

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Netradiční zdroje pro tepelná čerpadla

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš TRUHLÁŘ**
Osobní číslo: **E15N0130P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Netradiční zdroje tepla pro tepelná čerpadla**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište princip a typy tepelných čerpadel.
 2. Uveďte možnosti a zdroje tepla pro tepelná čerpadla.
 3. Analyzujte systémy trubkových jímáčů tepla z vnitřních prostor (sklady, garáže, výrobní haly a pod.) a odpadní zdroje tepla z technologických procesů, chovu hospodářských zvířat a j..
 4. Porovnejte efektivitu získávání tepla z tradičních i netradičních zdrojů po stránce technické a ekonomické.
-

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2016
Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2017


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Cílem této práce je zhodnotit netradiční zdroje tepla pro tepelná čerpadla. V práci je uveden základní popis principu tepelného čerpadla a typy tepelných čerpadel. Dále jsou zde uvedeny tradiční a netradiční zdroje pro tepelná čerpadla. Zhodnocení netradičních zdrojů tepelných čerpadel probíhá za pomoci modelových situací, které byly zhodnoceny dle jejich možnosti poskytnutí tepelné energie. Dále bylo provedeno srovnání tradičních a netradičních zdrojů tepla pro tepelná čerpadla na základě ekonomických a technologických vlastností.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo, netradiční zdroje, tradiční zdroje.

Abstract

The aim of diploma thesis is to evaluate non-traditional sources of heat for heat pumps. In the thesis there is a basic description of the heat pump principle and the types of heat pumps. In the thesis are noted the traditional and non-traditional sources for heat pumps. The evaluation of non-traditional sources of heat pumps takes place with the help of model situations, which have been evaluated according to their possibility of providing thermal energy. The comparison of traditional and non-traditional heat sources for heat pumps was made by the basis of economic and technological characteristics.

Key words

Heat pump, non-traditional sources, traditional sources.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 9. 5. 2017

Bc. Lukáš Truhlář

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. , za cenné, odborné rady a připomínky k dané problematice. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Josefu Ledvinovi z firmy Intersekce za odborné a cenné rady k dané problematice.

Obsah

OBSAH.....	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
ÚVOD.....	11
1 TEPELNÉ ČERPADLO.....	12
1.1 POPIS TEPELNÉHO ČERPADLA.....	12
1.1.1 DRUHÝ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON.....	12
1.1.2 Carnotův cyklus.....	13
1.2 Princip tepelného čerpadla.....	14
1.2.1 TOPNÝ FAKTOR.....	15
1.3 TYPY TEPELNÝCH ČERPADEL.....	17
1.3.1 Země/Voda.....	17
1.3.2 Vzduch/voda.....	18
1.3.3 Voda/voda.....	19
2 ZDROJE PRO TEPELNÁ ČERPADLA.....	21
2.1 TRADIČNÍ ZDROJE TEPLA.....	21
2.1.1 Nízkopotenciální energie v zemi.....	21
2.1.2 Nízko-potenciální energie ve vzduchu.....	22
2.1.3 Nízko-potenciální energie ve vodě.....	23
3 NETRADIČNÍ ZDROJE TEPLA.....	24
3.1 ODPADNÍ TEPLA Z TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ.....	24
3.2 VYUŽITÍ TEPLA Z CHOVU HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT.....	25
3.3 VYUŽITÍ TEPLA ŠEDÝCH VOD.....	25
3.3.1 Lokální systém.....	26
3.3.2 Centrální systém.....	27
3.4 VYUŽITÍ TEPLA Z PRŮMYSLOVÉHO CHLAZENÍ.....	28
4 ANALÝZA ZDROJŮ TEPLA S TRUBKOVÝMI JÍMAČI.....	29
4.1 NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA.....	30
4.2 NÁVRH TRUBKOVÉHO JÍMAČE TEPLA (PLOŠNÉHO KOLEKTORU).....	30
4.2.1 VÝPOČET PLOCHY PRO TRUBKOVÝ JÍMAČ TEPLA.....	30
4.3 VÝPOČET DÉLKY KOLEKTORU.....	31
4.4 VÝPOČET POČTU KOLEKTORŮ.....	31
4.5 ROZTEČ TRUBKOVÉHO KOLEKTORU.....	33
4.6 VÝBĚR TEPELNÉHO ČERPADLA.....	33
5 ANALÝZA NETRADIČNÍCH ZDROJŮ TEPLA.....	34
5.1 ZDROJE TEPLA Z CHOVU HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT.....	34
5.1.1 Modelová analýza zdroje tepla ze stájových objektů.....	34
5.1.2 Návrh tepelného čerpadla pro výše uvedený zdroj tepla.....	36
5.2 ZDROJ TEPLA Z CHLAZENÍ MLÉKA.....	39
5.3 ZDROJ TEPLA Z PRŮMYSLOVÉ HALY.....	40
6 ZHODNOCENÍ TRADIČNÍCH A NETRADIČNÍCH ZDROJŮ PRO TČ.....	43
6.1 TRADIČNÍ ZDROJE TEPELNÝCH ČERPADEL.....	43
6.1.1 Zdroj tepla země/voda.....	43
6.1.2 Zdroj tepla vzduch/voda.....	45

<i>6.1.3 Zdroj tepla voda/voda.....</i>	<i>46</i>
<i>6.1.4 Shrnutí tradičních zdrojů tepla.....</i>	<i>47</i>
6.2 NETRADIČNÍ ZDROJE TEPELNÝCH ČERPADEL.....	48
<i>6.2.1 Zdroj tepla z chovu hospodářských zvířat.....</i>	<i>48</i>
<i>6.2.2 Zdroj tepla z chlazení mléka.....</i>	<i>48</i>
<i>6.2.3 Zdroj tepla z průmyslové haly.....</i>	<i>49</i>
<i>6.2.4 Shrnutí netradičních zdrojů tepla.....</i>	<i>49</i>
7 ZÁVĚR.....	50
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	51
PŘÍLOHY.....	1

Seznam symbolů a zkratek

$T\check{C}$	Tepelné čerpadlo
COP	Topný faktor
TUV	Teplá užitková voda
VT	Vysoký tarif
NT	Nízký tarif
RD	Rodinný dům
ε_t	Topný faktor (-)
Q_k	Výkon tepelného čerpadla (W)
A	Příkon tepelného čerpadla (W)
Q_e	Tepelný výkon zdroje (W)
Q_s	Extrakční měrná kapacita (W/m ²)
S	Plocha (m ²)
Q_t	Extrakční kapacita na 1 m délky (W/bm)
L	Délka plošného kolektoru (m)
Q_{PR}	Vyprodukované metabolické teplo (W)
Q_{PRJ}	Vyprodukované metabolické teplo na jednotku hmotnosti (W)
M_Z	Počet hmotnostních jednotek (Kg)
k_m	Korekce na mléčnou užitkovost (-)
k_q	Koeficient produkce tepla při různých teplotách (-)
L_{1s}	Délka kolektoru na jedné střeše (m)
Q	Tepelný zisk (W)
c	Měrná tepelná kapacita (J/KgK)
c_1	Součinitel současnosti (-)
c_2	Zbytkový součinitel (-)
c_3	Součinitel zatížení (-)
ΣP	Celkový příkon (W)

Úvod

Tématem diplomové práce je využití netradičních zdrojů tepla pro tepelná čerpadla.

V dnešní době se stále více populace zajímá o nahrazení svého starého topného systému za nový. Tím je myšleno, že staré kotle pro spalování tuhých paliv, plynu a elektrické kotle jsou nahrazovány něčím novým. Mnoho lidí v ČR dává přednost tepelným čerpadlům, jako zdroj tepla. Tepelná čerpadla se využívají v domácnostech, ale nyní i v průmyslových provozech.

Převážná většina tepelných čerpadel využívá jen obecně známé a rozšířené zdroje energie. Například voda, vzduch a země. Výhodou tepelných čerpadel je v tom, že dokáží využít téměř jakýkoliv zdroj nízko-potenciální energie. Díky této výhodě, lze tepelné čerpadlo využívat v místech, kde vzniká odpadní teplo. Vzniklé teplo nemusí být dostatečné velké, aby mohlo být použito pro přímé vytápění. Ale pro použití tepelného čerpadla dostatečné. Tím je možné snížit náklady na vytápění v průmyslových objektech.

1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je zařízení, které je používáno jako zdroj tepla pro domácí a průmyslové vytápění. Pro zajištění správné funkce tepelného čerpadla, musí být přivedena energie v podobě elektřiny. Množství přivedené elektrické energie může být v rozmezí mezi 30 – 35 %. Zbývající energii dokáže tepelné čerpadlo získat ze zdroje nízko-potenciální energie.

Nízko-potenciální energii lze nalézt všude kolem nás. Je obsažena ve vodě, vzduchu a zemi.

1.1 Popis tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo si lze představit jako zařízení, které dokáže odebírat teplo z určitého prostředí. Takto získané teplo následně zesílit a předat ho do jiné oblasti. Díky tomu lze tepelné čerpadlo využívat v zimních měsících pro vytápění. Tepelné čerpadlo má své využití i v letních měsících, kdy pracuje jako chlazení.

Základní princip tepelného čerpadla, podléhá fyzikálním zákonům, dle kterých se řídí. Nejvýznamnější z těchto zákonů jsou: 2. Termodynamický zákon a Carnotův cyklus.

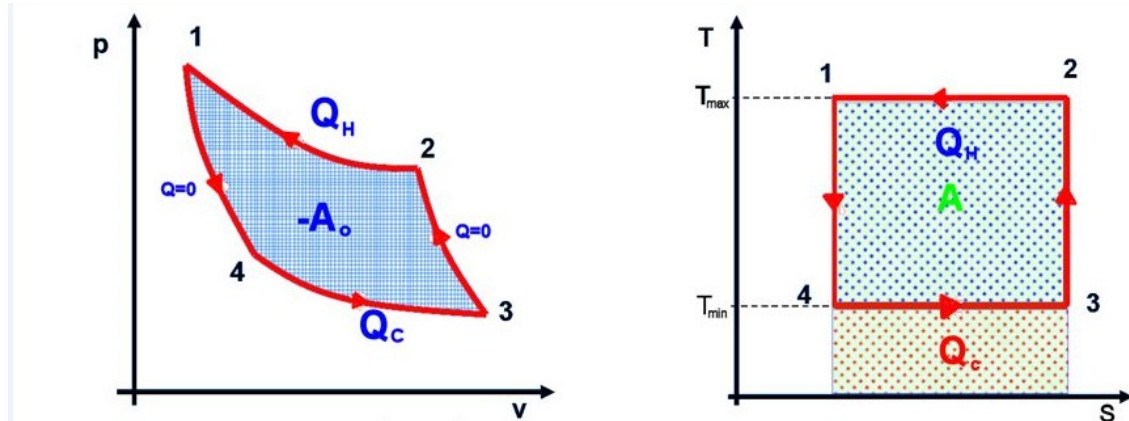
1.1.1 Druhý termodynamický zákon

Druhý termodynamický zákon říká, že: Teplo nemůže samovolně přecházet z jednoho tělesa na druhé za předpokladu, že by teplo přecházelo z chladnějšího tělesa na teplejší. Pro případ, že by bylo nutné předat teplo z chladnějšího tělesa na teplejší, musí být dodána energie ve formě práce.

Tepelné čerpadlo ke své práci využívá 2. termodynamický zákon, protože umožňuje přesun tepla z chladnějšího prostředí do teplejšího. [3]

1.1.2 Carnotův cyklus

Carnotův cyklus představuje práci, kterou vykonává ideální tepelný stroj. Z Carnotova cyklu lze vyčíst jeho teoretickou účinnost, kterou zaujímá určitá soustava. Obrázek číslo 1 představuje Carnotův cyklus v $p-v$ a $T-S$ diagramu.



Obr. 1 Carnotův cyklus v $P-V$ a $T-S$ diagramu [2]

Carnotův cyklus je složen ze čtyř na sobě závislých, termodynamických dějů: adiabatická expanze, adiabatická komprese, izotermická expanze a izotermická komprese. Každý z uvedených dějů je vratný a tím je celý cyklus uveden do výchozího stavu. Proto se jedná o kruhový děj.

