

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra řízení



Bakalářská práce

Obnovitelné zdroje energie v podnikání

David Jiřík

© 2011 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Jiřík

obor Podnikání a administrativa

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Obnovitelné zdroje energie v podnikání**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Přehled řešené problematiky
4. Vlastní práce
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

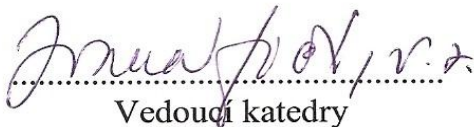
Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

ALPHA-INNOTEK. Specialista na tepelná čerpadla. [online]. Verze 4.0 (2010). c1999-2010, poslední změna 2.2.2010. Dostupné z: <http://www.alpha-innotec.de/SEEEMS/4351.asp>
POULEK, Vladislav, LIBRA, Martin. Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární energie. 1. vydání. Praha: ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
POULEK, Vladislav, LIBRA, Martin. Zdroje a využití energie. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8.
REGULUS. Tepelná technika. [online]. Verze 4.01 (2010). c2002-2010, poslední aktualizace 11.12.2009. Dostupné z: <http://www.regulus.cz>
SRDEČNÝ, Karel. Tepelná čerpadla. 2. vydání. Brno: ERA Group, 2005. 84 s. ISBN 978-80-7366-089-5
STIEBEL ELTRON. Obnovitelné zdroje energie. [online]. Verze 8.0.9 (2010). c2000-2009, poslední aktualizace 4.2.2010. Dostupné z: <http://www.stiebel-eltron.cz/obnovitelne-zdroje-energie/produkty/index.php>

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Tichá, Ph.D.**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011


Vedoucí katedry



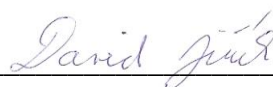

Děkan

V Praze dne: 13. 10. 2010

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Obnovitelné zdroje energie v podnikání" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. 3. 2011



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Ivaně Tiché, Ph.D. za její čas a trpělivost, vstřícný přístup a připomínky, které mi pomohly při zpracování textu a Milanu Jiříkovi za odborné konzultace v oblasti problematiky tepelných čerpadel.

Obnovitelné zdroje energie v podnikání

Renewable energy resources business

Souhrn

Práce se zabývá obnovitelnými zdroji energie v podnikání, jejich obecnou charakteristikou a dále je zaměřena na problematiku tepelných čerpadel vzduch-voda z hlediska technických a výkonových parametrů se zaměřením na ekonomiku provozu a návratnosti investice. Hlavní řešenou problematikou jsou rozdíly mezi tepelnými čerpadly vzduch-voda a země-voda, porovnání kladů a záporů výše zmíněných čerpadel. Na skutečném projektu tepelného čerpadla je metodou analýzy a dedukce vyhodnocena efektivnost ekonomiky a návratnost investice a popsán postup zpracování projektu od poptávky zákazníka až po doporučení vhodného technického a ekonomického řešení pro daný objekt novostavby rodinného domu a volba vhodného zdroje energie pro tepelné čerpadlo a výběr vhodného modelu, který zajistí pokrytí tepelné ztráty objektu a jeho bezproblémové vytápění včetně přípravy teplé užitkové vody.

Summary

The thesis deals with renewable business resources, their general characteristics and is also focused on heat pumps air-water in terms of technical and performance parameters with concentration on the economy of operation and recovery of investment. The main problems being solved are the differences between heat pumps air-water and soil-water, comparing the pros and cons of the aboved mentioned pumps. On a real project of a heat pump, by method of analysis and deduction, the economic efficiency and return on investment is assessed and the progress of the project is described from customer's demand to recommendation of the technical and economic solutions for building of a new family house and selection of a suitable energy source for the heat pump and the choice of a suitable model, which will cover the heat loss in the building and smooth heating, including preparing warm supply water.

Klíčová slova: obnovitelný zdroj energie, tepelné čerpadlo, ekonomika provozu, návratnost investice, zdroj tepla

Keywords: renewable energy resource, heat pump, economy of operation, return of investment, resource of heat

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 8 |
| 2. Cíl práce a metodika..... | 9 |
| 3. Přehled řešené problematiky | 11 |
| 3.1 Základní charakteristika obnovitelných zdrojů..... | 11 |
| 3.2 Obnovitelné zdroje energie | 12 |
| 3.3 Tepelné čerpadlo | 20 |
| 3.4 Tepelná čerpadla vzduch-voda..... | 22 |
| 3.5 Ventilační systémy | 29 |
| 4. Vlastní práce | 32 |
| 4.1 Rozdíl mezi běžnými palivy a tepelným čerpadlem | 32 |
| 4.2 Tepelná čerpadla z hlediska ekologie..... | 33 |
| 4.3 Projekt tepelného čerpadla pro vytápění a přípravu TUV v RD | 33 |
| 4.3.1 Zákaznická poptávka na vypracování projektu a cenové nabídky TČ..... | 35 |
| 4.3.3 Prováděcí projekt | 38 |
| 4.3.4 Cenová nabídka..... | 40 |
| 4.3.5 Ekonomika provozu a návratnosti investice..... | 42 |
| 4.4 Porovnání vzduchového a geotermálního čerpadla z hlediska účinnosti a výkonových parametrů v závislosti na vstupních nákladech | 44 |
| 5. Závěr | 46 |
| 6. Seznam použitých zdrojů | 47 |
| 7. Přílohy..... | 48 |

1. Úvod

Obnovitelné zdroje energie. V dnešní době se určitě každému z nás vybaví různé ekologické způsoby použití přírodní energie jako například: ze slunce, vody, země, větru atd. Moderním celosvětovým trendem je využívat čím dál více této energie. Historie využití sahá již na počátek lidstva, kdy se využívala tepelná energie našeho životodárného Slunce. Od dávné doby si lidé snaží zpříjemnit svůj život teplem, nejprve využívají tepla zářícího Slunce, poté po objevu ohně už nejsou závislí jen na teple, které vydává Slunce, a mohou se ohřát v jakoukoliv roční dobu. Dlouhá léta se pak využívá jen teplo, které vydává otevřený oheň. Během průmyslové revoluce rozšíření továren a jejich neustále se zvyšující výroba uvolňuje čím dál více škodlivých zplodin do ovzduší, a to nejen z továrních komínů, ale také z výfuků nově vzniklých spalovacích motorů pro pohon automobilů.

Ve 20. století se automobilová doprava a průmysl natolik zvýšil, že ovzduší na planetě se globálně zhoršilo. V atmosféře je více skleníkových plynů, které způsobují skleníkový efekt a přispívají větší mírou na globální oteplování Země. Po různých výzkumech si lidé začali v posledních 20 letech uvědomovat závažnost situace a podnikat různá opatření alespoň na částečné omezování tvorby skleníkových plynů. Tím, že věda stále vyvíjí nové technologie i v oblasti obnovitelných zdrojů, se vývoj řítí stále kupředu a vymýšlejí se nové a dokonalejší technologie jako například solární panely, větrné elektrárny, tepelná čerpadla, vodní elektrárny a další stroje, které dokážou využít energii přírody, přičemž mají menší špatný vliv na životní prostředí, ba dokonce v některých případech žádný. Lidé, kteří dnes chtějí investovat do obnovitelných zdrojů energie, což se stává současným trendem, by si měli nejdříve pečlivě rozmyslet, jaký druh a za jakým primárním účelem si zvolí. Mnozí dnes upřednostňují fotovoltaiku na výrobu elektrické energie, jiní raději preferují vytápění svých domovů formou tepelných čerpadel nebo solárních kolektorů na podporu vytápění a ohřevu užitkové vody.

Obnovitelné zdroje energie mohou sloužit nejen pro vytápění, výrobu ekologické elektrické energie, ale z jiného hlediska i jako zdroje podnikání. Na tomto odvětví založily svůj byznys nejen české firmy, ale zejména o několik desítek let starší evropské i americké firmy, které jako předmět svého podnikání mají obnovitelné zdroje energie doposud. Jedno vědecké rčení říká: Obnovitelné zdroje energie jsou budoucnost lidstva.

2. Cíl práce a metodika

Hlavním cílem práce je na skutečném projektu tepelného čerpadla pro vytápění rodinného domu porovnat klady a zápory systému vzduch-voda a země-voda a prokázat, že vzduchová tepelná čerpadla jsou plnohodnotná zařízení vhodná jak pro vytápění rodinných a bytových domů, tak i komerčních objektů. Podpůrným cílem pak je komplexně popsat proces plánování vhodného tepelného čerpadla jako obnovitelného zdroje energie pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody, dále stanovení jednotlivých etap při vypracování projektu, technického řešení a obchodně-cenové nabídky a vypracování ekonomiky provozu a návratnosti investice s ohledem na výkonnost a technické parametry příslušných obnovitelných zdrojů.

V první kapitole se tato práce zabývá obnovitelnými zdroji obecně, jejich rozdělením a popisem základních funkcí každého z nich. V následujících kapitolách bude věnována pozornost již samotným tepelným čerpadlům, jejich základnímu principu a rozdělení. Dále pak konkrétně tepelným čerpadlům vzduch-voda a v neposlední řadě ventilačním systémům. V závěru práce se porovnájí tepelná čerpadla systému vzduch-voda jednak s běžnými zdroji energie, dále pak s tepelnými čerpadly systému země-voda, prokáže úsporu elektrické energie obecně, vypočítá ekonomiku provozu a návratnost investice s ohledem na náklady na pořízení a údržbu zařízení a zhodnotí celkový dopad na životní prostředí.

Při psaní této práce byla použita rešeršně-kompilační metoda – sbírání a kompletace dat pro následnou interpretaci. V závěru, který nastiňuje výhody a nevýhody investice do tepelného čerpadla, jsou formulovány i vlastní názory.

Pro nepřímé citace jsou použity poznámky pod čarou. Co se týče přímých citací, jsou psány kurzívou a ohraničeny uvozovkami. Termíny v jiném jazyce jsou vysvětleny bezprostředně po jejich uvedení, a to buď v poznámkách pod čarou, nebo v závorkách.

Údaje a poznatky pro tuto bakalářskou práci byly získány studiem literárních pramenů, internetových zdrojů a praxí ve firmě zabývající se prodejem a montáží tepelných čerpadel. Na základě skutečné zákaznické poptávky je vypracován samostatný projekt tepelného čerpadla systému vzduch-voda pro vytápění rodinného domu včetně přípravy TUV, kde je řešena veškerá zmíněná problematika.

V části vlastní práce jsou vyprojektovány jednotlivé části nabídky, tj. návržení vhodného technického řešení TČ, prováděcího projektu a výpočet ekonomiky provozu a návratnosti investice. K výpočtu ekonomiky a návratnosti investice je použit software, který vychází ze syntézy jednotlivých dat získaných dlouholetým výzkumem v oblasti obnovitelných zdrojů. Do zadání se vloží vstupní data a pomocí výpočtu vycházejících z energetických norem se zjistí celková potřeba tepla pro daný objekt. V další fázi dochází k porovnání potřeby tepla klasického způsobu vytápění a tepelného čerpadla. U klasických zdrojů jsou celkové náklady na spotřebovanou energii násobkem celkové potřeby tepla objektu a ceny za jednotku dané energie. Výpočet u tepelného čerpadla vychází z technických parametrů udávaných výrobcem, tj. příkonu, výkonu a topného faktoru daného tepelného čerpadla s ohledem na tepelný spád topné soustavy. Návratnost investice v letech je vypočítána podílem rozdílu celkových nákladů na pořízení tepelného čerpadla a klasického zdroje a rozdílu ročních nákladů klasického zdroje a tepelného čerpadla. Ekonomická efektivita spočívá v získání části potřebné energie na vytápění ze vzduchu, a tím se minimalizují náklady na jednotku energie.

Analýzou jednotlivých částí projektu je vytvořena srovnávací tabulka pro tepelné čerpadla vzduch-voda a země-voda. Na základě vytvořené srovnávací tabulky je navrženo vhodné tepelné čerpadlo a formulují se závěry.

3. Přehled řešené problematiky

3.1 Základní charakteristika obnovitelných zdrojů

Obnovitelné zdroje energie

Podle Zákona o životním prostředí č. 17/1992 Sb., jsou obnovitelné zdroje definovány jako: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.*“¹

Energetika je významnou součástí hospodářství všech států a spotřeba energie stále poroste. Lidstvo prošlo dlouhým vývojem od využívání energie vlastního metabolismu a síly svalů přes využití energie zvířat, vody, větru až k nejmodernějším a technicky nejdokonalejším zařízením v jaderných elektrárnách. Avšak zdroje energie, které dnes využíváme nejvíce, jsou neobnovitelné a postupem času dojdou. Dříve či později bude lidstvo stát před problémem, čím je nahradí. Proto nové technologie využívání energetických zdrojů a zejména obnovitelných zdrojů jsou prioritou vlád většiny států včetně vlády České republiky.

Fyzika jako základní přírodní věda je obsažena ve všech technických oborech a žádný technik se bez ní neobejde. Představuje úvahy s nejvyšším stupněm abstrakce, prostřednictvím technických vymožeností usnadňuje a zpříjemňuje život každému z nás.

Většina významných fyziků se zasloužila o rozvoj energetiky, ať už přímo nebo nepřímo. Jako příklady můžeme uvést alespoň některé. V dávnějších dobách Alesandro Volta objevil první využitelný zdroj elektřiny a Michael Faraday objevil zákon, na jehož principu se dnes vyrábí skoro všechna elektrická energie v generátorech s rotujícím magnetem.²

¹ Wikipedia. [online].[2010-06-08].[cit. 2010-05-31]. Dostupné na http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%A9_zdroje_energie.

² POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Předmluva, s. 3-4.

Obnovitelné zdroje jsou v dlouhodobém časovém horizontu nevyčerpatelné, jedná se opět o přeměněnou formu solární energie. Vyčerpají se až s koncem života Slunce. K obnovitelným zdrojům energie se řadí vlastní síla a síla zvířat, vodní energie, energie mořských proudů, geotermální energie, energie větru, energie akumulovaná v biomase či vodíku a solární energie.³

Možnosti využívání alternativních zdrojů energie neustále rostou. V současné době je stále více lidí schopno rozlišovat mezi technologiemi, které jsou rizikové, zatěžují životní prostředí a vedou tak do slepé uličky, a jejich alternativami. Nejpozději od katastrofy jaderné elektrárny v Černobylu je i laikům jasné, že něco děláme principiálně nesprávně, nejsme-li z dostupných informací schopni vyvodit patřičné závěry.

Jak uvádí Crome, tak „*Předpoklady pro využívání obnovitelných zdrojů energie jsou příznivé, máme v dostatečné míře k dispozici vědeckotechnické poznatky i potřebné materiály, takže po myšlenkách mohou následovat i činy. Také politici jsou vůči čistým technologiím přístupnější než kdykoliv předtím. V podstatě všichni víme, že obnovitelné zdroje energie jsou z dlouhodobého hlediska jediné zdroje, které máme na této planetě trvale k dispozici.*“⁴

3.2 Obnovitelné zdroje energie

Základní rozdělení zařízení, která přeměňují obnovitelné zdroje na energii, jsou:

- vodní elektrárny,
- větrné elektrárny,
- solární energie,
- fotovoltaické systémy,
- biomasa,
- tepelná čerpadla.

³ POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 39.

⁴ CROME, H. *Technika využití energie větru – Svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. vydání. Brno: HEL, 2002. 144 s. ISBN 80-86167-19-4. |Kapitola 1: Úvod, s. 5.

Vodní elektrárny

Vodní kola se používají už od starověku. Voda původně poháněla mlýny s kolem s vertikální osou přímo spojeným s mlýnským kamenem. Takové mlýny měly jednoduchou konstrukci, ale nízkou účinnost. Později přišla kola s horizontální osou spojená přes převody s mlýnským kamenem.

V ČR pochází první zmínka o mlýnu s vodním kolem z r. 718, ale pramen není zcela věrohodný. První doložená zmínka o vodním kole u nás je z r. 1125 v Úněticích. Koncem 14. století měla většina měst vodní mlýny. Účinnost vodních kol bývá v rozmezí 20–65 %, nižší je u kol se spodním náhonem, vyšší je u kol s horním náhonem. Korečková kola (s dřevěnými truhlíky) dosáhla účinnosti až 80 %, měla však náročnější konstrukci i náročněji řešený náhon. Asi největší korečkové kolo pracovalo ve Skotsku, mělo průměr 21,3 m.

Konstrukcí vodních kol se zabýval i Leonardo da Vinci. Mlýny byly stavěny jako náběžní (mlýn s náhonem na břehu řeky), lodní (u těch nebyl problém se stavem vody, vodní kolo bylo mezi loděmi ukotvenými ke břehu), nákolní (na pilotách uprostřed řeky).

Brusírny skla s vodním kolem byly časté v Jizerských horách. Kola využívala i dynamický účinek vody. Existovaly i pístové vodní motory analogické s parním strojem.

