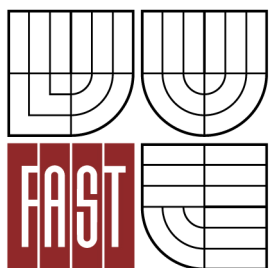




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE PRO BYTOVÉ DOMY

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FOR RESIDENTIAL HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JOSEF BERGR

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Josef Bergr

Název Obnovitelné zdroje energie pro bytové domy

Vedoucí bakalářské práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2012

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

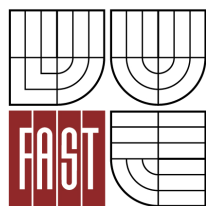
- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
 - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran.
 - B. Výpočtová část,
 - ♣ analýza objektu – koncepční řešení obnovitelných zdrojů,
 - ♣ výpočet tepelného výkonu s ohledem na typ budovy,
 - ♣ koncepční návrh studie možných variant, obnovitelných zdrojů,
 - ♣ detailní rozbor vybrané varianty,
 - ♣ dimenzování vybraného systému obnovitelných zdrojů,
 - ♣ schéma zapojení systému MaR obnovitelného zdroje,
 - C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20) a blokové schéma systému regulace, technická zpráva.
- j) závěr,
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

Předepsané přílohy

.....

Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Autor práce Josef Bergr

Škola Vysoké učení technické v Brně
Fakulta Stavební
Ústav Ústav technických zařízení budov
Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby
Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Obnovitelné zdroje energie pro bytové domy
Název práce v anglickém jazyce Renewable sources of energy for residential houses
Typ práce Bakalářská práce
Přidělovaný titul Bc.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze PDF

Anotace práce Cílem bakalářské práce „Obnovitelné zdroje energie pro bytové domy“ je zvolení nejlepšího alternativního zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody a to z finančního hlediska. Proto je významná část práce věnována ekonomickému posouzení. V první části jsou zvoleny jednotlivé kombinace systémů, které jsou následně finančně oceněny a v druhé části jsou počítány celkové finanční náklady za dobu životnosti jednotlivých systémů. Je vybrán nejlevnější systém, který je podroben detailní analýze a je vyhotoven graf finančních nákladů, který je přesnější a provede se jeho dimenzování a realizační projekt. Teoretická část zmiňuje právní předpisy a dále se zabývá přístupem k navrhování obnovitelných zdrojů a v další části je stručný přehled této problematiky.

Anotace práce v anglickém jazyce Aim of the bachelor thesis „Renewable sources of energy for residential houses“, is the choice of the best alternative heat sources for heating and for hot water from a financial point of view. Therefore, a significant part of the thesis dedicated to economic assessment. In the first part are selected each

combination of systems that will be rewarded in the second part are calculated total financial costs over the life of the individual systems. It selected the cheapest system that is subjected to detailed analysis and prepare a chart of financial costs, which is more accurate and performs its design and implementation project. The theoretical part of the legislation mentions and describes the approach to the design of renewable energy and other section is a brief overview of this issue.

Klíčová slova Vytápění, tepelná ztráta, ohřev teplé vody, obnovitelné zdroje, tepelná čerpadla, topný faktor, koncepční řešení obnovitelných zdrojů, finanční analýza, finanční návratnost

Klíčová slova v anglickém jazyce Heating, heat loss, hot water, renewable energy, heat pumps, heating factor, conceptual solutions renewable resources, financial analysis, financial return

Bibliografická citace VŠKP

BERGR, Josef. *Obnovitelné zdroje energie pro bytové domy*. Brno, 2013. 134 s., 10 příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2013

.....
podpis autora
Josef Bergr

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 19. 5. 2013

.....
podpis autora
Josef Bergr

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marianovi Formánkovi, Ph.D. za trpělivost, cenné rady a ochotu.

OBSAH

1 ÚVOD	12
2. VLASTNÍ PROJEKT	
A. TEORETICKÁ ČÁST	13
1 ÚVOD	14
2 LEGISLATIVA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	15
2.1 MEZINÁRODNÍ DOKUMENTY	15
2.1.1 KJÓTSKÝ PROTOKOL K RÁMCOVÉ ÚMLUVĚ OSN O ZMĚNĚ KLIMATU	15
2.1.2 BÍLÁ KNIHA, PŘECHOD K OBNOVITELNÝM ZDROJŮM ENERGIE BUDOUCNOSTI	16
2.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY V ČR	16
3 PŘEHLED SPOTŘEBY ENERGÍ PRO ČR A POTENCIÁL OZE	17
4 OBECNÝ POSTUP NÁVRHU OZE	18
4.1 VIZE (INVESTIČNÍ ZÁMĚR)	18
4.1.1 NEJČASTĚJŠÍ PRIORITY	18
4.1.1.1 FINANCE	18
4.1.1.2 SOBĚSTAČNOST	19
4.1.1.3 ENVIRONMENTÁLNÍ HLEDISKO	19
4.1.1.4 ZVÝŠENÍ KVALITY ŽIVOTA	19
4.2 OKRAJOVÉ PODMÍNKY OKOLÍ	19
4.2.1 CENY ENERGÍ V DANÉ LOKALITĚ	20
4.2.2 MOŽNOST ZÍSKÁVÁNÍ ENERGÍ	20
4.2.3 TECHNICKÉ	20
4.2.4 URBANISTICKÉ	20
4.2.5 OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ	20
4.2.6 DISPOZIČNÍ	21
4.3 KONCEPČNÍ NÁVRH SYSTÉMU OZE A SYSTÉMU BEZ OZE	21
4.4 DETAILNÍ ROZBOR VYBRANÉ VARIANTY	21
5 STRUČNÝ PŘEHLED OZE A SYSTÉMŮ NA JEJICH ZACHYCOVÁNÍ	23
5.1 SOLÁRNÍ ENERGIE	23
5.1.1 SOLÁRNÍ TERMICKÉ KOLEKTORY	24
5.2 VĚTRNÁ ENERGIE	28
5.3 VODNÍ ENERGIE	29
5.3.1 ENERGIE MOŘÍ	29
5.3.2 VODNÍ ENERGIE V ČR	29
5.4 ENERGIE BIOMASY	30
5.5 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	32

5.5.1	VÝHODY GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	32
5.5.2	ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	32
5.6	ENERGIE PROSTŘEDÍ – TEPELNÁ ČERPADLA	33
6	ZÁVĚR	34
B.	VÝPOČTOVÁ ČÁST	36
-	ANALÝZA OBJEKTU – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	37
-	VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU S OHLEDEM NA TYP BUDOVY	40
-	KONCEPČNÍ NÁVRH STUDIE MOŽNÝCH VARIANT OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	52
-	DETAILNÍ ROZBOR VYBRANÉ VARIANTY	75
-	DIMENZOVÁNÍ VYBRANÉHO SYSTÉMU OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	86
-	SCHÉMA ZAPOJENÍ SYSTÉMU MĀR OBNOVITELNÉHO ZDROJE	123
C.	PROJEKT	124
-	TECHNICKÁ ZPRÁVA	125
3	ZÁVĚR	129
4	POUŽITÉ ZDROJE	130
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	131
6	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	133
7	SEZNAM PŘÍLOH	134

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá návrhem obnovitelného zdroje energie pro bytový dům nejvíce z finančního hlediska. Objekt je samostatně stojící a realizován zhruba pro 60 osob. Je součástí městské zástavby menšího města Jičín. Od tohoto místa se odvíjí klimatické podmínky. Objekt má 4 nadzemní podlaží v první části a ve druhé jsou 3 nadzemní podlaží. Jsou zde malé byty. Celý objekt je podsklepený, kde se nachází garážová stání a sklepní kóje. Obvodové zdivo je z . orothermu 30 P+D a je zateplen pěnovým polystyrenem tloušťky 150 mm. Okna jsou plastová a střecha je sedlová. Objekt je velmi členitý.

Teoretická část zmiňuje nejhlavnější právní předpisy EU a ČR obnovitelných zdrojů a popisuje v kostce dosáhnoutí jejich cílů. Ve druhé části je popsán přístup k navrhování obnovitelných zdrojů. Zmiňuje, z jakých hledisek můžeme systém posuzovat a jak dále pokračovat v návrhu. Poté následuje stručný přehled obnovitelných zdrojů energie. V této kapitole jsem zmínil problém o zvolení správného vzorce při návrhu solárního systému. Je zde i pojednáno o potenciálu různých druhů OZE.

Cílem praktické části bylo zvolit takový zdroj tepla, který se bude jevit jako finančně nejlepším řešením. Je důležité zmínit, z jakých podmínek vychází finanční analýza. Investor má finanční prostředky na zaplacení počáteční investice a nemusí si tak půjčovat od banky, kde by musel splácet i úroky, čímž by se větší počáteční investice stala více nevýhodnou za předpokladu, že v období splácení bude inflace menší než úrok, za který banka půjčila peníze a za předpokladu, že investor bude mít větší příjem o stejné procento jako je inflace. Nejsou zde uvažovány ani ušlé investice, které by zase jako v prvním případě ovlivnily pozitivně minimální počáteční investici a negativní dopad by měly na investici maximální. Toto není ve finanční analýze zahrnuto. Pokud by však vyšly dvě varianty podobně, je lepší volit tu, která má menší počáteční náklady. Po zvolení nejlepší varianty se zhotoví ještě její detailní rozbor, který by v sobě měl obsahovat další varianty. Z nich se zvolí nejoptimálnější řešení a zkontroluje se, zda se blížíme hodnotám, které byly uvažovány v předchozí analýze a zda je daná kombinace stále tou nejlepší. Pokud ano, tak se již klasicky nadimenzují prvky, které jsou potřeba k fungování systému. Této problematice byl věnován největší prostor, protože peníze jsou jedna z hlavních věcí, které brání rychlejšímu rozšiřování obnovitelných zdrojů energie.

A. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD

V současné době jako lidstvo čelíme problému, který se týká nadměrného spotřebovávání energie pro komfort potřeb tzv. „západního člověka“. Dalším problémem je, že narůstá počet lidí, kteří do této kategorie patří. Energii je však nutné z něčeho vyrobit. Dnes ji dokážeme získat buď z nerostných surovin nebo z obnovitelných zdrojů. Do nerostných zdrojů se především řadí zemní plyn, ropa a různé druhy uhlí. Jelikož jejich přeměna z prvotního materiálu je záležitostí několika milionů let a lidstvo tyto zásoby spotřebovává pouze několik set let, tak se rozhodně nedá říci, že jde o nevyčerpatelný zdroj. Navíc se k tomuto problému řadí ještě další negativní dopad a to je znečišťování životního prostředí. Spalováním těchto paliv vznikají sloučeniny, které způsobují vliv měsíční krajiny. Proto je třeba zabývat se hledáním alternativních možností ohledně získávání energie. Jedná se o obnovitelné zdroje energie, které neustále doplňují svoji hodnotu, a které nelze vyčerpat za miliony let. Do této kategorie zdrojů náleží Slunce, voda, biomasa, vítr, energie zemského jádra. Vzhledem ke skutečnosti, že stále více lidí ze třetího světa, kde jich i nadále rapidně přibývá, si mohou dovolit spotřebovávat stále více energie, je nevyhnutelné, aby se státy západního světa staly méně závislými na těchto komoditách.

2 LEGISLATIVA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

2.1 Mezinárodní dokumenty

2.1.1 Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat na Třetí konferenci smluvních stran v Kjótu 11. 12. 1997. Kjótský protokol vstoupil v platnost více než 7 let po svém vzniku.

Protokol je zaměřen na stanovení kvantitativních redukčních emisních cílů smluvních států a na způsoby jejich dosažení. Kromě preambule obsahuje 28 článků a dva dodatky. Státům Dodatku I ukládá, aby do prvního kontrolního období (2008-2012) snížily jednotlivě nebo společně emise skleníkových plynů nejméně o 5,2.% v porovnání se stavem v roce 1990.

Jednotlivým státům Dodatku I Protokol stanovuje redukční cíle uvedené v následující tabulce:

hodnota emisní redukce	státy
8 %	Belgie, Bulharsko, Česká republika, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Irsko, Itálie, Lichtenštejnsko, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Monako, Nizozemí, Německo, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Španělsko, Švédsko
7 %	USA
6 %	Japonsko, Kanada, Maďarsko, Polsko
5 %	Chorvatsko
0 %	Nový Zéland, Ruská federace, Ukrajina
- 1 %	Norsko
- 8 %	Austrálie
- 10 %	Island

Tab. 1 Stanovené redukční cíle jednotlivým státům Dodatku I Protokolu [1]

2.1.2 Bílá kniha, Přechod k obnovitelným zdrojům energie budoucnosti

Bílá kniha, vydaná v roce 2003 organizací ISES¹, uvádí důvody pro zavedení účinných vládních politik celosvětového využívání obnovitelných zdrojů energie a zároveň poskytuje informace, jak zavedení těchto účinných vládních politik urychlit. Cílem Bílé knihy je sloužit jako základ proto, aby vlády mohly s důvěrou přijmout politiky, které zahájí systematický celosvětový přechod na využívání obnovitelných zdrojů energie. Tezí Bílé knihy je, že celosvětové úsilí o přechod k obnovitelným zdrojům energie by se mělo stát jedním z hlavních bodů národních i mezinárodních politických programů, a to právě v této době.

Bílá kniha také uvádí tři hlavní okolnosti, které mají vést státní politiku k přechodu na obnovitelné zdroje energie. Jsou to:

- nově vznikající a lépe pochopené problémy životního prostředí
- potřeba snížit rizika vyplývající z hrozby teroristických útoků na „snadné cíle“ a z hrozby zhroucení technologií, na kterých společnost závisí
- přitažlivost ekonomických a environmentálních příležitostí, které vznikají během přechodu na obnovitelné zdroje energie

2.2 Právní předpisy v ČR

Stabilní zásobování a hospodaření s energií je jednou ze základních funkcí, které musí moderní stát zajišťovat. V ČR k tomu napomáhají zejména tyto tři instituce – Ministerstvo životního prostředí (MŽP), Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) a Energetický regulační úřad (ERÚ).

- Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů na roky 2006 -2009
- Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie
- Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů vyhlašovaný každoročně vládou ČR
- oopoeeee

Zákon 406/2000 Sbírky, o hospodaření energií stanoví práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, současně přispívá k šetrnému využívání přírodních zdrojů a ochraně životního prostředí v České republice, ke zvyšování hospodárnosti užití energie, konkurenceschopnosti, spolehlivosti při zásobování energií a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti [2].

¹ International Solar Energy Society

3 PŘEHLED SPOTŘEBY ENERGIÍ PRO ČR A POTENCIÁL OZE

Podíly na spotřebě energetických zdrojů	Stav v roce 2000	2005	2030
Tuhá paliva:	52,4%	42,5%	30,5%
HU	36,6%	29,3%	20,8%
ČU	15,8%	13,2%	9,7%
Plynná paliva:	18,9%	21,6%	20,6%
Kapalná paliva:	18,6%	15,7%	11,9%
Jaderné palivo:	8,9%	16,5%	20,9%
Obnovitelné zdroje:	2,6%	5,4%	15,7%

Tab. 2 Rekapitulace struktury spotřeby primárních zdrojů energie[4]

Podíly na výrobě elektřiny	Stav v roce 2000	2005	2030
Tuhá paliva:	70,5%	55,5%	36,8%
HU	58,4%	48,9%	31,9%
ČU	12,1%	6,6%	4,9%
Plynná paliva:	6,4%	4,7%	7,2%
Kapalná paliva:	2,2%	1,1%	0,4%
Jaderné palivo:	18,4%	33,3%	38,6%
Obnovitelné zdroje:	2,3%	5,3%	16,9%

Tab. 3 Rekapitulace podílu na výrobě elektřiny [4]

V předchozích tabulkách můžeme vidět, jaké je předpokládané procentuální přerozdělení jednotlivých paliv pro budoucí vývoj v české energetice. Na výrobu elektřiny v budoucích letech se budeme snažit získávat energii zejména z jaderného paliva a obnovitelných zdrojů.

PJ	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
vodní	8,6	7,7	8,1	8,7	8,8	8,9	9,2	9,2
větrná	0,1	2,2	6,3	9,2	13,0	17,0	19,8	21,6
biomasa	70,5	108,3	161,6	214,1	235,5	246,0	263	280
solární energie	0,1	0,8	2,8	5,8	13,4	24,5	50,7	74,0
geotermální energie	0,5	2,2	6,2	12,2	17,1	23,4	38,3	63
celkem	80	121	185,4	250	288	320	381	448

Tab. 4 Dlouhodobý výhled primární energie z obnovitelných zdrojů [4]

Na této tabulce je patrné, že největší energetický přínos do skupiny obnovitelných zdrojů bude mít biomasa. Na druhou stranu vidíme, že energie získávána z vodních toků roste nejpomaleji

ze všech zmiňovaných OZE, protože v ČR je již potenciál velkých říčních toků víceméně vyčerpan.

	Podíly v PEZ, %					Podíly ve výrobě elektřiny, %				
	2005	2010	2020	2030	2045	2005	2010	2020	2030	2045
Tuzemská fosilní paliva	54,3	41,8	26,8	12,0	4,1	59,0	54,9	44,5	17,3	5,3
Dovozová fosilní paliva	30,0	38,2	47,5	49,9	52,7	5,8	6,0	10,7	11,3	9,4
Jaderná paliva	15,1	16,5	16,7	25,8	26,9	31,5	34,4	34,8	54,0	52,1
Obnovitelné zdroje energie	3,1	4,8	9,0	12,3	16,3	3,7	4,7	10,0	17,4	33,2
Elektřina saldo dovoz-vývoz	-2,5	-1,3	0,0	0,0	0,0					

Tab. 5 Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě energie [4]

V této tabulce je vidět, že roste spíše zastoupení na hrazení spotřeby elektrické energie obnovitelnými zdroji, než na hrazení spotřeby energie obecně.

4 OBECNÝ POSTUP NÁVRHU OZE

4.1 Vize (investiční záměr)

Musíme znát priority a podmínky, kterých chceme návrhem dosáhnout. Nejčastěji je to investor, který udává svůj záměr a cílem projektanta je uspokojit jeho vizi.

4.1.1 Nejčastější Priority

4.1.1.1 Finance

Z drtivé většiny jsou požadavkem na OZE právě finance. Nejčastější otázkou je právě finanční návratnost vložených investic do systému s OZE a porovnání s klasickými systémy. Toto je právě jedno ze ztěžejších kritérií, které by měl věnovat pozornost projektant. Měl by zjistit finanční stav investora a jeho očekávaný tok finančních prostředků v nadcházejících letech po dobu životnosti navrhovaného systému. Někteří investoři nemohou vložit vysokou počáteční investici z vlastních prostředků, a proto by si museli půjčit peníze za úrok v bance, který by samozřejmě velice ovlivnil ekonomickou analýzu. Naopak jiní investoři oplývají velkou finanční sumou a tak by se také měla zvážet skutečnost, zda je lepší investovat finanční prostředky do jiného sektoru, například do nemovitostí. Po určení investičních mantinelů má projektant přehled o tom, kde by se měl pohybovat, aby pro investora byly počáteční a provozní náklady nejvýhodnější. Pro tuto vizi se nejčastěji uplatňuje jeden typ z OZE, protože výkon ku ceně je tím příznivější, čím je zdroj výkonnější.

4.1.1.2 Soběstačnost

Další prioritou investorů bývá soběstačnost objektu. Ale v našich zeměpisných podmínkách se toho dá jen velice těžko dosáhnout na 100 %, avšak pokud bychom přeci jen dosáhli soběstačnosti objektu, tak by cena byla velice vysoká a celý projekt neekonomický. Nejspíš by ani z environmentálního hlediska systém nebyl dobrý, protože spotřeba materiálu a produkce CO₂ na primární straně výroby zařízení by byla vyšší, než by systém za svou dobu životnosti ušetřil. U takovýchto domů je spíše důležitý samotný návrh a osazení objektu do krajiny a proškolení uživatelů objektu. Za těchto splněných podmínek má teprve cenu navrhovat zařízení, které dá objektu název „soběstačný“. Aby se stal objekt soběstačným nestačí zpravidla jen jeden systém z alternativních druhů, ale je zde hned několik zařízení, které umí pracovat s energií prostředí a to tak, že jejich výkon by měl být co nejlépe rozvržen v čase. Například solární kolektory termické, fotovoltaické, malé větrné, či vodní elektrárny, tepelná čerpadla nebo využití energie z biomasy.

4.1.1.3 Environmentální hledisko

U tohoto hlediska chceme dosáhnout co možná nejmenšího znečištění planety. Většinou se přepočítávají škodliviny na tzv. váženou produkci CO₂. Produkce CO₂ se dělí na produkci primární a sekundární. Obě složky je velice důležité mít na paměti při návrhu, neboť kdybychom opomněli primární spotřebu na výrobu zařízení, tak bychom se dostali ke zcela špatným výsledkům, protože většinou systémy, které mají menší sekundární produkci, zatěžují planetu primární spotřebou CO₂ více. Je to proto, že je použita složitější výroba těchto systémů, a proto se musí vynaložit více energie na zařízení a továrny, které výsledný materiál produkují. Můj pocit je, že toto hledisko leží někde mezi soběstačností a hlediskem financí.

4.1.1.4 Zvýšení kvality života

Tímto mám na mysli, že pokud použijeme OZE, tak se v místě objektu sníží objem CO₂ a tím selepší ovzduší. Také je zde hledisko pohody člověka a to proto, že pokud navrhujeme OZE, tak je musíme osadit velice kvalitní regulací, aby byla zaručena vysoká účinnost systému. Také mně mohou zlepšit náladu sousedé, kterým se celá věc zalíbí a budou chtít tento systém získávání energie.

4.2 Okrajové podmínky okolí

Pro kvalitní návrh potřebuji znát co nejvíce dat o okolí z dobře zpracované literatury a co je mnohdy lepší, samotné naměřené veličiny u některého podobného stávajícího systému, který i my budeme zkoumat a popřípadě navrhovat. Toto platí dvojnásobně u návrhu OZE. Ale bohužel, dnes ještě nejsou dobře zpracované některé hodnoty. Například při návrhu solárních systému je velice užitečné znát, zda je oblast často postihována inverzí, či mlhami, nebo u vrtů pro tepelná čerpadla se velice často odhadují hodnoty hloubky, která je třeba k bezproblémovému chodu tepelného čerpadla.