Izotermická expanze je děj, při němž médium koná práci neboli přijímá teplo Q_c o stálé teplotě T_{min} od vnějšího zdroje. Při adiabatické kompresi médium nepřijímá žádné teplo z okolí, ale médium je stlačeno. Stlačením je docílena změna tlaku a teploty z nižších hodnot na vyšší. Dále je provedena izotermická komprese, při které je předáno vzniklé teplo z adiabatické komprese. Teplo Q_H je předáno za stejné teploty. Posledním dějem je adiabatická expanze, kdy je snížen tlak a teplota T_{max} na teplotu T_{min} . [1]

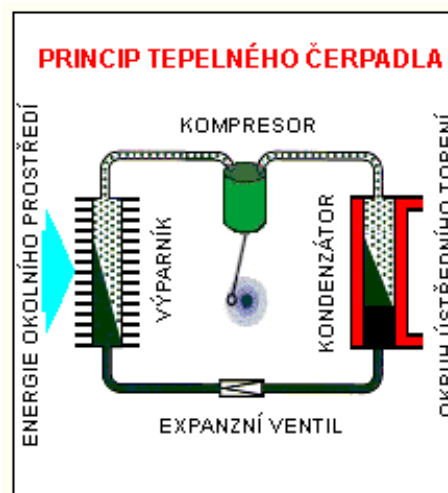
Ideální účinnost Carnotova cyklu je vyjádřena poměrem teplot :

$$\eta = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} \quad (\%) \quad (1)$$

1.2 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo je tvořeno uzavřeným okruhem, v literatuře známém jako vnitřním okruhem. Celý okruh je propojen potrubím, ve kterém obíhá médium. Médium bývá nejčastěji kapalina. Médium je vybíráno dle určitých vlastností. Jedna z nejdůležitějších vlastností poukazuje na to, že médium musí dobře vést a absorbovat teplo. [4]

Celé tepelné čerpadlo tvoří čtyři části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil.



Obr.2 Princip tepelného čerpadla [4]

Na obrázku č. 2 lze vidět zjednodušené schéma principu tepelného čerpadla s popisem jeho části. Vstupním kanálem tepelného čerpadla je výparník. Ten je umístěn ve vhodném prostředí, které v sobě obsahuje nízkopotenciální energii. Nízkopotenciální energii obsahuje voda, vítr a země. Výparník absorbuje teplo z okolního zdroje nízkopotenciální energie. A to tak, že teplota chladiva, uvnitř výparníku, má nižší teplotu než okolí. Například, teplota země v zimních obdobích se pohybuje mezi okolo 2 - 10 °C. Chladivo tedy má nižší teplotu -3 °C. Tím samovolně přejde teplo z teplejší látky na látku s nižší teplotou. Chladivo absorbuje teplo z okolí a jeho teplota se zvýší na 4 °C.

Uvnitř výparníku započne změna skupenství, kdy je kapalné chladivo změněno v plyn. Plyn je veden potrubím do kompresoru. Pro práci kompresoru je potřebné přivést elektrickou

energii. Plyn je v kompresoru stlačen, tím je zvýšena jeho teplota. Nyní ohřátý plyn, putuje do další části tepelného čerpadla, do kondenzátoru. [4]

V kondenzátoru plyn odevzdá teplo do sekundárního obvodu. Ten je tvořen topnými tělesy v budovách. Důležitou funkcí kondenzátoru je kondenzace. Plyn zbavený tepla změní skupenství. Z plynného skupenství zpátky na kapalinu. [4]

Změnou skupenství je chladivo v kapalném stavu a odevzdalo část svého tepla. Kapalina má stále vysokou teplotu, oproti teplotě okolí a je nutné ji snížit. Proto je poslední částí tepelného čerpadla expanzní ventil. V expanzním ventilu dochází k ochlazení kapaliny, která pokračuje do výparníku. [4]

Chladivo stále cirkuluje a tím zajišťuje funkci tepelného čerpadla.

1.2.1 Topný faktor

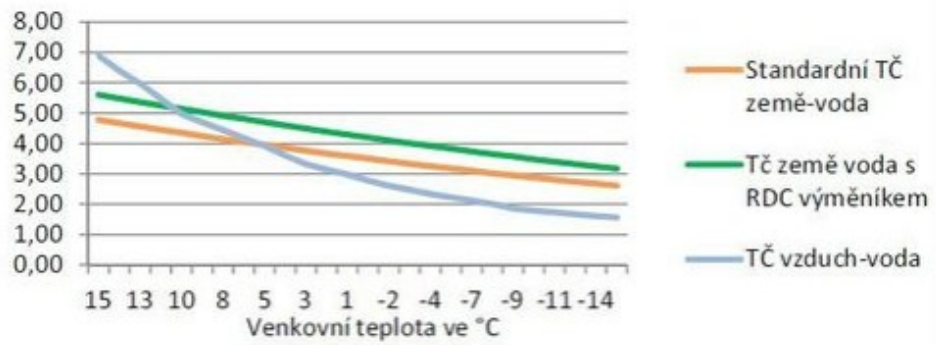
Jedním z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla je topný faktor. Topný faktor představuje výkon tepelného čerpadla. Jde zde o poměr tepla, které tepelné čerpadlo vyrobí ku dodané práci ve formě energie.

$$\varepsilon_t = \frac{Q_k}{A} \quad [-] \quad (2)$$

kde ε_t je topný faktor, Q_k je výkon získaný tepelným čerpadlem v kW, A je elektrický příkon tepelného čerpadla v kW. Vztah č. 2 udává jen teoretický výpočet topného faktoru. Ten záleží na vnějších podmínkách a to zejména na teplotě. Topný faktor je uváděn při střední teplotě vstupu a výstupu média. Obrázek č. 3 porovnává topný faktor různých typů TČ.

Podíl energie získané provozem tepelného čerpadla vůči vložené elektrické energii v závislosti na venkovní teplotě. (COP)

teplota topné vody je ve výpočtu stanovena ekvitemně pro top. systém 55/45



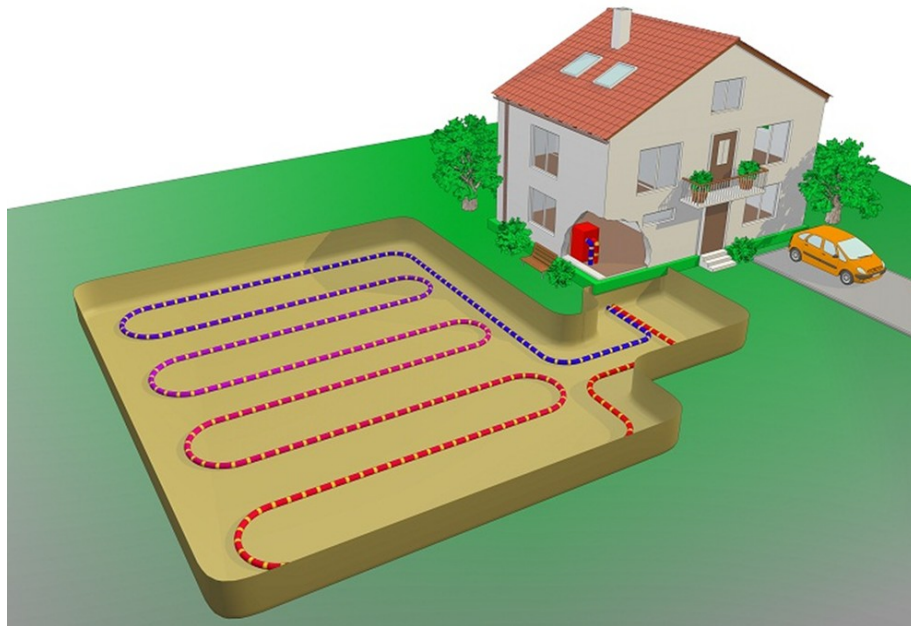
Obr.3 Ukázka topného faktoru pro TČ [5]

1.3 Typy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla jsou rozdělena dle zdrojů nízko-potenciální energie, kterou využívají. Nejčastěji se v praxi využívá energie ze zemského povrchu, vody a vzduchu. Označení tepelných čerpadel je dáno zdrojem tepla / médiem, které přenáší teplo do objektu. Typy tepelných čerpadel jsou země/voda, voda/voda, vzduch/voda a jejich různé kombinace.

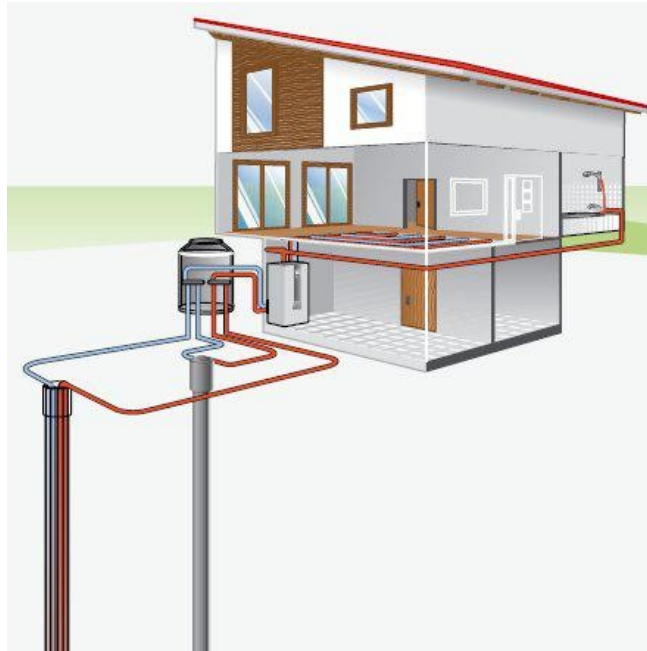
1.3.1 Země/Voda

Tepelné čerpadlo země/voda využívá jako svůj zdroj, energii ukrytou v zemi. Pro získání nízko-potenciální energie ze zemského povrchu je využíván kolektor. Kolektor je rozdělen na dva systémy. Na horizontální a vertikální kolektor. Horizontální kolektor se umísťuje pod povrch země, do hloubky 1,5 – 2 m. Teplo, které horizontální kolektor získá je převážně ze země nad kolektorem. Což je vlastně teplo, které dopadlo na povrch země ze slunečního záření. Proto je nutné mít horizontální kolektor na velké ploše. Je dáno, že pro výkon 1 kWh tepelného čerpadla je potřeba 10 – 30 m² kolektoru. A to je jeho velká nevýhoda, protože pro řádnou funkci je nutný kolektor alespoň o ploše 200 m². Obr. 4 představuje ukázkou TČ země/voda s horizontálním kolektorem. [6, 7]



Obr. 4 Ukázkou TČ země/voda s horizontálním kolektorem [6]

Při nedostatku místa se využívá vertikální kolektor. Vertikální kolektor je instalován do geotermálních vrtů, z nichž tepelné čerpadlo získává energii. Velkou výhodou vertikálního kolektoru je jeho teplotní stabilita. Ve větších hloubkách se během roku téměř nemění teplota a tím je zajištěn stálý výkon tepelného čerpadla. Nevýhodou je, že geotermální vrt není levná záležitost. Na obrázku č. 5 lze vidět TČ země/voda s geotermálním vrtem, ze kterého získává teplo. [6, 7]

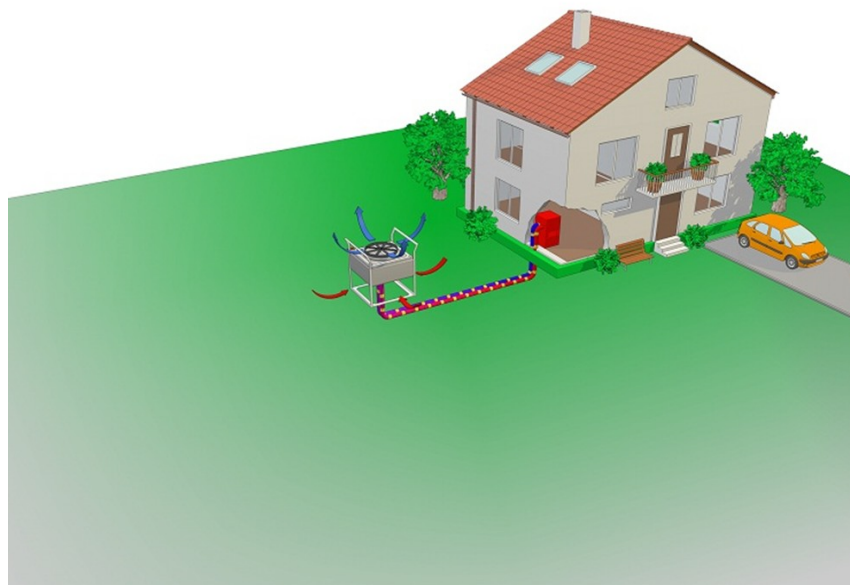


Obr. 5 Ukázka TČ země/voda s vertikálním kolektorem [7]

1.3.2 Vzduch/voda

Vzduch je tepelným čerpadlem využíván jako zdroj tepla. Lze využívat dva zdroje vzduchu. Jedním z nich je vzduch z venku a druhý je odpadní vzduch z budov. Při využívání venkovního vzduchu je nutné znát okolní podmínky a to zejména venkovní teplotu a vlhkost. Tepelné čerpadlo pracuje při teplotě na kterou je dimenzováno. Například tepelné čerpadlo může pracovat při teplotě venkovního vzduchu -10°C . Při nižší teplotě se výkon čerpadla snižuje a je nutné ho dodat doplňkovým zdrojem. V praxi to bývá elektrokotel, který je zapínám jen v případě, že tepelné čerpadlo nedokáže dodat dostatečný výkon pro vytápění. [6]

Na obrázku č. 6 je vidět ukázka instalace tepelného čerpadla vzduch/voda.



