

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# TEPELNÁ ČERPADLA PRO VYTÁPĚNÍ OBYTNÝCH BUDOV

DOMESTIC HEAT PUMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MIROSLAV ONDRÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.

BRNO AKADEMICKÝ ROK 2007/2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2007/08

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Ondráček Miroslav

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:

### **Tepelné čerpadlo vzduch-voda**

v anglickém jazyce:

### **Air-water heat pump**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je problematika využití tepelných čerpadel v systému zásobování tepelnou energií obytných objektů.

Cíle bakalářské práce:

1. Představte princip tepelných čerpadel a jejich základní rozdělení.
2. Uveďte zdroje nízkopotenciálního tepla využívané tepelnými čerpadly.
3. Pro tepelné čerpadlo vzduch-voda představte jeho provoz, požadavky na nízkoteplotní zdroj a uveďte hlavní výhody a nevýhody v porovnání s jinými typy tepelných čerpadel.
4. Stanovte orientační návratnost tepelného čerpadla vzduch-voda.

Seznam odborné literatury:

A. Žeravík, Stavíme tepelné čerpadlo  
M. Cenka, Obnovitelné zdroje energie  
www.tzb-info.cz


Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

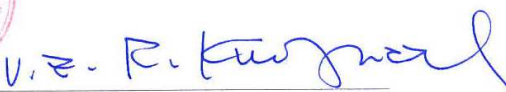
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 31.10.2007

L.S.



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato práce pojednává o moderním vytápění rodinných domů pomocí tepelných čerpadel. Tepelné čerpadlo je energetické zařízení, které je schopné odebrat tepelnou energii okolnímu prostředí při relativně nízké teplotě a přetransformovat ji na teplo, kterým již můžeme vytápět dům, ohřívat teplou užitkovou vodu či bazén. Pro tuto transformaci je potřeba dodat tepelnému čerpadlu malý podíl elektrické energie pro pohon kompresoru, který spolu s dalšími prvky zabezpečuje správný chod tohoto zařízení. Poměr mezi získanou tepelnou energií a dodanou elektrickou energií se nazývá topný faktor. Hodnota topného faktoru se většinou pohybuje od 3 do 5 - podle toho při jakých podmínkách tepelné čerpadlo pracuje. Čím nižší je výstupní teplota, tím vyšší je topný faktor. Ideální pro tepelné čerpadlo je například podlahové vytápění, které provozujeme při teplotách kolem 35°C, a při tom je v domě dostatek tepla.

Dále tato práce popisuje typy tepelných čerpadel. Jejich výhody a nevýhody. Podrobněji se věnuje tepelnému čerpadlu vzduch-voda. Pro toto tepelné čerpadlo je proveden výpočet orientační návratnosti oproti vytápění plynovým kotlem.

## ABSTRACT

This diploma thesis deals with modern detached house heating by heat pumps. Heat pump is an energetic device able to withdraw (at relatively low temperature) thermal energy from surrounding environment and transform it to heat usable for heating a house or warming up water or a swimming pool. For the process to work, it is necessary to provide a little electrical energy to propel a compressor. Relation between thermal energy gained and electrical energy supplied is then called a heating factor. The heating factor is usually between 3 and 5 according to heat pump operating conditions. The lower is an output temperature, the higher is the heating factor. An underfloor heating operated at 35 degrees Celsius (while the house is warm enough) is ideal for using the heat pump.

The thesis describes various heat pump types and their advantages and disadvantages. Air/water heat pump is then explained in more detail including estimation of investment rate of return compared to gas heating.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné čerpadlo, obytné budovy, zásobování teplem

## KEY WORDS

Heat pumps, buildings, heat supply

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE ZÁVĚREČNÉ PRÁCE DLE ČSN ISO 690

ONDRÁČEK, M. Tepelné čerpadlo vzduch-voda. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 23 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci jsem vypracoval zcela samostatně a uvádím prameny, které jsem použil.

## OBSAH

<b>1. Úvod.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Jak to funguje? .....</b>	<b>7</b>
2.1. Energeticky a ekonomicky nejvýhodnější.....	8
2.2. Ekologické-šetří naše životní prostředí.....	8
<b>3. Druhy tepelných čerpadel.....</b>	<b>9</b>
3.1. Systém voda-voda.....	9
3.1.1. <i>Tepelné čerpadlo využívající tepla z povrchové vody.....</i>	<i>9</i>
3.1.2. <i>Tepelné čerpadlo využívající tepla z podzemní vody.....</i>	<i>9</i>
3.2. Systém země-voda.....	10
3.2.1. <i>Tepelné čerpadlo využívající energii z půdy.....</i>	<i>10</i>
3.2.2. <i>Tepelné čerpadlo využívající energii z hlubinného vrtu.....</i>	<i>11</i>
3.2.3. <i>Vrty pro tepelná čerpadla.....</i>	<i>11</i>
3.3. Systém vzduch-vzduch (voda).....	12
3.3.1. <i>Tepelné čerpadlo venkovní vzduch-vzduch.....</i>	<i>12</i>
3.3.2. <i>Tepelné čerpadlo venkovní vzduch-voda.....</i>	<i>12</i>
3.3.3. <i>Tepelné čerpadlo odpadní vzduch-vzduch.....</i>	<i>13</i>
3.4. Tepelné čerpadlo jako chladič zařízení.....	13
<b>4. Podrobnější posouzení tepelného čerpadla vzduch-voda.....</b>	<b>14</b>
4.1. Příklad z praxe.....	16
4.2. Ekonomické porovnání provozních nákladů.....	20
4.3. Podíly na potřebě energie.....	21
<b>5. Závěr.....</b>	<b>22</b>

## 1. ÚVOD

Dovolte úvodem několik informací o podstatě tvorby mé bakalářské práce, TEPELNÁ ČERPADLA PRO VYTÁPĚNÍ OBYTNÝCH BUDOV.

### Energie z přírody

Čtyři základní živly – oheň, voda, země a vzduch – hrály zásadní roli v symbolice všech kultur. Lidé je vždy považovali za životně důležité složky lidského těla, jejichž rovnováha je důležitá pro udržení fyzického i psychického zdraví. Stejně zásadní úlohu hraje harmonie živlů také na vnějším světě. Oheň, voda, země a vzduch jsou základními principy toku energie, které se neustále cyklicky mění. V budoucnu pro nás mohou znamenat ještě více. Jsou totiž, aniž bychom si to mnohdy uvědomovali, zdrojem obrovského množství tepelné energie.

