

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA, KATERA ZEMĚDĚLSKÉ DOPRAVNÍ**  
**A MANIPULAČNÍ TECHNIKY**

---

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití odpadního tepla jako druhotného produktu  
zemědělské výroby pomocí tepelného čerpadla**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor:

Ivo Vránek

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivo VRÁNEK**  
Osobní číslo: **Z08303**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Agropodnikání**  
Název tématu: **Využití odpadního tepla jako druhotného produktu zemědělské výroby pomocí tepelného čerpadla.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se detailně s aktuální odbornou literaturou z oblasti principu a činnosti tepelného čerpadla. Sám vyhledejte vhodnou literaturu.
2. V literatuře se především zaměřte na základní názvosloví u tepelných čerpadel, druhy systémů tepelných čerpadel, topný faktor, bivalentní provoz, možnosti získávání tepla, legislativy pro instalaci tepelného čerpadla.
3. V úvodu proveďte souhrn systémů tepelných čerpadel z doporučené literatury a vysvětlete základní pojmy.
4. Zaměřte se na problematiku tepelného čerpadla a jeho využití.
5. Proveďte teoretický popis tepelného čerpadla.
6. Uvedenou techniku z hlediska funkce, principu práce a použití.
7. Zvýhodněné sazby pro tepelná čerpadla.
8. Závěrem shrňte získané poznatky a pokuste se charakterizovat princip a využití odpadního tepla druhotného produktu v zemědělské výrobě pomocí tepelného čerpadla, které předvedete u obhajoby práce.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Žeravík, A.: Stavíme tepelné čerpadlo. EURO-PRINT, Přerov, 2003**  
**Firma BARX energie spol. s r.o.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Josef Frolík, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ⑫  
370 05 České Budějovice**



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí/katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití odpadního tepla jako druhotného produktu zemědělské výroby pomocí tepelného čerpadla“ vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a za použití literatury uvedené v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne 9. února 2011

.....

Ivo Vránek

## **Poděkování**

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za odborné rady a konzultace, které mi poskytl při zpracování mé bakalářské práce. Zároveň mé poděkování patří panu Lukáši Květounovi a Ing. Tomášovi Kopeckému ze společnosti BARX ENERGY s.r.o. za ochotu a poskytování podkladů a informací o zkoumaném projektu.

## **Abstrakt**

Hlavním cílem bakalářské práce je seznámení se s tepelnými čerpadly, jejich principem, využitím v praxi a především navržením využití odpadního tepla v oblasti zemědělství.

V oblasti zemědělství má své uplatnění systém tepelného čerpadla voda/voda a to při zchlazování mléka. Při zchlazování mléka se uvolňuje tzv. odpadní teplo, které lze efektivně využít jako nízkopotenciální zdroj tepla ve spojení s tepelným čerpadlem a to k vytápění prostoru nebo k ohřevu užitkové vody. Tepelné čerpadlo dokáže zároveň mléko zchlazovat na požadovanou teplotu. Tímto úkonem lze odstranit náklady spojené s pořízením chladicího zařízení a také regulovat provozní náklady. V této práci jsem se snažil poukázat na hospodárnost při využití tepelného čerpadla.

Ve shrnutí lze konstatovat, že mezi výhody tepelných čerpadel patří nezávislost na cenách energií, ekonomické a ekologické vytápění a rychlá návratnost investice.

**Klíčová slova:** tepelné čerpadlo, topný faktor, nízkopotenciální teplo.

## **Abstract**

The main target of my bachelor thesis is to present the information concerning thermal pumps, their principle, application in practice and first of all the suggestion of utilization of waste heat in the field of agriculture.

In the field of agriculture, the system of thermal pump water/water may be exploited while cooling milk. During the process of milk cooling, the waste heat is released which may be utilized in an effective way as low-potential source of heat in connection with the thermal pump for heating the space or warming the service water. The thermal pump is able to cool the milk simultaneously to the required temperature. By this act it is possible to eliminate the costs associated with the acquisition of a cooling device and also to regulate the operational costs. In this thesis I tried to accentuate the economy while utilizing the thermal pump.

**Key words:** thermal pumps, heating factor, low-potential source.

## Obsah:

<b>1. Úvod</b> .....	1
<b>2. Literární rešerše</b> .....	2
2.1 Základní názvosloví .....	2
2.2 Vývoj tepelných čerpadel .....	4
2.3 Teoretický popis tepelného čerpadla .....	5
2.4 Princip tepelného čerpadla .....	5
2.5 Zdroje tepla.....	6
2.5.1 Vnější vzduch.....	6
2.5.2 Odpadní vzduch .....	7
2.5.3 Povrchové vody .....	7
2.5.4 Země .....	8
2.5.5 Podzemní voda .....	8
2.5.6 Odpadní a větrací vzduch.....	9
2.6 Druhy tepelných čerpadel .....	9
2.6.1 Tepelné čerpadlo typu země/voda .....	10
2.6.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda.....	10
2.6.3 Tepelné čerpadlo typu voda/voda .....	11
2.6.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch .....	11
2.7 Efektivita .....	11
2.8 Topný faktor .....	12
2.9 Skutečný topný faktor .....	13
2.10 Bivalentní provoz tepelného čerpadla .....	13
2.11 Monovalentní provoz tepelného čerpadla .....	14
2.12 Problematika tepelného čerpadla .....	15
2.12.1 Výhody a nevýhody vytápění tepelných čerpadel dle autorů Srdečný, Truxa (2005) .....	15
2.12.2 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají venkovního vzduchu .....	16
2.12.3 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají zemského tepla .....	16
2.12.4 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají spodních vod dle Tintěry (2002).....	17

2.13 Ekonomická stránka .....	17
2.13.1 Dotace a podpory .....	18
<b>3. Metodika práce .....</b>	<b>19</b>
3.1 Cíl práce .....	19
3.2 Používané techniky sběru dat .....	19
3.3 Metodický postup .....	20
<b>4. Vlastní práce.....</b>	<b>21</b>
4.1 Proč tepelné čerpadlo? .....	21
4.2 Montáž tepelného čerpadla .....	22
4.3 Provoz tepelného čerpadla .....	22
4.4 Využití tepelného čerpadla v zemědělství .....	22
4.5 Princip tepelného čerpadla.....	22
4.6 Zchlazení mléka .....	24
4.6.1 Zchlazení mléka z 35 °C na 5 °C za 150 minut .....	25
4.7 Minimální výkon výměníku .....	25
4.8 Návrh tepelného čerpadla .....	26
4.9 Výpočet elektrického příkonu .....	26
4.10 Získaná energie při použití tepelného čerpadla .....	27
4.11 Získání teplé vody při použití tepelného čerpadla .....	27
4.12 Náklady na provoz .....	28
4.12.1 Náklady na provoz podniku bez tepelného čerpadla .....	28
4.12.2 Náklady na provoz podniku s tepelným čerpadlem .....	28
4.13 Ekonomická stránka .....	28
4.13.1 Návrh investice .....	29
4.14 Zvýhodněné sazby pro tepelná čerpadla .....	29
4.15 Dotace Státního fondu životního prostředí .....	30
<b>5. Využití tepelného čerpadla .....</b>	<b>31</b>
5.1 Úsporné vytápění .....	31
5.2 Ohřev teplé vody .....	31
<b>6. Závěr .....</b>	<b>32</b>
<b>7. Seznam literatury .....</b>	<b>34</b>



# 1. Úvod

Netradiční energetika je obor, který se věnuje získávání tepla a elektrické energie jiným než klasickým způsobem. Sluneční energie, větrné elektrárny, pěstování biomasy pro vytápění a také tepelná čerpadla se začínají prosazovat jako komerčně dostupné zdroje energie.

Tepelná čerpadla jsou pouze jedním z řady zdrojů tepla. Přinášejí pohodlí, komfort obsluhy a menší, či větší přínos pro životní prostředí.

Meziroční vývoj instalací tepelných čerpadel u nás má vzestupnou tendenci a je odrazem růstu cen energií. Tento trend bude bez ohledu na politické dění nebo ekonomickou situaci v našem státě i nadále pokračovat, neboť uživatel tepelného čerpadla nemusí nakupovat dvě třetiny energie pro vytápění, protože tuto energii získá z okolí vytápěného objektu zcela zdarma. Čím budou energie dražší, tím ekonomičtější bude vytápění s využitím tepelného čerpadla.

Někdy je možné slyšet názor, že tepelné čerpadlo je tak drahé, že se za dobu své životnosti nezaplatí. To bylo pravdou někdy před lety, kdy byly ceny energií u nás skutečně velmi nízké, ale vše se mění.

Aby mohlo být zpracováno objektivní hodnocení jednotlivých výrobků, zaměřila se Evropská asociace tepelných čerpadel na sestavení hodnotících kritérií.