Obr. 6 Ukázka TČ vzduch/voda s odběrem tepla z venkovního vzduchu [6]

Druhým typem TČ vzduch/voda je vzduch vnitřní nebo také odpadní vzduch. V některých budovách probíhá stále recirkulace vzduchu. Vzduch odebraný z vnitřku budovy je ohřátý na určitou teplotu. Tato teplota se pohybuje mezi 18 – 24 °C. Proto je výhodné využít ohřátý, odpadní vzduch, jako zdroj pro tepelné čerpadlo. Zdroj tepla je nestálý a nedosahuje vysoké účinnosti. Topný faktor bude nízký a bude nutné doplnit tepelné čerpadlo o jiný zdroj.

1.3.3 Voda/voda

Voda je výtečným zdrojem nízko-potenciální energie pro tepelné čerpadlo. Zajišťuje vysoký topný faktor. Výparník je umístěn přímo ve vodě odkud bere teplo a předává ho dále do budovy. V praxi se využívají dva typy zdroje. Prvním je použití podzemní vody, kdy je výměník dán do studny, odkud bere teplo. Zbytkové teplo z expanzního ventilu čerpadla je vypouštěno do jiné (vsakovací) studny. To lze vidět na obrázku č. 7. [9]



Obr. 7 Ukázka TČ voda/voda s výparníkem ve studni [8]

Druhým typem zdroje voda/voda je využití povrchové vody. To jsou řeky, rybníky, jezera atd. Výparník je umístěn do vody tak, aby jím voda protékala a tím odevzdávala své teplo. V praxi to může znamenat problém, protože výměník se často zanáší nečistotami a tím se snižuje topný faktor tepelného čerpadla. Dále nemusí být dostatek vhodných lokalit, které mohou být použity jako zdroje. Také je nutné získat povolení k umístění výměníku do dané vodní plochy, kdy musí být dbáno, aby chod tepelného čerpadla neovlivnil živou složku ve vodě. Na obrázku č. 8 je uveden reálný příklad použití trubkového jímáče tepla v řece. [9]



Obr. 8 Reálná ukázka využití TČ voda/voda s povrchové vody [9]

2 Zdroje pro tepelná čerpadla

V současnosti jsou pro tepelná čerpadla využívány zdroje tepla, které pochází především z vody, vzduchu a země. Každý z těchto zdrojů lze rozdělit na dvě skupiny. Jednu skupinu je možné pojmenovat jako tradiční zdroje pro tepelná čerpadla. Do této skupiny jsou zařazeny zdroje, které jsou často uváděny u druhů tepelných čerpadel.

Druhou skupinu lze nazvat jako netradiční zdroje pro tepelná čerpadla. Netradiční zdroje jsou z prostředí jako vzduch, voda, země, ale jejich použití se liší od předchozí skupiny. Např. Využití odpadní vody, využití zbytkového tepla z technických procesů, aj.

2.1 Tradiční zdroje tepla

Tradiční zdroje jsou nejčastěji využívané zdroje pro tepelná čerpadla v současnosti. Lze si pod tímto názvem představit teplo, které získáme ze země, vody a vzduchu.

2.1.1 Nízkopotenciální energie v zemi

V Zemském povrchu je obsaženo mnoho nízko-potenciální energie. Energie v podloží je ve formě tepla. V literatuře se udává, že každých 30 m hloubky se teplota v podloží zvýší o 1° C. Také se udává, že v hloubce 100 m je teplota 10 ° C. Množství energie je dáno druhem horniny podloží, kde bude pracovat tepelné čerpadlo. Pro umístění kolektorů je nutné znát důležitý faktor, kterým je tepelná vodivost. V zemském povrchu lze nalézt různé druhy hornin. Každá z těchto hornin má různou tepelnou vodivost. Tepelná vodivost udává, kolik energie v sobě daná hornina obsahuje. Základní hodnota tepelného toku v podloží je brána okolo 50 W/m. [10, 11]

Tabulka číslo 1 představuje různé druhy podloží. Každé z nich má rozdílný specifický odběrový výkon pro počet hodin 1800 – 2400 h. [10, 11]

Tab.1 Přehled energií v podloží

Podloží	Specifický odběrový výkon	
	Pro 1 800 h	Pro 2 400 h
Štěrk, písek, suchý	< 25 W/m	< 20 W/m
Štěrk, písek, vodonosný	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
Silný průtok spodní vody do štěrku a písku	80 – 100 W/m	80 – 100 W/m
Hlína, jí, vlnké	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m
Vápenec (Masiv)	55 – 70 W/m	45 – 60W/m
Pískovec	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
Kyselé magmatity	65 – 80 W/m	55 – 70 W/m
Zásadité magmatity	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m
Rula	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m

2.1.2 Nízko-potenciální energie ve vzduchu

Velké množství energie se skrývá ve vzduchu. Možností využít energii je několik. Nejčastěji využitá energie bývá kinetická. Tepelná čerpadla využívají jinou energii. Kolektor, umístěný venku, získává energii tím, že odebere teplo ze vzduchu. Venkovní teploty v zimních měsících se pohybují okolo -5 až 0 °C. Chladivo tepelného čerpadla má nižší teplotu než teplota vzduchu. Díky 2. termodynamickému zákonu teplo z okolí přejde samovolně do chladiva. A tepelné čerpadlo dále pracuje dle principu uvedeném v kapitole 1.2. [10, 11]

2.1.3 Nízko-potenciální energie ve vodě

Energie ve vodě je poměrně stálý zdroj energie. Využívá se kinetická energie vody jako zdroj energie pro vodní elektrárny. V případě tepelných čerpadel je její využití zcela jiné. Vodní plochy jako řeky, rybníky, jezera aj. jsou ovlivňována změnou počasí. V zimě teplota vody klesá. Teplota klesá pod bod mrazu a voda zamrzne. V dostatečně hluboké vodní ploše, zamrzne horní vrstva vody a spodní vrstva nezmrzne. Teplota vody bývá okolo 4 °C. Teplota pro chod tepelného čerpadla je dostačující a tepelné čerpadlo má téměř stálý výkon. [10, 11]

Dále lze využívat vodu z podzemí. Výhoda využití spodní vody je v tom, že teplota v hloubce vyšší než 10 m je 8 – 10 °C. Změna ročního období nemá téměř žádný vliv na teplotu a proto lze získat stálý výkon pro tepelné čerpadlo. V některých případech lze nalézt zdroj vody, který má vyšší teplotu než 8 – 10 °C a tím zdrojem mohou být tepelné prameny. Díky tomu, tepelné čerpadlo získá mnohem vyšší topný faktor. [10, 11]

3 Netradiční zdroje tepla

Netradiční zdroje jsou zdroje nízko-potenciální energie získané ze vzduchu, vody a země. Od tradičních zdrojů energie se liší tím, že energie bývá často jako odpadní teplo z průmyslových procesů, chovu dobytka, odpadní vod aj.

3.1 Odpadní teplo z technologických procesů

Velké množství technologických (průmyslových) procesů produkuje ztráty. Většina ztrát bývá ve formě tepla. Teplo je převážně nežádoucí odpad, který je možné využít. Místo jeho vypouštění do ovzduší ho lze využít pro jiné použití. Někdy lze teplo vrátit zpátky do procesu a tím zvýšit účinnost procesu. V případě, že nelze odpadní teplo vrátit zpátky, lze ho využít pro jiné účely. V tomto případě lze využít odpadní teplo jako sekundární zdroj energie. Zpětné užití odpadního tepla z technologických procesů může výrazně snížit náklady na provoz. Kupříkladu, využít odpadní teplo pro vytápění budovy, kde probíhá výrobní proces. Nebo pro ohřev TUV.

Zdroje odpadního tepla lze rozdělit dle obsahu potenciálu energie. Dělí se na:

- 1 Nízko potenciální < 260 °C
- 2 Středně potenciální 260 – 650 °C
- 3 Vysoko potenciální > 650 °C

Pod bodem číslo 2 a 3 se skrývají procesy, které mohou díky své vyšší potenciální energii, využívat své odpadní teplo. Teplo z výše uvedených procesů lze použít přímo pro své vytápění, aniž by bylo potřeba tepelného čerpadla. Příkladem jsou vysoké pece pro výrobu železné rudy. Kde teplota přesahuje 2000 °C. Kdy lze odebrat odpadní teplo a použít ho k vytápění hal a administrativních budov. Zdroje tepla pro tepelná čerpadla jsou skryta pod bodem číslo 1.

3.2 Využití tepla z chovu hospodářských zvířat

Chov hospodářských zvířat, většinou skotu, doprovází značné problémy. V tomto konkrétním případě se zaměříme jen na problém s teplem. Hospodářské zvíře, kupříkladu skot, má stání, kde přebývá a je ustájen v objektech, které ho chrání před slunečním zářením. Zde také dostává krmení. Mikrobiologická činnost v předžaludcích skotu, produkuje velké množství tepla. V praxi je umístěno větší množství skotu v jednom objektu, zde také záleží na velikosti objektu. Aby se předešlo tepelnému stresu skotu, musí být přebytečné teplo odváděno pryč. [12]

Dojnice vyprodukuje mezi 700 – 1 800 W tepelného výkonu. Při úvaze, že v objektu může být několik desítek dojnic, nám vyprodukované teplo rychle naroste. V praxi je teplo odstraňováno a dojnice jsou chlazené vodou. Vyprodukované teplo je odpad. [12]

Velké množství odpadního tepla není využité. To lze změnit tím, že vyprodukované teplo bude využité jako zdroj pro tepelné čerpadlo. Umístěním kolektoru nad prostor určený pro chov dojnic, umožní získat stálý zdroj nízkopotenciální energie. Kolektor odebere teplo, čímž také dopomůže snížit tepelný stres dojnicím. Získané výstupní teplo z tepelného čerpadla je využitelné pro různé účely. Např. v zimním období jako zdroj tepla pro okolní budovy sousedící budov. V letních období pak pro ohřev užitkové vody.

3.3 Využití tepla šedých vod

Šedé vody jsou dle normy EN 12056 definovány jako vody splaškové, které v sobě nenesou fekálie a moč. [13]

Voda je výstupem z umyvadel, sprch, dřezů aj. Šedé vody jsou rozděleny na:

- neseparovatelné šedé vody,
- šedé vody z kuchyní a myček,
- šedé vody z praček,
- šedé vody z umyvadel, sprch a van.

Šedé vody v sobě ukrývají velké množství nevyužité energie. Protože mnoho objektů vypouští šedé vody do kanalizace a více nevyužívají její energii. Teplota šedé vody se pohybuje mezi 18 – 38 ° C. [13]

Tepelná energie se může využít zpětně k vytápění objektu, ohřevu užitkové vody. Systém pro získání tepla může být aplikován na obytné budovy, ale i na průmyslové budovy, nemocnice, školy, kryté bazény a kancelářské budovy. Využití je limitováno množstvím šedých vod z určitého objektu. Např. spotřeba vody rodinného domu nebude velká a množství využitelné energie pro získání tepla bude nízké. V tomto případě je nutný druhý zdroj, který dodá potřebné teplo pro rodinný dům. [13]

Pro využití tepla z šedé vody se rozděluje na dva systémy:

- Lokální systém
- Centrální systém

3.3.1 Lokální systém

Lokální systém je využíván pro jednotlivé spotřebiče, kdy jsou výměníky umístěny za jejich odtok. Například umístěný výměník na odtok z vany. Druhou možností je umístit výměník na svodovém potrubí, do kterého se vedou šedé vody ze spotřebičů. Zisk tepla je založen na principu, kdy je teplo z šedých vod využíváno pro předehřev studené vody. Předehřátou vodu lze využít dvěma způsoby. [13]

Předehřívání studené vody pro okamžité použití a předehřívání studené vody do zásobníku TUV.