### Alternativní zdroj energie pro vytápění

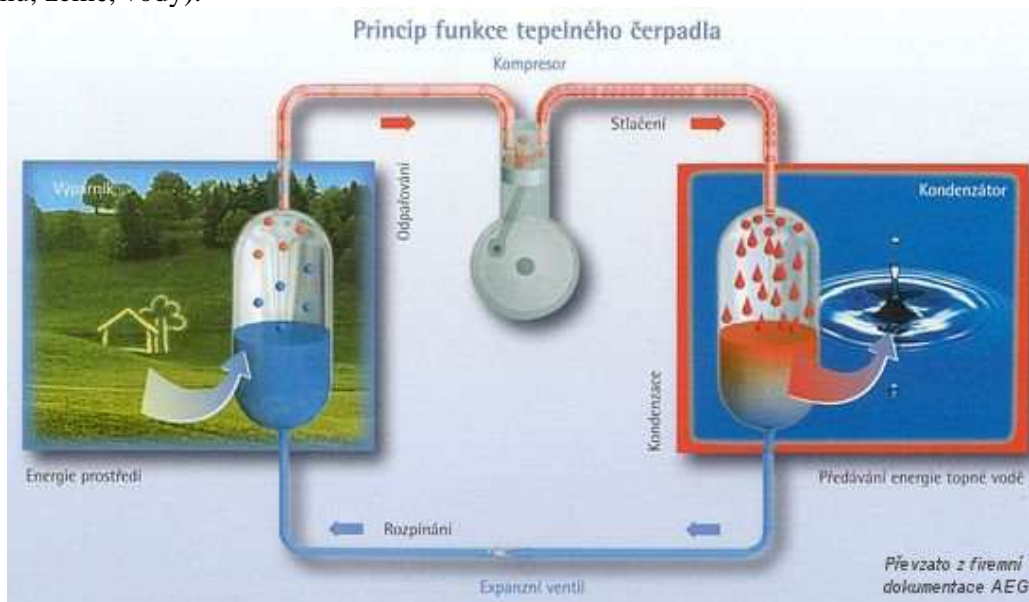
Je mnoho způsobů, kterými člověk může energii planety Země získat. Pokud je některý z nich šetrný a nezpůsobuje Zemi nenávratné škody, bylo by doslova hříchem jej nevyužít. K lehce obnovitelným zdrojům tepelné energie patří také teplo skryté v zemi, vodě a vzduchu. Teplo z přírodního prostředí je však - pro svou nízkou teplotu – běžným způsobem nevyužitelné. Přitom více než sto let je známo řešení, jak toto teplo účelně využívat. Je jím tzv. tepelné čerpadlo, které teprve až se zvyšujícími se cenami energií, i díky generačním skokům ve vývoji jeho komponentů, nabylo na významu. Zejména od sedmdesátých let minulého století nachází stále větší uplatnění. Tepelné čerpadlo dokáže odebírat jinak nevyužitelné, tzv. nízkopotenciální teplo z přírodního prostředí a pomocí elektrické energie ho umí převést na teplo vhodné pro vytápění, přípravu teplé užitkové vody i další účely. To vše hospodárně a zejména u systémů využívajících tepelnou energii ze vzduchu, zcela neškodně pro životní prostředí. Tato zařízení představují jednu z nejekologičtějších a zároveň nejúspěšnějších alternativ získávání energie pro vytápění. Parametry tepelného čerpadla nejsou charakterizovány jen jeho topným výkonem a příkonem. Vždy musí být uvedeno, pro jaké teploty nízkopotenciálního tepla a topného média tyto údaje platí, protože na nich jsou v poměrně širokém rozmezí závislé.

## 2. Jak to funguje?

Princip tepelného čerpadla byl popsán již v 19. století anglickým fyzikem - lordem Kelvinem. Tepelná čerpadla využívají tepelné energie okolního prostředí a přeměňují ji na teplo vhodné k vytápění budov a ohřevu užitkové vody. Tepelná čerpadla jsou konstruována na principu kompresorového okruhu s vhodným chladivem, obdobně jako běžné kompresorové chladničky. Ty však transportují teplo z chlazeného vnitřního prostoru ven, zatímco tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního prostředí (vzduch, spodní voda, zemní teplo) a předává ho dovnitř do budovy. Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil.

Vezměme si jako příklad tepelné čerpadlo, které využívá hlubinný vrt. Z něj se získává teplo pomocí média, kterým je obvykle nemrznoucí směs. Ta se pomocí čerpadla prohání vrtem, kde se zahřeje na zhruba 4–8 °C. Takto ohřátá se dostává do tepelného čerpadla, kde ve výparníku předává teplo pracovnímu (chladicímu) médiu. Pracovní médium je látka s nízkým bodem varu, která ve výparníku expanduje, přičemž přechází z tekutého stavu do plynného, což je doprovázeno ochlazením. Díky tomu dokáže absorbovat teplo z teplonosného média, které se ochladí na teplotu pod bodem mrazu a je čerpáno zpět do vrtu, aby se opět zahřálo. Pracovní médium je poté kompresorem dopravováno do expanzního ventilu, ve kterém dojde ke zvýšení tlaku a následnému zkapalnění. Zároveň se změnou skupenství dochází k uvolnění akumulovaného tepla a ohřátí topného média na teplotu kolem 55 °C. Pracovní médium se o několik stupňů ochladí. Poté se opět dostává do výparníku, kde expanduje a celý cyklus se opakuje.

Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu, tedy i pro provoz tepelného čerpadla, je třeba dodat určité množství energie. Prakticky to znamená, že tepelné čerpadlo spotřebovává pro pohon kompresoru elektrickou energii. Protože její množství není zanedbatelné, lze tepelné čerpadlo považovat za alternativní zdroj tepla pouze částečně. Zjednodušeně lze potom říci, že tepelné čerpadlo spotřebovává přibližně jednu třetinu svého výkonu ve formě elektrické energie. Zbývající dvě třetiny tvoří teplo, které je odnímáno z ochlazované látky (vzduchu, země, vody).