## 2. Literární řešerše

### 2.1 Základní názvosloví

Tepelná čerpadla jsou jedním z alternativních zdrojů obnovitelné energie. Odnímají teplo z okolního prostředí vytápěného objektu (země, vzduchu, vody), převádějí ho na vyšší teplotní hladinu a uvolněné teplo využívají pro vytápění a ohřev teplé vody (Karlík, 2009).

Žeravík (2003) uvádí toto základní názvosloví:

Tepelné čerpadlo, TČ: zařízení k získávání využitelné tepelné energie z nízkopotenciálních zdrojů tepla.

Nízkopotenciální teplo: tepelná energie o nízké teplotě, která se nehodí pro přímé použití.

Topný faktor tepelného čerpadla: bezrozměrné číslo, které udává poměr tepelného výkonu k příkonu. Číslo je vždy vyšší než 1. V literatuře se označuje zkratkou COP (Coefficient of Performance).

Skutečný topný faktor: bezrozměrné číslo, udávající poměr tepelného výkonu a součtu příkonů všech prvků topné soustavy. Je vyšší než 1, ale nižší než COP samotného tepelného čerpadla.

Bivalence: označení pro provoz tepelného čerpadla s přídatným, obvykle elektrickým zdrojem tepla v době, kdy výkon tepelného čerpadla nestačí pro pokrytí potřeby tepla. Opakem je monovalence, což znamená, že tepelné čerpadlo pokrývá celou potřebu tepla.

Bod bivalence: venkovní teplota, při které se vyrovnají tepelné ztráty objektu a výkon tepelného čerpadla. Při poklesu venkovní teploty pod tuto mez se musí zapnout bivalentní zdroj.

Chladivo: látka, která se snadno odpařuje a zkapalňuje a slouží k přenosu tepla v chladivovém okruhu. Pro toto použití musí mít vhodné termodynamické a chemické vlastnosti.

Výměník, výměník tepla, tepelný výměník: obecný název přístroje sloužícího k přenosu tepla z jednoho média do druhého bez jejich fyzického kontaktu.

Výparník: výměník tepla určený k přenosu tepla mezi zdrojem vnějšího nízkopotenciálního tepla (vzduch, voda, nemrzoucí směs) a chladivem. Jeho primární stranou teče (nebo obtéká zvenku, podle konstrukce) médium, ze kterého se odebírá teplo a v sekundární straně se odpařuje vstříkované kapalně chladivo.

Kondenzátor: výměník určený pro výměnu tepla mezi chladivem a topným systémem. V primární straně kondenzuje horké stlačené plynné chladivo, které předává teplo vodě na sekundární straně výměníku.

Termostatický expanzní ventil (TEV), někdy nazývaný vstříkovací. Je to termostaticky řízený ventil s tryskou, jejíž otevírání je řízeno teplotou a tlakem v potrubí vedoucím k výparníku. Jeho tryskou je kapalně chladivo vstříkováno do výparníku.

Tykavka: teplotní čidlo TEV naplněné vhodnou kapalinou nebo plynem. S ventilem je spojeno tenkou kapilárou.

Sběrač kapalně chladiva: malá tlaková nádoba, která slouží jako zásobník kapalně chladiva a současně zajišťuje, aby do TEV vtékalo jen kapalně chladivo bez bublinek.

Filtrdehydrátor: speciální filtr v potrubí kapalně chladiva, který odstraňuje drobné cizí mechanické částice, kyseliny a vlhkost z chladiva.

Čtyřcestný ventil: speciální ventil, který umožňuje elektrickým povelům zaměnit vývody kompresoru (sání a výtlač) za účelem obrácení funkce tepelného čerpadla nebo klimatizační jednotky.

Odlučovač kapalného chladiva: zabraňuje vniknutí kapalného chladiva do sacího potrubí kompresoru.

## 2.2 Vývoj tepelných čerpadel

Základní myšlenku principu tepelného čerpadla vyslovil již v roce 1852 Lord Kelvin ve své druhé větě termodynamické. Ta má několik částí, tou nejdůležitější je ale tvrzení, že teplo se šíří vždy ve směru od teplejší ke studenější části, čehož princip tepelného čerpadla využívá (Karlík, 2009).

První tepelné čerpadlo sestrojil americký vynálezce Robert C. Webber. Právě když prováděl pokusy s hlubokým zamrazením, dotkl se omylem výstupního potrubí mrazícího přístroje a popálil si dlaň. To ho přivedlo na myšlenku základní funkce tepelného čerpadla. Propojil výstup z mrazáku s bojlerem na teplou vodu, a jelikož měl stále přebytek tepla, napojil horkou vodu na potrubní smyčku a pomocí malého větráku začal vhánět teplý vzduch do domu. Následně zkusil úspěšně čerpat teplo ze země pomocí zemních kolektorů (<http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-čerpadla>).

První prakticky použitelný systém tepelného čerpadla byl uveden do provozu až v roce 1924 ve Švýcarsku. Jako chladivo byl použit kysličník uhličitý, tlaky v systému byly až 9MPa. Většího rozšíření doznala chladicí zařízení po roce 1932, kdy začala americká firma Kinetic Chemicals Inc. vyrábět první chladivo ze skupiny CFC, dichlordifluormetan, kterému dala obchodní název Freon R12 (Žeravík, 2003).

Širšímu využívání tepelných čerpadel dlouhou dobu bránila vysoká cena zařízení ve vztahu k nízkým cenám energií. To platilo dlouho i u nás. Větší rozšíření tepelných čerpadel nastalo až v osmdesátých letech minulého století, kdy docházelo ke

zvyšování cen energií. Konec dvacátého a začátek 21. Století výrazně zvýšil zájem o úspory energií. Jednou z možností jsou právě tepelná čerpadla (Žeravík, 2003).

V zahraničí se tepelná čerpadla používají už desítky let. Nejedná se tedy o žádnou technickou módní novinku. Princip těchto zařízení je známý mnohem déle, než je doba jejich praktického používání (Žeravík, 2003).

### **2.3 Teoretický popis tepelného čerpadla**

Tepelné čerpadlo se většinou skládá ze dvou částí – venkovní a vnitřní. Vnitřní jednotku na první pohled nerozeznáte od běžného plynového kotle nebo ohřívače vody. Nemá žádné zvláštní nároky na umístění ani velikost prostoru a zajišťuje předávání tepla do topného systému. Venkovní část zajišťuje odebrání tepla ze zvoleného „zdroje“ (země, vzduchu, vody). Velikost a podoba venkovní části závisí na tom, z jakého zdroje se teplo získává (Karlík, 2009).

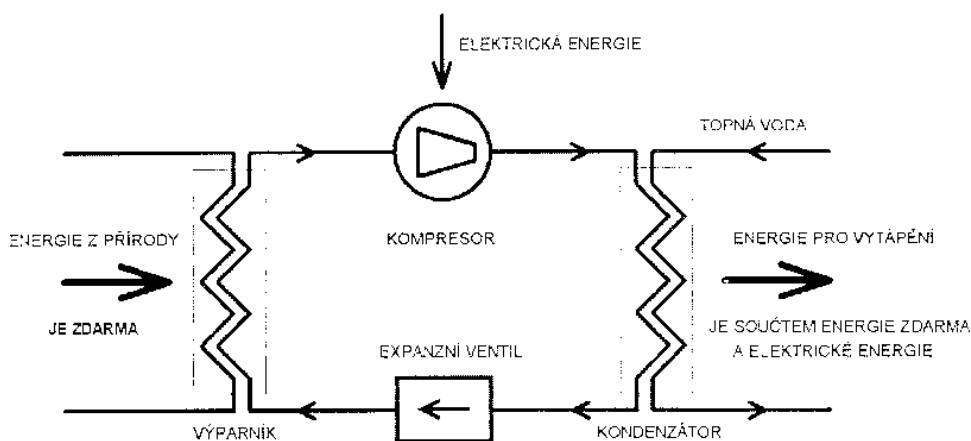
### **2.4 Princip tepelného čerpadla**

V zemi, ve vodě i ve vzduchu je obsaženo nesmírné množství tepla, avšak jeho nízká teplotní hladina neumožňuje přímé využití pro vytápění nebo ohřev vody. Pokud chceme využít teplo látek o nízké teplotě (nízkopotenciální teplo), musíme je převést na teplotu vyšší. Podobně jako vodní čerpadlo přečerpává vodu z nižší hladiny na vyšší, tepelné čerpadlo dělá totéž s teplem (Tintěra, 2002).

