

Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla

Prostředí, které nás obklopuje (vzduch, voda, půda) má obvykle příliš nízkou teplotu a jeho teplo nelze pro vytápění využít přímo. Výjimkou jsou geotermální prameny, hojně využívané například na Islandu. **Nízkoteplotní teplo okolního prostředí** můžeme využívat pomocí **tepelného čerpadla** (TČ), které toto teplo (např. kolem 2 °C) převede na **vyšší teplotní hladinu** (kolem 50 °C). Princip je stejný jako u chladničky, která odebírá teplo potravinám a předává jej zadní stranou chladničky do místnosti. Podobně i TČ využívá tepla získaného od okolního prostředí k odpaření chladicí kapaliny. Tato pára je poté kompresorem stlačena a díky dodané práci dochází k uvolnění tepla o vyšší teplotě, které je předáno topnému médiu. Celý cyklus se poté opakuje.

Topný faktor

Velmi důležitým parametrem TČ je topný faktor. Vyjadřuje poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie.

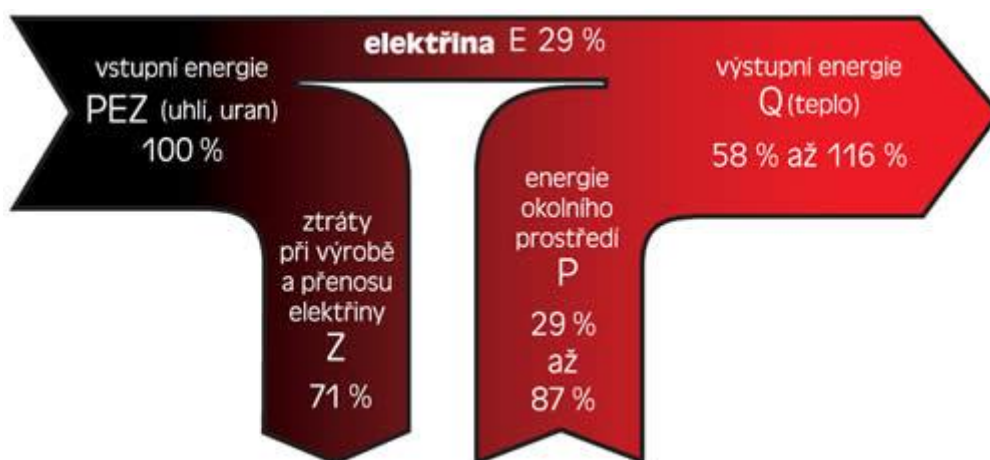
$$\varepsilon = Q / E$$

Q = teplo dodané do vytápění [kWh]

E = energie pro pohon TČ [kWh]

Topný faktor různých TČ je v rozmezí od 2 do 5. Závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru a dalších faktorech. Dodavatelé obvykle udávají topný faktor při různých teplotách vstupního a výstupního média.

Toky energií



Toky energií pro elektrické tepelné čerpadlo

Topný faktor pro kompresorové TČ lze stanovit také z rozdílu mezi teplotou kondenzační a vypařovací. Přibližný vztah pro výpočet topného faktoru kompresorového TČ:

$$\varepsilon = k \times \frac{T_k}{T_k - T_o}$$

kde:

T_k je teplota kondenzační (topného systému) [K]

T_o je teplota vypařovací (teplota zdroje) [K]

k je korekční součinitel respektující skutečný oběh; $k = (0,4 \text{ až } 0,6)$

Pro dosažení minimální spotřeby pohonné energie a dosažení vysoké hodnoty topného faktoru je zapotřebí:

- **Teplota zdroje** nízkopotenciálního tepla má být **co nejvyšší**, nesmí však přesáhnout maximální teplotu povolenou výrobcem pro daný typ tepelného čerpadla. Jeho vydatnost musí být dostatečná a ochlazení teplotonosné látky ve výparníku přiměřené, aby teplota vypařovací nemusela být zbytečně nízká. Vedle snížení topného faktoru pak může dojít k omezení funkčnosti TČ, např. zamrznutím zdrojové vody.
- **Rozdíl teplot** na vstupu a výstupu má být **co nejnižší**, maximální pracovní teplota TČ na výstupu je přitom cca 55 °C. Používání tepelného čerpadla je tedy výhodné v kombinaci s **nízkoteplotním vytápěcím systémem** (podlahové vytápění). Čím menší rozdíl hladin teplot musí tepelné čerpadlo překonávat, tím méně energie spotřebuje a tím vyšší má topný faktor.