Turbíny byly postupně vyvinuty neustálým zdokonalováním konstrukce vodních kol, mají účinnost až přes 90 % (turbo – z latinského „*kroužit*“). Jedná se o dosud nejdokonalejší vodní motory. Používají se tři druhy:

- Peltova turbína,
- Francoisova turbína,
- Kaplanova turbína.

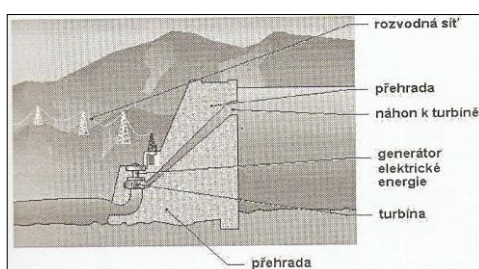
Kaplanova turbína

Kaplanova turbína (na obr. 3.1 v příloze) má nastavitelnou polohu lopatek, a proto je vhodná tam, kde nelze zajistit konstantní průtok či rozdíl hladin. Pro přehrady s vyšším spádem mívá větší počet lopatek. 3 lopatky bývají při spádu do 8m, 10 lopatek bývá při spádu nad 70m (např. Orlík).

Voda v náhonu ztrácí potenciální energii, a ta se přemění v kinetickou energii rotoru turbíny. Rotor pohání generátor elektrické energie. Malé vodní elektrárny mívají různé konstrukce.⁵

V ČR jsou Kaplanovy turbíny používány nejvíce. Nejvíce vodních elektráren (viz obr. 3.2) je v Rakousku, Švýcarsku a Norsku. V Norsku pokrývají 90 % spotřeby energie. Velké elektrárny jsou rovněž na Sibiři na tamních veletocích. V ČR je největší hydroelektrárnou Orlík s maximálním výkonem 364 MW, ale největší je přečerpávací elektrárna v Dlouhé stráni s maximálním výkonem 650 MW.

Slapové elektrárny využívají změny výšky hladiny oceánů při střídání přílivu a odlivu. Obyčejně se jedná o přehrazený záliv s turbínami na hrázi. Zatím se příliš nerozšířily. Bylo vybudováno několik pokusných, největší je Saint Malo ve Francii a má 14 turbín. Zde je největší rozdíl hladin mezi přílivem a odlivem na světě kolem 14 metrů.⁶



Obr. 3.2 Typické schéma vodní elektrárny⁷

Větrné elektrárny

Vítr je vzduch proudící v přírodě. Ustane-li proudění vzduchu, hovoří se o bezvětrí, je-li proudění vzduchu velmi silné, hovoříme o vichřici. Silný porыв větru se nazývá hůlava nebo větrný náraz.

⁵ POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 39-42.

⁶ POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 42-43.

⁷ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 41.

Směr a rychlost větru se obvykle neustále mění. Příčinou energie větru je rotace Země a sluneční energie.

Vítr je zdrojem energie, který nic nestojí. Lidé ji mohou využívat, což znamená převádět ji na jiné formy energie. K tomuto účelu se na vhodných místech zřizují větrné konvertory, které jsou speciálně přizpůsobeny právě pro proudění vzduchu.⁸

Energie větru byla nejdříve využívána k pohonu plachetnic, později k pohonu větrných mlýnů a dnes k pohonu větrných turbín. Využitelný výkon se globálně odhaduje na 3 TW. Do r. 2000 byly na světě instalovány větrné turbíny s celkovým maximálním výkonem 6000 MW.

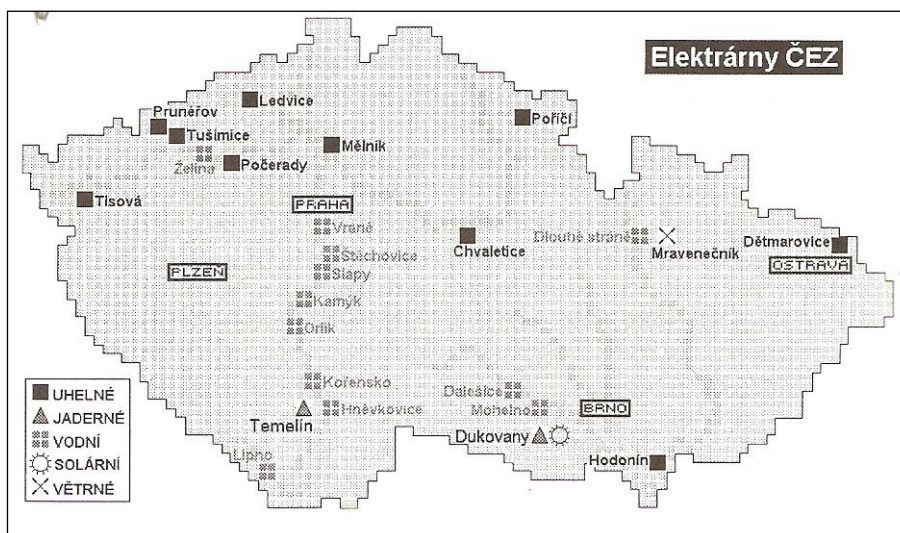
První zmínka o větrných mlýnech v Evropě je z r. 833. Na území ČR je doložen z r. 1277 větrný mlýn na zahradě Strahovského kláštera. V Čechách je zdokumentováno 198 větrných mlýnů, na Moravě a ve Slezsku 681 větrných mlýnů. Nejvíce jich bylo v 19. století.

První elektrický generátor poháněný větrem byl v Dánsku r. 1890. Ve třicátých letech 20. století byla na Krymu větrná elektrárna s maximálním výkonem 100 kW. Ve čtyřicátých letech pracoval ve Vermontu (USA) dvoulistý agregát s maximálním výkonem 1,25 MW. V r. 1960 pracoval na světě milion větrných turbín. Větrné elektrárny se začaly více instalovat od r. 1970 v souvislosti s omezováním skleníkových plynů a s limitovanými zásobami fosilních paliv. Hlavně po embargu na ropu zemí OPEC tehdy prudce stouply ceny ropy. Průkopníkem v instalaci větrných elektráren bylo Dánsko.

Větrné motory jsou konstruovány s horizontální či vertikální osou (viz obr. 3.3). Motory s horizontální osou mají účinnost až 48 %. Motory s vertikální mají nižší účinnost až 38 %, jejich výhodou je však nezávislost na směru větru. Schéma větrné elektrárny s horizontální osou je na obr. 3.4 v příloze.

⁸ CROME, H. *Technika využití energie větru – Svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. vydání. Brno: HEL, 2002. 144 s. ISBN 80-86167-19-4. |Kapitola 2: Využívání energie větru, s. 9-11.

Mapka s polohou vodních a jedné větrné elektrárny ČEZ, a. s. v lokalitě Mravenečnick je uvedena na obr. 3.5.⁹



Obr. 3.5 Elektrárny ČEZ v České republice¹⁰

Solární energie

Přeměna solární energie na jiné formy má již letitou tradici. Pominou-li se starověké aplikace i moderní kuriozity, může se zmínit například ohřev různých médií (nejčastěji vody či oleje) koncentrací slunečního záření do ohniska parabolického zrcadla, jak naznačuje obr. 3.6 v příloze. V podmínkách zemí s dostatkem slunečního svitu, se koncentrace záření běžně používá k vaření a například v r. 1883 na Světové výstavě v Paříži předváděli A. Mouchot a A. Piffr z Francie zařízení, ve kterém se tvořila pára, a která poháněla parní stroj a následně tiskařský stroj na tisk novin.¹¹

Fotovoltaické systémy

Dnes nejrozšířenější a snad i nejperspektivnější princip přeměny solární energie na elektrickou je přímá přeměna v polovodičových fotovoltaických panelech. Solární

⁹ POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 45, 48.

¹⁰ Zdroj: ČEZ, a. s.

¹¹ POULEK, V. – LIBRA, M. *Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 30.

elektrárny z PV se instalují po celém světě od malých systémů s maximálními výkony řádově jednotek kilowattů (i menší) až po elektrárny s maximálními výkony několika MW. Stejnoseměrný elektrický proud lze použít k napájení spotřebičů, k dobíjení akumulátorů či k výrobě vodíku elektrolýzou vody a k akumulaci v této formě. Pomocí měničů lze stejnosměrný proud elektronicky měnit i na střídavý, který je obvyklý ve veřejné rozvodné síti.

Tyto malé fotovoltaické systémy i větší elektrárny mohou být konstruovány jako ostrovní nebo síťové. Ostrovní PV systémy (viz obr. 3.7 v příloze) nejsou napojeny na rozvodnou síť a zásobují jen malou oblast, někdy to může být i jediný spotřebič. Spotřeba energie je potom limitována množstvím energie, kterou fotovoltaický systém vyrobí.¹²

Naproti tomu síťové PV systémy (viz obr. 3.8 v příloze) jsou napojeny na veřejnou rozvodnou síť. V době přebytku vlastního výkonu mohou dodávat energii do sítě a v době nedostatku vlastního výkonu mohou ze sítě energii odebírat. Moderní měniče renomovaných výrobců se samy automaticky sfázuji se sítí a při poklesu napětí v síti se automaticky odpojí z bezpečnostních důvodů, aby do odstavené sítě nedodávaly elektrické napětí a proud. Datový výstup umožňuje sledovat okamžitý dodávaný výkon i celkové množství vyrobené energie.¹³

Na konci roku 2008 bylo instalováno v České republice cca 15,7 MW_p fotovoltaických elektráren a systémů, na začátku tohoto roku činila tato hodnota 3,4 MW_p a na konci roku 2007 to bylo jen 1,5 MW_p. Prudký nárůst je tady patrný.

Biomasa

Na počátku 20. století byla zkrmena tažnými zvířaty až třetina produkovaných obilnin, hlavně ovsa. Dopravu zajišťovaly především pivozy a energie zkrmené biomasy se tak přeměnila v mechanickou energii ve svalech zvířat. Jejich nahrazení motory na kapalná či plynná paliva a intenzifikace zemědělství přispěly k nadprodukcii potravin v poslední době.

¹² POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 32.

¹³ POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 33.

Pro zemědělskou půdu ležící ladem se hledalo nové využití a pěstování energetických plodin se ukázalo velmi vhodné.

V biomase¹⁴ je akumulovaná solární energie. V zelených rostlinách vznikají organické látky z vody a oxidu uhličitého, tyto reakce jsou endotermické, spotřebovávají tedy energii slunečního záření a akumulují ji.

Kromě přímého spalování biomasy hlavní technologie jsou:

- bioplyn se jímá a bývá spalován v kogeneračních jednotkách,
- organická hmota rostlin se přemění na sacharidy a ty následně alkoholovou fermentací na kapalné alkoholy (methanol či ethanol), používá se zejména u obilnin a brambor,
- organická hmota rostlin se přemění na biooleje a ty následně na bionaftu, používá se zejména u řepky,
- organická hmota rostlin se termochemickou konverzí či anaerobní fermentací rozloží na bioplyn či generátorový plyn.

Tab. 3.1 *Výhřevnost biomasy*¹⁵

| plodina | výhřevnost (MJ/kg) | vlhkost (%) | výnos (t/ha) |
|--|--------------------|-------------|--------------|
| sláma obilovin | 14 | 15 | 3-5 |
| sláma řepky | 13,5 | 17-18 | 4-6 |
| energetická fytomasa - orná půda | 14,5 | 18 | 15-25 |
| rychlorostoucí dřeviny - zem. Půda | 12 | 25-30 | 8-12 |
| energetické seno - zem. Půda | 12 | 15 | 2-8 |
| energetické seno - horské louky | 12 | 15 | 2-4 |
| energetické seno - ostatní půda | 12 | 15 | 2-4 |
| rychlorostoucí dřeviny - antropogenní půda | 12 | 25-30 | 8-12 |
| jednoleté rostliny - antropogenní půda | 14,5 | 18 | 15-20 |
| energetické rostliny - antropogenní půda | 15 | 18 | 15-25 |

¹⁴ souhrn látek tvořících těla všech organismů, jak rostlin, bakterií, sinic, hub i živočichů.

¹⁵ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 12: Biomasa – perspektivní obnovitelný zdroj energie, s. 112.

V poslední době se osvědčily plantáže rychle rostoucích dřevin (tzv. výmladkové plantáže), kde se dřevní hmota sklízí formou prořezávání či vymýcení v pravidelných cyklech několik let. V našich klimatických podmínkách se osvědčily některé druhy topolů a vrb. Ty mají velké přírůstky biomasy v prvních letech po výsadbě, roční výškové přírůstky činí až 2 m, po seříznutí dokonce až 4 m v produkčním maximu.

V Evropě se nejvíce pěstují dřeviny na výmladkových plantážích ve Švédsku a ve Velké Británii. V České republice bylo v r. 2005 jen asi 100 ha výmladkových plantáží, ale počítá se se zakládáním dalších (řepka se pěstuje na mnohem větší ploše). Rostoucí biomasa zpětně váže z ovzduší CO₂, který se uvolňuje při spalování a tím stabilizuje globální cyklus uhlíku. Zadržuje vodu, omezuje tak vysychání půdy a stabilizuje vodní toky. Přispívá i ke klimatizaci.

Celosvětově se odhaduje, že biomasa pokrývá zhruba 15 % spotřeby energie. Počítá se, že v zemích EU by se měla během několika let energetická biomasa pěstovat na 20% zemědělské půdy. Tak by se snížila závislost na fosilních palivech, která musí být dovážena většinou z nestabilních oblastí světa. Některé prognózy rovněž říkají, že potenciál biomasy by mohl do r. 2030 zajistit až 30 % energetické spotřeby EU.¹⁶

Tepelná čerpadla

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.

Tepelné čerpadlo se většinou skládá ze dvou částí – venkovní a vnitřní. Vnitřní jednotka se na první pohled nerozezná 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.¹⁷

¹⁶ POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 12: Biomasa – perspektivní obnovitelný zdroj energie, s. 111-114.

¹⁷ KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. 122 s. ISBN 978-80-247-2720-2. Kapitola 1: Tepelné čerpadlo obecně, s. 7

Historie a vznik

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 ve směru od teplejší ke studenější části, čehož princip tepelného čerpadla využívá.

První tepelné čerpadlo v podstatě náhodou sestrojil americký vynálezce Robert C. Weber. Když prováděl pokus s nízkými teplotami, údajně se omylem dotknul výstupního potrubí mrazícího stroje a to jej popálilo. Dále prý dotyčný Robert C. Weber zkoušel propojovat pokusný mrazák s bojlerem a místo mrazení začal experimentovat s ohříváním vlastního domu. Následně zkusil úspěšně čerpat teplo ze země pomocí zemních kolektorů.

A jelikož ho výsledky velmi překvapily, v následujícím roce již dokonce prodal svůj starý kotel na uhlí.¹⁸

Tepelná čerpadla se využívají zejména na:

- ohřev bazénové vody a whirlpoolů,
- ohřev teplé užitkové vody,
- k výrobě tepla pro vzduchotechnické jednotky,
- využití pro chlazení.

3.3 Tepelné čerpadlo

Základní princip

Principem činnosti tepelného čerpadla je odběr tepla z přírody (vody, země nebo vzduchu). V samotném čerpadle dochází ke koncentraci tepla a jeho přenosu do topného systému. Teplo z venkovního prostředí odebírá pracovní médium, nejčastěji kapaliny – nemrznoucí směsi (většinou jde o prostý denaturovaný líh), která proudí v trubkách zakopaných v zemi a absorbuje teplo z okolí.

¹⁸ KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. 122 s. ISBN 978-80-247-2720-2. Kapitola 1: Tepelné čerpadlo obecně, s. 7-8

Kapalina ohřátá teplem z okolního prostředí se odvádí do výparníku tepelného čerpadla, kde se nízkopotenciální teplo předá chladivu kolujícímu uvnitř zařízení. To platí u systémů, kdy se tepelná energie obsažená v zemi přenáší do domu. Obdobně však lze teplo z venkovního vzduchu procházející výparníkem (připomíná to chladič automobilu) odnímat přenosem do chladiva, a to i při velmi nízkých teplotách vzduchu. Chladivo se tím ve výparníku vypaří a vzniklý plyn je nasán kompresorem.

Kompresor tepelného čerpadla prudce stlačí o několik stupňů ohřáté plynné chladivo, a díky fyzikálnímu principu komprese, kdy při vyšším tlaku stoupá teplota, zvýší nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu cca 80 °C. Kompresorem zahřáté chladivo putuje do kondenzátoru a zde předá teplo topné vodě, případně TUV. Zpět se plynné chladivo vrací přes expanzní ventil, kde se prudce ochladí a vrací se do výparníku, kde se chladivo opět zahřeje.

Tento cyklus se stále a rychle opakuje, což způsobuje, že tepelné čerpadlo skutečně předává teplo z vnějšího prostředí do vytápěného domu.