Na vstupní, tzv. primární straně tepelného čerpadla, je vždy výměník tepla, nazývaný výparník. Tam se pomocí vhodného teplonosného média (vzduch, voda, nemrznoucí směs) přivádí nízkopotenciální teplo zvenku a do jeho druhé poloviny se tryskou termostatického expanzního ventilu (TEV) vstříkují pod velkým tlakem kapalné chladivo. Tlak ve výparníku za TEV je nižší a kapalné chladivo se proto rychle odpařuje. Tím se celý výparník podchlazuje na teplotu nižší, než je teplota prostředí, ze kterého se odebrá teplo. Tak je dosaženo toho, že teplo ze „studené“ strany ohřívá podchlazený plyn a tento ohřátý, ale stále ještě studený plyn je nasáván kompresorem. Nasávaný plyn si s sebou nese zvenku získanou energii. Po stlačení

kompresorem se plyn silně zahřeje. V kompresoru se k energii nesené plynem přidá další část energie ve formě ztrátového tepla z elektromotoru kompresoru a tepla vzniklého třením jeho pohyblivých ploch. Stlačený plyn na výtlaku kompresoru dosáhne vyšší teploty než voda v topném systému a je veden do sekundárního výměníku, tzv. kondenzátoru, kterým topná voda proudí. Tam horký plyn zkapalní a předá teplo chladnější topné vodě. Kapalina je zase vedena do expanzního ventilu. Celý cyklus běží spojitě stále dokola. Tepelné čerpadlo v žádném případě neporušuje ani neobchází žádný fyzikální zákon (Žeravík, 2003).

**Obrázek 1:** Obecné principiální schéma tepelného čerpadla



**Zdroj:** Žeravík, 2003.

## 2.5 Zdroje tepla

Tepelné čerpadlo potřebuje ke svému fungování dva zdroje energie – elektrickou energii pro pohon a nízkopotenciální teplo ze vzduchu, vody, země nebo jiných zdrojů (Tintěra, 2002).

### 2.5.1 Vnější vzduch

Venkovní vzduch je dostupný všude. Jeho průměrná teplota v topném období je sice okolo 4 °C, ale nejnižší teploty mohou dosáhnout až -20 °C. Tepelné čerpadlo

dokáže i v takto nepříznivých podmínkách teplo odebírat. Topný faktor je ale nízký, a efektivnost klesá. Proto se používají bivalentní systémy, připojující při nízkých teplotách k tepelnému čerpadlu ještě další energetický zdroj.

Poslední možností, jak využít teplo vnějšího vzduchu, je použití „energetických střeš“ a „energetických plotů“. Jde o analogii deskových nebo trubkových otopných těles na venkovním prostranství, kterými protéká nemrzoucí směs (Tintěra, 2002).

### **2.5.2 Odpadní vzduch**

Vzduch odváděný větracím systémem objektu se ochlazuje. Má relativně vysokou teplotu – okolo 20 °C. Jsou v něm obsaženy tepelné zisky z vnitřních i vnějších zdrojů. Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, v nichž běžně užívané způsoby zpětného získávání tepla v rekuperačních výměnících nejsou použitelné. Někdy se tepelné čerpadlo zařazuje až za rekuperační výměník a „paběrkuje“ teplo z odpadního vzduchu, které již nelze jinak využít (Tintěra, 2002).

### **2.5.3 Povrchové vody**

Povrchová voda se pro využití v tepelném čerpadle příliš nehodí, neboť její teplota je poměrně nízká; nezřídka zamrzá a obvykle je znečištěná. Do dna vodoteče nebo vodní nádrže lze umístit kolektor, který by vodu ochlazoval. Malé, zamrzající potoky využívat nelze. Vhodnější jsou trvale tekoucí vody. Ideální je např. náhon malé vodní elektrárny, kam lze bez problémů umístit výměník pro tepelné čerpadlo. Jen málo domů se nachází přímo na břehu rybníka nebo vodoteče. S uložením potrubí přes cizí pozemky nemusí jejich majitelé souhlasit. S uložením kolektoru do dna vodního toku musí také souhlasit správce toku, resp. majitel rybníka. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. V tom případě se však platí správci toku za odběr vody. Zásadní překážkou je ovšem znečištění povrchové vody a její mineralizace, která způsobuje zanášení výměníků a potrubí. Při větší vzdálenosti objektu od potenciálního zdroje se může stavba potrubí neúnosně prodražit. Ze všeho výše uvedeného vyplývá, že jde spíše o teoretickou možnost. V praxi na využití povrchové vody narazíme výjimečně (Srdečný, Truxa, 2005).

S ohledem na klesající teploty povrchových vod v zimním období je možno odebírat teplo tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapuštěným do břehu. Teplota říční vody je v zimě tak nízká, že ve výměníku musí proudit nemrznoucí směs. Celý systém pak pracuje obdobně jako tepelné čerpadlo země-voda (Tintěra, 2002).

#### **2.5.4 Země**

Ze země lze teplo odebírat buď z povrchové vrstvy plošným – horizontálním kolektorem, nebo z hloubky svislými zemními vrty. V obou případech je do země uložen výměník z plastových trubek, v němž cirkuluje nemrznoucí směs. Aby došlo k přestupu tepla, musí teplota směsi dosahovat podílových teplot (Tintěra, 2002).

#### **2.5.5 Podzemní voda**

Studniční voda je celoročním zdrojem tepla s vysokou teplotou mezi 8-12 °C. Její využití však vyžaduje celoroční vydatný pramen. Pro rodinný dům je potřeba stále odčerpávat 0,5 – 1 litr/s. Zdroj je třeba ověřit dlouhodobou čerpací zkouškou. Chemickým rozbořem je nutno kontrolovat vhodné složení vody, aby nezpůsobovala zanášení výměníku. Voda se čerpá ze studny většinou klasickým ponorným čerpadlem, v tepelném čerpadle je ochlazena a vrací se zpět do další studny – vsakovací. Někdy je dokonce požadavek vracet vodu do stejného horizontu, z něhož byla čerpána. Zhotovují se proto dvě studny, v dostatečné vzdálenosti od sebe. Uvádí se 15-30 metrů. Následné vypouštění do vodoteče nebo kanalizace se obvykle nepovoluje. Typickým terénem vhodným pro využití spodní vody jsou údolní nivy velkých řek, kde je výrazný tok spodní vody a voda se čerpá z mělkých studní. Průtok tepelným čerpadlem musí být navržen tak, aby nedocházelo k nadměrnému ochlazení a tím zamrznutí vody ve výměníku (Tintěra, 2002).



### **2.5.6 Odpadní a větrací vzduch**

Velmi zajímavou možností pro vzduchová tepelná čerpadla je využívání odpadního tepla a to jak z technologických procesů (od peci, kondenzátorů chlazení apod.), tak i odváděného větracího vzduchu při nuceném větrání (Karlík, 2009).

U nově stavěných perfektně izolovaných domů tvoří energie pro ohřev vzduchu na větrání až 40 % celkové spotřeby energie na vytápění. V těchto domech je zajímavé využít teplo z odváděného vzduchu na vytápění a ohřev teplé vody. Pro tento účel se používá speciální tepelné čerpadlo s výkonem 1,5 až 2 kW, které odebírá teplo pouze z odpadního vzduchu, nebo výkonnější tepelná čerpadla, která odebírají teplo navíc z vrtu nebo plošného kolektoru. Když není třeba vytápět nebo ohřívat teplou vodu, je teplo z odpadního vzduchu ukládáno do země. Díky tomu je teplota země celoročně vyšší a tepelné čerpadlo pracuje s vysokými topnými faktory (Karlík, 2009).

Příznivou teplotu má obvykle také odpadní teplo z průmyslu. Bývá však většinou k dispozici mimo místo spotřeby. Neslavně skončily pokusy o využití tepla vzduchu nebo vody čerpané z pražského Metra. Dobré zkušenosti jsou v zemědělství s odběrem tepla z kravínů trubkovým registrem zavěšeným pod střechou (Tintěra, 2002).

### **2.6 Druhy tepelných čerpadel**

Tepelná čerpadla se vždy zkráceně označují podle toho, odkud teplo odebírají a jaké látky teplo předávají. Tepelné čerpadlo vzduch/voda odebírá teplo z okolního vzduchu a předává ho vodě do topného systému. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch předává teplo vnitřnímu vzduchu, a je tedy určeno pro teplovzdušné vytápění nebo klimatizaci. Nejobvyklejší kombinace jsou vzduch/voda a voda/voda. (Tintěra, 2002).

Žeravík (2003) dělí tepelná čerpadla do tří skupin:

TČ vzduch–voda odebírá teplo z okolního nebo odpadního vzduchu, předává ho do topné vody.

TČ voda–voda odebírá teplo z vody, která přímo protéká výměníkem na primární straně TČ. Primární okruh je tedy otevřený. Teplo se rovněž předává do topné vody.

TČ země–voda odebírá teplo z povrchové vrstvy zemského povrchu nebo z jeho hloubky, vždy pomocí výměníků zhotovených obvykle z plastu, tzv. kolektorů. Primární okruh TČ je uzavřený a naplněný nemrznoucí směsí. Teplo se také předává do topné vody.

