# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA

*Katedra ekonomiky*

Bakalářská práce

# Obnovitelné zdroje energie jako alternativní možnost vytápění rodinného domu


**Vedoucí práce:** Ing. Michal Malý, Ph.D.

**Autor:** Peter Pida



© Praha 2011

**ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Obnovitelné zdroje energie jako alternativní možnost vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatně s využitím zdrojů uvedených v seznamu na konci práce a po odborných konzultacích s

Ing. Michalem Malým, Ph.D.
Doc. Ing. Jaroslavem Švastou, CSc.

V Praze dne 15.3.2011

…….....

Peter Pida

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky

Akademický rok 2009/2010

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Peter Pida**

obor Provoz a ekonomika

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

Název práce: **Obnovitelné zdroje energie jako alternativní možnost vytápění rodinného domu**

## Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše (základní pojmy a úvod do OZE, dotace, energie Slunce, geotermální energie)
4. Výsledky (Ekonomické zhodnocení, komparace solárního systému a tepelného čerpadla, rentabilita investice)
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

1)Petráš D. a kol.; NÍZKOTEPLOTNÍ VYTÁPĚNÍ A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE; 1. vydání; Bratislava : Jaga, 2008; ISBN: 978-80-8076-069-4

2)Karlík R.; TEPELNÉ ČERPADLO PRO VÁŠ DŮM; 1. vydání; Praha : Grada, 2009 ;ISBN 978-80-247-2720-2

3)Motlík, J.; OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE A MOŽNOSTI JEJICH UPLATNĚNÍ V ČESKÉ REPUBLICE; Praha: ČEZ, 2007; ISBN 978-80-7306-283-5

4)ALTERNATIVNÍ ENERGIE (odborní časopis); vydavatel: CEMC- České ekologické manažerské centrum; ISSN 1212-1673

5)VYTÁPĚNÍ VĚTRÁNÍ INSTALACE (odborni časopis); vydavatel:Společnost pro techniku prostředí; ISSN 1210-1389

6)TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV (odborni časopis);vydavatel:Jaga Media s.r.o.; ISSN 1803-4802

Vedouci bakalářské práce: **Ing. Michal Malý, Ph.D.**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011

Vedoucí katedry

Děkan

V Praze dne: 23. 3. 2010

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji především vedoucímu své práce Ing. Michalovi Malému, Ph.D. za vstřícnost a věnovaný čas při poskytování odborných rad při vypracovávání této bakalářské práce.

Děkuji panu Doc. Ing. Jaroslavu Švastovi, CSc. za konzultace ohledně vícekriteriálního rozhodování.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinovi Lučanskému za absolvování bakalářské praxe.

.

# OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE JAKO ALTERNATIVNÍ MOŽNOST VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

## Souhrn

Předmětem této bakalářské práce je problematika obnovitelných zdrojů energie, jako alternativní možnost vytápění rodinného domu. Práce nabídne komplexní ekonomickou analýzu problematiky dvou systémů obnovitelných zdrojů a klasického kotle na tuhé palivo s doporučením, pro jaké přírodní podmínky je který systém vhodnější. Dále se budeme zabývat popisem principu a přiblížením problematiky daných systémů z důvodu zvyšování poptávky po efektivnějším zacházení s energií, které je znásobeno dotační a daňovou politikou státu podporující potenciál využití obnovitelných zdrojů energie. V neposlední řadě je určena také pro zájemce o využití obnovitelných zdrojů energie pro topení a pro možnou realizaci projektu v domě se stávajícím plynovým kotlem s čtyřčlennou rodinou v lokalitě Praha.

**Klíčová slova:** obnovitelné zdroje energie, systém s tepelným čerpadlem, solárně-termický systém, systém s kotlem na tuhé palivo ,vícekriteriální analýza, hodnocení efektivnosti investic.

# RENEWABLE SOURCES OF ENERGY AS AN ALTERNATIVE HEATING POSSIBILITY OF FAMILY HOUSE

## Summary

The bachelor‘s thesis deals with practical use of renewable energy sources as an alternative heating possibility of family house. This work offers comprehensive economic analysis of three systems and recommendation suitability of the system in relation to natural conditions. Furthermore, we describe the principle of approaching the problem of the systems due to increasing demand for more efficient use of energy, which is coupled to the subsidy and tax policy of the state, supporting the potential use of renewable energy sources. Finally, the bachelor‘s work is also intended for those, who are interested in using renewable energy sources for heating and possible implementation for the four family member house with gas boiler situated in Prague.

**Key words:** renewable sources of energy, system with heat-pump, solar-thermal system, system with solid fuel boiler, multi-criteria decision analysis, evaluation of the effectiveness of investments.

# Obsah

**1 Úvod ..... 9**

**2 Cíl práce a metodika ..... 11**

*2.1 Cíl práce* ..... 11

*2.2 Metodika práce* ..... 11

2.1.1 Výběr, odůvodnění a definice kritérií komparace ..... 12

2.1.2 Metody stanovení vah kritérií ..... 16

2.1.3 Metody vícekriteriálního hodnocení variant ..... 18

2.1.4 Metody pro hodnocení efektivnosti investic ..... 19

2.1.5 Předpoklady pro hodnocení investice ..... 22

**3 Literární rešerše ..... 23**

*3.1 Energetická politika a legislativa EU ve vztahu k OZE* ..... 23

3.1.1 Zelená úsporám a dotace na OZE v ČR ..... 23

*3.2 Energie Slunce* ..... 25

3.2.1 Princip funkce a rozdělení solárních systémů ..... 26

3.2.2 Solární historie v ČR ..... 28

*3.3 Energie prostředí* ..... 29

3.3.1 Princip funkce a rozdělení tepelného čerpadla ..... 29

3.3.2 Historie tepelných čerpadel v ČR ..... 32

*3.4 Tepelná ztráta a úspory objektu* ..... 33

**4 Výsledky bakalářské práce ..... 34**

*4.1 Multikriteriální analýza* ..... 34

4.1.1 Popis tří variant technologie pro vytápění ..... 34

4.1.2 Výpočet multikriteriální analýzy ..... 38

4.1.3 Vyhodnocení výsledků multikriteriální analýzy ..... 42

*4.2 Ekonomické zhodnocení investic* ..... 43

**5 Vyhodnocení výsledků ..... 47**

**6 Závěr ..... 48**

**7 Seznam literatury ..... 49**

**8 Přílohy ..... 51**

*8.1 Seznam Tabulek* ..... 56

*8.2 Seznam obrázků a grafů* ..... 57

*8.3 Seznam Zkratek* ..... 58

# 1. Úvod

Můj výběr tématu bakalářské práce ˝Obnovitelné zdroje energie jako alternativní možnost vytápění rodinného domu˝ má své opodstatnění, které pramení z jedinečnosti tohoto oboru. Podle mého názoru je základní myšlenkou aplikace systému perpetuum mobile v praxi. Už samotné využití energie, kterou nemusíme vyrobit a jenom využíváme absorpce nebo transformace na jiný druh, byl a je dokonalým nápadem.

Tato myšlenka se stala předmětem dlouhodobého zkoumání s cílem najít alternativu, která by nahradila nebo alespoň pozdržela hrozbu využití fosilních zdrojů energie. Mezi primární hrozby využití fosilních zdrojů energie bych s určitostí zařadil rostoucí nedostatek limitovaných zdrojů fosilních paliv, s kterým souvisí jejich stále obtížnější získávání. V neposlední řadě jsou zde ekologické dopady, z kterých vyniká globální oteplování, nebo obrovské množství emisí vypuštěné každoročně do ovzduší (smog).

Celoevropská energetika taky čelí zásadnímu problému, který v příštích letech značně prodraží cenu energií. Ten je způsoben ukončením životnosti nebo nesplnění ekologických limitů řady elektráren. Tato zastaralá infrastruktura vyžaduje značné investice a na její rekonstrukci bude potřeba v příštích 20 letech přibližně jeden bilion eur.

Z hlediska bezpečnosti představují velké elektrárny a rozvodné sítě riziko potenciálního terče pro teroristické útoky s cílem oslabení infrastruktury v dané oblasti. Z toho důvodu se snažíme o vyšší míru decentralizace a diverzifikace zdrojů energie, která zabraňuje masivnějšímu dopadu teroristického útoku na zásobování energií.

Už samotný název obnovitelné zdroje energie (OZE) v sobě obsahuje tzv. ekologickou esenci, která významně ovlivňuje lidské chování v naší době, což představuje velikou výhodu oproti konvenčním a neobnovitelným zdrojům, které starost o problematiku země postrádají. V porovnání s fosilními zdroji jsou obnovitelné zdroje energie v souhrnu nejen ekologickým přínosem, který je 100% čistým zdrojem bez produkce jakýchkoli emisí, ale hlavně se tento obor stal výhodnou podnikatelskou příležitostí s masivní ekonomickou podporou státu formou dotací ze Státního fondu životného prostředí. Tato podpora zaplavila Českou republiku hned po vstupu do Evropské unie. Jsme také svědky otevření dalších lákavých možností, a to investic na

kapitálových trzích prostřednictvím cenných papírů společností působících v tomto oboru.

V dnešní době jsme přehlceni možnostmi využití zdrojů, které přináší tzv. zelená energie, a to i pro domácího uživatele s cílem ušetřit nebo přežít v terénu bez zásuvky (fotovoltaické panely na napájení notebooků, telefonů nebo domů) až po podnikatelské subjekty s vidinou větších projektů (elektrárny), které umožňují trhu výhodné nabídky formou tzv. státního výkupu nebo zeleného bonusu. Zelená energie se stala od roku 2008 výhodnou atrakcí pro získání pozoruhodných zisků. Z toho je zřejmé, že kolos OZE potřebuje neustálý výzkum a vývoj nových technologií, které spolu s výrobou, dovozem, skladováním, zprostředkovatelskou činností, návrhem, montáží, údržbou i samotnou likvidací některých částí, vytváří nespočetné množství pracovních příležitostí.

Problematika nízkoteplotního vytápění s použitím obnovitelných zdrojů energie je mimořádně aktuální a v současnosti patří mezi závažná strategická rozhodnutí každého majitele rodinného domu, který má zájem o pozitivní zhodnocení svých investic. Právě systémy zásobování teplem s nízkým energetickým potenciálem využívající energie slunce nebo okolního prostředí představují perspektivní a ekonomicky výhodnou alternativu, kterou jsme schopni implementovat do jakékoli soustavy podlahového, stropního a stěnového vytápění.

# 2 Cíl práce a metodika

## 2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je ekonomické zhodnocení spojené s komparací:

- solárně-termického systému,
- systému tepelného čerpadla,
- a klasického kotle na tuhé palivo.

Následně je nutno posoudit, zda investice do každého z nich představuje ziskovou příležitost, případně navrhnout nejvýhodnější variantu pro vytápění rodinného domu. Ke konečným výsledkům ekonomické výhodnosti či nevýhodnosti jednotlivých variant dospějeme zkoumáním následujících ukazatelů:

- hospodárnosti řešení,
- vyčíslením úspor,
- doby návratnosti investice,
- vnitřního výnosového procenta,
- a koeficientu efektivnosti.

Mezi dílčí cíle, které blíže identifikují, analyzují a kvantifikují klady i zápory jednotlivých systémů a nakonec vyhodnotí danou problematiku, budou řazeny:

- verifikace využitelnosti a životnosti,
- optimalizace praktického použití ovlivněného dotačními instrumenty i daňovou politikou státu,
- zhodnocení ekologické zátěže tří systémů.

Praktická část práce vyústí porovnáním trojice konkrétních systémů od firmy *Junkers* (Solar – Solar paket Vytápění Comfort), *Klima-classic s.r.o* (TČ - Toshiba Estia) a *Dakon* (Kotel - DOR) pomocí metod multikriteriální analýzy.

## 2.2 Metodika práce

Literární rešerše je zaměřena na možné způsoby hodnocení efektivnosti investic a technologické aspekty zdroje solární energie, tepelného čerpadla a kotle na tuhé palivo pro účel vytápění. Údaje spolu s informacemi, které jsou použité v této části práce,

pocházejí z tištěných i online zdrojů a vzhledem k současnému intenzivnímu rozvoji obnovitelných zdrojů energie byly čerpány také další materiály od zkušených odborníků pracujících v této oblasti. Tato kapitola se bude detailně zabývat problematikou OZE, konkrétně solárních systémů a tepelných čerpadel s návazností na státní dotace a pomocí statistik Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky bude zvažována oblast získání finanční dotace pro nové projekty v oblasti teplo z OZE.

Základní úloha bakalářské práce je formulována jako komparace obnovitelných zdrojů s klasickým kotlem. Tato formulace spadá do hodnocení výrobků či služeb, které se porovnávají podle celé řady kritérií a označuje se názvem vícekriteriální rozhodování. Cílem analýzy vicekriteriálních rozhodovacích úloh je řešení konfliktu mezi vzájemně protikladnými kritérii a výběr jedné varianty, která bude podkladem pro konečné rozhodnutí, dále uspořádání variant a v neposlední řadě i klasifikace jednotlivých variant. Je zřejmé, že pro rozhodovatele mohou mít jednotlivá kritéria různou důležitost, kterou je třeba pro použití jednotlivých metod nějakým způsobem kvantifikovat.

### 2.1.1 Výběr, odůvodnění a definice kritérií komparace

Pro stanovení výsledků z komparace tří variant bude použito 10 kritérií, která by měla charakterizovat a vystihnout pro uživatele základní vlastnosti všech systémů. V analýze budou zahrnuta jak kritéria výrobně-technologická, tak i finanční, jako jsou ekonomické ukazatele a dále ostatní, např. výhody obnovitelných zdrojů energie, státní benefity apod. [2.]

***Výběr výrobně-technologických kritérií (K1)***

*K1* - **Produkční výkon** (*v KW)* *K1* - MAX

Produkční výkon je chápán jako produkce jednotky získané energie ze zdroje energie použitého pro vytápění rodinného domu. Je stanoven výrobcem podle základních parametrů každého zařízení.

**Tabulka č.1 Produkční výkon**

| | | K1 |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 10 |
| **TČ** | **V2** | 8 |
| **KOTEL** | **V3** | 19 |

(Zdroj:Autor)

***Výběr finančních kritérií (K2-K8)***

*K2* – **Celkový investiční náklad** *K2* - MIN

Jedno ze základných kritérií každého zájemce jsou pořizovací náklady na investici, které často hrají dosti významnou roli v rozhodovacím procesu.

**Tabulka č..2 Celkový investiční náklad**

| *K1* **(v 1000,-Kč)** | | **ZPC** | **$N_{ri}$** | **$N_p$** | **CIN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 252 | 70 | 5 | 327 |
| **TČ** | **V2** | 216 | 50 | 10 | 276 |
| **KOTEL** | **V3** | 35 | 85 | 6 | 126 |

(Zdroj:Autor)

ZPC - Základní pořizovací cena

$N_{ri}$ - Náklad na realizaci a instalaci (rozvody topné vody/vzduchu, tlakovou a topnou zkoušku)

$N_p$ - Náklad na uvedení zařízení do provozu

CIN - Celkové investiční náklady

*K3* – **Provozní náklady jednoho roku cyklu** *K3* - MIN

Vyjádření nákladů ročního provozu je také důležitým ukazatelem, který charakterizuje pro zjednodušení jen částku nákladů na energii a paliva pro vytápění za jednu topnou sezónu, náklady na služby, údržbu nebo opravu nejsou započítány.

