárnost a spolehlivost TČ.

U nás v první polovině 80. let 20. století dochází k prvním rozsáhlejším pokusům o využití TČ, hlavně ze zahraničního dovozu pro vytápění domácností. Od poloviny 80. let začíná vznikat první tuzemská výroba často s pozoruhodnými výkony TČ. Od počátku 90. let v naší zemi nastává výrazný rozvoj využívání TČ. [5]

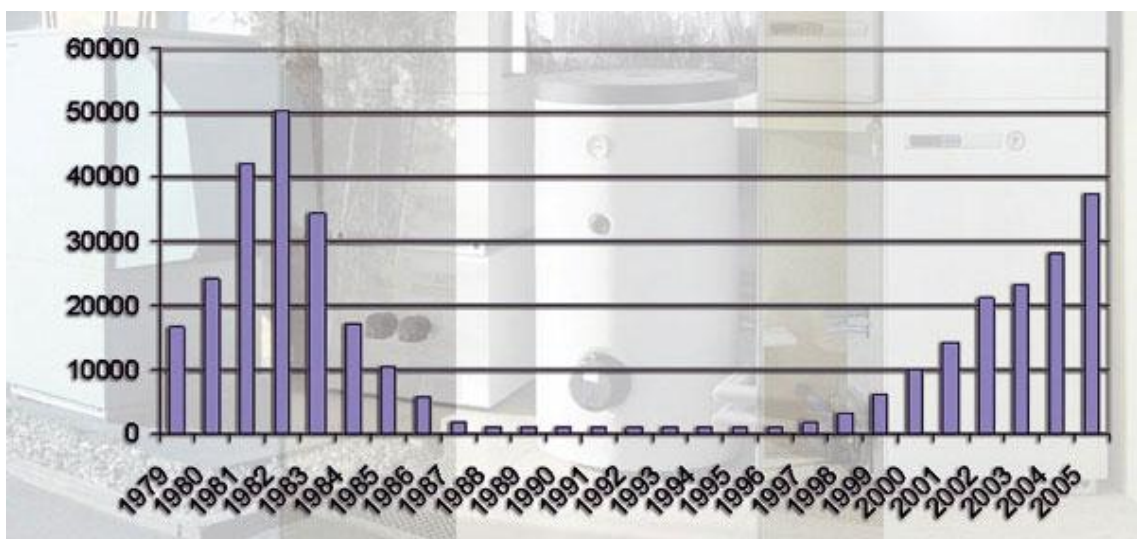
Na obrázcích 3.1, 3.2 a 3.3 je znázorněn vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v některých evropských zemích. Z obrázků je patrné, že vývoj je poměrně podobný.



Obr. 3.1 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v Německu [14]



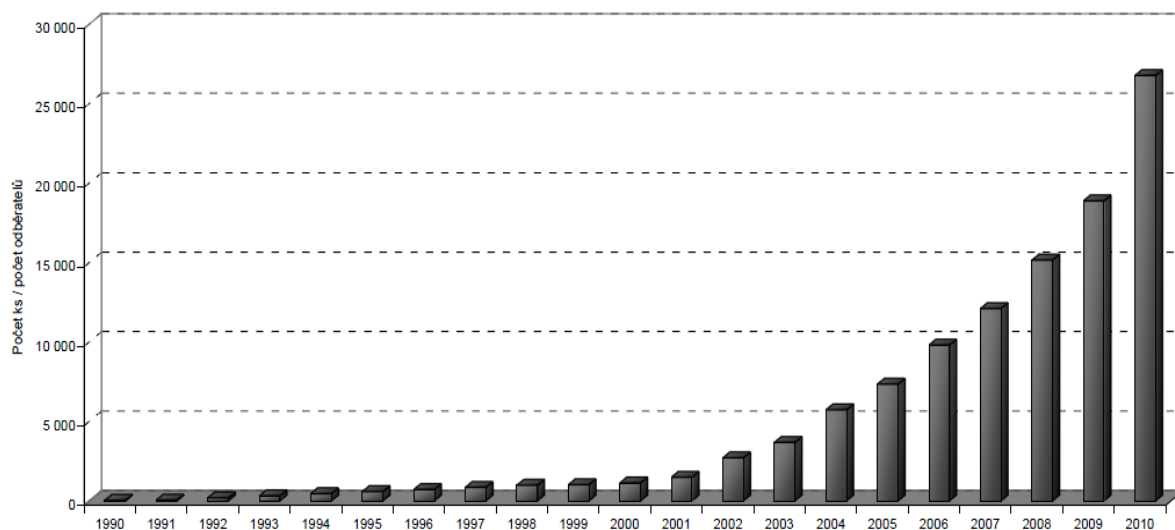
Obr. 3.2 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v Rakousku [14]



Obr 3.3 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel ve Francii [14]

Rychlý rozvoj a nárůst instalací TČ v 80. letech v důsledku energetické krize je vystřídán stejně strmým poklesem a následnou stagnací na více než deset let. Příčinou tohoto propadu je zejména nedokonalost zařízení, jejichž výroba se velmi rychle zvyšovala, aniž by po technologické stránce byla dostatečně propracovaná a vyladěná, to mělo za následek častý výskyt poruch v porovnání s jinými typy zdrojů tepla. Také z ekonomického hlediska nesplnila TČ předpokládaná očekávání. Dalším důvodem byla nedostatečná připravenost montážních firem na to, že pro instalaci TČ jsou zcela jiné požadavky oproti tehdy používaným běžným kotlům. Tyto negativní důvody měly za následek ztrátu důvěry v toto zařízení. Trvalo značnou dobu, než byla důvěra opět obnovena. Opětovný zájem souvisel s větší ochranou životního prostředí.

Skutečný rozvoj instalací TČ v České republice nastal prakticky až po roce 2000. V tomto roce také vzniká Asociace pro využití TČ v České republice, která se zároveň stává zakládajícím členem Evropské asociace TČ (EHPA) se sídlem v Bruselu. Do této doby počet instalovaných TČ byl poměrně nízký. Ceny energií v této době byly relativně nízké a návratnost investice většinou přesahovala dobu životnosti. Po roce 2000 se nárůst cen energií začíná rychlým tempem zvyšovat, což má za následek větší zájem o TČ. Tehdy také byly vytvořeny sazby pro domácnosti s TČ (označované zkratkou D55), která se vyznačovala tím, že po dobu 22 hodin spotřebovaná elektrická energie byla za nižší cenu, a to nejen pro TČ, ale i pro spotřebu elektrické energie pro celou domácnost. Společně se zvýhodněnou sazbou byl výhodný měsíční poplatek za přípojné místo v úrovni přibližně 1/3 ceny oproti "přímotopné sazbě". Dále přispělo k zájmu o TČ zavedení dotací na instalaci. Dotace byly poskytovány Státním fondem životního prostředí. V počátku bylo možné získat dotaci až do výše 30 % celkových nákladů na instalaci TČ, při splnění určitých podmínek, jako například celoroční využití pro ohřev užitkové vody a vytápění. S přibývajícími žádostmi se postupně podmínky pro udělení dotace zpříšňovaly, což vedlo ke zvyšování počátečních investic. V některých případech došlo při navýšení ceny k tomu, že získání dotace přestalo být výhodné. Navíc od 1. 4. 2006 zvýhodněná sazba D55 byla převedena na sazbu D56, která byla značně znevýhodněna oproti původní. Z těchto důvodů se očekávalo snížení zájmu o TČ, ale nestalo se tak. Jak můžeme vidět na obrázku 3.4, zájem o TČ se každoročně zvyšuje. [14]



Obr 3.4 Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR [16]

Statistika prodeje TČ v ČR pro rok 2010

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) zpracovalo v květnu roku 2011 statistické šetření, které mělo zpřesnit odhad instalací TČ v České republice pro rok 2010. Pro rok 2011 doposud nebyly zveřejněny žádné informace o počtu instalací TČ. Na český trh v roce 2010 bylo dodáno dotázanými firmami, které zaujímají přibližně 72 % prodeje v České republice 4 726 TČ. Pro zbylých 28 % bylo vypočteno přibližně 1 838 TČ. Dopočet za firmy, které se šetření nezúčastnily, byl proveden na základě porovnání s daty o přiznaných podporách ze SFŽP (Státní fond životního prostředí). [16]

Tab. 3.1 Dodávka TČ na trh podle typu (vybrané firmy) [16]

| | Počet | Podíl [%] | Tepelný výkon [kW] | Podíl [%] | Průměrný výkon [kW] |
|----------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|
| VZDUCH -VZDUCH | 118 | 2,50 | 621 | 1,05 | 5,3 |
| VZDUCH - VODA | 3 009 | 63,67 | 37 352 | 63,35 | 12,4 |
| ZEMĚ - VODA | 1 536 | 32,50 | 19 346 | 32,81 | 12,6 |
| VODA - VODA | 53 | 1,12 | 1 625 | 2,76 | 30,7 |
| Jiné | 10 | 0,21 | 17 | 0,03 | 1,7 |
| Celkem | 4726 | 100 | 58 961 | 100 | 12,5 |

Tepelný výkon v tabulce se uvádí při následujících podmínkách:

VZDUCH -VZDUCH 7 °C / 20 °C

VZDUCH - VODA 7 °C / 35 °C

ZEMĚ - VODA 0 °C / 35 °C

VODA - VODA 10 °C / 35 °C

U TČ VZDUCH -VZDUCH jsou v tabulce zahrnuty pouze takové jednotky, které byly určeny pouze primárně k vytápění. Kategorie jiná obsahuje typ TČ VZDUCH – VODA, která získávají energii z odpadního vzduchu.

