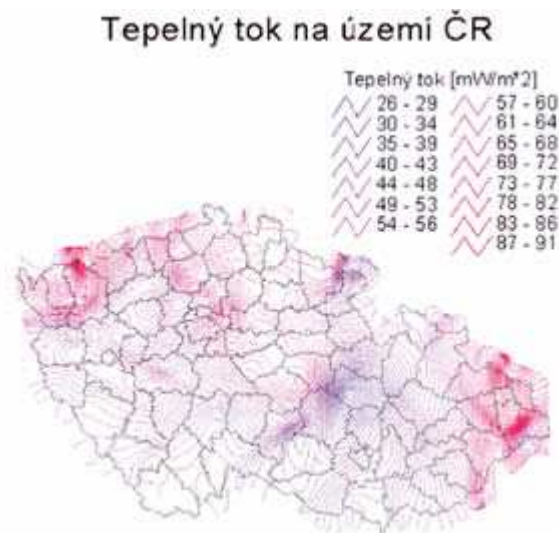


ENERGIE PROSTŘEDÍ, GEOTERMÁLNÍ ENERGIE, TEPELNÁ ČERPADLA

Prostředí, které nás obklopuje (vzduch, voda, půda), má obvykle příliš nízkou teplotu, než abychom ji mohli přímo využít třeba pro vytápění domů. Výjimkou jsou geotermální prameny, nejznámější na Islandu. Teplo okolního prostředí však můžeme využívat pomocí **tepelných čerpadel** (TČ). Princip je znám již dlouho a léta se využívá v chladničkách a dalších chladicích zařízeních. Chladnička odebírá teplo potravinám a předává ho do místnosti svojí zadní stěnou (černou mřížkou). Podobně tepelná čerpadla odebírají teplo půdě, vodě nebo okolnímu vzduchu. Abychom toto teplo mohli použít pro vytápění, převádějí ho na **vyšší teplotní hladinu** (např. teplo z půdy o teplotě 8 °C převádějí na teplo pro topnou vodu 50 °C). Podobně jako vodní čerpadlo přečerpává vodu z nižší hladiny na vyšší, tepelné čerpadlo převádí **teplo o nízké teplotě na teplotu vyšší**.



Izolinie tepelného toku na území ČR (zdroj: Geomédia, s r.o.).

TOPNÝ FAKTOR

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

$$\varepsilon = Q / E$$

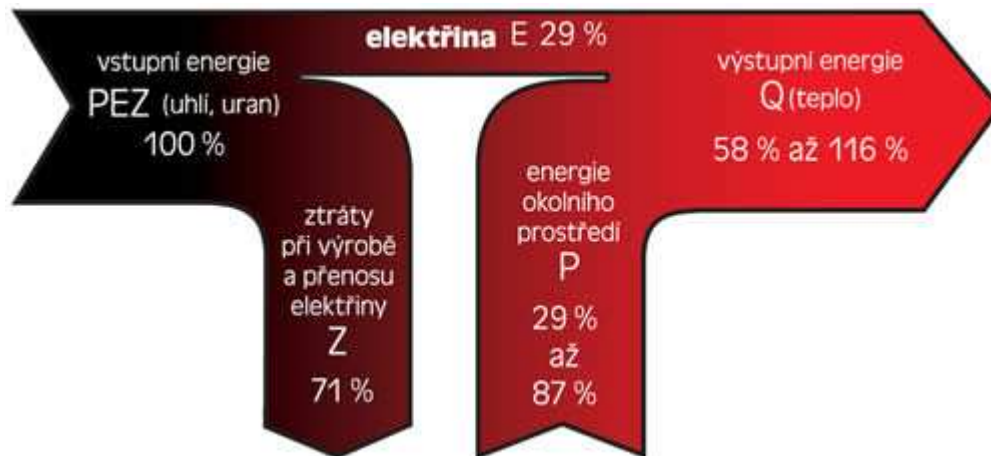
Q = teplo dodané do vytápění [kWh]

E = energie pro pohon TČ [kWh]

Topný faktor různých TČ je 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.

