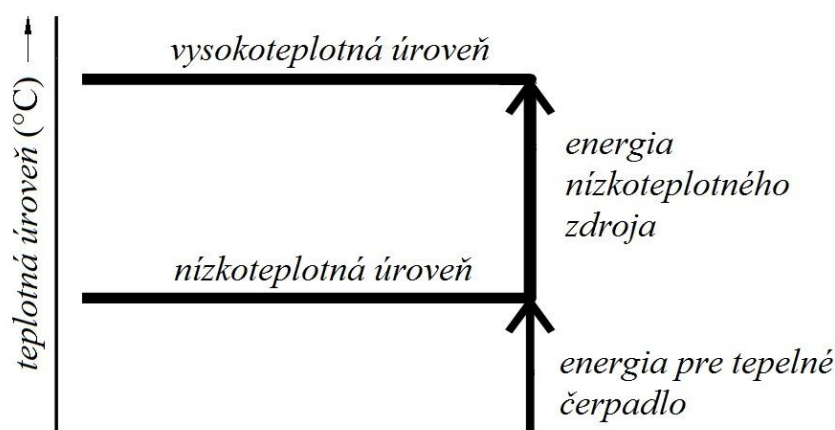


6 TEPELNÉ ČERPADLÁ

V podmienkach znižovania svetových zásob primárnych energetických zdrojov sa významnou črtou úspor energií stáva jej účelnejšie využitie. V energetike možno dosiahnuť úspory palív a energie pomocou tepelných čerpadiel využívaním zdrojov s nízko teplotnou úrovňou. K využitiu takýchto zdrojov sa mohlo pristúpiť až po zavedení takých zariadení, ktoré môžu nízko teplotnú energiu pretransformovať na vyššiu teplotnú úroveň použiteľnú v praxi. Táto transformácia alebo „prečerpanie“ energie na vyššiu teplotnú úroveň je iba za cenu dodávania inej energie vyššej kvality, ktorú reprezentuje elektrická, mechanická alebo vysokoteplotná energia. Schéma uvedenej transformácie je na obrázku 6.1.



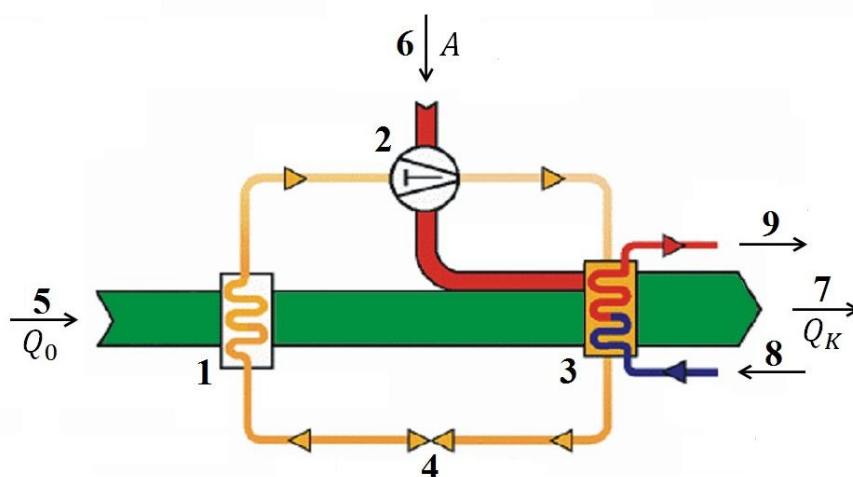
Obr. 6.1. Princíp transformácie energetických tokov z nižšej teploty na vyššiu [9]

Netradičné energetické zdroje využívané pomocou tepelných čerpadiel sú väčšinou do teplotnej úrovne 30 °C a sú rôzneho pôvodu. Patria sem vody riek, jazier, studní technologických prevádzok, odpadové vody z areálov kúpalísk, čiastočne využité geotermálne vody, teplo z okolitého vzduchu, odpadového vzduchu priemyselných hál a prevádzok, ale aj teplo z pôdy a pivničných priestorov.

Tepelné čerpadlo je v princípe chladiace zariadenie, rozdiel je iba v ponímaní jeho funkcie. Z chladiaceho zariadenia využívame chlad, z tepelného čerpadla teplo. Väčšina tepelných čerpadiel je kompresorového typu.