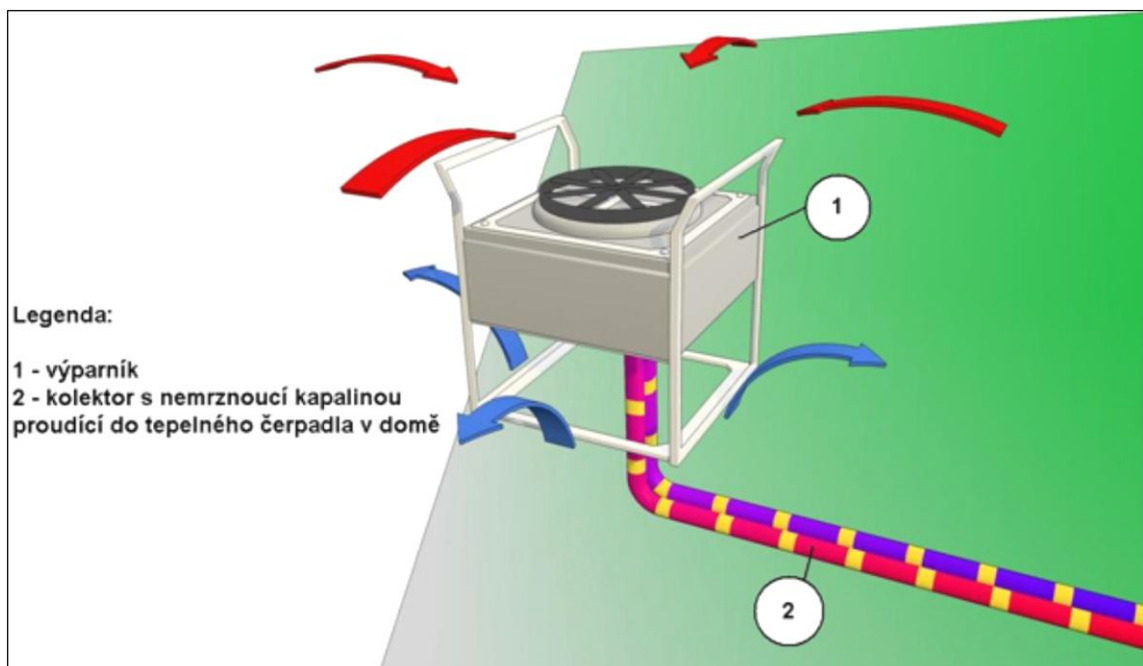
4 ROZDĚLENÍ TČ PODLE ZDROJE TEPLA

4.1 Tepelná čerpadla VZDUCH - VODA

Tepelná čerpadla VZDUCH - VODA využívají jako zdroj tepla okolní vzduch nebo také odpadní vzduch. Patří k nejpoužívanějším tepelným čerpadlům. Vyznačují se zejména příznivou cenou oproti ostatním typům, dále snadnou instalací a univerzálním použitím nejenom pro vytápění a celoroční přípravu teplé vody, ale například pro ohřev vody v bazénu. TČ VZDUCH - VODA jsou použitelná skoro pro všechny typy objektů. Z hlediska otopné soustavy jsou vhodná pro radiátory, stěnové vytápění nebo podlahové vytápění. TČ tohoto druhu se vyrábí v několika provedení.

TČ VZDUCH - VODA Split systém

První typ je dvoudílná konstrukce, nazývaná Split. Tento systém se skládá z venkovní jednotky, která je tvořena kompresorem, výparníkem a ventilátorem. V některých případech je kompresor umístěn ve vnitřní jednotce. Venkovní část nasává okolní vzduch. Nejčastěji se umísťuje na jižní stranu budovy, někdy také na střechu. Umístění musí zajistit volné proudění vzduchu přes výparník. Dále musí být umožněn odvod vody kondenzující nebo vymrzající na výparníku. Proudění vzduchu přes výparník zajišťuje ventilátor. Pro zvýšení výkonu přestupu tepla se může zapojit více ventilátorů, samozřejmě s ohledem na jejich spotřebu energie. Nedílným efektem pracujícího TČ je hluk kompresoru a ventilátoru, který by měl být na únosné hranici. Hluk je další omezení pro umístění. TČ se musí umístit na místo, kde tento hluk vadí nejméně. Vnější část je vyrobena z materiálů, které dobře odolávají venkovním podmínkám. [7]



Obr. 4.1 Venkovní jednotka TČ systému split [10]

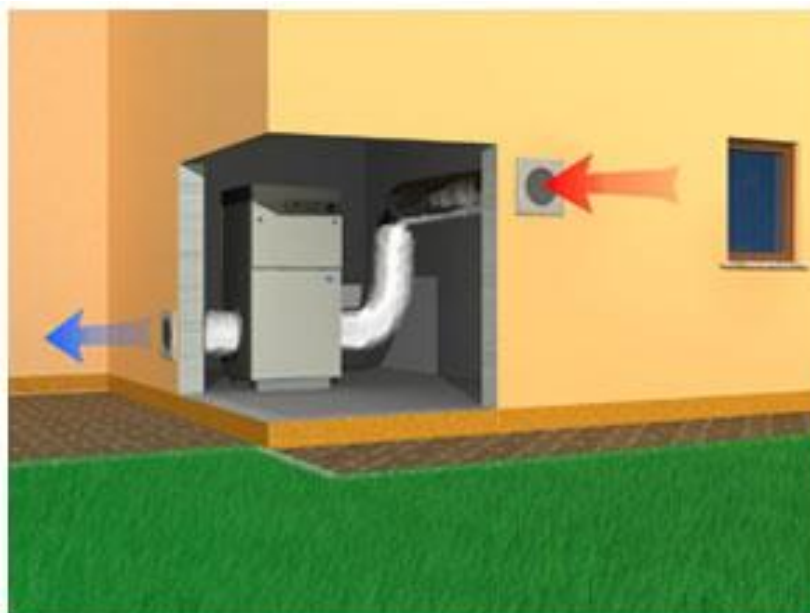
Vnitřní jednotka TČ je umístěna uvnitř budovy. Je tvořena kondenzátorem, který ohřívá vodu, řídicím systémem, ovládacím panelem, kompresorem podle druhu provedení TČ a dalšími funkčními součástmi TČ. Vnitřní jednotka se umísťuje do vhodného vnitřního prostoru mimo obytných prostor. Vnitřní část je osazena hrdly pro spojení s otopnou soustavou a pro spojení s venkovní jednotkou. Skříň vnitřní části je velmi dobře akusticky izolována. [7]



Obr. 4.2 Tepelné čerpadlo vzduch - voda BARX EVO A - vnitřní jednotka [11]

TČ VZDUCH - VODA kompaktní vnitřní provedení

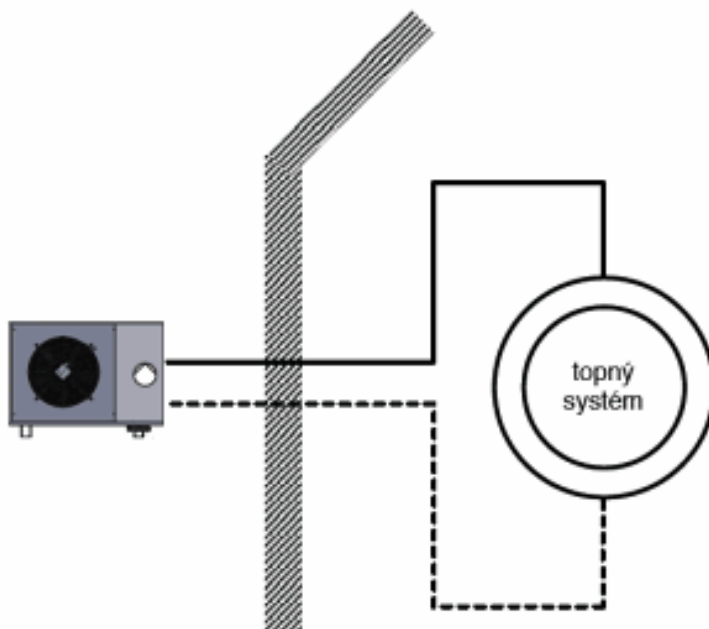
TČ je v tomto případě umístěno kompletně uvnitř budovy, v technické místnosti. S venkovním prostředím se propojuje akusticky a tepelně izolovaným vzduchotechnickým potrubím zakončenými speciálními krycími mřížkami, osazenými do obvodové stěny objektu. Nejvhodnějším umístěním tohoto TČ je rohová část budovy, kdy z jedné strany přivádíme vzduch na výparník, a po odebrání tepla ochlazený vzduch se odvádí druhou stěnou ven. Takto se zabrání zpětnému nasávání ochlazeného vzduchu na výparník. Množství protékajícího vzduchu činí řádově tisíce m³/h. Vzduch protékající tepelným čerpadlem vytváří určitou úroveň hluku, proto je třeba brát ohled na umístění, aby hluk nerušil obyvatele budovy ani sousedy. Velkou výhodou tohoto typu je, že odpadají z větší části specializované montážní práce, které tvoří značnou část pořizovacích nákladů. [7]



Obr. 4.3 Tepelné čerpadlo vzduch kompaktní vnitřní provedení [7]

TČ VZDUCH - VODA kompaktní provedení venkovní

Celé tepelné čerpadlo je umístěno ve venkovním prostoru. S otopnou soustavou je propojeno izolovaným potrubím, ve kterém proudí topná voda. Velkou výhodou tohoto typu je, že nezabírá žádný vnitřní prostor.



Obr. 4.4 Schéma TČ kompaktní venkovní provedení [12]

Ventilační tepelná čerpadla

Jestliže je budova vybavena nuceným větráním strojním, například pomocí ventilátorů, lze tento ohřátý vzduch využít tepelným čerpadlem. Ohřev větracího vzduchu tvoří jednu třetinu až polovinu celkové spotřeby tepla na vytápění domu. Vnitřní vzduch má vždy relativně vysokou teplotu (17-25 °C), proto TČ může pracovat velmi efektivně. TČ odsává vzduch pomocí vzduchotechnických vedení, a to z místností jako například z koupelny, kuchyně (vzduchotechnické vedení nesmí být napojeno na kuchyňský odsávač par), z technických místností a toalety. Ventilace může probíhat dvěma způsoby. První způsob je pouze odsáváním spotřebovaného vzduchu a druhý způsob je kombinace odsávání vzduchu a přehřevu přívodního vzduchu. Teplo získané z vnitřního vzduchu může být použito na ohřev topné vody nebo pro ohřev vzduchu v případě vytápění objektu teplotovzdušně.