4.2.1 Ceny energií v dané lokalitě

Toto je jedna ze stěžejních informací, která nejvíce ovlivňuje provozní náklady zvolených systémů, a proto je třeba dbát na přesnost cen energií.

4.2.2 Možnost získávání energií

Pokud mám možnost levně získat palivové dříví, biomasu, bioplyn atd.

4.2.3 Technické

Do těchto podmínek se řadí například vzdálenosti inženýrských sítí, jejich kapacity, plocha střechy objektu atd.

- Plynofikace

Po velké části republiky je plynofikace, ale pokud bude objekt stát v méně zastavěné části území, kde nebude plyn zaveden, pak není možno počítat se systémem plynového vytápění. Nebo bychom museli mít zásoby paliva uskladněné v nádobách, což je většinou nákladnější varianta.

- Elektřina

Kapacita elektrické přípojky je zde také na místě. Tepelná kompresorová čerpadla mají veliký odběr elektrické energie a je to prvek, který určuje kapacitu přípojky největší vahou.

- Kapacita střešních kolektorů

Omezení osazení kolektorů střešní plochou je často nežádoucí právě u bytových domů, jelikož nejekonomičtější návrh potřebuje určitou plochu kolektorů, která nemusí být dodržena, protože na instalování všech potřebných kolektorů není jednoduše na střeše místo. Tento problém se vyskytl v praktické části bakalářské práce a to mělo za následek prodloužení ekonomické návratnosti za mez vlastní životnosti.

4.2.4 Urbanistické

Zde se jedná o to, zda dovolí technické provedení příslušný úřad. Například realizace plošných kolektorů, hloubkových vrtů nebo objem produkovaných spalín atd.

4.2.5 Okolního prostředí

- Průběh teplot

Tento parametr je důležitý pro: TČ vzduch x voda

- Četnost výskytu mlhy

Solární systémy

- Větrná oblast (intenzita a doba působení větru v měsících)

Větrné elektrárny

- Intenzita a doba slunečního záření

Solární systémy

- Geologické podloží

Potřebuji znát podloží, pokud chci instalovat TČ země x voda, nebo pokud chci instalovat zemní zásobník.

- Zmapování a určení vydatnosti vodních toků

TČ voda x voda

- Hydrogeologie

TČ země x voda ; TČ voda x voda

- Umístění objektu vůči terénu a světovým stranám

Solární systémy

4.2.6 Dispoziční

Zde se jedná například o místo pro skladování tuhých paliv.

4.3 Koncepční návrh systému OZE a systému bez OZE

Při zjištění záměru investora a podmínek okolí mohou začít sestavovat nejvhodnější kombinace právě pro daný objekt.

Projektant by měl zvolit nějaký referenční systém, který je běžný a není v něm obsažen OZE, pokud to podmínky dovolí. K tomuto by se měly stanovit ušetřené investice a tím zjistit výhodnost. Toto je postup, kdy mě zajímá ekonomika věci. Pokud budu analýzou sledovat jiný záměr, například docílení energetické samostatnosti, pak je srovnávání s nějakým druhem běžného systému zbytečné, protože jeho realizace zde nemá význam.

Čím více kombinací pro daný objekt projektant namodeluje, tím větší bude pravděpodobnost, že vybere právě tu nejlepší variantu, která připadá v úvahu. Avšak za předpokladu správných vstupních dat a podmínek!

4.4 Detailní rozbor vybrané varianty

Pokud jsme již vybrali z předchozího kroku daný systém, pak i tento systém musíme podrobit rozboru. Někdy se může stát, že vybraný systém bude horší, než jsme předpokládali v koncepčním návrhu a musíme udělat detailní rozbor druhého nejvýhodnějšího systému.

Měli bychom zde srovnávat komponenty od různých dodavatelů. U zdroje tepla určit optimální poměr výkonu, pokud budu mít více zdrojů tepla a budou řešeny bivalentně.

Počet zdrojů tepla

Zde musíme uvážit, zda se vyplatí osadit jeden zdroj nebo více zdrojů z hlediska finančního, z hlediska regulace a z hlediska životnosti.

Typ regulace

Například u tepelných čerpadel se volí kvalitativní regulace, protože s poklesem teploty otopné vody vzrůstá COP TČ. Pokud bychom ale navrhli regulaci kvantitativní, tak nezvyšujeme COP, ale na druhé straně by vystačila energie dodaná do vyrovnávací nádoby déle.

Určitě by bylo zajímavé prozkoumat výhodnost velké či malé akumulační nádrže, kde zdrojem by bylo například TČ. Měli bychom dva druhy regulace. Kvalitativní a kvantitativní. Teplota vnějšího prostředí v periodě dne se mění s časem. COP TČ je závislý na vypařovací teplotě, tudíž na teplotě vnějšího okolí. Pokud bychom tepelným čerpadlem topili například v denních hodinách, tak by teplota vypařování byla vyšší, než kdybychom topili i přes noc a k ránu. Takže bychom zlepšili COP TČ, ale museli bychom ho nadimenzovat na vyšší výkon a taktéž akumulační nádrž zvětšit adekvátně k uložení množství energie. Poté sem přichází otázka, zda by bylo vhodné zvýšit kondenzační teplotu TČ. Tím bychom zmenšili COP, ale na straně, kde je to pro TČ přijatelnější. Je lepší, aby TČ mělo o 1°C vyšší kondenzační teplotu, než o 1°C nižší vypařovací teplotu. Zjednodušeně se uvádí, že 1°C na straně kondenzace je 1% výkonu a na vypařovací straně je změna teploty o 1°C doprovázena změnou výkonu o 3%.

V této chvíli končí posuzování systému a už se jen nadimenzují jednotlivé komponenty systému.

5 STRUČNÝ PŘEHLED OZE A SYSTÉMŮ NA JEJICH ZACHYCOVÁNÍ

Protože rozsah práce má být 20 stran, tak nebudu popisovat princip všech druhů energií, ale rozepíšu se spíše o problémech, které nastaly při praktické části BC práce.

5.1 Solární energie

Právě Slunce je z velké části zdrojem energií zde na Zemi. Jak větrná, tak energie vodních toků a spousta dalších pochází ze Slunce. Zde jsou dvě tabulky přeměn energie ze Slunce.

Tabulka č.4: Přeměna slunečního záření na elektřinu

Přeměna slunečního záření na elektřinu	Nepřímo	Vodní elektrárny
		Větrné elektrárny
		Tepelné elektrárny spalující biomasu
		Kogenerační jednotky spalující bioplyn
		Speciální zařízení pracující s teplem ze solárních kolektorů
	Přímo	Fotovoltaické panely

Tab. 6 Přeměna slunečního záření na elektřinu [5]

Solární energie může být využita k přeměně světelného záření na teplo – tzv. fototermální přeměna – ta může být buď pasivní, nebo aktivní (tabulka č.5).

Využití solárního záření	Aktivně	Přeměna solárního záření na teplo pomocí kolektorů	Kapalinové
			Vzduchové
		Přeměna solárního záření na elektrickou energii	Fotovoltaické články
			Solárně - termická zařízení
	Pasivně	Přeměna solárního záření na teplo vhodnými architektonickými prvky budov	

Tab. 7 Využití solárního záření [3]

Jak již bylo výše uvedeno, sluneční záření lze neefektivněji přeměňovat na teplo, přeměna na elektřinu je dražší. Přímo ji lze získávat pomocí fotovoltaických panelů, nepřímo pomocí větrných a vodních elektráren nebo tepelných elektráren spalujících biomasu či bioplyn.

5.1.1 Solární termické kolektory

Je to systém, který zachycuje tepelný tok ze slunce a přeměňuje jej na teplo. Účinnost těchto kolektorů bývá okolo 40 – 60 %.

Protože Česká republika zaujímá malé území, tak je zde intenzita slunečního záření velice podobná. Ale větší rozdíl na konečnou výrobu a účinnost kolektorů mají spíše lokální podmínky, jako například častěji se vyskytující oblačnost nebo mlhy v dané lokalitě.

Nejdůležitější podmínky pro návrh kolektorů:

- Určit si, co chceme, aby systém splňoval. (ohřev TV, bazénu, přitápění, celoroční ohřev atd...)
- počet hodin slunečního svitu a intenzita slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory),
- chod ročních venkovních teplot, větru či jiných nepříznivých meteorologických jevů, zejména námrazy, ty určují tepelné ztráty kolektorů,
- orientace, ideální je na jih (případně s mírným odklonem), jihozápadní směr je výhodnější, neboť maximum výkonu nastává obvykle kolem 14. hodiny, kdy jsou v důsledku nejvyšší denní teploty nejnižší tepelné ztráty, automatické natáčení kolektorů za Sluncem je spíše neekonomické,
- sklon slunečních kolektorů, pro celoroční provoz může být 30 až 60° vzhledem k vodorovné rovině, při preferenci výhradně letního provozu 30°, u zimního provozu je výhodnější sklon 60° 90°,
- množství stínících překážek, ideální je celodenní osvit Sluncem, krátkodobé zastínění je přípustné spíše v dopoledních hodinách,
- statické posouzení, zda mohou instalovat panely na střechu
- délka potrubních rozvodů, by měla být co nejkratší s kvalitní izolací (minimalizace tepelné ztráty) a dostatečná izolace akumulční nádrže,

U tohoto návrhu jsem se potýkal s problémem správnosti zvoleného vzorce na výpočet energie. Ve třech různých literaturách byly dva odlišné postupy.

Postup č. 1

$$A) \quad H_{s\,den,skut} = s_m \cdot H_{s\,den,teor} \quad (1.1)$$

$$B) \quad \eta_k = \mu_o - \frac{a_1 \cdot (t_m - t_e)}{G_{stř}} - \frac{a_2 \cdot (t_m - t_e)^2}{G_{stř}} \quad (1.2)$$

$$C) \quad q_k = \eta \cdot H_{s,den,skut} \quad (1.3)$$

Postup č. 2

$$A) \quad H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif} \quad (1.4)$$

$$B) \quad \eta_k = \mu_o - \frac{a_1 \cdot (t_m - t_e)}{G_{stř}} - \frac{a_2 \cdot (t_m - t_e)^2}{G_{stř}} \quad (1.5)$$

$$C) \quad q_k = \eta \cdot H_{T,den} \quad (1.6)$$

Legenda:

$H_{s\,den,skut}$; $H_{T,den}$ - Toto je hodnota dopadené energie za jeden průměrný den v měsíci (kWh/den)

s_m ; τ_r - relativní doba slunečního svitu (-)

$H_{s\,den,teor}$; $H_{T,den,teor}$ - teoreticky možné množství energie slunečního záření za den (kWh)

$H_{T,den,dif}$ - difúzní záření dopadající na kolektor v čase, kdy je zataženo (kWh)

η_k - celková účinnost kolektoru

μ_o - optická účinnost kolektoru

a_1 - koeficient tepelné ztráty

a_2 - koeficient tepelné ztráty

t_m - střední teplota media

t_e - venkovní teplota v době slunečního svitu

G – intenzita slunečního záření

q_k - zachycená energie kolektoru

Je zde vidět, že postupem č. 2 bude energie zachyceno více, avšak o kolik, je otázkou pro jaký měsíc a jaký sklon počítáme. V letních měsících, kdy je délka slunečního svitu dlouhá, nebude mít tak zásadní vliv složka difuzní energie, ale v prosinci, kdy je dlouhou dobu zatažená obloha, nabývá difuzní složka na významu. Pokud bychom chtěli pokrytí celoročního ohřevu teplé vody a použili postu č. 2 tak bychom udělali nezanedbatelnou chybu, protože výchozí denní energii, která se skládá ze složky difúzní a přímé, násobíme stejnou účinností solárního systém. Ale pokud se podíváme na vzorec účinnosti, tak zde figuruje $G_{stř}$, ale tato intenzita není slunečním zářením dosažena v době kdy je zatažená obloha. Při zatažené obloze dopadá na kolektor pouze difuzní záření, které nemá intenzitu 500 W/m², ale většinou okolo 150 W/m², což v zimních měsících nestačí ani na pokrytí tepelných ztrát. Z tohoto vyplývá, že pokud chci navrhovat pro celoroční provoz, tak zde musím přepočítat účinnost pro dobu nepřímého svitu na kolektor. Pokud budu počítat ohřev teplé vody v letních měsících, tak mohu počítat s jednotnou účinností, protože zde není dosaženo velké chyby při výpočtu.

Správný vzorec by měl vypadat takto:

Postup č. 3

$$A) \quad H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif}$$

$$B) \quad \eta_{stř} = \mu_o - \frac{a_1 \cdot (t_m - t_e)}{G_{stř}} - \frac{a_2 \cdot (t_m - t_e)^2}{G_{stř}}$$

$$C) \quad \eta_{dif} = \mu_o - \frac{a_1 \cdot (t_m - t_e)}{G_{dif}} - \frac{a_2 \cdot (t_m - t_e)^2}{G_{dif}}$$

$$D) \quad q_k = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} \cdot \eta_{stř} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif} \cdot \eta_{dif}$$

(1.7)

Legenda:

$\eta_{stř}$ - účinnost kolektoru v době, kdy na něho dopadá přímé sluneční záření

η_{dif} - účinnost kolektoru při zatažené obloze

Podmínky: orientace jih, sklon kolektorů 45°, oblast

Brno A1 = 3,6 W/m²·K

A2 = 0,015 W/m²·K

Tm = 40°C

měs	postup	H _{s,den,teor}	H _{t,den,dif}	sm	te	G _{stř}	G _{dif}	μ _o	μ _k	μ _{k,dif}	q _k	Y %
7	1	7,95	1,72	0,56	22,1	512	150	0,81	0,675		<u>3,004</u>	85,5
	2	7,95	1,72	0,56	22,1	512	150	0,81	0,675		<u>3,515</u>	100,0
	3	7,95	1,72	0,56	22,1	512	150	0,81	0,675	0,348	<u>3,268</u>	93,0
12	1	3	0,4	0,12	3,5	387	110	0,81	0,419		<u>0,151</u>	50,6
	2	3	0,4	0,12	3,5	387	110	0,81	0,419		<u>0,298</u>	100,0
	3	3	0,4	0,12	3,5	387	110	0,81	0,419	0,566	<u>0,151</u>	50,6

Tab. 8 Dodaná energie v kWh dle různého postupu (zdroj: autor)

Legenda:

Y – je to poměr procentuální poměr energií zachycených kolektory, přitom 100% je uvažována větší hodnota z obou postupů

Z tabulky je patrné, že se výsledky značně liší hlavně v měsíci, kdy je více zataženo. Rozdíl je dvojnásobný, což je opravdu velká odchylka. Proto bych doporučoval vzorec, který zohledňuje účinnost i pro difúzní složku. Tento výsledek je označen jako postup číslo 3.

5.2 Větrná energie



Obr. 1 Větrné elektrárny [6]

Větrná energie je označení pro oblast technologie zabývající se využitím větru jako zdroje energie.

Nejobvyklejším využitím jsou dnes větrné elektrárny, které využívají síly větru k roztočení vrtule (větrná turbína). K ní je pak připojen elektrický generátor. Teoreticky získatelný výkon je přímo úměrný třetí mocnině rychlosti proudící vzdušné masy, a proto je při poloviční rychlosti větru dosahováno pouze osminového nominálního výkonu. Protože rychlost větru značně kolísá, nedosahují větrné elektrárny po většinu doby nominálních hodnot generovaného výkonu.

Ve světě je největším výrobcem Německo, které hradí spotřebu elektřiny 5ti % z větrných elektráren. Též za zmínku stojí Dánsko, které pokrývá cca 20 % své spotřeby. Tyto elektrárny jsou především instalované na západním pobřeží Evropy, kde vanou silné větry od moře, kde navíc mořská hladina neklade velký odpor větru, takže je zde optimální prostředí pro větrné elektrárny.

V ČR nejsou tak příhodné oblasti pro využití větru jako zdroje energie. Protože potenciál je malý a náklady na postavení větrné elektrárny, jak domácí tak průmyslové, jsou velké, je lepší z ekonomického hlediska využít solárních panelů [7].

5.3 Vodní energie



Obr. 2 Vodní energie [8]

Vodní energie je technicky využitelná jak potencionálně, tak kineticky nebo tepelně. Jedná se hned po biomase o druhý nejvyužívanější obnovitelný zdroj energie. Nejvíce se v dnešní době využívá přeměny ve vodních elektrárnách na elektrickou energii.

Velký podíl celkové produkce elektřiny vykazují vodní elektrárny např. v Norsku (99,5 %), Švýcarsku nebo v Kanadě. Důležité jsou dnes i přečerpávací vodní elektrárny, které akumulují energii a vyrovnávají rozdílnou spotřebu elektrické energie [9].

5.3.1 Energie Moří

Způsoby získávání energie

Přílivové elektrárny – využívají rozdílné výšky hladiny mořské vody, kde voda protéká a roztáčí turbínu právě díky rozdílu těchto výškových úrovní hladiny.

Energie mořských proudů – mořské proudy jsou stálé nebo se jejich průtok cyklicky mění a přesouvá se v nich obrovské množství vody. Využití této energie se teprve studuje .

Energie vlnění – vzniká působením gravitačních sil Měsíce i Slunce a nebo se tvoří pomocí větru. Tato energie se již zachycuje, ale v minimálním množství.

5.3.2 Vodní energie v ČR

V ČR má největší zastoupení v OZE. Protože máme celé území pokryto vodními toky, je zde místo pro instalování menších vodních děl. Ale už zde není prostor pro velké přehrady, ty u nás už stojí. Je otázkou kolik energie bychom zde mohli zachytit a využít, ale nebude to velké množství, protože do budoucna se nepočítá s výrazným přírůstkem výroby energie z vodních toků v ČR.

5.4 Energie biomasy

Pojem biomasa označuje veškerou hmotu živočišného a rostlinného původu. Pro lepší představu si můžeme vyjmenovat pár zastupitelů. Jedná se například o dřevo, rychle rostoucí dřeviny, organické komunální, zemědělské i průmyslové odpady (exkrementy zvířat, sláma, dřevní odpad).

V dnešní době je hlavně využívána pro spalování ve zdrojích tepla. Při jejím spálení se do ovzduší dostane stejný objem CO_2 jako při jejím růstu. Z tohoto pohledu má spalování biomasy nulovou bilanci CO_2 . Proto je zájem o její využívání a vznikají projekty pro pěstování energetických lesů, trav a dalších plodin.

Skupina	Technologie	Produkty	Výstupy
	Spalování		Teplo, elektřina
Chemické přeměny	Zplyňování	Olej, plyn, dehet, metan, čpavek, metanol	Elektřina, teplo, pohon vozidel
	Rychlá pyrolýza		
Chemické přeměny ve vodním prostředí	Zkapalňování	Olej	
	Esterifikace	Metylester řepkového oleje (MEŘO)-bionafta	Pohon vozidel
Biologické procesy	Anaerobní digesce	Bioplyn, metan	Elektřina, teplo, pohon vozidel
	Alkoholové kvašení	Etanol	Pohon vozidel
	Kompostování		Teplo (z chlazení kompostu)

Tab. 9 Přehled získávání energie z biomasy [10]

Pokud využijeme odpad, nebo exkrementy zvířat, které se v minulosti nevyužívaly, je to krok správným směrem. Ale dle mého názoru je například pěstování rychle rostoucích dřevin zcestné. Je to další monokulturní prvek v krajině, zabere velkou část půdy, která by mohla být využita lépe. Pokud se podíváme na energetickou bilanci, tak bude zjevné proč.

Výnos rychle rostoucích dřevin cca: $0,5 - 1,9 \text{ kg/m}^2/\text{rok}$, zvolíme 1 kg

Pokud bychom takto osázeli 10% ČR, tak tímto získáme 39 000 GWh tepla, přičemž v roce 2005 byla spotřeba elektřiny 57 700 GWh. Při 30% účinnosti přeměny tepelné energie na elektrickou bychom tímto množstvím pokryli 11 700 GWh, tzn. 20,3 % spotřeby elektrické energie pro ČR.

Z 1 m^2 osázené plochy dřevinami dostaneme cca 5 kWh tepla, ovšem o vysoké teplotě. V ČR dopadne cca 1000 kWh/m^2 energie slunečního záření o menší teplotě, ale za to o poznání více. Je zde velice malá účinnost z tohoto pohledu. Solární kolektory mohou vyrobit přibližně 400 kWh energie o nižší teplotě a to nejvíce v době, kdy potřebujeme energie nejméně. Ale nejspíše budou pořád výhodnější variantou než záměrné osazování zemědělských ploch. Pokud ovšem vezmeme v potaz ekologickou zátěž a spotřebu materiálů na výrobu panelů, tak se rozdíl výhodnosti změní. Zda bude stále výhodnější dát přednost kolektorům není jednoznačné.

Evropský potenciál

Evropská agentura pro životní prostředí ve studii z roku 2006 stanovila tzv. evropský potenciál biomasy, který by respektoval ochranu biologické rozmanitosti a vedl jen k minimu nepříznivých dopadů. V roce 2030 by mohlo být asi 15 % energetické poptávky v Evropské unii pokryto energií vyrobenou ze zemědělských, lesnických a odpadních produktů z čistě evropských zdrojů. Do roku 2030 by mohlo asi 18 % tepla, 12,5 % elektřiny a 5,4 % paliva pro dopravu pocházet z biomasy evropského původu.

Některé prameny udávají, že biomasa je nejperspektivnější ze všech obnovitelných zdrojů. Některé zdroje říkají, že největší potenciál má výroba tepla ze slunečních kolektorů [10].

5.5 Geotermální energie



Obr. 3 Geotermální energie [11]

Geotermální energie vzniká uvnitř planety Země. Jedním z jejích přirozených projevů jsou přírodní úkazy jako například vyvěrání gejzírů, horkých pramenů nebo par, jejichž existence je důsledkem fyzikálních a chemických vlastností a reakcí uvnitř Země. Jedná se o energii, kterou Země částečně dostala do vínku již při svém vzniku, částečně vzniká přirozeným vývojem a rozpadem minerálů. Geotermální energie je nejstarší energií na naší planetě a její nedílnou součástí.

5.5.1 Výhody geotermální energie

Hlavní výhodou tohoto zdroje energie je fakt, že při získávání geotermální energie nedochází k poškozování životního prostředí - v souvislosti s využíváním geotermální energie nezůstává žádná negativní ekologická stopa. Díky dlouhodobější nevyčerpatelnosti tohoto zdroje odpadá také např. závislost na dodávkách paliva do elektrárny. Navíc ve srovnání s jinými obnovitelnými zdroji nabízí stabilní a stálý výkon za téměř bezobslužného provozu.