Tepelné čerpadlá sú zariadenia, ktoré umožňujú odoberať teplo z okolitého prostredia, prevádzať ho na vyššiu tepelnú hladinu a cielene ho predávať zariadeniam – vykurovacím telesám, výmennikom a pod. za účelom vykurovania, ohrevu teplej úžitkovej vody.

Princípom je uzatvorený chladiaci okruh, podobný ako u chladničiek, ktorým sa na jednej strane teplo odoberá a na druhej strane predáva inému zariadeniu (u chladničky len vzduchu). Chladnička odoberá výparníkom teplo z vnútorného priestoru a teda i z potravín ktoré do nej vložíme a predáva ho cez systém do kondenzátora z ktorého voľne uniká do priestoru. Požadovaným efektom je zníženie teploty v chladiacom priestore chladničky a odobratie tepla potravinám. Ohrev vzduchu je len nevyhnutným dôsledkom prevádzky. Tepelné čerpadlo ochladzuje namiesto potravín vzduch, vodu (prírodnú alebo technologickú) alebo zem. Teplo odoberané z týchto absolútne nevyčerpatelných zdrojov sa pomocou tepelného čerpadla odovzdáva do vykurovacieho systému či výmenníku na ohrev teplej úžitkovej vody. Požadovaným efektom je práve zvýšenie teploty.



Obr. 6.2. Schéma tepelného čerpadla [4]:

- 1 – výparník, 2 – kompresor, 3 – kondenzátor, 4 – expanzný ventil,
 5 – teplo dodané z okolitého prostredia (voda, vzduch, zem),
 6 – dodaná elektrická energia, 7 – celkové získané teplo vykurovacie teplo,
 8 – vratná voda, 9 – vykurovacia voda

Na obrázku 6.2 je znázornená schéma kompresorového tepelného čerpadla. Energetická bilancia tepelných čerpadiel je daná rovnicou:

$$Q_K = Q_0 + A \quad (6.1)$$

kde

- | | | |
|-------|---|-----|
| Q_K | – kondenzačné úžitkové teplo ako produkt tepelného čerpadla | (J) |
| Q_0 | – nízko teplotný zdroj tepla, ktorý poskytuje daná lokalita | (J) |
| A | – práca dodaná tepelnému čerpadlu | (J) |

Tepelné čerpadlo sa skladá zo štyroch základných častí:

- **kompresora** – komprimuje pomocou dodávanej mechanickej energie na kompresor nasávané pary chladiva z výparníka na tlak v kondenzátore,
- **kondenzátora** – dochádza v ňom k ochladzovaniu a skvapalneniu pár chladiva vonkajším tepelným tokom využívaným ako zdroj tepelnej energie,
- **expanzného ventilu** – znižuje tlak kvapalného chladiva z kondenzačného na tlak vo výparníku,
- **výparníka** – dochádza v ňom k vyparovaniu chladiva pomocou vonkajšieho tepelného toku získavaného z okolitého prostredia.

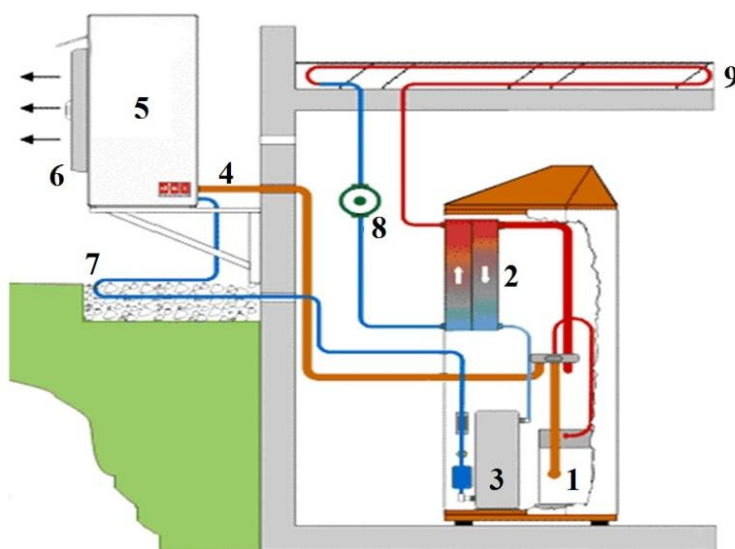
Vo výparníku tepelného čerpadla dochádza k odpareniu chladiva a taktiež k premene kvapaliny na plyn, ktorý je potom kompresorom stlačený. Stlačením dochádza k zahriatiu plynu na teplotu, pri ktorej plyn v kondenzátore skvapalní. Mení teda svoje skupenstvo a taktiež predáva energiu svojmu okoliu, ktorú možno ďalej využívať. V expanznom ventile sa chladivo zaškrtní na pôvodný nízky tlak a obeh sa opakuje.