V praxi se také lze setkat s označením primární a sekundární okruh. Primární okruh je v podstatě ta část tepelného čerpadla, která je zakopaná v zemi, sekundární okruh pak představuje topný systém.

V případě tepelných čerpadel vzduch-voda je primární okruh nahrazen přívodem venkovního vzduchu do zařízení pomocí ventilátoru, který je jejich nutnou součástí.¹⁹

Topný faktor

Topný faktor (TF) je jedním z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. Udává spotřebu elektřiny na produkci tepla.

$\mathcal{E}_T = Q/E$, kde je:

Q – teplo dodané vytápěním (kWh)

E – energie pro pohon tepelného čerpadla (kWh)

¹⁹ KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. 122 s. ISBN 978-80-247-2720-2. Kapitola 1: Tepelné čerpadlo obecně, s. 8-9

Podle okolních podmínek (venkovní teplota) se TF mění. Přibližné hodnoty TF se pohybují v rozmezí 2,5–4,5. 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. Topný faktor tepelného čerpadla se často stává silnou marketingovou zbraní jednotlivých prodejců.²⁰

Rozdělení tepelných čerpadel

- země-voda
- vzduch-voda
- voda-voda
- vzduch-vzduch

3.4 Tepelná čerpadla 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. Při použití tohoto typu odpadají složité zemní práce spojené s případem zemního tepelného čerpadla, a je jasné, že i pořizovací náklady budou nižší.²¹

Základní princip

Význačnou roli ve fungování TČ hraje chladivo označované v následujícím jako pracovní médium. Má tu vlastnost, že se i při nejnižších (venkovních teplotách) odpařuje. Přivede-li se venkovní vzduch k výměníku tepla (výparníku), ve kterém cirkuluje pracovní médium, odejme takovému zdroji tepla potřebné výparné teplo a přejde z kapalného do plynného stavu. Zdroj tepla se tím o několik stupňů ochladí. Kompresor toto plynné pracovní médium nasaje a stlačí. Tím, že se zvětší jeho tlak, stoupne také jeho teplota – pracovní médium je tedy přečerpáno na vyšší teplotní úroveň.

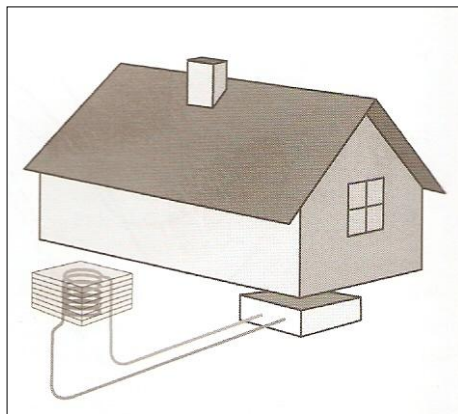
²⁰ SRDEČNÝ, K. – TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Praha: EkoWATT, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0, Kapitola 3: Efektivita, s. 17.

²¹ KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. 122 s. ISBN 978-80-247-2720-2. Kapitola 1: Tepelné čerpadlo obecně, s. 13.

K tomu je zapotřebí vynaložit elektrickou (nebo jinou) energii. Ta však představuje energii ztracenou, ale zvyšuje energetický (tepelný) potenciál pracovního média, které se dále dostává do kondenzátoru (viz obr. 3.9 v příloze). Tam pracovní médium odevzdá své celkové teplo, které uvedeným způsobem získalo, resp. je mu odňato nějakou teplotonosnou látkou, např. vodou pro teplovodní vytápění. Tím dojde ke zkapalnění pracovního média, v expanzním ventilu se seškrtní na původní nízký tlak a oběh se opakuje.²²

Splitová TČ

V ČR se setkáváme nejčastěji s řešením typu „split“, kdy je tepelné čerpadlo rozděleno na venkovní a vnitřní část. Venkovní vzduch je ve venkovní části tepelného čerpadla nasáván pomaloběžným ventilátorem a ochlazován. Průtok vzduchu činí řádově tisíce m³/h. Jsou i tepelná čerpadla, která nemají venkovní část, ale výměník pro ochlazování vzduchu je integrován uvnitř. Tepelné čerpadlo je pak umístěno v objektu, např. ve sklepě, vzduch nasává a vypouští přes otvory ve stěně. Nejméně častým řešením je případ, kdy je tepelné čerpadlo celé mimo objekt a do domu se vede jen potrubí s topnou vodou. Nezabírá se sice místo v domě, ale roste riziko poškození či krádeže zařízení.



Obr. 3.10 Tepelné čerpadlo vzduch/voda²³

²² STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online]. [2010-05-28]. [cit 2010-05-31]. Dostupné na http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/ig/stiebeltronczechrepublic/koncovizakaznici/prospekty/rz_2101_ste_ee_obnovitelne_zdroje_2009_cz.pdf

²³ Zdroj: SRDEČNÝ, K. – TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Praha: EkoWATT, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0, Kapitola 4: Zdroje tepla pro tepelná čerpadla, s. 30.

Obsah energie ve vzduchu silně závisí na jeho vlhkosti (viz tab. 3.2). Je-li vzduch chladný, je v něm i málo vody. Na rozdíl od ostatních látek (voda, horniny) není množství energie ve vzduchu přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. Z toho vyplývá, že v době nejnižších teplot, kdy je potřeba tepla v objektu nejvyšší, pracuje tepelné čerpadlo s nejnižším topným faktorem a obvykle i s nižším výkonem.

Současná vzduchová tepelná čerpadla jsou schopna pracovat až do teplot $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, lze se setkat i se stroji schopnými ochlazovat vzduch i při venkovní teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro dny, kdy je venkovní teplota nižší, než je tepelné čerpadlo schopno zpracovat, je nutné vybavit systém vytápění ještě dalším zdroje, např. elektrokotlem.

Tab. 3.2 Průměrné teploty, vlhkosti a obsah energie vzduchu v Praze²⁴

| Měsíc | Teplota t_m [$^{\circ}\text{C}$] | Vlhkost x_m [g/kg] | Entalpie (obsah energie) h_m [Wh/kg] | h_m [kJ/kg] |
|----------|---|-------------------------|---|------------------|
| Leden | -1,3 | 2,83 | 1,6 | 5,76 |
| Únor | -0,1 | 2,97 | 2,0 | 7,33 |
| Březen | 4,0 | 3,60 | 3,7 | 13,40 |
| Duben | 9,1 | 4,57 | 5,7 | 20,64 |
| Květen | 14,2 | 6,36 | 8,4 | 30,21 |
| Červen | 17,6 | 7,97 | 10,5 | 37,82 |
| Červenec | 19,3 | 9,15 | 11,8 | 42,50 |
| Srpen | 18,7 | 8,90 | 11,5 | 41,32 |
| Září | 15,0 | 7,48 | 9,4 | 33,86 |
| Říjen | 9,3 | 5,63 | 6,5 | 23,50 |
| Listopad | 4,4 | 4,30 | 4,2 | 15,17 |
| Prosinec | 0,4 | 3,34 | 2,4 | 8,79 |
| Průměr | 9,2 | 5,59 | 6,5 | 23,33 |

Na venkovním výměníku dochází ke vzniku námrazy. Různí výrobci mají různé systémy pro automatické odtávání námrazy. Energeticky nejhorší je tzv. reverzní chod, kdy tepelné čerpadlo ohřívá výměník. Zvyšuje se spotřeba elektřiny a klesá efektivita tepelného čerpadla. Z hlediska spotřeby výhodnější, ale investičně nákladnější, je systém dvou venkovních výměníků, které se při provozu střídají. Pro hodnocení skutečného topného faktoru je tedy nutné do spotřeby tepelného čerpadla zahrnout nejen spotřebu ventilátoru jednotky, ale i vliv odtávání námrazy na výparnicích.²⁵

²⁴ Zdroj: SRDEČNÝ, K. – TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Praha: EkoWATT, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0, Kapitola 4: Zdroje tepla pro tepelná čerpadla, s. 31.

²⁵ SRDEČNÝ, K. – TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. 1. vydání. Praha: EkoWATT, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0, Kapitola 4: Zdroje tepla pro tepelná čerpadla, s. 30-31.

Kompaktní TČ

Jsou optimální pro vytápění a přípravu teplé vody. Kompaktní tepelná čerpadla vzduch-voda jsou nanejvýš jednoduchá na instalaci. Díky vestavění všech důležitých komponentů pro jejich provozování přímo z výroby jsou minimalizovány nároky spojené s plánováním i montáží. Celé tepelné čerpadlo (viz obrázek 3.11) je umístěno v technické místnosti domu, a proto není vystaveno povětrnostním vlivům. Navíc proti některým splitovým tepelným čerpadlům mohou být stroje instalovány bez přítomnosti kvalifikovaného instalatéra-chladáře. To šetří čas a náklady na instalaci.²⁶



Obr. 3.11 Kompaktní tepelné čerpadlo²⁷

Projektování TČ

Pro správné nadimenzování zařízení s TČ musí být ve vztahu k vytápěné budově známo nebo provedeno následující:

- výpočet spotřeby tepla:
 - podle ČSN
- předběžně možno:
- podle spotřeby energie,
 - podle m² obytné plochy,

²⁶ ALPHA-INNOTEK. *Specialista na tepelná čerpadla*. [online]. [2010-5-01]. [cit 2010-05-31]. Dostupné na http://www.alpha-innotec.de/uploads/Prospekt_vzduch_voda_vnitri_2009.pdf

²⁷ Zdroj: ALPHA-INNOTEK. *Specialista na tepelná čerpadla*. [online]. [2010-5-01]. [cit 2010-05-31]. Dostupné na <http://www.alpha-innotec.de/SEEEMS.asp?save=on&id=4678&display=on&anchor=4770ኢ>

- určení teploty otopných těles či ploch
 - nové stavby: určit max. teplotu topné vody,
 - staré stavby: rozhodnout o max. teplotě vody,

- zjistit nebo určit nejlepší zdroj tepla,
- stanovit provozní způsob TČ podle systému vytápění,
- nadimenzovat TČ podle spotřeby tepla a provozního způsobu,
- jaké jsou podmínky pro elektrickou přípojku a jaké jsou požadavky na regulaci TČ,
- propojení TČ s topným systémem,
- zda má TČ pro vytápění současně sloužit přípravě teplé vody,
- Respektovat příslušné předpisy a směrnice.

Výpočet se uskuteční podle ČSN.

Pro účely nabídky nebo při bivalentních zařízeních s TČ může být spotřeba tepla určena předběžně.

A. Podle potřebného výkonu vztaženého na m^2 vytápěné obytné plochy. Hodnotu měrného výkonu lze odečíst z tabulky (viz tab. 3.3).

B. Podle potřebného výkonu vztaženého na m^3 vytápěné obytné plochy.

Pro modernizace: vytápěný objem (m^3) x 0,03 (kW/ m^3) = ... kW

Pro novostavby: vytápěný objem (m^3) x 0,02 (kW/ m^3) = ... kW

Tab. 3.3 Stanové výpočtu tepelné ztráty objektu²⁸

| Zaizolování venkovních stěn | Okna | Poschodí | Watt na m^2 obytné plochy |
|-----------------------------|---------------------|----------|-----------------------------|
| Ne | jednoduše prosklená | 1 | 160 |
| Ne | jednoduše prosklená | 2 | 140 |
| Ne | dvojitě prosklená | 1 až 2 | 100 |
| Ano | dvojitě prosklená | 1 až 2 | 80 |
| Ano | vakuovaná | 1 až 2 | 50 |

²⁸ Zdroj: STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online].[2010-05-28].[cit 2010-05-31]. Dostupné http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformace/technicke_informace_tc_2009_26_05_2009.pdf

Pokud jde o možnosti použití, a tím také způsob provozování TČ, má rozhodující význam teplota topné vody vytápěcího zařízení. Zařízení, která potřebují vyšší teplotu topné vody než 60 °C, mohou být provozována s TČ jen bivalentně, tj. s nějakým dalším topným zařízením. Venkovní teplota, při které se TČ přepne na jiné vytápěcí zařízení (teplota bivalence), se neřídí jen podle topného výkonu TČ, nýbrž také podle nadimenzování topných těles či ploch. Vytápění pomocí radiátorů byla dosud dimenzována pro teplotu topné vody 90 °C. V důsledku dodatečného zaizolování objektů, resp. předimenzování radiátorů je většinou zapotřebí topnou vodu o teplotě jen 70 °C nebo i méně. Topná tělesa či topné plochy nových zařízení by měly být dimenzovány na max. 55 °C, aby byl možný monovalentní provoz.

Pomocí tohoto diagramu lze na základě teploty topné vody vytápěcího zařízení stanovit venkovní teplotu, při které je k TČ nutno připnout bivalentní zdroj vytápěcího zařízení:

TČ s teplotou topné vody max. 60 °C (viz obr. 3.13 v příloze)

křivka A: teplota topné vody zařízení je 90 °C, teplota bivalence je 0 °C

křivka B: teplota topné vody zařízení je 70 °C, teplota bivalence je -4 °C

křivka C: teplota topné vody je menší než 60 °C, možný monovalentní provoz 60 °C

křivka D: teplota topné vody zařízení je menší než 60 °C, takže je možný monovalentní provoz TČ

Zdrojem tepla je vzduch

Vzduch, jemuž dodává teplo slunce, je všude. TČ mohou poskytnout ještě dosti tepla, které získala z venkovního vzduchu i při teplotě -20 °C. Vzduch jako zdroj tepla má však tu nevýhodu, že je nejchladnější, když je zapotřebí co nejvíce tepla na vytápění. Je sice možné odnímat mu teplo ještě při -20 °C, ale topný faktor TČ značně klesá. Proto se často uskutečňuje kombinace s druhým vytápěcím zařízením, které po krátkou dobu zvláště chladných dnů s vytápěním vypomůže. Velkou výhodou je snadná instalace TČ vzduch-voda, u které odpadají rozsáhlé zemní práce nebo vrtání studní (viz obr. 3.14 v příloze).

Možné provozы TČ

Monovalentní provoz

TČ je v objektu jediným vytápěcím zařízením. Tento způsob je vhodný pro nízkoteplotní vytápění s teplotou topné vody do max. 60 °C (viz obr. 3.15 v příloze).

Monoenergetický provoz

Vytápěcí systém nevyžaduje žádné další vytápěcí zařízení. TČ vzduch-voda pracuje běžným způsobem až do venkovní teploty -20 °C, ale od určité venkovní teploty, kdy již jeho výkon nestačí, se přípne přidavny elektrický ohřev (viz obr. 3.15 v příloze).

Alternativně bivalentní provoz

TČ pokrývá celou potřebu tepla až do určité, předem stanovené teploty venkovního vzduchu (např. 0 °C). Potom, klesne-li teplota pod tuto hodnotu, TČ se vypne a produkci tepla přebírá další tepelný zdroj. Tento způsob je možný u všech vytápěcích systémů pracujících s teplotou topné vody max. 90 °C (viz obr. 3.15 v příloze).

Paralelně bivalentní provoz

Až do určité venkovní teploty produkuje potřebné teplo TČ samo. Při nízkých teplotách se přípne druhý tepelný zdroj. Oproti bivalentnímu provozu je samozřejmě podíl TČ na celoroční produkci tepla větší. Tento způsob je vhodný pro podlahové vytápění a vytápění pomocí radiátorů do teplot topné vody max. 60 °C (viz obr. 3.15 v příloze).

Částečně paralelně bivalentní provoz

Až do určité venkovní teploty produkuje potřebné teplo TČ samo. Poklesne-li teplota pod tuto hodnotu, připne se k němu další tepelný zdroj. Pokud TČ neprodukuje vodu o teplotě odpovídající teplotě topné vody, TČ se vypne. Tento provozní způsob je vhodný pro všechny vytápěcí systémy pracující s teplotou topné vody přes 60 °C (viz obr. 3.15 v příloze).²⁹

3.5 Ventilační systémy

Základní pojmy

Nucené větrání je výměna znehodnoceného, tj. odpadního vzduchu, za vzduch čerstvý, zpravidla venkovní. Nucená výměna vzduchu, jeho proudění, a tím i přenos látek jsou vyvolány mechanicky, tj. ventilátorem, jenž je součástí vzduchotechnické strojovny či jednotky. Nucené větrání tvoří vzduchotechnické zařízení s jednou termodynamickou funkcí (ohřevem) k úpravě přívodního vzduchu sloužícího k tvorbě interního mikroklimatu.³⁰

Nucené větrání zajišťuje výměnu vzduchu v prostoru, nezávislou na vnějších klimatických podmínkách, a umožňuje tak zejména:

- řízenou výměnu vzduchu v prostoru, filtraci a teplotní úpravu přívodního vzduchu,
- úpravu tlakových poměrů v budově a ve větraných provozech,
- zpětné využití tepla (viz tab. 3.4 v příloze),

²⁹ STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online].[2010-05-28].[cit 2010-05-31]. Dostupné na http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformance/technicke_informace_tc_2009_26_05_2009.pdf

³⁰ GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8, Kapitola 9: Nucené větrání, s. 133.