### **2.6.1 Tepelné čerpadlo typu země/voda**

Tento typ tepelných čerpadel patří mezi velmi významné systémy. Vůči venkovním, klimatickým podmínkám můžeme tento systém hodnotit jako „nejstabilnější“. Tepelná čerpadla typu země/voda jsou většinou provozována v bivalentním provozu, v některých případech je můžeme provozovat i monovalentně.

Jeho jedinou nevýhodou jsou zemní práce, které jsou s jeho instalací velice úzce spjaty. Pro čerpání tepla ze země potřebujeme buď zemní kolektor, nebo geotermální vrty. Prvně jmenovaný zdroj tepla vyžaduje rozsáhlé zemní práce. Ty se ovšem dají pořídit poměrně levně v porovnání s geotermálními vrty. Geotermální vrty jsou jednou z nejdražších položek v rozpočtu celého systému vytápění objektu.

Tepelná čerpadla pracující s tímto systémem poskytují stabilní výkon a úspory, které dosahují 70 % provozních nákladů na provoz tradičního topného systému (Karlík, 2009).

### **2.6.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda**

Tento systém má mnoho výhod vyplývajících ze snadné instalace a velké univerzálnosti. Tepelné čerpadlo tohoto typu lze namontovat prakticky na jakoukoliv

stavbu, a to velmi jednoduše. Výkon tepelného čerpadla se mění s teplotou venkovního vzduchu, tedy vzrůstá-li teplota venkovního vzduchu, roste i výkon tepelného čerpadla, naopak klesá-li teplota, klesá i výkon. Z tohoto důvodu jsou tepelná čerpadla provozována v bivalentním provozu (Karlík, 2009).

### **2.6.3 Tepelné čerpadlo typu voda/voda**

Tento systém tepelných čerpadel nabízí nejvyšší topný faktor, ale lokalit vhodným k jeho instalaci je naopak málo. Tepelná energie se může odebírat z vody povrchové nebo podzemní. Pokud to geologické dispozice a vydatnost pramene dovolí, jsou studny tím nejlepším zdrojem tepelné energie. Podzemní voda má poměrně stabilní teplotu kolem 10 °C, je tak nejteplejším přírodním zdrojem (Karlík, 2009).

### **2.6.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch**

Tepelná čerpadla vzduch/vzduch pracují na stejném principu jako tepelná čerpadla vzduch/voda, jen s tím rozdílem, že tepelný výkon předávají vnitřnímu vzduchu objektu. Na trhu se v současné době objevují malá nástěnná tepelná čerpadla pracující na tomto principu. Jsou velmi vhodná do objektů s požadavkem temperance po většinu topné sezóny např. chaty (Karlík, 2009).

## **2.7 Efektivita**

Energetickou efektivitu většiny zařízení posuzujeme podle jejich účinnosti. To je poměr mezi energií přivedenou (např. ve formě paliva) a energií získanou (např. ve formě tepla z radiátorů). Každý stroj má určité ztráty, proto je účinnost vždy nižší než 1 (resp. 100%). U tepelného čerpadla se efektivita vyjadřuje topným faktorem. Udává spotřebu vstupní energie (elektřiny pro pohon kompresoru) k množství získaného tepla. Teplo získané z okolí se neuvažuje, takže topný faktor je vždy větší než 1 (obvykle 2–5). Lze tedy říci, že „účinnost“ tepelného čerpadla je vyšší než 100%. Z toho pramení, že tepelné čerpadlo je jakési perpetuum mobile nebo že obchází fyzikální zákony. Jde samozřejmě o nadsázku. Pokud bychom chtěli zjistit skutečnou účinnost tepelného čerpadla, museli bychom do vstupní energie zahrnout

i teplo odebírané z okolního prostředí; takto stanovená účinnost by byla nižší než 1 (resp. 100%).

Při hodnocení efektivity je třeba si uvědomit, že se obvykle porovnávají různé druhy energií. Elektřina je univerzální energie, nenahraditelná pro provoz mnoha spotřebičů a strojů. Naproti tomu teplo lze získat mnoha různými způsoby, zejména spalováním dřeva či fosilních paliv. Tepelné čerpadlo je tedy plně srovnatelné jen s elektrickým vytápěním. Při srovnání tepelného čerpadla a třeba tepla ze zemního plynu je třeba zvážit nejen prostou úsporu energie, ale i produkci emisí nebo jiné zatížení životnímu prostředí (Srdečný, Truxa, 2005).

Aby tepelné čerpadlo pracovalo co nejefektivněji, měla by být výstupní teplota (topné vody) co nejnižší. Většina tepelných čerpadel dodává do topné soustavy vodu o teplotě max. 55 °C. Připomeňme si, že čím nižší je výstupní teplota z tepelného čerpadla, tím efektivněji pracuje. Nejlépe tedy spolupracuje s tzv. nízko teplotními systémy, kde teplota vstupní vody nepřesahuje 40 °C (Srdečný, Truxa, 2005).

## **2.8 Topný faktor**

Topný faktor je bezrozměrové číslo vypovídající o „účinnosti“ tepelného čerpadla. Jedná se o teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií (Karlík, 2009).

Toto číslo může nabývat u velmi dobrých tepelných čerpadel za optimálních podmínek až hodnoty 7. Běžně se topný faktor pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5. Není ovšem veličinou, která by byla k danému tepelnému čerpadlu jednou provždy přiřazena. Mění se dle podmínek, v nichž tepelné čerpadlo pracuje. Jako jednoduchý a názorný příklad si můžeme představit tepelné čerpadlo, které má výkon 12kW a na svůj provoz spotřebuje 3 kW. Topný faktor zjistíme z prostého výpočtu  $12/3 = 4$ . Když se podíváme na příklad, kde za stejných podmínek porovnáme dvě tepelná čerpadla a jedno bude mít např. topný faktor 4 a druhé 3,3 zjistíme, že to druhé spotřebuje pro svůj provoz zhruba o třetinu více elektrické energie než první a tudíž jeho provoz je podstatně dražší (Karlík, 2009).

Topný faktor je jedním z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. Udává spotřebu elektřiny na produkci tepla. Podle okolních podmínek se topný faktor mění. Tak jako u vodního čerpadla závisí spotřeba na rozdílu hladin, spotřebovává tepelné čerpadlo více energie při velkém rozdílu teplotních hladin. Teplota zdroje (vzduch, voda, půda) během roku kolísá, mírně může kolísat i výstupní teplota z tepelného čerpadla. Pro nízkoteplotní vytápěcí systémy v domech požadujeme teplotu 30 -50 °C. Zdroje tepla pro tepelná čerpadla mají teploty různé. Aby byl rozdíl hladin co nejmenší, je tedy žádoucí ochlazovat co nejteplejší látku. Teoreticky můžeme ochlazovat cokoli až k absolutní nule (-273 °C), pro běžnou praxi se teploty ochlazovaných látek pohybují kolem 0 °C. Topný faktor tepelného čerpadla se často stává silnou marketingovou zbraní jednotlivých prodejců. Ne každý s tímto údajem zachází poctivě. Pro porovnání dvou tepelných čerpadel podle topného faktoru je vždy nutné znát podmínky, za kterých je uvedený topný faktor dosažen, tedy teplotu vsupního média a teplotu výstupního média (Srdečný, Truxa, 2005).

## **2.9 Skutečný topný faktor**

V praxi zjistíme, že tepelné čerpadlo potřebuje elektřinu nejen na pohon kompresoru, ale i pro oběhová čerpadla, případně ventilátory. Spotřeba oběhových čerpadel u tepelného čerpadla se zemním kolektorem nebo hlubinnými vrty je relativně malá, ale nelze ji zanedbat. Spotřeba ventilátorů u systémů ochlazujících venkovní nebo vnitřní vzduch je ještě vyšší. Pokud ji pomineme, může nás později nemile překvapit, že účty za elektřinu jsou vyšší, než jsme čekali. Rovněž u dotačních programů, kdy je vyžadován určitý minimální topný faktor, může být rozdíl mezi teoretickým a skutečným topným faktorem rozhodující (Srdečný, Truxa, 2005).

## **2.10 Bivalentní provoz tepelného čerpadla**

Potřeba výkonu pro vytápění se během roku mění. Dimenzovat tepelné čerpadlo pro maximální výkon je obvykle neekonomické, protože je nutno pořídit nejen dražší tepelné čerpadlo, ale zejména nízkoteplotní zdroj (např. vrty). Větší tepelné čerpadlo a delší vrty či větší zemní kolektor výrazně zvyšují pořizovací náklady. Proto se systém doplňuje dalším, tzv. špičkovým zdrojem tepla, obvykle elektrokotlem. Tento

zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku tepelného čerpadla. Některá TČ už mají elektrokotel vestavěný. Zásadní nevýhoda tohoto řešení spočívá v tom, že elektrokotel zvyšuje potřebnou kapacitu elektrické přípojky. Tím rostou i platby za jistič (Karlík, 2009).