5.5.2 Způsob získávání geotermální energie

Geotermální energie je ze země získávána čerpáním přirozeného tepla z hlubinných vrtů. Geotermální elektrárna funguje na principu dvou tepelných výměníků, z nichž jeden je pod zemí, v hloubce cca 3 - 5 km (tj. hluboko pod úrovní podzemních vod). Tato hloubka platí pro ČR, avšak na Islandu nemusí být vrty tak hluboké, a proto je zemské teplo výborně využitelné. Island je jedna ze zemí, která má potenciál geotermální energie tak vysoký, že převyšuje mnohonásobně spotřebu [11].

Analýza

Jelikož ČR leží na starém kontinentu, tak tu zde není dostatečný potenciál využití tohoto zdroje. Jen v několika málo oblastech je vhodné instalovat zařízení na čerpání této energie. Například v Děčíně je instalováno větší zařízení.

5.6 Energie prostředí – tepelná čerpadla

Pokud nemáme zdroj o dostatečně vysoké teplotě, ale zároveň zdroj tepla disponuje kvantitou, tak můžeme použít tepelné čerpadlo, které zvýší teplotu až na cca 60°C.

Tepelná čerpadla jsou považována za alternativní zdroje energie. Tepelné čerpadlo lze přirovnat k ledničce, rozdíl je jen v tom, že na ochlazované straně stojí právě primární zdroj a na druhé straně je předáno žádoucí teplo do objektu. Tepelná čerpadla si mohou brát teplo ze země, vzduchu, vody. A to různými způsoby.

Ze země se teplo odebírá hlubinnými nebo plošnými vrty, kde hlubinný vrt odebírá zemské geotermální teplo, zatímco plošný vrt zachycuje nepřímo sluneční naakumulované záření v zemině a částečně teplo, které přichází z jádra země, což je menší část.

Teplo z vody může být odebíráno povrchové i zemní vodě. U povrchového odebírání se jedná většinou o řeku dostatečného průtoku i v zimním období. U zemní vody se voda přečerpává ze studny, kam přitéká spodní voda do studny vsakovací, kde se naopak voda ochlazená o několik stupňů zase vrací zpět do podloží.

Teplo ze vzduchu můžeme odebírat všude. Je to nejdostupnější zdroj ze všech výše uvedených. Má ale nevýhodu v tom, že když potřebujeme největší výkon pro hrazení tepelných ztrát objektu, tak je nejchladnější a tím pádem se zmenšuje i topný faktor TČ.

6 ZÁVĚR

Lidé po tisíciletí používali pro výrobu energie obnovitelné zdroje. Pro vytvoření tepla používali například dřevo, nebo sluneční energii pro akumulování tepla do zdí. Pro pohon mlýnského kola byla použita energie vody a pro čerpání vody bylo využito energie větru. Za posledních pár století se začalo masivně využívat fosilních paliv v takové míře, že se odhaduje vyčerpání jejich zásob zhruba na sto let. Další prameny uvádí, že jsme doposud spotřebovali maximálně 2% veškerých světových zásob fosilních paliv a vyčerpání je pouze marketingový tah, jak zvýšit cenu těchto komodit, protože bude možné vytěžit velkou část těchto zásob. Tyto odhady jsou velice rozdílné. Protože se stále nachází a nacházejí budou nová naleziště těchto fosilních paliv, je pravděpodobné, že je budeme moci těžit déle než 100 let. To že rostou náklady na těžbu se samozřejmě objeví i v konečné ceně paliva.

Hlavním důvodem, proč se vyspělé země včetně ČR snaží o zvýšení produkce energie z obnovitelných zdrojů je ekonomika. Je velice dobře pozorovatelné, jak rychle se zdražují komodity, ze kterých je vytvářena energie. Největší vliv na zdražování mají rozvíjející se země třetího světa, kde si stále více lidí může dovolit větší spotřebu těchto hmot. Takže na vyspělé státy již připadá menší množství komodit. Nejlepší variantou je být nezávislý na těchto komoditách, nebo se alespoň pokusit zmenšit objem dodávaného množství. Pokud země dováží ropu, plyn a další fosilní produkty ze zahraničí, je ovlivňována kurzem měny a je závislá na tomto dovozu a může přijít i o dodávky fosilních produktů, pokud nebude plnit své finanční závazky vůči druhé straně. V ČR je jediným domácím produktem uhlí, které je největším zastupitelem ve spotřebě ČR. Dalším hlediskem, které přispívá k přechodu na obnovitelné zdroje energie je environmentální hledisko a životní prostředí, ale tyto aspekty jsou velice vzdáleny od již zmíněné ekonomické problematiky. Pokud by se ceny energií nadále zvyšovaly dosavadním tempem posledních 10ti let a spotřeba by neklesala, nebo naopak vzrůstala, musel by přijít nevyhnutelně problém ve vyspělých zemích, kde by chudá a střední vrstva vynaložila své finanční prostředky na zaplacení energií

Jsou dvě hlavní cesty jak dosáhnout zmenšení dodávaného objemu fosilních paliv, jak ze zahraničí, tak i z vlastních vyčerpatelných zdrojů a tím předejít nepříjemné sociální situaci. První cesta je snížení spotřeby energie pro veškeré oblasti lidské činnosti, jako je například průmyslová oblast, spotřeba domácností a další. Druhou cestou se rozumí nahrazení vyčerpatelných a neobnovitelných zdrojů energie právě zmiňovanými obnovitelnými zdroji. Je však velkým otázkou, zda se dá spotřeba plně hradit z obnovitelných zdrojů. Existují dokumenty, které se snaží omezit spotřebu a rozvíjet instalování obnovitelných zdrojů energie.

Pokud bychom se měli podívat na energetický potenciál České republiky, tak se nejspíše bude v budoucnu ubírat směrem využívání energie z biomasy, ze solárních kolektorů a nejspíše je zde prostor i pro využívání větru. Zde se však značně liší názory odborné literatury co se týče procentuelního obsazení jednotlivými systémy obnovitelných zdrojů. Určitě bychom měli rozvíjet všechny druhy a systémy získávání energie, protože jen tak budeme vědět, který systém je nejekonomičtější. Je třeba věnovat pozornost koncepčním návrhům jednotlivých systémů a porovnáváním mezi nimi.

Velkou mezeru máme ve využívání všech možných organických odpadů, které doposud nebyly energeticky využity. Odpady ze dřevozpracujícího průmyslu, ze zemědělství, z domácností a mnoha dalších odvětví se budou účinněji využívat. Až na vložení počátečních investic na vybudování objektu pro zpracování biomasy nestojí tomuto druhu získávání energie nic v cestě. Takovéto zpracovávání biomasy je dle mého názoru přínosem pro společnost a krokem vpřed. Naproti tomu však stojí vysazování monokulturních rychle rostoucích dřevin, které nemají velký energetický přínos, pokud ho vztáhneme na plochu, kterou tím zabereme. Tyto plochy se dají využívat lépe. Minimálně existují rostliny které mají větší energetický výnos než je tomu u rychle rostoucích dřevin. Výhodou je, že pokud sklídíme takovýto materiál, tak nám dává vyso-kopotencionální teplo, které můžeme využít kdykoliv chceme. Potenciál využívání vodní ener-gie je na našem území již z velké části vyčerpán a není zde místo na výstavbu dalších větších vodních děl, a proto by se velice těžce vracely vložené investice do menších staveb, které po-strádají dostatečný výkon. Energie větru se zde začíná využívat, ale větrné oblasti České re-publiky většinou leží v odlehlějších a chráněných oblastech. Doba návratnosti je zde vysoká. Dříve některé elektrárny ani za dobu své životnosti nevyprodukovali tolik energie, aby pokryly primární produkci CO₂. Solární energie zachycována kolektory má vysokou energetickou hod-notu vztaženou na plochu. Obrovskou nevýhodou těchto zařízení je, že potřebujeme nejvíce energie, když ji dopadá nejméně. Tento problém neumíme účinně řešit a proto nevyužijeme potenciálu tohoto systému pro celoroční vytápění budov. V Německu ale existují projekty (ně-které jsou zrealizované) na ukládání zachycené energie solárními kolektory do podzemních nebo vodních zásobníků, ze kterých se odebírá teplo v zimním období. Další energií je energie geotermální. Ta v České republice není dost kvalitativní, aby se využívala přímo, a proto ji čer-páme za pomoci tepelných čerpadel. Využívání energie prostředí pomocí tepelných čerpadel má z ekonomického hlediska smysl, pokud je objekt větších rozměrů a tím je i cena za kW vý-konu tepelného čerpadla nižší.

Je složité a zřejmě nepřesné obsáhnout tuto problematiku v jedné práci, ale dle mého názoru je prozatím největší potenciál pro získávání energie ze všech organických odpadů a solárních kolektorů pro ohřev teplé.

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

Analýza objektu – koncepční řešení obnovitelných zdrojů

Jedná se o řešení vytápění bytového domu, který je určen pro 60 osob. Výkon kotelny je vypočten na cca 52 kW. Bytový dům je postaven v obci Jičín.

Největší problém pořízení alternativních zdrojů energie je počáteční investice, která bývá často vyšší, než cena běžné kotelny s klasickým způsobem zdroje tepla, proto se analýza bude nejvíce týkat vhodnosti investování do zdroje tepla.

Zdroje dostupných energií

Zemní plyn

Biomasa (brikety, pelety, štípané dřevo, štěpka)

Elektrická energie

Solární energie

Větrná energie

Energie prostředí (vodní, potenciál energie ve vzduchu, zemní)

Kombinace a určení zdrojů tepla

Protože se často vytápí zemním plynem po celé České republice, budu uvažovat jako jednu z možností vytápění objektu právě kondenzačním kotlem, což bude nastaveno jako referenční kotelna, od které bude patrné, jak další kombinace obnovitelných zdrojů jsou buď výhodné nebo naopak investičně špatným krokem.

K plynovému kondenzačnímu kotli by se mohla využít energie slunce. Mohli bychom instalovat fotovoltaické a solární kolektory. Fotovoltaické kolektory jsou samy o sobě méně výhodné než fototermické díky své malé účinnosti (cca 10 – 17 %). Zajímavé by bylo ekonomické posouzení, zda se vyplatí fotovoltaiku pořizovat za předpokladu garance výkupu elektřiny za vyšší cenu, než se prodává nyní na trhu. Také zde vyvstává otázka, zda fotovoltaické panely vyrobí za svoji životnost tolik energie, kolik do nich bylo vloženo při výrobě (primární energie). Jinak je fotovoltaika investičně nezajímavé řešení, proto s ní nebudu uvažovat v návrhových variantách. Výhodou fotovoltaiky je stabilnější účinnost v období celého roku, protože není ovlivňována tolik venkovní teplotou na rozdíl od fototermických kolektorů. Nabízí se zde tedy využití sluneční energie pouze na přeměnu v energii tepelnou. Fototermické panely mají vyšší účinnost, proto budou obsazeny v kombinaci s kondenzačním kotlem v další posuzované kombinaci z důvodu ušetření energie na ohřev teplé vody. Mohli bychom zvolit i kombinaci obou solárních systémů, ale toto řešení by bylo asi nejvíce ekonomicky špatným krokem, protože čím větší zařízení je, tím jsou menší náklady na jednotku výkonu systému. K tomuto systému bychom mohli instalovat ještě malé větrné vrtule na střeše, ale literatura uvádí, že je zde těžko vyčíslitelná doba návratnosti investic. Objekt se nachází v nížinné oblasti, a proto by zde nebylo

vhodné instalovat zařízení, které pracuje právě s větrnou energií. Taky je otázkou zda by bylo možné realizovat vrtule kvůli urbanistickému posouzení objektu.

Pokud bychom zabíhali do nevšedních kombinací, mohli bychom kombinovat i tepelné čerpadlo vzduch x voda s plynovým kondenzačním kotlem, kde by kotel hradil tepelnou ztrátu v době, kdy je nejchladněji a tepelné čerpadlo tohoto typu nemá v tyto chladné dny dobrý topný faktor. Zde však narůstají počáteční investice a to díky potřebě plynovodní přípojky a potřebě komína k odvodu spalín kotle. Ale proto, že je účinnost výroby a distribuce elektřiny v ČR cca 30%, bylo by zajímavé, kolik tato kombinace vyprodukuje CO₂ za dobu svoji životnosti a kolik CO₂ je třeba na pořízení této kombinace. Minimální topný faktor TČ by měl být $COP_{min} = \frac{\eta_k}{\eta_{el}} = \frac{0,85}{0,3} = 2,83$, kde v čitateli je účinnost klasického kotle a ve jmenovateli je účinnost výroby elektrické energie. Pokud je $COP > COP_{min}$, potom zde můžeme hovořit o úspoře paliv a tím i zmenšení objemu produkovaného CO₂ na celospolečenské úrovni.

Kotel na biomasu je další alternativou, která by nahradila kotel plynový. Je u nich dlouhodobá podpora ze strany státu v podobě dotačních programů, vzhledem k tomu, že jako ekologická varianta vytápění má přednost před produkty zatěžující ovzduší daleko více. Je však nutno dodat, že se tyto dotace vztahují jen na samotné pořízení kotle, nikoliv však na palivo. Ke spalování pro řešený případ objektu se používají nejčastěji produkty na bázi dřeva. Například pelety, brikety nebo štěpka je nejčastěji používaným materiálem. Někdy je k dispozici i sláma, ale není tak rozšířena díky problémům s jejím spalováním v menších zdrojích jako je tento zmiňovaný. Proto volím jako jednu z dalších kombinací právě kotel na pelety. K tomuto kotli se nabízí zapojení solárních kolektorů, avšak návratnost zde bude určitě delší, než u pořízení solárů u kondenzačního kotle, protože cena plynu je vyšší než cena pelet, i když je v dnešní době často rozkolísaná. Nevýhodou typu tohoto systému je nárok na prostor, což se ekonomicky těžko vyčíslí. Ale určitě je to z hlediska udržitelného rozvoje lepší kombinace než kotel na plyn. Zase se zde nabízí varianty stejné jako pro plynový kotel, například fotovoltaika a větrná elektrárna, ale platí zde to, co bylo řečeno v předchozím odstavci. Proto volím jako další kombinaci kotel na pelety a to bez solárního zařízení.

Tepelné čerpadlo vzduch x voda má v Evropě největší zastoupení, alespoň co se týče počtu instalovaných zařízení. Používá se nejčastěji proto, že primární zdroj energie je všudypřítomný a jeho pořizovací cena je menší. Možné kombinace k TČ: K tepelnému čerpadlu vzduch x voda je neekonomické a nevhodné navrhovat solární termické kolektory díky jeho měnícímu se COP v průběhu roku. Se zvyšující se teplotou roste i COP TČ, takže v létě a jarních měsících je schopno ohřívat vodu s topným faktorem např. COP=4,5. Ale na návratnost fotovoltaických panelů nemá TČ vliv. Právě u tohoto typu by bylo dobré doplnit soustavu o zdroj, který bude hradit ztrátu v nejchladnějších dnech. Například kotel na biomasu nebo plynový kondenzační kotel. Lepší je určitě kotel na biomasu, protože je ekologičtější a nepotřebuje plynovou přípojku, která může být často velice nákladná. Z ekologického hlediska by toto řešení mohlo vyjít jako nejlepší, protože při nízkých venkovních teplotách by převzal kotel na pelety hrazení tepelné ztráty objektu. Ale touto kombinací se nebudu zabývat, protože se mi zdá velice atypickou a nikdy jsem o ní neslyšel. Přesto, že by zde mohla vyvstat otázka, zda je ekologicky výhodné použít pro hrazení ztrát pouze TČ vzduch x voda bez dalšího zdroje, navrhuji jako další kombinaci právě TČ vzduch x voda.

Tepelné čerpadlo voda x voda není možné uvážit, protože se v oblasti nenachází vhodný zdroj říční vody adekvátního výkonu pro počítaný objekt. Studniční voda se zde vyskytuje, ale též v malém množství, takže zde nemůžeme použít tepelné čerpadlo voda x voda.

Tepelné čerpadlo země x voda s plochými kolektory - K objektu přísluší pozemek o velikosti cca 500 m² a na potřebný výkon je tento pozemek malý, tudíž ploché zemní kolektory v tomto případě nemohu použít.

Tepelné čerpadlo země x voda s hlubinnými vrtů – Oblast je celkem dobře zmapována geologicky a hydrogeologicky. Právě u návrhu hlubinných vrtů je velice důležité znát geologické poměry v zemině, na jejichž základě se odvíjí všechny výpočty dimenzování vrtů pro tepelné čerpadlo. K tomuto čerpadlu by se mohly navrhnout solární kolektory, ale je otázkou, zda pořizovat solární kolektory, když se topný faktor pohybuje v okolí hodnot COP=3,1-3,8. V případě, že budu ohřívat teplou vodu TČ i v letním období, budu muset též zvětšit hloubku vrtů, aby nedocházelo k jejich podchlazování a následně k poklesu COP díky chladnější teplotě v okolí vrtu. Vrt je určitě výhodou pokud budu chtít chladit objekt v období tepelných zisků. Ale určitě se nevyplatí pořizovat kolektory k nabíjení vrtu. Bohužel se těžko odhaduje, zda teplo, které do vrtu dodáme, se uloží v jeho blízkosti, nebo jestli ho pohybující se spodní voda odebere. Jeho velkou výhodou oproti tepelnému čerpadlu vzduch x voda je stálost COP. V období, kdy potřebujeme největší potřebu tepla je COP vyšší než u TČ vzduch x voda. Varianta, která se mi zdá vhodnou je, že bychom mohli použít dva druhy primární energie. Výměník vzduch x voda by pracoval při teplotách, které odpovídají vyššímu COP než by byl COP z výměníku země x voda a až by klesla venkovní teplota pod hraniční mez, dostal by se do provozu vrt. Je zase otázkou, zda by se tento systém ekonomicky dokázal zhodnotit. Je to další atypické řešení, a proto volím pouze kombinaci TČ země x voda.

Výstupní kombinace z rozvahy

1.K -a – plynový kondenzační kotel

Bude použit i pro ohřev TV po celou dobu roku, takže tarif na elektrickou energii je zde pouze pro elektrické spotřebiče.

1.K -b – plynový kondenzační kotel

Bude použit pro částečné hrazení energie na TV, ale zároveň zde bude zvolen i elektrický dohřev, na jehož základě bude k dispozici výhodnější tarif pro elektřinu.

2.K – plynový kondenzační kotel + solární systém na ohřev TV

3.K – Tepelné čerpadlo vzduch x voda

4.K – Tepelné čerpadlo země x voda

5.K - kotel na biomasu (pelety)

Výpočet tepelného výkonu s ohledem na typ budovy

Výpočet součinitele prostupu tepla

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}}$$

U..... součinitel prostupu tepla => charakterizuje kvalitu stěny, porovnává se s normovými hodnotami (ČSN 73 0540 – 2) a navrhuje se kvůli optimálnímu návrhu stavební konstrukce z hlediska tepelně-ekonomického posouzení, existují doporučené a požadované hodnoty, které se liší u každé stavební konstrukce (ČSN 73 0540 - 2, str.9, tab. 3) [W.m⁻².K⁻¹]

R_{si}..... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu kce [W⁻¹.m².K¹]

R_{se}..... tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu kce [W⁻¹.m².K¹]

d..... tloušťka zdi [m]

λ..... součinitel tepelné vodivosti, hledá se v normě
(ČSN 73 0540 – 3, str.12, tab. A.1) [W.m⁻¹.K⁻¹]

Obvodová stěna A:

Skladba konstrukce:

- zdivo POROTHERM 30 P+D d₁ = 0,30 m

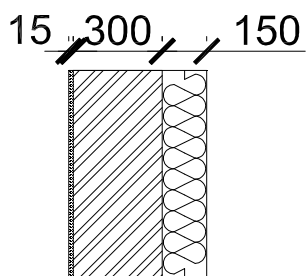
$$\lambda_1 = 0,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- vnitřní omítka vápenná d₂ = 0,015 m

$$\lambda_2 = 0,88 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- pěnový polystyren d₃ = 0,15 m

$$\lambda_3 = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$



$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}}$$

$$U = \frac{1}{0,17 + \frac{0,3}{0,15} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{0,15}{0,039} + 0,04}$$

$$U = \underline{\underline{0,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

=> vyhovuje doporučené hodnotě $U_{n,rc}$ dle ČSN 73 0540 – 2

$$(0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$$

Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

Obvodová stěna A

$$U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Střešní konstrukce A

$$U = 0,154 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

(šikmá střecha)

Střešní konstrukce B

$$U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

(vodorovný pohled u šikmé střechy)

Stropní konstrukce A

$$U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

(vodorovný pohled)

Stropní konstrukce B

$$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

(pochůzí plocha (balkonová))

Podlaha nad suterénem

$$U = 0,34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Součinitel prostupu tepla jednotlivých výplní otvorů

Dveře:

Dveře A (900x1970)	$A=2,0 \text{ m}^2$	$U_d= 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dveře B (1800x2200)	$A=4,4 \text{ m}^2$	$U_d= 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dveře C (1600x2200)	$A=3,96 \text{ m}^2$	$U_d= 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dveře D (900x2200)	$A=2,2 \text{ m}^2$	$U_d= 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dveře E (800x1970)	$A=2,0 \text{ m}^2$	$U_d= 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Okna:

Okno A (1350x1500)	$A=2,025 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno B (2100x1500)	$A=3,15 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno C (4400x1500)	$A=6,6 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno D (900x1500)	$A=1,35 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno E (1800x1500)	$A=2,7 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno F (3600x1500)	$A=5,4 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno G (5400x1750)	$A=9,45 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno H (1800x1750)	$A=3,15 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno CH (3400x2200)	$A=7,48 \text{ m}^2$	$U_w= 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Výpočet jednotlivých ploch A_j (různého U)

Plocha obvodového pláště v 1.NP	$A_j=340,5 \text{ m}^2$
Plocha obvodového pláště v 2.NP	$A_j=347,7 \text{ m}^2$
Plocha obvodového pláště v 3.NP	$A_j=355 \text{ m}^2$