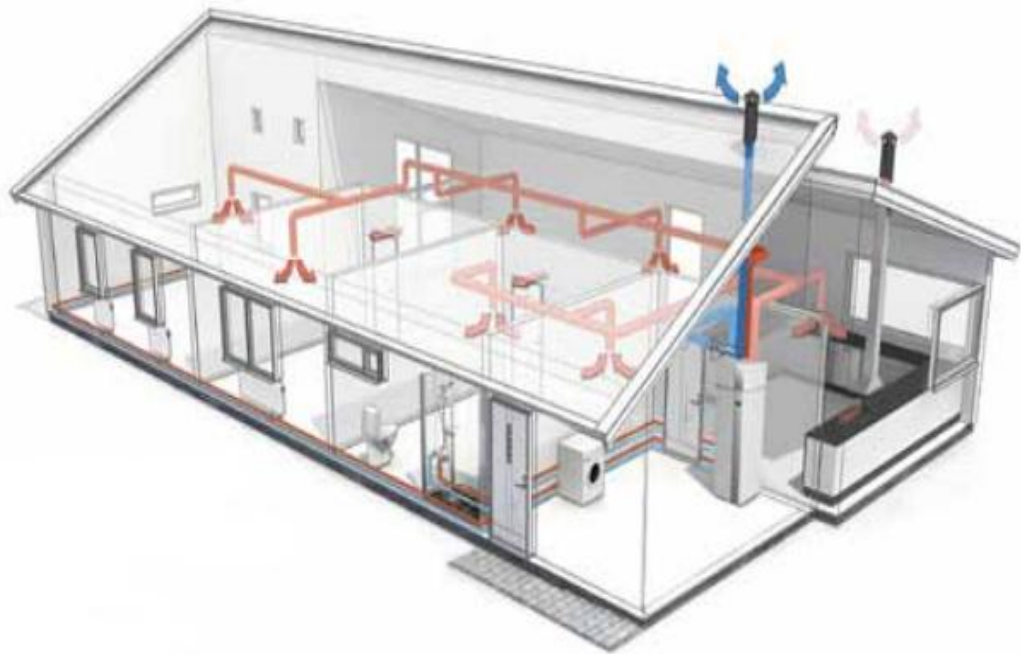
Největší nevýhodou tohoto typu vytápění je omezené množství větracího vzduchu. TČ proto není vždy schopno pokrýt celou spotřebu tepla a musí se použít další zdroj pro vytápění a ohřev užitkové vody.

V tomto případě se vzduch v budově vede z místností se stěnovými ventily pro přívod venkovního vzduchu do místností s ventily odsávající vnitřní vzduch. [13]



Obr. 4.5 Dům se systémem využívající ventilační tepelné čerpadlo [13]

Druhý případ je určen pro budovy, kde je část dodávky tepla zajišťováno přehřátým přívodním vzduchem. Vzduch v domě je veden z místností s ventily přivádějící přehřátý vzduch do místností s ventily odsávající vnitřní vzduch. [13]



Obr. 4.6 Dům se systémem využívající ventilaci tepelné čerpadlo s předehřevem vzduch [13]

4.2 Tepelná čerpadla ZEMĚ - VODA

Tento typ TČ využívá jako zdroj nízkopotenciálního tepla tepelnou energii nahromaděnou v půdě. Toto teplo lze získávat dvěma způsoby. První způsob získávání tepla z půdy je hloubkový vrt. V tomto případě je TČ instalováno v blízkosti místa, kde jsou provedeny hloubkové vrty do hloubky okolo 50 - 150 m a průměru okolo 150 mm, ze kterých je získáváno geotermální teplo. Tyto šachty musí být umístěny v dostatečné vzdálenosti od sebe, aby každý vrt čerpal tepelnou energii z jiného místa půdy. Ve vrtu jsou umístěny měděné nebo plastové sondy. Pro lepší vodivost tepla je vrt vyplněný suspenzí cementu a bentonitu. V takovýchto hloubkách teplota v zimním období je vyšší než teplota venkovního vzduchu a příliš se nemění. Přibližně každých 30 m hloubky roste teplota o 1 °C, proto je výhodnější vrtat jeden hloubkový vrt než několik menších. Pro 1 kW tepelného výkonu je potřeba přibližně 15 m hloubky vrtu. Záleží též na geotermálních podmínkách vrtaného materiálu. [3]

Výhody TČ ZEMĚ - VODA vrt

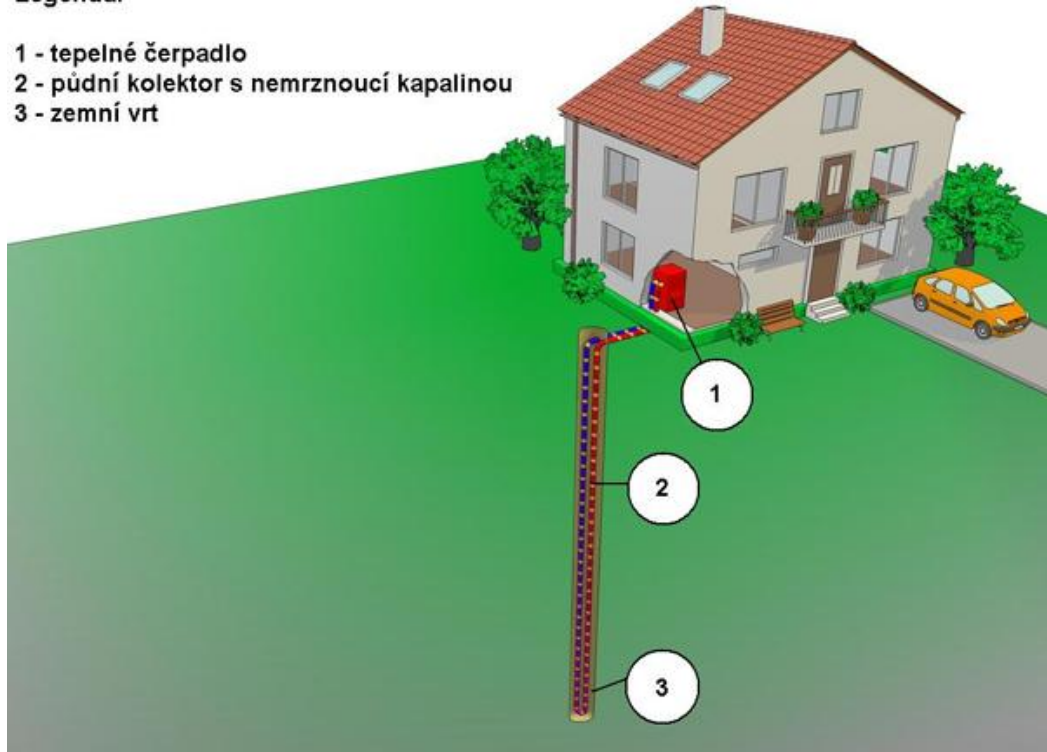
- stabilní výkon, který nezávisí na teplotě venkovního vzduchu
- dosahují daleko vyšších topných faktorů v porovnání s TČ VZDUCH - VODA
- spotřeba energie je přibližně o 30 % nižší než u TČ odebírajících teplo ze vzduchu
- nejdelší životnost ze všech typů TČ
- naprosto tichý chod oproti TČ VZDUCH - VODA
- není zapotřebí bivalentní zdroj
- vrt lze využít pro levné chlazení domu v letním období, jedná se o pasivní chlazení, při kterém se využívá pouze vrt a nikoliv TČ

Nevýhody TČ ZEMĚ - VODA vrt

- daleko vyšší pořizovací cena v porovnání s TČ VZDUCH – VODA, přibližně od 330tis. Kč (závisí na typu podloží) pro rodinný dům s tepelnou ztrátou cca 12 KW
- nutné povolení vodohospodářského ústavu (může dojít ke kontaminaci spodních vod nebo ztrátě pramenů ve studnách poblíž vrtu)
- velký stavební zásah u domu při hloubení vrtu
- při nevhodně dimenzovaném vrtu možnost „vychlazení zeminy“

Legenda:

- 1 - tepelné čerpadlo
- 2 - půdní kolektor s nemrznoucí kapalinou
- 3 - zemní vrt



Obr. 4.7 TČ ZEMĚ - VODA hloubkový vrt [19]

Dalším řešením systému ZEMĚ - VODA získávání tepelné energie je plošný kolektor. Plošné kolektory odebírají teplo z povrchové vrstvy země. Trubky vyrobené z polyetylenu s nemrznoucí směsí se ukládají do hloubky okolo 1 až 2 metru v dostatečné vzdálenosti od základů, aby nedocházelo k jejich promrzání. Hloubka musí být dostatečně velká, aby nedocházelo v zimě k zamrznání půdy kolem kolektorů, ale nesmí být příliš velká, aby se k nim dostala dešťová voda, která je nositelem tepla, a aby se v letním období půda dostatečně prohřála až do hloubky kolektorů. Trubky půdního kolektoru se ukládají nejméně 0,6 metru od sebe v ideálním případě 1 metr. Délka jednotlivých okruhů by měla dosahovat do 200 metrů a okruhy by měly být stejně dlouhé. Velikost plochy, ze které se získává teplo, by měla být přibližně trojnásobkem až čtyřnásobkem plochy vytápěné. Zemní kolektor přibližně dosahuje výkonu okolo 20 až 25 W/m². [3]