Základné typy tepelných čerpadiel:

- vzduch-voda,
- voda-voda,
- zem-voda.

TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA

Spôsob usporiadania v ktorom sa vonkajší vzduch využíva ako zdroj tepla. Cez vonkajšiu jednotku (kompresor, ventilátor, výparník), ktorá je umiestnená vonku, je nasávaný vzduch z ktorého je odoberaná tepelná energia a späť je tento vzduch (ochladený) vyhánaný do vonkajšieho priestoru. Vnútrná jednotka (kondenzátor, bivalentný elektrokotol, obehové čerpadlo) je umiestnená v objekte, zabezpečuje výrobu vykurovacej vody, eventuálne i teplej úžitkovej vody. Moderné tepelné čerpadlá pracujú spoľahlivo i pri veľmi nízkych vonkajších teplotách. Pri teplotách od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa podľa potreby pripája i malé elektrické vykurovanie.

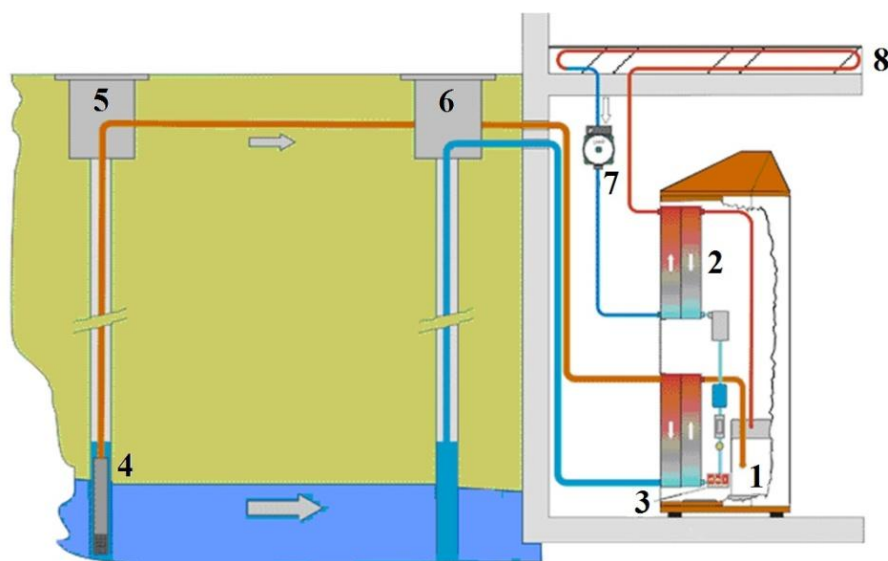


Obr. 6.3. Schéma tepelného čerpadla vzduch-voda [4]:

- 1 – kompresor, 2 – tepelný výmenník, 3 – zberač, 4 – vstrekovací ventil,
 5 – vzduchový výparník, 6 – ventilátor, 7 – štrkový podklad pod kondenzátor,
 8 – obehové čerpadlo, 9 – podlahové kúrenie