Spotřeba tepla domácnosti rodinného domu je 60GJ.

*Průměrné ceny za vytápění v roce 2011*

- **Dřevo:** 16 500 Kč
- **Uhlí:** 18 000 - 22 500 Kč
- **Pelety:** 22 000 Kč
- **Zemní plyn:** 28 000 Kč
- **Elektřina - tepelné čerpadlo:** 19 000 - 20 000 Kč
- **Elektřina - akumulační kamna:** 42 000 - 43 000 Kč
- **Elektřina - přímotop:** 48 000 - 49 000 Kč

(zdroj: http://www.cenyenergie.cz/nejnovejsi-clanky/ceny-vytapeni-2011-kolik-za-co-zaplatime.aspx)

(15.2.2011)

V1 je kombinací solárně-termického systému se stávajícím plynovým kotlem, kde průměrná cena zemního plynu je 28 tis. Kč a solárně termický systém ušetří 10 % nákladů na vytápění. Cena pro V1 je tedy *25 200,-Kč*

V2 je kombinace systému tepelného čerpadla s elektrickou energií podle sazby D56d pro společnost PRE program KOMFORT TČ 22 činí roční provozní naklad *19 312,-Kč*

(zdroj: http://www.cenyenergie.cz/elektrina/srovnani-elektriny/) (15.2.2011)

V3 systém s kotlem vytápěný levější směsí uhlí 18 tis. Kč a dřevem 16,5 tis. Kč za topnou sezónu. Za cenu pro V3 budeme považovat průměr ceny za uhlí a za dřevo *17 250,- Kč*

**Tabulka č..3 Provozní náklady jednoho roku cyklu**

| | | K3 (v 1 000,-Kč) |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 25,20 |
| **TČ** | **V2** | 19,31 |
| **KOTEL** | **V3** | 17,25 |

*(Zdroj:http://www.cenyenergie.cz/nejnovejsi-clanky/ceny-vytapeni-2011-kolik-za-co-zaplatime.aspx)* (15.2.2011)

*K4* – **Doba životnosti** *K4* - MAX

Indikátor doby životnosti představuje numerické vyjádření konce provozní činnosti celého systému a následnou investici do dalšího systému pro vytápění a ohřev TUV. Pro výpočet stanovení preference variant jsou použity hodnoty výrobce.

**Tabulka č..4 Doba životnosti**

| | | K4 (Rok) |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 25 |
| **TČ** | **V2** | 20 |
| **KOTEL** | **V3** | 30 |

(Zdroj:Autor)

*K5* – **Koeficient efektivnosti** investice *K5* - MAX

Je podstatným ukazatelem hodnocení efektivnosti investice k referenční investici. V našem případě bude vyjádřen pomocí vztahu mezi peněžními příjmy (vzniknou rozdílem provozních nákladů na referenční investici a nákladů na danou variantu), k rozdílu celkových nákladů, které její pořízení a provoz stojí. Pro výpočet stanovení preference variant jsou použity statistické hodnoty, ekonomická část pak stanoví přesný výpočet hodnoty koeficientu efektivnosti každé varianty řešení.

**Tabulka č..5 Koeficient efektivnosti**

| | | K5 |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 0,5 |
| **TČ** | **V2** | 0,7 |
| **KOTEL** | **V3** | 1,0 |

(Zdroj:Autor)

*K6* – **Doba návratnosti** *K6* - MIN

Dalším představitelem hodnocení efektivnosti investice je doba, kdy se investice splatí, neboli stupeň likvidity investice a představuje rychlost jakou se investice přemění zpět do peněžní formy. Pro výpočet stanovení preference variant jsou použity hodnoty výrobce, ekonomická část pak stanoví přesný výpočet hodnoty doby návratnosti každé varianty řešení z referenční varianty.

**Tabulka č..6 Doba návratnosti**

| | | K6 (Rok) |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 15 |
| **TČ** | **V2** | 7 |
| **KOTEL** | **V3** | 3 |

(Zdroj:Autor)

*K7* – **Cena jednotky energie** *K7* - MIN

Jak už víme, tato veličina nám rapidně ovlivní výběr jakékoli varianty a z toho důvodu je také součástí mého výběru kritérií. Je stanovena podle ceny za energii pro rok 2011. *Pro* V2 cena elektrické energie PRE Komfort TČ22 pro distribuční sazbu D56d ve vysokém tarifu činí 1,8864 Kč a nízkém tarifu činí 1,614 Kč. Pro zjednodušení budeme počítat s průměrem vysokého a nízkého tarifu tzn. cena za kWh elektrické energie s tepelným čerpadlem činí *1,75* Kč.

*(Zdroj: http://www.pre.cz/domacnosti/produkty-a-ceny/ceny-2011/komfort-tc-22.html)* (15.2.2011).

Pro V1 a V3 Cena tepelné energie vyrobené z uhlí a plynu

*(Zdroj:http://www.cenyenergie.cz/nejnovejsi-clanky/ceny-tepla-2011-za-gj-tepla-zaplatime-v-prumeru-530-kc.aspx)* (15.2.2011)

**Tabulka č.7 Cena jednotky energie**

| | | | K7 (cena Kč/KWh) |
|---|---|---|---|
| **SOLAR** | **(kombinace s plynovým doohřevem)** | **V1** | 2,17 |
| **TČ** | **(kombinace s ele. E)** | **V2** | 1,75 |
| **KOTEL** | **(uhlí a dřevo)** | **V3** | 1,65 |

(Zdroj:Autor)

*K8* – **Dotační + systémové podpory** *K8* - MAX

Opodstatněným kritériem bakalářské práce jsou i exogenní státní finanční zdroje které urychlují návratnost investice do peněžní podoby. Použité hodnoty představují sumy, které prezentuje program Zelená úsporám.

**Tabulka č..8 Dotační + systémový podpory**

| | | K8 (v 10 000,-Kč) |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 8 |
| **TČ** | **V2** | 5 |
| **KOTEL** | **V3** | 0 |

(Zdroj:Autor)

***Výběr ostatních kritérií (K9-K10)***

*K9* – **Hodnocení celkového přenosového efektu OZE** *K9* - MAX

Celá práce se zabývá problematikou obnovitelných zdrojů energie a proto je i hodnocení celkového přenosového efektu OZE kardinálním kritériem, které vyjadřuje vztah k ekologii a využití alternativního nefosilního zdroje. Vychází ze statistických údajů od odborníků v oboru, a pro stanovení reálné hodnoty je použita metoda škálování pro pěti stupňovou škálu (1,3,5,7,9). Stanovení průměrné hodnoty 5 pro variantu 3 – Kotel je odůvodněno spalováním jakéhokoli alternativního zdroje po

úpravě, který je téměř ekologicky čistý a jde pouze o zdroj CO2 nikoli CO, který neobsahuje žádnou síru a je adaptovatelný v rámci asimilace uhlíku.

**Tabulka č..9 Hodnocení celkového přenosového efektu OZE**

| | | K9 |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 7 |
| **TČ** | **V2** | 9 |
| **KOTEL** | **V3** | 5 |

(Zdroj:Autor)

*K10* – **Míra spolehlivosti provozu** *K10* - MAX

Představuje procentuální vyjádření spolehlivosti provozu. Je závislá na počasí, tj. teplota, oblačnost a bude vycházet ze statistických údajů. Je stanovena na základě statistických údajů.

**Tabulka č..10 Míra spolehlivosti provozu**

| | | K10 (v %) |
|---|---|---|
| **SOLAR** | **V1** | 0,65 |
| **TČ** | **V2** | 0,85 |
| **KOTEL** | **V3** | 0,95 |

(Zdroj:Autor)

## 2.1.2 Metody stanovení vah kritérií

Kvantifikované vyjádření důležitosti jednotlivých kritérií se označuje jako váhy kritérií. [2.]

• *rozhodovatel nemůže určit preference*

v případe, že rozhodovatel není schopen rozlišit důležitost jednotlivých kritérií, všem kritériím je přiřazena stejná váha. [19.]

• *rozhodovatel má ordinální informaci o kritériích*

v takovém případě je rozhodovatel schopen určit pořadí důležitosti kritérií. Mezi metody vyžadující ordinální informaci o kritériích patří *metoda pořadí* a *Fullerova metoda*. [19.]

• *rozhodovatel má kardinální informace o kritériích*

Rozhodovatel zná nejen pořadí, ale i rozestupy v pořadí preferencí mezi jednotlivými kritérii. Mezi metody založené na tomto principu patří *bodovací metoda* a *Saatyho metoda*. [19.]

- *Fullerova metoda* (Párové porovnání)– srovnává navzájem vždy dvě kritéria, o kterých snáze rozhodne, které je důležitější. Jednou z možností vyhodnocení těchto srovnání je tzv. Fullerův trojúhelník, který je tvořen dvojřádky, v nichž každá dvojice kritérií se vyskytuje právě jednou. Pro

kritérium $K_j$ představuje počet zakroužkovaných čísel $j$ počet jeho preferencí, který označíme $f_j$ . Protože při počtu kritérií n je počet párových srovnání roven kombinačnímu číslu $\binom{n}{2}$, tj. pro normovanou váhu kritéria *Kj* platí vztah [19.]:

$$w_j = \frac{f_j}{\frac{n(n-1)}{2}}, j = 1,2,...,n \qquad (2)$$

- *Saatyho metoda* (metoda kvantitativního párového srovnání) – rozpracovanější postup odhadu vah kritérií, kde rozhodovatel porovnává všechny možné dvojice kritérií podobně jako u Fullerova trojúhelníku. Stupněm důležitosti jednoho kritéria před druhým rozhodovatel vyjadřuje velikost preferencí v celočíselné stupnici 1 až 9, kde hodnota 1 odpovídá tomu, že dvojice kritérií má stejnou důležitost, hodnota 9 tomu, že důležitost jednoho kritéria absolutně převyšuje důležitost kritéria druhého. [2.] Velikost preferencí *i*-tého kritéria proti *j*-tému se uspořádají do Saatyho matice *S*. Saaty navrhl početně jednoduchý způsob, jak spočítat váhy. Řešením je normalizovaný geometrický průměr řádků matice *S* [19.]:

$$w_i = \frac{\left[\prod_{j=1}^{n} s_{ij}\right]^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^{n}\left[\prod_{j=1}^{n} s_{kj}\right]^{\frac{1}{n}}}, i = 1,2,...,n. \qquad (3)$$

### 2.1.3 Metody vícekriteriálního hodnocení variant

- *Metoda AGREPREF* – vychází z předpokladu, kdy hledáme minimální vzdálenost dané varianty od ideální varianty. Ideální variantou je varianta, pro kterou všechny hodnoty kritérií dosahují nejlepších hodnot. Cílem postupu je získat výslednou preferenční relaci *R = (P, I, N)* (P- relace preference, I - relace indiference, N - relace nesrovnatelnosti*)* podle které je možné varianty uspořádat. [21.]
- *Metoda váženého součtu* (*WSA*)– je založena na výpočtu tzv. funkce užitku pro každou variantu, kde její funkční hodnoty leží v intervalu od 0 do 1 a

čím je hodnota vyšší, tím je varianta výhodnější. Je jednou z nejpoužívanějších metod, která pracuje pouze s lineární funkcí užitku. [22.]

- *Metoda TOPSIS* – je založena na výběru varianty, která je nejblíže k ideální variantě a nejdále od bazální varianty. Metoda odhalí kompromisní variantu a zároveň poskytne úplné uspořádání variant. Varianta, která dosáhne nejvyšší hodnotu relativního ukazatele je pak vybrána za kompromisní variantu, přičemž zbývající varianty se seřadí sestupně pro úplné uspořádání. [22.]
- *Metoda ORESTE* – je založena na znalosti ordinální informace o kritériích (uspořádání) a informaci o pořadí variant vzhledem k jednotlivým kriteriím. Kritéria se musí uspořádat dle důležitosti a také varianty se musí uspořádat podle všech kritérií. Výpočet má dvě části, nejprve vypočítáme vzdálenost variant od fiktivního počátku u každého kritéria a na základě takto získaných hodnot vzdálenosti varianty seřadíme. Druhá část výpočtu vychází z preferenční analýzy, kde provádíme pro každou dvojici variant testy preference, indiference a nesrovnatelnosti. [22.]
- *Metoda PROMETHEE* – základem těchto metod je párové porovnání variant, postupně z hlediska všech kritérií. Výsledkem je vyjádření intenzity preference mezi dvojicemi variant při hodnocení z hlediska všech kritérií. [21.]
- *Metoda MAPPAC* – spočívá v párovém porovnání variant z hlediska každé dvojice dílčích kritérií. Pro aplikaci této metody je důležité znát váhový vektor a normalizovanou kriteriální matici. Během výpočtu se zadávají prahové hodnoty. [22.]

Pro výpočet multikriteriální analýzy byl použit program MCAKOSA. Je to softwarový modul pro podporu rozhodování, jehož součástí je soubor metod pro vícekriteriální analýzu variant. Zahrnuty jsou metody: AGREPREF, Váženého součtu, TOPSIS, ORESTE, MPPAC, ELECTRE I.

### 2.1.4 Metody pro hodnocení efektivnosti investic

Investice představuje jednorázově vynaložené zdroje (peníze), které budou přinášet peněžní příjmy během delšího budoucího období. Platí tedy, že ten kdo investuje (investor), obětuje svůj současný důchod (současné užitky, úspory) za příslib budoucího důchodu (budoucích užitků, budoucích výnosů) s cílem dosáhnout zisk. [5.]

Respektování základního a dílčích finančních cílů subjektu (podnik, stát, jednotlivec) v investičním rozhodování znamená, že investor musí na každou investiční příležitost nahlížet z několika pohledů, které jsou označovány jako tzv. magický trojúhelník investování [1.]:

- *výnosnost*, tj. vztah mezi výnosy (přesněji čistými peněžními příjmy, tj. cash flow), které investice za celou dobu své existence přinese, a náklady, které její pořízení a provoz stojí, [5.]
- *rizikovost*, tj. stupeň nebezpečí, že nebude dosaženo očekávaných výnosů, [5.]
- *doba splacení* (tzv. stupeň likvidity investice), tj. doba (rychlost) přeměny investice zpět do peněžní formy. [5.]

Jako elementární metody finanční analýzy pro hodnocení efektivnosti investic budou použity metody sloužící k vyjádření vývoje a struktury sledovaných veličin, které patří do skupiny poměrových ukazatelů [5.]:

- *Cash-Flow* (roční výnos) - je charakterizován jako úspory, tj. rozdíl vzniklých ročních nákladů za energii mezi referenční investicí a daných variant, které vyplývají z upravené energetické bilance. V případě vniku dalších provozních nákladů v průběhu provozní doby je nutno provést korekci pro upřesnění výsledků.

- *Diskontní sazba* - je úroková míra, za níž umožňuje Česká národní banka uložit obchodním bankám volné prostředky. Je jedním z nástrojů měnové politiky sloužícím pro regulaci měnové báze. Pro práci je použita hodnota diskontní sazby 0,25 % stanovená Českou národní bankou platná od 7.8.2009.