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. Kromě snížení topného faktoru pak může dojít k ohrožení funkce, např. zamrznutí zdrojové vody.
- Používání tepelného čerpadla je výhodné v kombinaci s **nízkoteplotním vytápěcím systémem** (podlahové vytápění). Čím menší rozdíl hladin teplot musí tepelné čerpadlo překonávat, tím méně energie spotřebuje (maximální pracovní teplota na výstupu TČ je cca 55 °C).

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.

ZDROJE TEPLA PRO TEPELNÉ ČERPADLO

Okolní vzduch - Je k dispozici všude, vzduchová TČ jsou investičně méně náročná. 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 volit umístění výměníku pečlivě, 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, poté 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 - Ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem objektu, který má vždy 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 výhodněji pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné. Nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže bývá potřeba výkonnější bivalentní zdroj. Na trhu jsou tepelná čerpadla s integrovanými ventilátory, která lze použít jako centrální větrací jednotku domu.

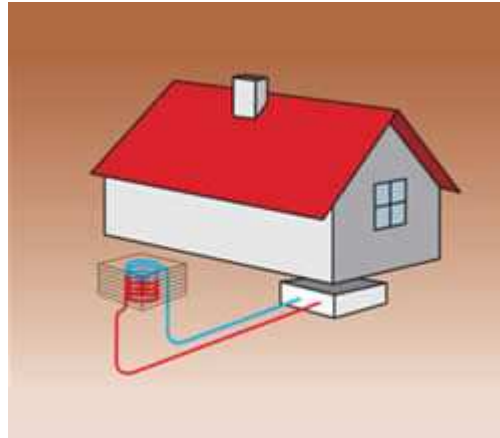
Povrchová voda - Voda v toku nebo rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapaštěným do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Podmínkou je vhodné umístění objektu, nejlépe přímo na břehu. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. Je zde ale mnoho technických i administrativních překážek. Tím je použití v praxi omezeno téměř na nulu.

Podzemní voda - 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 podzemní vody však musí být dostatečně vydatný (přibližně 15 - 25 l/min pro TČ s výkonem 10 kW). Vhodných lokalit je velmi málo, takže toto řešení se v praxi příliš nepoužívá.

Z půdy - 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 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.

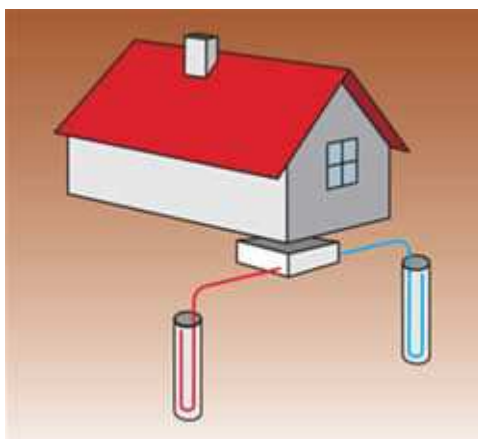
Z hlubinných vrtů - Využívá se teplo hornin v podloží. Vrtů hluboké až 150 m se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Je možno umístit vrtů i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtů, podle geologických podmínek. Vrtů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



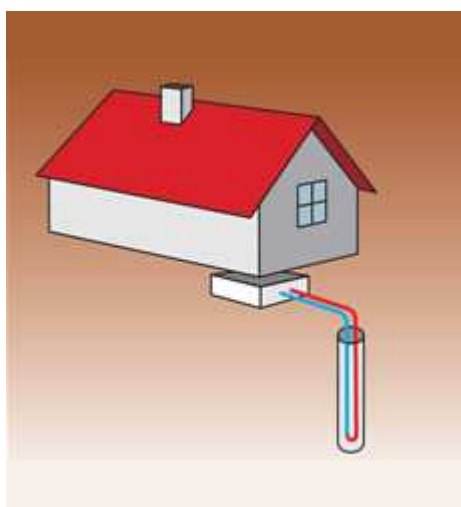
Tepelné čerpadlo vzduch/voda; vzduch se ochlazuje ve výměníku umístěném vně budovy.