V principu může tepelné čerpadlo spolupracovat s libovolným zdrojem (kotel na zemní plyn, na dřevo). Problémem je však zajistit, aby regulace obou zdrojů spolupracovaly. Mnoho tepelných čerpadel na našem trhu je vybaveno pouze poměrně jednoduchou regulací, která neumí spolupracovat s dalším (nadřazeným) regulátorem. V některých případech je pak nutno navrhnout regulaci „na míru“ konkrétnímu domu, což je ale nákladnější záležitost (Srdečný, Truxa, 2005).

Jako bivalentní a záložní zdroj mohou ovšem sloužit i interiérová kamna či krb, které nejsou napojeny na tepelnou soustavu. Topí-li se v těchto kamnech (resp. krbu), může vytápěcí systém dodávat nižší výkon (Srdečný, Truxa, 2005).

V praxi z těchto důvodů většina systémů pracuje v tzv. bivalentním provozu, kdy po určitou dobu (např. v mrazových dnech) běží kromě tepelného čerpadla druhý zdroj tepla (elektrokotel). Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší, než maximální potřebný (obvykle 50-80%). U správně navrženého systému špičkový zdroj dodává pouze 5 -10% celkové roční spotřeby tepla (Srdečný, Truxa, 2005).

## **2.11 Monovalentní provoz tepelného čerpadla**

U moderních, dobře izolovaných rodinných domů se tepelná ztráta pohybuje do 10 kW. V takovém případě lze uvažovat i o monovalentním provozu tepelného čerpadla. Zvýšení investičních nákladů už není tak výrazné. Výhodou je to, že systém nemusí spolupracovat s dalším zdrojem. Úspora za elektrokotel je zanedbatelná. Mírné předimenzování zdroje není na závadu, naopak zvyšuje jeho spolehlivost. Monovalentní provoz tepelného čerpadla není pochopitelně možné u tepelného čerpadla typu vzduch/voda (resp. vzduch/vzduch), pokud pracuje třeba jen do venkovní teploty -12 °C a náš dům stojí v oblasti, kde je několik dní v roce

průměrná venkovní teplota – 15 °C nebo méně. Navíc výkon těchto tepelných čerpadel klesá s venkovní teplotou, takže pro monovalentní provoz bychom potřebovali výrazně větší tepelné čerpadlo než pro provoz bivalentní (Srdečný, Truxa, 2005).

## **2.12 Problematika tepelného čerpadla**

### **2.12.1 Výhody a nevýhody vytápění tepelných čerpadel dle autorů Srdečný, Truxa (2005):**

#### **Výhody:**

- dodá několikanásobně více energie, než spotřebuje (běžně až trojnásobek);
- plně automatický provoz s vynikající regulací;
- ekologicky čistý provoz v místě (lokálně neprodukuje žádné emise);
- snížení ekologické zátěže v důsledku snížení spotřeby elektřiny vůči klasickému elektrickému vytápění;
- nižší požadavky na instalovaný příkon;
- snadno dostupná energie pro pohon (elektrickou přípojku má téměř každý objekt).

#### **Nevýhody:**

- vysoké pořizovací náklady (instalace na klíč pro běžný rodinný domek přijde na 280 až 450 tis. Kč podle typu tepelného čerpadla a teplené ztráty vytápěného domu);
- výstupní teplota topné vody je max. 55 °C, a proto je nutná nízkoteplotní tepelná soustava, která je nákladnější;
- u systémů voda/voda je nutné dostatečně propustné podloží, provedení čerpací zkoušky, provedení chemické analýzy vody, dodržení limitů pro poměr pH a tvrdosti vody;

- u systémů země/voda potřeba dostatečné plochy pro zemní kolektor, velký zábor půdy zemním kolektorem (nelze zde stavět např. základy stavby, bazén), možné snížení teploty půdy nad kolektory;
- u systémů vzduch/voda mohou nastat problémy s hlukem pomaloběžného ventilátoru vnější jednotky. I když je malý a splňuje předepsané hygienické normy, vašeho souseda to nemusí zajímat;
- pro pohon se používá neobnovitelná elektrická energie.

### **2.12.2 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají venkovního vzduchu:**

(+) venkovní jednotka je standardní výrobek, nevyžaduje rozsáhlé stavební práce

(-) výkon klesá s venkovní teplotou, v době nejnižších teplot je třeba nejvíc topit a čerpadlo má nejnižší výkon

(-) venkovní jednotka s ventilátorem je zdrojem hluku, který může způsobovat problémy

(Tintěra, 2002)

### **2.12.3 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají zemského tepla:**

(+) teplota země je v průběhu roku rovnoměrná, zvláště zemní vrty umožňují použít tepelné čerpadlo jako jediný zdroj

(-) venkovní jímací část vyžaduje rozsáhlé stavební práce

(-) sondy ve vrtech i zemní kolektory jsou po zahrnutí prakticky neopravitelné, je nutná důkladná přejímka vrtu s ověřením jeho hloubky a průchodnosti potrubí

(-) poddimenzované vrty (krátké) mohou „zamrznout“ a nelze z nich po dlouhou dobu regenerace odebírat teplo

(-) u vrtů existuje riziko nechtěné kontaminace spodních vod nebo ztráty pramenů v okolních studnách

(-) plošné kolektory i spojovací potrubí od vrtů musí procházet v dostatečné vzdálenosti od objektů a jejich základů, hrozí riziko namrzání půdy a posunů staveb

(Tintěra, 2002)



#### **2.12.4 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel, která využívají spodních vod dle Tintěry (2002):**

- (+) nejvyšší možná teplota dosažitelná u přírodního nízkopotenciálního zdroje
- (-) nutnost disponovat velkým zdrojem podzemní vody
- (-) náklady na spotřebu energie pro čerpání
- (-) riziko zanášení studní menších průměrů, riziko poškození čerpací techniky při čerpání částic horniny a písku.

#### **2.13 Ekonomická stránka**

Tepelné čerpadlo je ve srovnání s jinými způsoby elektrického vytápění dvakrát až čtyřikrát efektivnější. To znamená, že i jeho provoz je levnější. Chceme-li vyčíslit úsporu nákladů při použití tepelného čerpadla, je třeba správně zvolit „referenční“ hodnoty. V místech, kde není zaveden zemní plyn, by bylo absurdní porovnávat náklady vytápění tepelným čerpadlem a plynem. Podobně nelze porovnávat třeba tepelné čerpadlo s vytápěním polenovým dřevem, jestliže je pro nás nepřijatelný systém, který vyžaduje určitou obsluhu (přikládání, příprava paliva, vybírání popela). Tepelné čerpadlo také nelze pokaždé jednoduše srovnávat ani s elektrickým topením – není-li v místě dostatečně kapacitní elektrická přípojka, nepřipadá přímotopné vytápění v úvahu (resp. musíme započíst i případné náklady na posílení přípojky). (Srdečný, Truxa, 2005).

#### **„Životnost tepelného čerpadla je 30 let“**

Toto je oblíbené tvrzení některých prodejců tepelných čerpadel, obvykle se snažících prodat nějaký podřadný výrobek. Drtivá většina světových výrobců tepelných čerpadel ani takto dlouhou dobu nefunguje. Zkušenost je, že životnost kompresorů je zhruba 20 -25 let (Karlík, 2009).

### **2.13.1 Dotace a podpory**

V rámci „Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie“ jsou státem poskytovány dotace také na instalaci tepelných čerpadel (Tintěra, 2002).

Státní fond životního prostředí (SZŽP) čas od času vypisuje dotace na obnovitelné zdroje tepla, mezi které tepelná čerpadla patří. Výše a způsob podpory se liší dle typu žadatele (fyzická osoba, podnikatel, právnická osoba) (Karlík, 2009).

## **3. Metodika práce**

### **3.1 Cíl práce**

Hlavním cílem bakalářské práce je seznámení se s tepelnými čerpadly, jejich principem, využitím v praxi a především navržení využití odpadního tepla v oblasti zemědělství.

### **3.2 Používané techniky sběru dat**

#### **a) Metoda pozorování**

Tato metoda představuje systematické sledování znaků určitého jevu a jejich záznam. Pozorování musí zachovávat objektivitu, důkladnost, důslednost a systematickosti, cílevědomost a plánovitost a spojení s aktivním myšlením. Zakončením pozorování je slovní zformulování výsledků.

Metoda byla použita při návštěvě společnosti BARX ENERGY s.r.o. v Lišově u Českých Budějovic.

#### **b) Metoda řízených rozhovorů**

Jedná se o metodu sběru dat, kdy potřebné informace jsou získávány prostřednictvím rozhovorů s příslušnými zodpovědnými pracovníky, klademe jim záměrně cílené otázky.