Princip funkce tepelného čerpadla [1]

## 2.1. Energeticky a ekonomicky nejvýhodnější

Z principu tepelného čerpadla vyplývá, že jeho topný výkon je vždy větší než jeho elektrický příkon. Poměr topného výkonu a elektrického příkonu, tzv. topný faktor, je tedy vždy větší než jedna, za informativní můžeme pokládat hodnotu 3. Použijeme-li tedy tepelné čerpadlo pro vytápění, znamená to, že z 1 kWh odebrané elektrické energie čerpadlo „vyrobí“ asi 3 kWh energie tepelné, za vhodných podmínek i více. Tím se výrazně snižuje spotřeba energie pro vytápění, provozní náklady na vytápění i celkové náklady na energii ve vytápěném objektu. Energetická výhodnost tepelného čerpadla vyjádřena topným faktorem bude tím větší, čím bude teplota odebíraného nízkopotenciálního tepla vyšší a s čím nižší teplotou topného média bude pracovat.

## 2.2. Ekologické-šetří naše životní prostředí

Znečištění životního prostředí a nedostatek primárních energetických zdrojů se v současné době stávají celospolečenskými tématy, jimž věnujeme stále větší pozornost. Negativní průvodní jevy příznivě ovlivní každý, kdo usiluje o snížení energetické náročnosti vytápění svého obydlí. Právě tepelná čerpadla představují jednu z možností, jak toho dosáhnout. Tepelná čerpadla v porovnání s klasickými zdroji tepla, např. kotli na tuhá paliva, zemní plyn či topný olej, šetří primární energetické zdroje a přímo či nepřímo snižují tvorbu škodlivých emisí. Vedle toho snižují i tepelnou a tedy opět ekologickou zátěž okolního prostředí, která je průvodním jevem vytápění. Rozhodnutí o pořízení tepelného čerpadla přináší tedy nejen výhody ekonomické. Je také velkým přínosem pro zlepšení životního prostředí.<sup>1)</sup>

### 3. Druhy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla se dělí na několik skupin, podle toho z jakého zdroje teplo odebírají a jakým způsobem ho předávají dále.

#### 3.1. Systém voda-voda

Tento způsob získání tepla je nejvýhodnější z hlediska topného faktoru, ale náročný na dostatečné množství zdrojové vody a především na její teplotu. V českých podmínkách je to těžko dostupný a využitelný zdroj - pouze u dostatečně velkých vodních ploch jako jsou vodní nádrže, řeky. Dalším formálním problémem je nutnost získání povolení instalace do vodních toků od Správce toků a povrchových vod.

##### 3.1.1. Tepelné čerpadlo využívající tepla z povrchové vody



Země/voda – rybník [3]

Tepelné čerpadlo čerpá teplo z povrchové vody. Na dně nádrže jsou položeny plastové hadice se zátečkami, naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem. Výhodou jsou opět nižší náklady než u termovrtu a vysoký topný faktor. Nevýhodou je že plastové hadice se mohou snadno poškodit např. při povodních či jiném zásahu. Potřebná plocha pro hadice je 150 až 350 m<sup>2</sup>. Vodní zdroj nesmí v zimě zamrznout. Dle železného pravidla se na 1 kW tepelného výkonu se spotřebuje 310 l vody za hodinu, která je teplejší než 4 °C.

##### 3.1.2. Tepelné čerpadlo využívající tepla z podzemní vody



Voda/voda [3]

Tepelné čerpadlo odebírá teplo ze spodní vody. Spodní voda je vyčerpávána ze studny, v tepelném čerpadle je ochlazená a pak zavedena do druhé vsakovací studny. Výhodou tohoto řešení jsou nižší pořizovací náklady než u vrtu a především vysoký topný faktor. Nevýhodou

je nutnost častějšího čištění a instalace nových filtrů, větší poruchovost. Je nutné, aby voda měla alespoň 7 °C a vyhověla chemickému rozboru. Dále je třeba, aby vydatnost studně byla min. 0,5 l/s. Podle železného pravidla platí, že na 1 kW tepelného výkonu je zapotřebí 150 l vody za hodinu. Musí se také zajistit dostatečné oddělení obou studní, aby se voda ve vsakovací studni dostatečně ohřála předtím, než se dostane do jímací studny. V tomto případě se využívá skutečnosti, že si spodní voda celoročně udržuje teplotu cca 4 °C.

### 3.2. Systém země-voda

Tento způsob je velmi oblíbený v našich podmínkách. Jedná se o vrty či o uložení kolektorů do země.

#### 3.2.1. Tepelné čerpadlo využívající energii z půdy



Země/voda – plocha [3]

V zahradě jsou ve zhruba metrové nezámrazné hloubce a s metrovou roztečí zakopány plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Nejedná se ale o získávání tepla ze země (geotermální zdroj). Čerpá se naakumulované teplo ze slunce, deště a okolního vzduchu - tím je tepelný tok od zdroje omezen. Výhodou jsou nižší náklady než u termovrtů a poměrně vysoký tepelný faktor. Největší nevýhodou tohoto řešení je nutnost velkého pozemku. V místě položení kolektorů nelze nic stavět a ani sázet stromy. Tímto je pozemek znehodnocen. Při správném provedení kolektoru nedochází k ovlivnění vegetace nad kolektorem. Železné pravidlo říká, že na 1 kW tepelného výkonu je třeba počítat s cca 42 m<sup>2</sup> plochy zemního kolektoru. Běžně se instalací zabere 300 až 600 m<sup>2</sup> pozemku.

### 3.2.2. Tepelné čerpadlo využívající energii z hlubinného vrtu



Země/voda –vrt [3]

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z vrtu. V něm jsou zasunuty plastové nebo měděné sondy naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Vrt je zaplněn suspenzí cementu a bentonitu pro lepší vodivost tepla mezi zdrojem a jímacím zařízením. Výhodou je stabilní teplota zdroje, nezávislost na okolní teplotě a vysoký topný faktor. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady kvůli zemním pracím. Jeden metr hloubky stojí průměrně 1000 Kč. Běžně se hloubí 50 až 120 m. Vrty dále podléhají schvalovacímu řízení. Teplota země se zvyšuje na každých 30 m o 1 °C. Z toho plyne, že je výhodnější jeden hluboký vrt než několik mělčích. Železné pravidlo říká, že na 1 kW tepelného výkonu je třeba 15 m hloubky vrtu.