Tepelné čerpadlo vzduch/voda; ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem.



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.





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.

- **TČ s pístovými kompresory** - jsou levnější, mají horší topný faktor a jsou mírně hlučnější. Životnost pístového kompresoru je okolo 15 roků, za dobu životnosti TČ je třeba počítat s jeho výměnou jedenkrát.
- **TČ se spirálovými kompresory scroll** - jsou dražší, dosahují však nejlepších topných faktorů. V současnosti je to nejpoužívanější typ. Životnost kompresoru scroll je nejméně 20 roků.
- **TČ s rotačními kompresory** - lze se s nimi setkat u klimatizačních zařízení a levnějších TČ. Mají o něco horší topný faktor než TČ s kompresory scroll.
- **Absorpční tepelná čerpadla** - pracují bez kompresoru a jsou tedy zcela nehlučná. Nevýhodou je horší topný faktor. V současnosti se pro vytápění používají výjimečně, vyskytují se však u klimatizačních zařízení.

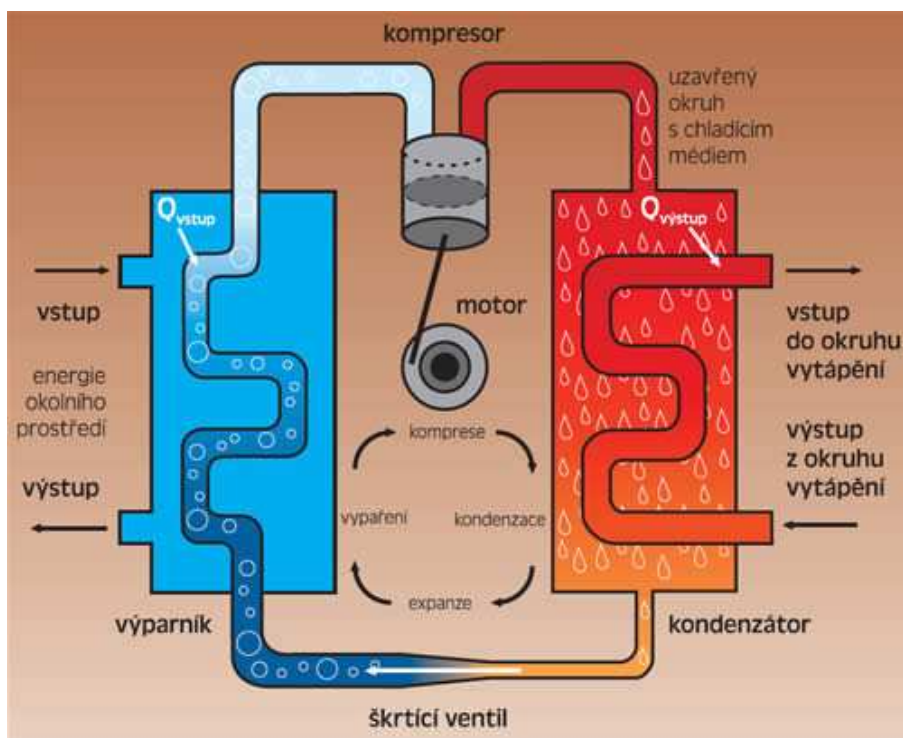
Podle druhu ochlazovaného a ohřívaného média se rozlišují typy tepelných čerpadel:

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.

