

Tepelná čerpadla

– energie prostředí

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 – teplem odebraným potravinám uvnitř vytápí naši kuchyni. Teplo získané od okolního prostředí je využito pro odpaření chladicí kapaliny. Pára je poté kompresorem stlačena a dochází k uvolnění tepla o vyšší teplotě, které je předáno topnému médiu. Celý cyklus se poté opakuje.

Topný faktor

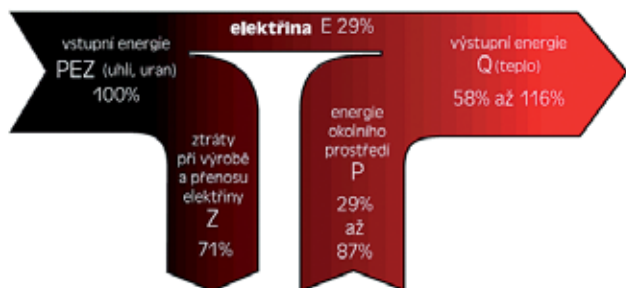
Velmi důležitým parametrem TČ je topný faktor. Vyjadřuje poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie.

$$\varepsilon = Q/E$$

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. Pozor: při výpočtu topného faktoru se někdy nezapočítává spotřeba oběhových čerpadel (resp. ventilátorů), která jsou nutná pro provoz TČ. Skutečný topný faktor se pak může od údajů z prospektu výrazně lišit.

Toky energií



Toky energií pro elektrické tepelné čerpadlo. Zdroj: EkoWATT

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

$$\varepsilon_T = k \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o}$$

kde:

T_k je teplota kondenzační (topného systému) [K]
 T_o je teplota vypařovací (teplota zdroje) [K]
 k je korekční součinitel respektující skutečný oběh;
 $k = (0,4 \div 0,6)$

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 teplotně odolné 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.

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 teplotovědušné. 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.

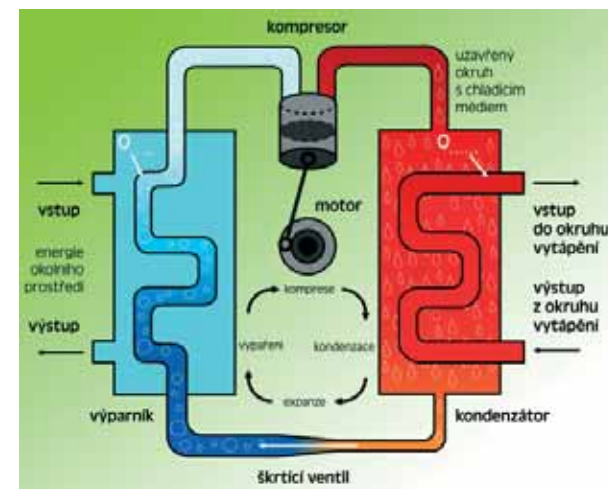


Schéma kompresorového TČ. Zdroj: EkoWATT

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.

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.

výkon odebraný z vody (chladicí výkon)	tepelný výkon TČ s topným faktorem 3,0	tepelný výkon TČ s topným faktorem	průtok vody při ochlazení o 4 K		průtok vody při ochlazení o 6 K	
kW	kW	kW	litr/min	m ³ /hod	litr/min	m ³ /hod
3	4,5	4,0	11	0,6	7	0,4
5	7,5	6,7	18	1,1	12	0,7
8	12,0	10,7	29	1,7	19	1,1
10	15,0	13,3	36	2,2	24	1,4

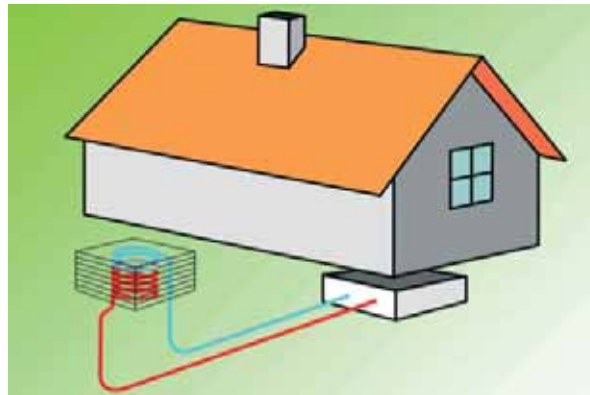
Potřebná vydatnost zdroje spodní vody. Zdroj: EkoWATT

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 nezamrzlé 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 odebráno 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.