Tab.: Plocha v m²

	Obvod. stěna A	Okna U=1,0W/(m ² K)	Okna střešní U=1,0W/(m ² K)	Dveře U=1,2W/(m ² K)	Střešní kce A	Střešní kce B	Stropní kce A	Stropní kce B	Podlaha nad suterénem
1.NP	253,5	60,25	0	26,76	0	0	0	27,5	365
2.NP	261,8	59,17	0	26,76	0	0	0	26	0
3.NP	267,6	58,63	0	28,76	0	0	123,6	0	0
4.NP	77	4,2	25,2	0	157,2	102,8	0	0	0
Σ	859,9	182,25	25,2	82,28	157,2	102,8	123,6	53,5	365

Objem jednotlivých pater

Tab.: Půdorysné plochy A (m²) a objem V (m³) jednotlivých pater

	plocha	objem
1.NP	365	1095
2.NP	342,5	1027,5
3.NP	319,5	958,5
4.NP	262	464,8
		Σ=3545,3

Výpočet činitele teplotní redukce b_j

$$b_j = (\theta_i - \theta_{sp}) / (\theta_i - \theta_e)$$

Pro podlahu nad suterénem

$$b_j = (20 - 5) / (20 - (-15))$$

$$b_j = 0,43$$

Pro střešní konstrukci pod vzduchovou mezerou ve střeše

$$b_j = (20 - (-9)) / (20 - (-15))$$

$$b_j = 0,83$$

Měrná ztráta prostupu tepla H_t (W/K)

Tab. : Výpočet hodnoty H_t

	Referenční budova				Hodnocená budova			
	A_j (m ²)	U_j W/(m ² K)	b_j (-)	H_{tj} (W/K)	A_j (m ²)	U_j W/(m ² K)	b_j (-)	H_{tj} (W/K)
Obvodová stěna	859,87	0,25	1	214,9675	859,87	0,17	1	146,178
Okno	182,25	1,5	1	273,375	182,25	0,85	1	154,913
Dveře	82,28	1,7	1	139,876	82,28	1,2	1	98,736
Sřešní kce B	102,8	0,24	1	24,672	102,8	0,19	1	19,532
Okna střešní	25,2	1,7	1	42,84	25,2	1	1	25,2
Střešní kce A	157,2	0,3	0,83	39,1428	157,2	0,154	0,83	20,0933
Stropní kce A	123,6	0,3	0,83	30,7764	123,6	0,17	0,83	17,44
Pdl nad suterénem	365	0,6	0,43	94,17	365	Kce 0,34	0,43	53,363
Stropní kce B	53,5	0,24	1	12,84	53,5	0,24	1	12,84
celkem	1951,7			<u>872,6597</u>	1951,7			<u>548,295</u>

Celkové H_t referenční budovy:

$$H_t = \sum H_{tj} + \sum A_j \cdot \Delta U_{tbn}$$

$$H_t = 872,7 + 1951,7 \cdot 0,02$$

$$\underline{H_t = 912 \text{ W/K}}$$

ΔU_{tbn} Volí se od: 0,02 pro budovy téměř bez tepelných mostů

0,05 pro mírné tepelné mosty

přirážku volím z důvodu dobrého provedení stavby,

a její složitosti a členitosti vnější obálky : $\Delta U_{tbn} = 0,1$

Celkové H_t hodnocené budovy:

$$H_t = \sum H_{tj} + \sum A_j \cdot \Delta U_{tbn}$$

$$H_t = 548,3 + 1951,7 \cdot 0,1$$

$$743,4647$$

$$\underline{H_t = 743,5 \text{ W/K}}$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem

$$Q = H_t \cdot \Delta t$$

$$Q = H_t \cdot (19,5 - (-15))$$

$$Q = 743,5 \cdot 34,5$$

$$\underline{Q = 24,6 \text{ kW}}$$

Poměrový součinitel budovy A/V

$$A/V = 1951,7/3545,3$$

$$A/V = 0,55$$

$$A/V \text{ podmínka: } < 0,2 \dots\dots U_{em,N} = 1,05$$

$$> 1 \dots\dots\dots U_{em,N} = 0,45$$

Výpočet $U_{em,N}$

$$U_{em,N} = (\sum U_{nj} \cdot A_j \cdot b_j / \sum A_j) + 0,02$$

$$U_{em,N} = 872,7/1951,7 + 0,02$$

$$\underline{U_{em,N} = 0,467 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Výpočet U_{em} hodnocené budovy

$$U_{em} = (\sum U_{nj} \cdot A_j \cdot b_j / \sum A_j) + 0,1$$

$$U_{em} = 548,3 / 1951,7 + 0,1$$

$$\underline{U_{em} = 0,381 \text{ W(m}^2\text{K)}}$$

Zatřídění hodnocené budovy

$$C \quad 0,75U_{em,N} < U_{em} < U_{em,N}$$

$$\underline{C \quad 0,35 < 0,381 < 0,467 \quad \text{Vyhovující}}$$

Určení objemového větracího vzduchu

$$V_i = \max (V_{inf}, V_{min,i})$$

Minimální požadavek čerstvého vzduchu na osobu:

$$V_{min,i} = 25 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{os})$$

$$n = 60 \text{ os}$$

$$V_{min} = V_{min,i} \cdot n$$

$$\underline{V_{min,os} = 1500 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Tab.: Požadavek na výměnu vzduchu v místnosti

místnosti	objem míst.	výměna	celk. obj. tok
	$V \text{ (m}^3\text{)}$	$n \text{ (1/h)}$	$V_{min,h} \text{ (m}^3\text{/h)}$
kuchyně	432	1	432
koupelny	362	1,5	543
obytné	2750	0,5	1375
celkem	3544		<u>2350</u>

$$V_i = \max (V_{inf}, V_{min,i})$$

$$\underline{V_i = 2350 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Určení infiltrace pláštěm budovy

$$V_{inf} = c * V_m * n_{50} * e_i * \varepsilon_i$$

$$c = 2$$

$$n_{50} = 1$$

$$e_i = 0,03$$

$$\varepsilon_i = 1$$

$$V_m = 3544$$

$$V_{inf,i} = 212,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

c...konstanta ve vzorci

n_{50} ...z tab: nucené

větrání se ZZT ->

$$n_{50} = 1,0$$

e_i ...stínící souč. z tab

ε_i ...kor. Dle výšky nad terénem: pro 0 - 10m

V_m ...objem počítané budovy (m^3)

_Navrhovaný tepelný výkon pro vzduchotechnickou jednotku

$$Q_{vzt} = (1 - \mu) * (V_i * \rho * c * (t_1 - t_2)) / 3600$$

$$\mu = 0,6$$

$$V_i = 2350$$

$$\rho = 1,2$$

$$c = 1010$$

$$t_1 = 20$$

$$t_2 = -15$$

$$Q_{vzt} = 11076 \text{ W}$$

μ Účinnost ZZT minimálně 60%

V_i ... Objem větracího vzduchu

ρ ...hustota vzduchu (kg/m^3)

c ...měrná tep. Kapacita vzduchu ($\text{J}/(\text{kg} * \text{K})$)

t_1 ...teplota odvodní ze VZT ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 ...teplota přívodní do VZT, venkovní ($^{\circ}\text{C}$)

_Tepelná ztráta infiltrací

$$Q_{inf} = V_{inf} * \rho * c * (t_1 - t_c)$$

$$V_{inf} = 212,64$$

$$\rho = 1,2$$

$$c = 1010$$

$$t_1 = 20$$

$$t_2 = -15$$

$$Q_{inf} = 2505 \text{ W}$$

Q_{inf} ...teplná ztráta infiltrací vzduchu

Celková tepelná ztráta

$$Q = Q_{\text{top}} + Q_{\text{vzt}}$$

$$Q_{\text{top}} = Q_p + Q_{\text{inf}}$$

$$Q_p = 24600 \text{ W}$$

$$Q_{\text{inf}} = 2505,6 \text{ W}$$

$$Q_{\text{top}} = 27105,6 \text{ W}$$

$$Q_{\text{vzt}} = 11076,3 \text{ W}$$

$$\underline{Q = 38181,9 \text{ W}}$$

Q_p ...tepelná ztráta pro-
stupem

Qcelková tepelná
ztráta budovy

Spotřeba energie za roční období po měsících

Tabulky jsou zpracovány tak, že je zde výpočet teor. E a skutečné E povýšené pouze o účinnost rozvodů μ_r , protože účinnosti obsluhy a zdrojů se u jednotlivých kombinací značně liší, a tak budou tyto účinnosti zohledněny až v další části .

Tepelná ztráta objektu je Q_{vtp}

$$\mu_r = 0,97$$

$$Q_{\text{ztr}} = Q_{\text{prost}} + Q_{\text{vzd}} + Q_{\text{inf}}$$

$$\underline{Q_{\text{ztr}} = 38,2 \text{ kW}}$$

$$Q_{\text{prost}} = 24,6$$

$$Q_{\text{ztr,skut}} = Q_{\text{ztr}} / \mu_r$$

$$Q_{\text{vzd}} = 11,1$$

$$Q_{\text{inf}} = 2,5$$

$$\underline{Q_{\text{ztr,sku}} = 39,4 \text{ kW}}$$

$$Q_{\text{ztr}} = 38,2$$

Tab. :Tepelné ztráty pro vytápění a vzduchotechniku

měsíc	tep. t_e	počet dní	a	Q_{ztr}	Q_{ztr}	$Q_{ztr,skut}$
	°C	n	(-)	kW	kWh/měs	kWh/měs
1	-3,9	31	0,673529	25,7	19142,2	19734,3
2	-3	28	0,647059	24,7	16610,3	17124,0
3	0,3	31	0,55	21,0	15631,4	16114,9
4	3,7	30	0,45	17,2	12376,8	12759,6
5	8,5	31	0,308824	11,8	8777,0	9048,5
6	14,3	30	0,138235	5,3	0,0	0,0
7	16,6	31	0,070588	2,7	0,0	0,0
8	16,6	31	0,070588	2,7	0,0	0,0
9	10,3	30	0,255882	9,8	7037,8	7255,5
10	6,6	31	0,364706	13,9	10365,2	10685,8
11	1,2	30	0,523529	20,0	14399,2	14844,5
12	-2,2	31	0,623529	23,8	17721,2	18269,3
				celkem	122061,1	125836,2

$$a = (t_i - t_e) / (t_i - t_{e,min})$$

$$Q = Q_{ztr} \cdot a$$

$$t_i = 19^\circ\text{C}$$

$$t_{e,min} = -15^\circ\text{C}$$

Pokud je průměrná teplota v měsíci vyšší než 13°C, pak se nezapočítává do tepelné ztráty a to z důvodu, že zisky v těchto měsících převažují nad tep. ztrátou..

Potřeba teplé vody

Výpočet je v příloze 2.

$$\underline{Q_{1n} = 13,8 \text{ kW}}$$

$$\underline{V_z = 1,1 \text{ m}^3}$$

Přepočet potřeby teplé vody na jednotlivé měsíce

$$\begin{array}{lll} Q_{tv} = & 207 & \text{kWh/den} \\ u & 0,95 & (-) \end{array}$$

$$Q_{tv,m\acute{e}s} = S \cdot n \cdot Q_{tv}$$

$$Q_{tv,m\acute{e}s,skut} = S \cdot n \cdot Q_{tv}/u$$

$Q_{tv,m\acute{e}s}$ teoretická spotřeba vody

$Q_{tv,m\acute{e}s,skut}$...skutečná spotřeba vody

Tab.: Spotřeba TV v roce po měsících (kWh)

měsíc	S (-)	n (dny)	$Q_{tv,měs}$	$Q_{tv,měs,skut}$
1	1	31	6417	6755
2	1	28	5796	6101
3	1	31	6417	6755
4	0,98	30	6086	6406
5	0,93	31	5968	6282
6	0,9	30	5589	5883
7	0,78	31	5005	5269
8	0,78	31	5005	5269
9	0,93	30	5775	6079
10	0,96	31	6160	6485
11	1	30	6210	6537
12	1	31	6417	6755
		za rok	70846	74574

S...poměrná potřeba TV za měsíc (-)

Potřeba elektrické energie na chod spotřebičů

Tab.: Potřeba energie na menší byt pro starší spotřebiče

název	spotřeba (kWh)
chlad. Tech.	475
pračka	137
myčka	207
pokrmý	548
video	219
kanc. Tech.	360
osvětlení	295
ostatní	183
celkem	<u>2424</u>

Pokud ovšem použijeme energeticky úsporné spotřebiče, což se u novostavby předpokládá, je spotřeba elektřiny cca 970 až 1320 kWh/rok pro bytovou jednotku.

Volím energeticky úsporné spotřebiče

$$Q_{el} = q_{el,i} \cdot n$$

$$q_{el,i} = 1\,100 \text{ kWh/rok}$$

$$N = 20 \text{ bytů}$$

$$Q_{el} = 22\,000 \text{ kWh/rok}$$

$q_{el,i}$...spotřeba 1 menšího bytu
(kWh/rok)

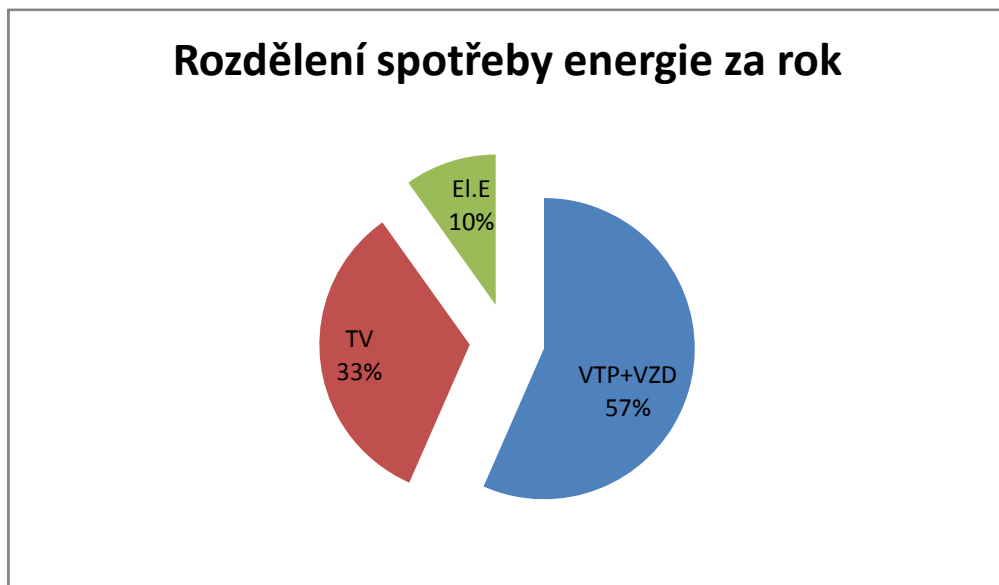
npočet bytových jednotek v byt. domě

Tabulka spotřeby energie za období jednoho roku

Tab.: Spotřeba energií za rok

	teoretické množství E		Skutečné množství E	
	kWh	%	kWh	%
VTP+VZD	122061,134	56,8	125836,2	56,57
TV	70845,75	32,9	74574,4	33,53
El.E	22000	10,2	22000	9,89
celkem	214906,884	100	222410,6	100

A. Graf rozložení roční energetické spotřeby energií



Koncepční návrh studie možných variant obnovitelných zdrojů

Výstupní kombinace byly již zvoleny v analýze objektu a jejich funkční schémata jsou v přílohách:

1.K -a – plynový kondenzační kotel

Bude použit pro ohřev TV po celou dobu roku, takže tarif na elektrickou energii je zde pouze pro elektrické spotřebiče.

1.K -b – plynový kondenzační kotel

Bude použit pro částečné hrazení energie na TV, ale zároveň zde bude zvolen i elektrický dohřev, na jehož základě bude k dispozici výhodnější tarif pro elektřinu.

2.K – plynový kondenzační kotel + solární systém na ohřev TV

3.K – Tepelné čerpadlo vzduch x voda

4.K – Tepelné čerpadlo země x voda

5.K - kotel na pelety

Dále k těmto jednotlivým kombinacím bude ověřována ekonomická výhodnost solárních panelů a budeme zjišťovat, zda by bylo vhodné zvolit solární systém pro některé další kombinace a také zde bude zmínka o environmentálním hledisku. V další části budeme porovnávat výše zvolené kombinace a cílem je vybrat kombinaci, která bude nejlevnější.

Ekonomická analýza návrhu solárních kolektorů na ohřev teplé vody

V ekonomické analýze uvažujeme, že máme k dispozici počáteční kapitál a nemusíme si půjčovat peníze za úrok, který by samozřejmě negativně ovlivnil návratnost vložených investic.

Pzn.: Podrobnější vysvětlení pro rychlejší zorientování křivek v grafu je popsáno na konci ekonomické analýzy solárních kolektorů.

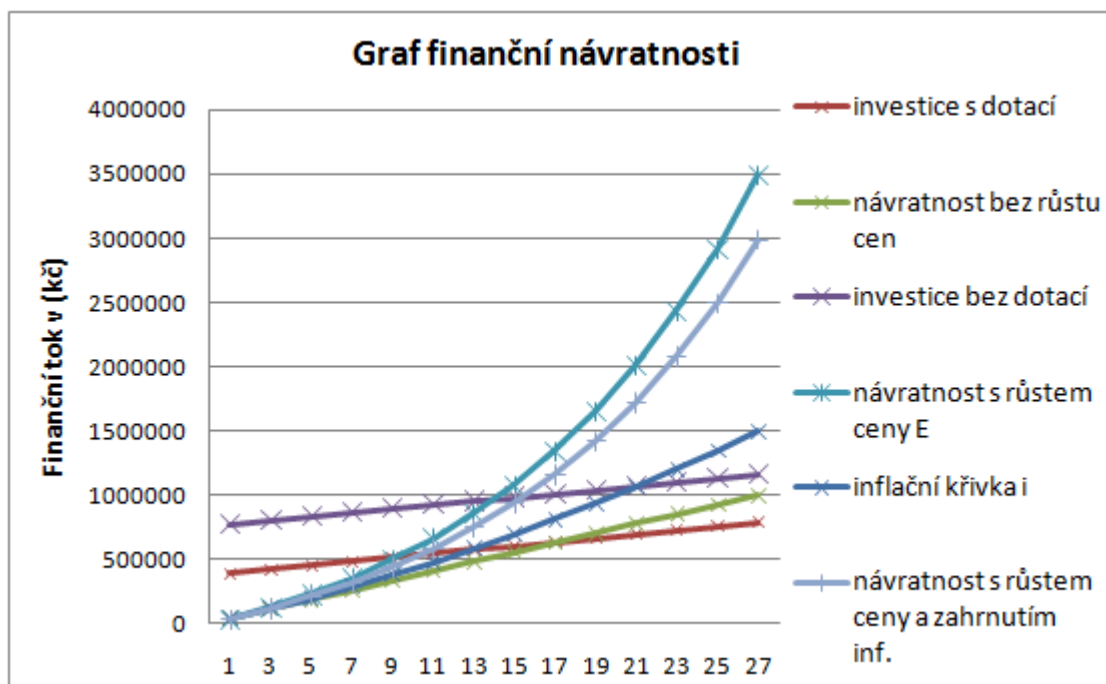
Varianty pro instalování solárních systémů k plynovému kondenzačnímu kotli, kombinace K.2 kde bude teplá voda ohřívána plynem:

Uvažuji zde množství vyrobené energie pro výchozí teplotu vody 45°C, což je poměrně vysoká teplota a je velká pravděpodobnost, že solární systém dodá do systému o několik kWh energie více než je předpoklad, protože není nadimenzován na 100% pokrytí spotřeby v dubnu, ale pokryje 100% spotřeby vody pouze v nejteplejším měsíci. To znamená, že bude pracovat s nižšími teplotami v přechodných měsících a v zimě, a tím se zvýší jeho účinnost díky menšímu rozdílu teploty okolí a kolektoru.

Varianta 1:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – za poslední 3 roky se udává hodnota cca 2,8%
- Růst ceny energií – volím 8%, protože některé zdroje udávají, že tempo zvyšování cen bude mírnější než za posledních 10 let, což u plynu bylo 10,3%

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	1,24
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst inflace	0,028
růst ceny energií	0,08
rozdíl inflace a nárůstu ceny energie	0,0505

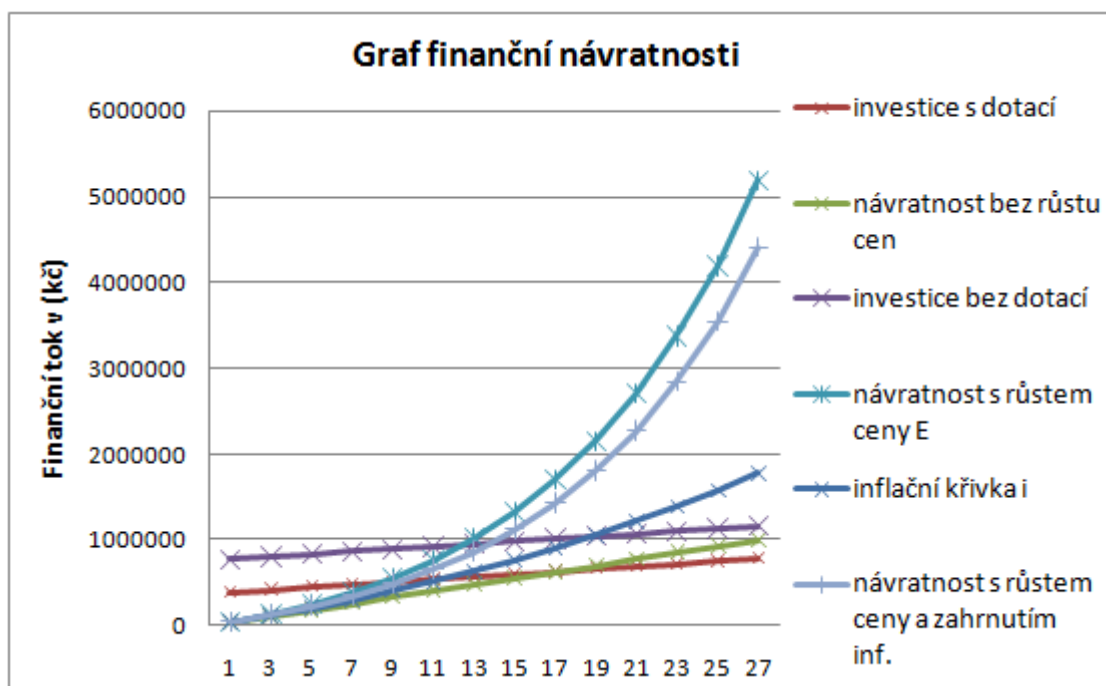


Z grafu vidíme, že za definovaných podmínek se nám solární kolektory nevyplatí pouze v případě, že by se cena energií zvyšovala stejným procentem jako inflace a na solární kolektory bychom nedostali dotaci a zaplatili celou solární soustavu z vlastních investic. Jinak se pořízení solární soustavy za uplynutí doby životnosti vrátí.