Řízené rozhovory se uskutečnily formou osobních konzultací s manažery panem Lukášem Květounem, panem Tomášem Kopeckým.

#### **c) Metoda získání dat z podnikové evidence**

Tato metoda spočívá v zajištění relevantních dat z podnikových informačních systémů, databází a další evidenční dokumentace.

Při získávání dat jsem spolupracoval s vedoucími pracovníky, kteří mi poskytli důležité informace a podkladové materiály.

### 3.3 Metodický postup

Při zpracování diplomové práce byl použit následující postup:

- studium odborné literatury zaměřené na danou problematiku tepelných čerpadel a ze získaných informací jsem vypracoval literární rešerši;
- seznámení se s organizací zkoumaného subjektu, sběr a utřídění dat - pro sběr informací byla použita metoda pozorování, metoda řízených rozhovorů a získání dat z odborné literatury;
- návštěva společnosti BARX ENERGY s.r.o. v Lišově;
- popis principu tepelného čerpadla, který slouží jako podklad interpretace návrhu pro využití odpadního tepla tepelného čerpadla v oblasti zemědělství;
- vypracování vlastní bakalářské práce.

## 4. Vlastní práce

V bakalářské práci jsem se specializoval na tepelná čerpadla a zaměřil jsem se především na jejich využití v oblasti zemědělství. Své poznatky jsem konzultoval s odborným manažerem ve společnosti BARX ENERGY s.r.o.

Společnost BARX ENERGY s.r.o. byla založena s původním záměrem výstavby bioplynových elektráren, obecné problematiky energetických úspor a prodej a dodávku tepelných čerpadel a solárních panelů vlastní výroby pod značkou BARX.

Společnost je držitelem certifikátu řízení kvality ISO 9001:2008.

Působnost společnosti je celorepubliková s regionálním zastoupením v jednotlivých krajích. Sídlo firmy je v jižních Čechách poblíž Českých Budějovic.

### 4.1 Proč tepelné čerpadlo?

Většina rozhodnutí má více než jednu příčinu. Také pro vytápění tepelným čerpadlem můžeme mít různé důvody, například:

- chceme platit za teplo co nejméně,
- chceme ekologické vytápění,
- chceme využít příležitosti získat státní dotaci,
- chceme bezobslužné vytápění,
- v místě není zemní plyn a topení pevnými palivy je pro nás nepřijatelné,
- kapacita elektrické přípojky není dostatečná pro elektro-akumulační nebo přímotopné vytápění.

Tepelné čerpadlo má ve srovnání s jinými zdroji výrazně vyšší pořizovací náklady. Provozní náklady jsou naopak nízké, takže tepelné čerpadlo je někdy prezentováno jako investice, která se za několik let vrátí. Navíc jde o vytápění moderní a velmi komfortní.

## **4.2 Montáž tepelného čerpadla**

Montáž systému s tepelným čerpadlem je naprosto srovnatelná s jinými topnými médii. Patří do rukou odborníkům, kteří mají dostatečné znalosti a jsou dostatečně proškoleni. Měli by být schopni prezentovat své reference a poskytnout smluvní záruky na provedené práce a funkčnost zařízení.

## **4.3 Provoz tepelného čerpadla**

Tepelná čerpadla jsou vzhledem k principu funkce bezúdržbová. Před topnou sezónou by se měly čistit filtry, provést odvzdušení topného systému, stejně jako se provádí údržba ostatních způsobů vytápění s teplovodním systémem.

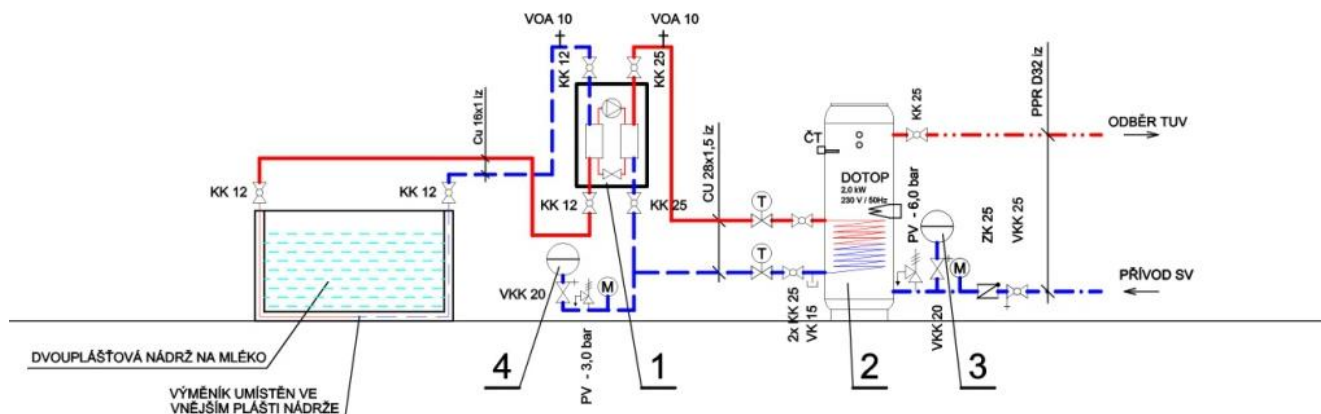
## **4.4 Využití tepelného čerpadla v zemědělství**

Systém tepelného čerpadla voda/voda patří k vysoce výkonným. Někdy může dokonce výkonem převýšit systém země/voda. Lze ho využít pro celoroční vytápění nemovitosti a ohřev užitkové vody. Podmínkou je pouze vodní zdroj o dostatečné kapacitě. Tento systém má své uplatnění i v oblasti zemědělství. Tepelné čerpadlo voda/voda lze využít při zchlazování mléka. Odpadní teplo z mléka může posloužit jako nízkopotenciální zdroj tepla.

## **4.5 Princip tepelného čerpadla**

Z následujícího obrázku je zřejmé, že okruh s tepelným čerpadlem se skládá z několika částí: nádrže na mléko neboli výparníku, tepelného čerpadla, které obsahuje kompresor, expanzní ventil, a poslední součástí okruhu je kondenzátor, obecně řečeno zásobník na teplou užitkovou vodu.

**Obrázek 2:** Principiální schéma tepelného čerpadla voda/voda



**Legenda 1:**

- 1 – tepelné čerpadlo voda/voda
- 2 – zásobník teplé užitkové vody o objemu 1000 l
- 3, 4 – tlaková expanzní nádoba se zajištěním a vypouštěním

**Legenda 2:**

- ZK – zpětná klapka
- KK – kulový kohout
- VK – vypouštěcí kohout
- VKK – kulový kohout s vypouštěním
- PV – pojistný ventil
- T – teploměr
- M – manometr
- VOA – ovzdušňovací automatický ventil
- ČT – čidlo teploty

**Zdroj:** BARX ENERGY s.r.o.

Na obrázku 2 je zakresleno schéma principu tepelného čerpadla voda/voda. Je zde dvouplášťová nádrž s mlékem, kde je umístěn výměník. Část výměníku, která je spjata s nádrží na mléko, musí být z nerez oceli kvůli zdravotní nezávadnosti. Na zbylou část výměníku se používá měď.

Okruh tepelného čerpadla je naplněn kapalinou s nízkým bodem varu. Označuje se jako pracovní médium neboli chladivo, které hraje ve fungování tepelného čerpadla význačnou roli.

Nízkopotenciální teplo vnějšího prostředí, v tomto případě odpadní teplo z mléka, je za pomoci pracovního teplotnosného média odebíráno z výparníku a přiváděno do kompresoru. Kompresor tedy nasává pracovní médium z výparníku, v němž nastává podtlak, médium se vypařuje, k čemuž spotřebovává výparné teplo z mléka. Páry teplotnosného média jsou v kompresoru stlačeny, tím se zvýší tlak, páry se ohřejí a vhní se do kondenzátoru. Zde páry předají výparné teplo topné vodě, a tím zkapalňují. Zkapalněné médium pak protéká expanzním ventilem, expanduje, čímž ztrácí tlak, a výrazně se ochlazuje. Protože je pracovní médium chladnější než nízkopotenciální zdroj tepla, odčerpává z něho teplo, a cyklus se znovu opakuje.

## **4.6 Zchlazení mléka**

Mléko musí být po nadojení co nejrychleji zchlazeno, aby se zabránilo jeho znehodnocení pomnožením mikroorganismů, které se do něho dostaly při dojení. Chlazení je proces, při kterém dochází ke snížení původní teploty mléka (35 °C) na teplotu skladovací (4 - 7 °C) a to nejdéle za 150 minut. Snižováním teploty se zároveň snižuje vitalita a multiplikační schopnosti mikrobiální flory. Požadované doby a teploty zchlazení musí být dosaženo bez ohledu na teplotu okolí. Snížení teploty mléka lze dosáhnout různými způsoby, nejčastěji za použití speciálních chladicích zařízení. Při chlazení mléka se však musí zabránit jeho zamrznutí a namrzání na stěnách chladicích nádrží.