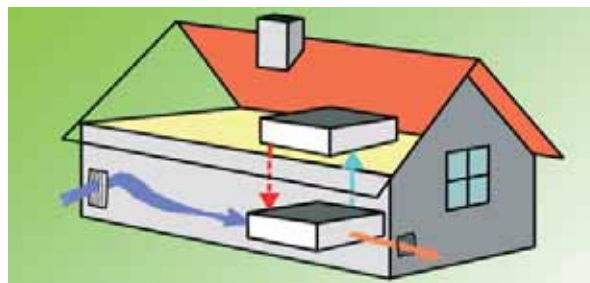
Druh půdy	Měrný výkon získaný z půdy	Plocha výměníků pro TČ s topným faktorem		
		3,0	3,5	4,0
	W/m ²	m ² /kW	m ² /kW	m ² /kW
Suchá nepevněná půda	10	66 m ²	71 m ²	75 m ²
Ulehlá vlhká půda	20–30	33–22 m ²	36–24 m ²	38–25 m ²
Vodou nasycené štěrky a písky	40	17 m ²	18 m ²	19 m ²

Parametry půdního kolektoru. Zdroj: G-term, s. r. o.

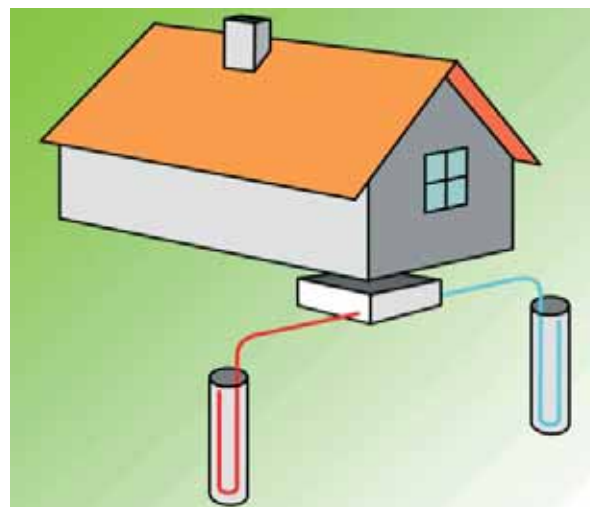
Z hlubinných vrtů – využívá se teplo hornin v podloží, jde rovněž o velmi rozšířený způsob. Vrtů hluboké až 150 m se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Vrtů je možno umístit i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek. Vrtů 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. Zdroj: EkoWATT



Tepelné čerpadlo vzduch/voda, ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem. Zdroj: EkoWATT



Ochlazováním vody čerpané z hluboké (sací) studny, kde je teplota stálá, získáme velmi vyrovnaný a účinný zdroj tepla. Ochlazená voda se vypouští do druhé (vsakovací) studny. Zdroj: EkoWATT



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

Typy tepelných čerpadel

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

Typ čerpadla: (ochlazuje se/ ohřívá se)	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
nemrznoucí kapalina/voda	univerzální typ pro ústřední vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
voda/vzduch	teplovzdušné vytápěcí systémy