Předehřev pro okamžité použití

Z odpadní šedé vody je odebráno teplo jednoduchým kolektorem. Odebrané teplo ohřívá studenou vodu, která protéká kolektorem. Předehřátá voda je přímo napojena na okruh

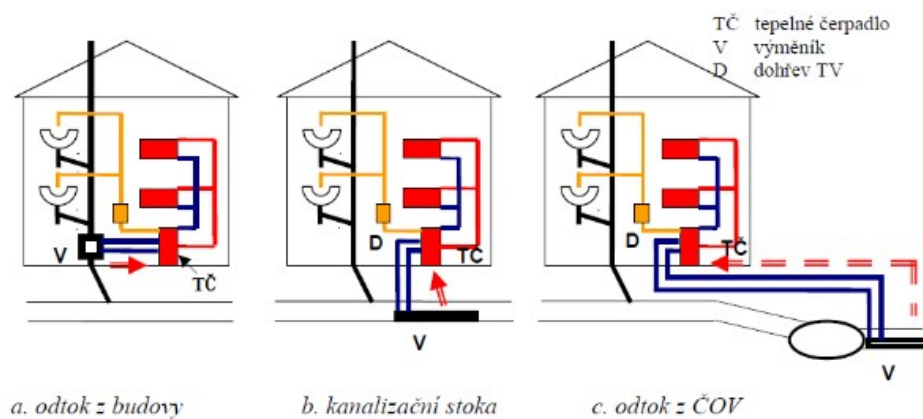
umyvadel a sprch. Díky tomuto zapojení je jeho účinnost velká, protože jsou eliminovány tepelné ztráty. Teplota přehřáté vody se pohybuje kolem 20 °C. [13]

Zásobník TUV

Teplá voda je odváděna do zásobníku TUV. Při odvodu dochází k větším ztrátám než v předešlém případě a je nutné vodu v zásobníku TUV dohřívat. [13]

3.3.2 Centrální systém

System, který je vhodnější pro větší objekty. Větší objekty mají vyšší produkci šedých vod, které jsou zdrojem energie. Odběr vody je nestálý, kolísavý. Šedé vody jsou shromažďovány v akumulacích nádržích. Nádrže slouží jako zdroje tepla, nejčastěji pro tepelná čerpadla. Pro zvýšení zisků energie je potřebné, aby byla velká spotřeba vody. Tu lze nalézt u objektů, které mají větší podíl osob, které se pohybují uvnitř objektu. V praxi jsou to bazény, lázně, hotely, aquaparky aj. [13]



Obr. 9 Ukázky centrálního systému pro odběr tepla šedých vod [13]

Na obrázku č. 9 jsou uvedeny příklady zapojení výměníku pro získání tepla z šedých vod. Obrázek *a.* představuje výměník, který je umístěn na odtoku z budovy. Proto lze teplo okamžitě využít pro vyhřívání. Obrázek *b.* představuje výměník, který je umístěn v kanalizační stoce. To umožňuje využívat nejen teplo, které je z šedé vody daného objektu. Ale i teplo, které vypouštějí okolní budovy. Poslední obrázek *c.* představuje zajímavé řešení. Umístění výměníku tepelného čerpadla na odtoku z ČOV.

3.4 Využití tepla z průmyslového chlazení

Chlazení je v dnešní době velmi důležitou složkou pro chod různorodých technologií. Od chlazení počítačů až po chlazení v potravinářském průmyslu. Hlavním důvodem je snížení teploty pro správný chod zařízení nebo zabránění poškození zboží. Při chlazení, dochází ke vzniku velkého množství tepla, které je odváděno z místa chlazení. Odváděné teplo je vypouštěno do okolí jako odpad. Odpadní teplo má velký energetický potenciál. [14]

Aplikací tepelného čerpadla lze snížit náklady na provoz chlazení tím, že snížíme tepelné ztráty při provozu chlazení. Teplo lze využít pro rekuperaci a tím získat využitelnou tepelnou energii. Tepelný výměník je umístěn buďto přímo jako chladič, který odebírá teplo primárním okruhem a předává ho sekundárním okruhem dále. Nebo výměník umístit k existujícímu okruhu, který odebírá teplo z chlazeného prostoru. [14]

Příkladem použití odpadního tepla z chlazení jsou zimní stadiony, kde je potřeba nestále chladící výkon na udržení ledu. To znamená, stálý přísun odpadního tepla, které lze použít jako zdroj energie pro tepelné čerpadlo. Teplo získané za pomoci tepelného čerpadla, lze využít pro vytápění budovy nebo ohřev TUV. [14]

4 Analýza zdrojů tepla s trubkovými jímači

Trubkové jímače tepla jsou založeny na systému trubek, které tvoří propojený celek. Uvnitř trubkového jímače je teplo-nosné médium. To absorbuje teplo z okolí, kde je trubkový jímač umístěn. Díky tomu, lze využít trubkové jímače jako napojení na výparník tepelného čerpadla. Výparník lze umístit do zdroje tepla jako například, průtočné výparníky. Průtočné výparníky lze umístit do tekoucí vody (řeky). Umístění výparníku může být limitováno. V řece jsou nečistoty, různé naplaveniny a živočichové, kteří mohou ucpat nebo znečistit výparník a snížit tak jeho účinnost. Použitím trubkových jímačů lze vyřešit problém s umístěním výparníku. Místo něho se zvolí trubky, které jsou technologicky tvořeny z mědi nebo plastů. Trubkové jímače lze tvarovat do potřebného tvaru, který se pak umístí do zdroje tepla. Například umístěním trubkového jímače do řeky, lze předejít znečištění a tím zvýšit účinnost získání tepla. Obrázek č. 10 představuje položení trubkových jímačů tepla do země.



Obr. 10 Ukázka položení trubkových jímačů tepla [15]

4.1 Návrh tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla se obvykle navrhují na tepelné ztráty objektu. To znamená kolik tepla je potřebné pro vytopení daného objektu. Samozřejmě lze návrh provést jiným způsobem. V případě, že nelze zjistit tepelnou ztrátu objektu, může být proveden návrh na tepelný výkon zdroje. To je možné si představit na určitém příkladu. V průmyslovém objektu jsou umístěny stroje, které jako odpad produkují teplo. Odpadní teplo lze využít. Proto lze spočítat tepelný výkon a poté navrhnout tepelné čerpadlo, které zužitkuje produkované odpadní teplo.

4.2 Návrh trubkového jímače tepla (plošného kolektoru)

Tepelná čerpadla vzduch/voda jsou konstruovány s integrovaným výměníkem, skrze který je proháněn vzduch. V případě agresivnějšího prostředí lze předpokládat, že dojde k dřívějšímu poškození výměníku resp. Výparníku. Pro agresivnější prostředí je lépe zvolit trubkové jímače tepla, které jsou více odolné a také levnější.

Návrh trubkových jímačů tepla bude proveden pro modelové zdroje tepla pro tepelná čerpadla. Pro návrh bylo vybráno plastový trubkový systém PE 150 RC 32x2,0. Polyethylenové potrubí bylo vybráno za předpokladu, že kolektor bude umístěn do agresivního prostředí. V případě měděného potrubí by agresivní prostředí snížilo jeho životnost a mohlo způsobit korozi.

4.2.1 Výpočet plochy pro trubkový jímač tepla

Plocha potřebná pro položení plošného kolektoru, aby bylo zajištěno dostatečné množství nízkopotenciální energie jako zdroj pro tepelné čerpadlo. Pro výpočet plochy je nutné znát určité veličiny. První je veličina je dodávaný tepelný výkon zdroje Q_e (W), druhou veličinou je maximální měrná extrakční kapacita Q_s . Veličina Q_s představuje výkon, který dokáže kolektor přijmout na jednotkovou plochu kolektoru. Jednotkou veličiny Q_s je W/m^2 . Níže uvedeným vztahem lze vypočítat potřebná plocha, pro položení plošného kolektoru. [16]

$$S = \frac{Q_e}{Q_s} \quad (\text{m}^2) \quad (3)$$

Dosazením hodnot do vztahu 3, lze vypočítat plochu kolektoru. [16]

4.3 Výpočet délky kolektoru

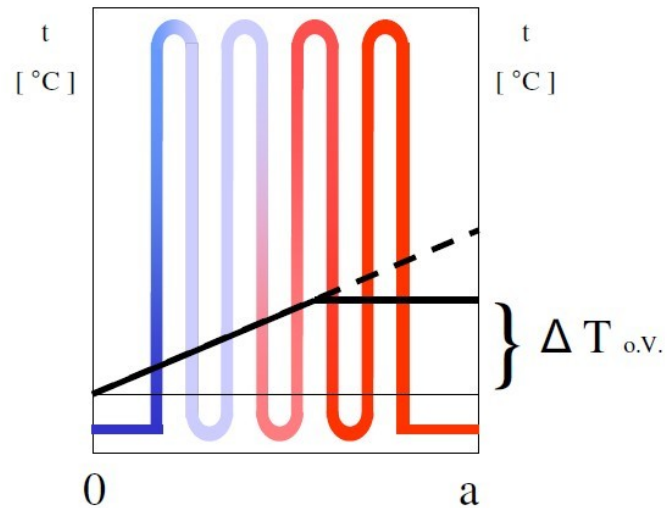
Dalším krokem je nutné vypočítat délku trubkového výměníku. Tedy délku potrubí plošného kolektoru. Pro výpočet je třeba znát tepelný výkon zdroje Q_e (W) a extrakční kapacitu na jeden metr délky potrubí Q_t (W/bm). Vztah, dle kterého lze spočítat délku kolektoru je: [16]

$$L = \frac{Q_e}{Q_t} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

Dosazením do vztahu 4, vyjde výsledná délka potrubí pro plošný kolektor.

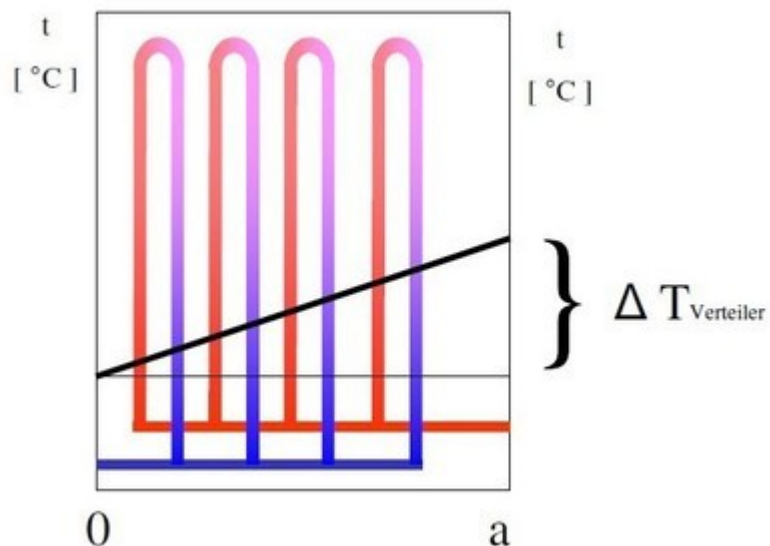
4.4 Výpočet počtu kolektorů

V předešlých případech byla vypočtena plocha kolektoru a také délka potřebného potrubí pro absorpci tepla z okolí. Je možné si vybrat ze dvou variant plošných kolektorů. Jedna varianta je zapojit celý kolektor jako jeden celek. Tím je myšleno celé kolektorové potrubí o své délce, jako zdroj tepla. Takovéto zapojení může být problémové, protože protékající teplo-nosné médium absorbuje teplo na výstupu z výměníku tepla. Než ohřáté médium proteče celým kolektorem, médium může ztratit část svého získaného tepla a tím se sníží účinnost plošného kolektoru. Jak je vidět na obrázku č. 11. [16]



Obr. 11 Varianta zapojení plošného kolektoru – Jeden kolektor [16]

Druhý způsob použití zapojení plošného kolektoru je jeho rozdělení na samostatné celky. Ty jsou připojeny tak, aby získané teplo protékalo do jednoho potrubí, které ho předá do výměníku. Rozdělené délky lze v praxi najít o různých délkách např. 100, 150, 200, atd. V dimenzi DN 25 a DN 32. Dle měření v praxi bylo zjištěno, že neoptimálnější délka pro jeden okruh plošného kolektoru je 130 m. V praxi nelze nalézt přesný rozměr potrubí a proto je nutné přizpůsobit délku. V nejlepším případě se vybírá délka 150 m. Na obrázku číslo 12. lze vidět zapojení rozděleného plošného kolektoru, kde je celá délka položena kolektoru rozdělena na okruhy. Také je zde vidět teplotní charakteristika kolektoru. Ta ukazuje, že nedojde k poklesu teploty jako v předešlém případě na obrázku číslo 11. [16]



Obr. 12 Varianta zapojení plošného kolektoru – Více kolektorů [16]

Pro určení správného množství plošných kolektorů, které je třeba k plnému využití tepelného zdroje pro tepelné čerpadlo, je stanoven vztah: [16]

$$\text{počet kolektorů} = \frac{\text{celková délka kolektoru}}{\text{vybraný rozměr jednotlivých kolektorů}} \quad (5)$$

Výsledkem je počet jednotlivých kolektorů, abychom pokryly celkovou délku kolektoru. V praxi nemusí být výsledkem celočíselná hodnota a je nutné počet zaokrouhlit. [16]

4.5 Rozteč trubkového kolektorů

Jako poslední je nutné zpětně propočítat rozteč, kterou mezi sebou musí jednotlivé trubky mít. Trubkové jímače položené příliš blízko sebe sniží množství tepla, které je možné odebrat z okolí. Rozteč lze vypočítat dle následujícího vztahu: [16]

$$\text{Rozteč (m)} = \frac{\text{Plocha pokládky}}{\text{Délka kolektoru}} \quad (6)$$

Výsledná hodnota dle vztahu číslo 6. udává potřebnou rozteč trubek.