Varianta 2:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – za posledních 10 let se udává hodnota cca 3,88%
- Růst ceny energií – volím 10,3%, protože je to průměrné roční zdražování plynu za posledních 10let

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	1,24
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0388
růst ceny energií	0,1030

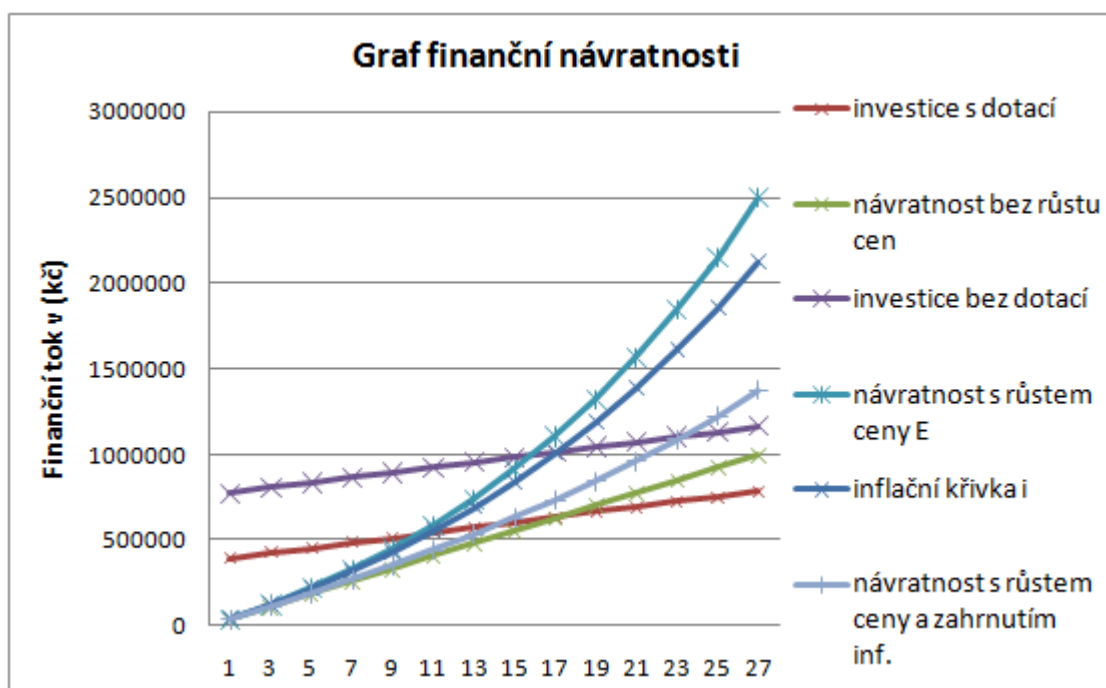


Pokud se podíváme na křivku návratnosti s růstem ceny se zahrnutím inflace, tak vidíme, že se nám vrátí solární systém za 14 let bez dotace a za 9 let s dotací, což je kratší časový úsek než je počítaná životnost systému.

Varianta 3:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – odhadovaná dlouhodobější inflace je cca 5%, protože se mluví o rychlém zvyšování cen zboží
- Růst ceny energií – volím 6%, protože některé zdroje udávají, že tempo zvyšování cen bude mírnější než za posledních 10 let, což u plynu bylo 10,3%, ale abychom dostali graf, který je nejméně příznivý vzhledem k návratnosti vložených investic, tak ceny energií musejí růst pomalým tempem a inflace naopak tempem vysokým. Nejspíš by bylo nerealné volit vyšší inflaci než růst cen energií.

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	1,24
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0500
růst ceny energií	0,0600



Zde vidíme, jak se křivka návratnosti s růstem cen energií a v ní zahrnutou inflací blíží více ke křivce návratnosti bez růstu cen, a tímto se prodlužuje doba návratnosti vložených finančních prostředků.

Pokud se podíváme a srovnáme tyto grafy podle křivky, která zohledňuje růst cen a obsahuje v sobě i vliv inflace, tak nejkratší návratnost vykazuje graf varianty 2. Je to způsobeno právě zvyšováním ceny energií, která má největší vliv na návratnost systému. Mohli bychom zde uvážit i jinou pořizovací cenu systému a jinou cenu nahrazované energie, ale to by vyžadovalo několik dalších grafů. Pokud máme zjištěnou danou cenu v dané lokalitě a na ceněné kolektory, pak nemá velký význam hýbat s těmito veličinami.

Pokud se však podíváme na všechny tři grafy a zaměříme se na křivku, která znázorňuje cenu energie bez zvyšování, pak nalezneme v tomto časovém měřítku pouze jeden průsečík s křivkou, která znázorňuje průběh vynaložených finančních prostředků po snížení počátečních nákladů o 50% ceny. Křivka solárního systému, který nebyl dotován, neprotne, zde vzniká riziko, že se nevrátí vložené investice za dobu životnosti soustavy.

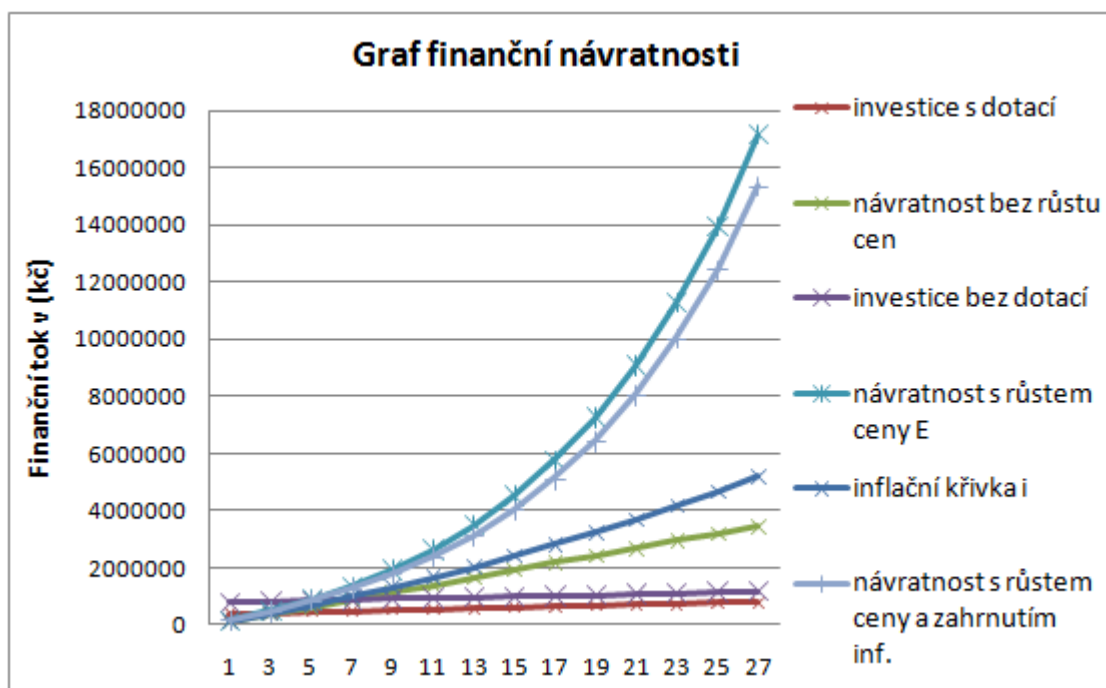
Ale protože je snaha, být více nezávislími a spotřebovávat méně dovážených paliv, je z tohoto důvodu lepší pořídit solární systém. Dá se předpokládat, že cena plynu poroste i nadále, takže i z grafů finanční závislosti je výhodné pořídit kolektory.

Varianty pro instalování solárních systémů k plynovému kondenzačnímu kotli, kombinace K.2, kde bude teplá voda ohřívána elektrickou spirálou:

Varianta 1:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – za poslední 3 roky se udává hodnota cca 2,8%
- Růst ceny energií – volím 10% z důvodu, že elektřiny se spotřebovává stále více a nyní je uměle stlačována pod svoji skutečnou cenu

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	4,31
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0280
růst ceny energií	0,1000

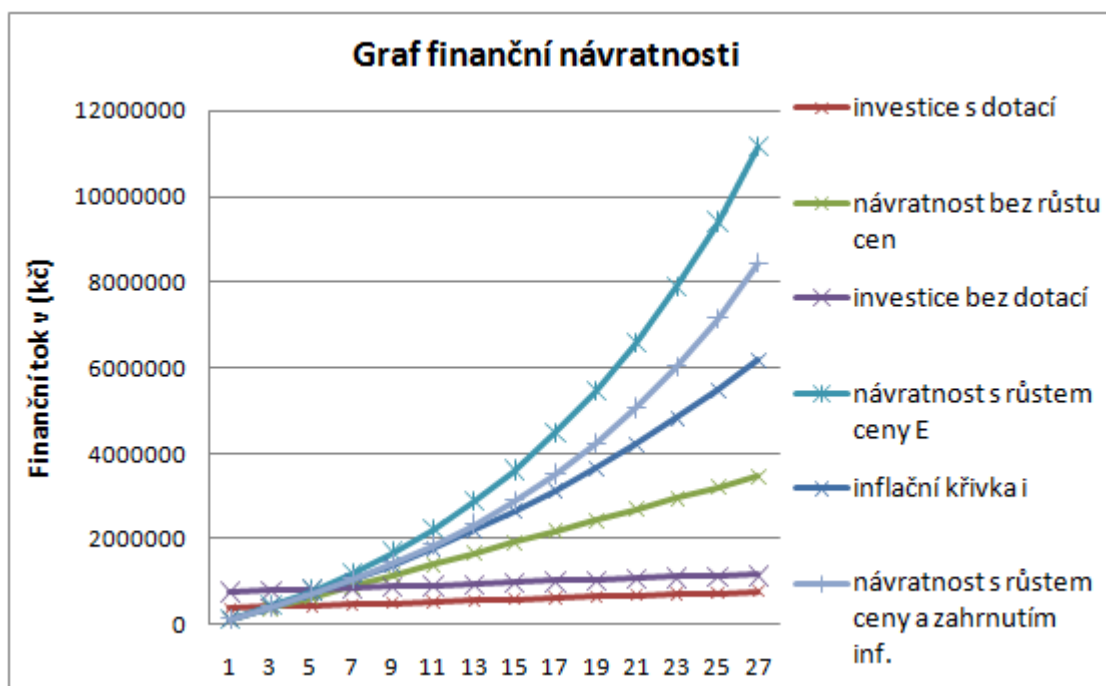


Na rozdíl od předchozích grafů, kde jsme uvažovali s cenou 1,24 Kč/kWh, je vidět, že návratnost systému nastane v každém případě. Tento graf znázorňuje nejkratší dobu návratnosti vložených investic a též ukazuje relativně možnou nejnepříznivější situaci pro spotřebitele. Povšimněme si, kolik by musel celkově zaplatit za dobu provozu, kdyby se splnily zadané podmínky. Za dobu 25ti let by spotřebitel musel uhradit částku 14 000 000 Kč! Protože spotřebitel bude v budoucnu pobírat více peněz zhruba o stejné % jako je inflace, snadněji splatí tuto částku. Relativně by tedy zaplatil 12 150 000 Kč. Zatímco solární systém by na provoz a pořízení spotřeboval asi 1 140 000 Kč. Z tohoto vyplývá zajímavé zjištění. Solární systém se mi vrátí za dobu cca 5,5 let, takže při konstantní ceně by se mi vrátily investice asi 5x, ale protože se zde projevuje vliv kumulativnosti na ceně energie, tak se mi vložené investice při 10% růstu ceny elektřiny vrátí skoro 11x za životnost soustavy. To je již velice zajímavé číslo.

Varianta 2:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – za posledních 10 let se udává hodnota cca 3,88%
- Růst ceny energií – volím 7,5%, protože je to průměrné roční zdražování ceny elektřiny za posledních 10let

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	4,31
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0388
růst ceny energií	0,0750

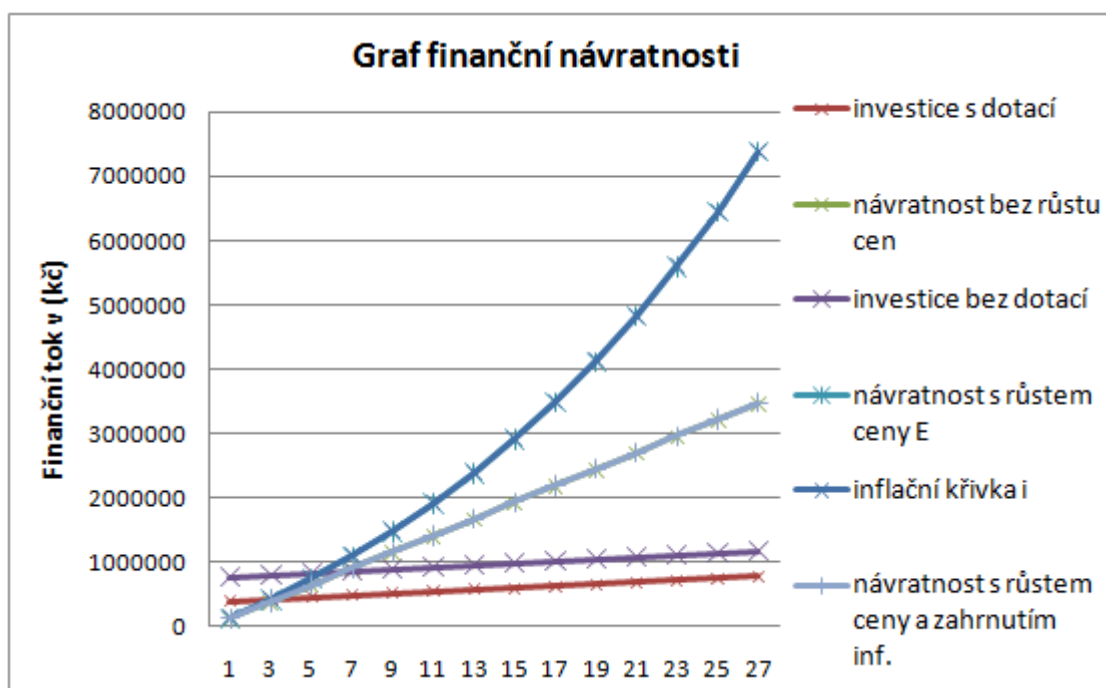


Tento graf se nejspíš blíží nejvíce nadcházejícím rokům, co se týče statistického hlediska. Ve srovnání s grafem, kde jsme uvažovali růst ceny energie 10% a inflaci 2,8%, můžeme pozorovat, jak rozdílným číslem jsme došli v tomto grafu s uvažováním 7,5% růstu ceny a 3,88% růstu inflace. V prvním grafu je hodnota čerpaných finančních prostředků 12 150 000 Kč. V tomto grafu se dostáváme na číslo 7 140 000 Kč. To je také významná změna, která je právě tvořena různými procenty, jak v inflaci, tak ve zvyšování cen energie elektřiny.

Varianta 3:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR
- Růst ceny inflace – odhadovaná dlouhodobější inflace je cca 5%, protože se mluví o rychlém zvyšování cen zboží
- Růst ceny energií – volím 5%, protože některé zdroje udávají, že tempo zvyšování cen bude mírnější než za posledních 10 let, což u elektřiny bylo 7,5%, ale abychom dostali graf, který je nejméně příznivý vzhledem k návratnosti vložených investic, tak ceny energií musejí růst pomalým tempem a inflace naopak tempem vysokým.

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	4,31
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0500
růst ceny energií	0,0500



Křivka „návratnost bez růstu cen“ je zakryta křivkou „návratnost s růstem ceny a zahrnutím inf.“. Jejich hodnoty jsou zcela totožné. Stejný případ nastává i v případě křivek „návratnost s růstem ceny E a „inflační křivka i“. Je to způsobeno shodným procentem nárůstu cen energií a nárůstu inflace. Zde je dobře patrný rozdíl mezi křivkou „návratnost s růstem cen E“, ve které je pouze zohledněn růst ceny energie, a křivkou „návratnost s růstem ceny a zahrnutím inf.“.

Zákazník zaplatí v absolutní hodnotě 6 440 000 Kč, ale protože bude mít větší příjem, tak relativně zaplatí 3 214 000 Kč.

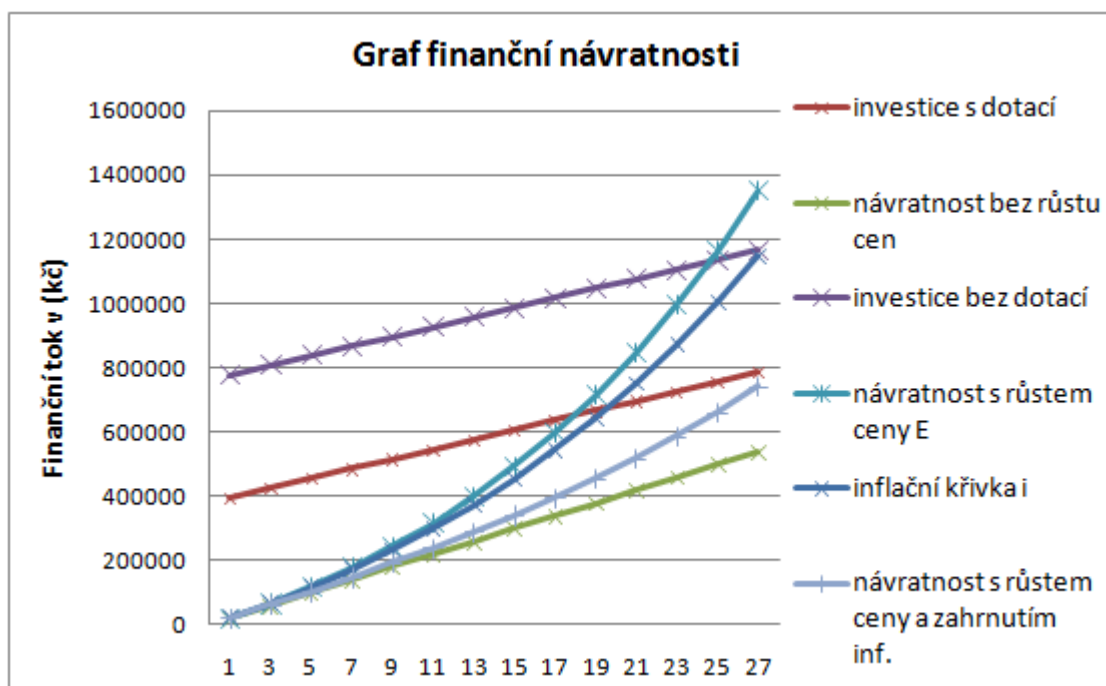
Zde je závěr zcela zřejmý. Cena energie za kWh je tak vysoká, že se v každém případě vyplatí instalovat kolektory z ekonomického hlediska. Další výhodou pro společnost je snížení výroby elektrické energie, která je značně zatížena produkcí CO₂ a škodlivinami uvolňovanými při její výrobě, kdy se převážně používá hnědé uhlí, které nepatří mezi kvalitní paliva. Hledisko samostatnosti zde nehraje tak velkou roli, jako u plynu, protože ČR disponuje zásobami hnědé uhlí.

Varianty pro instalování solárních systémů k tepelnému čerpadlu země x voda, kombinace K.4, kde bude teplá voda ohřívána tepelným čerpadlem:

Varianta 1:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR (2,35 Kč/kWh) COP=3,5 => cena při použití tepelného čerpadla je 0,67 Kč/kWh
- Růst ceny inflace – mírnější inflace je volena na hodnotu 2,8%
- Růst ceny energií – volím 6%, protože některé zdroje udávají, že tempo zvyšování cen bude mírnější než za posledních 10 let, což u elektřiny bylo 7,5%.

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	0,67
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0500
růst ceny energií	0,0600

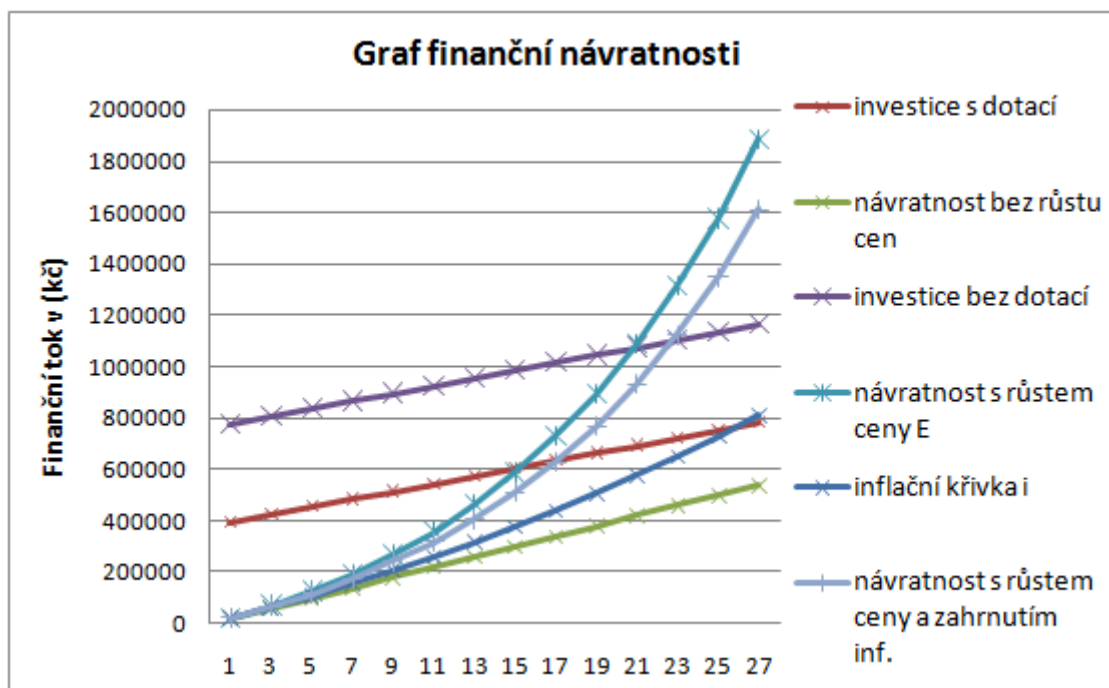


Tento graf je nepříznivý, protože míra inflace je velká. Cena energií se naopak zvyšuje pomalu. I kdybychom dostali dotaci, tak se v tomto případě kolektory nevyplatí, protože křivky se neprotnou ani za 27 let, což je už za životností soustavy. O pořízení solárního systému by se dalo uvažovat jen tehdy, pokud bychom měli velké pole kolektorů, které by pokrývalo spotřebu ze 100% v dubnu a v létě by byly velké přebytky například tím, že by kolektory byly instalovány pod úhlem menším než cca 40°. Poté bychom mohli přebytečné teplo odvádět do zemního vrtu, který by se rychleji zregeneroval a pomohl bychom tak k navýšení topného faktoru.