- kombinovaný provoz s využitím cirkulačního vzduchu v extrémním ročním období.

Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice

Minimalizace energetické náročnosti vyžaduje racionální přístupy hospodaření energiemi i ve vzduchotechnice. Z hygienických i technologických důvodů je nutná náhrada odváděného vzduchu ve vnitřním prostoru budov vzduchem vnějším, jehož průtok se zpravidla rovná průtoku odváděného znehodnoceného vzduchu. Zpětné získávání tepla (ZZT), resp. recyklace tepla, představuje využití tepla odváděného znehodnoceného vzduchu. Zařízení ZZT lze rozdělit dle přenosu tepla na regenerační a rekuperační (viz tab. 3.5 v příloze). Obě zařízení pracují na principu přenosu tepla konvekcí bez či se skupenskými změnami. Zařízení ZZT lze sestavit ze samostatných prvků nebo mohou být součástí sestavných vzduchotechnických jednotek. Zásadním kritériem pro volbu a návrh ZZT jsou ekonomické faktory vycházející z optima investičních a provozních nákladů.

Energetická náročnost vzduchotechnického systému je dána potřebou tepla či chladu při tvorbě interního mikroklimatu. Energetické efekty při provozu ZZT lze vyčíslit z rozdílu entalpií či teplot přívodního a odváděného vzduchu s respektováním účinnosti zařízení (viz obr. 3.16 v příloze).³¹

Ventilační jednotky s rekuperací tepla

Kompaktní přístroje pro výměnu vzduchu v bytech a rodinných domech. Díky kvalitním pylovým filtrům a řízenému větrání se nejenom zvýší komfort domácnosti, ale hlavně se sníží i tepelná ztráta objektu.

³¹ GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8, Kapitola 12: Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice, s. 170.

- zpětné získávání tepla pomocí křížového protiproudového výměníku ze vzduchu odčerpávaného z místností
- vysoké zpětné získávání tepla až 90 %

Centrální ventilační jednotky

Kompletní přístroje pro centrální výměnu vzduchu v bytech a rodinných domech, pro přípravu teplé užitkové vody a pro vytápění. Zpětné získávání tepla pomocí křížového protiproudového výměníku ze vzduchu odčerpávaného z místností a tepelného čerpadla vzduch-voda. Dodatečné získávání tepla z venkovního vzduchu. Předávání zpětně získaného tepla v přívodu čerstvého vzduchu do místností, do ohřívače vody a do vytápění.

- centrální ventilace
- vestavěné zásobníky teplé vody
- vestavěné výměníky pro připojení okruhu solárních kolektorů
- vysoké zpětné získání tepla až 90 %

Decentrální ventilační jednotky

System pro centrální výměnu vzduchu v bytech a rodinných domech, pro přípravu teplé vody a pro vytápění. Decentrálně přiváděný vzduch, plynule volitelné množství vzduchu. Zpětné získání tepla ze vzduchu odčerpávaného z místností pomocí tepelného čerpadla. Akumulace získaného tepla v zásobníku TUV³² a v topné soustavě, možnost připojení solárních kolektorů.³³

³² teplá užitková voda

³³ STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online]. [2010-05-28]. [cit 2010-05-31]. Dostupné na http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformance/ventilace_2009__cz_.pdf

4. Vlastní práce

Při vypracování vlastní části bakalářské práce byly použity získané odborné poznatky z odborné praxe, vykonané u firmy TopklimaT, s. r. o., autorizované montážní a servisní firmy STIEBEL ELTRON. Vlastní práce obsahuje skutečný projekt tepelného čerpadla a jeho ekonomické vyhodnocení pro novostavbu RD v Dolních Jirčanech, který vypracoval autor bakalářské práce.

4.1 Rozdíl mezi běžnými palivy a tepelným čerpadlem

V období let 2004–2006 narostly ceny ropy více než o dvojnásobek a v následujících letech dosáhly rekordní výše. Vzápětí nato podobný vývoj následoval u zemního plynu. Zásoby fosilních paliv jsou do jisté míry značně limitované a hledání nových zdrojů se stává čím dál tím víc nákladnějším. V současné době neexistuje žádný reálný důvod, proč by se tento vývoj měl změnit. Naopak ceny ropy, plynu a fosilních paliv budou stoupat i v budoucnu. Oproti tomu náklady na výrobu obnovitelné energie v přírodě již dále neporostou. Z ekonomického hlediska, a na základě technických parametrů tepelných čerpadel, se při teplotě přírodního zdroje 0 °C a požadované teploty topné vody 50 °C spotřebuje tepelné čerpadlo o výkonu 7 kW 2,5 kWh elektrické energie na 7,3 kWh vyrobené tepelné energie. Rozdíl mezi vyrobenou a spotřebovanou energií je energie, která se získá od přírody zcela zadarmo. Oproti tomu na výrobu 7,3 kWh tepelné energie spotřebujeme 7,3 kWh zemního plynu, což je 0,69 m³ nebo spálit 1,46 kg uhlí. Porovnáním různých systémů vytápění, tj. topení a příprava TUV, spotřebujeme z elektrickým TČ pouze 62 % elektrické energie ve srovnání s výhřevností plynu 84 % a vytápěním peletami nebo topnými oleji 100 %. Efektivnost použití tepelných čerpadel se projeví zejména v dlouhodobém provozu. Využití TČ dokáže snížit náklady ve srovnání s tradičními palivy minimálně o polovinu. Zároveň systém TČ nabízí relativně stálou cenovou stabilitu v zásobování elektrickou energií soukromého sektoru. Volba TČ jako zdroje tepla je jediná možnost, která ušetří značné finanční prostředky a zároveň je to volba pro životní prostředí.

4.2 Tepelná čerpadla z hlediska ekologie

Za posledních 30 let se obsah skleníkových plynů v atmosféře ztrojnásobil, což má značný vliv na změnu klimatu. Skleníkový efekt zapříčiňují zejména emise kysličníku uhličitého (CO₂ - 61 %), metan (CH₄ - 15 %), freony (11 %), přízemní ozón a vodní páry v horní vrstvě atmosféry (9 %) a v neposlední řadě kysličník dusný (NO₂ - 4 %). Ve srovnání s běžnými zdroji energie činí u TČ podíl emise CO₂ 60% oproti uhlí a topného oleje (100 %) a plynu (84 %). Využití tepelného čerpadla není již v době značného nárůstu emisí skleníkových plynů jen záležitostí ekonomiky, ale také ochrany životního prostředí. Využívání zdrojů přírody je jednou z nejpodstatnějších změn pro budoucnost. Investice do TČ je prvním krokem k ochraně životního prostředí a zajištění jeho kvality pro budoucí generace. Volbou tepelného čerpadla, jako zdroje vytápění a ohřevu teplé vody, se získává přístup k nečistšímu, ekonomicky nejefektivnějšímu a stabilnímu pořízení energie na světě, tj. z přírody. Životní prostředí je plné energie, která může být pomocí tepelného čerpadla odčerpána, aniž by došlo k závažnému poškození životního prostředí. Současná tepelná čerpadla pracují výhradně s ekologickými chladivými, ze kterých byl chemicky vytěsnán chlór, který způsoboval závažné porušení ozonové vrstvy. Navíc vzduchová TČ fungují na principu odebírání tepla ze vzduchu, nemění v žádném případě jeho složení a naopak v důsledku kondenzace vodních par na výparníku dochází k jeho částečné filtraci. Do přírody vracíme pouze původní avšak ochlazený vzduch. Vznikající námrazy jsou pak odstraňovány reversibilním chodem tepelného čerpadla, tj. zpětným využitím energie. Tepelná čerpadla se v současné době staly jednou z možných variant, jak významně přispět k ochraně životního prostředí.

4.3 Projekt tepelného čerpadla pro vytápění a přípravu TUV v RD

Pro správné nadimenzování tepelného čerpadla musí být známa tepelná ztráta objektu, pokud výpočet tepelné ztráty dle ČSN lze výpočet spotřeby tepla předběžně určit u stávajících objektů podle spotřeby energie nebo podle m² obytné plochy. V současné době u projektů novostaveb je součástí projektové dokumentace odborný energetický audit. Dalším důležitým bodem je určení teploty otopných těles, kdy je u novostaveb potřeba určit maximální teplotu topné vody a u starých staveb rozhodnout o maximální

teplotě topné vody s ohledem na stávající otopná tělesa. Podle výše uvedených teplot je nutno určit neadekvátnější zdroj tepla a stanovit podle systému vytápění vhodný provozní způsob tepelného čerpadla. Dále je potřeba zjistit podmínky pro stavební připravenost, tj. podmínky pro elektrickou přípojku, možnosti vhodné regulace, propojení TČ s topným systémem a určit, zda tepelným čerpadlem bude prováděna příprava TUV. Při projektování zařízení musíme respektovat příslušné směrnice a předpisy, případně normy.

Spotřeba tepla může být při dimenzování TČ a případných bivalentních zdrojů určena předběžně, a to:

- podle potřebného výkonu vztaženého na m^2 vytápěné užité plochy,
- podle potřebného výkonu vztaženého na m^3 vytápěné užité plochy.

Dle prvního bodu je potřeba zjistit tloušťku stěn, jejich zaizolování, dále je potřeba zjistit jaká jsou nebo budou použita okna (jednoduchá, dvojitá nebo trojitá), kolik poschodí objekt má nebo bude mít a stávající nebo uvažovaná izolace střešních konstrukcí. Velkou roli hraje velikost prosklených ploch. Tepelné ztráty dle tohoto bodu jak u starých staveb, tak i u novostaveb lze rozdělit do 4 základních skupin:

- výborná izolace, vakuovaná trojskla, tj. výborná akumulční schopnost budovy, tepelná ztráta cca 50 W/m^2 ,
- velmi dobrá izolace, dvojskla, střední akumulční schopnost budovy, tepelná ztráta cca 60 W/m^2 ,
- částeční izolace, dvojskla, tj. nižší akumulční schopnost budovy, tepelná ztráta cca 75 W/m^2 ,
- bez izolace, jednoduchá okna, špatná akumulční schopnost budovy, tepelná ztráta cca $100 - 160 \text{ W/m}^2$.

Dle druhého bodu platí následující vzorec:

pro modernizace - vytápěný objem (m^3) X $0,03 \text{ kW/m}^3$,

pro novostavby - vytápěný objem (m^3) X $0,02 \text{ kW/m}^3$.

Rozhodující pro způsob provozování tepelného čerpadla má teplota topné vody. Objekty, které vyžadují vyšší teplotní spád, tj. teplotu topné vody vyšší než $60 \text{ }^\circ\text{C}$, mohou

být provozována jen s bivalentním zdrojem, tj. s dalším topným zařízením (elektrokotel, plynový kotel aj.) Důležitou roli hraje bod bivalence, tj. venkovní teplota, při které se TČ přepne na jiný zdroj tepla. Topná tělesa nových objektů by měla být projektována na maximální teplotu topné vody 55 °C, aby bylo možné provozovat TČ v monovalentním provozu, to znamená, že TČ je jediným vytápěcím zařízením. U starých staveb, kdy je požadavek na vyšší teplotu topné vody (bez nutné rekonstrukce otopného systému), je doporučen monoenergetický provoz, kdy součástí TČ je integrovaný bivalentní zdroj, který se sepne od určité venkovní teploty.

Zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo může být vzduch, země a voda. Pro bezproblémový chod TČ je doporučeno použít akumulční zásobníky topné vody, které slouží k hydraulickému oddělení toků vody v okruhu TČ a topné soustavy a překlenutí, kdy je odpojena sazba nízkého tarifu elektrické energie. U vzduchových tepelných čerpadel je potřeba klást důraz na hladinu akustického hluku, tepelná čerpadla nesmí být umístována vedle obytných místností, vzduchové hadice musí být hlukově a tepelně izolovány, a při vedení vzduchu nesmí dojít k tepelnému zkratu. Největší pozornost je potřeba věnovat emisím hluku, a to jak směrem k sousedům, tak i k vlastnímu domu.

4.3.1 Zákaznická poptávka na vypracování projektu a cenové nabídky TČ

Dne 29. 10. 2010 byla přijata poptávka zákazníka Miloslava M. na vypracování projektu a cenové nabídky tepelného čerpadla země-voda se zemními sondami. Jelikož se jednalo o dvoupodlažní novostavbu RD v lokalitě Dolní Jirčany v nadmořské výšce 378 m n. m. (viz obr. 4.1 v příloze) s výpočtovou teplotou -12 °C a s ohledem na ekonomiku provozu a návratnost investice, bylo zákaznickovy doporučeno tepelné čerpadlo vzduch-voda. V první fázi projektu TČ bylo potřeba z důvodu neexistence energetického odborného posudku stanovit celkové tepelné ztráty objektu. Celková vytápění plocha objektu dle dodaných půdorysů 1NP a 2NP (viz obr. 4.2 a 4.3 v příloze) byla 192 m². Stavba bude provedena z Porothermu o tl. 300 mm s následným zateplením obvodových stěn polystyrenem 140 mm a osazena dřevokovovými okny s trojskly. Celková prosklená plocha činí cca ¼ celkové plochy. Na základě zjištění tepelné ztráty objektu podle potřebného výkonu vztaženého na m² vytápěné plochy, a s ohledem na výše uvedené

údaje, byla stanovena předběžná tepelná ztráta cca 60 W/m^2 . Podle projektové dokumentace celkový objem objektu činí 560 m^3 . Pro přesnější výpočet tepelné ztráty byla použita metoda potřebného topného výkonu vztáženého na m^3 vytápěné obytné plochy.

$$560(\text{m}^3) \times 0,02(\text{kW} / \text{m}^3) = 11,2 \text{ kW}$$

Celková tepelná ztráta objektu činí $11,2 \text{ kW}$.

Po konzultaci se zákazníkem, a s ohledem na nevytápění technické místnosti a pouhé temperování garáže, bude výsledná tepelná ztráta cca 10 kW .

Na základě zjištěné tepelné ztráty objektu je doporučeno tepelné čerpadlo vzduch-voda v monoenergetickém provozu o celkovém výkonu $11,2 \text{ kW}$ z bivalentním integrovaným zdrojem z trojstupňovým kaskádovým spínáním o výkonu $8,8 \text{ kW}$. Alternativním řešením podle původního přání zákazníka by bylo tepelné čerpadlo země-voda o celkovém výkonu $9,9 \text{ kW}$ s integrovaným bivalentním zdrojem o výkonu $8,8 \text{ kW}$. Doporučení TČ země-voda s nižším výkonem je dáno větším topným faktorem TČ země-voda při teplotách $-5 \text{ }^\circ\text{C}$. Při dimenzování vzduchového TČ je vhodnější doporučit TČ o vyšším výkonu, než je tepelná ztráta objektu.

Volba vhodného technického řešení tepelného čerpadla vzduch-voda je závislá na velikosti technické místnosti a možnosti realizace vzduchotechnických rozvodů. Jelikož v objektu RD Dolní Jirčany byla vyprojektována technická místnost o rozloze cca 7 m^2 , byl by to pro umístění kompletní technologie dostačující prostor. Avšak s ohledem na možnosti zajištění vzduchotechnických otvorů a dodržení požadované vzdálenosti mezi jednotlivými otvory, aby nedocházelo k tepelnému zkratu, nebylo možno použít vnitřní tepelné čerpadlo a po poradě s investorem bylo rozhodnuto o venkovním provedení TČ.

Základní přístroj tepelného čerpadla s venkovním příslušenstvím (vzduchotechnická nástavba pro sání a výfuk vzduchu) bude osazen na základové desce vně objektu v co nejmenší vzdálenosti od obvodového zdiva tak, aby výfuk vzduchu směřoval od objektu a tepelné ztráty potrubní přípojky byly co nejmenší. Z důvodů blízkosti sousedního domu bude strana výfuku pro snížení hlučnosti osazena tlumičem hluku, který sníží hlučnost

cca až o 5 dB. Pod základovou deskou je nezbytně nutné zbudovat jímku kondenzátu, případně zajistit odvod kondenzátu do kanalizace. Tepelné čerpadlo s vnitřním příslušenstvím, tj. akumulční zásobníky, které budou umístěny v prostoru technické místnosti, bude propojeno speciálním předizolovaným potrubím, které bude vedeno v nezámrazné hloubce (cca 80 cm). Pro případ delšího výpadku elektrické sítě bude topný systém napuštěn nemrznoucí směsí. Spolu s hydraulickým potrubím je nutné v chrániče vést kabely pro elektrické připojení. Tepelné čerpadlo bude propojeno s topným systémem pomocí flexibilních tlakových hadic, které zamezí přenos chvění přes trubky do konstrukčních částí budovy.