4.6 Výběr tepelného čerpadla

Výše uvedený postup je k navržení plošného kolektoru pro tepelné čerpadlo. Po jeho navržení a zjištění, jaký tepelný výkon ze zdroje tepla dostaneme, můžeme zvolit tepelné čerpadlo, které nám zjištění tepelný výkon dokáže řádně využít.

5 Analýza netradičních zdrojů tepla

Analýza je provedena za pomoci modelových případů a objektů. Jsou zde propočteny ztráty na strojích ve formě tepla a následně jsou za pomoci trubkových jímačů tepla, tyto ztráty použity jako zdroje nízkopotenciální energie pro tepelná čerpadla. Na následujících stránkách jsou uvedeny různé zdroje tepla a jejich zúročení za pomoci tepelného čerpadla. Pro všechna TČ byl vybrán tarif od společnosti ČEZ, D56d při cenách NT – 1 kWh = 2,14 Kč a VT – 1 kWh = 2,5 Kč.

5.1 Zdroje tepla z chovu hospodářských zvířat

Jedním z neobvyklým zdrojů tepla je chov hospodářských zvířat. Pro chov hospodářských zvířat jsou použité stájové objekty, kde jsou zvířata umístěna. Uvnitř těchto objektů je více zdrojů tepla. Například světla, motory z ventilátorů, zemědělská technika, pracující ve stájích. Největším zdrojem tepla, jsou mikrobiální procesy, které jsou u zvířat a fermentace podestýlky stáje. Teplo z mikrobiálních procesů je produkováno zvířaty umístěnými ve stájových objektech. Vyprodukované teplo se liší dle druhu zvířat a jejich počtu. Chovatelé musí řešit problém tepelné pohody zvířat ve stájových objektech, aby netrpěli a měli co největší pohodlí. Snižují stres zvířat a tím například u skotu mohou zvýšit jejich doживost. V současné době se používá metoda s výměnou vzduchu uvnitř stájové budovy.

Do stájového objektu jsou umístěné větrací jednotky, které prohánějí velké množství studeného vzduchu z venkovních prostor skrze stáje. Tím snižují teplotu uvnitř stájového objektu, ale také teplotu ustájených zvířat. Další metodou je sprchování zvířat vodou, tím je zabezpečeno snížení teploty zvířat. Z technického hlediska je použití ventilátorů nebo sprch s vodou energeticky náročné. Tím je myšleno, že musíme dodat energie, abychom odebrali teplo ze stájových objektů a teplo jako nevyužitý odpadní zdroj energie zahodili. Neobvyklým řešením by mohlo být využít teplo vyprodukované zvířaty, jako sekundární zdroj tepla a použít ho.

5.1.1 Modelová analýza zdroje tepla ze stájových objektů

Teplo vyprodukované při chovu hospodářských zvířat lze použít jako zdroj tepla pro tepelná čerpadla. V praxi je velice málo nainstalovaných tepelných čerpadel uvnitř stájového objektu. Proto bude analýza zdroje tepla počítána pro modelový stájový objekt.

Obecný výpočet metabolického tepla

Pro výpočet vyprodukovaného metabolického tepla zvířaty Q_{PR} [W] se využívá obecný vzorec: [12]

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q \quad (7)$$

kde

Q_{PRj} je vyprodukované zvířaty. Hodnota je vztažená na jednotku hmotnosti ve (W)

M_Z je počet hmotnostních jednotek což je v praxi celková hmotnost zvířat, kde ($M_Z = \text{počet kusů} \cdot \text{průměrná hmotnost} / 100 \text{ kg}$) v (Kg)

k_M je korekce na mléčnou užitkovost

k_q je koeficient produkce tepla na rozdílných teplotách vnitřních prostor

Výše uvedené hodnoty se od sebe liší dle toho, jaké užitkové zvíře je ustájeno a chováno. Skot samozřejmě vyprodukuje mnohonásobně vyšší metabolické teplo než drůbež.

Výpočet metabolického tepla

Modelový stájový objekt má rozměry 32 x 36 m a uvnitř je ustájeno 140 ks skotu. Skot jsou dojnice s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 3500 kg/rok a vnitřní teplota 10 °C. Pro skot jsou v tabulkách uvedeny stanovené hodnoty pro výpočet metabolického tepla. Q_{PRj} pro dojnice je 195 W na 100 kg váhy skotu. Koeficient užitkovosti k_M je roven 1 a koeficient produkce tepla při teplotě 10 °C k_q je roven 1. [12]

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q = 195 \cdot (140 \cdot 500 / 100) \cdot 1 \cdot 1 = 136\,500 \text{ W} \quad (8)$$

Z výpočtu metabolického tepla je zřejmé, že ustájený skot v objektu vyprodukuje 136 kW odpadního tepla.

5.1.2 Návrh tepelného čerpadla pro výše uvedený zdroj tepla

Teplo, které vyprodukují dojnice z výše uvedeném modelu je 136 kW. Tepelný výkon je docela vysoký vzhledem k tomu, že jde o odpadní teplo produkované zvířaty. Pro zjištění, zda je možné využít všechno vyprodukované teplo, je nutné provést analýzu daného systému. Analýza je provedena za pomoci návržení vhodného trubkového jímače tepla (kolektoru) pro získání tepla a následné aplikace tepelného čerpadla pro vypočtený výkon.

Parametry pro výpočet

Model stájového objektu o délce 36 m, šířce 32 m a výšce 5 m. Se střechou do tvaru trojúhelníka. Obrázek č.13 představuje modelový stájový objekt.



Obr. 13 Obrázek modelové stáje pro dojnice [17]

Měrná extrakční kapacita $Q_s = 40 \text{ W/m}^2$

Extrakční kapacitu na jeden metr délky potrubí $Q_t = 20 \text{ W/bm}$

Maximální tepelný potenciál $Q = 136 \text{ kW}$

Výpočet plochy kolektoru

Pro zjištění potřebné plochy kolektoru lze použít vzorec číslo 3. Ale v tomto případě máme k dispozici jen omezenou plochu pro plošný kolektor. Plocha, kterou lze použít je omezena rozměrem střechy, kam umístit kolektor. Střecha má rozměr $a = 36 \times b = 16,28 \text{ m}$. Výsledná plocha je tedy rovna. [16]

$$S_1 = a \times b = 36 \times 16,28 = 586 \text{ m}^2 \quad (9)$$

Dle vzorce číslo 9. je vypočítána plocha jedné strany střechy, proto je nutné vypočtenou plochu vynásobit 2. Tím dostaneme maximální použitelnou plochu pro aplikaci plošného kolektoru. [16]

$$S = 2 \times S_1 = 2 \times 586 = 1172 \text{ m}^2 \quad (10)$$

Výslednou hodnotu plochy S , použijeme do vzorce číslo 3. Úprava vzorce číslo 3, odkryje použitelný výkon, který je schopný kolektor využít. [16]

$$Q_e = S \times Q_s = 1172 \times 40 = 46\,880 \text{ W}$$

Vypočtený výkon, který lze využít ze stájového objektu je 47 kW tepelného výkonu. [16]

Výpočet délky kolektoru

Zjištění délky potrubí kolektoru je za pomoci vztahu číslo 4.

$$L = \frac{Q_e}{Q_t} = \frac{46\,880}{20} = 2344 \text{ m} \quad (11)$$

Vypočtená délka kolektoru je pro obě plochy střechy objektu, proto musí být délka rozdělena na polovinu. Rozdělení odhalí potřebnou délku pro jednu stranu. [16]

$$L_{1s} = \frac{L}{2} = \frac{2344}{2} = 1172 \text{ m} \quad (12)$$

Zjištění počtu kolektorů

Počet kolektoru je počítán dle vztahu číslo 5. V tomto případě byly vybrány kolektory o rozměru 150 m, které se blíží nejefektivnější hodnotě 130 m. [16]

$$\text{Počet kolektorů} = \frac{L}{\text{Vybraný rozměr}} = \frac{2344}{150} = 15,63 \text{ ks} \quad (13)$$

Lépe je zaokrouhlit počet kolektorů směrem k horní hranici, proto v tomto případě, bude potřeba 16 kolektorů o délce 150 m.

Zjištění mezer mezi trubicemi

Optimálním rozložením trubic kolektorů od sebe, tím lze dosáhnout dostatečné absorpci tepla ze vnitřku objektu. Pro zjištění byl využit vztah číslo 6: [16]

$$\text{Rozteč} = \frac{1172}{16 \times 150} = \frac{1172}{2400} = 0,488 \text{ m} \quad (13)$$

Rozteč mezi trubkami vyšla 0,488 m.

Výběr tepelného čerpadla

Pro tepelný zdroj o tepelném výkonu 47 kW bylo vybráno tepelné čerpadlo GeoTHERM VWS bez zásobníku TUV o jmenovitém výkonu 45,9 kW a topném faktoru COP = 4,33. V příloze uveden katalogový list tepelného čerpadla. [23]

Tab.2 Přehled vypočtených parametrů navrženého TČ geoTHERM VWS 460/2

Přehled parametrů navrženého TČ	45,9 kW
Náklady na pořízení TČ	459 195,00 Kč
Náklady na pořízení tepelného kolektoru	36 912,96 Kč
Náklady na instalaci TČ	30 000,00 Kč
Celkové náklady na TČ	526 107,96 Kč
Vyrobené množství tepla	130 623 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	30 167 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	59 085,40 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	6 275,00 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	65 360,40 Kč

5.2 Zdroj tepla z chlazení mléka

Při dojení mléka je potřebné snížit jeho teplotu, aby vyhovělo hygienickým nárokům. Teplota mléka při dojení je v průměru 33 °C. Pro jeho zchlazení je možné použít chladicí kompresory, které mléko zchladí na potřebných 5 – 3 °C. Při využití chladících kompresorů je teplo nevyužité a odchází z procesu jako odpad. Proto je možné využít tepelné čerpadlo, pro snížení teploty mléka. Získané teplo lze využít pro jiné účely a to k vytápění nebo k ohřevu TUV. V průměru se udává, že dojnice denně nadojí 20 – 55 litrů mléka. Záleží na druhu a také na prostředí, kde právě dojnice je. Fyzikálními vlastnostmi je mléko podobné vodě, proto lze říci, že měrná tepelná kapacita mléka je podobná vodě, tedy $c = 4\,180 \text{ J/kgK}$. Z těchto údajů lze získat hodnotu tepla, které lze využít tepelným čerpadlem.

$$Q = m \times c \times \Delta t \quad (14)$$

Dosazením do vzorce číslo 14, lze zjistit množství tepla, které dostaneme z mléka za použití údajů z předchozího odstavce. [18]

Modelový případ pro výpočet

Parametry pro výpočet: [19]

Teplota mléka $t_1 = 33 \text{ °C}$

Výstup mléka z TČ $t_2 = 5 \text{ °C}$

Dojivost pro 1 dojnici $m = 30 \text{ dm}^3$

Měrná tepelná kapacita mléka $c = 4180 \text{ J/kgK}$.