Výhody TČ ZEMĚ - VODA plošný kolektor

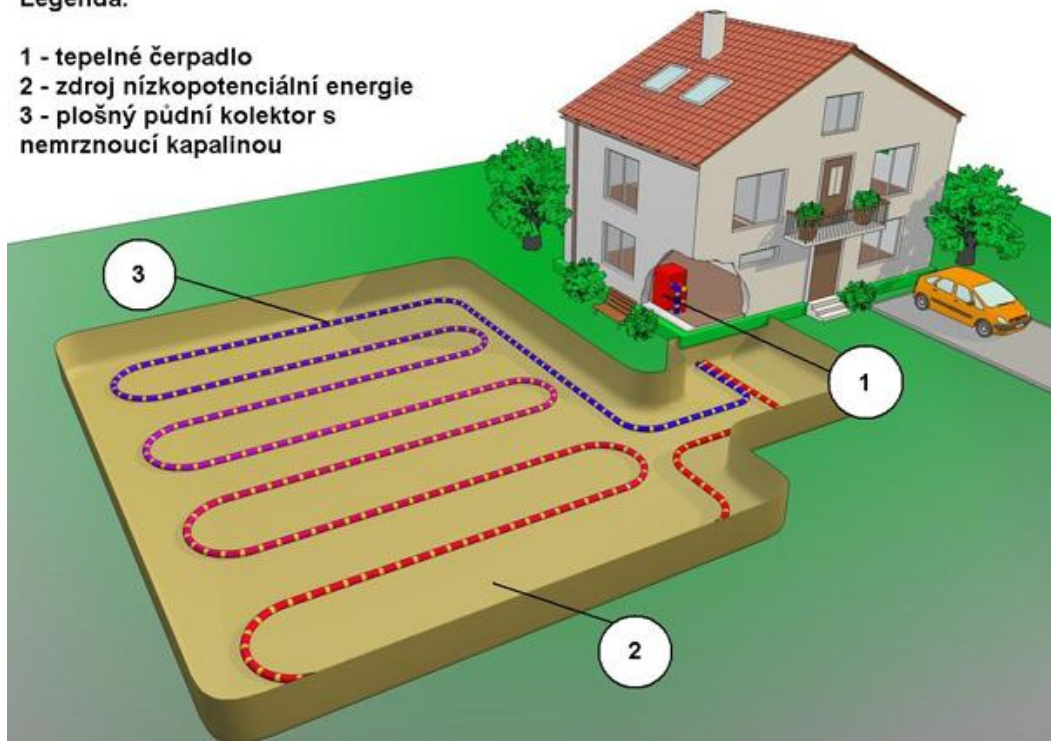
- nízké investiční náklady, které jsou téměř stejně velké jako u tepelných TČ odebírajících teplo ze vzduchu
- spotřeba elektrické energie je přibližně o jednu třetinu nižší než u TČ odebírajících teplo ze vzduchu
- stabilní výkon málo závislý na venkovní teplotě
- tichý chod TČ
- dlouhá životnost

Nevýhody TČ ZEMĚ - VODA plošný kolektor

- potřeba dostatečně velkého pozemku obvykle 200 až 400 m²
- zemina musí umožňovat provedení výkopu do potřebné hloubky
- omezení zastavění pozemku (nad kolektorem ani v jeho těsné blízkosti nelze stavět stavby se základy, není vhodné nad ně umístit bazén, skleník a podobně)

Legenda:

- 1 - tepelné čerpadlo
- 2 - zdroj nízkopotenciální energie
- 3 - plošný půdní kolektor s nemrznoucí kapalinou



Obr. 4.8 TČ ZEMĚ - VODA plošný kolektor [19]

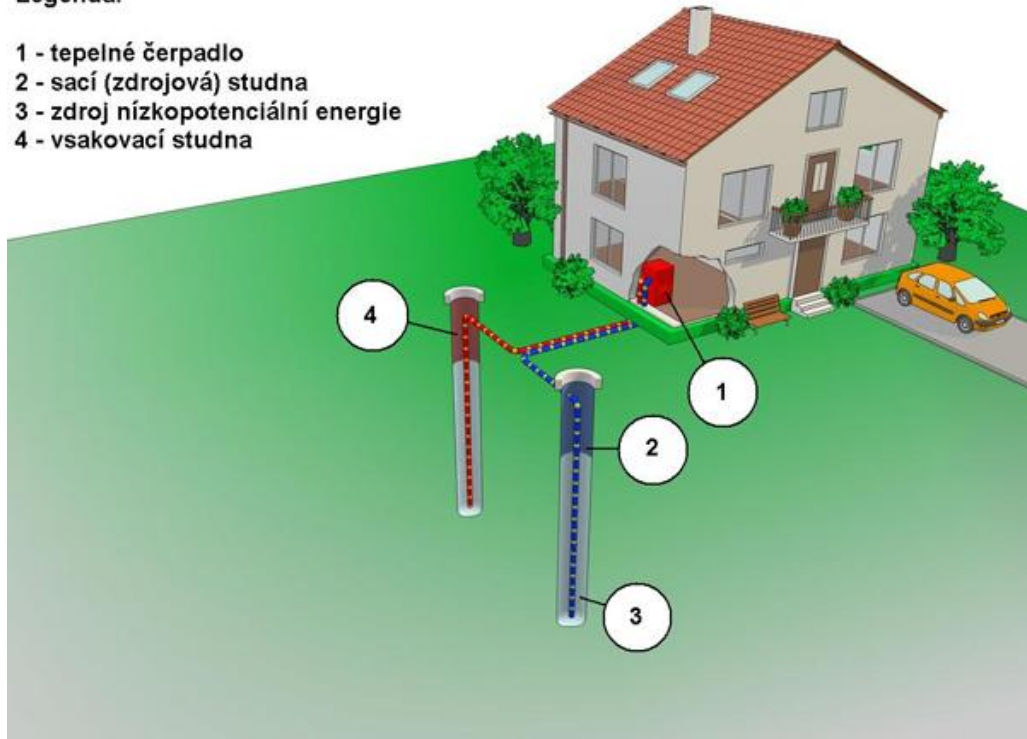
4.3 Tepelná čerpadla VODA- VODA

Další možností získávání tepla je z vody, a to dvěma způsoby - z podzemní a povrchové vody. V České republice je tento systém méně obvyklý kvůli špatně dosažitelným potřebným podmínkám, jako například potřeba velkého množství vody a potíže spojené se získáním povolení.

První způsob je využití spodní vody. Odběr tepla ze spodní vody patří k nejkomplicovanějším systémům. Na jedné straně se nabízí zdroj tepla s relativně vysokou teplotou kolem 7-12 °C, na druhou stranu je toto řešení spojeno s určitými problémy. Nejdůležitějším parametrem je dostatečné množství vody. Přibližně 180 l/h na 1 kW výkonu TČ. Tento parametr se ověřuje zkouškou, kdy se nepřetržitě po dobu minimálně 28 dní čerpá ze studny voda v požadovaném množství. Také se musí provést zkouška vsakování do předem zhotovené vsakovací studny. Další podmínkou je čistota vody. Voda nesmí obsahovat žádné mechanické nečistoty, jako kaly a písky, které by mohly zanášet filtry a výměník TČ. [3]

Legenda:

- 1 - tepelné čerpadlo
- 2 - sací (zdrojová) studna
- 3 - zdroj nízkopotenciální energie
- 4 - vsakovací studna



Obr. 4.7 TČ VODA - VODA studny [19]

Dalším řešením jsou plošné kolektory získávající teplo z povrchové vodní plochy jako například rybník, řeka nebo přehrada. Kolektory se ukládají na dno, protože voda má největší hustotu při 4 °C, drží se u dna a má stabilní teplotu. Pro rozložení kolektorů je potřeba plocha 150 až 350 m². [3]

Výhody TČ VODA - VODA

- systémy VODA - VODA dosahují nejvyšších topných faktorů
- nižší investiční náklady v porovnání s TČ ZEMĚ - VODA
- stabilní výkon takřka nezávislý na venkovní teplotě

Nevýhody TČ VODA - VODA

- využití je možné pouze v lokalitách, kde je dostatek spodní vody nebo vhodný zdroj vody
- TČ VODA - VODA vyžadují pravidelnou údržbu filtrů a výměníků
- vyšší náklady na servis
- nutné povolení vodohospodářského úřadu

4.4 Tepelná čerpadla VZDUCH- VZDUCH

TČ VZDUCH - VZDUCH pracuje na stejném principu jako TČ VZDUCH - VODA, jediný rozdíl je, že získané teplo se používá k ohřevu vzduchu uvnitř vytápěné budovy. Většinou se prodávají malá TČ, která fungují podobně jako krb. Vytápí jednu místnost, ale teplo se šíří přirozeně do okolních místností. Díky tomu, že TČ ohřívá přímo vzduch v místnosti a ne pomocí topného systému, dosahují tyto TČ lepších topných faktorů než TČ VZDUCH - VODA nebo ZEMĚ - VODA. Jsou vhodná například pro chaty, dají se použít i pro vytápění malého bytu, ale musí se brát v potaz, že je vytápěna pouze místnost, kde je umístěno TČ a do okolních místností se zavřenými dveřmi se teplo dostává obtížněji. [15]

Výhody TČ VZDUCH - VZDUCH

- tento systém se vyznačuje velmi jednoduchou a rychlou instalací
- pořizovací cena je velmi nízká v porovnání s ostatními typy TČ
- kromě topení, má tento typ TČ i funkci klimatizace a odvlhčování
- možnost vestavěného plasmaclusterového filtru a ionizátoru vzduchu, který vyčistí vzduch v místnosti od virů, alergenů a dalších škodlivin

Výhody TČ VZDUCH - VZDUCH

- není vhodný pro budovy s větším počtem malých místností
- ve většině případů má tento systém pouze jednu vnitřní jednotku
- nelze ohřívat teplou vodu



Obr. 4.8 TČ VZDUCH - VZDUCH [20]

4.5 Porovnání tepelných čerpadel VZDUCH -VODA

Pro porovnání byly zvoleny TČ podobných výkonů od různých výrobců. Většina velkých a kvalitních firem udávají výkonové charakteristiky dle normy EN 14511. Často se na trhu objevují výrobci s velmi vysokými topnými faktory, ale tyto naměřené hodnoty bývají měřeny v nereálných podmínkách. Nejčastěji se uvádí výkonové charakteristiky pro A7/W35, A2/W35, A-7/W35, A2/W50 a jiné, kde písmeno určuje teplotou látku A-vzduch a W-voda. Číslice udává teplotu látky v °C. V některých případech jsou výkonové charakteristiky vyjádřeny pomocí grafu. Při porovnávání TČ od různých výrobců často vzniká problém s tím, že výkonové charakteristiky jsou udávány pro rozdílné podmínky například pro A7/W35 a jiný výrobce pro A2/W50.