Před zahájením samotné stavby bylo investorovi doporučeno zajistit při betonování základové desky průchodku do technické místnosti pro vedení hydraulické a elektrické přípojky. A po ukončení montáže bude stavební otvor řádně zaizolován.

V technické místnosti budou přesně dle projektové dokumentace (viz obr. 4.2 v příloze) umístěny dva akumulční zásobníky, jeden na topnou vodu a jeden na přípravu teplé užitkové vody. Na protilehlé stěně od zásobníků bude umístěna veškerá hydraulická část kotelny, tj. oběhová čerpadla pro nabíjení zásobníků, oběhová čerpadla topných okruhů (směšovaný okruh pro podlahové vytápění v 1. NP³⁴ a radiátorový okruh pro 2. NP), oběhové čerpadlo cirkulace TUV. Dále bude v rohu technické místnosti dle projektu umístěna expanzní nádoba topení a expanzní nádoba přípravy TUV. Celá hydraulická část kotelny bude provedena v CU³⁵ potrubí a tepelně zaizolována. Pro podlahové vytápění bude osazen nástěnný rozdělovač s průtokoměry. Na stěně bude osazena podružná elektrorozvodnice tepelného čerpadla, ve které budou nainstalovány jističe kompresoru, elektrokotle a oběhových čerpadel a regulátoru TČ. Vedle elektrorozvodnice bude umístěn nástěnný ekvitermní regulátor, na který bude napojeno venkovní ekvitermní čidlo.

Kompletní technologie tepelného čerpadla bude napojena na rozvody topení a teplé užitkové vody. Za účelem zajištění veškerých elektrických a hydraulických přípojek bude investorovi před zahájením stavby předána tzv. stavební připravenost pro TČ, ve které jsou uvedeny veškeré požadavky na elektroinstalaci (tj. silový přívod, jističe, ovládání HDO³⁶), potrubní rozvody a stavební konstrukce.

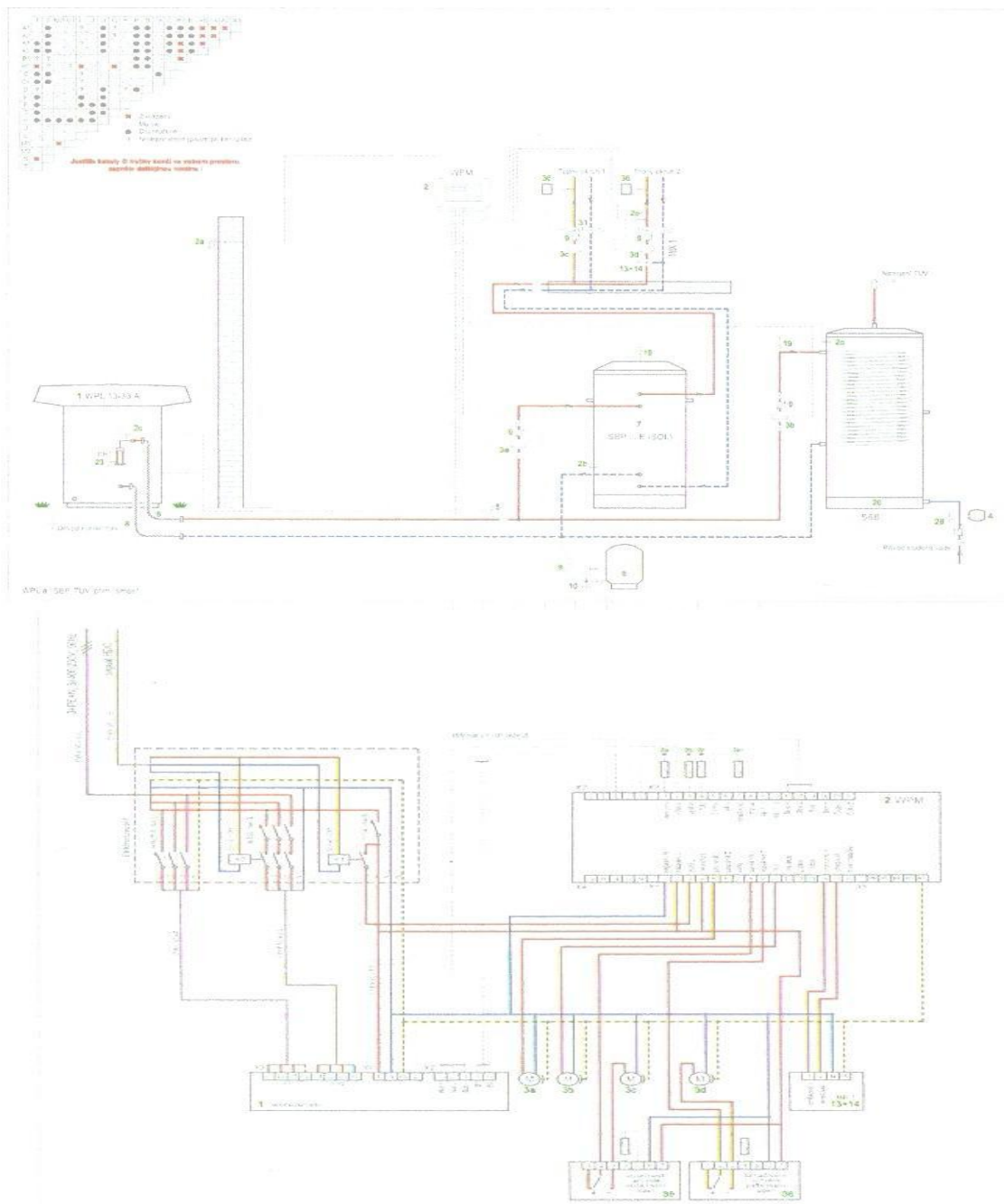
³⁴ NP – nadzemní podlaží

³⁵ CU – cuprum - měď

³⁶ HDO – hromadné dálkové ovládání

4.3.3 Prováděcí projekt

Na základě navrhnutého technické řešení tepelného čerpadla bude vypracováno základní instalační schéma elektrického a hydraulického zapojení. K vypracování instalačního schématu bude použit program Autocad, do kterého budou vložena základní informační data (tj. provedení TČ, druhy akumulčních zásobníků, počet a druh topných okruhů, požadavky na expanzní nádoby, druh regulátoru aj.). Program Autocad sám navrhne základní instalační schéma hydraulického a elektrického zapojení. Toto instalační schéma slouží také jako příloha protokolu o uvedení tepelného čerpadla do provozu. Schéma nelze použít jako projekční podklad pro montáž tepelného čerpadla s příslušenstvím. Jedná se pouze o standardní schéma daného technického řešení a neřeší odchylky od skutečného provedení montáže. Pro výše uvedený návrh technické řešení TČ pro RD Dolní Jirčany bylo vypracováno schéma (viz obr. 4.4). Toto schéma bude předáno autorizovanému projektantovi k vypracování prováděcího projektu.

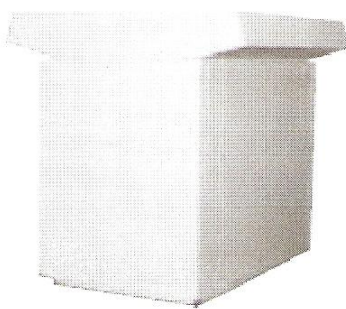


Obr. 4.4 Elektrické a hydraulické schéma³⁷

³⁷ Zdroj: JIŘÍK, 2010

4.3.4 Cenová nabídka

Podle výpočtu tepelné ztráty RD (11,2 kW) a návrhu technického řešení je doporučeno následující tepelné čerpadlo:

| Zákazník: Miloslav M., RD Dolní Jirčany | | Datum 10.11.2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|------------|------------|-------|------|----|--------|--------|---|------------|---|------------|--------|-----------------------------------|-----------|---|-----------|--------|--|----------|---|----------|--------|---------------------------------|----------|---|----------|--------|-------------------------|----------|---|----------|--------|--------------------------------------|-----------|---|-----------|--------|---|-----------|---|-----------|--------|---|----------|---|----------|--------|---------------------------------------|----------|---|----------|
| CENOVÁ NABÍDKA TEPELNÉHO ČERPADLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WPL 18E venkovní provedení | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | <ul style="list-style-type: none"> - tepelné čerpadlo vzduch/voda ve venkovním provedení - topný výkon 11,3kW,el.příkon 3,0kW,topný faktor 3,7 (při +2/35°C) - 1 kompresor v provedení Scroll, vestavěný elektrokotel 8,8kW - ekologické chladivo R 407 C - hospodárné odmrazování reverzibilním chodem - hladina akustického výkonu 65 dB(A) - rozsah použití pro venkovní vzduch -20 až +40°C - teplota topné vody +15 až 60°C - certifikát zkušebny SZÚ a ověřené výkonové parametry - rozměry v mm (v x š x h): 1434 x 1241 x 1280 - vestavěný omezovač rozběhového proudu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <p>Doporučená sestava:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>obj. číslo</th> <th>popis</th> <th>cena</th> <th>ks</th> <th>celkem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>227757</td> <td>tepelné čerpadlo WPL 18E venkovní provedení</td> <td>189 767 Kč</td> <td>1</td> <td>189 767 Kč</td> </tr> <tr> <td>074413</td> <td>příslušenství venkovní provedení</td> <td>39 250 Kč</td> <td>1</td> <td>39 250 Kč</td> </tr> </tbody> </table> | | | obj. číslo | popis | cena | ks | celkem | 227757 | tepelné čerpadlo WPL 18E venkovní provedení | 189 767 Kč | 1 | 189 767 Kč | 074413 | příslušenství venkovní provedení | 39 250 Kč | 1 | 39 250 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obj. číslo | popis | cena | ks | celkem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 227757 | tepelné čerpadlo WPL 18E venkovní provedení | 189 767 Kč | 1 | 189 767 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 074413 | příslušenství venkovní provedení | 39 250 Kč | 1 | 39 250 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Příslušenství tepelného čerpadla: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>obj. číslo</th> <th>popis</th> <th>cena</th> <th>ks</th> <th>celkem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>185325</td> <td>KNS vzduchové kanály pro snížení hluchnosti</td> <td>10 350 Kč</td> <td>1</td> <td>10 350 Kč</td> </tr> <tr> <td>185458</td> <td>SBP 200 E nabíjecí zásobník 200 l</td> <td>14 872 Kč</td> <td>1</td> <td>14 872 Kč</td> </tr> <tr> <td>220830</td> <td>WPKI 5 kompaktní instalace pro SBP 200/400/700</td> <td>9 480 Kč</td> <td>1</td> <td>9 480 Kč</td> </tr> <tr> <td>074316</td> <td>UP 25-80 oběh.čerpadlo k WPKI 5</td> <td>5 860 Kč</td> <td>1</td> <td>5 860 Kč</td> </tr> <tr> <td>074414</td> <td>tlaková hadice 1m, DN32</td> <td>1 725 Kč</td> <td>2</td> <td>3 450 Kč</td> </tr> <tr> <td>185450</td> <td>WPMW II ekvitermní regulace nástěnná</td> <td>14 010 Kč</td> <td>1</td> <td>14 010 Kč</td> </tr> <tr> <td>221361</td> <td>SBB 302 WP zásobníkový ohřívač teplé vody 300 l</td> <td>40 229 Kč</td> <td>1</td> <td>40 229 Kč</td> </tr> <tr> <td>220832</td> <td>BBI 5 sada pro interní přípravu teplé vody k WPKI 5</td> <td>3 240 Kč</td> <td>1</td> <td>3 240 Kč</td> </tr> <tr> <td>074316</td> <td>UP 25-80 nabíjecí čerpadlo TV (TUV)</td> <td>5 860 Kč</td> <td>1</td> <td>5 860 Kč</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | obj. číslo | popis | cena | ks | celkem | 185325 | KNS vzduchové kanály pro snížení hluchnosti | 10 350 Kč | 1 | 10 350 Kč | 185458 | SBP 200 E nabíjecí zásobník 200 l | 14 872 Kč | 1 | 14 872 Kč | 220830 | WPKI 5 kompaktní instalace pro SBP 200/400/700 | 9 480 Kč | 1 | 9 480 Kč | 074316 | UP 25-80 oběh.čerpadlo k WPKI 5 | 5 860 Kč | 1 | 5 860 Kč | 074414 | tlaková hadice 1m, DN32 | 1 725 Kč | 2 | 3 450 Kč | 185450 | WPMW II ekvitermní regulace nástěnná | 14 010 Kč | 1 | 14 010 Kč | 221361 | SBB 302 WP zásobníkový ohřívač teplé vody 300 l | 40 229 Kč | 1 | 40 229 Kč | 220832 | BBI 5 sada pro interní přípravu teplé vody k WPKI 5 | 3 240 Kč | 1 | 3 240 Kč | 074316 | UP 25-80 nabíjecí čerpadlo TV (TUV) | 5 860 Kč | 1 | 5 860 Kč |
| obj. číslo | popis | cena | ks | celkem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185325 | KNS vzduchové kanály pro snížení hluchnosti | 10 350 Kč | 1 | 10 350 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185458 | SBP 200 E nabíjecí zásobník 200 l | 14 872 Kč | 1 | 14 872 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 220830 | WPKI 5 kompaktní instalace pro SBP 200/400/700 | 9 480 Kč | 1 | 9 480 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 074316 | UP 25-80 oběh.čerpadlo k WPKI 5 | 5 860 Kč | 1 | 5 860 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 074414 | tlaková hadice 1m, DN32 | 1 725 Kč | 2 | 3 450 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185450 | WPMW II ekvitermní regulace nástěnná | 14 010 Kč | 1 | 14 010 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 221361 | SBB 302 WP zásobníkový ohřívač teplé vody 300 l | 40 229 Kč | 1 | 40 229 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 220832 | BBI 5 sada pro interní přípravu teplé vody k WPKI 5 | 3 240 Kč | 1 | 3 240 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 074316 | UP 25-80 nabíjecí čerpadlo TV (TUV) | 5 860 Kč | 1 | 5 860 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Celková cena v Kč bez DPH | | | | 336 368 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Z uvedené ceny bude odběrateli poskytnuta obchodní sleva</i> | | | | 0 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konečná cena v Kč bez DPH | | | | 336 368 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montáž: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| doprava materiálu na stavbu | | 1 000 Kč | 1 | 1 000 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| montáž tepelného čerpadla a příslušenství | | 25 000 Kč | 1 | 25 000 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| elektroinstalace a elektrorevize | | 7 500 Kč | 1 | 7 500 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| instalační materiál | | 13 700 Kč | 1 | 13 700 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cena za montáž | | | | 47 200 Kč | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 4.5 Cenová nabídka na tepelné čerpadlo WPL 18E – venkovní provedení³⁸

³⁸ Zdroj: JIŘÍK, 2010

Datum: 10.11.2010

Cenová nabídka tepelného čerpadla č. 83/10 (Miloslav M., RD Dolní Jirčany)

Pro pokrytí tepelných ztrát (dle výpočtu 11,2 kW) je navrženo TČ o výkonu 11,3 kW s integrovaným bivalentním zdrojem 8,8 kW s kaskádovým trojstupňovým spínáním. Tepelné čerpadlo vzduch-voda STIEBEL ELTRON WPL 18 E, venkovní provedení o výkonu 11,3 kW, elektrický příkon 3,0 kW, topný faktor 2,5- 4,5 (3,7 při A+2/W35 °C) dle EN 14511. Bez HFCKW, chladivo R 407 C. Způsob provozování: monoenergeticky

Doporučena sestava:

Zdroj tepla:

Tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON vzduch-voda WPL 18E venkovní provedení

Příslušenství pro venkovní provedení včetně tlumiče hluku

Akumulační zásobník topné vody SBP 200 E o objemu 200 l

Kompaktní instalace pro SBP (propojení zásobníku s čerpadlem)

Oběhové čerpadlo nabíjecího zásobníku UP 25-80 WILO

Oběhová čerpadla topných okruhů GRUNDFOS UPS 25-40 a UPS 25-60

Trojcestný směšovací ventil se servopohonem pro podlahové vytápění

Expanzní nádoba REFLEX 50 l

Ekvitermní nástěnná regulace WPMW II

Čidla teploty

Propojení TČ a zásobníku – přípojka od čerpadla do technické místnosti

Připojení na topnou soustavu (topný okruh 1 a 2)

Elektroinstalace a elektorevize, armatury, Cu potrubí, izolace

Příprava TUV:

Akumulační stojatý zásobník TUV SBB 302 WP o objemu 300 l

Kompaktní instalace pro SBB (propojení zásobníku s čerpadlem)

Expanzní nádoba TUV REFLEX REFIX DD 33/10 s armaturou flowjet

Oběhové čerpadlo nabíjení zásobníku UP 25-80 WILO

CELKEM CENA ZDROJE TEPLA A PŘÍPRAVY TUV BEZ DPH: 336.368,00 Kč

**CELKEM CENA MONTÁŽE, DOPRAVY A OSTATNÍHO
INSTALAČNÍHO MATERIÁLU BEZ DPH:**

47.200,00 Kč

CELKEM CENA ZAKÁZKY BEZ DPH:

383.568,00 Kč

DPH SAZBA 10 % (SOCIÁLNÍ BYDLENÍ):

38.357,00 Kč

CELKOVÁ CENA ZAKÁZKY VČETNĚ DPH:

421.925,00 Kč

Vypracoval: David Jiřík³⁹

³⁹ Zdroj: JIŘÍK, 2010

4.3.5 Ekonomika provozu a návratnosti investice

Pro výpočet ekonomiky provozu a návratnosti investice byl použit program pro správný návrh tepelného čerpadla, který vychází z dlouhodobých informací o provozu tepelných čerpadel v různých podnebních lokalitách, nadmořských výškách a v souvislosti s technickými parametry jednotlivých tepelných čerpadel. Základními údaji pro výpočet ekonomiky provozu je:

- vnitřní teplota (standard 21 °C),
- venkovní výpočtová teplota (podle lokality -12 °C až -19 °C),
- tepelná ztráta objektu (potřeba tepla v kW, při venkovní výpočtové teplotě),
- výpočtová teplota topné soustavy (teplota topného systému při venkovní výpočtové teplotě),
- teplotní spád soustavy (rozdíl teplota mezi náběhovou a vratnou vodou při venkovní výpočtové teplotě),
- TUV (průměrné množství teplé vody, která bude v objektu spotřebována),
- náklady na elektrickou energii v sazbě domácnost (parametr slouží k výpočtu ročních úspor vlivem tarifu pro tepelné čerpadlo).