Topný faktor během roku kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. **Průměrný roční topný faktor** je poměr **celoroční spotřeby energie** a **celoroční výroby tepla** a používá se pro vyhodnocení provozu. Běžně tepelná čerpadla dodají za ideálních podmínek třikrát až čtyřikrát více tepla, než spotřebují elektřiny na svůj provoz.

Zdroje tepla pro tepelné čerpadlo

Okolní vzduch - je k dispozici všude. Tento typ TČ má tedy široké využití, navíc je investičně méně náročný. Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně budovy. Protože ve vzduchu je tepla poměrně málo, musí výměníkem procházet velké objemy vzduchu. Je tedy nutný výkonný ventilátor. Ten je zdrojem určitého hluku, proto je potřeba pečlivě volit umístění výměníku, aby hluk neobtěžoval obyvatele domu ani sousedy. Venkovní část by neměla být ani v místech, kde se mohou tvořit "kapsy" studeného vzduchu. Vzduchová TČ jsou schopná pracovat i když je venku cca 12 °C, při nižší teplotě je nutné zapnout další, tzv. bivalentní zdroj. Při nízkých teplotách se na venkovním výměníku tvoří námraza. Energie spotřebovaná na její odtávání může výrazně zhoršit celkový topný faktor a tím zvýšit provozní náklady.



Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch/voda

Odpadní vzduch - teplo je odebíráno vzduchu odváděnému větracím systémem objektu. Tento vzduch má relativně vysokou teplotu (18 až 24 °C). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít. Teplo může být použito pro topnou vodu ústředního topení nebo pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné. Nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže TČ kryje jen část tepelné ztráty - přibližně tu, která je potřeba na ohřev větracího vzduchu. Vždy je tedy potřeba ještě další zdroj pro krytí tepelné ztráty konstrukcemi, případně i pro ohřev vody. Na trhu jsou také tepelná čerpadla s integrovanými ventilátory, která lze použít jako centrální větrací jednotku domu.

Povrchová voda - využívá se vody v toku nebo v rybníku, která je ochlazována tepelným výměníkem, umístěným přímo ve vodě nebo zapuštěným do břehu - vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Podmínkou je vhodné umístění objektu, nejlépe přímo na břehu. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. S tím je ale spojeno mnoho technických i administrativních překážek, které omezují použití v praxi téměř na nulu.

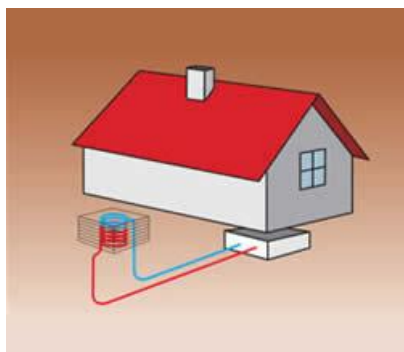


Rekreační objekt vytápěný tepelným čerpadlem, které ochlazuje říční vodu v náhonu malé vodní elektrárny

Podpovrchová voda - tato voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Podmínkou je geologicky vhodné podloží, které umožní čerpání i vsakování. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiné vodoteče. Zdroj vody však musí být dostatečně vydatný (přibližně 15-25 l/min. pro TČ s výkonem 10 kW). Vhodných lokalit je proto k dispozici relativně málo.

Z půdy - jde o velmi rozšířený způsob. Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do výkopu (půdní kolektor). Půdní kolektor se umísťuje poblíž objektu v nezamrzné hloubce. Trubky půdního kolektoru se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 m od sebe. Velikost takovéto plochy je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Je také možné ukládat potrubí ve tvaru uzavřených smyček do výkopů kolektoru, rýhy o hloubce cca 2 m a šířce cca 0,9 m. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 metrů délky výkopu. Je třeba počítat s tím, že půdní kolektor okolní zeminu ochladí, takže se zde např. bude v zimě déle držet sníh. Pokud má být teplo odebíráno celoročně (v létě pro ohřev bazénu), je potřeba půdní kolektor o větší ploše. Je-li TČ využíváno pro letní chlazení, lze půdní kolektor "dobíjet" odpadním teplem.