(zdroj: http://www.kodap.cz/cz/prehledy/vyvoj-diskontni-sazby-cnb.html) (15.2.2011)

- *Koeficient efektivnosti ($k_{ef}$)* - slouží pro porovnání výhodnosti investice pomocí provozních a celkových investičních nákladů referenční investice *A* a investice do jiné varianty *B.* [5.]

$$k_{ef} = \frac{N_p(A) - N_p(B)}{N_j(B) - N_j(A)}, \tag{10}$$

$N_p$ - provozní náklady,

$N_j$ – jednorázové náklady

*A, B* – investiční varianty

- *Doba návratnosti* investičního projektu - je doba, za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice zajistí, zjednodušeně ze zisků po zdanění a odpisu. Čím je kratší doba návratnosti, tím je investice hodnocena příznivěji. Návratnost je dána tím rokem životnosti investičního projektu, v němž platí požadovaná rovnost. K výpočtu hodnoty doby návratnosti bude použita doba návratnosti dodatečných investičních nákladů $d_n$ .[5.]

$$d_n = \frac{1}{k_{ef}} = \frac{N_j(B) - N_j(A)}{N_p(A) - N_p(B)}, \tag{11}$$

- *Diskontovaná doba návratnosti* (reálná $DN_D$) - výpočet se provádí podobně jako u prosté doby návratnosti s jedním rozdílem, a to tak, že výpočet je proveden pomocí diskontovaného, neboli reálného Cash-Flow. Tato metoda podává lepší představu o tom, jak dlouho jsou zdroje k investici vázány. [23.]

$$DN_D = \frac{IN}{DCF}, \tag{12}$$

*IN* – investiční náklady

*DCF* – diskontovaný roční Cash - Flow projektu

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^T}, \tag{13}$$

*r* - diskont,

*T* – rok, ke kterému se DCF počítá

*Dynamické ukazatele* - použití dynamických ukazatelů ekonomické efektivnosti investičních opatření vede k objektivnějším výsledkům. Metody uvažují konkrétní rozložení efektů na časové ose. Zohledňují proměnlivou hodnotu peněz v čase a pracují s peněžně vyjádřenými efekty (Cash - Flow). Mezi dynamické ukazatele efektivnosti, které budou aplikovány pro hodnocení, je metoda čisté současné hodnoty (NPV) a metoda pro výpočet vnitřního výnosového procenta (IRR). [23.]

- *Metoda čisté současné hodnoty (NPV)* - představuje rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných příjmů (cash-flow) a náklady na investici. Metoda NPV zohledňuje nejen výši příjmů a výdajů, ale i jejich časové rozložení během určité doby. Je-li čistá současná hodnota investice kladná, investici můžeme přijmout, zatímco projekty s negativní čistou současnou hodnotou se považují za nevýhodné. Výhodnější varianta investic je ta, která má vyšší hodnotu NPV. [5.]

$$NPV = PVCF - IN = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN, \tag{14}$$

*PVCF* – současná hodnota Cash - Flow (výnosů z investice)
*k* – kapitálové náklady na investici
*t* – období (1 až n)
*n* – doba životnosti investice

- *Metoda vnitřního výnosového procenta (IRR)* - je založena na koncepci současné hodnoty. Spočívá v nalezení diskontní míry, při které současná hodnota očekávaných výnosů z investice (cash- flow) se rovná současné hodnotě výdajů na investici z čehož vyplývá, že čistá současná hodnota se rovná 0. Vnitřní výnosové procento vyjadřuje úroveň rentability (návratnosti) uvažované investice. Je-li IRR větší než diskontní míra zahrnující riziko, je projekt i přes své riziko přijatelný. Je-li celá investice na úvěr, mělo by být IRR vyšší, než úroková míra. [5.]

$$\begin{aligned} &PVCF = CIN, \\ &\sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+k)^t} = CIN, \\ &PVCF - CIN = 0, \end{aligned} \tag{15}$$

### 2.1.5 Předpoklady pro hodnocení investice

1. Celkové investiční náklady (CIN) jsou součtem nákladů pořizovacích, nákladů na realizaci, instalaci a nákladů na uvedení zařízení do provozu. V konečném výsledku jsou CIN uváděny včetně DPH. Do hodnocení CIN nebyly započítány náklady na pravidelnou údržbu a opravu jednotlivých otopných soustav.
2. Ceny jsou stanoveny z katalogů od jednotlivých výrobců zařízení, popřípadě velkoobchodů s tepelnou technikou.
3. Provozní náklady jednoho roku cyklu jsou součtem cen za potřebu tepla pro vytápění (60GJ) pro čtyř-člennou rodinu s ohledem na tepelné ztráty rodinného domu, a cen energií pro pohon čerpadel a ventilátorů. Ceny za potřebu tepla jsou v konečném výsledku uváděny s DPH.

Investice jsou hodnoceny vždy k určité referenční investici (systému vytápění). Její výběr je proveden v závislosti na výši jejích investičních (pořizovacích) nákladů. Za referenční je zvolena ta, která má tyto náklady z hodnocených investic nejnižší. [23.]

Čistá současná hodnota (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR) jsou vyjádřeny pouze na období 15 let. Důvodem je průměrná životnost zařízení, která nebývá delší než uvažovaných 15 let. [23.]

# 3 Literární rešerše

## 3.1 Energetická politika a legislativa EU ve vztahu k OZE

Současná energetická politika Evropské unie je sice stanovena na komunikační úrovni, nicméně podstatná část pravomocí nadále zůstává v rukou členských států, na rozdíl např. od zemědělské či obchodní politiky. Prvotním cílem evropské energetické politiky je zajistit stabilní dodávky energie a současně spotřebitelům poskytnout možnost nakupovat elektrickou energii, plyn či pohonné hmoty za dostupné ceny, a to vše při respektování ochrany životního prostředí. Energetika je jako jeden z klíčových sektorů evropské ekonomiky životně důležitá pro konkurenceschopnost, pro naplňování závazků vyplývajících z Kjótského protokolu a významná je rovněž i z hlediska zajištění evropské bezpečnosti. Tyto tři základní body se objevují ve všech úvahách o evropské energetické politice. [3.]

Politické dokumenty EU obsahují hodnocení dosavadního stavu, politické cíle, záměry a plány aktivit EU a jsou formulovány v tzv. Zelených a Bílých knihách nebo v tzv. komunikačních dokumentech. [3.]

### 3.1.1 Zelená úsporám a dotace na OZE v ČR

Program Zelená úsporám je zaměřen na podporu instalací zdrojů na vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie, ale také investic do energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách. V Programu bude podporováno kvalitní zateplování rodinných domů a bytových domů, náhrada neekologického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace těchto zdrojů do nízkoenergetických novostaveb a také výstavba v pasivním energetickém standardu. [17.]

**Výše podpory pro rodinné domy:**

**a) C.1, C.2 - Výměna neekologického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb**

V oblasti C.1 program Zelená úsporám podporuje výměnu stávajících neekologických zdrojů vytápění (kotle na uhlí a kapalná fosilní paliva, elektřina) za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla. V oblasti C.2 podporuje program Zelená úsporám instalaci nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb. [17.]

**Tabulka č.11: Výše podpory v oblasti C.1 a C.2**

| *Podporované opatření* | *Výše podpory* |
|---|---|
| C.1 - Výměna neekologického zdroje vytápění za tepelné čerpadlo vzduch - voda<br><br>C.2 - Instalace tepelného čerpadla vzduch-voda do novostaveb | **50 000 Kč** |

(Zdroj: http://www.zelenausporam.cz ) (20.4.2010)

## b) C.3.2 - Instalace solárně-termických kolektorů pro přípravu teplé vody a přitápění

**Tabulka č.12: Výše podpory v oblasti C.3.2**

| *Podporované opatření* | *Výše podpory* |
|---|---|
| C.3.2 - Solární systémy pro přípravu teplé vody a přitápění | **80 000 Kč** |

(Zdroj: http://www.zelenausporam.cz ) (20.4.2010)

Program Zelená úsporám podporuje také zpracování projektů a výpočtů nezbytných pro realizaci opatření. O tuto podporu se žádá současně s žádostí o investiční podporu. Tato podpora je podmíněna schválením žádosti o podporu investiční akce. [17.]

**Tabulka č.13: Výše podpory v oblasti C.3.2 pro zpracování projektů a výpočtů nezbytných pro realizaci opatření**

| | |
|---|---|
| C.3.2 - Podpora na výpočet měrné roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody | **10 000 Kč** |
| C.3.2 - Podpora na projekt na kontrolu správnosti provedení opatření | **5 000 Kč** |

(Zdroj: http://www.zelenausporam.cz ) (20.4.2010)

Vzhledem ke stoupajícím cenám energie a zmenšujícím se zásobám surovin se stává energetická efektivita zásadním tématem. Česká republika bohužel patří v celoevropském srovnání k těm zemím, které energií plýtvají nejvíce. Ke změně

situace má přispět např. program zelená úsporám ale i Česko-německá obchodní a průmyslová komora, pro kterou je energetická efektivita jedním ze stěžejných témat. Nevyužitý potenciál energetických úspor se nachází v sektoru budov a bezesporu i v průmyslu, kde se energetická efektivita prosazuje jen velmi pomalu. Další problémy souvisí s malou podporou státu a se zastaralými pracovními postupy, které nedostatečně motivují nejenom klienty ale i firmy.[8.]

## 3.2 Energie Slunce

Za připomínku stojí, že na obloze září už pět miliard let Slunce, přirozený termonukleární reaktor, naprosto bezpečný, bez radioaktivity, který Zemi dává deset tisíckrát více energie než budou potřebovat všichni pozemšťané dohromady. Vzhledem ke svému obrovskému potenciálu v přirozeném stavu a svým kvalitativním vlastnostem představuje alternativní nevyčerpatelný zdroj vhodný i z ekonomického hlediska. [11.]

Roční příkon sluneční energie se v podmínkách ČR pohybuje od 1 000 do 1 250 kWh/m$^2$ za rok, v podílu za období duben/říjen cca 75 % a říjen/duben cca 25 % energie. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou je však nutné odečíst 5 – 10 %, někdy až 15 – 20 % globálního slunečního záření. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 m n. m. lze naopak počítat s 5 % nárůstem globálního záření. [12.]

Například v Praze je to celkem 1 060 kWh/m$^2$ za rok. [11.]

Teplo Slunečního záření se mění v teplo procesem nazývaným absorpce záření, které v probíhá jednak na povrchu Země (asi polovina dopadající energie), jednak v atmosféře (asi pětina dopadající energie). Pro naši potřebu získáváme sluneční teplo v různých zařízeních: ve sklenících, slunečních kolektorech, slunečních pecích, slunečních sušičkách, slunečních domech, slunečních vařičích, destilátorech atd. [11.]

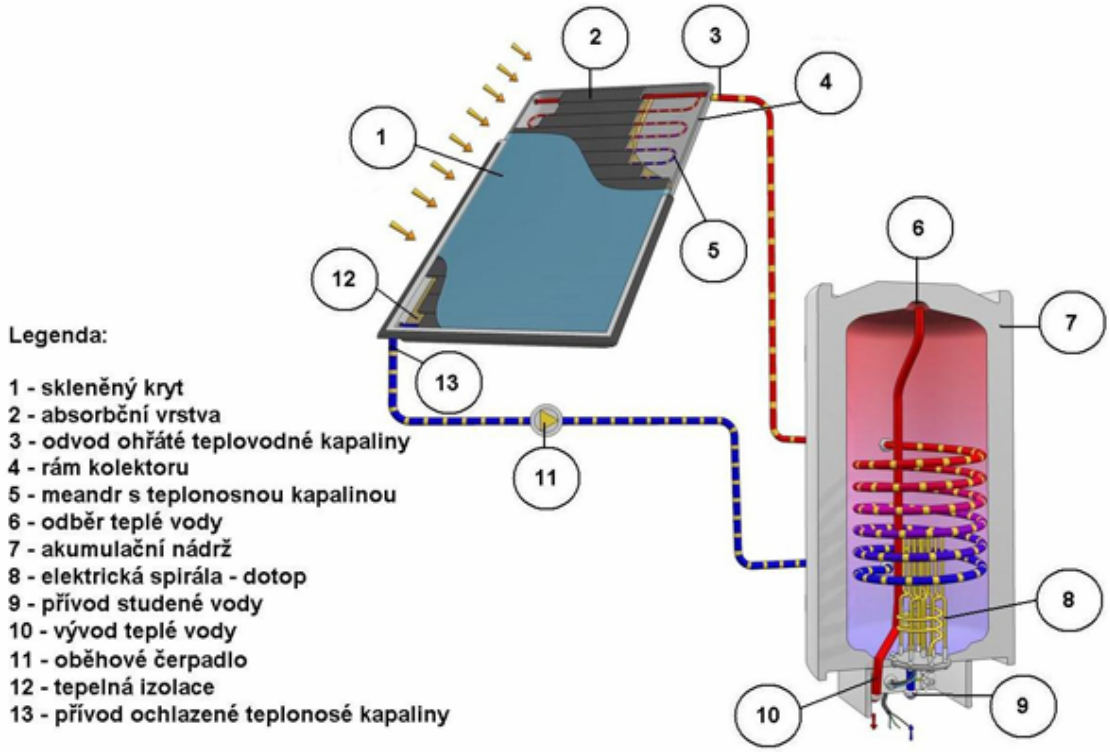
Použití solární energie pro vytápění starších a málo tepelně izolovaných budov není jednoduché a proto se pro snížení energetické ztráty musí nejdříve staré budovy modernizovat a zateplit. Cílem konstrukce budovy je snížit spotřeby energie na vytápění na minimum, ale z důvodu financování to není vždy možné. Přestavba starého domu na dům s nulovou spotřebou by byla pro majitele ekonomicky neúnosná. [9.]

## 3.2.1 Princip funkce a rozdělení solárních systémů

Solární kolektor přeměňuje sluneční *energii na teplo* a to se pak pomocí teplonosné látky přivádí do solárního zásobníku (tepelného výměníku), kde se akumuluje. Tepelný výměník předává teplo užitkové vodě a ta je pak pomocí oběhových čerpadel rozváděna po objektu. [13.]

Průměrná roční hodnota výkonu slunečního záření přepočtená na $m^2$ se v našich podmínkách pohybuje (se započtenou 35% účinností kolektorů ) kolem 350 kWh. [13.]

Obrázek č.1: Solárně-Termická soustava




(Zdroj: http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html) (20.4.2010)

**Rozdělení solárně-termických kolektorů**

***Ploché deskové:***

V kovovém rámu (1 x 2 m) je plošně umístěna měděná trubička procházející celou plochou od vstupu k výstupu. Vzduch zde tvoří izolaci, přičemž z vrchní strany je kolektor kryt sklem s nanesenou selektivní vrstvou vysoce absorpční látky, která zaručuje maximální pohlcení sluneční energie a minimální vyzařování zpět do prostoru. Vytváří se tak vlastně skleníkový efekt a tepelná energie se v kolektoru koncentruje. Teplo je předáno teplonosné kapalině, která je po ohřátí pomocí oběhového

čerpadla vedena do tepelného výměníku přes který se následně ohřívá voda v akumulačním zásobníku. [13.]

***Ploché deskové – vakuové:***

Tento kolektor je v principu téměř shodný s klasickým deskovým, ale pro zlepšení tepelně izolačních vlastností celého kolektoru je řešen jako vakuový. Díky tomu dochází k mnohem menším ztrátám tepelné energie do okolního prostředí. [13.]