Počet dojnic: 200 ks

$$Q = (\text{počet dojnic} \times \text{dojivost}) \times c \times (t_1 - t_2) = (140 \times 30) \times 4180 \times (33 - 5) = 491568000 \text{ J} \quad (15)$$

Tedy teplo, které můžeme za den získat z mléka je 491,6 MJ. Při převedení na kWh získáme **136,5 kWh** za den. Za předpokladu, že dojit se musí denně, lze získat **49 839 kWh/rok** tepla. Množství získaného tepla bude záviset na dojivosti krav a na jejich počtu.

5.3 Zdroj tepla z průmyslové haly

Pro modelový příklad byla vybrána firma, zabývající se obráběním kovů. Uvnitř haly pracuje 6 obráběcích centrál SPH 50. Každá centrála má výkon 100 kW. Plocha celé haly je 1200 m². Pro zjištění tepelných zisků z výroby, musíme znát několik parametrů a použít je do vzorce číslo 16, kterým lze zjistit příslušné tepelné zisky. [20, 21]

$$Q = c_1 \times c_2 \times c_3 \times \Sigma P \quad (16)$$

kde Q je tepelný zisk (W), c_1 je součinitel současnosti, zohledňující provoz jednotlivých zařízení. Součinitel c_2 , také zbytkový součinitel, zohledňuje stav, kdy se část tepla nedostává do prostoru, ale je odebírána chladicí smyčkou stroje. Součinitel c_3 je součinitel zatížení a ukazuje nám, jak je opravdu zařízení zatěžováno. Všechny tři součinitele mají bezrozměrný parametr. ΣP představuje součet všech elektrických příkonů/výkonů (W). [21]

Tab. 3 Přehled zařízení v průmyslové hale

Zařízení	Q (kW)	P (kW)	c1 (-)	c2 (-)	c3 (-)
6x SPN 50	120	600	1	0,5	0,4
Světla	12	12	-	-	-
Celkem	144				

V případě haly byl uvažován i tepelný zisk s osvětlení, které dělá 12 kW. Dále bylo uvažováno, že stroj pracuje na 3 směny, proto $c_1 = 1$, část tepla je odevzdáno do chladicí smyčky a část uniká do ovzduší, proto byl zvolen zbytkový součinitel $c_2 = 0,5$. A zatížitelnost stroje byla zvolena $c_3 = 0,4$ z důvodu, že stroj nepracuje stále naplno. Celkový tepelný zisk činní 144 kW. [21]

Dle 4. kapitoly byl navržen trubkový jímač tepla.

Tab. 4 Vypočtený trubkový jímač tepla [16]

Návrh trubkového jímače tepla	
Využitelný maximální tepelný výkon Q (kW)	144
Měrná extrační kapacita Q_s (W/m ²)	80
Extrakční kapacita na 1m Q_t (W/m)	40
Využitelná plocha (m ²)	1000
Využitý tepelný výkon (kW)	80
Délka trubic (m)	2400
Počet kolektorových smyček (ks)	14
Rozteč (m)	0,95

V tabulce číslo 4 je vidět, že využít lze jen 80 kW tepla z chodu zařízení a ne jeho maximální tepelný výkon.

Výběr tepelného čerpadla

Pro tepelný výkon 80kW bylo vybráno tepelné čerpadlo NIBE F1345 – 2 x 40 kW s COP = 4,49. [25]

Tab. 5 Přehled vypočtených parametrů navrženého TČ NIBE F1345 – 40 2 x. [25]

Přehled parametrů navrženého TČ	2 x 39,94 kW
Náklady na pořízení TČ	860 000,00 Kč
Náklady na pořízení tepelného kolektoru	50 000,00 Kč
Náklady na instalaci TČ	30 000,00 Kč
Celkové náklady na pořízení TČ	940 000,00 Kč
Vyrobené množství tepla	227 324,16 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	50 629 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	99 263,50 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	10 610,50 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	109 874,00 Kč

6 Zhodnocení tradičních a netradičních zdrojů pro TČ

Zdroje tepla pro tepelná čerpadla mají své výhody a nevýhody. Ty jsou závislé na tom, kde se tepelné čerpadlo využívá a odkud je čerpána nízko-potenciální energie pro tepelné čerpadlo. V následující kapitole budou zhodnoceny ekonomické a technické vlastnosti použitých tradičních a netradičních zdrojů tepelných čerpadel. Katalogové listy všech použitých TČ jsou uvedeny v příloze.

6.1 Tradiční zdroje tepelných čerpadel

Zdroje tepla uvedené v kapitole 2 jsou využívány často pro vytápění rodinných domů, ale také pro průmyslové objekty. Alespoň v případě tepelného čerpadla vzduch/voda.

Pro shrnutí ekonomických a technických aspektů byly použity podmínky, pro výpočty. Pro výpočet ceny za provoz byl využit tarif D56d, kde $1 \text{ kWh(NT)} = 2,14 \text{ Kč}$ a $1 \text{ kWh(VT)} = 2,5 \text{ Kč}$. [22]

6.1.1 Zdroj tepla země/voda

Ekonomické aspekty tepelného čerpadla země/voda jsou v jeho dražší pořizovací ceně. Ceny těchto tepelných čerpadel se pohybují od 150 000 Kč až k 500 000 Kč, dle výkonu a topného faktoru. Dalším vysokým výdajem při pořízení tepelného čerpadla je tepelný kolektor. Bude záležet, zdali bude využit plošný kolektor nebo geotermální vrt.

Geotermální (vertikální) kolektor

Geotermální vrt je velice stálým zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo. První musí být proveden hydrogeologický průzkum a je potřebné stavební povolení, jejich cena je okolo 7000 Kč. Délka geotermálního vrtu závisí na podloží, kde má být vrt proveden. Energie v podloží je uvedena v tabulce číslo 1. Pro rodinný dům je udávána délka vrtu 60 – 100 m. Samozřejmě záleží na tepelné ztrátě objektu, který má být vytápěn. Průměrně je cena vrtu za 1 m 1000 Kč, cena se pohybuje dle podloží, kde je vrt prováděn. Skalnaté podloží je méně energeticky vydatné a je nutné delší vrt, to zvýší jeho cenu. Dále je nutné potrubí pro primární oběh tzv. Geotermální sondu. Nejčastěji polyethylenové potrubí o různých délkách např. PE RC 4x40x3,7, cena za 1 m = 222,36 Kč.

Modelový příklad: Rodinný dům s tepelnou ztrátou $P = 6 \text{ kW}$.

Tab. 6 Modelový návrh TČ pro tepelnou ztrátu 6kW - F1145/6 – země/voda – vertikální kolektor [25]

Přehled parametrů navrženého TČ	6,1 kW
Náklady na pořízení TČ	165 000,00 Kč
Náklady na vrt – 80 W/m – 75 m	75 000,00 Kč
Potrubí – 75 m	16 677,00 Kč
Dokončovací práce	35 000,00 Kč
Celkové náklady na pořízení TČ	291 677,00 Kč
Vyrobené množství tepla	17 359,5 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	3 849,1 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	7 562,93 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	803,20 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	8 366,13 Kč

V tabulce č. 6 jsou uvedené parametry tepelného čerpadla, náklady na provoz a náklady na koupi tepelného čerpadla. [26]

Plošný (horizontální) kolektor

Druhým tradičním zdrojem tepelných čerpadel země/voda je plošný kolektor. Plošný kolektor je s porovnáním s ostatními zdroji tepla stálým zdrojem nízkopotenciální energie a zajišťuje vysoký topný faktor. Pro zajištění plošného kolektoru jako zdroje tepla, jsou nutné stavební práce. Nejprve musí být u objektu dostatečná plocha pro umístění plošného kolektoru, čím vyšší tepelnou ztrátu daný objekt má, tím větší plocha bude potřebná k umístění plošného kolektoru. V kapitole 5.1.2 je uveden postup, dle kterého jsou navrhovány plošné kolektory pro tepelná čerpadla. Nejprve musí být vykopáno podloží, do kterého bude uložen plošný kolektor. V praxi se používá výkop o hloubce 1,2 až 1,5 m. Menší hloubka by mohla ovlivnit zeminu nad kolektorem. V případě, že je kolektor umístěn pod zahradou, může při větším odběru tepla z kolektoru dojít k újmě flóry na zahradě.

Nejprve je nutné zjistit podloží, kde bude plošný kolektor uložen. Tím lze zjistit, jaké množství energie dokáže plošný kolektor získat ze země. Dalším krokem je provést výkop. Výkop je možné provést manuálně, nebo využít techniky. Cena za výkop s použitím těžké techniky se pohybuje od 70 do 130 Kč za 1 m. Výkop je proveden v hloubce o specifikované šířce. Šířka bývá kolem 50 – 70 cm. Při použití méně kvalitního potrubí, se do výkopu

používá pískové lóže, které zabraňuje protržení potrubí vlivem ostrých kamínků. Potrubí stojí 1640,52 Kč/100m. Použití písku samozřejmě zvedne cenu plošného kolektoru za předpokladu, že písek stojí 400 Kč/1t. Znovu, čím delší potrubí kolektoru, tím více písku je potřeba a cena je vyšší. Dále položení potrubí plošného kolektoru stojí peníze. Po pokládce potrubí, je dokončeno pískové lóže a následuje zemina.

Modelový příklad: Rodinný dům s tepelnou ztrátou $P = 6 \text{ kW}$.

Tab. 7 Modelový návrh TČ pro tepelnou ztrátu 6kW F1145/6 – země/voda – Plošný kolektor [25]

Přehled parametrů navrženého TČ	6,1 kW
Náklady na pořízení TČ	165 000,00 Kč
Cena výkopu	26 000,00 Kč
Potrubí – 200 m	3 300,00 Kč
Cena písku	9 000,00 Kč
Počet smyček	3
Dokončovací práce	35 000,00 Kč
Celkové náklady na pořízení TČ	238 300,00 Kč
Vyrobené množství tepla	17 359,5 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	3 849,1 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	7 562,93 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	803,20 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	8 366,13 Kč

6.1.2 Zdroj tepla vzduch/voda

Tepelné čerpadla vzduch/voda jsou nejlevnější variantou tepelných čerpadel. Záleží, kde chcete tepelné čerpadlo použít. Pro velké objekty se doporučuje používat tepelná čerpadla, která mají vyšší topný faktor a zajistí pokrytí celé spotřeby. To do určité chvíle zvládne i tepelné čerpadlo vzduch/voda. Teplo je získáno z venkovního vzduchu a to v zimním období, kdy jsou teploty hluboko pod bodem mrazu, může být problém. Bude potřeba instalovat dodatekový zdroj tepla, nejčastěji elektrokotel. Technologicky je použití vzduchu jednoduché. Ten je vháněn ventilátorem do výparníku v tepelném čerpadlu, kde je získáno teplo. Proto pro provoz není nutné složitá instalace dalších periférií. Například nejsou třeba složité výkopové práce jako u zdroje země/voda a voda/voda. Žádná stavební povolení, které mohou zvýšit cenu tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo je náchylnější k poškození. Nepracují skrze jímače tepla. Čerpadlo je pak vystaveno všem vlivům, které na něj mohou negativně působit a

způsobit jeho zničení. Například získání tepla ze vzduchu v agresivním prostředí průmyslových provozů.

Modelový příklad: Rodinný dům s tepelnou ztrátou $P = 6 \text{ kW}$.