FUNKCE KOMPRESOROVÉHO TEPELNÉHO ČERPADLA

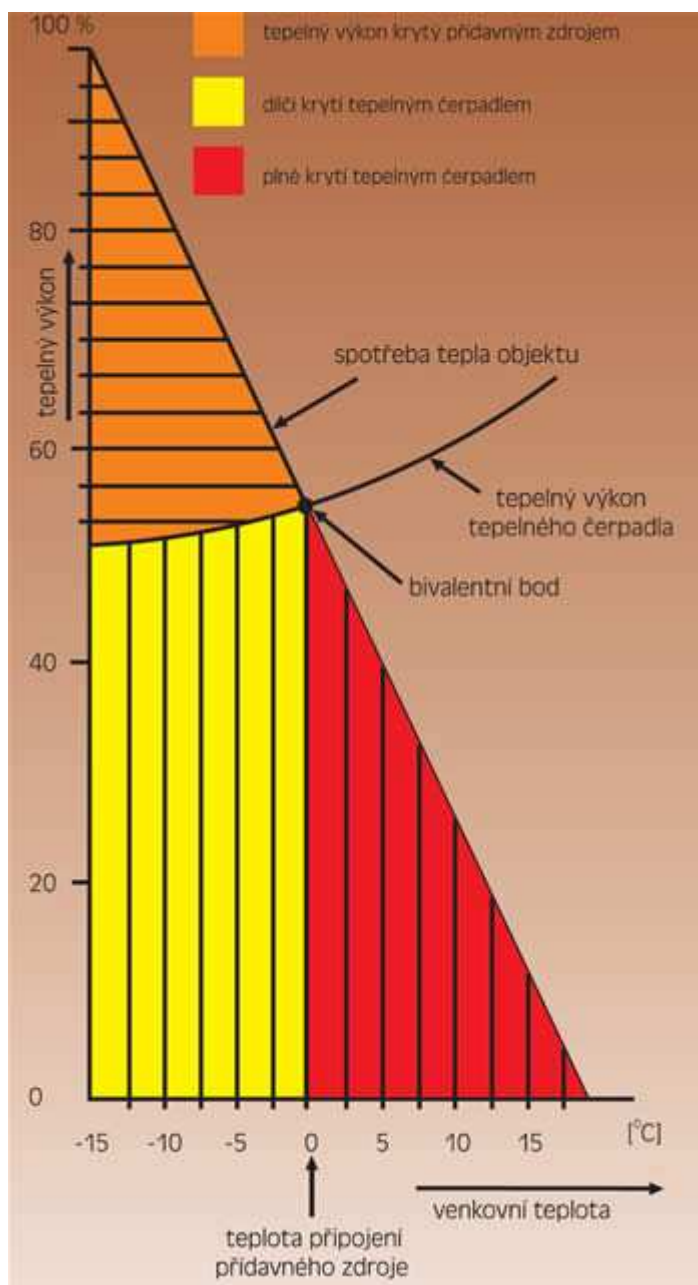
Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech spojených se změnou skupenství v závislosti na tlaku pracovní látky (**chladiivo**). Ve výparníku odnímá chladiivo za nízkého tlaku a teploty teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla). Dochází k varu a kapalné chladiivo přiváděné do 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.



Bivalentní chod tepelného čerpadla.

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.

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 úspora provozních nákladů. Není-li TČ doplněno elektrokotlem, postačí menší příkon elektřiny, a tím i menší jistič. 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 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).
- **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.
- Při využití **povrchových vod** se platí poplatky správci toku, případně stočné.



Spotřeba oběhových čerpadel v TČ někdy není zanedbatelná.

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, 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 %).

POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Dvořák, L., Klazar, J., Petrák, J.: Tepelná čerpadla. Praha, SNTL, 1987.
- [2] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA, Brno, 2004.
- [3] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public, Praha, 1994, druhé upravené a doplněné vydání 2001.
- [4] Žeravík, A.: Stavíme tepelné čerpadlo. VI. nákladem, 2003.
- [5] Kol. autorů: Tepelná čerpadla, projektování a instalace. Stiebel Eltron, 1998.
- [6] Kol. autorů: Kombinované energetické systémy s využitím obnovitelných zdrojů energie. ČEA, Praha, 1997.

Infolist byl zpracován díky podpoře České energetické agentury a Evropské unie. Vyšel také v tištěné podobě.

Autoři textů: Jiří Beranovský, František Macholda, Karel Srdečný, Jan Truxa