### 3.2.3. Vrty pro tepelná čerpadla

Vrty pro tepelná čerpadla systém země-voda jsou vodními díly a vyžadují tedy povolení ve smyslu § 15 vodního zákona. Nutnou součástí stavebního povolení vrtů systému země-voda je i povolení k nakládání s vodami. K vydání povolení k nakládání s vodami jsou nezbytné ještě dva podklady, a to vyjádření osoby s odbornou způsobilostí (hydrogeologa) a dále stanovisko místně příslušného správce povodí.

Vrty pro tepelná čerpadla jsou relativně novým druhem stavebních objektů a z hlediska jejich funkce se člení do dvou skupin. První, výrazně početnější skupinu tvoří vrty systému země x voda, druhou, méně početnou skupinu tvoří vrty systému voda x voda. Legislativa se dlouho především s fenoménem vrtů systému země x voda nedokázala vyrovnat. Na tyto vrty se pohlíželo jako na něco, co není ani stavbou, ani průzkumem a tak se stávalo (v tom lepším případě), že stavební úřad do stavebního povolení konstatoval, že objekt bude vytápěn pomocí tepelného čerpadla, nebo formou rozhodnutí odsouhlasil změnu technologie vytápění u stávajících objektů, např. z tuhých paliv na tepelné čerpadlo systému země x voda. Projekce vlastních vrtů až na výjimky chyběla, občas se objevoval odkaz na báňské předpisy a i exekutiva - viz výklad odboru stavebního řádu MMR z 15. ledna 2002 - se k tomuto problému stavěla tak, že vrty tohoto typu není třeba nijak povolovat. V současné době je situace v nahlížení na vrty pro tepelná čerpadla obou skupin z hlediska práva naštěstí jiná, ale povědomí o tom je slabší jak mezi odborníky, tak mezi správními úředníky.<sup>2)</sup>

### 3.3. Systém vzduch-vzduch (voda)



Vzduch/vzduch [3]

V našich podmínkách nejčastěji instalovaný systém vytápění, díky nízkým instalačním nákladům. Při svém provozu jsou ale často hlučná a proto musí splňovat hygienické požadavky na hluk. Při teplotách venkovního vzduchu od  $-5\text{ °C}$  do  $7\text{ °C}$  se tvoří na spodní části vzduchového výparníku námraza z vlhkosti vzduchu. Ta se odstraňuje reverzací - asi na dvě minuty se obrací oběh tepelného čerpadla, ventilátor se zastaví, teplo se odebírá z topné soustavy a výparník se ohřívá, led odtaje a spadne. Při teplotách nižších než  $-5\text{ °C}$  se námraza již netvoří, protože vzduch je suchý. Při teplotách vyšších než  $7\text{ °C}$  se námraza také netvoří, vzduch je teplý, pouze odkapává voda.

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu a předává jej do vodního topného okruhu, v případě systému vzduch-voda.

#### 3.3.1. Tepelné čerpadlo venkovní vzduch-vzduch

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu do teplot až  $-15\text{ °C}$  a předává ho do objektu. Výhodou tohoto systému je nízká pořizovací cena a odpadnější náročná instalační práce. Tato čerpadla dokáží v létě i chladit a tak nahradit drahou klimatizací. Nevýhodami je velmi nízký topný faktor a přímá závislost na okolních teplotách. V zimě, kdy teplota klesne pod mínus  $20\text{ °C}$ , je tepelné čerpadlo nevyužitelné vzhledem k nízkému topnému faktoru. Tento problém se řeší náhradním zdrojem vytápění. Nejčastěji elektrokotlem dodávaným společně s tepelným čerpadlem.

#### 3.3.2. Tepelné čerpadlo venkovní vzduch-voda



Vzduch/voda [3]

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu a předává jej do vodního topného okruhu. Platí stejné výhody a nevýhody jako u předešlého systému. Topný faktor při venkovní teplotě  $-7\text{ °C}$  a teplotě vody v topném systému  $35\text{ °C}$  je 2,8.

### 3.3.3. Tepelné čerpadlo odpadní vzduch-vzduch



Odpadní vzduch/voda [3]

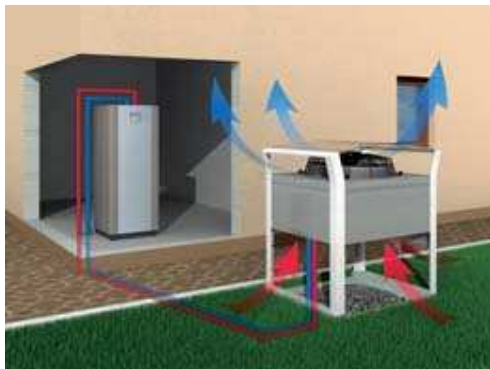
Tepelné čerpadlo odebírá teplo z vnitřního vzduchu v budově, které zároveň funguje jako větrací jednotka. Nevýhodou je nutnost instalace vzduchotechnického potrubí a nízký výkon tepelného čerpadla. Díky rozměrům a nízké hlučnosti lze zabudovat do kuchyňské linky a používat digestoř na ohřev i užitkové vody. Tímto způsobem se využije veškeré teplo v domě a zároveň se i dá zbavit odpadního vzduchu včetně toho na toaletách.<sup>3)</sup>

### 3.4. Tepelné čerpadlo jako chladicí zařízení

Tepelné čerpadlo pracuje ve svém principu jako chladicí zařízení, jehož hnacím prvkem je kompresor poháněný elektromotorem. Je primárně určeno k produkci tepla. Ke svému provozu však potřebuje elektřinu. Dá se tedy pokládat za zvláštní druh elektrického vytápění. Princip tepelného čerpadla je stejný jako u obyčejné domácí chladničky. Výměnkem tepla na své zadní straně chladnička hřeje, vytápí naši kuchyni. Zbavuje se tak tepla, které převedla z nižší hladiny (+ 5 až +10 °C uvnitř chladničky) na hladinu vyšší (asi + 30 °C na povrchu tepelného výměníku). Tepelné čerpadlo není nic jiného, než veliká chladnička, která místo potravin ochlazuje rodinný dům. Tím zahřívá vzduch v okolí domu, podzemní vodu (v hlubinných vrtech), povrchovou vodu (v řece, rybníku). Převod tepla v tepelném čerpadle se uskutečňuje pomocí pracovní látky – chladiva, které v zařízení trvale obíhá a cyklicky mění své skupenství. Přiváděným nízkopotenciálním teplem se ve výparníku při sacím tlaku kompresoru vypařuje, teplem odváděným v kondenzátoru pro vytápění při výtlačném tlaku kompresoru kondenzuje. Převod a stlačování par z výparníku do kondenzátoru zajišťuje kompresor. Převod kapalného chladiva z kondenzátoru do výparníku zajišťuje vhodný expanzní ventil. Chladivo musí splňovat požadavky ekologické, bezpečnostní a hygienické.