Po zadání požadovaných vstupních hodnot program interaktivně vypočte ekonomiky provozu s detailním výpisem, jehož součástí je i výpočet návratnosti investice oproti jiným zdrojům tepla (elektrokotel, plyn, dálkové topení).

Součástí výpočtu ekonomiky provozu jsou dále zpracovány výstupy, ze kterých je patrné, jak se daný typ tepelného čerpadla chová při konkrétních venkovních teplotách v souvislosti s dalšími zadanými parametry.

- v bodu bivalence⁴⁰ vidíme průběh topného výkonu a tepelné ztráty v závislosti na venkovní teplotě viz obr. 4.6 a 4.7 v příloze
- topný faktor x venkovní teplota (zde je vyčíslen topný faktor v závislosti na venkovní teplotě, u vzduchových tepelných čerpadel se mění i s teplotou zdroje - vzduchu), (viz obr. 4.8 v příloze)

⁴⁰ Hodnota teploty, do které je požadovaný topný výkon plně pokrýván tepelným čerpadlem

Tab. 4.1 Ekonomiku provozu⁴¹

| | | | | | |
|---|------|--------|--|--|--|
| vnitřní výpočtová teplota | 21 | °C | | | |
| venkovní výpočtová teplota | -12 | °C | | | |
| tepelná ztráta | 11,2 | kW | | | |
| koeficient útlumu | 0,68 | - | | | |
| počet tepelných čerpadel - souprav | 1 | ks | | | |
| výpočtová teplota topné soustavy | 45 | °C | | | |
| teplotní spád soustavy | 10 | K | | | |
| TUV | 300 | l/den | | | |
| výkon potřebný pro ohřátí TUV za 22 hodin | 0,8 | kW | | | |
| náklady na elektřinu v domácnosti v D 02d | 0,-- | Kč/rok | | | |

| | | WPL 18 E | přímotop | plyn | dálkové teplo |
|---|---------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| celkem proud - hodnota jističe pro paušál | A | 3 x 32 | 3 x 32 | 3 x 25 | 3 x 25 |
| roční potřeba tepla pro topení | kWh/rok | 24 233 | 24 233 | 24 233 | 24 233 |
| roční potřeba tepla pro topení | GJ / rok | 87 | 87 | 87 | 87 |
| roční potřeba tepla pro TUV | kWh/rok | 6 367 | 6 367 | 6 367 | 6 367 |
| roční potřeba tepla pro TUV | GJ / rok | 23 | 23 | 23 | 23 |
| roční potřeba tepla celkem | kWh/rok | 30 600 | 30 600 | 30 600 | 30 600 |
| spotřeba kompresorů pro topení a TUV | kWh/rok | 8 207 | | | |
| spotřeba bivalentních zdrojů - topných přírub a | kWh/rok | 46 | | | |
| odběr energie celkem | kWh/rok | 8 253 | 30 600 | 30 600 | 30 600 |
| podíl bivalentních zdrojů | % | 0,6% | 100% | 100% | 100% |
| cena paušálu za elektroměr D 56d | Kč/rok | 5 580,-- | | | |
| cena paušálu za elektroměr D 45d | Kč/rok | | 5 580,-- | | |
| cena paušálu za elektroměr D 02d | Kč/rok | | | 1 704,-- | 1 704,-- |
| cena paušálu za plynoměr | Kč/rok | | | 2 916,-- | |
| elektro - provoz kotelny | Kč/rok | 544,-- | 544,-- | 1 000,-- | 1 000,-- |
| cena za 1 kWh elektrickou v D 56d | Kč / kWh | 2,34 | | | |
| cena za 1 kWh elektrickou v D 45d | Kč / kWh | | 2,34 | | |
| cena za 1 kWh elektrickou v D 02d | Kč / kWh | | | 4,30 | |
| cena za 1 kWh v plynu | Kč / kWh | | | 1,35 | |
| cena za 1 kWh v dotopu pro TČ | Kč / kWh | 2,34 | | | |
| cena za 1 GJ v dálkovém teple | Kč / GJ | | | | 700,00 |
| cena za 1 kWh v dálkovém teple | Kč / kWh | | | | 2,52 |
| roční náklad na topení a TUV bez paušálů | Kč/rok | 19 312,-- | 71 604,-- | 41 310,-- | 77 112,-- |
| náklad na elektřinu v domácnosti v D02 | Kč/rok | | | 0,-- | 0,-- |
| náklad na elektřinu v domácnosti v D56 | Kč/rok | -927,-- | -927,-- | | |
| náklad na energie celkem s paušály* | Kč/rok | 24 509,-- | 76 801,-- | 46 930,-- | 79 816,-- |
| investice - technologie | Kč | 421 925,-- | 80 000,-- | 100 000,-- | 1,-- |
| vrty | metrů | 0 | | | |
| plošný kolektor - standardní zemina 20 W/m2 | m2 | 0 | | | |
| investice - plošný kolektor | Kč | 0,-- | | | |
| investice - vrty | Kč | 0,-- | | | |
| investice technologie celkem | Kč | 421 925,-- | 80 000,-- | 100 000,-- | 1,-- |
| návratnost proti přímotopu | roku | 6,5 | | | |
| návratnost proti plynu | roku | 14,4 | | | |
| návratnost proti dálkovému teple | roku | 7,6 | | | |

⁴¹ Zdroj: JIŘÍK, 2010

Z výše uvedeného výpočtu (viz tab. 4.1) vyplývá, že pravděpodobné celkové roční náklady na vytápění a přípravu 300 litrů TUV v RD Dolní Jirčany budou Kč 24.509,- s tepelným čerpadlem vzduch-voda. Celková investice do vytápění a přípravy TUV činí Kč 421.924,-.

Návratnost investice do technologie tepelného čerpadla oproti elektrokotli činí 6,5 let, oproti plynovému kondenzačnímu kotli 14,4 let a oproti dálkovému teplu 7,6 let.

Původní záměr investora byl vybavit RD tepelným čerpadlem země-voda se zemními sondami (vrty). Souběžně s projektem a cenovou nabídkou na tepelné čerpadlo vzduch-voda byla vypracována stejným postupem cenová nabídka a projekt na tepelné čerpadlo země-voda WPF 10 o celkovém topném výkonu 9,9 kW. V tomto případě činila celková investice Kč 500.448,-.

- technologie tepelného čerpadla s přípravou TUV Kč 293.963,-
- zhotovení zemních sond (DN 25 2 x 70 m) Kč 125.745,-
- celkové náklady na montáž TČ Kč 80.740,-
- celková cena zakázky vč. DPH činí Kč 500.448,-

Roční náklady na vytápění a přípravu TUV se zemním TČ při průměrné teplotě z vrtu 5 °C činí Kč 20.662,-. Návratnost investice oproti elektrokotli je 7,5 let, oproti plynovému kotli 15,2 let, a oproti dálkovému vytápění 8,5 let.

4.4 Porovnání vzduchového a geotermálního čerpadla z hlediska účinnosti a výkonových parametrů v závislosti na vstupních nákladech

Na základě výše uvedených výpočtů lze konstatovat, že vzduchové tepelné čerpadlo má při teplotě zdroje 2 °C topný výkon 11,3 kW (při A2/W35) a topný faktor 3,7. Tepelné čerpadlo země-voda při teplotě zdroje 0 °C má topný výkon 9,9 kW (při teplotě topné vody 35 °C) a topný faktor 4,5. Příkon motorkompresoru vzduchového TČ při výše uvedených podmínkách je 3 kW a u TČ země-voda 2,2 kW.

Z těchto údajů vyplývá větší účinnost a lepší topný faktor TČ země-voda. Navíc u vzduchových TČ v minusových teplotách klesá topný výkon i topný faktor v závislosti na teplotě vzduchu, zatímco u TČ země-voda je teplota zdroje stabilní (pokud nedojde k v důsledku náročného letního provozu, např. ohřev bazénu, k vychlazení zemních sond).

Z ekonomického hlediska jsou náklady u TČ země-voda v důsledku zhotovení zemních sond vyšší nežli pořizovací náklady na TČ vzduch-voda. Navíc TČ země-voda vyžaduje pravidelnou kontrolu a údržbu primárního okruhu (kontrola a doplnění nemrznoucí směsi).

V důsledku vyšších pořizovacích nákladů dochází k prodloužení návratnosti investice. Nespornou výhodou tepelného čerpadla země-voda je, že celkové roční náklady na spotřebovanou energii jsou nižší, rozdílná částka úspory nákladů činí Kč 3.847,- za rok. Naopak pořizovací cena u tohoto tepelného čerpadla je o Kč 78.523,- vyšší. Veškeré srovnávací výstupy jsou uvedeny v tab. 4.2.

Tab. 4.2 Srovnávací tabulka vzduchového a geotermálního tepelného čerpadla⁴²

| TČ | Topný faktor | Výkon (kW) | Celková cena pořízení | Spotřeba el. energie Kč/rok | Návratnost investice |
|-------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Vzduchové | 3,7 | 11,3 | 421.925,- | 24.509,- | el. kotel 6,5 let |
| | | | | | oproti plynu 14,4 let |
| | | | | | oproti dál. teple 7,6 let |
| Geotermální | 4,5 | 9,9 | 500.448,- | 20.662,- | el. kotel 7,5 let |
| | | | | | oproti plynu 15,2 let |
| | | | | | oproti dál. teple 8,5 let |

⁴² Zdroj: JIŘÍK, 2010

5. Závěr

Největším významem tepelných čerpadel je značná úspora energie. To je dáno tím, že oproti běžným palivům jako jsou např. fosilní paliva, plyn, elektřina aj., kdy při roční potřebě tepla v kW/h je nutné spálit odpovídající množství energie v kW/h, zatímco u tepelných čerpadel spotřebujeme menší množství energie neboť zbývající potřebnou část energie získáme z přírody. Jedinou energii, kterou do systému dodáváme, je energie na pohon kompresoru a případných bivalentních zdrojů (topných těles). Efektivita tepelných čerpadel tedy spočívá jednak využitím fyzikálních dějů (tj. zvětšením tlaku a zvýšením teploty), kdy pracovní médium přečerpáme na vyšší teplotní úroveň. Energie vynaložená na zvýšení těchto fyzikálních veličin není energií ztracenou. Tato energie zvyšuje energetický potenciál. Jedná se o maximální využití příkonové energie.

Na skutečném projektu a návrhu tepelného čerpadla pro rodinný dům a porovnáním tepelného čerpadla vzduch-voda a země-voda z hlediska výkonu, a topného faktoru a ekonomiky provozu, bylo zjištěno, že tepelné čerpadlo země-voda je výhodnější variantou. Avšak z hlediska návratnosti investice výsledky výpočtů hovoří ve prospěch tepelného čerpadla vzduch-voda. Alternativním řešením v návrhu a projektu tepelného čerpadla by bylo použití zemního kolektorů namísto zemních sond, neboť pořizovací cena zemního kolektoru je cca 30 % nákladů na vrty. V tomto případě by návratnost investice byla téměř shodná s tepelným čerpadlem vzduch-voda. Zemní kolektor se s důvodů nedostatku potřebné plochy pro jeho zbudování nemohl realizovat.

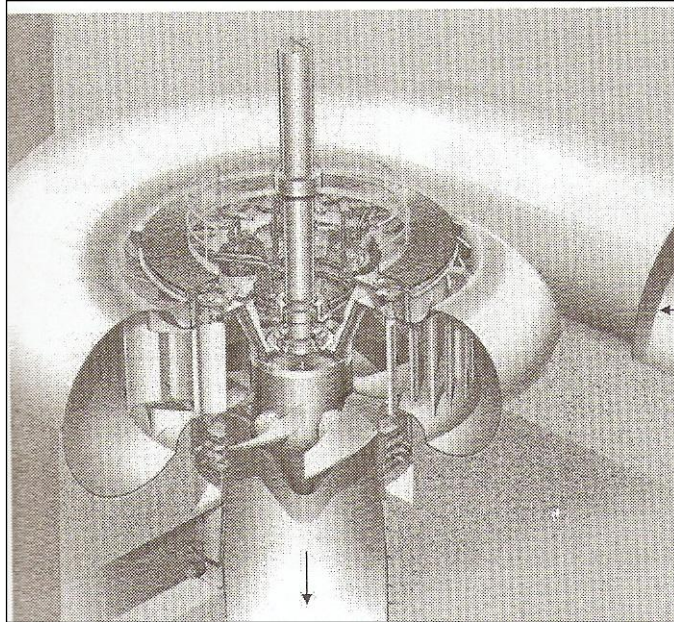
Použitím tepelného čerpadla vzduch-voda se uspořilo cca 60 % nákladů a použitím tepelného čerpadla země-voda pak dokonce 67 % nákladů oproti běžným palivům, nemluvě o ekologickém dopadu.

Na základě celkové analýzy výsledků návrhu a projektu tepelného čerpadla je výhodnější varianta systém vzduch-voda, neboť roční úspora spotřeby energie s TČ země-voda není tak velká, takže i se započítáním ročního nárůstu cen energií o cca 9 %, bude trvat několik let (v horizontu až na hranici životnosti TČ), než se zaplatí vyšší pořizovací cena tepelného čerpadla země-voda. Výhodou tepelných čerpadel systému vzduch-voda je rychlejší návratnost investice ještě před skončením životnosti tepelného čerpadla. S ohledem na značný vývoj technologie vzduchových tepelných čerpadel v posledních letech se tato tepelná čerpadla stávají jednou z ekonomicky nejvýhodnějších a zákazníky oblíbených variant vytápění rodinných domů.