***Trubicové vakuové:***

Konstrukce trubicových vakuových kolektorů je založena na systému řady skleněných trubic uspořádaných konstrukčně vedle sebe. V každé trubce je vedena měděná trubička protékaná teplonosnou látkou. Tyto trubičky jsou uzavřeny v samostatných skleněných dvoustěnných vakuovaných trubicích. Tepelné ztráty trubicových kolektorů jsou díky tomu velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření (slunce za mrakem – difúzní záření), nebo při extrémně nízkých teplotách. [13.]

*Výhody*

- větší energetický zisk
- úspora nákladů při ohřevu TUV 70% a 35% při vytápění
- jednoduchá montáž

*Nevýhody*

- vyšší investiční náklady
- teoretická možnost mechanického poškození
- vyšší hmotnost

***Trubicové vakuové – kondenzační:***

Princip je založen na kondenzačním teple, které vzniká při přechodu plynné látky do kapalného stavu. Působením slunečního záření na měděnou trubičku se začne těkavá kapalina na dně trubičky zahřívat a postupně přechází vlivem vysoké teploty do plynného stavu. V horní části kolektoru se zchladí o vodorovně vedenou sběrnou trubku celého kolektoru, zkondenzuje a odteče zpět na dno trubičky. Při kondenzaci se uvolní kondenzační teplo, které přes sběrnou – průtočnou trubku přejde do kapaliny

celého solárního systému. Celý průběh se neustále opakuje v celé řadě trubic kolektoru najednou. [13.]

*Výhody*

- vysoká účinnost i při zatažené obloze
- při náhodném poškození jedné trubice funguje zbytek trubic kolektoru bez problémů dále (díky paralelnímu řazení trubic)

## 3.2.2 Solární historie v ČR

Česká a slovenská (dříve československá) solární historie není historií v pravém slova smyslu. Badatelé nemusí hledat v zaprášených archivech, některé "historické" solární soustavy jsou dodnes funkční. Jedna z nejstarších československých solárních soustav je z roku 1976 tj. závod VŽKG v Kojetíně na Přerovsku. Od sedmdesátých let minulého století se začalo s vývojem toho, co tu doposud nebylo, tj. klasického (zaskleného) slunečního kolektoru a samostatného nezaskleného absorbéru a aby byl začátek ještě komplikovanější, neexistovala a nebyla vyvinuta nemrznoucí kapalina. Soustavy pracovaly s vodou pouze v letním provozu od jara do podzimu. Jeden z prvních československých koncentračních kolektorů v chropyňském závodě Státního statku Kroměříž byl realizován před rokem 1984. Ohříval 2500 l TUV denně, návratnost investice byla spočítána na 8 let. První "velcí" oficiální výrobci slunečních kolektorů: [14.]

- Kroměříž měděný plech s měděným lyrovým absorbérem
- Žiar nad Hronom absorbér z hliníkových průtočných lamel
- Nové Zámky ocelový absorbér svařený ze dvou desek systém roll-bond
- Slovenské závody technického skla v Bratislavě vakuové trubicové průtočné kolektory o průměru trubice 100 mm
- Sklotas Duchcov lineární Fresnelova čočka

Mezi první významné velké solární akce pro přípravu TUV lze zařadit dodnes pracující solární systém s kroměřížskými kolektory v Kojetíně z roku 1976 (140 ks, 120 $m^2$, ohřev 2 x 4000 l) a koupaliště Rusava u Holešova, dnes již rekonstruované s novými kolektory. [14.]

Pro mezinárodní srovnání je charakteristické že, po světové ropné krizi v roce 1973 na tom byly všechny evropské státy stejně. Začaly se ohlížet po jiných zdrojích energie. Jestli těm používaným se říkalo konvenční nebo tradiční, sluneční energii se říkalo zdroj nekonvenční, netradiční. Tepelná čerpadla nebyla veřejnosti vůbec známa a o biomase se nevědělo také nic. [14.]

## 3.3 Energie prostředí

### 3.3.1 Princip funkce a rozdělení tepelného čerpadla

Základní myšlenku principu tepelného čerpadla vyslovil již v roce 1852 Lord Kelvin ve své druhé větě termodynamické. Ta má několik částí, tou nejdůležitější pro princip funkce tepelného čerpadla je však tvrzení, že teplo se šíří vždy ve směru od teplejší ke studenější části. Tepelné čerpadlo pracuje na stejném principu jako chladnička, která odebírá teplo potravinám - chladí - a v zadní části lednice – topí, přičemž tepelné čerpadlo pracuje obráceně a s mnohem větším výkonem. Odebírá teplo vodě, vzduchu nebo zemi, a pomocí radiátorů nebo podlahového vytápění topí. [15.]

**První děj - Vypařování:** „*Od vzduchu, vody nebo země odebírá teplo chladivo kolující v tepelném čerpadle a tím se odpařuje (mění skupenství na plynné).*“ [15.]

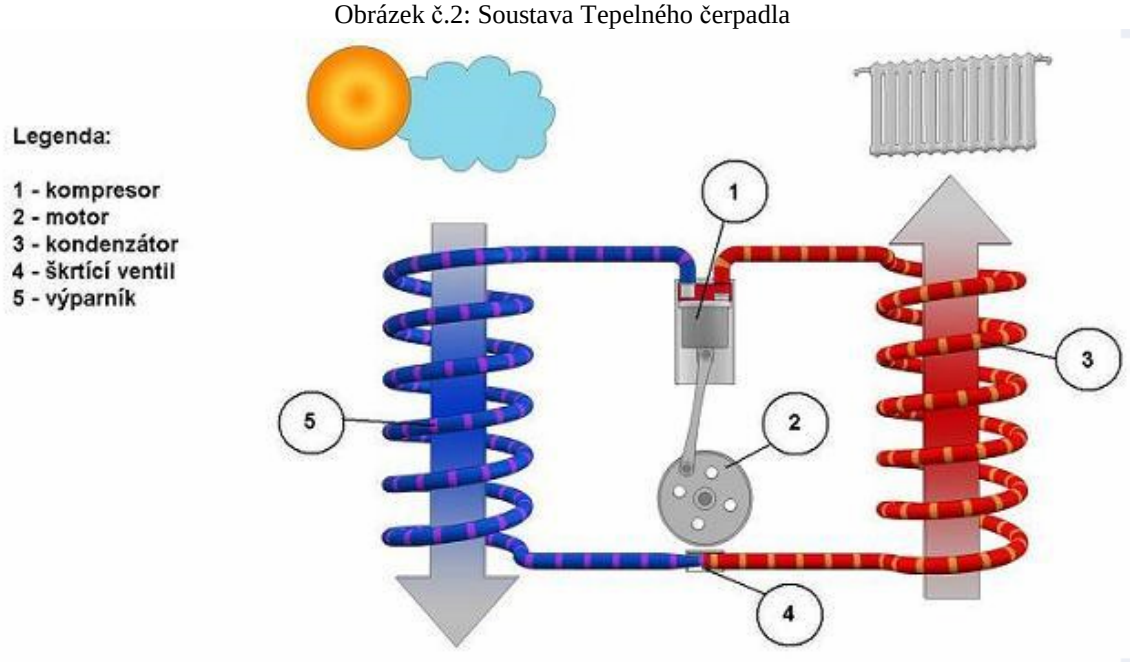
**Druhý děj - Komprese:** „*Kompresor tepelného čerpadla prudce stlačí o několik stupňů ohřáté plynné chladivo, a díky fyzikálnímu principu komprese, kdy při vyšším tlaku stoupá teplota, jako teplotní výtah "vynese" ono nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu cca. 80°C.*“ [15.]

**Třetí děj - Kondenzace:** „*Takto zahřáté chladivo pomocí druhého výměníku předá teplo vodě v radiátorech, ochladí se a zkondenzuje. Radiátory toto teplo vyzáří do místnosti. Ochlazená voda v topném okruhu pak putuje nazpět k druhému výměníku pro další ohřátí.*“ [15.]

**Čtvrtý děj - Expanze:** „*Průchodem přes expanzní ventil putuje chladivo nazpátek k prvnímu výměníku, kde se opět ohřeje*.“ [15.]

Tento koloběh se neustále periodicky opakuje. [15.]

Obrázek č.2: Soustava Tepelného čerpadla




(Zdroj: http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/tepelna-cerpadla.html) (20.4.2010)

**V praxi lze nejčastěji narazit na systémy:**

*země/voda*

Základem je odebírání tepla z půdy pomocí svislého nebo vodorovného kolektoru a cirkulace nemrznoucí směsi. Použití svislého kolektoru se uplatňuje v místech s malou rozlohou pozemku a je nutné provést vrt o hloubce 50 - 100m. Velmi zde záleží na konkrétním umístění, podloží a ostatních geologických aspektech. Vodorovný podzemní kolektor se používá v místech s odpovídající rozlohou pozemku a není nutné tedy provádět hloubkový vrt. [20.]

*Výhody*

- stabilní topný výkon
- dlouhodobá životnost
- úspory až 70% nákladů
- absolutně tichý chod

*Nevýhody*

- vyšší investiční náklady (vrt)
- pozemní práce (plošný kolektor)

***voda/voda***

Pro tento systém je přírodním zdrojem povrchová, podzemní nebo spodní voda. Ze zdroje (většinou ze studny) odebíráme vodu, necháme ji projít výměníkem tepelného čerpadla (výparníkem), který z ní odebere část tepla a zase ji vracíme zpět do země druhou (vsakovací) studnou. Vzdálenost mezi vrty by měla být minimálně 10m, nejlépe ve směru podzemních proudů zdrojová a poté by měla následovat vsakovací studna. Vybudování zdroje většinou nebývá finančně náročné (většinou studna existuje). Jde o neúčinnější typ tepelných čerpadel z toho důvodu, že podzemní voda má stálou průměrnou teplotu cca 10°C, která se nemění s teplotními změnami na povrchu. Jde tedy o nejteplejší zdroj energie. [20.]

*Výhody*

- Vysoký topný faktor
- Krátká doba návratnosti
- Nižší pořizovací náklady
- Úspora až 80%

*Nevýhody*

- Malý počet vhodných lokalit

***vzduch/vzduch a vzduch/voda***

V obou případech se získává teplo z okolního vzduchu a předává se přes výparník a kondenzátor do teplovodního topného okruhu objektu nebo se vzduchovým potrubím rozvádí po objektu. Pokud jde o montáž a údržbu je tepelné čerpadlo vzduch/vzduch(voda) nejméně nenáročné ze všech druhů systémů. Nevýhodou je snižující se topný faktor se snižující se venkovní teplotou. [20.]

*Výhody*

- poměr cena/výkon
- univerzálně použitelné
- jednoduchá instalace

*Nevýhody*

- za silných mrazů nižší účinnost

### 3.3.2 Historie tepelných čerpadel v ČR

Počátkem 90. let minulého století se velmi zvolna začala u nás objevovat první tepelná čerpadla. V Evropě však s těmito zařízeními již byly jisté zkušenosti, protože v důsledku ropné krize kolem roku 1980 se hledaly cesty, čím topit, když ceny topných olejů a souvisejících fosilních paliv dramaticky rostly. Západní Evropa byla tímto vývojem zaskočena. Největšího rozvoje instalací tepelných čerpadel bylo dosaženo ve Skandinávii, jmenovitě pak ve Švédsku, kde mimo ekonomického efektu byl a stále je pozitivní pohled na toto zařízení z ekologického hlediska, což je všem Švédům vlastní. [18.]

K nám se tepelná čerpadla po roce 1990 také začala dovážet právě ze Švédska, ale pouze v omezeném množství, protože velmi levné energie, které u nás historicky z dob socialismu byly, prakticky nikoho nemotivovaly, aby si tepelné čerpadlo pořídil. Ochrana životního prostředí se u nás teprve začala probouzet a na toto kritérium se tehdy příliš nehledělo, což byl opět pozůstatek z let minulých. S růstem cen energií se začínala tepelná čerpadla jevit jako šikovné zařízení, které ušetří energii pro vytápění a ohřev vody, kterou nebude nutno nakoupit. Když se pak v roce 2000 zavedly dotace na podporu instalací tepelných čerpadel a také zvýhodněné sazby za elektrickou energii pro majitele tepelných čerpadel, dá se říci, že to byl teprve skutečný začátek uvědomělých instalací těchto energeticko - ekologických zařízení u nás. Ke konci roku 2008 bylo u nás instalováno více než 20.000 tepelných čerpadel různých systémů, výkonů a provedení. [18.]

## 3.4 Tepelná ztráta a úspory objektu

Výkon každé tepelné soustavy i zdroje tepla se dimenzuje takovým způsobem, aby v domě byla vnitřní teplota 20 ºC i tehdy, je-li venkovní teplota rovna výpočtové, tj. -15 ºC. Dnů, kdy teplota klesá pod -15 ºC, je v roce poměrně málo. Ještě méně je dnů, kdy pod tuto hranici klesne průměrná denní teplota. Obvykle se uvažuje s tím, že stoupne-li průměrná denní teplota nad 13 ºC, topení se již vypíná. V rodinných domech

s vlastním zdrojem tepla ovšem záleží jen na obyvatelích domu, kdy skutečně topení zapnou a vypnou. [4.]

Hodnota teplené ztráty objektu není vyčíslena výpočtem a v práci se bude pracovat s argumentem, že tepelné soustavy byly dimenzovány pro zmenšení tepelných ztrát odpovídající budovy a shodují se základními požadavky investora daného rodinného domu.

Když jsou uvedeny příklady limitací obnovitelných zdrojů a jsou propagovány možnosti úspor energie, tak by se mělo pro úplnost také dodat, že i úspory mají své pevně dané fyzikální limity. Spotřebu lze snižovat jen do jisté míry a vždy za to něčím zaplatíme. Snížení spotřeby energie je často nejefektivnější cestou jak potenciál obnovitelných zdrojů a možnosti jejich využití dramaticky zvýšit. [7.]

# 4 Výsledky bakalářské práce

## 4.1 Multikriteriální analýza

### 4.1.1 Popis tří variant technologie pro vytápění

**Varianta číslo 1 – solárně-termický systém**

(Zdroj: http://www.junkers.cz ) (15.2.2011)

Je zastoupen firmou *Junkers skupina Bosch*, která se už více než 100 let stará o tepelnou pohodu domácností s pomocí moderních, technicky vyspělých a ekologických výrobků. Se značkami Bosch a Junkers patří Bosch Thermotechnika s.r.o dnes k nejvýznamnějším výrobcům plynových závěsných kotlů a průtokových ohřívačů ve 180 zemích celého světa.

Obrázek č. 3 Solar – Solar paket Vytápění Komfort (15.2.2011)

(Zdroj: http://www.junkers.cz ) (15.2.2011)

Jedním z nejzajímavějších systémových řešení budoucnosti je kombinace efektivní kondenzační techniky se solárními systémy. Díky nové generaci regulátorů Junkers jsou všechny kotle s elektronikou Bosch Heatronic® 3 schopné reagovat na intenzitu slunečního záření. Tuto patentovanou světovou novinku, která dokáže optimalizovat souhru kondenzační techniky a solárních systémů nazýváme SolarInside. Se SolarInside lze ušetřit až 30 % celkových nákladů za energii na vytápění a přípravu teplé vody. Tyto

údaje jsou vztaženy na čtyřčlennou domácnost bydlící v nízkoenergetickém domě s plochou kolektorů 10 m² a 750 l kombinovaným zásobníkem.