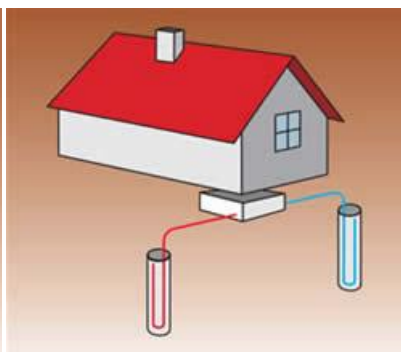
Z hlubinných vrtů - využívá se teplo hornin v podloží. Jde rovněž o velmi rozšířený způsob. Vrty hluboké až 150 m se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Vrty je možno umístit i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek. Vrty nelze provádět kdekoli - vhodné je zajistit si hydrologický průzkum, aby nedošlo k narušení hydrologických poměrů. Výhodou je celoročně stálá teplota zdroje (cca 8 °C), takže TČ pracuje efektivně.



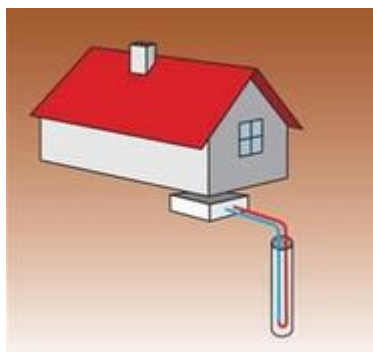
Tepelné čerpadlo vzduch/voda - vzduch se ochlazuje ve výměníku umístěném vně budovy



Tepelné čerpadlo vzduch/voda - ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem



Tepelné čerpadlo voda/voda - ochlazuje se voda čerpaná ze sací studny, která se poté vypouští do vsakovací studny



Tepelné čerpadlo nemrznoucí kapalina/voda - výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje půdu ve vrtu nebo ve výkopu, případně vodu ve vodním toku nebo v rybníku

Přehled systémů

V současnosti se pro vytápění rodinných domků používají téměř výhradně TČ s kompresorem, který je poháněn elektromotorem. Kompresor lze pohánět i jakýmkoli jiným motorem (např. motorem na zemní plyn). Pro relativně malé výkony, potřebné v rodinných domcích, jsou elektrická TČ nejvýhodnější. Elektromotor je levný a palivo - elektřina ve zvláštním tarifu - rovněž.

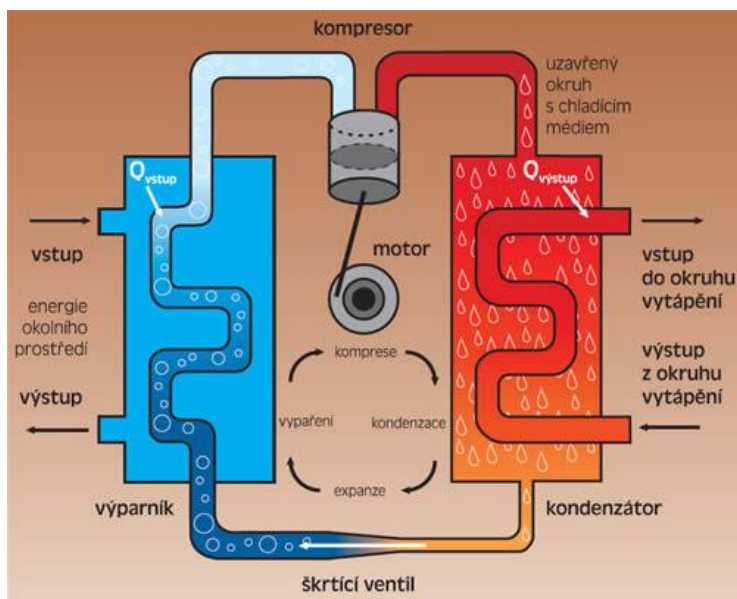
Podle druhu ochlazovaného a ohřívaného média se rozlišují tyto typy tepelných čerpadel:

TYP ČERPADLA	MOŽNOSTI POUŽITÍ
vzduch/voda	univerzální typ, pro ústřední vytápění
vzduch/vzduch	doplňkový zdroj tepla, teplovzdušné vytápění, klimatizace
voda/voda	využití odpadního tepla, geotermální energie, ústřední vytápění
nemrzoucí kapalina/voda	univerzální typ pro ústřední vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
voda/vzduch	teplovzdušné vytápěcí systémy

Nejčastější typy tepelných čerpadel

Funkce kompresorového tepelného čerpadla

Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech spojených se změnou skupenství v závislosti na tlaku pracovní látky (**chladiivo**). Ve výparníku odnímá chladiivo za nízkého tlaku a teploty teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla). Dochází k varu a kapalné chladiivo přiváděné do výparníku se postupně mění v páru. Páry chladiiva jsou z výparníku odsávány a stlačeny kompresorem na kondenzační tlak. V kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladiivo je po snížení tlaku přiváděno zpět do výparníku, kde doplňuje vypařené chladiivo. Tím je oběh uzavřen.



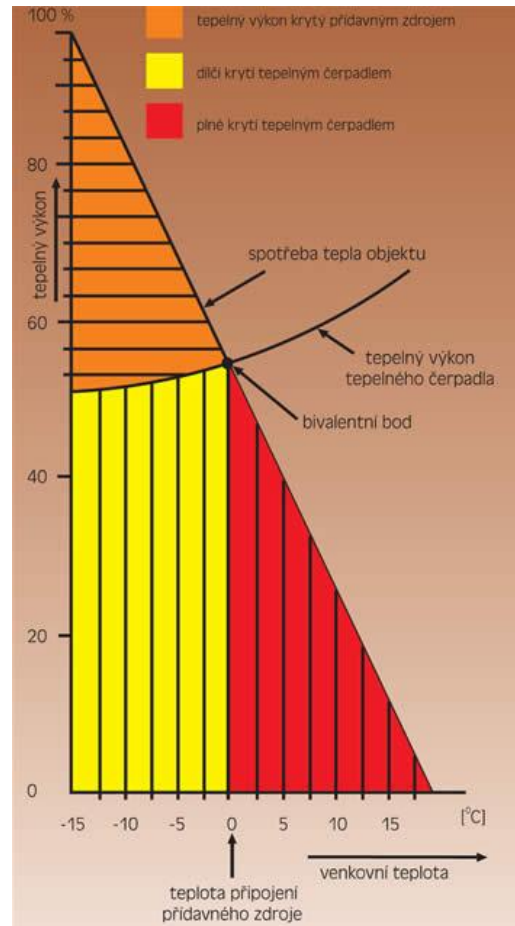
Princip tepelného čerpadla

Bivalentní provoz tepelného čerpadla

Spotřeba tepla na vytápění se během roku mění. Pokrytí celé spotřeby TČ je obvykle neekonomické (větší TČ a delší vrty výrazně zvyšují pořizovací náklady), proto se systém doplňuje dalším **špičkovým zdrojem** tepla, obvykle elektrokotlem. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku TČ. Jako jiný bivalentní zdroj lze použít i krb nebo jiné interiérové topidlo, které nemusí být napojeno na systém ústředního vytápění.

Systém pak pracuje v tzv. **bivalentním provozu**, kdy po určitou dobu (např. v mrazových dnech) běží kromě TČ i druhý zdroj tepla (elektrokotel). Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší než je maximální potřebný (obvykle 50 - 75 %). U správně navrženého systému špičkový zdroj dodává pouze 10 -15 % celkové spotřeby tepla.

U tepelných čerpadel ochlazujících venkovní vzduch je bivalentní zdroj nezbytný, aby bylo možno vytápět i v době, kdy je venkovní teplota nižší než -12 °C.



Bivalentní chod tepelného čerpadla

Monovalentní provoz tepelného čerpadla

U moderních, dobře izolovaných rodinných domů s tepelnou ztrátou do 10 kW je možné navrhnout TČ jako jediný zdroj tepla. Investiční náklady se výrazně nezvýší. Výhodou je i úspora provozních nákladů. Není-li TČ doplněno elektrokotlem, postačí menší příkon elektřiny. V současnosti, kdy konečná platba za elektřinu značně závisí na velikosti hlavního jističe, může být úspora "za jistič" zajímavá. Jinou cestou ke snížení velikosti hlavního jističe je použití neelektrického bivalentního zdroje, např. kamen na dřevo.