Tab. 4.1 Porovnání tepelných čerpadel od různých výrobců

| Typ tepelného čerpadla | ACOND 8(G2) | PZP HP3AW-8SE | HOTJET 8 ASK | TnG-Air HC1000Si |
|----------------------------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| <u>A7 / W35</u> | | | | |
| Tepelný výkon [kW] | 8,7 | 9,3 | 8,8 | 8,9 |
| Příkon [kW] | 1,9 | 2,5 | 2 | 2,26 |
| Topný faktor (COP) | 4,51 | 3,8 | 4,4 | 3,94 |
| <u>A2 / W35</u> | | | | |
| Tepelný výkon [kW] | 8,1 | 8,3 | 7,6 | 8,2 |
| Příkon [kW] | 2,1 | 2,4 | 2 | 2,21 |
| Topný faktor (COP) | 3,8 | 3,5 | 3,8 | 3,71 |
| <u>A-7 / W35</u> | | | | |
| Tepelný výkon [kW] | 6,3 | 6,6 | 6 | 6,89 |
| Příkon [kW] | 2,1 | 2,2 | 2,05 | 2,1 |
| Topný faktor (COP) | 3,05 | 3,0 | 2,93 | 3,28 |
| Max. teplota výstupní vody | 55 °C | 58 °C | 55 °C | 55 °C |
| Rozsah teplot zdroje tepla | -20 /+35 °C | -25 /+35 °C | -20/35 °C | -15/43 °C |
| Elektrické napájení [V/Hz] | 3x400 / 50 | 3x400 / 50 | 3x400 / 50 | 3x400 / 50 |

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že s klesající teplotou zdroje klesá i topný faktor. Výstupní teplota 35 °C je spíše vhodná pro velkoplošné vytápění (podlahové, stěnové, stropní). V případě vytápění pomocí radiátorů je teplota vyšší a s rostoucí výstupní teplotou opět klesá topný faktor.

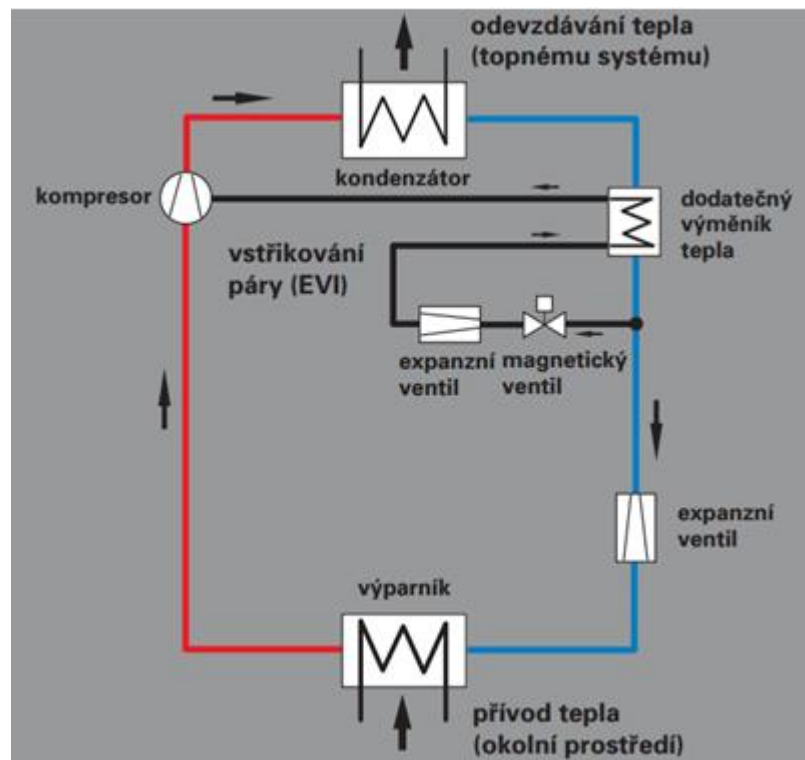
Topný faktor z porovnávaných TČ je skoro ve všech případech nejvyšší u TČ ACOND 8(G2). Maximální výstupní teplota vody a rozsah teplot zdroje tepla je přibližně u všech typů stejný.

5 OBĚHY SOUČASNÝCH TČ VZDUCH - VODA

5.1 Technologie EVI

Vyšších výstupních teplot lze dosáhnout modifikovaným jednostupňovým okruhem se vstřikováním páry. Tato technologie je označována zkratkou EVI z anglického Enhanced Vapour Injection (zdokonalené vstřikování páry). Jeho funkce je taková, že v případě potřeby je za kondenzátor odvedeno malé množství chladiva, prostřednictvím magnetického ventilu. Tomuto tekutému chladivu se zredukuje tlak na tlak vstřikovací a odpaří se v dodatečném výparníku. Z tohoto výparníku se chladivo, které je v plynném stavu, dostane do kompresoru.

TČ s technologií EVI pracuje stejně jako běžné TČ, až při potřebě vyšších výstupních teplot se zapne vstřikování par. Toto následně umožní dosáhnout výstupní teploty až 65 °C, a to i při nízkých venkovních teplotách. Další výhodou je nižší pokles tepelného výkonu a topného faktoru při klesající teplotě zdroje tepla. [34]

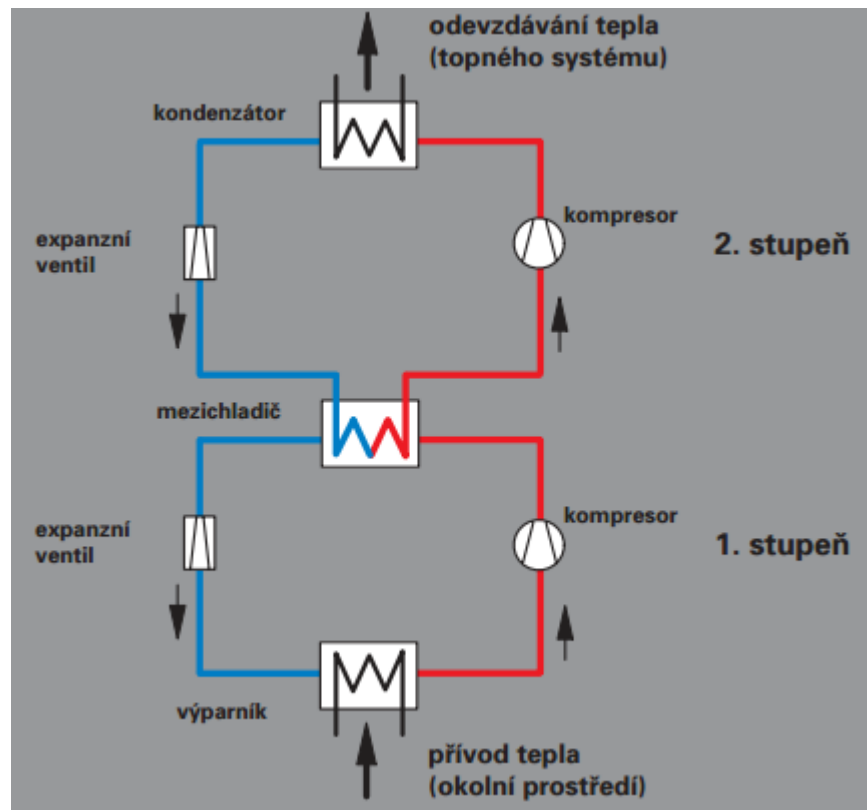


Obr. 5.1 Schéma TČ s cyklem EVI [34]

5.2 Dvoustupňová komprese

Pro dosažení vyšších výstupních teplot u TČ se používá takzvaná dvoustupňová komprese. Dvě TČ se spojí prostřednictvím výměníku tepla. Tento výměník u prvního stupně je jako kondenzátor a současně výparník u druhého stupně. První stupeň přímá teplo ze zdroje tepla a následně toto teplo předává druhému stupni, který ho odevzdá do topného systému. Každý okruh většinou obsahuje rozdílný typ chladiva, proto musí být oba dva stupně neustále v provozu. První stupeň dokáže pouze odebírat teplo z okolí a druhý stupeň je určen pro odevzdávání tepla do topného systému.

První TČ se většinou nachází ve venkovní jednotce a je zdrojem středně vysokých teplot a druhé TČ je umístěno ve vnitřní jednotce, které dohřívá vodu až na teplotu 80 °C. Vzdálenost mezi vnitřní a venkovní jednotkou může být až 100 m a převýšení může dosahovat až 40 m. [34]



Obr. 5.2 Schéma TČ s dvoustupňovou kompresí [34]

6 ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI TEPELNÉHO ČERPAPLA

6.1 Kompresory

Kompresor v TČ je určen ke stlačování par chladiva, které vznikají ve výparníku. Při stlačování par dochází k velkému nárůstu teploty. Tyto páry jsou vedeny do kondenzátoru, kde zkapalní, a tím předávají teplo topné vodě.

Jedním z nejdůležitějších parametrů kompresoru je sací výkon. Vyjadřuje objem nasávaných par vůči tlaku v sacím hrdle. Obvykle se udává m^3/hod přečerpaného plynu. Tlaky v sacím a výtlačném potrubí se většinou pohybují u sacího tlaku okolo 0,1 až 2,5 MPa a výtlač od 0,5 až 2,5 MPa. Tlak je nejvíce závislý na pracovních podmínkách a typu chladiva. V kompresoru jsou vestavěny ochranné prvky - nejčastěji přetlakové ventily, které zabrání nárůstu tlaku, protože samotné kompresory jsou schopny dosahovat tlaků přes 3 MPa. Poměr výtlačného a sacího tlaku se nazývá kompresní poměr. Teploty par, které jsou nasávány kompresorem, se pohybují v rozmezí od $-20\text{ }^\circ\text{C}$ do $+10\text{ }^\circ\text{C}$ a páry vytlačené kompresorem v rozmezí $60\text{ }^\circ\text{C}$ až $100\text{ }^\circ\text{C}$. [1]

Rozdělení kompresorů podle provedení:

Hermetické kompresory

Hermetické kompresory mají ve společné nádobě na jedné hřídeli uzavřen kompresor i elektromotor. Olejová náplň je také společná. Ven vede pouze výtlačné a sací potrubí. Velkou výhodou toho kompresoru je naprostá těsnost, takže nedochází k nežádoucímu úniku chladiva. V praxi toto provedení je nejvíce používané zejména pro nižší výkony. [1]

Polohermetické kompresory

Polohermetické kompresory mají na společné hřídeli elektromotor i kompresor a jsou umístěny v hermetické skříni, takže mezi sebou nepotřebují žádné těsnění. Na rozdíl od hermetických kompresorů je přístupný elektromotor, kliková skříň i ventilová deska kompresoru pomocí demontovatelných vík. Toto provedení bývá použito spíše u starších pístových kompresorů pro vyšší výkony. [1]

Otevřené kompresory

U otevřeného provedení kompresoru je kompresor samostatně uložen a hřídel je utěsněna ucpávkou, která zamezuje úniku chladiva. Pro pohon kompresoru může být použit elektromotor, ale také i spalovací nebo jiný motor. Použití těchto kompresorů je vhodné pro vysoké výkony. V praxi se používají například v klimatizacích automobilů. [1]

Hermetický spirálový kompresor (Scroll)

V současné době je tento typ nejpoužívanějším kompresorem v TČ. V podstatě nahradil dříve používané pístové kompresory. Vyrábí se relativně krátkou dobu, i když byl jeho princip patentován již začátkem 20 století.