Obsah solárního setu pro podporu vytápění: kondenzační kotel ZSBR 16-3 A Cerapur Comfort, 5x koletor FKC-1S, střešní uchycení (5x FKA3, 1x FKA5, 4x FKA6), připojovací set FS 45, solární stanici AGS 5, připojení AAS 1, regulaci FW 200, solární modul ISM 2, exp. nádobu SAG 25, nemrznoucí kapalinu WTF 25 a WTF 10, odvzdušnění ELT 5, Solární zásobník SP 750 Solar, plášť k SP 750, termostatický směšovač TWM 20, trojcestný přepínací ventil DWU 20. **Cena s DPH** : *251 880,- Kč*

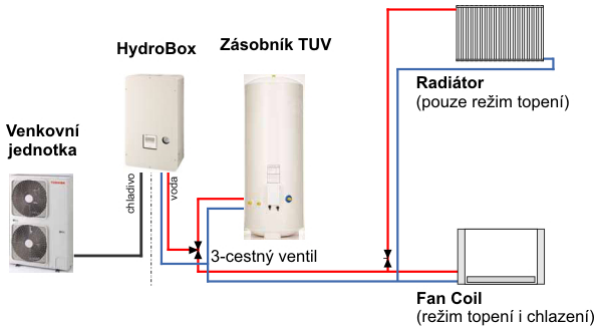
*Kombinace se stávajícím plynovým kotlem*

**Varianta číslo 2 – Systém tepelného čerpadla**

(Zdroj: http://www.klima-classic.cz/ ) (15.2.2011)

Systém tepelného čerpadla je v reprezentován firmou *Klima-classic s.r.o,* která se specializuje hlavně na poskytování kompletní služby zákazníkům zvláště v oblasti klimatizace a tepelného čerpadla značky *Toshiba.* Od roku 1999 se stala největším dovozcem klimatizačního zařízení Toshiba do ČR a zajišťuje nejen obchodní a velkoobchodní zastoupení, ale nedílnou součástí činnosti této firmy je zajištění kompletního servisního a technického zázemí. Díky servisnímu zázemí nabízí rovněž komplexní služby včetně montáže a oprav zařízení.

Obrázek č.4 (TČ – Estia) **Instalace 1 zóny topení a chlazení** (15.2.2011)




(Zdroj: http://www.klima-classic.cz/ ) (15.2.2011)

**Přednosti Estia**

Při investici do tepelného čerpadla se nejedná pouze o optimalizaci pořizovacích nákladů. Výrazný vliv na zhodnocení investic mají provozní náklady, které by měly být co nejnižší. Vysoká flexibilita a možnosti řízení jsou další podstatná kritéria volby. Až po zvážení všech těchto hledisek je možné se správně rozhodnout.

*TOSHIBA* - Extrémně vysoká účinnost je hlavní předností, která byla u invertorových zařízení Toshiba mnohokrát oceněna. Kvalitu tvoří dokonalost detailů a jejich souhra – stejnosměrný dvojrotační vačkový kompresor, hybridní plně invertorový řídící systém, optimální využití vlastností chladiva R410A, stejnosměrné motory ventilátorů a více.

*2 okruhy s různým nastavením* - Řídící systém umožňuje ovládání až 2 topných okruhů v rámci topné soustavy, např. okruhy pro radiátory, podlahové vytápění nebo fan-coil jednotky.

*Funkce chlazení* - Při instalaci fan-coil jednotek namísto radiátorů umožňuje systém také provoz chlazení.

Obsah ESTIA setu:

Venkovní jednotka(typ) HWS-803H-E, Tepelný výkon 8,0 kW, Účinnost 4,08 (COP), Rozměry 890x900x320, Hlučnost (dB/1m) 49, Příkon / Jmen. proud 1,96 / 8,6 na 1f / 230V, Cena bez DPH: 58 650,-

Vnitřní jednotka Hydro-box HWS-803XWHT9-E Rozměry 925x525x355 Elektrické záložní topení 9 kW; 3 fáze; 3x230V 3 x 13 A Cena 82 800,-
Zásobník TUV HWS-2101CSHM3-E, Objem: 210 l Max. Cena bez DPH: 28 750,-
Příslušenství Cena bez DPH: 10 000,-Kč

**Cena celkem s DPH :** *216 500,- Kč*

**Varianta číslo 3 – Kotel na tuhá paliva**

(Zdroj: http://www.dakon.cz/cs/Default.aspx ) (15.2.2011)

Firma *Dakon* zastupuje třetí variantu a to Kotel na tuhá paliva. Patří mezi největší výrobce kotlů v ČR a jako jediní dodávají kotle na všechny běžně používané paliva s výkony od 4 - 50 kW s 60 % podílem prodeje v ČR a 40 % podílem prodeje v zahraničí. Vznik firmy se datuje od roku 1949 a v současnosti je Dakon členem největšího topenářského koncernu v Evropě, skupiny Bosch, která svými technologiemi a know-how obohatila teplovodní kotle Dakon.

(Kotel - DOR) **Univerzální ocelový teplovodní kotel na pevná paliva.**

Teplovodní ocelové kotle DOR jsou určeny pro spalování všech běžně užívaných pevných paliv - hnědého a černého uhlí, briket, koksu, dřeva a dřevního odpadu. Dokonalost spalování zaručuje unikátní roštová soustava. Ocelové kotle DOR se vyrábí ve výkonové řadě od 12 do 45 kW.

Verze DOR D, určena pro spalování dřeva, je doplněna o žáruvzdorné segmenty a šamotové desky sloužící jako katalyzátor. Výhodou těchto kotlů je možnost spalování dřeva s vlhkostí až 35%. Součástí každého kotle DOR je chladící smyčka (zařízení proti přetopení) zajišťující bezpečný odvod přebytečného tepla z kotle. Díky ní nebude nikdy překročena teplota vody v kotli 110 °C. Smyčka je zabudována v zadní části kotle.

Přednosti

- podstatně větší násypná šachta s rozšiřujícím se průřezem směrem k topeništi
- nová roštová soustava umožňující spalování i méně hodnotných paliv
- sání rozděleno na tři proudy vzduchu zvyšující kvalitu spalování
- použití nových bezazbestových materiálů pro tepelnou izolaci
- automatická regulace výkonu přímočinným regulátorem tahu

Kotel DOR 20;Výkon:20 kW; Doporučené palivo: hnědé uhlí – ořech I (20–40 mm);

**Cena s DPH :** Kotel *19 200,- Kč* + příslušenství *16 000,- Kč = 35 200,- Kč*

Obrázek č.5 Kotel - DOR

(Zdroj: http://www.dakon.cz/cs/Default.aspx ) (15.2.2011)

## 4.1.2 Výpočet multikriteriální analýzy

**Tabulka č.14: Párové porovnání**

| Párové srovnání | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 | fi | pi | Váhy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K1** | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 | 2 | **0,133** |
| **K2** | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 3 | **0,111** |
| **K3** | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 | 2 | **0,133** |
| **K4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | **0,044** |
| **K5** | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 3 | **0,111** |
| **K6** | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 | 3 | **0,111** |
| **K7** | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 3 | **0,111** |
| **K8** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | **0,022** |
| **K9** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | **0,022** |
| **K10** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 | 1 | **0,200** |

| Suma | 45 |
|---|---|

(Zdroj:Autor)

**Tabulka č.15: Stanovení vah kritérií podle SAATYHO metody**

| SAATY | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 | gi | Váhy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K1** | 1 | 1/7 | 3 | 4 | 1/5 | 2 | 3 | 7 | 2 | 1/9 | 1,123349 | 0,079025 |
| **K2** | 7 | 1 | 1/5 | 5 | 4 | 1/8 | 1/6 | 8 | 5 | 1/7 | 1,127944 | 0,079349 |
| **K3** | 1/3 | 5 | 1 | 4 | 1/4 | 2 | 3 | 7 | 6 | 1/6 | 1,52936 | 0,107588 |
| **K4** | 1/4 | 1/5 | 1/4 | 1 | 3 | 1/5 | 1/5 | 8 | 1/8 | 1/3 | 0,467624 | 0,032896 |
| **K5** | 5 | 1/4 | 4 | 1/3 | 1 | 2 | 1/4 | 5 | 5 | 1/7 | 1,115234 | 0,078455 |
| **K6** | 1/2 | 8 | 1/2 | 5 | 1/2 | 1 | 2 | 7 | 9 | 1/4 | 1,658548 | 0,116676 |
| **K7** | 1/3 | 6 | 1/3 | 5 | 4 | 1/2 | 1 | 6 | 6 | 1/7 | 1,424004 | 0,100176 |
| **K8** | 1/7 | 1/8 | 1/7 | 1/8 | 1/5 | 1/7 | 1/6 | 1 | 3 | 1/8 | 0,237434 | 0,016703 |
| **K9** | 1/2 | 1/5 | 1/6 | 8 | 1/5 | 1/9 | 1/6 | 1/3 | 1 | 1/8 | 0,339888 | 0,02391 |
| **K10** | 9 | 7 | 6 | 3 | 7 | 4 | 7 | 8 | 8 | 1 | 5,191644 | 0,365222 |

| Suma | 14,21503 |
|---|---|

(Zdroj:Autor)

**Tabulka č.16 Kriteriální matice se stanovenými vahami kritérií**

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SOLAR V1** | 10 | 327 | 25,20 | 25 | 0,5 | 15 | 2,17 | 8 | 7 | 0,65 |
| **TČ V2** | 8 | 276 | 19,31 | 20 | 0,7 | 7 | 1,75 | 5 | 9 | 0,85 |
| **KOTEL V3** | 18 | 126 | 17,25 | 30 | 1,0 | 3 | 1,65 | 0 | 5 | 0,95 |
| *1VÁHY-Konst.* | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** | **0,1** |
| *2VÁHY-Párové Porov.* | **0,133** | **0,111** | **0,133** | **0,044** | **0,111** | **0,111** | **0,111** | **0,022** | **0,022** | **0,20** |
| *3VÁHY-SAATY* | **0,07903** | **0,07935** | **0,10759** | **0,0329** | **0,07846** | **0,11668** | **0,10018** | **0,0167** | **0,0239** | **0,36522** |
| **MAX / MIN** | MAX | MIN | MIN | MAX | MAX | MIN | MIN | MAX | MAX | MAX |

(Zdroj:Autor)

1) Výsledky programu MCACOSA při **konstantních vahách**

(Ceteris Paribus 0,1 ( $\sum Vi \leq 1$))

**Tabulka č.17 Výsledek Pořadí variant** Konstantní váhy

| | 1. Metoda AGREPREF | | 2. Metoda váženého součtu | | 3. Metoda TOPSIS | | 4. Metoda ORESTE | | 5. Metoda PROMETHEE | | 6. Metoda MAPPAC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Index Dh*** | ***Pořadí*** | ***Užitek*** | ***Pořadí*** | ***Vzdálenost od baz. var.*** | ***Pořadí*** | ***Hodnoty ri*** | ***Pořadí*** | ***Čistý tok*** | ***Pořadí*** | ***Sigma*** | ***Třída*** |
| ***V1*** | **-1** | **2** | **0,22** | **3** | **0,327163** | **3** | **205** | **3** | **-0,05** | **3** | **0** | **3** |
| ***V2*** | **-1** | **2** | **0,516064** | **2** | **0,544504** | **2** | **165** | **2** | **-0,01** | **2** | **0,751649** | **2** |
| ***V3*** | **2** | **1** | **0,8** | **1** | **0,667936** | **1** | **95** | **1** | **0,06** | **1** | **1,57892** | **1** |

(Zdroj:Autor)

Vyhodnocení metody **AGREPREF** při konstantních vahách:

Míra preference je stanovena na hodnotu 0,6 a míra indiference na hodnotu 0,4

**Tabulka č.18 Analýza 1 - AGREPREF Doplňková informace metody AGREPREF pro model:** Konstantní váhy

| ***Relační matice*** | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0** | **0** |
| ***TČ V2*** | **0** | **0** | **0** |
| ***KOTEL V3*** | **1** | **1** | **0** |

(Zdroj:Autor)

Pro hodnocení variant a stanovení pořadí je v případě konstantních vah index Dh roven 2 pro nejvýhodnější variantu V3 a pro varianty V1 a V2 je hodnota rovna -1 což znamená že varianty jsou mezi sebou indiferentní. Pro bližší odůvodnění poslouží Analýza 1., která poskytuje doplňkové informace z Relační matice. V případě našeho

výsledku relační matice je značná preference V3 před V1 a současně před V2, kdežto u variant V1 a V2 jsou nulové hodnoty, tzn. že vzdálenost od nejlepší varianty je stejná, proto V1 a V2 jsou obě na druhém místě v pořadí.

Vyhodnocení metody **váženého součtu** při konstantních vahách:
Nejvyšší hodnota užitku s hodnotou 0,8 připadá na V3 - kotel na tuhá paliva, dále na V2 - systém s tepelným čerpadlem má užitek 0,5 a poslední v pořadí se umístila V1 - solárně-termický systém s hodnotou užitku 0,22. Analýza 2. poskytuje bližší informace o hodnotách ideální i bazální varianty a pořadí jednotlivých variant podle užitku z jednotlivých kritérií.

**Tabulka č.19 Analýza 2 - vážený součet pro model** Konstantní váhy

| | *K1* | *K2* | *K3* | *K4* | *K5* | *K6* | *K7* | *K8* | *K9* | *K10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***V1*** | **0,2** | **0** | **0** | **0,5** | **0** | **0** | **0** | **1** | **0,5** | **0** |
| ***V2*** | **0** | **0,253731** | **0,740881** | **0** | **0,4** | **0,666667** | **0,807692** | **0,625** | **1** | **0,666667** |
| ***V3*** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| Ideální varianta | **18** | **126** | **17,25** | **30** | **0,1** | **3** | **1,65** | **8** | **9** | **0,95** |
| Bazální varianta | **8** | **327** | **25,2** | **20** | **0,05** | **15** | **2,17** | **0** | **5** | **0,65** |

(Zdroj:Autor)

Vyhodnocení metody **TOPSYS** při konstantních vahách:
Nejvyšší hodnota relativního ukazatele je 0,67 a proto je kompromisní varianta V3, která je nejblíže k ideální a nejdále od bazální varianty. Ostatní hodnoty jsou řazeny sestupně druhé místo V2 s hodnotou 0,54 a třetí místo V1 s hodnotou 0,32.

**Tabulka č.20 Analýza 3 - TOPSYS pro model** Konstantní váhy

| | *K1* | *K2* | *K3* | *K4* | *K5* | *K6* | *K7* | *K8* | *K9* | *K10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***V1*** | **0,04527** | **0** | **0** | **0,05698** | **0,03791** | **0** | **0** | **0,085** | **0,0562** | **0,04543** |
| ***V2*** | **0,03621** | **0,0246** | **0,0595** | **0,04558** | **0,05307** | **0,05547** | **0,06283** | **0,053** | **0,0723** | **0,0594** |
| ***V3*** | **0,08148** | **0,0969** | **0,0804** | **0,06838** | **0,07581** | **0,08321** | **0,07779** | **0** | **0,0402** | **0,06639** |
| Id.var. | **18** | **201** | **7,95** | **30** | **0,1** | **12** | **0,52** | **8** | **9** | **0,95** |
| Baz.var. | **8** | **0** | **0** | **20** | **0,05** | **0** | **0** | **0** | **5** | **0,65** |

(Zdroj:Autor)

Vyhodnocení metody **ORESTE** při konstantních vahách:
Uspořádání variant (od nejlepší - V3,V2,V1) doplňuje matice preferenčních vztahů a matice normalizovaných preferenčních intenzit, ze kterých vyčteme nejenom pořadí, ale také intenzity, tj. o jakou hodnotu je daná varianta lepší nebo horší.