TEPELNÉ ČERPADLO VODA-VODA

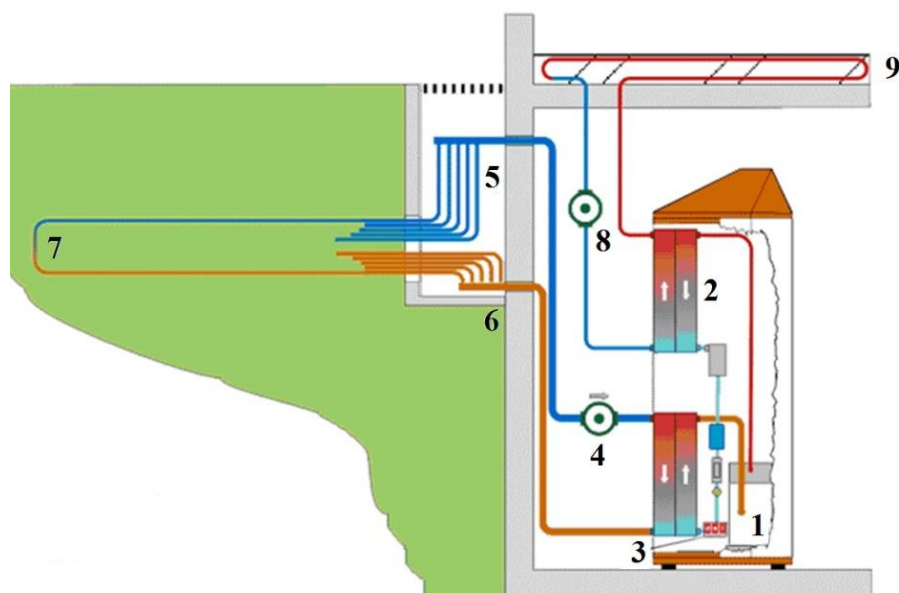
Väčšinou sa používajú takzvané otvorené systémy. Ako zdroj tepla prichádza do úvahy studňová alebo povrchová voda z jazier a riek s teplotou minimálne $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teda odoberáme vodu zo zdroja (obvykle studňa), necháme ju prejsť výmenníkom tepelného čerpadla (výparníkom), ktorý z nej odoberie časť tepla, a zase ju vrátime späť do zeme.



Obr. 6.4. Schéma tepelného čerpadla voda-voda [4]:
 1 – kompresor, 2 – tepelný výmenník, 3 – vstrekovací ventil,
 4 – ponorné čerpadlo, 5 – odoberajúca studňa, 6 – vypúšťacia studňa,
 7 – obehové čerpadlo, 8 – podlahové kúrenie

TEPELNÉ ČERPADLO ZEM-VODA

Je to ideálne tepelné čerpadlo, ak máme k dispozícii dostatočne veľký pozemok. V plastovom zemnom kolektore, ktorý sa ukladá aspoň 20 cm pod hranicu zamrznutia pôdy, aby bol zdroj tepla – pôda, celý rok stabilný, cirkuluje voda (nemrznúca zmes), ktorú opätovne výmenník tepelného čerpadla (výparník) ochladí, teda odoberie z nej teplo. Prebehne zemným kolektorom, kde sa zemným teplom o niekoľko stupňov ohreje a cyklus sa opakuje.



Obr. 6.5. Schéma tepelného čerpadla zem-voda [4]:
 1 – kompresor, 2 – tepelný výmenník, 3 – vstrekovací ventil,
 4 – solánkové obehové čerpadlo, 5 – solánkový rozdeľovač, 6 – solánkový zberač,
 7 – zemný kolektor, 8 – obehové čerpadlo, 9 – podlahové kúrenie

VYUŽITIE TEPELNÝCH ČERPADIEL

Tepelné čerpadlá sú komplikované strojové zariadenia. Pre ideový návrh a posúdenie možnosti ich použitia pre používateľa je dôležité:

- posúdenie možností ktoré poskytuje daná lokalita v podobe nízkoteplotného zdroja tepla pre tepelné čerpadlo,
- potreby tepelných príkonov pri danej teplotnej úrovni, ktoré by malo pokryť tepelné čerpadlo svojim výstupným tepelným výkonom,
- podľa teploty zdroja a potrieb tepelných príkonov pri danej teplote zistiť efektívnosť prevádzky tepelného čerpadla.

Jedným z najdôležitejších parametrov pre posúdenie efektívnosti prevádzky tepelného čerpadla je použitie tarify elektrickej energie pre odberateľov s vyšším objemom spotreby elektrickej energie, pretože cena kilowatthodiny za elektrickú energiu potrebnú na pohon kompresora tvorí významnú položku. Maloodberatelia majú cenu za kWh vyššiu, ako veľkoodberatelia. Túto skutočnosť treba zobrať do úvahy pri výpočte nákladov na prevádzku tepelného čerpadla a sadzbu za kWh riešiť so svojim dodávateľom elektrickej energie.