Spirálový kompresor se skládá ze dvou kovových spirál (pohyblivé a nepohyblivé) vložených do sebe. Nepohyblivá spirála je upevněna k tělu kompresoru

a uprostřed je otvor spojený s výtlačnou trubicí. Pohyblivá spirála je spojena s hřídelí motoru a obíhá po dráze, ale nerotuje. Tímto se mezi spirálami vytvářejí plynové kapsy, které se přemísťují mezi oběma spirálami. Na vstupu dochází k nasávání plynu, který se neustále posouvá ke středu spirál a zmenšuje se jeho objem, a tím se zvyšuje teplota a tlak. Cesta plynu končí u středního otvoru spirály.

Oproti pístovým kompresorům mají spirálové kompresory vyšší životnost, protože se skládají z méně pohyblivých částí. Také mají vyšší objemovou účinnost - téměř 100 %, dále mají nižší vibrace, a tím i méně hlučný chod. Jsou odolné vůči nasátí kapalného chladiva. U spirálových kompresorů se musí na rozdíl od pístových dodržet smysl otáčení motoru, protože při obráceném chodu nedává žádný tlak a může se poškodit. Cena těchto kompresorů v porovnání se stejně výkonným pístovým kompresorem je o 1/3 až 1/2 vyšší. [1]



Obr 6.1 Scroll kompresor [21]



Obr. 6.2 Spirály Scroll kompresoru [22]

Hermetický pístový kompresor

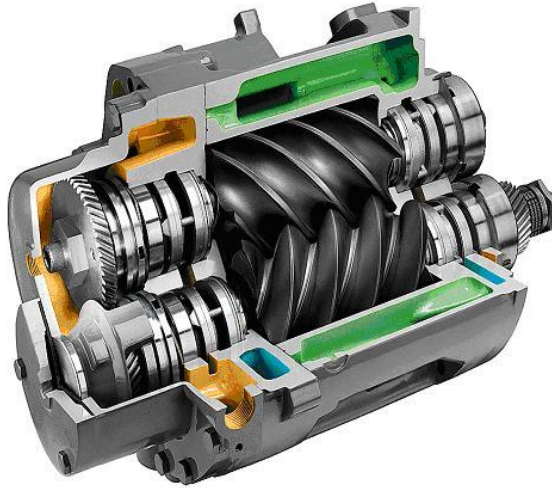
Tento kompresor využívají spíše starší typy TČ. V dnešní době se používá takřka ve všech domácích chladničkách a mrazících zařízeních. Vyrábějí se s příkonem přibližně od 50 W do několika stovek W. Protože se vyrábějí již dlouhou dobu, jejich konstrukce je velmi dobře vyladěná a životnost vysoká.

Nasávané páry chladiva ochlazují elektromotor. Olejová náplň je společná pro kompresor i motor. Nevýhodou pístového kompresoru je náchylnost vůči nasátí kapalného chladiva, při kterém se může poškodit. V praxi se proto musí zabránit nasátí kapaliny do sacího potrubí. Hlučnost u dnešních typů kompresoru není vysoká, ale je vyšší v porovnání se scroll kompresory.

Kompresory s nižšími výkony jsou jednofázové s pomocnou fází pro rozběh, kompresory s vysokými výkony mají třífázové asynchronní motory a jsou obvykle vybaveny vnitřní tepelnou ochranou vinutí motoru a přetlakovou pojistkou. [1]

Šroubový kompresor

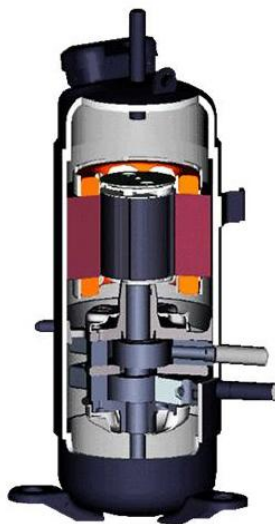
Šroubový kompresor je velmi složité a náročně vyrobitelné zařízení. Používá se pouze pro vysoké výkony - řádově ve stovkách kW. Obsahuje dva šroubové rotory, které se po sobě odvalují. [1]



Obr. 6.3 Šroubový kompresor [23]

Rotační kompresor

Rotační kompresor má rotující píst kruhového tvaru, který je umístěn v kruhové komoře. Těsnící destička se podle polohy pístu zasouvá a vysouvá a tímto odděluje prostor sání a výtlaku. Rotační kompresor se vyrábí ve více provedeních. Buď je píst upevněný na hřídeli excentricky a v kruhové komoře rotuje nebo rotuje kruhový excentr uložený v kruhovém pístu a ten odvaluje po vnitřní stěně komory. Konstrukce kompresoru částečně připomíná Wankelův motor. Rotační kompresory se spíše používají v klimatizačních jednotkách. U TČ s invertorovým řízením se používají dvojité rotační kompresory. [1]

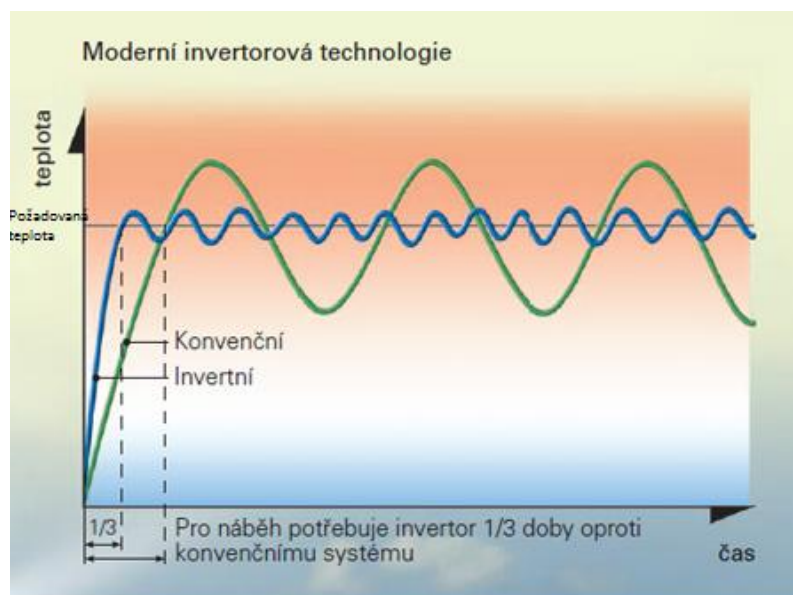


Obr. 6.4 Dvojité rotační kompresor [24]

INVERTOR

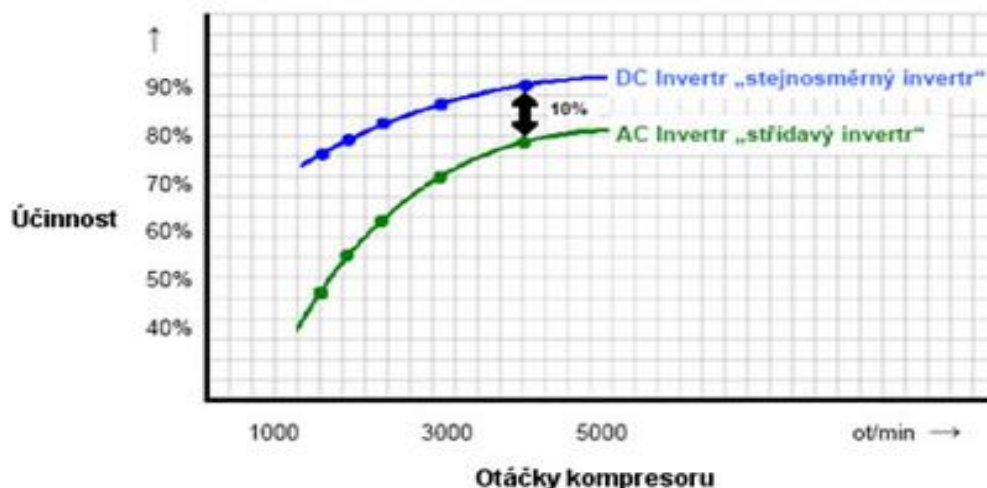
Funkce invertoru spočívá v regulaci otáček kompresoru (okamžitého výkonu) pomocí frekvenčního měniče podle aktuální potřeby. Může měnit velikost napětí, proudu a frekvence nebo i změny mezi proudy stejnosměrnými a střídavými. Ve většině případů se mění standardní jednofázové připojení 230 V, 50 Hz na jiné.

Použitím invertoru odpadá časté zapnutí a vypnutí kompresoru. Výkon je plynule regulován, což snižuje zvýšenou spotřebu energie motoru kompresoru při startu. Dále se také sníží hluchnost kompresoru a celková spotřeba energie je nižší. Systém s použitím invertoru nepotřebuje akumulaci nádobu, a tím se snižují pořizovací náklady. Také při použití invertoru je zařízení menší oproti kompresoru bez invertoru se stejným výkonem. Na druhou stranu je výrobně složitější a tím je cena vyšší. [26]



Obr. 6.5 Graf průběhu teploty na čase u invertních a konvenčních TČ [26]

Nejúspěšnější typ invertoru je takzvaný DC-invertor (měnič na stejnosměrný proud). Tato technologie řídí nejenom otáčky kompresoru, ale také další prvky zařízení, a tím je přibližně o 10 % efektivnější než AC invertor (měnič na střídavý proud).