Na celkové množství tepla potřebného pro vytápění, které je produkováno tepelným čerpadlem, se nízkopotenciální teplo (tj. teplo odebírané z přírodního prostředí, které je k dispozici „zdarma“) podílí až 70% a „hnací“ elektrická energie jen 30%. Ekologická zátěž tohoto způsobu vytápění ve srovnání s klasickými způsoby minimální a zejména z ekonomického hlediska je princip tepelného čerpadla velmi výhodný.<sup>4)</sup>

#### 4. Podrobnější posouzení tepelného čerpadla vzduch-voda

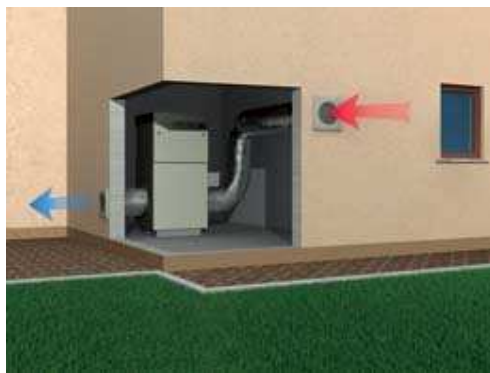


Teplo ze vzduchu [5]

Podle umístění objektu a požadavků na způsob vytápění je možné zvolit jednu ze tří variant tepelných čerpadel, která využívají teplo buď ze vzduchu, vody nebo země. V klimatických podmínkách České republiky bývají pro převážnou většinu realizací nejvhodnější tepelná čerpadla, která získávají tepelnou energii ze vzduchu. Tento druh tepelného čerpadla může být v provozu nejen po dobu topné sezóny, ale i po zbytek roku, kdy je využíván pro ohřev užitkové a bazénové vody. Instalace těchto čerpadel je velmi jednoduchá a nenákladná a na rozdíl od ostatních čerpadel nenarušuje čerpadlo „vzduch-voda“ teplotní rovnováhu okolí, protože teplo odebrané vzduchu z okolí je opět do okolí vráceno tepelnými ztrátami objektu.

Teplo obsažené ve vzduchu se využívá přímo. Výparníkem tepelného čerpadla přímo proudí venkovní vzduch.

Teplota vzduchu se v průběhu otopného období mění ve značném rozmezí. V souvislosti s tím se mění i topný výkon a topný faktor tepelného čerpadla. Při extrémně nízkých teplotách vzduchu topný výkon i topný faktor klesá. U moderních tepelných čerpadel ale zhoršení energetických parametrů není tak výrazné, jako u starších provedení. Právě tak se u nich rozšiřuje oblast použitelnosti, tj. snižuje se teplota vzduchu, do které spolehlivě a efektivně pracují. Tepelná čerpadla mohou pracovat do teploty okolního vzduchu až  $-20\text{ °C}$  ( $-25\text{ °C}$ ) při teplotě topného média  $50/45\text{ °C}$  ( $40/35\text{ °C}$ ). Změna jejich parametrů v závislosti na pracovních podmínkách je patrná z tabulek technických parametrů. (viz str. 18)



Jak pracuje tepelné čerpadlo [6]

Vzhledem k tomu, že délka období s extrémně nízkými teplotami vzduchu je v porovnání s délkou otopného období poměrně krátká, není význam tohoto období na spotřebu energie pro vytápění podstatný. Přitom negativní vliv „studeného“ období je zcela eliminován funkcí čerpadla v podstatně delším „teplém“ období na začátku a konci otopné sezóny. Výhodou těchto čerpadel je i množnost jejich celoročního, velice efektivního využívání pro přípravu teplé užitkové vody, nebo ohřev bazénové vody.

Od samého počátku vývoje a výroby tepelných čerpadel PZP je zřejmé, že v klimatických podmínkách převážné části naší republiky představuje tepelné čerpadlo „vzduch-voda“ nejvýhodnější řešení, které je doporučováno všem zájemcům o vytápění tepelným čerpadlem. Ve výrobním programu jsou nabízena dvě provedení těchto tepelných čerpadel. Tepelné čerpadlo TCLM Komplet vhodné zejména pro nové rodinné domy a objekty s menší tepelnou ztrátou a tepelné čerpadlo TCLM s venkovní jednotkou pro všechny typy objektů.

#### **Výhody tepelných čerpadel „vzduch-voda“ proti systémům odebírajícím teplo ze země nebo z vody:**

- Velmi snadno se instalují.
- Nenarušují teplotní (ani ekologickou) rovnováhu okolí.
- Umožňují bezproblémové celoroční a velice efektivní využívání pro přípravu teplé užitkové vody nebo ohřev bazénové vody.

V České republice jsou pro systém "vzduch-voda" ideální klimatické podmínky (průměrná teplota vzduchu během topné sezóny je +3 °C). Pro své nízké pořizovací náklady a špičkové parametry dokáží bezproblémově nahradit tepelná čerpadla systému "země-voda", jejichž realizace je technicky mnohem náročnější a pro investora podstatně dražší. Vzduch je jako zdroj tepla nejdostupnější, prakticky neomezený a dá se říci, že z ekologického hlediska nejvýhodnější, protože odebrané teplo z okolí je opět vráceno tepelnými ztrátami objektu. K velkým výhodám patří i ta skutečnost, že tyto systémy mohou pracovat celoročně a být efektivně využívány pro přípravu teplé užitkové vody nebo ohřev vody v bazénu. Tepelná čerpadla "vzduch-voda" nenarušují teplotní rovnováhu okolí, jako je tomu u systému "země-voda".