**Tabulka č.21 Analýza 4 - Doplňková informace k výpočtu metodou ORESTE pro model** Konstantní váhy

| Matice preferenčních vztahů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **Indiferentní** | **Horší** | **Horší** |
| ***TČ V2*** | **Lepší** | **Indiferentní** | **Horší** |
| ***KOTEL V3*** | **Lepší** | **Lepší** | **Indiferentní** |

| Matice normalizovaných preferenčních intenzit | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0,15** | **0,15** |
| ***TČ V2*** | **0,35** | **0** | **0,15** |
| ***KOTEL V3*** | **0,7** | **0,5** | **0** |

(Zdroj:Autor)

Vyhodnocení metody **PROMETHEE** při konstantních vahách:

Uspořádání variant (od nejlepší - V3,V2,V1) doplňuje matice globálních preferenčních indexů, která blíže charakterizuje hodnoty kladných a záporných toků pro výsledné vyhodnocení pořadí variant, které vyjadřují intenzitu preference mezi dvojicí variant.

**Tabulka č.22 Analýza 5 - Doplňková informace metody PROMETHEE pro model** Konstantní váhy

| Matice globálních preferenčních indexů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** | ***Kladný tok*** |
|---|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | - | **0,03** | **0,02** | **0,025** |
| ***TČ V2*** | **0,07** | - | **0,02** | **0,045** |
| ***KOTEL V3*** | **0,08** | **0,08** | - | **0,08** |
| Záporný tok | **0,075** | **0,055** | **0,02** | |

(Zdroj:Autor)

Vyhodnocení metody **MAPPAC** při konstantních vahách:

Uspořádání variant (od nejlepší - V3,V2,V1) doplňuje matice agregovaných preferenčních indexů, která blíže charakterizuje hodnoty výpočtu preferenčního agregovaného indexu Sigma, který stanovil výsledné pořadí variant.

**Tabulka č.23 Analýza 6 - Doplňková informace metody MAPPAC pro model** Konstantní váhy

| Matice agregovaných preferenčních indexů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0,248350784** | **0,180151947** |
| ***TČ V2*** | **0,751649216** | **0** | **0,240927865** |
| ***KOTEL V3*** | **0,819848053** | **0,759072135** | **0** |

(Zdroj:Autor)

2) Výsledky programu MCACOSA při vahách **Párového Porovnání**

**Tabulka č.24 Tabulka č.8 Výsledek Pořadí variant** Párové Porovnání

| | 1. Metoda AGREPREF | | 2. Metoda váženého součtu | | 3. Metoda TOPSIS | | 4. Metoda ORESTE | | 5. Metoda PROMETHEE | | 6. Metoda MAPPAC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Index Dh*** | ***Pořadí*** | ***Užitek*** | ***Pořadí*** | ***Vzdálenost od baz. var.*** | ***Pořadí*** | ***Hodnoty ri*** | ***Pořadí*** | ***Čistý tok*** | ***Pořadí*** | ***Sigma*** | ***Třída*** |
| ***V1*** | **-2** | **3** | **0,081764** | **3** | **0,098086** | **3** | **175** | **3** | **-0,07565** | **3** | **0** | **3** |
| ***V2*** | **0** | **2** | **0,504848** | **2** | **0,532475** | **2** | **155** | **2** | **-0,01553** | **2** | **0,847985** | **2** |
| ***V3*** | **2** | **1** | **0,955912** | **1** | **0,915098** | **1** | **135** | **1** | **0,091182** | **1** | **1,892317** | **1** |

(Zdroj:Autor)

Z důvodu homogenního uspořádání variant (od nejlepší - V3,V2,V1) podle všech použitých metod při vahách kritérií stanovených párovým porovnáním jsou doplňkové informace a jednotlivé Analýzy umístěny v příloze.

3) Výsledky programu MCACOSA při proměnlivých vahách dle **SAATYHO**

**Tabulka č.25 Výsledek Pořadí variant** dle SAATYHO

| | 1. Metoda AGREPREF | | 2. Metoda váženého součtu | | 3. Metoda TOPSIS | | 4. Metoda ORESTE | | 5. Metoda PROMETHEE | | 6. Metoda MAPPAC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Index Dh*** | ***Pořadí*** | ***Užitek*** | ***Pořadí*** | ***Vzdálenost od baz. var.*** | ***Pořadí*** | ***Hodnoty ri*** | ***Pořadí*** | ***Čistý tok*** | ***Pořadí*** | ***Sigma*** | ***Třída*** |
| ***V1*** | **-2** | **3** | **0,060911** | **3** | **0,080632** | **3** | **164** | **3** | **-0,08308** | **3** | **0** | **3** |
| ***V2*** | **0** | **2** | **0,567751** | **2** | **0,591493** | **2** | **155** | **2** | **-0,0088** | **2** | **0,903603** | **2** |
| ***V3*** | **2** | **1** | **0,959387** | **1** | **0,922677** | **1** | **146** | **1** | **0,091877** | **1** | **1,900833** | **1** |

(Zdroj:Autor)

Z důvodu homogenního uspořádání variant (od nejlepší - V3,V2,V1) podle všech použitých metod při vahách kritérií stanovených párovým porovnáním jsou doplňkové informace a jednotlivé Analýzy umístěny v příloze.

## 4.1.3 Vyhodnocení výsledků multikriteriální analýzy

Pro komparaci jednotlivých variant pomocí multikriteriální analýzy bylo subjektivně vybráno a použito 10 kritérií, tři různé metody pro stanovení vah jednotlivých kritérií a šest různorodých metod pro jednoznačné určení pořadí jednotlivých variant (V1-solárně-termický systém,V2-systém tepelného čerpadla, V3-systém s kotlem na tuhé palivo). Výsledky se při použití všech metod shodují a celkové pořadí variant je:

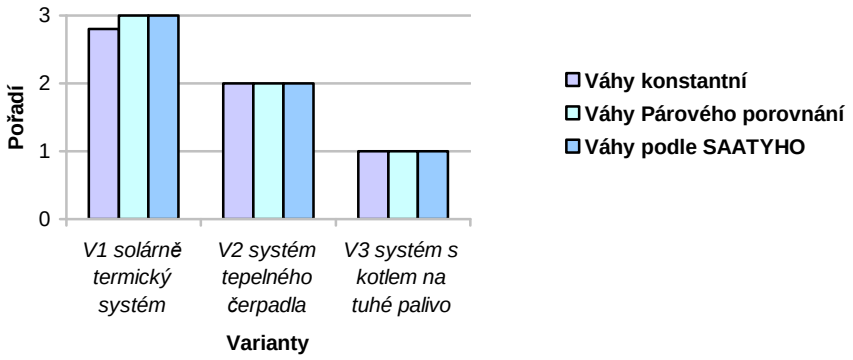
1. *V3-systém s kotlem na tuhé palivo*
2. *V2-systém tepelného čerpadla*
3. *V1-solárně-termický systém*

**Tabulka č.26 Výsledek Pořadí variant**

| | 1. Metoda AGREPREF Pořadí | 2. Metoda váženého součtu | 3. Metoda TOPSIS Pořadí | 4. Metoda ORESTE Pořadí | 5. Metoda PROMETHEE Pořadí | 6. Metoda MAPPAC Pořadí | Celkové Pořadí |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***V1*** Konst. váhy | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ***V2*** Konst. váhy | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ***V3*** Konst. váhy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***V1*** Párové Por. | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ***V2*** Párové Por. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ***V3*** Párové Por. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***V1*** SAATY | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ***V2*** SAATY | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ***V3*** SAATY | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

(Zdroj:Autor)

**Graf č.1 Vlastní graf Celkového pořadí variant podle druhu vah**




(Zdroj:Autor)

# 4.2 Ekonomické zhodnocení investic

Pro ekonomické zhodnocení jednotlivých investičních variant byla vybrána jako referenční investice V4 – Elektro-kotel s celkovým investičním nákladem 160 000,- Kč a ročním provozním nákladem 45 593,- Kč. Varianty budou posuzovány podle pěti kritérií hodnocení efektivnosti investic :

1. Doba návratnosti investice ($d_n$)
2. Diskontovaná doba návratnosti investice s diskontem 0,25% stanoveným

ČNB pro rok 2009

3. Čistá současná hodnota (NPV) s průměrnou životností 15let
4. Vnitřní výnosové procento (IRR) s průměrnou životností 15let
5. Koeficient efektivnosti ($k_{ef}$)

Varianty s alternativními zdroji energie budou posuzovány se státními dotacemi i bez nich pro komplexnější náhled na problematiku obnovitelných zdrojů.

**Tabulka č.27 Přehled výsledků hodnocení investic Referenční investice V4 – Elektro-kotel**

| | | Jednotlivé zdroje tepla | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Referenční investice V4 – Kotel na zemní plyn | ***Jednotky*** | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** | ***Elektro-kotel V4*** |
| *Investiční náklady* | **[Kč]** | Bez dotace: **327 000** S dotací: **257 000** | Bez dotace: **276 000** S dotací: **226 000** | **126 000** | **160 000** |
| *Roční náklady za spotřebu tepla celkem* | **[Kč/rok]** | **25 200** | **19 312** | **17 250** | **45 593** |
| *Roční Cash-Flow projektu* | **[Kč]** | **20 393** | **26 281** | **28 343** | **0** |
| *Doba návratnosti investice ($d_n$)* *(dle vztahu 11)* | **[roky]** | Bez dotace **: 8,2** S dotací **: 4,76** | Bez dotace:**4,4** S dotací: **2,5** | Není hodnoceno (-1,2) | **1,0** |
| *Diskontovaná doba návratnosti investice (diskont 0,25%)* *(dle vztahu 12)* | **[roky]** | Bez dotace **: 8,5** S dotací **: 4,94** | Bez dotace:**4,6** S dotací: **2,61** | Není hodnoceno | **Referenční investice** |
| *Čistá současná hodnota (NPV 15)* *(dle vztahu 14)* | **[Kč]** | Bez dotace **:132 863** S dotací **: 202 863** | Bez dotace: **320 441** S dotací: **279 441** | Není hodnoceno | |
| *Vnitřní výnosové procento (IRR 15)* *(dle vztahu 15)* | **[%]** | Bez dotace **: 8,73** S dotací **: 19,58** | Bez dotace: **21,42** S dotací: **39,55** | Není hodnoceno | |
| *Koeficient efektivnosti ($k_{ef}$)* *(dle vztahu 10)* | **[%]** | Bez dotace **: 12,2** S dotací **: 21** | Bez dotace: **22,7** S dotací: **40** | Není hodnoceno | |

(Zdroj:Autor)

**Soustava solárně-termického systému V1**

Oproti referenční investici má investice do V1 dvojnásobný investiční náklad, který se s pomocí státní dotace rapidně sníží téměř o jednu pětinu. Roční Cash-flow představuje nezanedbatelnou částku 20 tis. Kč, z čehož vyplývá doba návratnosti okolo osmi a půl let bez dotace a s dotací okolo pěti let. Čistá současná hodnota je kladné číslo. Vnitřní výnosové procento je kladné a vyšší než požadovaná rentabilita (návratnost) investice. Koeficient efektivnosti je kladný, to znamená že investice je výhodná. V porovnání s referenční investicí je investice do V1 výnosná.

**Výsledek:**

Investice je z ekonomického hlediska považována za VÝHODNOU

**Soustava s tepelným čerpadlem V2**

V porovnání této soustavy s referenční investicí, která pracuje se stejným zdrojem energie (elektrická energie) má investice do V2 vyšší investiční náklad, ale roční Cash-flow představuje nezanedbatelnou a větší částku než v případě V1 a to okolo 25 tis. Kč. Doba návratnosti v porovnání s referenční investicí je o polovinu menší než ve variantě V1 solárně-termického sytému. Čistá současná hodnota po 15 letech je kladné číslo, to znamená, že investice se za dobu své životnosti splatí i bez státních dotací. Vnitřní výnosové procento je kladné, vyšší než požadovaná rentabilita (návratnost) investice a to dvakrát více než varianta V1. Koeficient efektivnosti je kladný, investice je výhodná. V porovnání s referenční investicí je investice do V2 výnosná a je výnosnější i v porovnání s V1.

**Výsledek:**

Investice je z ekonomického hlediska považována za VELMI VÝHODNOU

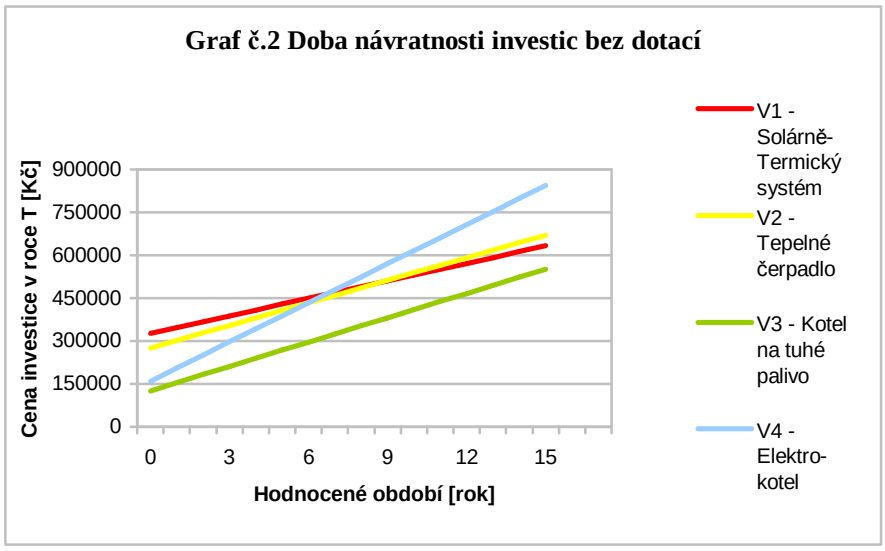
**Soustava s kotlem na tuhá paliva V3**

Varianta V3 má nejnižší investiční náklad a nejnižší roční provozní náklady nejenom na rozdíl od referenční varianty ale i proti ostatním variantám, z čehož plyne její vysoká výhodnost.

**Výsledek:**

Investice je z ekonomického hlediska považována za VYSOCE VÝHODNOU

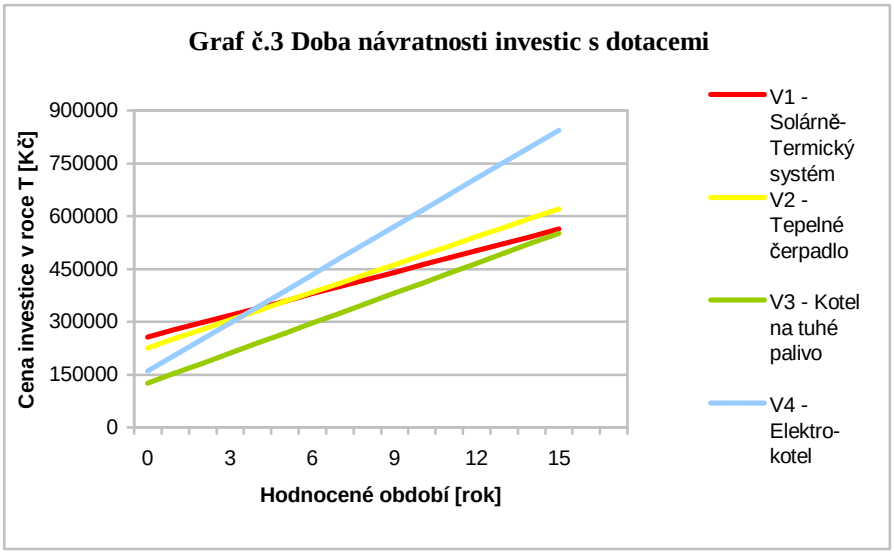
Grafické znázornění efektivnosti investic bez dotací




(Zdroj:Autor)

Grafické porovnání efektivnosti investic (graf č.2) je porovnáním celkové investice v daném roce užívání zařízení, kde hodnota provozních nákladů je konstantní v celém průběhu časového období 15 let. Hodnoty alternativních zdrojů energií jsou uvedeny bez státní dotace.