Obr. 6.5 Graf porovnání D-C invertoru a A-C invertoru [25]

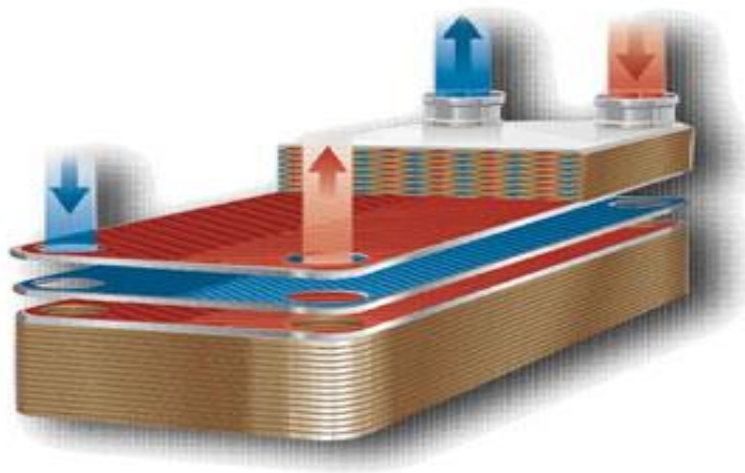
6.2 Výměníky tepla

Výměník tepla slouží k přenosu tepla mezi médii tak, aby nedošlo k jejich fyzickému kontaktu. Aby došlo k výměně tepla, musí být mezi medií teplotní rozdíl. TČ využívá výměníky k předávání tepla ze zdroje tepelné energie do chladiva v okruhu (výparník) a z něho pak do topné vody (kondenzátor). Jedním z nejdůležitějších parametrů výměníku je plocha, přes kterou se obě média stýkají. Dalším parametrem je závislost tlakových ztrát na průtoku media.

Použití správného výměníku v TČ je velmi důležité. Například pokud se do otopného systému použije nedostatečně veliký tepelný výměník, nestačí se tepelná energie předávat a do zdroje se zpět vrací kapalina s vyšší teplotou. To má negativní vliv na účinnost TČ. [1]

Deskový výměník

Deskový výměník je obvykle složen z několika nerezových desek, které mají tvarované prolisy tak, že při složení na sebe tvoří dvě skupiny kanálků, ve kterých proudí teplotná media. Aby výměník byl kompaktní celek a mohl snášet vysoké tlaky, musí být desky k sobě na mnoha místech svařeny nebo spájeny nejčastěji čistou mědí nebo niklem. Provozní tlaky, které musí výměník snášet, se podle konstrukce pohybují v rozmezí od 1,6-3,2 MPa. Většina deskových výměníků je nerozebíratelných, proto se počet desek po svaření či spájení nedá měnit. Existují i rozebíratelné deskové výměníky, ale ty se v TČ nepoužívají. Pro výparník TČ se používají deskové výměníky s větším počtem desek v provedení s rozdělovačem chladiva, aby se chladivo lépe rozdělilo mezi desky. Hlavní výhodou deskového výměníku je vysoká účinnost a vysoký přenášený výkon při malých rozměrech. Snadno se tepelně izolují, jsou chemicky odolné a snášejí vysoké tlaky. Na druhou stranu mají relativně vysoké tlakové ztráty a jsou náchylné k zanášení nečistotami. Také investiční náklady toho výměníku jsou relativně vysoké v porovnání s jinými typy výměníků. [1]



Obr. 5.6 Deskový výměník [28]

Lamelový výměník vzduch - chladivo

Tento výměník se skládá z jedné či více řad měděných trubek, které jsou opatřeny obvykle hliníkovými lamelami pro zvětšení povrchu. Ve většině případů má výměník více okruhů propojených paralelně. Při použití tohoto typu výměníku v TČ VZDUCH - VODA jako výparník, musí být na jejich vstupu vedoucím od termostatického expanzního ventilu rozdělovač vstřikovaného chladiva pro rovnoměrné rozdělení chladiva z termostatického expanzního ventilu. V případě výměníků určených jako kondenzátor není rozdělovač chladiva zapotřebí.

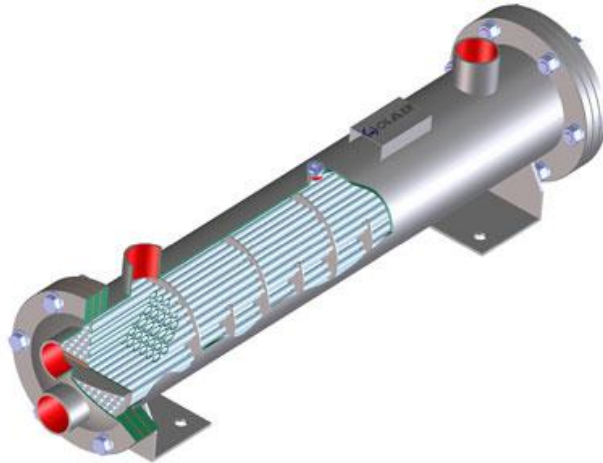
Vzduch je přes tento výměník většinou proháněn pomocí ventilátoru. Používají se ve většině případů axiální provedení nebo méně časté radiální provedení. Vnější jednotky TČ mají jeden nebo i více ventilátorů podle výkonu a typu konstrukce. [1]



Obr. 6.7 Výparník tepelného čerpadla [35]

Trubkové výměníky tepla

Trubkový výměník má spoustu provedení. Jeden z nejčastěji používaných výměníků se skládá z jedné spirálově svinuté trubky nebo svazku spirálových trubek vložených do válcové nádoby většího průměru. Trubky jsou na konci paralelně spojeny do jedné. Ve svazku trubek proudí jedno médium, nejčastěji chladivo a ve velké válcové nádobě druhé médium, například voda. Výhodou toho typu výměníku je jednoduchá konstrukce a nízké tlakové ztráty v okruhu s vodou. Další výhodou je možnost rozebrání a vyčištění při znečištění. Dalším často používaným typem trubkového výměníku je trubka nebo více trubek vložených do větší trubky. Mezi menšími trubkami proudí voda a uvnitř proudí chladivo. Aby bylo dosaženo co největší teplosměnné plochy, musí být trubky velmi dlouhé, což se řeší svinutím do kruhů přiměřeného průměru. V praxi se velmi často používají výměníky s jednou vystředěnou vnitřní trubkou a oba povrchy jsou opatřeny pro dosažení větší plochy žebrováním. [1]

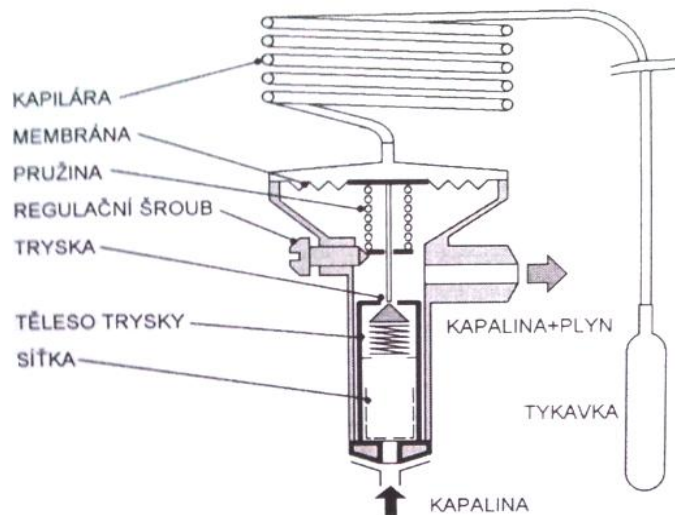


Obr. 6.8 Trubkový výměník [30]

6.3 Expanzní ventil

Expanzní ventil, přesněji termostatický expanzní ventil (TEV), má za úkol vstříkovat do výparníku potřebné množství kapalného chladiva, aby byl výparník vhodně plněn, a tím měl optimální provozní režim. Správná volba TEV je velmi důležitá pro bezporuchový chod a ekonomický provoz zařízení. Nachází se mezi kondenzátorem a výparníkem. Důležitou částí TEV je tryska, která je otevírána silou, kterou vytváří tlak plynu na membránu ventilu, a pružina regulačního šroubu. Další důležitou částí je takzvaná tykavka. Tykavka je malá nádoba naplněná vhodným médiem, který při změně teploty mění tlak. Tlak pomocí kapiláry je přenášen na membránu TEV. Na trysku v podstatě působí tři síly, a to: síla vyvolaná tlakem na membránu od tykavky, která působí shora a otvírá trysku. Ze spodu na membránu působí vyrovnávací tlak z potrubí, který ventil zavírá. Pružina ventilu vyvolává tlak a ventil také zavírá. Tato síla je při provozu konstantní. Je možnost tuto sílu nastavovat otočením šroubu na ventilu.

Je mnoho typů provedení TEV. Trysky jsou výměnné a velikost se volí podle výkonu a druhu chladiva. Náplň tykavky se volí podle zvoleného chladiva. [1]



Obr. 6.9 Principiální schéma termostatického expanzního ventilu [1]

Expanzní ventil s MOP

TEV může také plnit funkci omezovače maximálního sacího tlaku (MOP Maximum Operating Pressure). V podstatě zabraňuje přetížení elektromotoru kompresoru při spuštění zařízení z teplého stavu, kdy může dojít ke zvýšení vypařovacího tlaku. TEV s MOP se nijak zvlášť neliší od klasického TEV pouze náplní v tykavce. [1]

Elektronický expanzní ventil

Elektronický expanzní ventil přesněji dávkuje množství chladiva ve výparníku a tím optimalizuje výkon kompresoru v závislosti na teplotě zdroje tepla. Elektronický expanzní ventil lépe zajišťuje správnou úroveň přehřátí par, a tím lépe využívá zdroj tepla.