Varianta 2:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR (2,35 Kč/kWh) COP=3,5 => cena při použití tepelného čerpadla je 0,67 Kč/kWh
- Růst ceny inflace – volím mírnější zvyšování inflace 2,8%
- Růst ceny energií – volím 8% nárůst což je o něco více než za posledních 10 let

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	0,67
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0280
růst ceny energií	0,0800



Pokud bychom dostali dotaci ve výši 50ti % na počáteční investiční náklady, tak lze říci, že se solární kolektory jistě vyplatí. Pokud bychom hradili investici se 100% svými prostředky, tak se investice nevrátí, pokud se budeme dívat na křivku návratnosti bez růstu ceny energie. Tento systém má výhodu v tom, že v létě, kdyby byly přebytky tepla, tak se mohou uložit do vrtu a tím ho rychleji zregenerovat. Toto jsou pravděpodobně nejlepší výchozí podmínky, ale bylo by nejspíše riskantním řešením pořízení solárního systému. Ještě pokud víme, že peníze můžeme investovat tam, kde mají dobré zhodnocení, tak by bylo zcela zbytečné pořizovat kolektory z finančního hlediska.

Pro systém tepelné čerpadla země x voda by byly kolektory jistě výhodné z environmentálního hlediska, pokud platí předpoklad, že za dobu své životnosti vyrobí více energie, než spotřebují na svoji vlastní výrobu

Varianty pro instalování solárních systémů k tepelnému čerpadlu vzduch x voda, kombinace K.3, kde bude teplá voda ohřívána tepelným čerpadlem:

Z již předem vytvořených grafů pro tepelné čerpadlo země x voda je pořízení solárního systému na hranicích návratnosti a u tepelného čerpadla vzduch x voda by měl být výsledek ještě horší. Je to způsobeno tím, že v nejteplejších dnech má i tepelné čerpadlo největší topný faktor a tudíž je cena elektřiny pro ohřev teplé vody velice nízká. Pokud bychom chtěli přesně určit, zda se nám vyplatí instalovat solární systém k tepelnému čerpadlu, tak bychom měli určit zvlášť pro každý měsíc:

- Vyrobenou produkci energie solárním systémem
- COP tepelného čerpadla

Z těchto veličin bychom určili, kolik za každý jednotlivý měsíc ušetříme, a následně bychom je sečetli a zjistili uspořenou částku za období jednoho roku. Bude to však určitě méně uspořené finančních prostředků, než v případě systému tepelného čerpadla země x voda, kde alespoň nevyužití solární zisky můžeme dodat do vrtu k regeneraci.

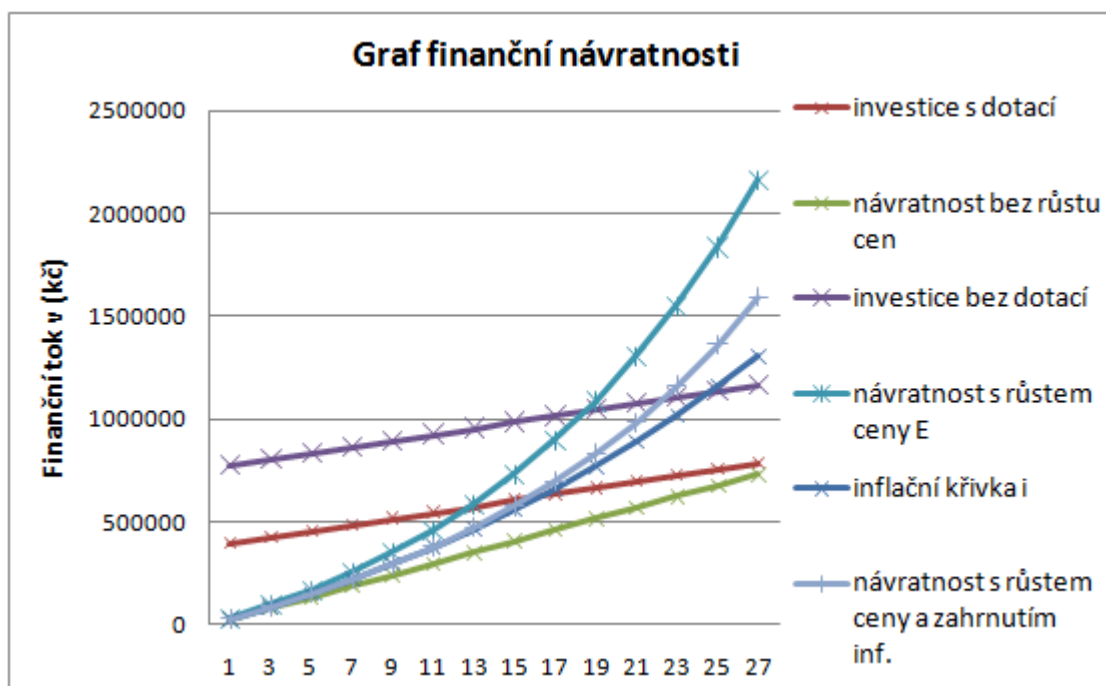
Varianty pro instalování solárních systémů k peletovému kotli kombinace K.5, kde bude teplá voda ohřívána peletami:

Vývoj ceny pelet je velice proměnný v závislosti na podmínkách, které například ovlivňují těžbu biomasy, ze které se pelety vyrábí. Jsou též ovlivňovány cenami jiných komodit, které se využívají k přeměně na tepelnou energii. Taktéž je cena rozkolísaná v roční době a v krajích.

Varianta 1:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je průměrná v ČR (0,91 Kč/kWh)
- Růst ceny inflace – volím 3,88%
- Růst ceny energií – volím 7%, je to hodnota zvyšování ceny ostatních fosilních produktů, které se používají právě na výrobu tepla

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	0,91
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0388
růst ceny energií	0,0700

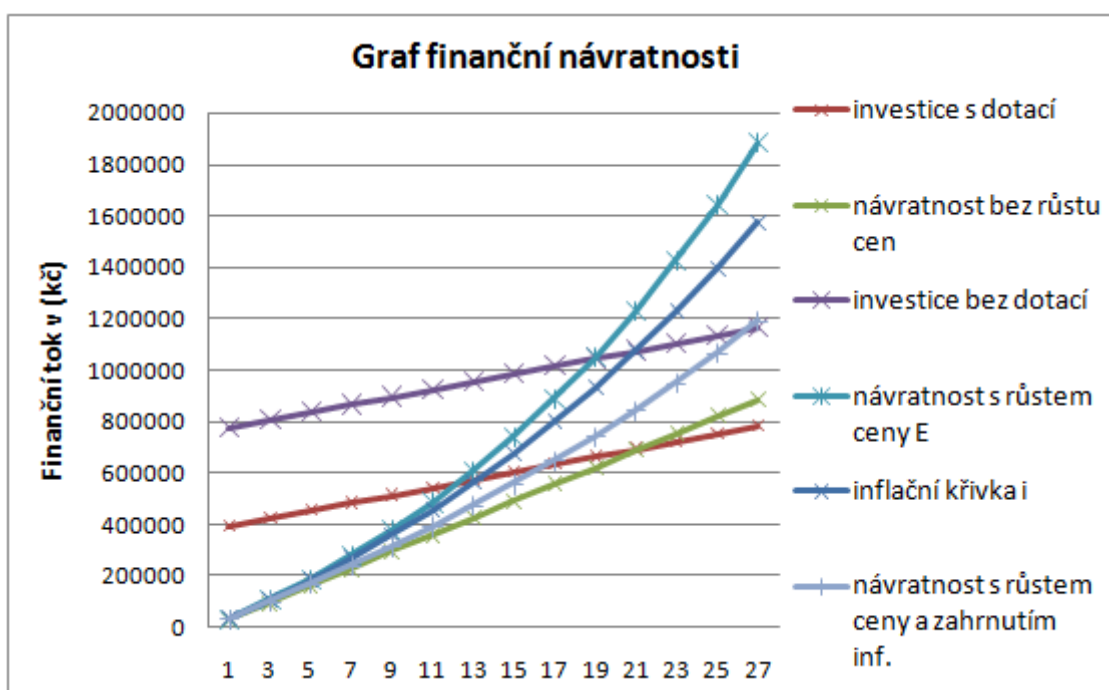


Z grafu lze pozorovat návratnost pouze za předpokladu zvyšování cen energií. Pokud bychom dostali státní dotaci na pořízení solárů, tak by se systém určitě vrátil za dobu své životnosti.

Varianta 2:

- Cena - je počítáno s cenou energie, která je nadprůměrná v ČR (1,1 Kč/kWh)
- Růst ceny inflace – volím 3,88%
- Růst ceny energií – volím 5%, je to hodnota zvyšování ceny ostatních fosilních produktů, které se používají právě na výrobu tepla

Tž... doba životnosti	20,00
Np...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N...investiční náklady (Kč)	762 064
E...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c...stávající cena energie (Kč/kWh)	1,10
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0388
růst ceny energií	0,0500



Pokud bychom nakupovali cenu pelet za vyšší cenu a růst ceny pelet by byl nízký, tak by se solární systém nevyplatilo instalovat, pokud bychom opět hradili počáteční investice bez podpory státu. Jestli bude navýšen objem biomasy v České republice díky dotacím a programům na podporu výroby, je možné, že cena pelet se nebude navýšovat takovým tempem jako ostatní paliva.

Kombinaci peletového kotle a solárního systému nebudu volit z ekonomických důvodů za předpokladu 100% hrazení počátečních investic investorem. Pokud bychom dostali dotaci, je výhodné pořídit tuto kombinaci. Pokud bychom se ale ptali na hledisko environmentálního

dopadu, pak je to u tohoto zdroje složitější. Je pravda, že při spalování vzniká stejné množství CO_2 jako při tvorbě dřevin, takže ekologická stopa je zde minimální, vyvolaná pouze pomocnými energiemi na přesun a sklizeň hmoty a na provoz kotle, ale dopad na životní prostředí je právě cílené monokulturní pěstování. Abychom mohli vytvořit závěr, zda instalovat solární systémy z pohledu těchto problematik, museli bychom znát primární produkci CO_2 na výrobu solárního systému a dopad cíleného pěstování biomasy, pokud je peleta vytvořena právě z tohoto zdroje, na ráz a ekologii krajiny.

Podrobnější vysvětlení křivek v grafu:

- „Investice s dotací“ – znázorňuje finanční tok v čase, kdy investor uhradil 50% ceny z vlastních zdrojů, dalších 50% bylo hrazeno ze státní dotace a pro každý rok jsou zde započítány náklady na provoz a údržbu soustavy
- „návrtnost bez růstu cen“ – na této křivce vidíme, kolik zaplatíme peněz, pokud bude stále stejná cena energie
- „investice bez dotací“ - znázorňuje finanční tok v čase, kdy investor uhradil celou pořizovací cenu z vlastních zdrojů a každý rok jsou zde započítány náklady na provoz a údržbu soustavy
- „návrtnost s růstem ceny“ –tato křivka je kumulativní, protože se zde každý rok zvyšuje cena energie z již navýšené ceny z předchozího roku. Znázorňuje v absolutních číslech, kolik zaplatíme za teplou vodu v závislosti na čase
- „inflační křivka“ - tato křivka růst ceny energie při stejném tempu jako je hodnota inflace
- „návrtnost s růstem ceny a zahrnutím inf.“ - Křivka v sobě obsahuje zvyšování ceny energií a vliv inflace, která понижuje růst této křivky. Na této křivce můžeme odečíst relativní hodnotu ceny, kterou zaplatíme za časový horizont. Když je inflace vysoká, tak je velice pravděpodobné, že i příjem investora bude vyšší, a proto pro něho nebude v budoucnu cena peněz stejná jako je dnes. Takže tato křivka je nejdůležitější z hlediska finanční analýzy.

Ekonomická analýza různých kombinací pro bytový dům

Výstupní kombinace :

1.K -a – plynový kondenzační kotel

Bude použit i pro ohřev TV po celou dobu roku, takže tarif na elektrickou energii je zde pouze pro elektrické spotřebiče.

1.K -b – plynový kondenzační kotel

Bude použit pro částečné hrazení energie na TV, ale zároveň zde bude zvolen i elektrický dohřev na jehož základě bude k dispozici výhodnější tarif pro elektřinu.

2.K – plynový kondenzační kotel + solární systém na ohřev TV

3.K – Tepelné čerpadlo vzduch x voda

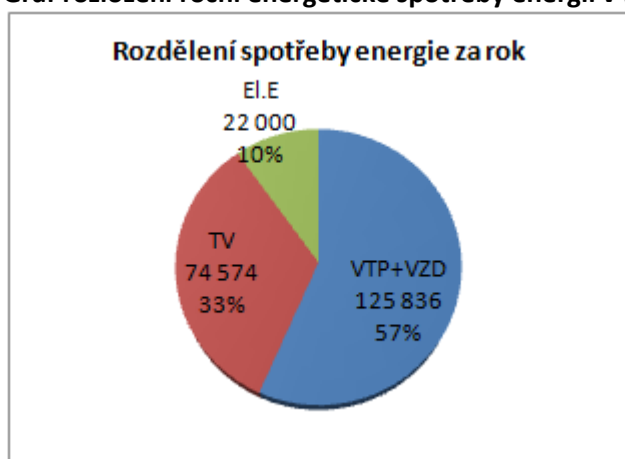
4.K – Tepelné čerpadlo země x voda

5.K - kotel na biomasu (pelety)

Varianta 1: V této variantě uvažuji spotřebu energie, kterou jsem vypočítal v předchozím bodě.

Zde jsou níže uvedené okrajové podmínky, které ovlivňují výstupní graf finanční analýzy zvolených systémů.

Graf rozložení roční energetické spotřeby energií v (%) a (kWh)



Tab.: Spotřeba energií za rok

	kWh	%
VTP+VZD	125836	57
TV	74574	34
El.E	22000	10
celkem	222411	100

Tab. : Cena plynu a pelet

palivo	jedn. cena Kč/kWh	pev. platba Kč/měs
plyn	1,24	342
pelety	0,91	0

Tab.: Elektrická energie

tarif	NT	VT	pev. platba
D02d	4,31	4,31	211
D25d	2,08	5,40	288
D56d	2,31	2,81	383

D02d...pro domácí spotřebiče

D25d...pro nižší spotřebu ohřevu vody el. E. (8h)

D56d...tepelná čerpadla (22h nízkého tarifu)

Tab. :Okrajové podmínky

kombinace	INV (Kč)	PN (Kč)	COP (-)
K1 - a	523000	12800	
K1 - b	523000	12800	
K2	1047000	15600	
K3	915000	7000	3
K4	1720000	6000	3,5
K5	450000	13450	

INV - počáteční investice do systému, která není skutečnou částkou, jakou bychom potřebovali pro kompletní vybavení kotelny. Jsou v ní započteny komponenty, kterými se liší zvolené kombinace. V grafu bude nadále zmiňována jako „pořizovací cena“.

PN – tato položka značí odhadované finanční náklady na provoz jednotlivých systémů.

COP – topný faktor tepelných čerpadel

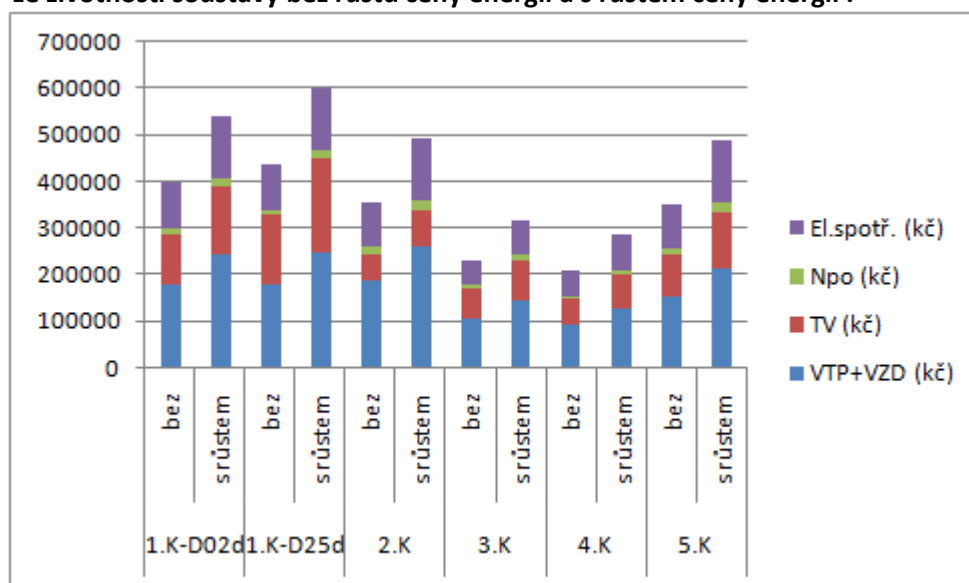
Je to hodnota odhadnutá, která má však zásadní vliv na výsledek finanční analýzy, takže by bylo vhodné spočítat topný faktor přesně. Bude tak učiněno později v detailním rozboru vybrané varianty, pokud zvolíme tepelné čerpadlo na základě této analýzy.

Okrajové podmínky pro růst ceny energií:

růst ceny inflace	3
růst ceny energií	7
i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie	0,04
n...počet let splácení (životnost)	15

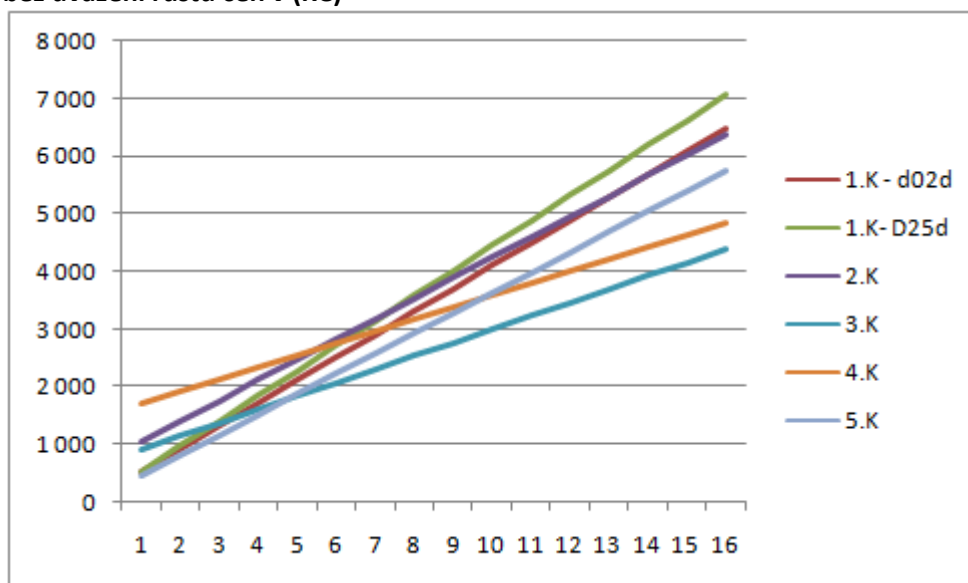
Pro výpočet ceny energie se zohledněním růstu počítám se zjednodušeným vzorcem. Tento vzorec by se neměl používat, pokud chceme pozorovat delší časový horizont, protože rozdíl zvyšování ceny a inflace je velice rozdílný. Ale protože zde nemáme velký procentuální rozdíl a časový horizont velmi dlouhý, tak použití tohoto vzorce je zde dostatečně přesné. Pokud bychom použili vzorec přesnější, tak bude vycházet lépe kombinace, která má nejmenší finanční náklady ročně.

Graf, který postihuje náklady na jednotlivé položky energií za jeden průměrný rok ze životnosti soustavy bez růstu ceny energií a s růstem ceny energií .



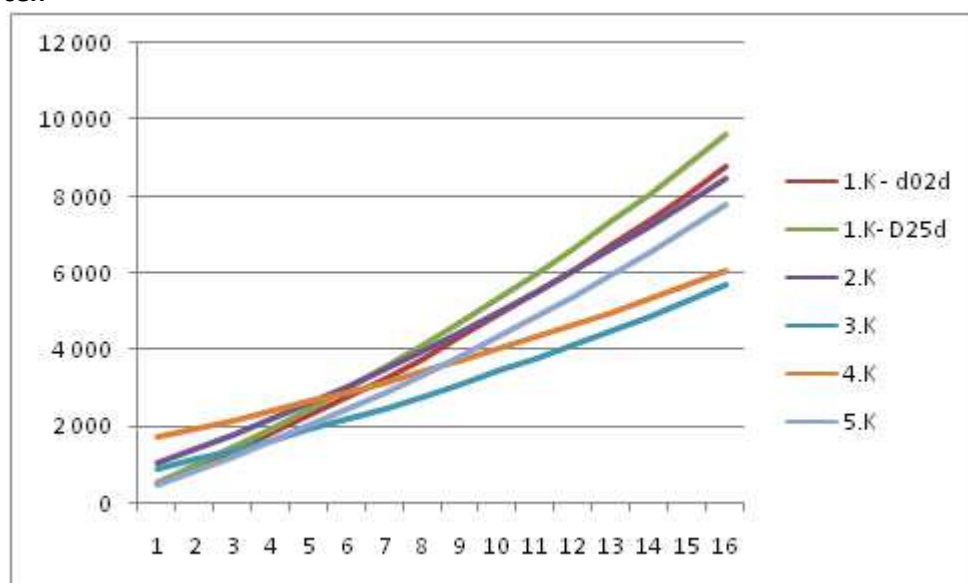
Npo – provozní náklady zvolené kombinace (Kč)

Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu bez uvážení růstu cen v (Kč)



V tomto případě vychází nejlépe kombinace 3.K, což je systém tepelné čerpadlo vzduch x voda. Nejspíše zde nemá smysl pozorovat delší časový horizont, protože tepelná čerpadla by měla mít životnost 15 – 20 let, pokud budeme uvažovat výměnu kompresoru. Tato životnost je odhadována na 10 – 15 let. U takovýchto výkonů se může pohybovat cena kompresoru okolo 50% - 80% ceny pořizovací celkové. Ostatní kombinace mají však životnost 20 – 25 let. I kdybychom vyměnili kompresor za 10let, pak by nadále vycházela nejlépe tepelná čerpadla.

Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu s uvážením růstu cen

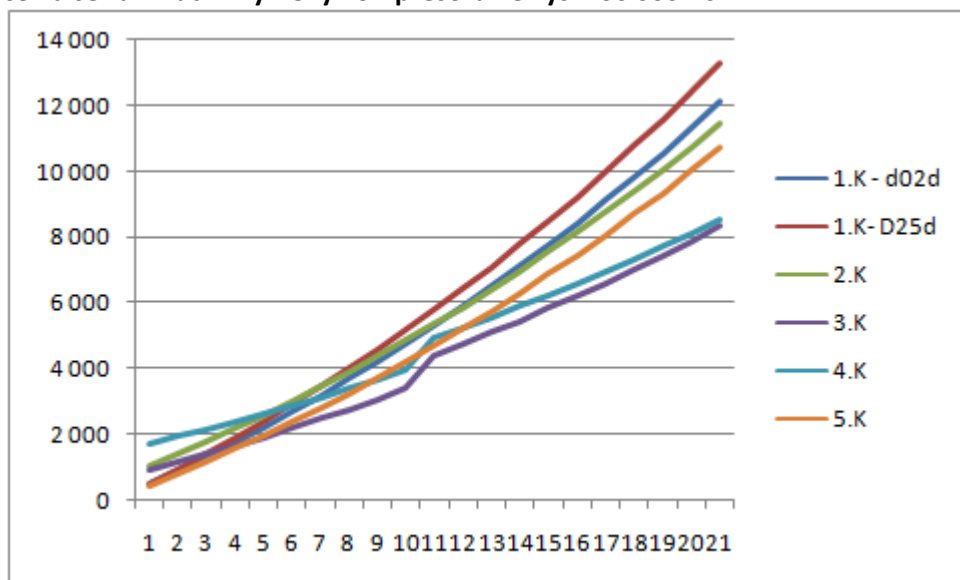


Pokud poroste cena paliv tak, jak je předpokládáno, jsou zde dvě možnosti zvolení neekonomičtějších systémů, a to tepelná čerpadla vzduch x voda a země x voda. Tyto dvě křivky by se protly asi v době dvacátého roku. Teoreticky by bylo jedno, který z těchto systémů zvolit. Ale je lepší dát přednost méně nákladnému systému na počátku, kde nemusíme mít tolik finančních prostředků na pořízení. Z tohoto důvodu je lepší 3.K.

Okrajové podmínky pro růst ceny energií

růst ceny inflace	3,5
růst ceny energií	7
i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie	0,035
n...počet let splácení (životnost)	15

Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu s uvážením růstu cen a se zahrnutím výměny kompresoru ve výši 700 000 Kč



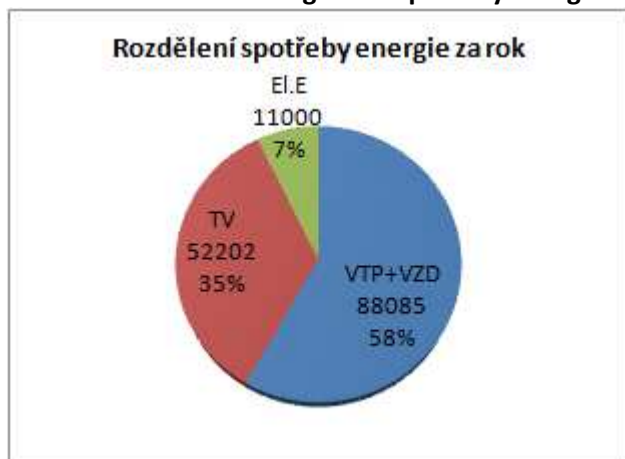
Toto je nejspíše nejreálnější graf, kde je zahrnuta výměna kompresoru v tepelných čerpadlech, ale rozdíl růstu ceny je nejspíše menší, než bude v budoucnu. Pokud ceny porostou rychlejším tempem, bude zde větší rozdíl v konečné ceně jednotlivých kombinací. Cena výměny je počítána 700 000 Kč jak pro 3.K, tak i pro 4.K. Je to 77% z pořizovací ceny 3.K.

Varianta 2: V této variantě uvažuji sníženou spotřebu energie

Snížení energie volím proto, protože jsem neuvažoval tepelné zisky ze slunce ani z vnitřního prostředí, které mohou znatelně snížit spotřebu tepla na vytápění. Dále je v prvním případě počítáno s klasickými přírážkami na zvýšení potřeby energie, ale ty také nemusí platit. Počítal jsem se spotřebiči, které již nejsou nejlepšími na trhu, a tudíž by se energie na jejich provoz mohla značně snížit a počet spotřebičů nemusí být takový, jaký jsem použil do výpočtu pro jejich celkovou spotřebu. Toto také platí u výpočtu s teplou vodou, kde už vůbec není jednoduché zvolit podmínky tak, aby nám vyšla reálná čísla. Potřeba vody závisí nejvíce na uživatelích. Díky všem těmto důvodům volím snížení energií pro VTP, VZT a TV na 70% a snížení energie na chod domácích spotřebičů volím na 50%.

Zde jsou níže uvedené okrajové podmínky, které ovlivňují výstupní graf finanční analýzy zvolených systémů

Graf rozložení roční energetické spotřeby energií v (%) a (kWh)



Tab.: Spotřeba energií za rok

	kWh	%
VTP+VZD	88085	58
TV	52202	35
EI.E	11000	7
celkem	151287	100

Tab.: Cena plynu a pelet

palivo	jedn. cena Kč/kWh	pev. platba Kč/měs
plyn	1,24	342
pelety	0,91	0

Tab.: Elektrická energie

tarif	NT	VT	pev. platba
D02d	4,31	4,31	211
D25d	2,08	5,40	288
D56d	2,31	2,81	383

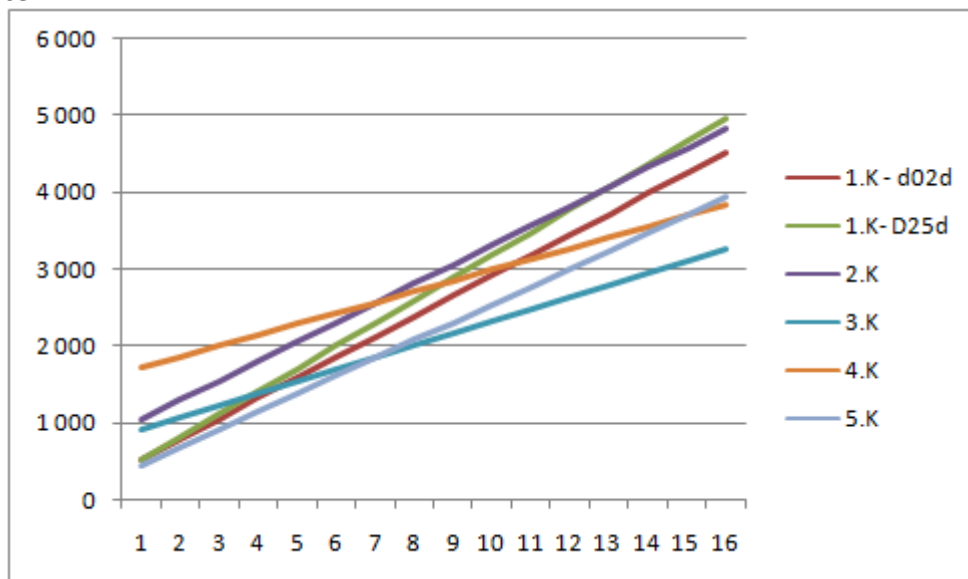
D02d...pro domácí spotřebiče

D25d...pro nižší spotřebu ohřevu vody el. E. (8h)

D56d...tepelná čerpadla (22h nízkého tarifu)

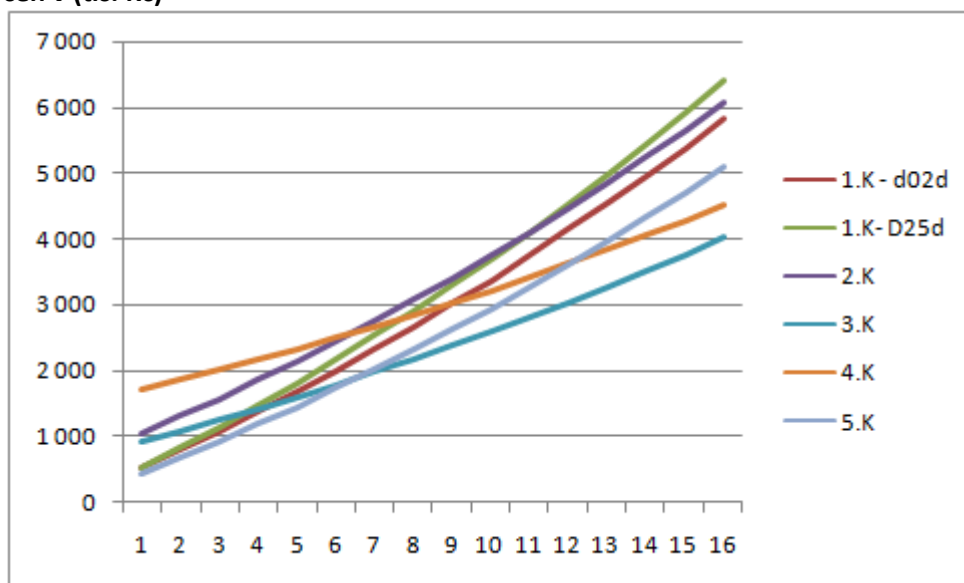
Tab. : Okrajové podmínky

kombinace	INV (Kč)	PN (Kč)	COP (-)
čK1 - a	523000	12800	
K1 - b	523000	12800	
K2	1047000	15600	
K3	915000	7000	3
K4	1720000	6000	3,5
K5	450000	13450	

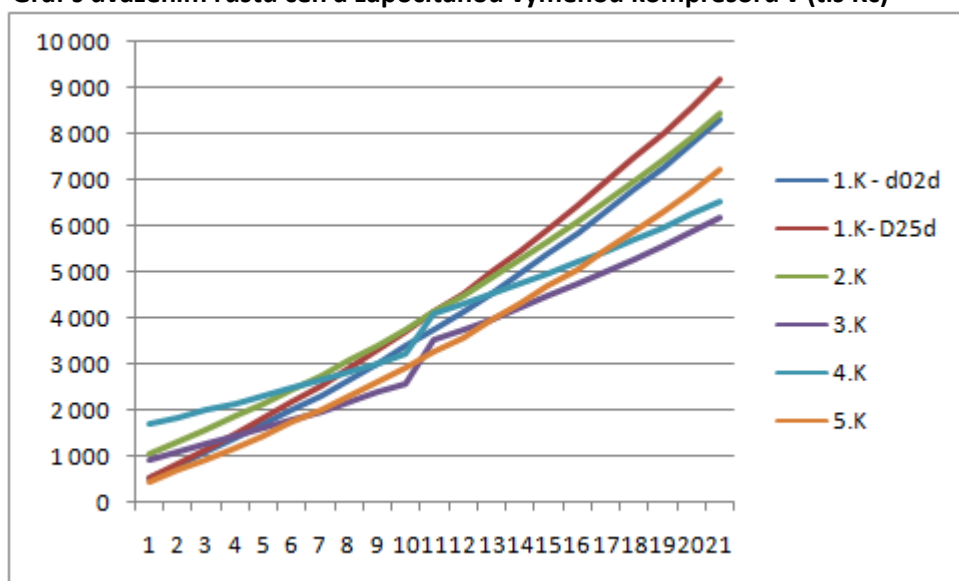
Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu bez uvážení růstu cen**Okrajové podmínky pro růst ceny energií**

růst ceny inflace	3,5
růst ceny energií	7
i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie	0,035
n...počet let splácení (životnost)	15

Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu s uvážením růstu cen v (tis. Kč)



Graf s uvážením růstu cen a započítanou výměnou kompresorů v (tis Kč)



Z grafů je vidět, že tu nejsou tak veliké rozdíly, jako tomu bylo ve variantě 1, kde jsme uvažovali plnou spotřebu všech energií. Ale i tak se zdá být za zvolených podmínek nejlepším řešením 3.K tepelné čerpadlo vzduch x voda. Pokud nebude diametrální rozdíl ve skutečném topném faktoru tepelného čerpadla a zde zvoleným COP, můžeme tuto kombinaci prohlásit za nejlepší variantu z hlediska ekonomického posouzení.

Volím kombinaci 3.K – tepelné čerpadlo vzduch x voda

Detailní rozbor vybrané varianty

Zdroje tepla

U varianty tepelné čerpadlo vzduch x voda je lepší zvolit alespoň dva zdroje tepla (MACH 34,0) z důvodu rozložení výkonu zdrojů v teplejších měsících, proto volím dvě TČ. Neoptimálnějším řešením by bylo navrhnout dvě různě výkonná TČ. Čím více tepelných čerpadel je osazeno v systému, tím lépe pro regulaci výkonu, ale pořizovací cena vzrůstá. Proto budou osazena pouze dvě tepelná čerpadla. Jejich výkon by měl pokrývat 100% spotřeby energie cca do -5°C . Mnou zvolená TČ pokrývají 100% výkonu do $-3,9^{\circ}\text{C}$ což je zároveň nejmenší průměrná teplota v nejméně chladném měsíci.

Vyrovňovací nádrž

Vyrovňovací nádrž bude instalována do systému s optimálním objemem pro dosažení kvalitní ochrany kompresoru v tepelném čerpadle. Nemusela by být osazována vůbec, ale znamenalo by to spínání elektrodohřevu v tepelném čerpadle a to by mělo samozřejmě dopad na snížení topného faktoru a to zcela zbytečně, když máme místo na vyrovnávací nádrž. Pořizovací náklady jsou zde odhadnuty na cca 70 000 Kč, a to nejspíše bude za dobu životnosti zapláceno právě díky umožnění chodu tepelného čerpadla místo spínání elektrodohřevu. Akumulační nádrž je neekonomické osazovat k TČ, protože naakumulovaná energie musí mít vysokou teplotu a to je bohužel pro TČ špatné, z důvodu poklesu topného faktoru. Abychom mohli vytápět tento objekt bez zvýšení kondenzační teploty tepelného čerpadla pouze jediný den, museli bychom mít akumulaci nádrž o objemu cca 25 000 litrů. Pokud by tato nádrž byla umístěna jinde než v podzemním patře, způsobila by značné přetížení konstrukci a následné zbytečné prodražení stavební části. Proto je zde zvolena vyrovnávací nádrž, aby v TČ nespínal kompresor častěji než čtyřikrát do hodiny v nejhorším případě, což je v přechodových měsících. Pokud by přeci jen mělo TČ sepnout vícekrát, tak se spustí elektrodohřev. Pokud zde dodržíme maximální hodinovou četnost sepnutí kompresoru danou od výrobce, tak je to záruka životnosti TČ.

Regulace

Abychom dosáhli co největšího topného faktoru TČ, je třeba zvolit kvalitativní regulaci, což znamená, že budeme TČ vyrábět vždy jen takovou teplotu výstupní vody, aby pokryla ztrátu objektu při zachování stejného množství objemového toku média. Výhodou této regulace je stálá hydraulická vyváženost ve všech měsících otopné sezony, zároveň zde však pracují oběhová čerpadla se stejným množstvím protékající vody. Pokud bychom zvolili kvantitativní regulaci, tak bychom uspořili elektrickou energii pro chod oběhových čerpadel v době, kdy nepotřebujeme hradit maximální tepelnou ztrátu objektu, ale zároveň bychom dostali menší topný faktor, než při kvalitativní regulaci, a to z důvodu vyšší kondenzační teploty TČ. Prioritou je snížit kondenzační teplotu na minimum, a proto je zde na místě zvolení kvalitativní ekvitermní regulace. Při snížení kondenzační teploty klesá rozdíl tlaků v okruhu, čímž se prodlužuje životnost samotného kompresoru, který je nejdražší součástí TČ.

COP při kvalitativní regulaci : COP= 4,32 => 111 150 Kč/rok

COP při kvantitativní regulaci: COP= 3,28 => 146 390 Kč/rok

Rozdíl ušetřených provozních nákladů bez započítání změny odběru elektrické energie oběhovými čerpadly je **32 240 Kč/rok** při uvažování růstu ceny elektrické energie 5% v období 15ti let.

Oběhová čerpadla

Budou navržena tak, aby jejich účinnost byla co největší. Protože již víme, že použijeme kvalitativní regulaci, je zřejmé, že pracovní bod oběhových čerpadel bude mít bližší hodnoty navrhovaným hodnotám, než kdybychom měli regulaci, kde měníme kvantitu protékajícího média v závislosti na době ročního období.

Přepočet COP tepelného čerpadla a vlastní návrh výkonu

Zjistit samotnou účinnost TČ a vlastní návrh TČ na požadovaný výkon

výrobce udává COP při určených teplotách, z toho vypočítám účinnost TČ

$$\text{COP} = \mu_{\text{TČ}} \cdot T_k / (T_k - T_o) \Rightarrow \mu_{\text{TČ}} = \text{COP} \cdot (T_k - T_o) / T_k$$

kde T_k - kondenzační teplota (K), (neuvažuji žádný rozdíl teplot díky přehřátí na vyšší teplotu za kompresorem, což je dobře vidět z ln p-h diagramu)

T_o - vypařovací teplota (K), je nižší cca o 3°C než teplota prim. zdroje (vzduchu)

$$T_o = T_e - \Delta t$$

Δt - teplotní rozdíl na výparníku cca 3°C

$\mu_{\text{TČ}}$ - účinnost tepelného čerpadla

COP - topný faktor tepelného čerpadla

Přepočet COP pro vlastní teploty

teploty jsou zvoleny pro jednotlivé měsíce v roce

$$\text{COP} = \mu_{\text{TČ}} \cdot T_k / (T_k - T_o)$$

Určení COPu váženým průměrem ze spotřeby tepla a účinnosti TČ v jednotl. měs.

$$\text{COP} = \sum Q_{\text{měs},i} \cdot \text{COP}_{\text{měs},i} / \sum Q_{\text{měs},i}$$

Návrh tepelného čerpadla

Navrhuji tepelné čerpadlo: **2x MACH 34,0 vzduch x voda**

Data získaná od výrobce: Data z programu Select 7.1; Tepelná čerpadla MACH

Typ tč	teplota vzduchu/kondenzační		
mach 34,0	A7/W50	A0/W50	A-15/W50
$\Delta t = 3^\circ\text{C}$	4	-3	-18
Qtč	22,57	17,85	12,07
P	6,86	6,33	5,46
COP	3,29	2,82	2,21

Tabulka je pouze pro jedno TČ

Zjistit samotnou účinnost TČ

$$\text{COP} = \mu_{\text{TČ}} \cdot T_k / (T_k - T_o) \Rightarrow \mu_{\text{TČ}} = \text{COP} \cdot (T_k - T_o) / T_k$$

Parametry tepelného čerpadla při teplotách $T_k=50^\circ\text{C}$ $T_e=7^\circ\text{C}$

$\mu_{\text{TČ}} = \text{COP} \cdot (T_k - T_o) / T_k$	$\Delta t =$	3 ($^\circ\text{C}$)	
	$C =$	273,15 (K)	teplotní konstanta
<u>$\mu_{\text{TČ}} =$</u>	<u>$0,468327$</u>	$T_e =$	7 ($^\circ\text{C}$)
		$T_e =$	280,15 (K)
		$T_k =$	50 ($^\circ\text{C}$)
		$T_k =$	323,15 (K)
		$T_o =$	4 ($^\circ\text{C}$)
		$T_o =$	277,15 (K)
		$\text{COP} =$	3,29

Parametry tepelného čerpadla při teplotách $T_k=50^\circ\text{C}$ $T_e=0^\circ\text{C}$

$\mu_{\text{TČ}} = \text{COP} \cdot (T_k - T_o) / T_k$	$\Delta t =$	3 ($^\circ\text{C}$)	
	$C =$	273,15 (K)	
<u>$\mu_{\text{TČ}} =$</u>	<u>$0,46251$</u>	$T_e =$	0 ($^\circ\text{C}$)
		$T_e =$	273,15 (K)
		$T_k =$	50 ($^\circ\text{C}$)
		$T_k =$	323,15 (K)
		$T_o =$	-3 ($^\circ\text{C}$)
		$T_o =$	270,15 (K)
		$\text{COP} =$	2,82

Parametry tepelného čerpadla při teplotách $T_k=50^\circ\text{C}$ $T_e=0^\circ\text{C}$

$\mu_{\text{TČ}} = \text{COP} \cdot (T_k - T_o) / T_k$	$\Delta t =$	3 ($^\circ\text{C}$)	
	$C =$	273,15 (K)	
<u>$\mu_{\text{TČ}} =$</u>	<u>$0,465047$</u>	$T_e =$	-15 ($^\circ\text{C}$)
		$T_e =$	258,15 (K)
		$T_k =$	50 ($^\circ\text{C}$)
		$T_k =$	323,15 (K)
		$T_o =$	-18 ($^\circ\text{C}$)
		$T_o =$	255,15 (K)
		$\text{COP} =$	2,21

Z tohoto výpočtu vyplývá, že účinnost TČ je skoro konstantní, tudíž ji můžeme uvažovat průměrnou ve všech měsících v roce, protože nejvíce dní je při teplotách 0 až $+7^\circ\text{C}$, proto uvažuji účinnost při venkovním vzduchu $t_e = 0^\circ\text{C}$.