Grafické znázornění efektivnosti investic s dotacemi




(Zdroj:Autor)

Grafické porovnání efektivnosti investic (graf č.3) je porovnáním celkové investice v daném roce užívání zařízení, kde hodnota provozních nákladů je konstantní v celém

průběhu časového období 15 let. Hodnoty alternativních zdrojů energií jsou uvedeny se státní dotací.

# 5 Vyhodnocení výsledků

Z pohledu multikriteriální analýzy bylo subjektivně vybráno 10 kritérií a pomocí tří metod stanoveny váhy (Konstantní váhy, Fuller, Saaty). Dále v programu MCAKOSA bylo podle šesti metod (AGREPREF, Vážený součet, TOPSIS, ORESTE PROMETHEE, MAPPAC) stanoveno pořadí variant.

Z pohledu ekonomického zhodnocení investic pro hodnocení bylo použito pět kritérií (Doba návratnosti, Diskontovaná doba návratnosti, Čistá současná hodnota, Vnitřní výnosové procento, koeficient efektivnosti) a podle referenční investice Elektro-kotle, byla stanovena ekonomická výhodnost a pořadí variant.

Pomocí metod multikriteriální analýzy a metod ekonomického zhodnocení investic byly získány výsledky, které určují jednoznačné pořadí daných variant podle všech použitých metod. Na prvním místě V3 kotel na tuhé palivo, na druhém místě V2 tepelné čerpadlo a na třetím místě V1 solárně-termický systém.

Co se týče rizika je investice posuzována podle průměrné životnosti patnácti let a proto by si měl investor zvážit riziko související s delším časovým horizontem, které souvisí s nedostatkem fosilních zdrojů a ekologií daného systému. V budoucnu může být totiž zavedena ekologická daň, která může rapidně ovlivnit roční náklady a tím ohrozit první pozici varianty V3 kotle na tuhé palivo. Další rizika souvisí se schopností investora plnit závazky vůči bance v případě nedostatku vlastních peněžních prostředků použitých k úhradě investice. V závěrečním výběru se nesmí také opomenout skutečnost, že do ročních nákladů nebyly započteny náklady na opravy a údržbu zařízení, které také mohou hrát významnou roli v rozhodování.

Vyhodnocení výše uvedených skutečností a potenciálních rizik plyne k závěru, že investor má k dispozici podle použitých hodnot a metod ekonomicky nejefektivnější investice pro variantu V3 – Kotel na tuhé palivo. V případě výběru obnovitelných zdrojů energie je nejefektivnější investice V2 – systém Tepelného Čerpadla.

# 6 Závěr

Cílem práce bylo ekonomické zhodnocení investice do soustav pro vytápění rodinného domu v Praze s čtyřčlennou rodinou a spotřebou 60 GJ tepla na topnou sezónu. Vzájemná komparace tří rozdílných systémů vytápění byla nejprve provedena pomocí multikriteriální analýzy k vyjádření různých preferencí hodnotitele pro stanovení přesnějších výsledků. Závěrem byly porovnávané systémy zhodnoceny podle ekonomických kritérií a byla stanovena výsledná varianta, která splňuje požadavky na efektivní, hospodárný a úsporný produkt s minimální dobou návratnosti, která zvažuje i možnost rizika investice jako je možná ekologická daň, plnění závazků vůči bance v případě úvěru, nebo výskyt opravy. Výslednou variantou je Kotel na tuhá paliva značky DOR (Dakon).

Práce se také dotýká problematiky obnovitelných zdrojů energie, která se stává stále častěji předmětem diskuse naší doby. Porovnání solárně-termického systému a systému s tepelným čerpadlem mělo za úkol přiblížit alternativní zdroje energie pro vytápění, zdůraznit jejich význam i využití pro společnost a konfrontovat tyto varianty s klasickým kotlem na tuhé palivo a elektro-kotlem. Pozitivní pro alternativní zdroje energie je možnost státních dotačních instrumentů, ačkoli v porovnání s elektro-kotlem je návratnost investice dosažena v průběhu životnosti i bez dotací. V případě volby podle kritéria ekologické zátěže je nejvýhodnější systém s tepelným čerpadlem Toshiba ESTIA (Klima-classic), který se umístnil hned na druhém místě za kotlem na tuhá paliva.

Pro úspěšné naplnění cílů nám posloužila početná metodická základna, která nastínila různé postupy pro výběr a ekonomické zhodnocení investic. Je považována za hlavní přínos bakalářské práce. Poskytne kterémukoli investorovi základní metodickou kostru pro řešení problematiky výběru vhodné varianty z hlediska ekonomie a efektivity daného zařízení.

Tématika obnovitelných zdrojů energie je podle aktuálního vývoje trendů pro investora atraktivnější i pozitivním působením ze strany Evropské Unie a v budoucnu můžeme čekat zvyšování poptávky nejenom z ekologických důvodů, ale hlavně z důvodů nedostatku fosilních zdrojů energie.

# 7 Seznam literatury


1) *Hrdý M.; STRATEGICKÉ FINANČNÍ ŘÍZENÍ A INVESTIČNÍ ROZHODOVÁNÍ – učebnice pro kombinované a distanční studium; Fakulta ekonomická, Západočeská univerzita v Plzni:2008; ISBN: 80-86371-50-6*
2) *Jablonský J.; OPERAČNÍ VÝZKUM – Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování;1. vydání; PROFESIONAL PUBLISHING:2002; ISBN 80-86419-23-1*
3) *Petráš D. a kol.; NÍZKOTEPLOTNÍ VYTÁPĚNÍ A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE; 1. vydání; Bratislava : Jaga, 2008; ISBN: 978-80-8076-069-4*
4) *Srdečný K., Truxa J.; TEPELNÁ ČERPADLA; 1. vydání; Brno: ERA, 2009 ;ISBN 80-7366-031-8*
5) *Synek M. a kol.; MANAŽERSKÁ EKONOMIKA; 4., aktualizované a rozšířené vydání; Grada Publishing:2007; ISBN:978-80-247-1992-4*
6) *Šubrt T., Brožová H., Dömeová L., Kučera P.; EKONOMICKO MATEMATICKÉ METODY II – Aplikace a cvičení; 2. vydání (dotisk); ČZU v Praze Provozně ekonomická fakulta:2005; ISBN 80-213-0721-8*
7) *ALTERNATIVNÍ ENERGIE 5/2007 (odborní časopis); vydavatel: CEMC-České ekologické manažerské centrum; ISSN 1212-1673; Článek:Vztah mezi úsporami energie a využitím obnovitelných zdrojů energie; Autor: Murtinger K*
8) *TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV HAUSTECHNIK 3/2009 (odborní časopis); vydavatel:Jaga Media s.r.o.; ISSN 1803-4802; Článek: Jak efektivně zacházíme s energií?;Autor:Kyselová M.*
9) *VYTÁPĚNÍ VĚTRÁNÍ INSTALACE (odborní časopis); vydavatel: Společnost pro techniku prostředí; ISSN 1210-1389 Článek:Diskutabilní solární technika; Autor:Gertis K.*

**Elektronické zdroje:**

10) http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/Zakon_o_OZE.pdf (20.4.2010)

11) http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=1&i=2 (20.4.2010)

12) http://www.mojeslunce.cz/kratce-o-fotovoltaice/slunecni-energie-v-cr/ (20.4.2010)

13) http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html (20.4.2010)

14) http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/statistiky-energetika/#category126

15) http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla (20.4.2010)

16) http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6069&h=10&pl=39 (20.4.2010)

17) http://www.zelenausporam.cz (20.4.2010)

18) http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6069 (20.4.2010)

19) http://fzp.ujep.cz/~Pokornyr/01_Materialy/KREK_VKV_skripta.pdf (25.10.2010)

20) http://www.obnovitelne-energie.cz/tepelna-cerpadla.php (2.11.2010)

21) http://cez451.vsb.cz/workshop/20050913/presentation/4-Gurecky.pdf (15.2.2011)

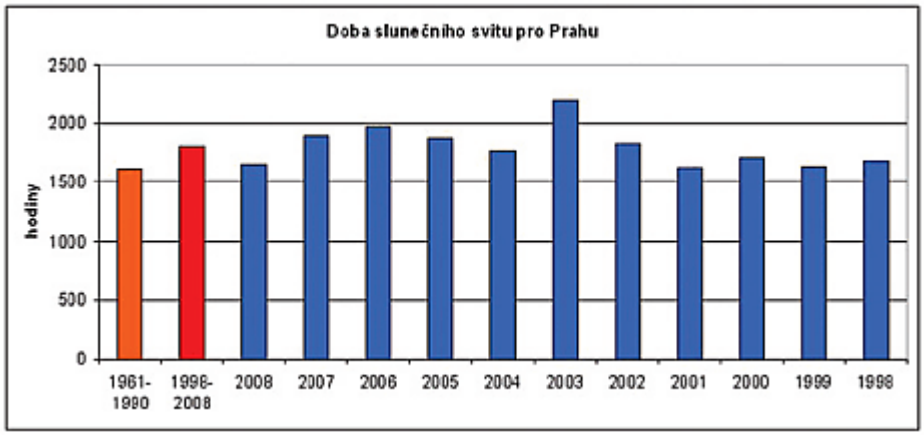
22) http://www.bamasoft.com/stu/kev/zavPrace/281.pdf (15.2.2011)

23) http://www.tzb-info.cz/4469-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-ii-dil (15.2.2011)

# 8. Přílohy

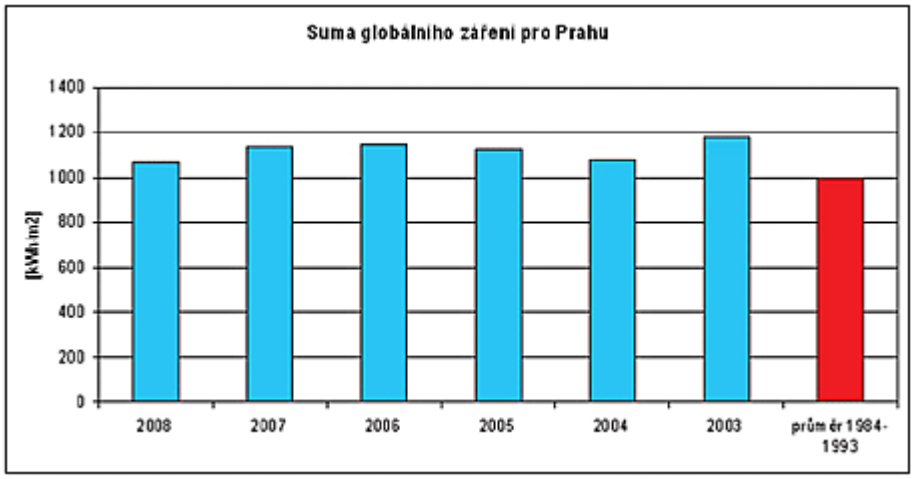
Graf č.4: Porovnání roční doby slunečního svitu s dlouhodobým a krátkodobým průměrem. Data: ČHMÚ.

Zdroj: http://fotovoltaika.ekowatt.cz/stanoveni-dopadajici-slunecni-energie.php (20.4.2010)




Graf č.5: Porovnání celkové roční dopadající solární energie. Data: ČHMÚ, EkoWATT.

Zdroj: http://fotovoltaika.ekowatt.cz/stanoveni-dopadajici-slunecni-energie.php (20.4.2010)



Obrázek č.6:
Zdroj: http://www.mojeslunce.cz/kratce-o-fotovoltaice/slunecni-energie-v-cr/ (20.4.2010)

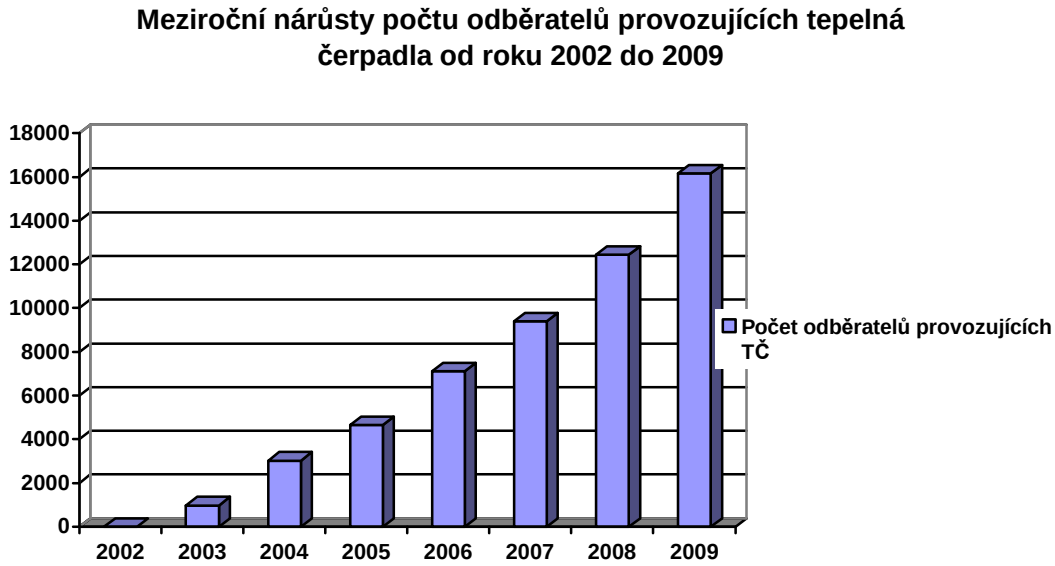
Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR

Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1 460 hodin za rok (od 1400 do 1700 h/rok).