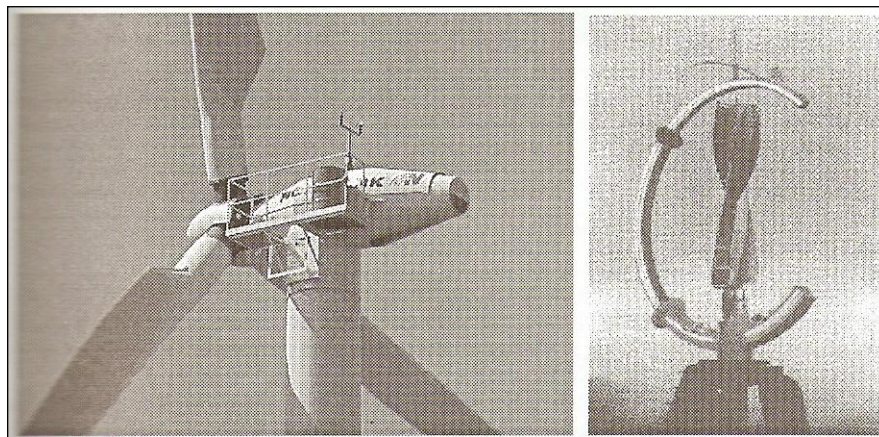
6. Seznam použitých zdrojů

- ALPHA-INOTEC. *Specialista na tepelná čerpadla*. [online]. Verze 4.0 (2010). c1999-2010, poslední změna 2.2.2010. Dostupné z: <http://www.alpha-innotec.de/SEEEMS/4351.asp>
- CROME, H. *Technika využití energie větru. – Svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. vydání. Brno: HEL, 2002. 144 s. ISBN 80-86167-19-4
- GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA Group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8
- KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. 122 s. ISBN 978-80-247-2720-2
- NAVRÁTIL, J. *Domácí kůtil a ... tepelné čerpadlo*. 2. vydání. Olomouc: Navrátil, 153 s. ISBN 80-922244-1-5
- POULEK, V. – LIBRA, M. *Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2
- POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: ČZU, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8
- REGULUS. *Tepelná technika*. [online]. Verze 4.01 (2010). C2002-2010, poslední aktualizace 11.12.2009. Dostupné z : <http://www.regulus.cz>
- SRDEČNÝ, K. *Tepelná čerpadla*. 2. doplněné vydání. ERA Group, 2005. 84 s. ISBN 978-80-7366-089-5
- STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online]. Verze 8.0.9 (2010). C2000-2009, poslední aktualizace 4.2.2010. Dostupné z: <http://www.stiebel-eltron.cz/obnovitelne-zdroje-energie/produkty/index.php>

7. Přílohy



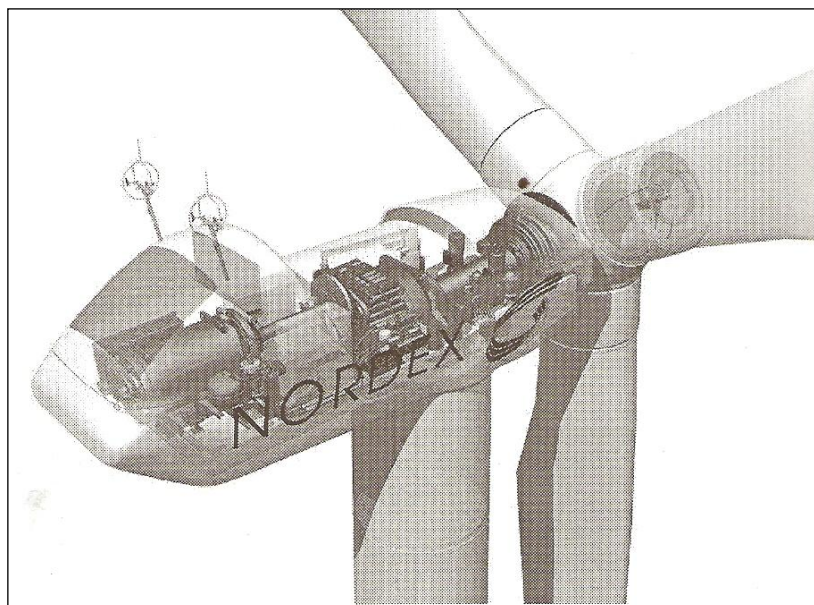
Obr. 3.1 Schéma Kaplanovy turbíny⁴³



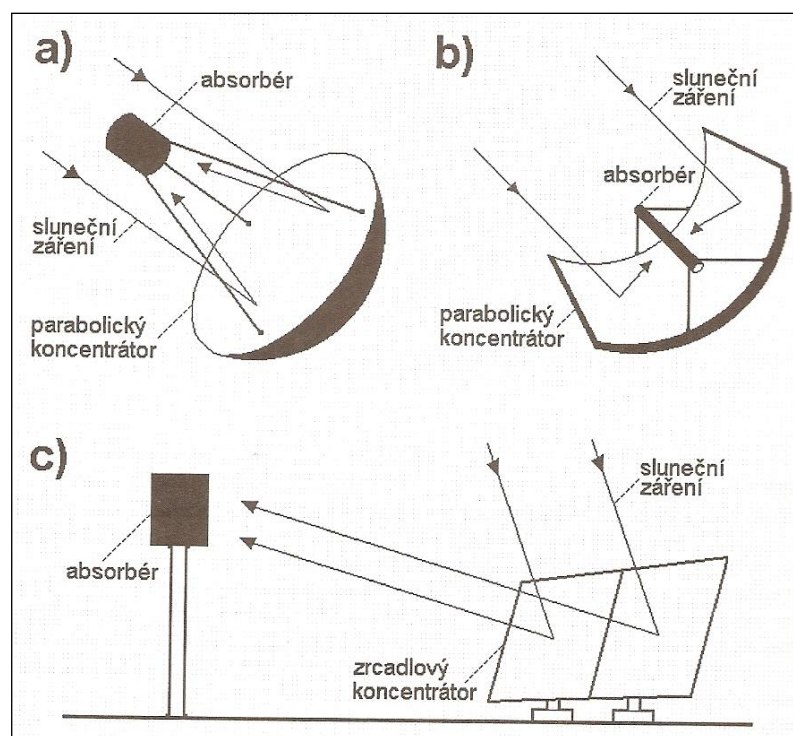
Obr. 3.3 Větrný motor s horizontální a vertikální osou⁴⁴

⁴³ Zdroj: ČEZ, a. s.

⁴⁴ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 47.



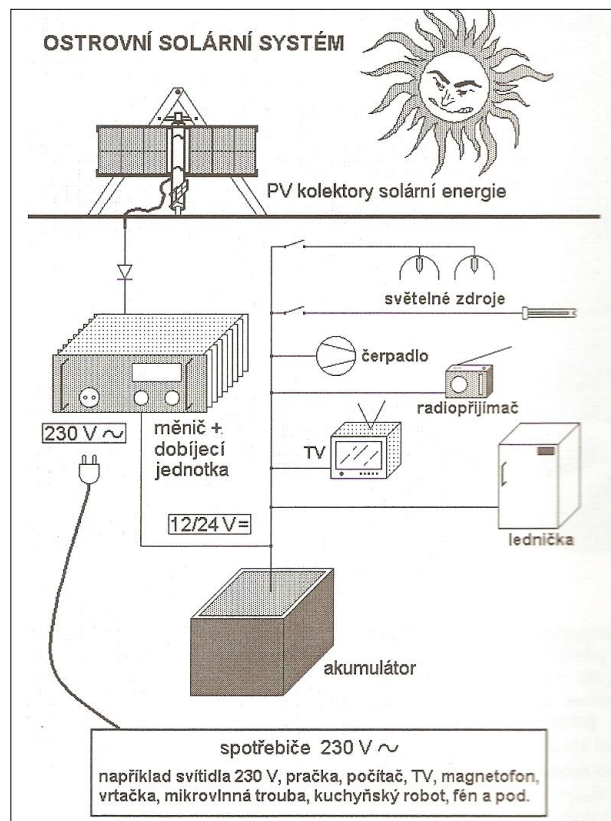
Obr. 3.4 Schéma malé větrné elektrárny s horizontální osou⁴⁵



Obr. 3.6 Princip ohřevu absorbéru koncentrovaným slunečním zářením⁴⁶

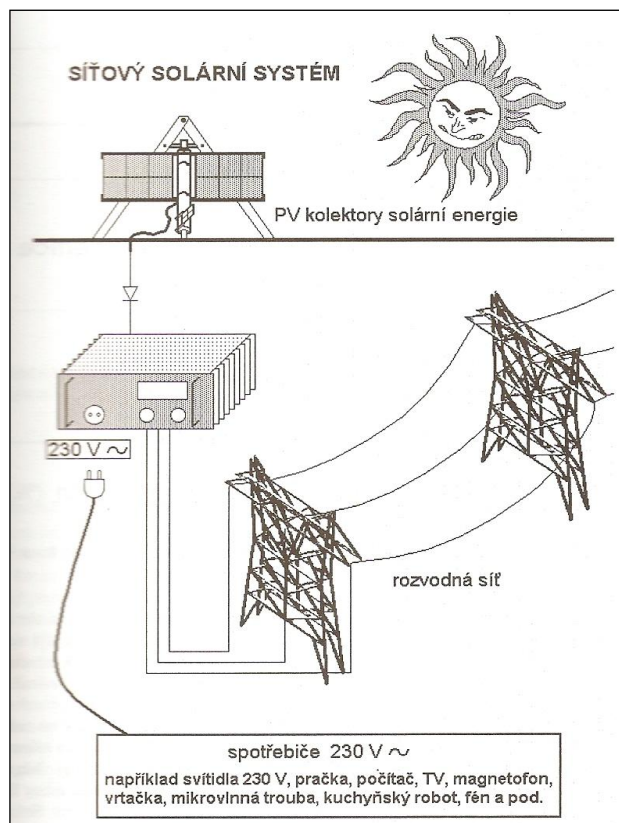
⁴⁵ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8. Kapitola 6: Vodní a větrné elektrárny, s. 48.

⁴⁶ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. *Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA, 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 30.

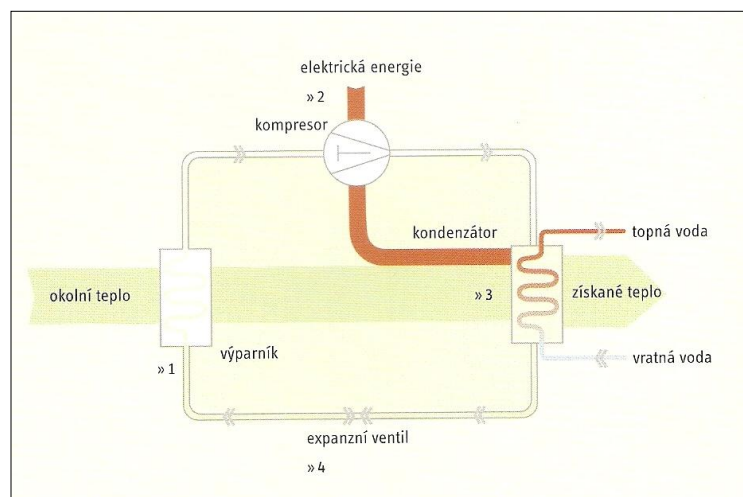


Obr. 3.7 Schéma ostrovního fotovoltaického systému⁴⁷

⁴⁷ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 32.



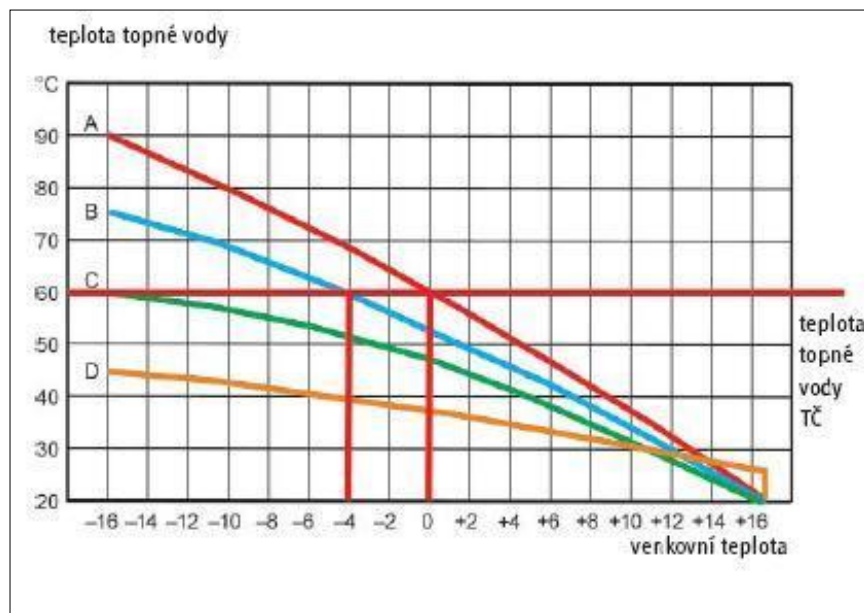
Obr. 3.8 Schéma síťového fotovoltaického systému⁴⁸



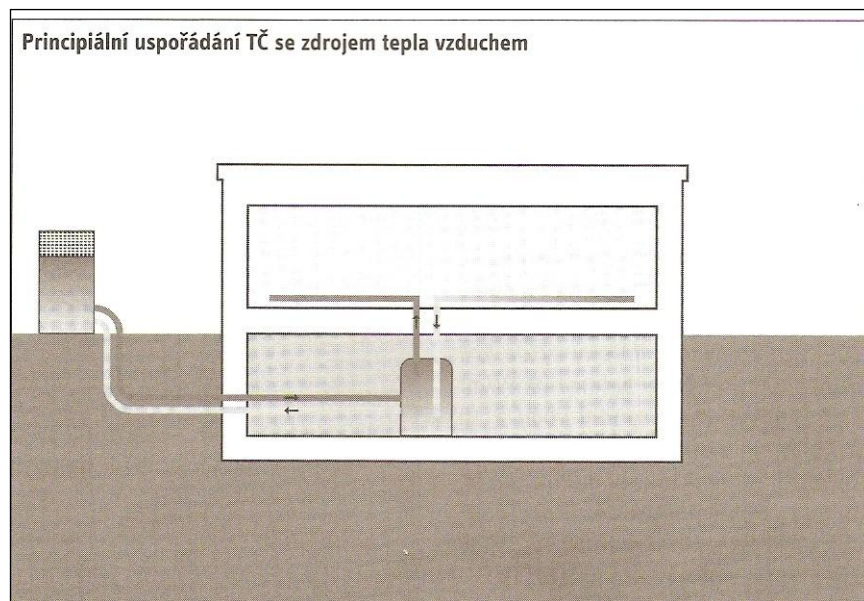
Obr. 3.9 Základní schéma fungování tepelného čerpadla⁴⁹

⁴⁸ Zdroj: POULEK, V. – LIBRA, M. Fotovoltaika – *Teorie i praxe využití solární energie*. 1. vydání. Praha: ILSA. 22009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2. Kapitola 5: Solární elektrárny, s. 33.

⁴⁹ Zdroj: STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online]. [2010-05-28]. [cit 2010-05-31]. Dostupné na http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeltronczechrepublic/koncovizakaznici/prospekty/rz_2101_ste_ee_obnovitelne_zdroje_2009_cz.pdf



Obr. 3.13 Teplota topné vody⁵⁰

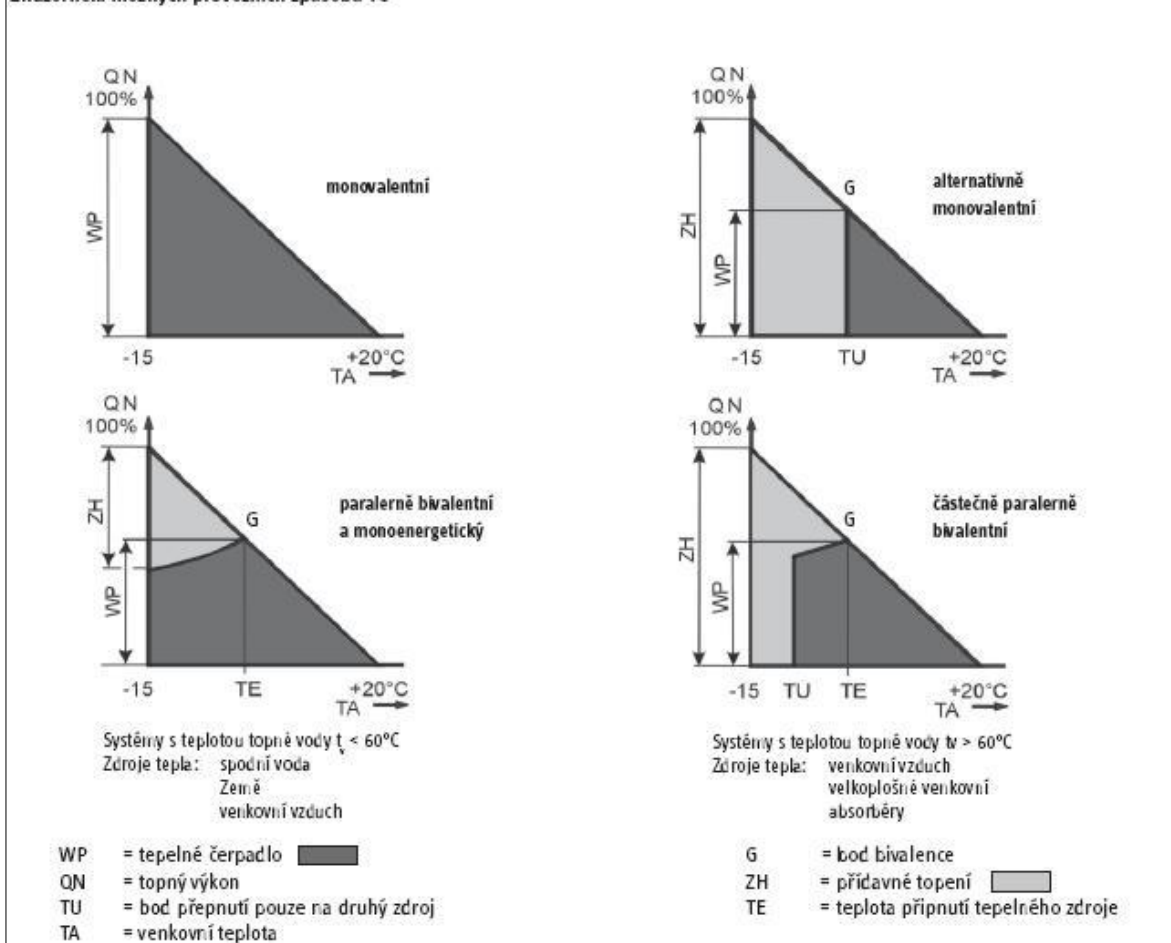


Obr. 3.14 Principiální uspořádání TČ se zdroje tepla vzduchem⁵¹

⁵⁰ Zdroj: STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online].[2010-05-28].[cit 2010-05-31]. Dostupné http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/ig/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformace/technicke_informace_tc_2009_26_05_2009.pdf