Hlavnou charakteristikou účinnosti tepelného čerpadla je efektívne výkonové číslo ε , ktoré definujeme ako pomer zisku z tepelného čerpadla Q_K k dodanej práci A :

$$\varepsilon = \frac{Q_K}{A} \quad (6.2)$$

alebo

$$\varepsilon = \frac{\text{VYKUROVACÍ VÝKON}}{\text{ENERGETICKÝ PRÍKON}} \quad (6.3)$$

Výkonové číslo je teda vyjadrením pomeru medzi vloženou elektrickou energiou a získanou energiou vo forme tepla na strane kúrenia. Výkonové číslo je rozdielne pri rôznych druhoch a typoch čerpadiel [45].

- U tepelného čerpadla vzduch-voda sa výkonové číslo v priebehu roka výrazne mení. V lete má vzduch optimálnu teplotu, čím aj výkonové číslo bude najvyššie. Ako však teplota vzduchu bude klesať, bude klesať aj výkonové číslo, pretože výparník je ohrievaný médiom so stále nižšou teplotou. Kritická hodnota teploty vzduchu je $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, keď tepelné čerpadlo vzduch-voda prestáva pracovať úplne pri výkonovom čísle s hodnotou 2. Vzhľadom na to, že tepelné čerpadlo pracuje väčšinu roka v priaznivých tepelných podmienkach, výkonové číslo sa celoročne pohybuje okolo hodnoty 3,5.
- Tepelné čerpadlo voda-voda sa javí ako stabilný variant s vysokým výkonovým číslom v prípade, ak zdroj dostatočne teplej vody je stabilný a jej teplota nebude ani v zime výrazne klesať. V lete výkonové číslo tepelného čerpadla voda-voda dosahuje až hodnotu 6, pričom v zime môže poklesnúť až k číslu 4.
- V prípade tepelného čerpadla zem-voda môže dosiahnuť výkonové číslo hodnotu 5. Platí to však len v prípade, ak sú vrty optimálne nadimenzované a nemrznúca zmes sa pri jej cirkulácii stihne dostatočne ohriať. Počas zimy teplota podlažia sústavne klesá, čo sa prejaví aj na znižovaní výkonového čísla, ktoré môže poklesnúť až k hodnote 3,5.

Vykurovací (kondenzačný) výkon \dot{Q}_K (W) a elektrický príkon P (W) (t. j. práca A za jednotku času) udáva výrobca pri určitých teplotách prevádzky tepelného čerpadla, a to pri kondenzačnej teplote t_K a výparnej teplote t_0 . Pomocou týchto údajov možno vypočítať výkonové číslo ε z rovnice:

$$\varepsilon = \frac{t_K}{t_K - t_0} \eta_{T\check{c}} \quad (6.4)$$

kde

$$\eta_{T\check{c}} \quad - \quad \text{porovnávací účinnosť tepelného čerpadla} \quad (1)$$

Dôležitou otázkou pri rozhodovaní a zavádzaní tepelných čerpadiel je úspora palív a s tým súvisiaca otázka, aká musí byť minimálna hodnota výkonového čísla ε_{MIN} , aby bola zabezpečená celospoločenská úspora palív. Ak uvažujeme výrobu elektrickej energie s účinnosťou vrátane strát rozvodom η_{EL} a klasický kotol, pracujúci s účinnosťou η_K , minimálna hodnota výkonového čísla musí byť:

$$\varepsilon_{\text{MIN}} = \frac{\eta_K}{\eta_{EL}} \quad (6.5)$$

Pre nahradenie klasického vykurovania tepelným čerpadlom za daných účinností η_{EL} a η_K musí platiť nerovnosť:

$$\varepsilon \geq \varepsilon_{\text{MIN}} \quad (6.6)$$

Ak je splnená táto podmienka, zavedením tepelného čerpadla získame celospoločenské úspory primárnej energie.

ZOZNAM SYMBOLOV

t_K	– kondenzačná teplota	(K)
t_0	– výparná teplota	(K)
P	– príkon	(W)
Q_K	– kondenzačné úžitkové teplo ako produkt tepelného čerpadla	(J)
Q_0	– nízkoteplotný zdroj tepla, ktorý poskytuje daná lokalita	(J)
\dot{Q}_K	– vykurovací výkon	(W)
A	– práca dodaná tepelnému čerpadlu	(J)
ε	– efektívne výkonové číslo	(1)
ε_{MIN}	– minimálne výkonové číslo	(1)
η_{EL}	– účinnosť výroby elektrickej energie	(1)
η_K	– účinnosť kotla	(1)
$\eta_{T\check{c}}$	– porovnávací účinnosť tepelného čerpadla	(1)