## 4.1. Příklad z praxe

### Volba výkonu tepelného čerpadla

Potřebný výkon pro vytápění objektu je dán vypočtenou tepelnou ztrátou ve Watech. Tepelná ztráta objektu udává potřebný výkon pro vytápění určený pro tzv. venkovní oblastní výpočtovou teplotu (podle ČSN pro různé oblasti -12, -15 nebo -18 °C). Celý výkon vypočtený podle tepelných ztrát je tedy třeba pro vytápění dodávat pouze při nejnižších venkovních teplotách, které trvají jen několik málo dní v roce. Abychom nemuseli instalovat dražší tepelné čerpadlo, jehož výkon bude po většinu topné sezóny nevyužit, používá se často kombinace s druhým zdrojem tepla. Dalším důvodem je i fakt, že předimenzované tepelné čerpadlo má podstatně kratší životnost, protože dochází k častějšímu spínání kompresoru.

Kombinace tepelného čerpadla s druhým zdrojem, který je v provozu pouze při nízkých venkovních teplotách, se nazývá bivalentní zapojení. Nejčastěji se jako druhý zdroj používá elektrokotel nebo plynový kotel. Mnoho moderních tepelných čerpadel má v sobě elektrokotel vestavěný, takže nevyžaduje žádné další investiční náklady na druhý zdroj tepla. Tepelné čerpadlo se běžně navrhuje na krytí přibližně 60% tepelných ztrát. Jeho výkon potom postačuje přibližně do venkovní teploty kolem -2 °C (tzv. teplota bivalence). Při nižších teplotách dochází k automatickému sepnutí druhého zdroje tepla. U domu s tepelnou ztrátou např. 12 kW tedy můžeme instalovat tepelné čerpadlo s výkonem 7 kW. Zbýlých 5 kW, které jsou potřeba pouze při nízkých venkovních teplotách, bude dodávat druhý zdroj. Provoz druhého zdroje se projeví na celkových nákladech zvýšením pouze asi 10-20% (podle druhu tepelného čerpadla).

Výkony tepelných čerpadel pro běžné rodinné domy se většinou pohybují v rozsahu 4-10 kW. U tepelných čerpadel vzduch/voda je třeba počítat s tím, že jeho výkon klesá s venkovní teplotou.

#### A) Tepelná čerpadla „vzduch-voda“ TCLM Komplet



Tepelná čerpadla „vzduch-voda“ TCLM Komplet [6]

Tepelná čerpadla TCLM KOMPLET jsou určena pro moderní, energeticky úsporné rodinné domy s tepelnou ztrátou nepřesahující 12 kW. Jejich výhodou je, že jsou dodávána jako jeden celek, představující kompletní tepelné čerpadlo v bivalentním zapojení včetně doplňkového zdroje - elektrokotle i základního oběhového čerpadla topného média. K čerpadlu se může standardně připojit i příprava teplé užitkové vody.

Tepelné čerpadlo se instaluje uvnitř objektu. S venkovním prostředím se propojuje tepelně a akusticky izolovanými flexibilními vzduchovody zakončenými speciálními krycími mřížkami, osazenými do obvodové stěny objektu. Vzduchovody i krycí mřížky jsou dodávány jako standardní příslušenství tepelného čerpadla.

Zařízení svým designem a velmi nízkou hlučností umožňují umístění čerpadla i v těsné blízkosti bytových prostorů. Po zapojení tepelného čerpadla do vytápěcího systému, připojení vzduchovodů, přívodů elektro a připojení na odpad je tepelné čerpadlo připraveno k okamžitému provozu. Do odpadu se odvádí voda kondenzující nebo vymrzávající na výparníku z ochlazovaného vzduchu. Ta z něj stéká trvale nebo při odtávání námrazy.

Tepelné čerpadlo je vybaveno řídicím systémem, který zajišťuje autonomní provoz vlastního čerpadla i přiřazeného vytápěcího systému včetně ekvitermní regulace. K ovládací skřínce tepelného čerpadla je možné přímo připojit oběhová čerpadla topných okruhů, směšovací ventil, elektrický ohřev TUV, prostorové termostaty apod. Tímto komplexním řešením odpadá zcela nebo z větší části specializované montážní práce, které vždy tvoří nemalou část investičních nákladů.

Tepelná čerpadla TCLM Komplet jsou vyráběna v typové velikosti 5.3 a 7.1 univerzální jak pro vytápěcí systémy s radiátory, tak pro systémy podlahového či stěnového vytápění. Vedle standardního řešení mohou být dodána i v úpravě bez elektrokotle a možnosti připojení přípravy teplé užitkové vody. Takové provedení je účelné pro použití v zapojeních se stávajícím zdrojem tepla, např. kotlem na zemní plyn nebo kapalný propan, kotlem na topný olej nebo elektrokotlem.

#### Technické parametry TCLM Komplet (doplňující údaje)

Údaj	Typ	TCLM Komplet	5.3	7.1
			Jedn.	
<b>Energetické parametry</b>		<b>A15/W501)</b>		
		-tepelný výkon	kW 7,1	9,5
		-efektivní příkon	kW 2,2	3,0
		-topný faktor (COP)	- 3,2	3,2
		<b>A7/W501)</b>		
		-tepelný výkon	kW 6,0	8,1
		-efektivní příkon	kW 2,1	2,8
		-topný faktor (COP)	- 2,9	2,9
		<b>A2/W501)</b>		
		-tepelný výkon	kW 5,4	7,2
		-efektivní příkon	kW 2,0	2,7
		-topný faktor (COP)	- 2,7	2,6
		<b>A-7/W501)</b>		
		-tepelný výkon	kW 4,3	5,8
		-efektivní příkon	kW 1,9	2,6
		-topný faktor (COP)	- 2,3	2,3
		<b>A7/W351)</b>		
		-tepelný výkon	kW 6,5	8,7
		-efektivní příkon	kW 1,7	2,3
		-topný faktor (COP)	- 3,9	3,9

<b>A2/W351)</b>			
-tepelný výkon	kW	5,8	7,8
-efektivní příkon	kW	1,6	2,2
-topný faktor (COP)	-	3,6	3,6
<b>Elektrokotel</b>			
Standardně instalovaný výkon	kW	6,00	9,00
Maximální možný výkon	kW	13,50	13,50
<b>Elektrické parametry</b>	napájecí napětí	V/Hz3x400/230 / 50	
<b>Rozměry a hmotnost</b>	- šířka	mm	870 870
	- hloubka	mm	775 775
	- výška	mm	1710 1860
	- hmotnost	kg	250 260
<b>Pracovní látka - chladivo</b>	(ekologicky zcela nezávadné)	R 404A	