Uvádím zde konkrétní příklad fungování tepelného čerpadla ve funkci chlazení mléka a získání teplé vody.

#### 4.6.1 Zchlazení mléka z 35 °C na 5 °C za 150 minut

Uvedené výpočty jsou zjednodušené, zanedbávají ztráty tepla, materiál chladicího zařízení, avšak poskytují základní představu o chlazení mléka.

Základem je stanovení množství tepla, které je nutno mléku odejmout, aby se jeho teplota snížila z počáteční teploty na teplotu požadovanou:

$$Q_t = V_m \cdot \rho_m \cdot c_m (t_1 - t_2) \quad [\text{kJ, kWh}]$$

$$Q_t = 1000 \cdot 1,028 \cdot 3,9272 \cdot (35 - 5)$$

$$Q_t = 121\,114,848 \text{ kJ}$$

$$Q_t = 33,64 \text{ kWh}$$

$Q_t$  - množství tepla, které je nutné mléku odejmout [kJ, kWh]

$V_m$  - množství mléka, které se má chladit [l]

$\rho_m$  - hustota mléka (v rozmezí mezi 1,028 až 1,032 kg.dm<sup>-3</sup>) [kg.dm<sup>-3</sup>]

$c_m$  - měrné teplo mléka (při výpočtech lze uvažovat 3,9272 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>) [kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>]

$t_1$  - počáteční teplota mléka před chlazením [°C]

$t_2$  - konečná teplota mléka po chlazení [°C]

Při chlazení množství 1000 l mléka na teplotu 5 °C je třeba z mléka odebrat 121 114,848 kJ tepla, tedy 33,64 kWh. Hodnota 33,64 kWh představuje primární zdroj tepla, je ještě potřeba dodání elektrické energie.

#### 4.7 Minimální výkon výměníku

Podle množství tepla, které se musí za stanovenou dobu odejmout mléku, aby se jeho teplota snížila na požadovanou teplotu, lze zjistit potřebnou výkonnost výměníku dle následujícího vzorečku:

$$Q_{ch} = (Q_t \cdot \psi) / (T \cdot \eta) \text{ [kW]}$$

$$Q_{ch} = (33,64 \cdot 1,05) / (2,5 \cdot 0,87)$$

$$Q_{ch} = 35,322/2,175$$

$$Q_{ch} = 16,24 \text{ kW}$$

$Q_{ch}$  - výkonnost výměníku [kW]

$Q_t$  - množství tepla, které je nutné mléku odejmout [kWh]

$\psi$  - součinitel provozní bezpečnosti (uvádí se 1,05 – 1,10; někdy 1,10 – 1,20)

$T$  – doba, za kterou má být mléko zchlazeno [h]

$\eta$  - účinnost výměníku ( $\eta = 0,87 - 0,94$ )

Součinitel provozní bezpečnosti se připočítává, aby bylo zaručené, že mléko se opravdu zchladí maximálně do 150 minut. Z tohoto výpočtu vyplývá, že minimální potřebný výkon výměníku je 16,24 kW.

## 4.8 Návrh tepelného čerpadla

V praxi by se jednalo například o využití tepelného čerpadla typu voda/voda nazývaného „EVO G 37 I“. Toto tepelné čerpadlo má topný výkon 16,7 kW. Příkon při G0W35 je 3,7 kW. Z těchto údajů lze vypočítat efektivitu čerpadla, neboli topný faktor. Podílem výkonu a příkonu získáme hodnotu 4,5. Tato hodnota je optimální, neboť obvykle se pohybuje od 2 do 5. Čím vyšší číslo, tím lepší, protože provoz tepelného čerpadla je levnější.

## 4.9 Výpočet elektrického příkonu

Z mléka o teplotě 35 °C, které je potřeba ochladit na 5 °C se získá energie 33,64 kWh. V uvedeném příkladě elektrický příkon vypočtu následovně:

Energie z mléka / příkon tepelného čerpadla = elektrický příkon [kWh]

$$33,64 \text{ kWh} / 3,7 = 9,25 \text{ kWh}$$

K tepelnému čerpadlu bude potřeba dodat 9,25 kWh elektrické energie.

#### 4.10 Získaná energie při použití tepelného čerpadla

Energie z mléka + elektrický příkon = celková energie

$$33,64 \text{ kWh} + 9,25 \text{ kWh} = 42,89 \text{ kWh}$$

#### 4.11 Získání teplé vody při použití tepelného čerpadla

Množství vody, které lze ohřát až na 55 °C, při chlazení určitého množství mléka, lze zjistit podle vztahu:

$$V_o = [V_m \cdot \rho_m \cdot c_m (t_1 - t_2)] / [\rho_v \cdot c_v (t_{ov} - t_{pv})]$$

$$V_o = [1000 \cdot 1,028 \cdot 3,9272 (35-5)] / [0,998 \cdot 4,2178 (55-9)]$$

$$V_o = 121\,114,848 / 193,631$$

$$V_o = 625,493 \text{ l}$$

$V_o$  - množství ohřáté vody [l]

$V_m$  - množství mléka, které se má chladit [l]

$\rho_m$  - hustota mléka ( v rozmezí mezi 1,028 až 1,032 kg.dm<sup>-3</sup>) [kg.dm<sup>-3</sup>]

$c_m$  - měrné teplo mléka (při výpočtech lze uvažovat 3,9272 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>) [kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>]

$t_1$  - počáteční teplota mléka před zchlazením [°C]

$t_2$  - konečná teplota mléka po zchlazení [°C]

$\rho_v$  - hustota vody [kg.dm<sup>-3</sup>]

$c_v$  - měrné teplo vody [kJ. kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>] (měrné teplo vody se s její teplotou mění jen v malém rozmezí; 0 °C – 4,2178; 5 °C – 4,2013; 10 °C – 4,1922)

$t_{ov}$  - teplota ohřáté vody [55 °C]

$t_{pv}$  - teplota přitékající vody [9 °C]

Při chlazení 1000 l mléka získáme 625,493 l teplé vody.

## **4.12 Náklady na provoz**

Na zchlazení mléka z 35 °C na 5 °C bude potřeba doba 2,5 hodiny a elektrický příkon 3,7 kW . 2,5 hod = 9,25 kWh.

### **4.12.1 Náklady na provoz podniku bez tepelného čerpadla**

Chlazení mléka 33,64 kWh + ohřev vody 42,89 kWh = 76,53 kWh.

Cena 2,30 Kč/kWh.

Energie . cena = náklady podniku

$$76,53 \cdot 2,30 = 176 \text{ Kč.}$$

Pokud by podnik neměl tepelné čerpadlo, spotřebují 76,53 kW elektrické energie a náklady na zchlazení mléka a ohřev vody jsou 176,- Kč.

### **4.12.2 Náklady na provoz podniku s tepelným čerpadlem**

Spotřeba elektrické energie 9,25 kWh.

Cena 2,30 Kč/kWh.

Energie . cena = náklady podniku

$$9,25 \cdot 2,30 = 21 \text{ Kč.}$$

Pokud by podnik měl tepelné čerpadlo, spotřebují 9,25 kW elektrické energie, vychlazení 1m<sup>3</sup> mléka z 35 °C na 5 °C je stojí 21,- Kč a zároveň získají 625 m<sup>3</sup> teplé vody.

## **4.13 Ekonomická stránka**

Počáteční náklady na pořízení tepelného čerpadla nejsou zanedbávající, ale jsou brzy návratné. Samotné tepelné čerpadlo se pohybuje v rozmezí 150 000,- Kč až 170 000,- Kč. Při použití odpadního tepla z mléka, jako zdroje nízkopotenciálního

tepla, musíme používat výměník z nerez oceli, který se pohybuje okolo částky 10 000,- Kč. Dále je zapotřebí zásobník na teplou užitkovou vodu, tento zásobník o objemu 1000 litrů se pořizuje přibližně za cenu 40 000,- Kč. Celková výše nákladů na pořízení veškerého zařízení se tedy přibližně odhaduje na 240 000,- Kč až 260 000,- Kč. U nově vznikajícího podniku by se také náklady snížily o náklady na pořízení chladičného zařízení na mléko, přibližně o 100 000,- Kč. Tato investice do tepelného čerpadla je následně vyvážena velmi nízkými provozními náklady.

#### **4.13.1 Návratnost investice**

Denní úspora, 1x dojení:	$176 - 21 = 155 \text{ Kč}$
Denní úspora, 2x dojení:	$155 \cdot 2 = 310 \text{ Kč}$
Roční úspora:	$310 \cdot 365 = 113\,150 \text{ Kč}$

Za předpokladu, že podnik bude dojit krávy 2x denně a bude používat tepelné čerpadlo, tak ušetří 113 150,- Kč ročně. Investice do tepelného čerpadla v částce 260 000,- Kč by byla návratná přibližně za 2,5 roku. Z tohoto vyplývá, že tato investice je velmi výhodná, protože návratnost je za poměrně krátkou dobu.