⁵¹ Zdroj: STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online].[2010-05-28].[cit 2010-05-31]. Dostupné http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/ig/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformace/technicke_informace_tc_2009_26_05_2009.pdf

Znázornění možných provozních způsobů TČ



Obr. 3.15 Znázornění možných provozních způsobů TČ⁵²

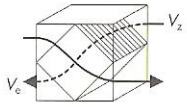
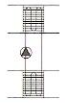
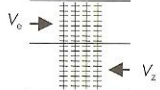
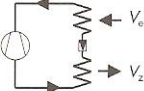
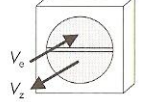
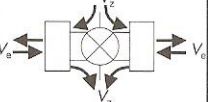
⁵²Zdroj: STIEBEL ELTRON. *Obnovitelné zdroje energie*. [online].[2010-05-28].[cit 2010-05-31]. Dostupné http://www.stiebeltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeltronczechrepublic/odbornipartneri/odborneinformace/technicke_informace_tc_2009_26_05_2009.pdf

Tab. 3.4 Základní případy sestav zařízení variant systémů nuceného větrání⁵³

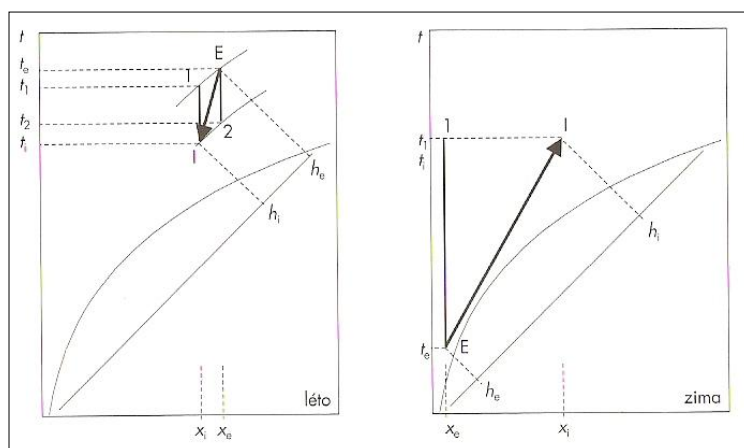
| Systém zařízení | Přívod vzduchu | Odvod vzduchu | Provoz systému | Schéma zařízení ústředního | Schéma zařízení decentrálního |
|---------------------------|----------------|---------------|---|--|-------------------------------|
| Přetlakový $V_p > V_o$ | nucený | přirozený | ventilační $V_p = V_o$ | | |
| | | nucený | kombinovaný $V_p = V_o + V_c$ $V_o > V_z$ | | |
| Podtlakový $V_p < V_o$ | nucený | přirozený | ventilační $V_p = V_o$ | | |
| | | nucený | nucený | kombinovaný $V_p = V_o + V_c$ $V_o < V_z$ | |
| Rovnotlaký $V_p = V_o$ | nucený | nucený | ventilační $V_p = V_o$ | | |
| | | | kombinovaný $V_p = V_o + V_c$ $V_o = V_z$ | | |
| | | | cirkulační $V_p = V_c$ | lze používat jen ve zvláštních případech, nevykresleno | |

⁵³Zdroj: GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8, Kapitola 9: Nucené větrání, s. 137.

Tab. 3.5 Klasifikace systémů ZZT pro vzduchotechniku⁵⁴

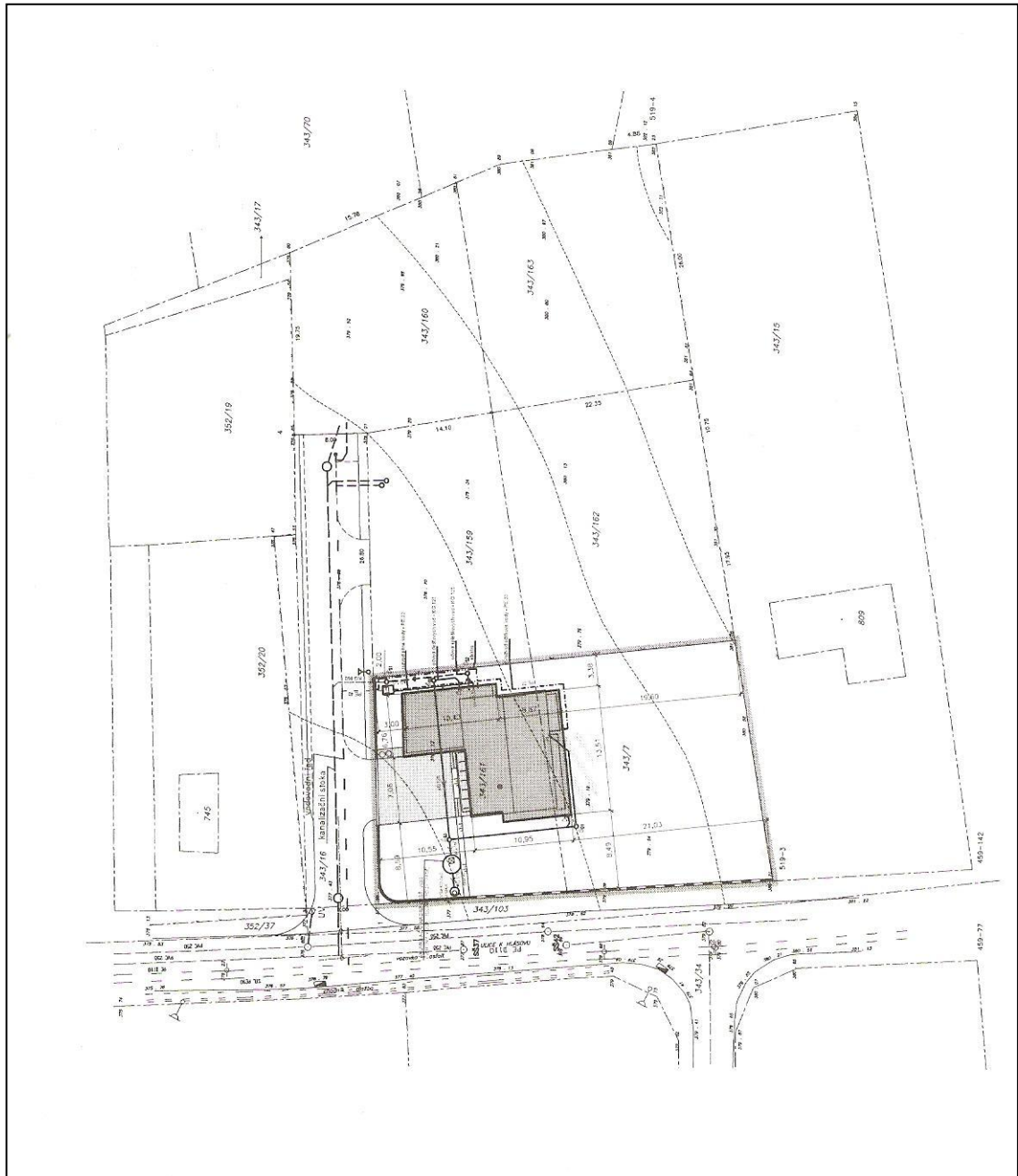
| | Přenos tepla | Způsob výměny tepla | Schéma zařízení | Výměna | |
|----|--------------|--|--|--------|----------------------------------|
| | | | | Teplo | Vodní pára |
| 1. | Rekuperační | Přímá výměna tepla | | | |
| | | a. Deskové výměníky |  | Ano | Dle materiálu teplosměnné plochy |
| | | b. Trubkové výměníky | Obdoba var. a. | Ano | Ne |
| | | Výměna pomocí teplotnosné látky | | | |
| | | c. Lamelové výměníky s kapalinovým okruhem |  | Ano | Ne |
| | | d. Tepelné trubice – volné proudění chladiva |  | Ano | Ne |
| | | e. Tepelná čerpadla – nucené proudění chladiva |  | Ano | Ne |
| 2. | Regenerační | Výměna pomocí teplotnosné látky | | | |
| | | Výměna akumulací hmotou měnící svou polohu, směr proudění je stálý Regenerační výměníky rotační |  | Ano | Ano |
| | | Výměna akumulací hmotou ve stálé poloze se změnou proudění vzduchu Regenerační výměníky přepínací |  | Ano | Ano |

⁵⁴ Zdroj: GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8, Kapitola 12: Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice, s. 171.



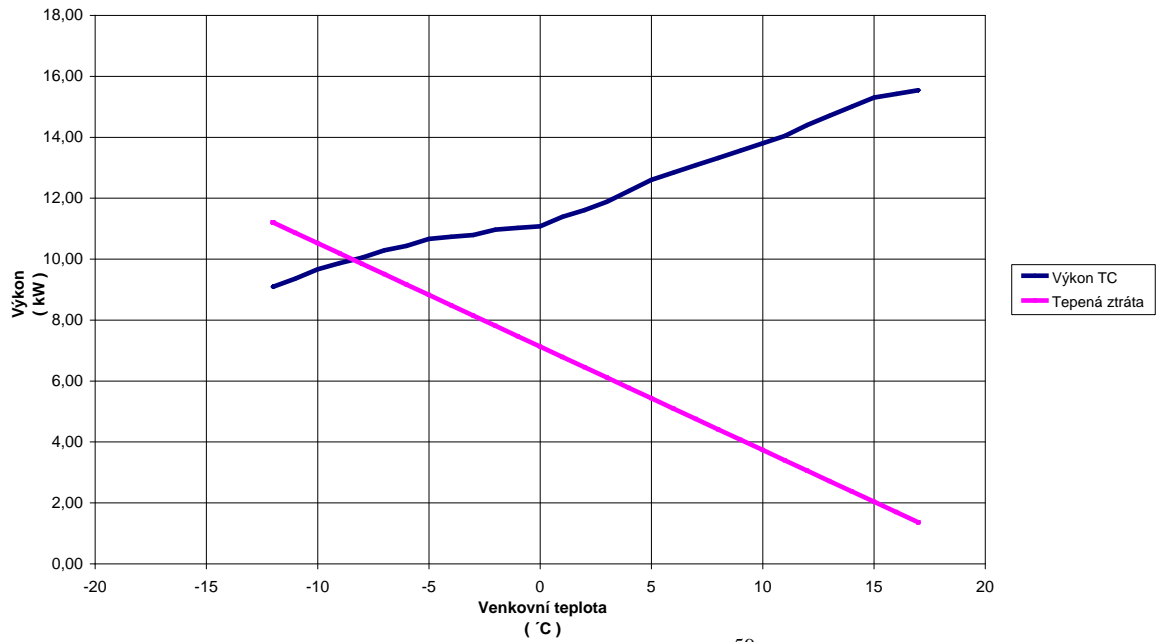
Obr. 3.16 Schéma tepelných výměn systémů ZZT⁵⁵

⁵⁵ Zdroj: GEBAUER, G. – RUBINOVÁ, O. – HORKÁ, H. *Vzduchotechnika*. 2. vydání. Brno: ERA group, spol. s r. o. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8, Kapitola 12: Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice, s. 170.

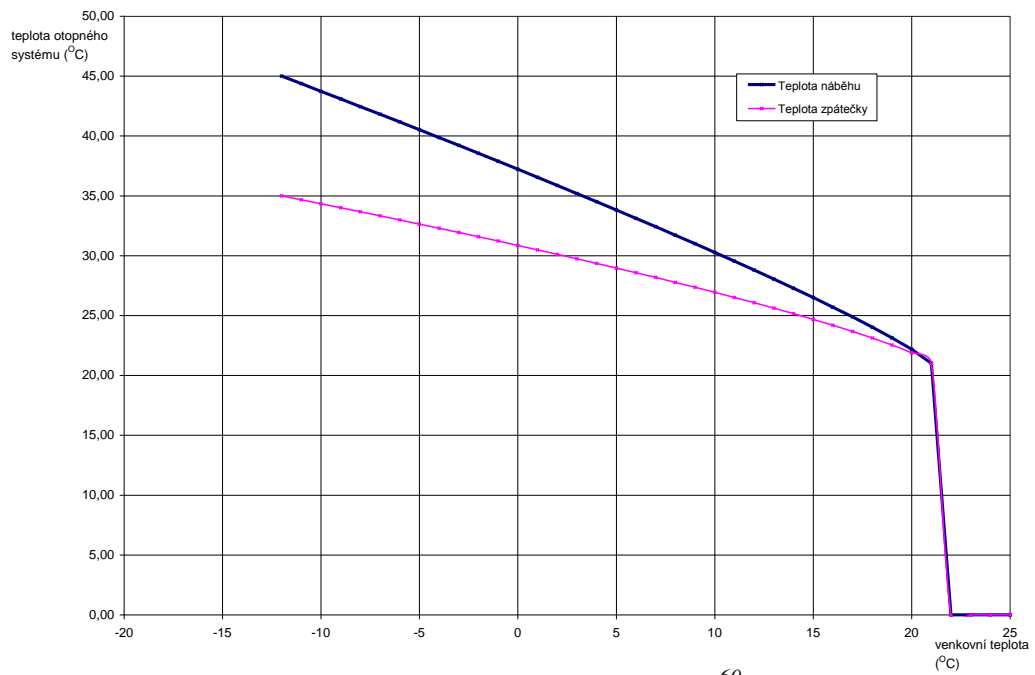


Obr. 4.1 Stavební parcela RD v Dolních Jirčanech⁵⁶

⁵⁶ Zdroj: TopklimaT, s. r. o.



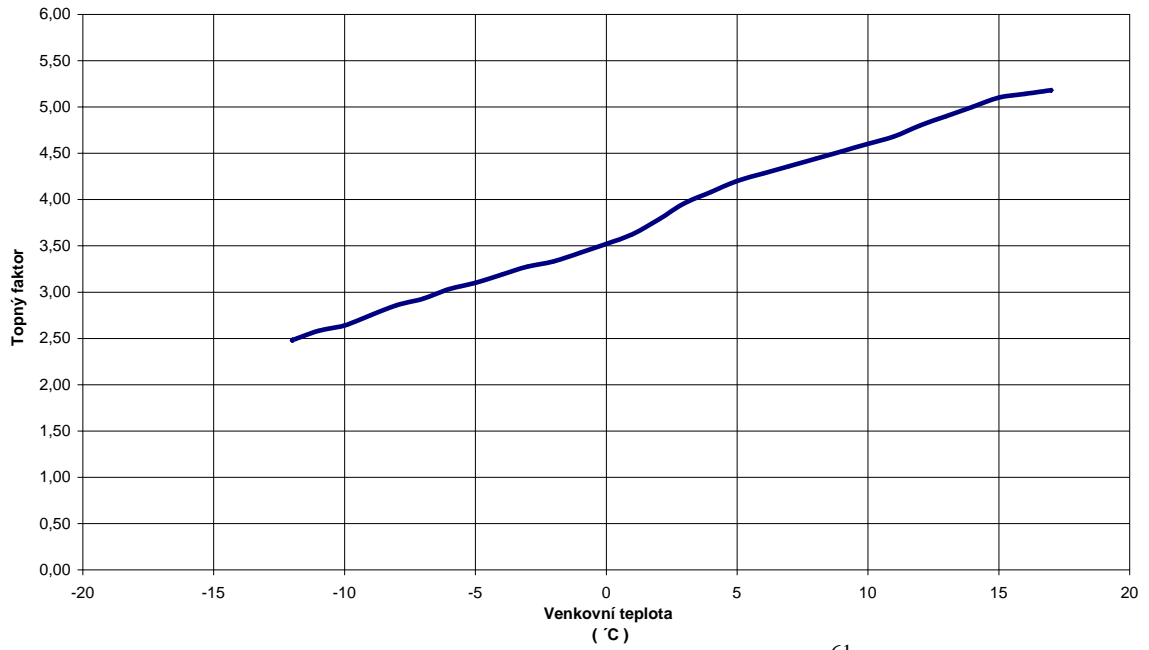
Obr. 4.6 Výkonové křivky⁵⁹



Obr. 4.7 Ekvitermní křivky⁶⁰

⁵⁹ Zdroj: JIŘÍK, 2010

⁶⁰ Zdroj: JIŘÍK, 2010



Obr. 4.8 Topný faktor X venkovní teplota⁶¹

⁶¹ Zdroj: JIŘÍK, 2010