| Město | Měsíc/počet hodin v měsíci | | | | | | | | | | | | CELKEM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. | (h/rok) |
| **Brno** | 41 | 67 | 127 | 159 | 224 | 218 | 212 | 219 | 155 | 117 | 44 | 37 | 1 620 |
| **České Budějovice** | 41 | 60 | 124 | 137 | 195 | 197 | 181 | 199 | 138 | 97 | 55 | 43 | 1 467 |
| **Hradec Králové** | 31 | 61 | 120 | 149 | 217 | 206 | 192 | 211 | 153 | 107 | 45 | 29 | 1 521 |
| **Cheb** | 36 | 48 | 111 | 135 | 183 | 176 | 172 | 191 | 133 | 96 | 37 | 32 | 1 350 |
| **Karlovy Vary** | 40 | 55 | 121 | 145 | 187 | 187 | 207 | 207 | 142 | 115 | 41 | 26 | 1 473 |
| **Olomouc** | 37 | 62 | 117 | 155 | 210 | 205 | 212 | 213 | 138 | 118 | 43 | 32 | 1 542 |
| **Opava** | 43 | 57 | 118 | 135 | 190 | 185 | 184 | 194 | 134 | 106 | 56 | 46 | 1 448 |
| **Ostrava** | 40 | 57 | 119 | 135 | 191 | 191 | 183 | 193 | 138 | 108 | 49 | 42 | 1 446 |
| **Plzeň** | 31 | 56 | 118 | 139 | 195 | 200 | 197 | 202 | 134 | 86 | 46 | 37 | 1 441 |
| **Praha** | 43 | 62 | 128 | 149 | 208 | 210 | 204 | 214 | 150 | 103 | 55 | 47 | 1 573 |
| **Prostějov** | 31 | 54 | 103 | 137 | 192 | 191 | 191 | 200 | 136 | 100 | 37 | 27 | 1 399 |
| **Ústí nad Labem** | 22 | 40 | 93 | 126 | 179 | 159 | 163 | 181 | 118 | 71 | 28 | 17 | 1 197 |
| **Znojmo** | 50 | 71 | 138 | 164 | 226 | 217 | 215 | 227 | 166 | 131 | 58 | 52 | 1 715 |

Obrázek č.7:
Zdroj: http://www.klima-classic.cz/item-prednosti-estia (15.2.2011)

Graf č.6:
Zdroj: http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/statistiky-energetika/ (2.11.2010)



Doplňkové Analýzy pro váhy kritérií stanovené Párovým porovnáním (Zdroj:Autor):

**Tabulka č.28 Analýza 1 - Doplňková informace AGREPREF pro model:** Párové Porovnání

| ***Relační matice*** | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0** | **0** |
| ***TČ V2*** | **1** | **0** | **0** |
| ***KOTEL V3*** | **1** | **1** | **0** |

**Tabulka č.29 Analýza 2 - vážený součet pro model** Párové Porovnání

| | **K1** | **K2** | **K3** | **K4** | **K5** | **K6** | **K7** | **K8** | **K9** | **K10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *V1* | **0,2** | **0** | **0** | **0,5** | **0** | **0** | **0** | **1** | **0,5** | **0** |
| *V2* | **0** | **0,253731** | **0,740881** | **0** | **0,4** | **0,666667** | **0,807692** | **0,625** | **1** | **0,666667** |
| *V3* | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| *Id. var.* | **18** | **126** | **17,25** | **30** | **0,1** | **3** | **1,65** | **8** | **9** | **0,95** |
| *Baz. var.* | **8** | **327** | **25,2** | **20** | **0,05** | **15** | **2,17** | **0** | **5** | **0,65** |

**Tabulka č.30 Analýza 3 - TOPSIS pro model** Párové Porovnání

| | **K1** | **K2** | **K3** | **K4** | **K5** | **K6** | **K7** | **K8** | **K9** | **K10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***V1*** | **0,06033** | **0** | **0** | **0,0251** | **0,04216** | **0** | **0** | **0,0187** | **0,0124** | **0,09103** |
| ***V2*** | **0,04826** | **0,02735** | **0,0793** | **0,0201** | **0,05902** | **0,0617** | **0,06989** | **0,0117** | **0,01594** | **0,11904** |
| ***V3*** | **0,10859** | **0,10781** | **0,1071** | **0,0302** | **0,08432** | **0,0925** | **0,08653** | **0** | **0,0089** | **0,13305** |
| ***Id. var.*** | **18** | **201** | **7,95** | **30** | **0,1** | **12** | **0,52** | **8** | **9** | **0,95** |
| ***Baz. var.*** | **8** | **0** | **0** | **20** | **0,05** | **0** | **0** | **0** | **5** | **0,65** |

**Tabulka č.30 Analýza 4 - Doplňková informace ORESTE pro model** Párové Porovnání

| Matice preferenčních vztahů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **Indiferentní** | **Horší** | **Horší** |
| ***TČ V2*** | **Lepší** | **Indiferentní** | **Horší** |
| ***KOTEL V3*** | **Lepší** | **Lepší** | **Indiferentní** |

| Matice normalizovaných preferenčních intenzit | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0,03** | **0,03** |
| ***TČ V2*** | **0,13** | **0** | **0,03** |
| ***KOTEL V3*** | **0,23** | **0,13** | **0** |

**Tabulka č.31 Analýza 5 - Doplňková informace PROMETHEE pro model** Párové Porovnání

| Matice globálních preferenčních indexů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** | ***Kladný tok*** |
|---|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | - | **0,01994** | **0,004409** | **0,012174** |
| ***TČ V2*** | **0,08006** | - | **0,004409** | **0,042234** |
| ***KOTEL V3*** | **0,095591** | **0,095591** | - | **0,095591** |
| ***Záporný tok*** | **0,087826** | **0,057766** | **0,004409** | |

**Tabulka č.32 Analýza 6 - Doplňková informace metody MAPPAC pro model** Párové Porovnání

| Matice agregovaných preferenčních indexů | ***SOLAR V1*** | ***TČ V2*** | ***KOTEL V3*** |
|---|---|---|---|
| ***SOLAR V1*** | **0** | **0,152015484** | **0,038238876** |
| ***TČ V2*** | **0,847984516** | **0** | **0,069443743** |
| ***KOTEL V3*** | **0,961761124** | **0,930556257** | **0** |

Doplňkové Analýzy pro váhy kritérií stanovené SAATYHO metodou (Zdroj:Autor):

**Tabulka č.33 Analýza 1 - Doplňková informace metody AGREPREF pro model:** SAATYHO

| *Relační matice* | *SOLAR V1* | *TČ V2* | *KOTEL V3* |
|---|---|---|---|
| *SOLAR V1* | 0 | 0 | 0 |
| *TČ V2* | 1 | 0 | 0 |
| *KOTEL V3* | 1 | 1 | 0 |

**Tabulka č.34 Analýza 2 - vážený součet pro model** SAATYHO

| | *K1* | *K2* | *K3* | *K4* | *K5* | *K6* | *K7* | *K8* | *K9* | *K10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *V1* | 0,2 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0 |
| *V2* | 0 | 0,253731 | 0,740881 | 0 | 0,4 | 0,666667 | 0,807692 | 0,625 | 1 | 0,666667 |
| *V3* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Id. var. | 18 | 126 | 17,25 | 30 | 0,1 | 3 | 1,65 | 8 | 9 | 0,95 |
| Baz. var. | 8 | 327 | 25,2 | 20 | 0,05 | 15 | 2,17 | 0 | 5 | 0,65 |

**Tabulka č.35 Analýza 3 - TOPSIS pro model** SAATYHO

| | *K1* | *K2* | *K3* | *K4* | *K5* | *K6* | *K7* | *K8* | *K9* | *K10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *V1* | 0,03577 | 0 | 0 | 0,0187 | 0,02974 | 0 | 0 | 0,01416 | 0,0134 | 0,16591 |
| *V2* | 0,02862 | 0,01952 | 0,06405 | 0,015 | 0,04163 | 0,0647 | 0,06294 | 0,00885 | 0,0173 | 0,21695 |
| *V3* | 0,06439 | 0,07692 | 0,08645 | 0,0225 | 0,05948 | 0,0971 | 0,07793 | 0 | 0,0096 | 0,24248 |
| Id.var. | 18 | 201 | 7,95 | 30 | 0,1 | 12 | 0,52 | 8 | 9 | 0,95 |
| Baz.var. | 8 | 0 | 0 | 20 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0,65 |

**Tabulka č.36 Analýza 4 - Doplňková informace ORESTE pro model** SAATYHO

| Matice preferenčních vztahů | *SOLAR V1* | *TČ V2* | *KOTEL V3* |
|---|---|---|---|
| *SOLAR V1* | Indiferentní | Indiferentní | Horší |
| *TČ V2* | Indiferentní | Indiferentní | Indiferentní |
| *KOTEL V3* | Lepší | Indiferentní | Indiferentní |

| Matice normalizovaných preferenčních intenzit | *SOLAR V1* | *TČ V2* | *KOTEL V3* |
|---|---|---|---|
| *SOLAR V1* | 0 | 0,015 | 0,015 |
| *TČ V2* | 0,06 | 0 | 0,015 |
| *KOTEL V3* | 0,105 | 0,06 | 0 |

**Tabulka č.37 Analýza 5 - Doplňková informace metody PROMETHEE pro model** SAATYHO

| Matice globálních preferenčních indexů | *SOLAR V1* | *TČ V2* | *KOTEL V3* | *Kladný tok* |
|---|---|---|---|---|
| *SOLAR V1* | - | 0,012862 | 0,004061 | 0,008462 |
| *TČ V2* | 0,087138 | - | 0,004061 | 0,045599 |
| *KOTEL V3* | 0,095939 | 0,095939 | - | 0,095939 |
| *Záporný tok* | 0,091538 | 0,054401 | 0,004061 | |

**Tabulka č.38 Analýza 6 - Doplňková informace metody MAPPAC pro model** SAATYHO

| Matice agregovaných preferenčních indexů | *SOLAR V1* | *TČ V2* | *KOTEL V3* |
|---|---|---|---|
| *SOLAR V1* | 0 | 0,096396622 | 0,033882592 |
| *TČ V2* | 0,903603378 | 0 | 0,065284809 |
| *KOTEL V3* | 0,966117408 | 0,934715191 | 0 |

## 8.1 Seznam Tabulek

Tabulka č. 1 Produkční výkon (str.5)
Tabulka č. 2 Celkový investiční náklad (str.6)
Tabulka č. 3 Provozní náklady jednoho roku cyklu (str.7)
Tabulka č. 4 Doba životnosti (str.7)
Tabulka č. 5 Koeficient efektivnosti (str.7)
Tabulka č. 6 Doba návratnosti (str.8)
Tabulka č. 7 Cena jednotky energie (str.8)
Tabulka č. 8 Dotační + systémový podpory (str.8)
Tabulka č. 9 Hodnocení celkového přenosového efektu OZE (str.9)
Tabulka č.10 Míra spolehlivosti provozu (str.9)
Tabulka č.11 Výše podpory v oblasti C.1 a C.2 (str.17)
Tabulka č.12 Výše podpory v oblasti C.3.2 (str.17)
Tabulka č.13 Výše podpory v oblasti C.3.2 pro zpracování projektů a výpočtů (str.17)
Tabulka č.14 Párové porovnání (str.31)
Tabulka č.15 Stanovení vah kritérií podle SAATYHO metody (str.31)
Tabulka č.16 Kriteriální matice se stanovenými váhami kritérií (str.32)
Tabulka č.17 Výsledek Pořadí variant Konstantní váhy (str.32)
Tabulka č.18 Analýza 1 - AGREPREF Doplňková informace metody AGREPREF pro model: Konstantní váhy (str.32)
Tabulka č.19 Analýza 2 - vážený součet pro model Konstantní váhy (str.33)
Tabulka č.20 Analýza 3 - TOPSYS pro model Konstantní váhy (str.33)
Tabulka č.21 Analýza 4 - Doplňková info. ORESTE model Konstantní váhy (str.34)
Tabulka č.22 Analýza 5 - Doplňková informace metody PROMETHEE pro model Konstantní váhy (str.34)
Tabulka č.23 Analýza 6 - Doplňková informace metody MAPPAC pro model Konstantní váhy (str.34)
Tabulka č.24 Tabulka č.8 Výsledek Pořadí variant Párové Porovnání (str.35)
Tabulka č.25 Výsledek Pořadí variant dle SAATYHO (str.35)
Tabulka č.26 Výsledek Pořadí variant (str.36)
Tabulka č.27 Přehled výsledků hodnocení inv. Ref. Investice V4 – Elektrokotel (str.37)
Tabulka č.28 Analýza 1 - Doplňková info.metody AGREPREF model P.P. (str.47)

Tabulka č.29 Analýza 2 - vážený součet pro model Párové Porovnání (str.47)
Tabulka č.30 Analýza 3 - TOPSIS pro model Párové Porovnání (str.47)
Tabulka č.30 Analýza 4 - Doplňková informace ORESTE model Pár. Porov. (str.47)
Tabulka č.31 Analýza 5 - Doplňková informace metody PROMETHEE pro model Párové Porovnání (str.47)
Tabulka č.32 Analýza 6 - Doplňková info. MAPPAC model Pár. Porovnání (str.47)
Tabulka č.33 Analýza 1 - Doplňková info. AGREPREF model SAATYHO (str.48)
Tabulka č.34 Analýza 2 - vážený součet pro model SAATYHO (str.48)
Tabulka č.35 Analýza 3 - TOPSIS pro model SAATYHO (str.48)
Tabulka č.36 Analýza 4 - Doplňková informace ORESTE model SAATYHO (str.48)
Tabulka č.37 Analýza 5 - Doplňková info. PROMETHEE model SAATYHO (str.48)
Tabulka č.38 Analýza 6 - Doplňková informace MAPPAC model SAATYHO (str.48)

## 8.2 Seznam obrázků a grafů

Obrázek č.1 Solárně-Termická soustava (str.19)
Obrázek č.2 Soustava Tepelného čerpadla (str.23)
Obrázek č.3 Solar – Solar paket Vytápění Komfort (str.27)
Obrázek č.4 (TČ – Estia) Instalace 1 zóny topení a chlazení (str.28)
Obrázek č.5 Kotel – DOR (str.31)
Obrázek č.6 Ilustrační mapa globálního slunečního záření na území ČR (str.45)
Obrázek č.7 Tepelné čerpadlo TOSHIBA ESTIA (str.46)

Graf č. 1 Vlastní graf celkového pořadí variant podle druhu vah (str.36)
Graf č. 2 Doba návratnosti investic bez dotací (str.39)
Graf č. 3 Doba návratnosti investic s dotacemi (str.39)
Graf č. 4 Porovnání roční doby slunečního svitu s dlouhodobým a krátkodobým průměrem. Data: ČHMÚ. (str.44)
Graf č. 5 Porovnání celkové roční dopadající solární energie. Data: ČHMÚ, EkoWATT (str.44)
Graf č. 6 Meziroční nárůsty počtu odběratelů provozujících tepelná čerpadla od roku 2002 do 2009 (str.46)

## 8.3 Seznam zkratek

| | |
|---|---|
| OZE | - obnovitelné zdroje energie |
| EU | - Evropská unie |
| ČR | - Česká republika |
| ČNB | - Česká národní banka |
| V1 SOLAR | - varianta č.1 solárně-termický systém v kombinaci se stávajícím plynovým kotlem |
| V2 TČ | - varianta č.2 systém s tepelným čerpadlem s elektrickým doohřevem |
| V3 KOTEL | - varianta č.3 systém s kotlem na tuhé palivo |
| TUV | - teplá užitková voda |
| MCA | - multi-criteria analysis – vícekriteriální analýza |
| cash-flow | - čisté peněžní příjmy |
| NPV | - Net Preset Value - čistá současná hodnota |
| IRR | - Internal Rate of return – vnitřní výnosové procento |
| CIN | - Celkové investiční náklady |
| metoda AGREPREF | - Agregation Preferences |
| metoda váženého součtu (WSA) | - Weighted Sum Approach |
| metoda TOPSIS | - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution |
| metoda ORESTE | - Organisation, Rangement Et Synthese de dones relaTionnElles |
| metoda PROMETHEE | - Preference Ranking Organistion Method for Enrichment Evaluations |
| metoda MAPPAC | - Multicriterion Analysis of Preference by means of Pairwise Alternatives and Criterion comparisons |