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

TČ pro vytápění lze použít téměř všude, pro dimenzování je důležité znát spotřebu tepla a teplé užitkové vody a další podmínky:

- **Elektrická přípojka** musí umožnit připojení TČ (dostatečný příkon).
- Obvykle je výhodné provést **zateplení objektu**, pak stačí menší a levnější technologie.
- **Vzduchová TČ** není výhodné používat v drsných klimatických podmínkách, kde venkovní teploty klesají pod -15 °C (horské oblasti). U tohoto typu je potřeba najít vhodné umístění vnější jednotky (hlučnost, omezení průtoku vzduchu, námrazy).

- V případě využití **hlubinných vrtů** je dobré znát předem geologické podmínky v podloží, aby nedošlo k jejich poškození ("zavření vrtu"). Provádění vrtů v 1. a v 2. ochranném pásmu lázní a minerálních vod je upravené zvláštními předpisy.
- Při využití **podzemní vody** je podmínkou dostatečná vydatnost zdroje vody.
- Při využití **povrchových vod** se platí poplatky správci toku, případně stočné.

TČ se nejčastěji používají na vytápění a klimatizaci budov. V kancelářských prostorách se často využívá možnosti reverzního chodu, kdy tepelné čerpadlo v létě ochlazuje vzduch v místnostech, zatímco v zimě topí.

Porovnáme-li emise vzniklé v důsledku spotřeby elektřiny pro pohon TČ s emisemi vzniklými při spalování tuhých paliv (v domácím kotli), pak od průměrného ročního topného faktoru 2,33 dochází k jejich snížení (uvažujeme-li ztráty při výrobě a přenosu elektřiny 70 % a při spalování tuhých paliv 30 %).

Ekonomika provozu

Možná trochu paradoxně platí, že ekonomická návratnost TČ vychází nejlépe ve stavbách s vysokou spotřebou tepla. U nízkoenergetických nebo dokonce pasivních domů, kde je spotřeba až 10x nižší než u běžných domů, je úspora nákladů na vytápění poměrně malá, tím roste i doba návratnosti.

	STARŠÍ NEZATEPLENÝ DŮM	PASIVNÍ DŮM
spotřeba za rok	26 000 kWh	2 600 kWh
náklady na vytápění el. přímotopy	51 000 Kč	9 000 Kč
náklady na vytápění tepelným čerpadlem	16 000 Kč	3 000 Kč
roční úspora	35 000 Kč	6 000 Kč
inv. náklady na TČ	350 000 Kč	120 000 Kč
prostá návratnost	10 let	20 let

Návratnost TČ při různé spotřebě - příklad

Významné je také to, že domácnosti vytápěné tepelným čerpadlem mají k dispozici elektřinu v nízkém tarifu po dobu 22 hodin denně. Náklady na elektřinu pro osvětlení, chladničku, pračku a ostatní domácí spotřebiče tak mohou být výrazně nižší než v domech s vytápěním plynem, dřevem apod. Při roční spotřebě domácnosti okolo 4 000 kWh/rok je úspora až 10 tis. Kč.



Kotelna s tepelným čerpadlem a plynovými kotli jako bivalentním zdrojem tepla



Spotřeba oběhových čerpadel v TČ někdy není zanedbatelná

Literatura:

- [1] Dvořák, L., Klazar, J., Petrák, J.: Tepelná čerpadla. Praha, SNTL, 1987.
- [2] Srdečný, K., Truxa, J.: Tepelná čerpadla, 2. vyd., ERA, Brno, 2007.
- [3] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům, ERA, Brno, 2004.
- [4] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public, Praha, 1994, druhé upravené a doplněné vydání 2001.
- [5] Kol. autorů: Tepelná čerpadla, projektování a instalace. Stiebel Eltron, 1998.
- [6] Centrum pro obnovitelné zdroje energie a úspory energie. Dostupné z WWW: <http://www.ekowatt.cz/>.