Graf 1- Technické parametry TCLM Komplet

1) Např. A2/W50 znamená: Vstupní teplota primárního zdroje tepla (vzduch) +2 °C, výstupní teplota topné vody +50 °C

2) Energetické parametry tepelných čerpadel jsou uvedeny při podmínkách, které jsou stanoveny normou ČSN EN 255-2: 1998.<sup>5)</sup>

## B) Tepelná čerpadla vzduch-voda HPAW

Tepelná čerpadla využívající jako zdroj energie okolní vzduch patří k nevyhledávanějším typům čerpadel vyráběných společností PZP KOMPLET. Vyznačují se jednoduchou instalací, velmi příznivou cenou a univerzálním použitím nejen pro vytápění a ohřev teplé vody, ale např. i pro ohřev bazénové vody v období mimo topnou sezonu. Tepelné čerpadlo HPAW – Split systém s venkovní jednotkou je použitelné pro všechny typy objektů.

**Tepelná čerpadla HPAW se skládají ze dvou částí, které jsou mezi sebou propojeny (tzv. split systém).**

Vnitřní část, obsahující především kompresor, kondenzátor – ohřivač topné vody, ovládací skříňku s řídicím systémem, ovládací panel a další funkční součásti tepelného čerpadla, se umísťuje do vhodného vnitřního prostoru, zpravidla strojovny, ve které jsou umístěna i další technická zařízení budovy. Vnitřní část je osazena hrdly pro připojení vnější části a hrdly pro připojení otopné soustavy. Skříň vnitřní části je akusticky izolována.



Tepečná čerpadla HPAW [5]

*Vnější část* – výparník tepelného čerpadla, který pracuje jako chladič vzduchu, se umísťuje v blízkosti vytápěného objektu na volném prostranství. Umístění včetně okolních úprav musí zajistit volné proudění vzduchu přes výparník. Dále musí zajistit odvod vody kondenzující nebo vymrzávající na výparníku, která z něj volně stéká trvale nebo při odtávání námrazy. Proudění vzduchu přes výparník zajišťují ultratiché ventilátory s velkým vzduchovým výkonem. Ventilátory pracují s dvoupolohovou regulací otáček, kterou se může dále snížit hluchnost v nočním provozu. Vnější část je vyrobena z materiálů odolných proti korozi.

**06 S 10 S 16 S 06 S 08 S 10 S 12 S 14 S 18 S 22 SB 30 SB 36 SB**

		jednofázová HP1AW					trojfázová HP3AW							
<b>Energetické parametry</b>														
<b>A2/W501)</b>														
topný výkon	kW	5,3	8,1	14,8	5,6	7,5	9,2	10,7	13,3	15,8	19,4	27,1	33,0	
efektivní příkon	kW	2,1	3,5	6,0	2,2	2,9	3,5	4,1	5,1	6,0	7,6	10,4	12,3	
topný faktor (COP)	-	2,5	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	
<b>A2/W351)</b>														
topný výkon	kW	5,9	8,9	15,9	6,2	8,3	9,8	11,8	14,6	17,5	21,5	29,9	36,4	
efektivní příkon	kW	1,6	2,6	4,4	1,8	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	6,2	8,4	10,0	
topný faktor (COP)	-	3,6	3,4	3,6	3,4	3,5	3,9	3,5	3,6	3,6	3,5	3,6	3,6	
<b>Elektrické parametry</b>														
napájecí napětí	V /Hz	1x230/50					3x400/50							

Energetické parametry [6]

1) Např. A2/W50 znamená: Vstupní teplota primárního zdroje tepla (vzduch) +2 °C, výstupní teplota topné vody + 50 °C. <sup>6)</sup>

## 4.2. Ekonomické porovnání provozních nákladů

### Cena za vytápění plynem za jeden rok:

Průměrná spotřeba plynu za rok: 1700 m<sup>3</sup>/rok  
 1700m<sup>3</sup> odpovídá.....17,94 MWh  
 1MWh stojí.....1622,17 Kč  
 Stálá platba.....57 Kč

$$17,94 \times 1622,17 = 29\,111 \text{ Kč}$$

$$+ 57 \times 12 = 684 \text{ Kč}$$

$$= \mathbf{29\,795 \text{ Kč/rok}}$$

### Cena za vytápění elektřinou za jeden rok:

Sazba D56d

Vysoký tarif 50% a nízký tarif 50%.....(2225,24 + 1813,16) ÷ 2 = 2 019,20 Kč/MWh  
 + 225×12 = 2700 Kč

(2700 Kč je 12x měsíční plat za příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem....nad 3×20 A do 3×25 A včetně.....225 Kč/měsíc). Tato částka nám neovlivní cenu za vytápění tepelným čerpadlem.

Zvolené tepelné čerpadlo je M5AC 055 CR (napájení: 220-240/1/50), které má při průměrné teplotě 7 °C příkon 4,38 kW a výkon 16,68 kW. Topný faktor tedy bude 16,68 ÷ 4,38 = 3,81.

$$17,94 \times 2019,2 \times 4,38 \div 16,68 = \mathbf{9\,512,2 \text{ Kč/rok}}$$

Úspora za rok při použití tepelného čerpadla: 29 795 – 9 512,2 = **20 283 Kč/rok**

Cena navrhnutého tepelného čerpadla vzduch-voda včetně DPH 201 562 × 1,19 = **239 859 Kč**

Cena plynového kotle: asi **40 000 Kč**

Rozdíl pořizovacích nákladů: 239 859 – 40 000 = 199 859 Kč

Návratnost při stávajícím stavu: 199 859 ÷ 20 283 = **9,85roku**

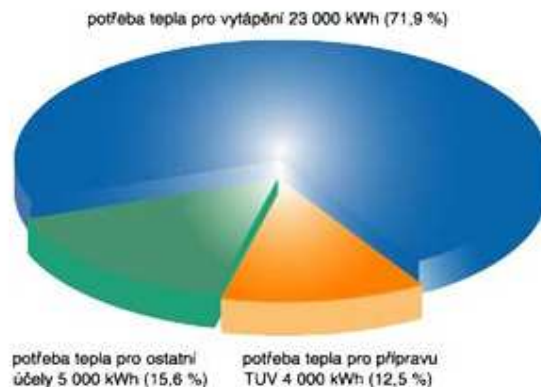
**DOTACE:** V současné době – září 2006 lze opět podávat žádosti o státní dotace na ekologické vytápění i pro rodinné domky. (Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody pro byty a rodinné domky fyzických osob).