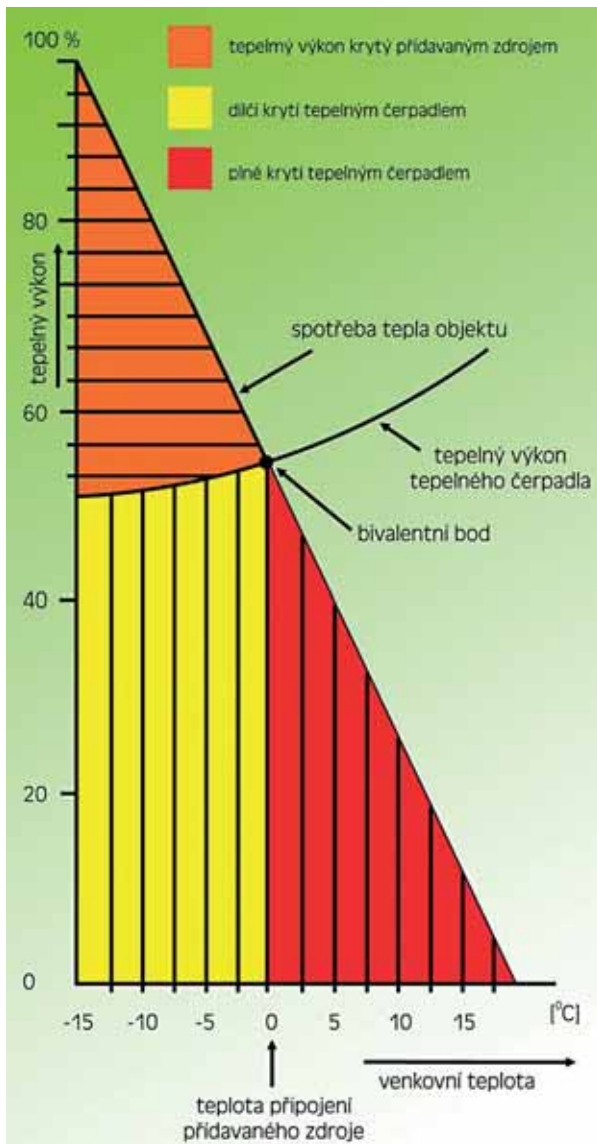
Nejčastější typy tepelných čerpadel. Zdroj: EkoWATT

Bivalentní provoz tepelného čerpadla

Spotřeba tepla na vytápění se během roku mění. Pokrytí celé spotřeby TČ je obvykle neekonomické (větší TČ a delší vrtů 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 napojené na stávající otopnou soustavu ideálně přes akumulaci nádrží s regulací. Takové topidlo může být i zcela samostatné a 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 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 TČ 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. Zdroj: EkoWATT

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 nezvyšují. Výhodou je úspora provozních nákladů. Není-li TČ

doplňeno elektrokotlem, postačí menší příkon elektřiny. V současnosti, kdy konečná platba za elektřinu značně závisí na velikosti hlavního jističe, může být úspora „za jistič“ zejména u velkých budov zajímavá. Jinou cestou ke snížení velikosti hlavního jističe je použití ne-elektrického 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, kratší vrty apod.).
- **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 (hluknost, 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 a vhodné chemické složení (hrozí zarůstání výměníku TČ!).
- 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 možnost 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, 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

Trochu paradoxně platí, že TČ je neefektivnější ve stavbách s vysokou spotřebou tepla. U nízkoenergetických nebo dokonce pasivních domů, kde je spotřeba až 10x nižší než u starších domů, je úspora nákladů na vytápění poměrně malá, tím roste i doba návratnosti. 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 spotře-

	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. Zdroj: EkoWATT

biče 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. Do konce roku 2012 bude možno získat dotaci na tepelné čerpadlo v rodinných a bytových domech. Podmínkou je, aby výrobek byl uveden na příslušném seznamu výrobců a montážní firma byla na seznamu odborných dodavatelů. Podrobnosti na www.zelenausporam.cz. Při výběru výrobku je možno zohlednit, zda má zařízení českou, evropskou nebo jinou značku pro ekologicky šetrný výrobek. Podobně dodavatel může mít evropský certifikát pro montáž TČ.



Značka evropského certifikátu pro montáž tepelných čerpadel



Česká a evropská značka pro ekologicky šetrný výrobek



Vydal:

EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábký 2
180 00 Praha 8
tel.: 266 710 247

Žižkova 1 (budova PVT)
370 01 České Budějovice
tel.: 389 608 211

Rumunská 655/9
460 01 Liberec
tel.: 486 123 478

e-mail: info@ekowatt.cz
www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

Foto na titulní straně: Karel Srdečný, EkoWATT.

Texty: EkoWATT: Karel Srdečný, Jiří Beranovský, František Macholda, Jan Truxa

Sazba a tisk: Sdružení MAC, spol. s r.o., © EkoWATT, 2010.

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek EKIS, <http://www.mpo-efekt.cz>.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2010 – část A – Program EFEKT.





Tepelná čerpadla energie prostředí



Centrum pro
obnovitelné
zdroje a úspory
energie