Elektronicky řízený expanzní ventil se od klasických TEV liší tím, že nemá tykavku ani membránu. Obsahuje pouze trysku, která je otevírána nebo zavírána pomocí elektromagnetu. [35]



Obr. 6.10 Elektronicky řízený expanzní ventil [31]

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá problematikou tepelných čerpadel vzduch - voda, které se stávají oblíbeným zdrojem tepelné energie pro vytápění a ohřev užitkové vody, díky úsporám, které toto zařízení může přinášet. V neposlední řadě je tepelné čerpadlo šetrné k přírodě díky tomu, že využívá energii, která je obsažena v přírodních tepelných zdrojích. Největší překážkou pořízení tepelného čerpadla jsou relativně vysoké pořizovací náklady, které se však při správném návrhu mohou poměrně rychle vrátit.

První část je věnována principu tepelných čerpadel, která využívají energii okolního prostředí vzduchu, vody a země. Tuto energii přeměňují na teplo vhodné k vytápění budov nebo ohřevu užitkové vody. V této části je také popsán jeden z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla, tzv. topný faktor, který udává poměr tepelného výkonu k elektrickému příkonu. Topný faktor je značně závislý na teplotě zdroje a na teplotě výstupní. Tento parametr je stěžejní při výběru zařízení, vyšší topný faktor značí úspornější čerpadlo.

Druhá část je zaměřena na historický vývoj tepelných čerpadel. Přestože je vynález starý více než sto let, dochází k masovému využití až v posledních letech, a to zejména díky stoupajícím cenám energií. K zvyšujícímu se zájmu o tento druh vytápění přispívá rychlá návratnost počátečních investic.

Třetí část je věnována jednotlivým typům tepelných čerpadel podle zdroje tepla a jejich výhod a nevýhod. Každý z uvedených typů je více či méně vhodný pro konkrétní případ použití. Tepelné čerpadlo voda - voda je v první řadě závislé na přítomnosti vodního zdroje, avšak dosahuje vysokých topných faktorů. U tepelných čerpadel země - voda je také vysoký a stálý topný faktor, ale pořizovací cena je poměrně vysoká. Tepelná čerpadla vzduch - vzduch jsou vhodná pouze pro menší vytápěnou plochu. Nejčastěji je používáno tepelné čerpadlo vzduch - voda, které je vhodné pro rodinné domy. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady, oproti ostatním tepelným čerpadlům zde nejsou speciální nároky na tepelný zdroj.

Čtvrtá kapitola se zabývá oběhy současných tepelných čerpadel vzduch - voda. Mezi ně patří technologie EVI (při potřebě vyšších výstupních teplot zapne vstřikování par za kondenzátor). Výhodou této technologie je vyšší výstupní teplota a nižší pokles tepelného výkonu a topného faktoru se snižující se teplotou. Dalším oběhem je dvoustupňová komprese, při které jsou spojena dvě tepelná čerpadla prostřednictvím výměníku tepla. Výhodou tohoto oběhu je vysoká výstupní teplota a možnost větší vzdálenosti vnitřní a venkovní jednotky oproti běžným tepelným čerpadlům.

V páté kapitole jsou popsány dílčí části tepelného čerpadla. Jedna z nejdůležitějších součástí je kompresor. V tepelných čerpadlech se používá více druhů kompresorů, ale nejčastěji to jsou spirálové kompresory, které se vyznačují vysokou životností a velkou objemovou účinností. V druhé části jsou popsány jednotlivé typy výměníku, které jsou použity buď jako výparník, nebo kondenzátor. Poslední část je věnována expanzním ventilům, které mají za úkol vstřikovat potřebné množství chladiva do výparníku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŽERAVÍK, A. *Stavíme tepelné čerpadlo*. 1. vydání. Kroměříž: A. Žeravík, 2003. 312 stran. ISBN 80-239-0275-X.
- [2] KARLÍK, R. *Tepelná čerpadla pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 112 stran. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [3] SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Brno: Era, 2005. 71 stran. ISBN 80-7366-031-8.
- [4] TINTĚRA, L. *Tepelná čerpadla* 1. vydání. Praha: Arch, 2003. 121 stran. ISBN 80-86165-61-2.
- [5] DVOŘÁK, Z., PETRÁK, J. *Tepelná čerpadla* 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické, 1991. 141 stran. ISBN 80-01-00643-3.
- [6] HOREJŠÍ, M. *Tepelná čerpadla pro každého (I)* [online]. 2002 [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- [7] EKOTEP. *Čerpadla vzduch-voda* [online]. 1998 [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <http://www.ekotep.cz/vzduch-voda/>
- [8] POLÁŠEK, M. *Pamětní deska připomíná rodáka, vynálezce tepelného čerpadla* [online]. 2011 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.infoportaly.cz/novojicinsko/novy-jicin/6143-pametni-deska-pripomina-rodaka-vynalezce-tepelneho-cerpadla>
- [9] EKOWATT. *Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla* [online]. 2007 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [10] ENERGETICKÝ PORADCE PRE. *Vzduch- voda* [online]. 2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/tepelna-cerpadla/vzduch-voda.html>
- [11] AR SOLAR S.R.O. *Barx EVO series* [online]. 2011 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://tepelna-cerpadla.arsolar.cz/tepelna-cerpadla/topne-systemy.htm>
- [12] KÖHLER, Richard. TZBINFO. *Novinka českého výrobce - kompaktní tepelná čerpadla vzduch-voda HOTJET ONE* [online]. 2011 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7485-novinka-ceskeho-vyrobce-kompaktni-tepelna-cerpadla-vzduch-voda-hotjet-one>
- [13] ENERGYEXPERT. *Ventilační tepelná čerpadla* [online]. 2012 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://www.energyexpert.cz/sluzby/tepelna-cerpadla/svedska-tepelna-cerpadla-nibe/ventilacni-tepelna-cerpadla>
- [14] SLOVÁČEK, Josef. ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. *Tepelná čerpadla v ČR* [online]. 2011 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.avtc.cz/?page=6.tepelna-cerpadla-v-cr>
- [15] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH/VZDUCH* [online]. 2008 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch->

- vzduch?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=s_tepelna+cerpadla_tepelne+cerpadlo+vzduch-vzduch
- [16] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Tepelná čerpadla v roce 2010* [online]. 2011 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: http://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/ke_stazeni/Statistika_2010.pdf
- [17] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. *Tepelná čerpadla v roce 2010* [online]. 2011 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [18] TZB. *Experimentální porovnání topného faktoru tepelného čerpadla s údaji výrobce* [online]. 2012 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8258-experimentalni-porovnani-topneho-faktoru-tepelneho-cerpadla-s-udaji-vyrobce>
- [19] ENERGETICKÝ PORADCE PRE. *Tepelná čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/tepelna-cerpadla>
- [20] MITSHUBISHI ELECTRIC. *Tepelné čerpadlo vzduch - vzduch* [online]. 2008 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.vykuruj.sk/systemy/vzduch-vzduch/>
- [21] GEOPACK. *Hydraulická schéma* [online]. 2009 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.geopack.sk/technickeudaje.php>
- [22] TEPELNÁ ČERPADLA AZ. *Základní pojmy* [online]. 2009 [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-az.cz/zakladni-pojmy.php>
- [23] TRIBOTECHNIKA. *Oleje pro šroubové kompresory* [online]. 2010 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12010/oleje-pro-sroubove-kompresory.html>
- [24] TEPELNA-CERPADLA-PLZENSKO. *Tepelná čerpadla STIEBEL ELTRON* [online]. 2007 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-plzensko.cz/tepelna%20cerpadla.html>
- [25] ABKLIMATIZACE. *Vliv použité technologie na účinnost klimatizace a tepelných čerpadel* Více zde: <http://www.abklimatizace.cz/vlivy-na-ucinnost/> [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.abklimatizace.cz/vlivy-na-ucinnost/>
- [26] ABKLIMATIZACE. *O tepelných čerpadlech* [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.topim.cz/o-tepelnych-cerpadlech/>
- [27] REMKO. *Funkce tepelného čerpadla* [online]. 2009 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://tepelna-cerpadla-remko.cz/funkce-cerpadla.php>
- [28] OHŘEV - BAZÉNU. *Výměníky tepla deskové* [online]. 2012 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.ohrev-bazenu.cz/vymeniky-tepla-deskove/>
- [29] CIAT. *Výměníky tepla* [online]. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.vymeniky-ciat.cz/wp-content/gallery/spn/spn-4.jpg>
- [30] OLAER. *Trubkové výměníky* [online]. 2009 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://olaer.cz/cz-produkty-prehled/cz-produkty-chladice-3/cz-prod-kuehl-rohrbund.htm>

- [31] HEREX. *Elektronický expanzní ventil* [online]. 2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.a-energy.cz/expanzni-ventil.htm>
- [32] CAREL. *Proporcionální elektronický expanzní ventil* [online]. 2009 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.alfaco.cz/carel/udaje/e2vletak.pdf>
- [33] JDK. *Expanzní ventily* [online]. 2011 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/expanzni-ventily>
- [34] VIESMANN. *Tepelná čerpadla* [online]. 2007 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: http://www.podlahovetopeni-moravia.cz/tepelna_cerpadla.pdf
- [35] MAHLE INDUSTRY. *Industrial cooling* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: http://www.mahle-behr-industry.com/MAHLE_Behr_Industry/en/Applications-&-Products/Industrial-cooling

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Symbol/Zkratka | Jednotka | Popis |
|----------------|----------|--|
| Q_{EL} | [W] | elektrická energie potřebná pro pohon kompresoru |
| Q_{IN} | [W] | energie získaná ze zdroje tepla |
| Q_{OUT} | [W] | výsledná energie] |
| T_{IN} | [K] | teplota zdroje tepla |
| T_{OUT} | [K] | teplota na výstupu |
| ε | | topný faktor |
| COP | | topný faktor |
| D55 | | tarifní sazba pro elektrickou energii |
| EHPA | | Evropská asociace tepelných čerpadel |
| EVI | | zdokonalené vstřikování páry |
| MOP | | maximální provozní tlak |
| MPO | | Ministerstvo průmyslu a obchodu |
| SFŽP | | Státní fond životního prostředí |
| TČ | | tepelné čerpadlo |
| TEV | | termostatický expanzní ventil |