Lze žádat tyto dotace:

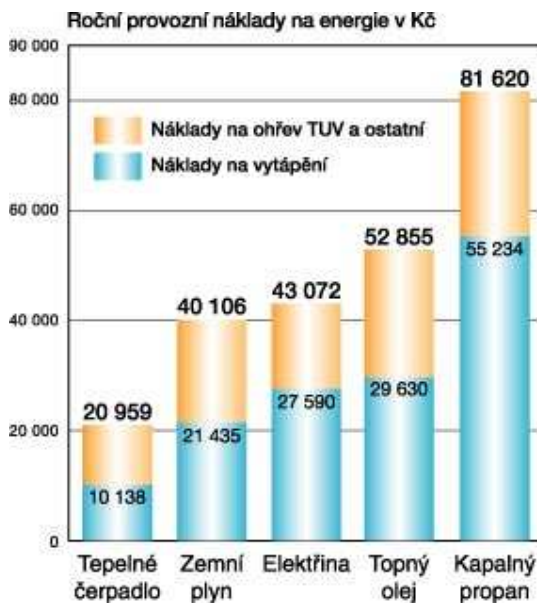
Druh podpory	Procentuální podpora	Max. výše podpory
Solární systémy	50 %	50 000,- Kč
Tepelná čerpadla	30 %	50 000,- Kč
Kotle na biomasu	50 %	50 000,- Kč

### 4.3. Podíly na potřebě energie

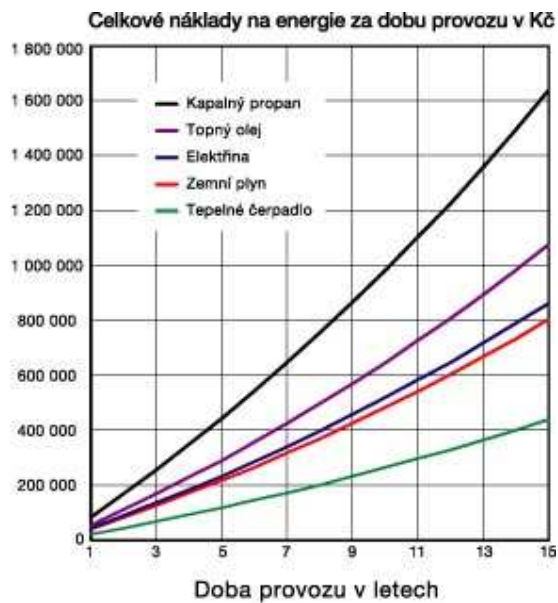
Pro představu o ekonomické výhodnosti vytápění tepelným čerpadlem je uveden modelový příklad rodinného domu s tepelnou ztrátou 10 kW. Základní podmínky pro srovnání jsou dány podíly na potřebě tepelné energie pro vytápění, přípravu teplé užitkové vody a energie pro další účely, vyjádřenými v kruhovém grafu.



Potřeba tepla pro vytápění



Roční provozní náklady na energii v Kč



Celkové náklady na energii

Graf odpovídá cenám za energie k 1.1.2004

V nákladech na energie se uvažuje s inflačním růstem cen energií 4 % za rok

## 5. Závěr

Výhodná pro vaši peněženku a ohleduplná k životnímu prostředí. Myslím si, že tepelná čerpadla jsou technologií budoucnosti.

Tepelné čerpadlo vytápí Váš dům, poskytuje Vám veškerou teplou vodu, kterou potřebujete. Za teplého počasí může dokonce Váš dům ochlazovat. Tepelná čerpadla nezabírají příliš mnoho místa, a nevyžadují žádnou údržbu ani doplňování paliva. Navíc jsou energeticky úsporná a šetří vám peníze.

S rostoucími cenami plynu a ropy stále více lidí hledá spolehlivý a obnovitelný zdroj energie za rozumnou cenu. Přitom ohleduplnost k životnímu prostředí je také důležitým faktorem. Naléhavě potřebujeme všestranná energeticky úsporná řešení. Všichni si uvědomujeme, že již nemůžeme dále znečišťovat vzduch a přitom spotřebovávat zásoby energie na Zemi.

Předložená práce pojednává o výhodnosti vytápění tepelnými čerpadly. Popisuje jejich princip a možnosti zapojení. Podrobněji se zabývá tepelným čerpadlem vzduch-voda, pro které je proveden orientační výpočet návratnosti proti vytápění plynem. Tato orientační návratnost byla stanovena na 9,85 roku při stávajícím stavu cen energií. Tato návratnost se bude díky rostoucím cenám plynu dále zkracovat a tepelná čerpadla se stanou ještě výhodnějšími, než byly doposud.

## Seznam zdrojů:

- 1) *Teplo z okolního prostředí* [online]. 2008 [cit. 2008-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.pzp.cz/html/main.php?s1=1&s2=2&s3=1&s4=1&lng=12>>.
- 2) *Vrty pro tepelná čerpadla mají svá pravidla i úskalí* [online], 2006 [cit. 2006-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2771>>.
- 3) *Tepelná čerpadla* [online], 2007 [cit. 2007-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.cerpadla-ivt.cz/?pn=typy-tepelnych-cerpadel&page=princip>>.
- 4) *Tepelná čerpadla* [online], 2007-2008 Dostupný z WWW: <<http://www.tcnvf.cz/tepelna-cerpadla-obecne.php>>.
- 5) *Tepelná čerpadla „vzduch-voda“ TCLM Komplet* [online], 2006 [cit. 2006-02-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.pzp.cz/html/main.php?s1=1&s2=2&s3=1&s4=4&s5=2&lng=12>>.
- 6) *Tepelná čerpadla vzduch-voda HPAW* [online]. 2006 [cit. 2006-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.pzp.cz/html/main.php?s1=1&s2=2&s3=1&s4=4&s5=8&lng=12>>.
- 7) *Tepelné čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.kez.vslib.cz/web/hlavni/data/doplanky/Tepelne\\_cerpadla.pdf](http://www.kez.vslib.cz/web/hlavni/data/doplanky/Tepelne_cerpadla.pdf)>