Tab. 8 Modelový návrh TČ pro tepelnou ztrátu 6 kW - Dimplex LA 6TU – vzduch/voda [26]

Přehled parametrů navrženého TČ	5,1 kW TČ
Náklady na pořízení TČ	172 000,00 Kč
Cena instalace	20 000,00 Kč
Dodatkový zdroj – elektrokotel THERM EL5 0,5 – 4,5 KW	24 079,00 Kč
Celkové náklady na pořízení TČ	216 079,00 Kč
Vyrobené množství tepla TČ	14 513,69 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	3 819,4 kWh/rok
Vyrobené množství tepla elektrokotlem	2 845,81 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie elektrokotlem	2 845,81 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	7 444,76 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	790,65 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	8 235,41 Kč
Náklady na provoz EK – Nízký tarif D56d	5 022,26 Kč
Náklady na provoz EK – Vysoký tarif D56d	533,28 Kč
Celkové náklady na provoz elektrokotle	5 555,53 Kč
Celkové náklady na provoz	13 790,94 Kč

6.1.3 Zdroj tepla voda/voda

Voda je výtečný zdroj tepla. Topný faktor tepelného čerpadla je téměř totožný s topným faktorem tepelného čerpadla země/voda. Problém s tímto zdrojem je, že je jen omezeně míst, které lze využít. Pro nalezení správné lokality jako zdroje tepla je nutné provést chemický rozbor. Voda by neměla být moc mineralizovaná, tím by byl zanášen výměník a snížil by se topný faktor tepelného čerpadla. Největším problémem je najít dostatečně silný zdroj tepla. V případě studny, musí být zdroj vydatný od 0,5 l/s vody. Problém může být i v tom, že při čerpání vody ze studně, začne voda vysychat a proto je nutné provést zkoušky. Ty spočívají v kontinentálním odběru vody ze studny po určitou dobu a když není studně nijak ovlivněna, může být použita jako zdroj tepla. Zhotovení studny představuje v tomto případě vysoký náklad, protože cena vrtu studny je kolem 2000 Kč/1m. Pro chod tepelného čerpadla je

potřeba dvou studní, jedna jako zdroj tepla a druhá, kam bude z tepelného čerpadla vypouštěna voda. Samozřejmě není potřeba hlubokého vrtu jako v případě využití geotermálního vrtu jako zdroje. Další významný náklad při instalaci je ponorné čerpadlo, které nám bude vodu čerpat ze studny.

Modelový příklad: Rodinný dům s tepelnou ztrátou $P = 6 \text{ kW}$.

Tab. 9 Modelový návrh TČ pro tepelnou ztrátu 6 kW - ECO TOUCH DS 5027 Ai- voda/voda [27]

Přehled parametrů navrženého TČ	8,1 kW TČ
Náklady na pořízení TČ	189 400,00 Kč
Čerpací studna (2000 Kč/m) – 12 m	24 000,00 Kč
Vsakovací studna (2000 Kč/m) – 8 m	16 000,00 Kč
Ponorné čerpadlo	21 000,00 Kč
Cena instalace	40 000,00 Kč
Celkové náklady na pořízení TČ	290 400,00 Kč
Vyrobené množství tepla TČ	23 051,18 kWh/rok
Spotřeba elektrické energie	5 360,73 kWh/rok
Náklady na provoz TČ – Nízký tarif D56d	10 505,38 Kč
Náklady na provoz TČ – Vysoký tarif D56d	1 115,70 Kč
Celkové náklady na provoz TČ	11 621,08 Kč

6.1.4 Shrnutí tradičních zdrojů tepla

Tradiční zdroje tepla pro tepelná čerpadla jsou vhodné pro objekty, které nemají velké tepelné ztráty. Tím je myšleno, že pro rodinné domy jsou tyto zdroje více než dostatečné, protože při stavbě RD nebo menších průmyslových objektů s nimi lze počítat. U rodinného domu není problém položit plošný kolektor, nebo geotermální vrt. V městské zástavě lze jen těžko uskutečnit geotermální vrt nebo položit plošný kolektor pod zem.

Z tradičních zdrojů jsou pro nízkoenergetické domy dobré použít jako zdroj tepla vzduch. Zde opravdu záleží na tom, kolik chceme investovat do vytápění. Dle modelových návrhů, bylo nejlevnějším zdrojem teplo ze vzduchu. Kde bylo TČ zapojeno bivalentně a dodatkový zdroj výrazně zvýšil spotřebu energie pro vytápění. Technologicky jsou tyto zdroje více náročné hlavně na stavební úpravy, kdy je nutné těžké techniky pro výkopové práce. Například v tabulce číslo 6 je tepelné čerpadlo napojeno na geotermální vrt, který o délce 75 m stojí 75000 Kč a lze získat tepelný výkon 8 kW. To je poměrně vysoká částka a za

předpokladu, že bude potřeba vytopit objekt s vyšší tepelnou ztrátou. Například 80 kW, bylo by nutné mít vrt o délce 750 m a to může být velice drahé.

6.2 Netradiční zdroje tepelných čerpadel

V kapitole 5 byly vybrány 3 netradiční zdroje pro tepelná čerpadla. První z chovu hospodářských zvířat, ze skotu a dalším bylo využití zbytkového tepla při dojení mléka. Třetím zdrojem je průmyslový objekt, kde jsou umístěny obráběcí centrály.

6.2.1 Zdroj tepla z chovu hospodářských zvířat

Z modelového případu v kapitole 5.1. lze dostat zdroj tepelného výkonu o 47 kW. Jde o zdroj tepla, který by nebyl v praxi využit. Použitím tepelného čerpadla lze získat množství tepla o hodnotě 130 623 kWh/rok. Tepelné čerpadlo spotřebuje 30 167 kWh/rok elektrické energie. Náklady na provoz tepelného čerpadla jsou 65 360 Kč. Náklady na pořízení jsou 526 107,96 Kč. Získané teplo lze využít pro objekty, které přiléhají ke stájím. V případě využití elektrokotle na pokrytí získaného tepla z tepelného čerpadla, by cena za rok narostla z 65 360 Kč na 306 964,05 Kč. Rozdíl je tedy 241 603,65 Kč za rok.

Využití tepla z chovu hospodářských zvířat přinese výraznou úsporu při vytápění a rychlou návratnost financí za investici do tepelného čerpadla. Technologicky je snazší instalace plošného kolektoru. Ten je použit uvnitř objektu a tím jsou vyloučeny finanční náklady na stavební práce. Možné náklady mohou nastat v případě, že bude kolektor vystaven velkému chemickému znečištění, které ve stájovém objektu je. A kolektor bude poškozen.

V konečném výsledku je patrné, že použití tepelného čerpadla s trubkovým výměníkem tepla je efektivní, ale jen v případě, že je možnost získané teplo někde využít.

6.2.2 Zdroj tepla z chlazení mléka

Z modelového případu v kapitole 5.2. lze získat dodatečný tepelný výkon z chlazení mléka. Zemědělské podniky, zaměřené na chov hospodářských zvířat na mléko, musí každý den dojit mléko a to následně chladit. Vložená elektrická energie pro chlazení může být pro některé podniky vysokým finančním činitelem. Při použití tepelných čerpadel je docíleno stejného efektu a navíc k zisku tepla. Modelový případ přinesl za rok 49 839 kWh tepla, které lze využít k ohřevu užitkové vody nebo vytápění v areálu zemědělského podniku.

Technologicky je lepší použít okruh s mlékem jako primární okruh tepelného čerpadla. Tím je docíleno přímé chlazení mléka a nedochází k výraznějším tepelným ztrátám, v případě přenosu tepla z mléka na teplo-nosné médium v primárním okruhu.

6.2.3 Zdroj tepla z průmyslové haly

V kapitole 5.3. je modelový příklad průmyslové haly, která obrábí kovy. Tepelný zisk z haly je 144 kW. Navrženým plošným kolektorem lze získat teplo o výkonu 80 kW. Pro aplikaci byly zvoleny dvě tepelná čerpadla. Výkon jednoho tepelného čerpadla je 40 kW. Čerpadla byly tandemově zapojeny a tím je jejich tepelný zisk 227 324,16 kWh/rok a spotřeba obou tepelných čerpadel činí 50 629 kWh/rok elektrické energie. Celkové náklady na pořízení systému tepelných čerpadel byla 940 000 Kč s provozními náklady 109 874 Kč za rok. Porovnání s použitím elektrokotle jako zdroje tepla by roční náklady na vytápění, vyšplhaly na 534 211,78 Kč. Úspora činí 424 337,78 Kč ročně.

Výhoda tohoto zdroje je v tom, že je využité teplo, které by bylo vypuštěno z průmyslové haly bez užitku. Teplo je možné využít pro vytápění a ohřev vody a tím snížit náklady firmy na vytápění haly a přilehlých budov.

6.2.4 Shrnutí netradičních zdrojů tepla

Ve všech třech případech netradičních zdrojů tepla lze říci, že jejich použití se vyplatí. Samozřejmě v praxi bude nutné provést měření pro místa, kde lze získat odpadní teplo pro zdroj tepelného čerpadla. A dle naměřených hodnot dimenzovat trubkové jímače tepla a tepelná čerpadla správně. Tím by se mohlo získat i více tepla než je uvedeno v modelových případech.

Spojením modelového případu z kapitoly 5.1 a 5.2 je možné využít větší množství tepla, které je získáno a to jak ze stájového objektu, tak z mléka. V obou případech bylo uvažováno množství hospodářských zvířat 140 ks a ve výsledku by zemědělské družstvo získalo 180 462 kWh za rok.

7 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnocení netradičních zdrojů pro tepelná čerpadla. Často jsou tyto zdroje tepla odpadem z různých výrobních procesů. Využitím odpadního tepla z procesů je pro podniky výhodné, protože nemusí vynakládat vysoké finance na vytápění a ohřev užitkové vody. Použitím tepelného čerpadla zužitkují své odpadní teplo a sníží své náklady na vytápění.

První kapitola popisuje základní princip tepelného čerpadla a následně je zde uveden popis druhů tepelných čerpadel. Druhá kapitola se věnuje tradičním zdrojům tepelných čerpadel jako je voda, vzduch a země a jejich popisu. Ve třetí kapitole jsou uvedeny některé netradiční zdroje tepla, které mohou mít využití jako zdroje tepla pro tepelná čerpadla. Čtvrtá kapitola je věnována návrhu trubkových jímačů tepla pro aplikaci na netradiční zdroje tepla. Pátá kapitola obsahuje tři návrhy netradičních zdrojů tepla. Šestá kapitola zhodnocuje tradiční a netradiční zdroje pro tepelná čerpadla z hlediska ekonomických a technických aspektů.

Jako modelový příklad netradičních zdrojů jsem vybral tři varianty. První variantou bylo odpadní teplo z chovu hospodářských zvířat. Druhý zdroj odpadního tepla jsem zvolil chlazení mléka po dojení. Třetí zdroj odpadního tepla jsem vybral průmyslovou halu s obráběcími centrály, které produkují teplo při provozu. Ve všech třech případech jsem vypočetl zisk tepla značně vysoký. V prvním případě byl využitelný tepelný výkon 47 kW. Ve druhém modelovém případě byl zisk tepla téměř 50 000 kWh za rok. V posledním případě byl tepelný výkon v průmyslové hale o velikosti 80 kW. Na získané tepelné výkony jsem navrhl tepelná čerpadla a získal tak množství tepla, které lze využít pro vytápění a ohřev užitkové vody. Při využití získaného množství tepla, je možné snížit náklady na vytápění objektů, které mohou sousedit se zdroji tepla.

Využití odpadního tepla jako zdroj pro tepelná čerpadla je velice zajímavým nápadem na snížení nákladů firmy. V dnešní době je téměř každý provoz doprovázen výrobou odpadního tepla a tepelné čerpadlo přináší řešení, které umožňuje snížit náklady na vytápění.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Princip Carnotova cyklu. Fyzweb.cz. [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/Carnotov_cyklus/carnot/carnot_cz.html
- [2] Obrázek Carnotova cyklu. Slideplayer.cz [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2448453/>
- [3] Druhý termodynamický zákon. Fyzika.jreichl.com [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://fyzika.jreichl.com/main_article/view/610-druhy-termodynamicky-zakon
- [4] Princip tepelného čerpadla. Maruko.cz. [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.maruko.cz/cerpadlo2.htm>
- [5] Ukázka topného faktoru. Hicop.cz. [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.hicop.cz/typ-tepelneho-cerpadla>
- [6] TČ země/voda a TČ vzduch/voda. Vytapeni.tzb-info.cz [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>
- [7] Tepelné čerpadlo země/voda. Tezamo.cz. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://tezamo.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>
- [8] Tepelné čerpadlo voda/voda. Tepelna-cerpadla-vrty.cz. [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.tepelna-cerpadla-vrty.cz/tepelna_cerpadla/
- [9] Tepelné čerpadlo voda/voda. Nalezeno.cz. [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-idealni-reseni-pro-rodinny-dum.aspx>
- [10] KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. První vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [11] ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]. 1. vyd. Přerov: Antonín Žeravík, 2003, 311 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [12] Posouzení tepelné bilance a větrání stájových objektů. Vfu.cz [online]. [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.vfu.cz/opvk-welfare/multimedia/OPVK-Posuzovani-TB-a-vetrani-staji.pdf>
- [13] Teplo z odpadních vod. Asio.cz [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/238.moznosti-vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>
- [14] Průmyslové chlazení. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3325-vyuziti-odpadniho-tepla-pri-chlazení-zimnich-stadionu>
- [15] Trubkový jímač tepla. Jukov.wz.cz [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z:

<http://www.jukov.wz.cz/reference.htm>

- [16] Návrh trubkového jímače tepla. Vytapeni.tzb-info.cz [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/10178-zakladni-zasady-navrhu-plosneho-zemniho-kolektoru-pro-tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [17] Stáje pro hospodářská zvířata. Zdoparany.cz [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.zdoparany.cz/archives/210>
- [18] Výpočet tepla. Vyuka.jihlavsko.cz [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://vyuka.jihlavsko.cz/teplo/index.htm>
- [19] Zpracování mléka. Aa.ecn.cz [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: http://aa.ecn.cz/img_upload/410697af7dfcb092dfd4e3937dd69e3f/mleko_web.pdf
- [20] Obráběcí stroje. Kovosvit.cz. [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sph-50-p14.html#main>
- [21] Popis výpočtu tepelné zátěže. Cvut.cz [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf
- [22] Vývoj cen elektřiny. Kalkulator.tzb-info.cz. [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektřiny?sazba=D56d>
- [23] Tepelné čerpadlo země/voda. Eurosystemy.cz [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.eurosystemy.cz/cenik/tepelna-cerpadla/vaillant-cenik-cena-tepelna-cerpadla-podlahove-topeni-vytapeni.pdf>
- [24] Tepelné čerpadlo země/voda. Nibe.cz [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/tepelna-cerpadla-zeme-voda/novinka-tepelne-cerpadlo-nibe-fl345#vice-informaci>
- [25] Tepelné čerpadlo země/voda. Nibe.cz [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/tepelna-cerpadla-zeme-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-fl145>
- [26] Tepelné čerpadlo vzduch/voda. Dimplex.de. [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dimplex.de/en/heat-pumps/air-to-water/outdoor-installation/la-6tu.html>
- [27] Tepelné čerpadlo voda/voda. Hennlich.cz. [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/vytapeni-a-chlazení-budov-tepelna-cerpadla-tepelna-cerpadla-zemevoda-8195/eco-touch-ds-5027-ai.html>

Přílohy

Příloha č. 1 Katalogový list TČ geoTHERM

geoTHERM VWS 460/2

Vyobrazení	Obj.č.	Označení	Topný výkon *	Cena v Kč	
				s DPH 21%	bez DPH
bez vyobrazení	0010009068	VWS 61/3 tepelné čerpadlo geoTHERM	6,1 - 1,3 - 4,7	183 920,-	152 000,-
bez vyobrazení	0010009069	VWS 81/3 tepelné čerpadlo geoTHERM	7,8 - 1,7 - 4,7	195 052,-	161 200,-
bez vyobrazení	0010009070	VWS 101/3 tepelné čerpadlo geoTHERM	10,9 - 2,2 - 4,9	203 643,-	168 300,-
bez vyobrazení	0010009071	VWS 141/3 tepelné čerpadlo geoTHERM	14,0 - 3,0 - 4,7	230 747,-	190 700,-
bez vyobrazení	0010009072	VWS 171/3 tepelné čerpadlo geoTHERM	17,7 - 3,6 - 4,9	250 591,-	207 100,-
bez vyobrazení	0010009079	VWS 64/3 tepelné čerpadlo geoTHERM s pasivním chlazením	6,1 - 1,3 - 4,7	190 091,-	157 100,-
bez vyobrazení	0010009080	VWS 84/3 tepelné čerpadlo geoTHERM s pasivním chlazením	7,8 - 1,7 - 4,7	199 892,-	165 200,-
bez vyobrazení	0010009081	VWS 104/3 tepelné čerpadlo geoTHERM s pasivním chlazením	10,9 - 2,2 - 4,9	209 814,-	173 400,-
bez vyobrazení	0010002797	VWS 220/2 tepelné čerpadlo geoTHERM	22,6 - 5,1 - 4,3	367 840,-	304 000,-
bez vyobrazení	0010002798	VWS 300/2 tepelné čerpadlo geoTHERM	29,9 - 6,8 - 4,4	396 154,-	327 400,-
bez vyobrazení	0010002799	VWS 380/2 tepelné čerpadlo geoTHERM	38,3 - 8,8 - 4,4	430 760,-	356 000,-
bez vyobrazení	0010002800	VWS 460/2 tepelné čerpadlo geoTHERM	45,9 - 10,6 - 4,4	466 576,-	385 600,-

* B0/W35 ΔT5K dle EN 14511 (výkon/příkon/topný faktor)

Obr. 1 Katalogový list TČ země/voda

Příloha č. 2 Katalogový list TČ NIBE F1345**Technické údaje NIBE™ F1345**

Typ	24	30	40	60
EN 14511				
El. příkon při A2/W35 [kW]	4,94 (2x1,47)	6,92 (2x 3,46)	8,90 (2x 4,45)	13,72 (2x 6,86)
Topný výkon při A2/W35 [kW]	23,00 (2x 11,5)	30,72 (2x 15,4)	39,94 (2x 20,0)	59,22 (2x 29,6)
Topný faktor (COP) při B0/W35 podle EN 14511	4,65	4,44	4,49	4,32
EN 14825				
P _{návrhový} 35/55 °C [kW]	28/28	35/35	46/46	67/67
SCOP průměrné/studené klima 35 °C	5,0/4,8	4,9/4,7	5,4/4,8	4,7/4,6
Provozní napětí [V]	400V 3N~50Hz			
Chladivo, typ	R407C	R407C	R407C	R407C
Chladivo, množství [kg]	2x 2,0	2x 2,0	2x 1,7	2x 1,7
Max. teplotní spád, výstup/vratná [°C]	65/58	65/58	65/58	65/58
Akustický výkon (LwA)* [dB(A)]	47	47	47	47
Akustický výkon (LwA)** [dB(A)]	32	32	32	32
Hmotnost [kg]	320	330	345	346
Výška (bez nastavitelných nožiček) [mm]	1800	1800	1800	1800
Šířka [mm]	600	600	600	600
Hloubka [mm]	620	620	620	620

*Podle EN 12102 při B0/W35

**Podle EN 11203 při B0/W35 a ve vzdálenosti 1 m

Obr. 2 Katalogový list TČ země/voda

Příloha č. 3 Katalogový list TČ EcoTouch DS 5027 Ai

Technická data

12 | 13

EcoTouch DS 5027 Ai | Výkonový rozsah od 6 – 26 kW

DS 5027 Ai s R410A (NC a RC)		DS 5008.5Ai	DS 5010.5Ai	DS 5012.5Ai	DS 5014.5Ai	DS 5017.5Ai	DS 5020.5Ai	DS 5023.5Ai	DS 5027.5Ai
Podzemní voda									
výkon/příkon W10/W35 monovalentně	kW ¹⁾	1,2/8,0	1,5/9,8	1,9/12,3	2,1/13,9	2,6/18,0	3,1/19,9	3,7/23,1	4,2/26,3
topný faktor (COP) ²⁾		6,50	6,80	6,68	6,89	6,96	6,38	6,14	6,00
průtok topné soustavy	m ³ /h (Δt=5K)	1,4	1,7	2,1	2,4	3,1	3,4	4,0	4,5
průtok podzemní vody	m ³ /h (Δt=3K)	1,9	2,4	3,0	3,4	4,3	4,8	5,6	6,3
minimální průtok podzemní vody	m ³ /h	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,4	2,8	3,2
meze nasazení		W10/W63							
Zemní kolektory/vrty									
výkon/příkon B0/W35 monovalentně	kW ¹⁾	1,2/5,9	1,5/7,3	1,9/9,2	2,1/10,3	2,6/13,3	3,2/15,0	3,6/17,4	4,1/19,7
topný faktor (COP) ²⁾		4,7	4,9	5,0	4,9	5,0	4,7	4,8	4,8
průtok topné soustavy	m ³ /h (Δt=5K)	1,0	1,2	1,6	1,8	2,3	2,6	3,0	3,4
průtok primární stranou ²⁾	m ³ /h (Δt=3K)	1,5	1,8	2,3	2,6	3,4	3,7	4,4	4,9
meze nasazení		B-5/W50 B0/W55 B5/W63 B10/W63							
kompresor		pině hermetický-scroll							
Elektrické parametry - 400 V / 3 AC / 50 Hz (v závorce v provedení 230 V / 1AC (50 Hz))									
rozběhový proud	A	26 (58)	38 (67)	46 (98)	43 (128)	51,5 (115,5)	64	75	101
rozběhový proud s plynulým rozběhem (přísluš.) ⁴⁾	A	13 (45)	19 (45)	23 (45)	22 (45)	26 (45)	32	38	51
maximální provozní proud	A	5,5 (16,0)	6,0 (16,0)	7,0 (22,0)	8,0 (26,0)	10,3 (31,0)	11,8	15,0	15,0
hlavní jistič - kompresor	A	C 16 A (C 20 A)	C 16 A (C 20 A)	C 16 A (C 25 A)	C 16 A (C 32 A)	C 16 A (C 32 A)	C 16 A	C 20 A	C 20 A
jistič regulačního obvodu	A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A
příkon elektropatrony	kW	6							

Obr. 3 Katalogový list TČ voda/voda

Příloha č. 4 Katalogový list TČ NIBE F1145**Technické údaje NIBE™ F1145**

Typ	5	6	8	10	12	15	17
Elektrický příkon při 0/35°C* [kW]	1,1	1,3	1,6	2,0	2,4	3,1	3,6
Topný výkon při 0/35°C* [kW]	4,9	6,5	8,2	10,1	12,0	15,7	17,2
Topný faktor (COP) při 0/35°C*	4,6	4,9	5,1	5,2	5,0	5,0	4,8
Elektrický příkon při 0/35°C** [kW]	1,1	1,3	1,6	2,0	2,5	3,5	3,9
Topný výkon při 0/35°C** [kW]	4,7	6,1	7,7	9,7	11,5	15,4	16,9
Topný faktor (COP) při 0/35°C**	4,3	4,6	4,7	4,8	4,6	4,4	4,3
Provozní napětí [V]	3 x 400V + N + PE						
Minimální jistič (char, C) [A]	16	16	16	16	16	16	16
Doplňkový elektrokotel [kW]	1/2/3/4/5/6/7 nebo 2/4/6/9						
Chladivo (R407C) [kg]	1,2	1,5	1,8	2,1	2,0	1,8	1,8
Maximální teplotní spád (výstupní/vratné potrubí) [°C]	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65
Hlučnost (LwA) [db]	37	42	43	43	43	42	42
Výška [mm]	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Šířka [mm]	600	600	600	600	600	600	600
Hloubka [mm]	620	620	620	620	620	620	620
Čistá hmotnost [kg]	140	145	165	170	178	191	199

* Podle EN 255 (bez oběhových čerpadel)

** Podle EN 14511

Obr. 4 Katalogový list TČ země/voda

Příloha č. 5 Katalogový list TČ DIMPLEX LA 6TU

Technical data

High-efficiency air-to-water heat pump for installation close to walls	
Order reference	LA 6TU
Heat pump code	1012
Casing colour	White aluminium (similar to RAL 9006)
Max. flow temperature	60 °C
Lower operating limit heat source (heating operation) / Upper operating limit heat source (heating operation)	-22 to 35 °C
Heat output A-7/W35 / COP A-7/W35*	4,0 kW / 2,9
Heat output A2/W35 / COP A2/W35*	5,1 kW / 3,8
Heat output A7/W35 / COP A7/W35*	6,4 kW / 4,6
Heat output A10/W35 / COP A10/W35*	6,7 kW / 4,7
Nominal power consumption according to EN 14511 at A2/W35	1,35 kW
Nominal power consumption according to EN 14511 at A7/W35	1,4 kW
Sound power level	56 dB (A)
Sound pressure level in 10 m	28 dB (A)
Refrigerant / Amount of refrigerant	R410A / 3,4 kg
Max. heating water flow rate / Pressure drop	1,1 m³/h / 9500 Pa
Heat source flow (min.)	2700 m³/h
Dimensions (W x H x D)**	1350 x 940 x 600 mm
Weight	165 kg
Rated voltage	3/N/PE ~400 V, 50 Hz
Starting current	27 A
Fuse protection***	C 10 A
Type of defrosting	Reverse circulation
Connection heating	1 inch
Seal of approval EHPA (valid until)	Yes / 12.12.2017

*Heat output and coefficient of performance (COP) according to EN 14511

**Please note that additional space is required for pipe connections, operation and maintenance.

***Die Absicherung ist als allpolige Trennvorrichtung auszuführen (gemeinsame Abschaltung aller Phasen)!

Obr. 5 Katalogový list TČ vzduch/voda