#### **4.14 Zvýhodněné sazby pro tepelná čerpadla**

Výhodou při využití tepelných čerpadel jsou speciální sazby pro tepelná čerpadla EKO TARIF D56 pro domácnosti a EKO TARIF C55 pro podnikatele.

EKO TARIF D56 pro domácnosti – sazba je určena pro odběratele používající systém vytápění s teplem čerpadlem. Nízký tarif je účtován po dobu minimálně 22 hodin denně. Odběratel musí zajistit technické blokování topných elektrických spotřebičů v dobách platnosti vysokého tarifu. Odběratel má jediný elektroměr, tarifem pro tepelné čerpadlo je zpoplatňována všechna spotřeba v domácnosti.

EKO TARIF C55 pro podnikatele – sazba je určena pro odběratele používající systém vytápění s teplem čerpadlem. Nízký tarif je účtován po dobu minimálně 22 hodin denně. Odběratel musí zajistit technické blokování topných elektrických spotřebičů v dobách platnosti vysokého tarifu. Tepelné čerpadlo má vlastní

elektroměr. Ostatní spotřeba v objektu je měřena zvlášť a zpoplatněna podle běžných tarifů.

#### **4.15 Dotace Státního fondu životního prostředí**

Na tepelná čerpadla byla do roku 2010 poskytována dotace těm, kteří splnili podmínky dotačního programu „Zelená úsporám“. Dotace nebyla poskytována formou procentní částky z financovaného objemu, ale fixně dle následujícího:

- Dotace na tepelná čerpadla země/voda 75 000 Kč;
- Dotace na tepelná čerpadla vzduch/voda 50 000 Kč;
- Dotace na tepelná čerpadla voda/voda 75 000 Kč.

Dotaci na tepelná čerpadla z programu Zelená úsporám lze čerpat jednak při výměně kotle na uhlí, kotle na olej či jiného kotle na tuhá paliva, tak i při změně vytápění ze současného vytápění elektrokotlem či elektrickým přímotopem a po přechodné období i ve všech novostavbách.

#### **Podmínky získání státní dotace na tepelná čerpadla při výměně zdroje tepla ve stávajících domech:**

- Dům musí být prokazatelně vytápěn tuhými nebo kapalnými fosilními palivy případně elektřinou (musí dojít ke snížení emisí CO<sub>2</sub>, vylučovaných do ovzduší);
- Po instalaci tepelného čerpadla musí být původní zdroj tepla zlikvidován (na základě čestného prohlášení o likvidaci);
- Tepelné čerpadlo a jeho dodavatel musí být zapsáni v rejstříku schválených výrobků a dodavatelů, který provozuje Státní fond životního prostředí;
- Tepelné čerpadlo musí splňovat předepsaný minimální topný faktor při daných okolních podmínkách.

## **5. Využití tepelného čerpadla**

### **5.1 Úsporné vytápění**

Je samozřejmé, že lze tepelným čerpadlem vytápět a ohřívat teplou vodu. Díky vysoké účinnosti a příznivému vztahu k životnímu prostředí jsou tepelná čerpadla také zařazena do programu Zelené úsporám. I bez dotací lze říct, že tepelné čerpadlo má dobrou finanční návratnost a je velmi vhodné pro úspory tepla.

### **5.2 Ohřev teplé vody**

Tepelné čerpadlo může po celý rok ohřívat vodu v akumulčním zásobníku.

Podobně jako u topení je i tento ohřev finančně velice výhodný.

V zemědělských družstvech se teplá užitková voda používá na proplachy dojírenského potrubí, mytí nádrží na mléko, při dojení se omývá teplou vodou vemeno, také se dává teplá voda telatům na pití a také se teplá voda spotřebovává na osobní hygienu. Tyto informace jsem ověřil při konzultaci s panem Ing. Cepákem, vedoucím Zemědělského- obchodního družstva v Němčicích.

## 6. Závěr

V 21. století tepelná čerpadla představují velký pokrok v úspoře energie, především také ve využitelnosti přírodních zdrojů. Zatížení životního prostředí se limituje, což je velkým přínosem v moderní době továren, elektráren a dalších znečišťujících producentů. Tomuto rozvoji napomáhal i do konce října roku 2010 stát, pomocí dotací „Zelená úsporám“.

Tepelná čerpadla jsou velice moderní a přinášejí celou řadu výhod. Při používání čerpadel se člověk nemusí starat o ceny energií na trhu, neboť čerpadla jsou nezávislá na cenách energie, teplo čerpají přímo z přírody. Ušetří až 80 % nákladů za energie, čímž dochází k rychlému návratu investic do produktu, a to už během 3 - 8 let.

Ve shrnutí lze konstatovat, že mezi výhody tepelných čerpadel patří nezávislost na cenách energií, ekonomické a ekologické vytápění a rychlá návratnost investice.

Cílem bakalářské práce bylo využití odpadního tepla jako druhotného produktu zemědělské výroby pomocí tepelného čerpadla. K dané problematice jsem zpracoval veškeré informace a dospěl k závěru.

Existuje několik typů tepelných čerpadel podle zdroje využití. Dělí se tedy na tepelné čerpadla typu vzduch/voda, vzduch/vzduch/, země/voda a tepelné čerpadla voda/voda. Poslední zmíněné je hlavním tématem mé bakalářské práce, neboť toto tepelné čerpadlo lze efektivně využít v zemědělství.

Při chlazení mléka se uvolňuje tzv. odpadní teplo, které lze efektivně využít jako nízkopotenciální zdroj tepla ve spojení s tepelným čerpadlem, a to k vytápění prostoru nebo k ohřevu užitkové vody. Tepelné čerpadlo dokáže zároveň mléko chlazenovat na požadovanou teplotu. Tímto úkonem lze odstranit náklady spojené s pořízením chladicího zařízení a také regulovat provozní náklady. V této práci jsem se snažil poukázat na hospodárnost při využití tepelného čerpadla.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zemědělský podnik, který používá tepelné čerpadlo při chlazení mléka výrazně ušetří. Doporučil jsem tepelné čerpadlo typu



voda/voda nazývané „EVO G 37 I“. Toto tepelné čerpadlo má topný výkon 16,7 kW. Příkon při G0W35 je 3,7 kW.

Při zchlazování množství 1000 l mléka o teplotě 35 °C na 5 °C se získá energie 33,64 kWh. K tepelnému čerpadlu bude potřeba dodat 9,25 kWh elektrické energie.

Zhodnocení podniku, když nevyužívá tepelné čerpadlo oproti tomu, když využívá tepelné čerpadlo je následně shrnuto.

Pokud by podnik neměl tepelné čerpadlo, spotřebují 76,53 kW elektrické energie a náklady na zchlazení mléka a ohřev vody jsou 176,- Kč. Pokud by podnik měl tepelné čerpadlo, spotřebují 9,25 kW elektrické energie, vychlazení 1m<sup>3</sup> mléka z 35 °C na 5 °C je stojí 21,- Kč a zároveň získají 625 m<sup>3</sup> teplé vody.

Za předpokladu, že podnik bude dojit krávy 2x denně a bude používat tepelné čerpadlo, tak ušetří 113 150,- Kč ročně. Investice do tepelného čerpadla v částce 260 000,- Kč by byla návratná přibližně za 2,5 roku. Z tohoto vyplývá, že tato investice je velmi výhodná.

Ve shrnutí lze konstatovat, že využití tepelného čerpadla voda/voda v zemědělství je vysoce přínosné i finančně úsporné.

## 7. Seznam literatury

- 1 KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- 2 KOLAR, K. *Cvičení z mechanizace a automatizace živočišné výroby II.. 1. vydání. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha v Čs. Redakci VN MON, 1986. 243 s.*
- 3 SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Brno: ERA group, 2005. 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- 4 TINTĚRA, L. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Praha: ABF, 2003. 120 s. ISBN 80-86165-61-2.
- 5 ŽERAVÍK, A. *Stavíme tepelné čerpadlo*. 1. vydání. Praha: Žeravík, 2003. 310 s. ISBN 80-239-0275-X.
- 6 *Historie a současnost* [online]. 2010 [cit. 2010-12-21]. Společnost. Dostupné z WWW: <[www.barx.cz](http://www.barx.cz)>.
- 7 *Společnost* [online]. 2010 [cit. 2010-12-21]. Dokumenty a certifikáty. Dostupné z WWW: <[www.barx.cz](http://www.barx.cz)>.
- 8 *Justice* [online]. 2010 [cit. 2010-12-21]. Obchodní rejstřík. Dostupné z WWW: <[www.justice.cz](http://www.justice.cz)>.
- 9 Katalog BARX 2009.