Bohužel nebyl zpracován podklad pro teplotu $T_k = 40$, $T_k = 30^\circ\text{C}$, která bude použita pro vytápění. Zde by se mohla díky menšímu rozdílu teplot zlepšit samotná účinnost TČ, ale pro bezpečnou stranu budu uvažovat účinnost stejnou jako pro ohřev TV

Přepočet COP pro vlastní teploty

teploty jsou zvoleny pro jednotlivé měsíce v roce

$$\text{COP} = \mu_{T\check{C}} * T_k / (T_k - T_o)$$

$$\mu_{T\check{C}} = 0,468327$$

Předpokládám v obou tabulkách stejnou účinnost TČ protože jsem schopen ji vypočítat jen pro jednu Tk, avšak chyba by měla být maximálně 10%, spíše nižší

Tabulka pro stanovení topného faktoru pro ohřev teplé vody Tk=50°C

měsíc	teplota te	Δt	To	Tk,TV	COP,TV	Q _{tv,m,skut}	COP*Q _{tv}	COP, tv
	°C	°C	kW		(-)			(-)
1	-3,9	3	-6,9	55	2,48	6755	13766	2,85
2	-3	3	-6	55	2,52	6101	12590	
3	0,3	3	-2,7	55	2,66	6755	17991	
4	3,7	3	0,7	55	2,83	6406	18131	
5	8,5	3	5,5	55	3,10	6282	19503	
6	14,3	3	11,3	55	3,52	5883	20690	
7	16,6	3	13,6	55	3,71	5269	19558	
8	16,6	3	13,6	55	3,71	5269	19558	
9	10,3	3	7,3	55	3,22	6079	19586	
10	6,6	3	3,6	55	2,99	6485	19388	
11	1,2	3	-1,8	55	2,71	6537	17686	
12	-2,2	3	-5,2	55	2,55	6755	14097	
			za rok		3,00	74574	212544	

COP, tv - průměrný topný faktor na ohřev teplé vody za rok

Tabulka pro stanovení topného faktoru pro ekvitermní vytápění Tk je proměnná

měsíc	teplota te	Δt	To	Tk,VTP	COP,VTP	Q _{ztr,skut1}	COP*Q _{ztr}	COP, vtp
	°C	°C	kW		(-)	kWh/měs		(-)
1	-3,9	3	-6,9	33,53835	3,55	19734	54985	4,32
2	-3	3	-6	33,00616	3,68	17124	49199	
3	0,3	3	-2,7	31,0415	4,22	16115	68039	
4	3,7	3	0,7	28,9921	5,00	12760	63816	
5	8,5	3	5,5	26,04232	6,82	9048	61720	
6	14,3	3	11,3	22,33885	0,00	0	0	
7	16,6	3	13,6	20,79013	0,00	0	0	
8	16,6	3	13,6	20,79013	0,00	0	0	
9	10,3	3	7,3	24,91361	7,93	7255	57501	
10	6,6	3	3,6	27,2192	5,96	10686	63642	
11	1,2	3	-1,8	30,50172	4,40	14844	65353	
12	-2,2	3	-5,2	32,53186	3,79	18269	59107	
					5,04	125836	543363	

COP, vtp - průměrný topný faktor na hrazení tepelných ztrát za rok

Zde je vidět, jak veliký rozdíl je mezi váženým průměrem a mezi průměrem stanoveným pouze

z vlastních čísel COPu v tabulce pro vytápění. Za to v tabulce pro teplou vodu je COP skoro stejný, protože potřeba teplé vody je konstantní po celou dobu roku až na letní měsíce, kdy se předpokládá pokles zhruba o 20%.

Taky je zde patrné, že pokud vyberu tepelné čerpadlo s nejlepším průměrným topným faktorem, bude mít veliký vliv na provozní náklady, takže bychom měli porovnat co nejvíce variant a vybrat tu, která je pro daný typ objektu nejlepší. Čím větší objekt realizujeme, tím vyšší by měla být propracovanost projektů, protože správným návrhem se dají ušetřit nemalé celkové náklady.

Výpočet tímto způsobem je pouze možný při dodržení podmínky, že výkon tepelného čerpadla bude v nejnepříznivějším měsíci, čili lednu, vyšší než potřeba výkonu na TZ a ohřev TV

PODMÍNKY:

$$Q_{t\check{c}} > Q_{ztr,m\check{e}s} + Q_{tv,m\check{e}s}$$

$$Q_{t\check{c}} = P_{m\check{e}s} * COP_{m\check{e}s,ztr} + P_{m\check{e}s} * COP_{m\check{e}s,tv}$$

Protože vyšel nereálně vysoký topný faktor bez uvážení vlivu použití elektrické spirály v nejchladnějším období, tak jsem zvolil, že v měsíci leden a únor bude hrazeno 70% energie na vytápění TČ a 30% elektrickou spirálou, která má topný faktor 1. V měsíci prosinci, kdy bývá pod mrakem a nejsou časté velké mrazy, jsem uvažoval 80% pokrytí TČ a 20% topnou vložkou s faktorem 1. Stejný poměr je i v přepočtu pro COP TV.

Určení COPu váženým průměrem ze spotřeby tepla a účinnosti TČ v jednotl. měs.

Pro **TČ MACH 34,0** se dá uvažovat, že příkon se mění lineárně a to podle rovnice: $P_{m\check{e}s}$

;

$$P_{m\check{e}s} = P_1 - (P_1 - P_3) * (T_1 - T_{m\check{e}s}) / (T_1 - T_3)$$

$$P_1 = 13,72 \text{ kW}$$

$$P_3 = 10,92 \text{ kW}$$

$$T_1 = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

P_1 - příkon při teplotě T_1

T_1 - měřená teplota vzduchu

P_3 - příkon při teplotě T_3

T_3 - měřená teplota vzduchu

$T_{m\check{e}s}$ - teplota v měsíci

Tabulka výkonu tepelného čerpadla									
měsíc	teplota te	Δt	To	COP* Q_{ztr}	COP* Q_{tv}	$Q_{ztr} + Q_{vtp}$	$P_{m\check{e}s}$	$\Sigma Q_{t\check{c}}$	COP $_{m\check{e}s}$
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kW			kWh/měs	kW	kW	
1	-15	3	-18	54985	13766	26489	10,92	28,3	2,60
2	-3	3	-6	49199	12590	23225	12,45	33,1	2,66
3	0,3	3	-2,7	68039	17991	22870	12,87	45,1	3,76
4	3,7	3	0,7	63816	18131	19166	13,30	45,1	4,28
5	8,5	3	5,5	61720	19503	15330	13,91	45,1	5,30
6	14,3	3	11,3	0	20690	5883	14,65	45,1	3,52
7	16,6	3	13,6	0	19558	5269	14,94	45,1	3,71
8	16,6	3	13,6	0	19558	5269	14,94	45,1	3,71
9	10,3	3	7,3	57501	19586	13335	14,14	45,1	5,78
10	6,6	3	3,6	63642	19388	17170	13,67	45,1	4,84
11	1,2	3	-1,8	65353	17686	21381	12,98	45,1	3,88
12	-2,2	3	-5,2	59107	14097	25024	12,55	36,7	2,93

$\Sigma Q_{t\check{c}}$ - je to výkon TČ, ale v letních měsících, nebude dosahovat větší hodnoty než může výměník na primární straně přenést. Tento maximální výkon se uvažuje pro zjednodušení jako výkon udávaný výrobcem při teplotě vzduchu 7°C, ale ve skutečnosti bude vyšší.

Pokud bych chtěl zjistit skutečný výkon, který by byl schopen přenést výměník, tak bych musel znát plochu výměníku, jeho U a teplotní rozdíl, na kterém pracuje výměník.

Tyto informace bohužel výrobcí neudávají.

Systém tohoto výpočtu se dá aplikovat pouze pokud mám dvě stejná TČ. Jinak bych musel přepočítávat jejich topné faktory a příkony zvlášť.

minimální výkon elektrické vložky: Počítáno při teplotě $t_e = -15^\circ\text{C}$

$$Q_{el} = Q_{ztr, max} - \Sigma Q_{t\check{c}}$$

$$Q_{el} = 53,2 - 28,3$$

$$Q_{el} = 24,9 \text{ kW}$$

Závěr: Protože výkon TČ je větší než potřeba energie při průměrné teplotě v lednu, mohu použít tento výše uvedený systém přepočtu topných faktorů. Pokud by byla spotřeba energie větší než je výkon TČ, pak by se musel COP přepočítat složitěji. Museli bychom uvažovat kolik je TČ schopno uhradit energie při dané průměrné teplotě a rozdíl potřeby výkonu na hrazení ztrát a výkonu tepelného čerpadla, bychom museli uvažovat elektrickým dohřevem. Tudíž topný faktor je $COP = 1$.

TEPELNÉ ČERPADLO MACH 34,0 SPLNILO DANÁ KRITÉRIA.

Navrhuji TČ: **2 x MACH 34,0 vzduch x voda**

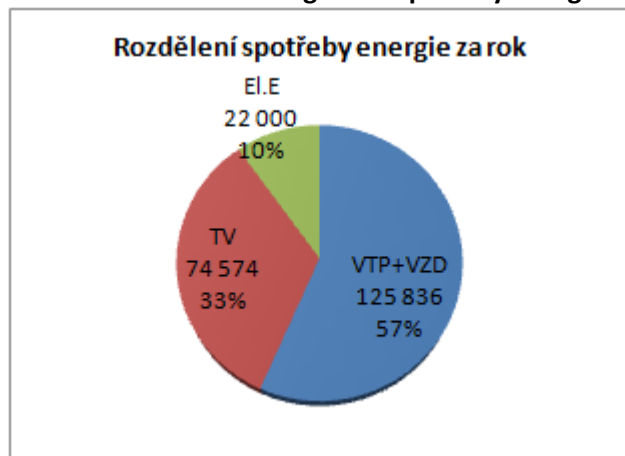
Vyhotovení finanční analýzy s přesnějšími daty

Varianta 1:

V této variantě uvažuji plnou spotřebu energie, kterou jsem vypočítal v předchozím bodě.

Zde jsou níže uvedené okrajové podmínky, které ovlivňují výstupní graf finanční analýzy zvolených systémů

Graf rozložení roční energetické spotřeby energií v (%) a (kWh)



Tabulka spotřeby energií za rok:

	kWh	%
VTP+VZD	125836	57
TV	74574	34
El.E	22000	10
celkem	222411	100

Tab. Ceny plynu a pelet:

palivo	jedn. cena	pev. platba
	Kč/kWh	Kč/měs
plyn	1,24	342
pelety	0,91	0

Tab. Elektrické energie

tarif	NT	VT	pev. platba
D02d	4,31	4,31	211
D25d	2,08	5,40	288
D56d	2,31	2,81	383

D02d...pro domácí spotřebiče

D25d...pro nižší spotřebu ohřevu vody el. E. (8h)

D56d...tepelná čerpadla (22h nízkého tarifu)

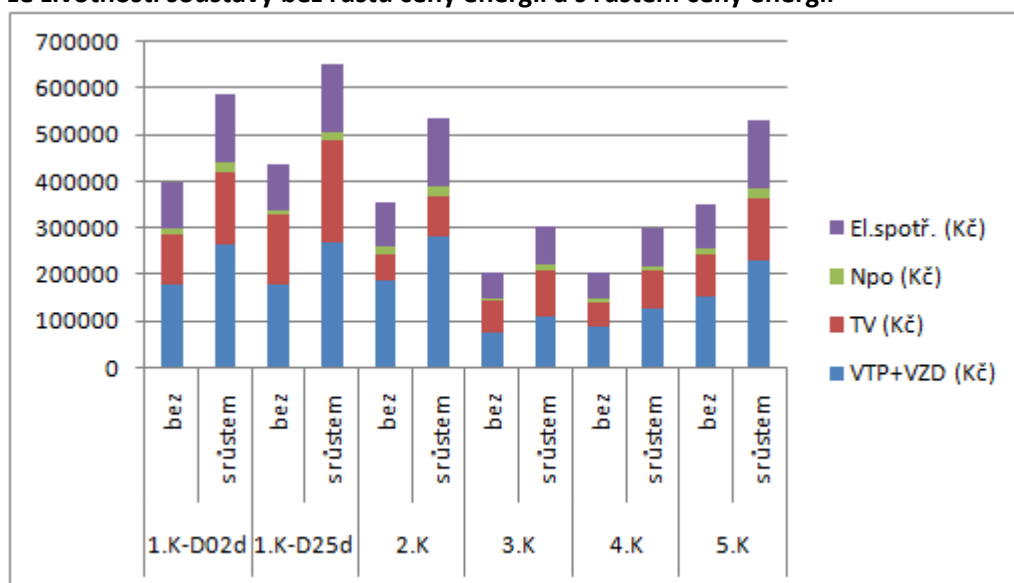
Tab. : okrajové podmínky

kombinace	INV (Kč)	PN (Kč)	COP VTP (-)	COP TV (-)
K1 - a	523000	12800		
K1 - b	523000	12800		
K2	1047000	15600		
K3	915000	7000	4,32	2,85
K4	1720000	6000	3,8	3,5
K5	450000	13450		

okrajové podmínky pro růst ceny energií:

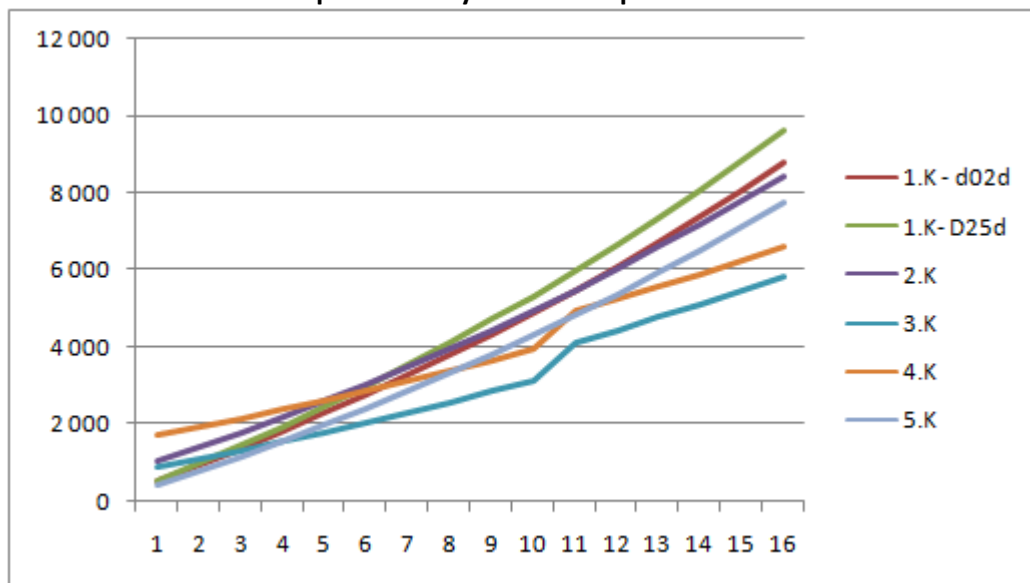
růst ceny inflace	3
růst ceny energií	7
i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie	0,04
n...počet let splácení (životnost)	15

Graf, který postihuje náklady na jednotlivé položky energií za jeden průměrný rok ze životnosti soustavy bez růstu ceny energií a s růstem ceny energií



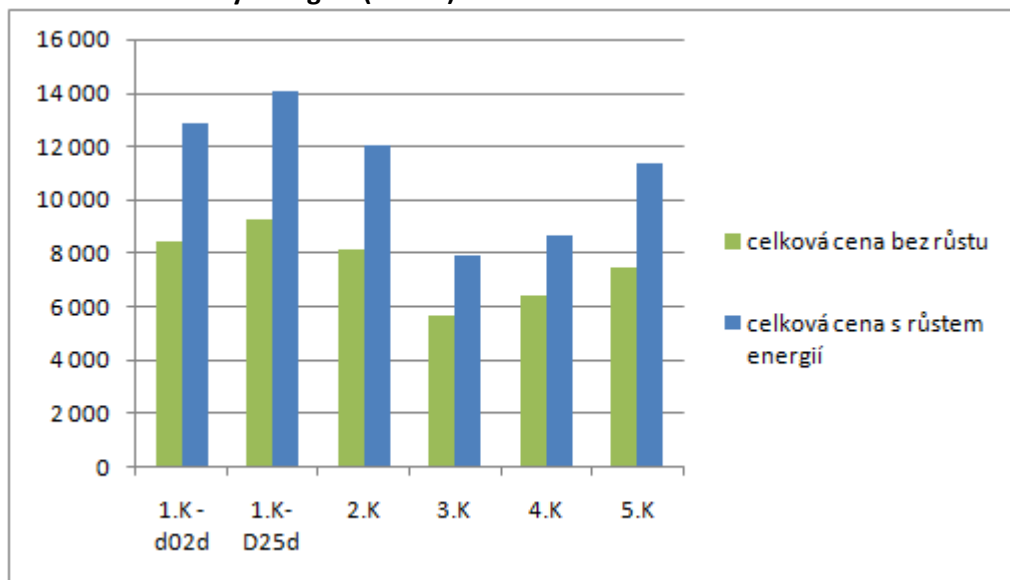
Npo – provozní náklady zvolené kombinace, kde ovšem není započtena náhrada kompresoru za dobu 20ti let životnosti (Kč)

Graf pořizovacích a celkových ročních nákladů v závislosti na době provozu s uvažováním růstu cen a započítanou výměnou kompresorů



Na tomto grafu je ještě větší rozdíl v konečném množství vložených financí do systému na hrazení energií. Je to způsobeno lepším topným faktorem, než bylo předpokládáno v koncepčním řešení.

Graf celkových nákladů za dobu 20ti let provozu systémů bez a s růstem ceny energií v (tis. Kč)



V grafu je zohledněna výměna kompresoru v hodnotě 700 000 Kč. Je zde přehledně vidět kolik bude jaký systém stát včetně všech celoročních nákladů na konci své životnosti, která je zde zvolena na 20 let.

Finanční analýza zde byla řešena podrobněji, protože největší problém pořizování obnovitelných nebo alternativních zdrojů energie jsou jejich vyšší počáteční investice. Pokud budeme schopni nabídnout investorovi kvalitní finanční analýzu, bude jistě jednodušší ho přesvědčit o zvolení systému, který má sice vyšší počáteční náklady na pořízení, ale v konečném hledisku vyjde levněji, než tradiční zdroj.

Dimenzování vybraného systému obnovitelných zdrojů

Stanovení ekvitemní křivky teploty v otopné sezóně

Regulace vytápění bude ekvitemní. tzn závislá na venkovní teplotě t_e

Teplotní rozdíl

$$\Delta t = (t_{w1,max} - t_{w2,max}) \cdot \frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i} [K]$$

Střední teplota otopné vody

$$t_m = t_i + \left(\frac{t_{w1,max} + t_{w2,max}}{2} - t_i \right) \cdot \left(\frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i} \right)^{\frac{1}{n}} [^{\circ}C]$$

kde

t_e jsou venkovní teploty,
 $t_{e,min}$ výpočtová venkovní teplota,
 exponent n pdl. plochy $n = 1,1$,

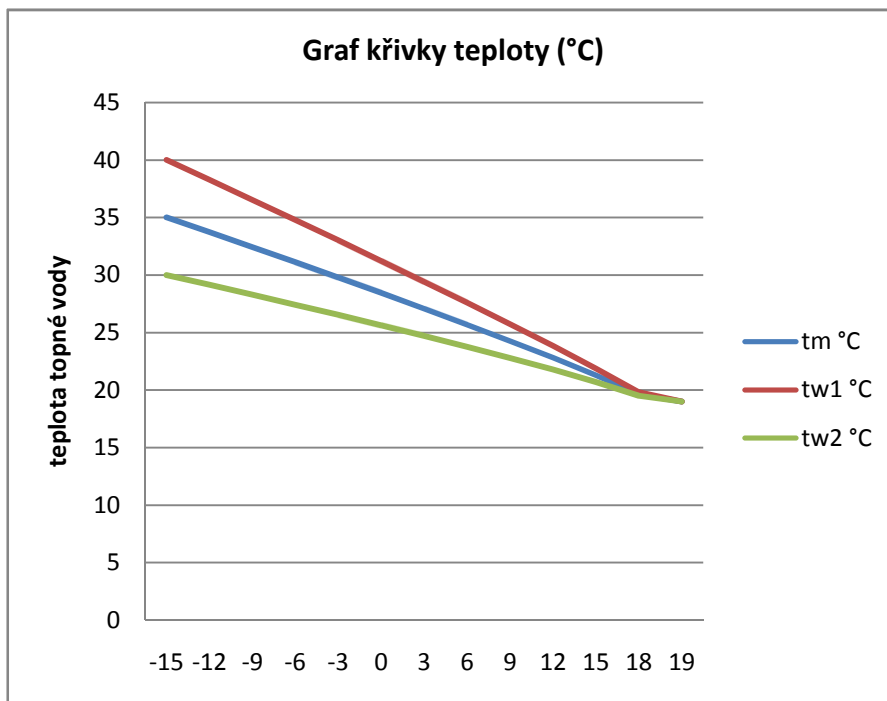
$$tw1 = tm + \Delta t \cdot 0,5$$

$$tw2 = tm - \Delta t \cdot 0,5$$

Tab.: Stanovení potřebných teplot pro různé měsíce v roce (Δt ; t_m ; $tw1$; $tw2$)

měsíc	teplota t_e	Δt	t_m	$tw1$	$tw2$
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$
1	-15	10	35	40	30
2	-12	9,118	33,71	38,27	29,152
3	-9	8,235	32,41	36,53	28,293
4	-6	7,353	31,1	34,77	27,422
5	-3	6,471	29,77	33,01	26,536
6	0	5,588	28,43	31,22	25,633
7	3	4,706	27,06	29,42	24,711
8	6	3,824	25,68	27,59	23,765
9	9	2,941	24,26	25,73	22,789
10	12	2,059	22,8	23,83	21,774
11	15	1,176	21,29	21,87	20,698
12	18	0,294	19,65	19,8	19,501
	19	0	19	19	19

$t_{e,min} = -15 \quad ^{\circ}C$
 $t_i = 19 \quad ^{\circ}C$
 $t_{w1,max} = 40 \quad ^{\circ}C$
 $t_{w2,max} = 30 \quad ^{\circ}C$
 $n = 1,1$



Návrh akumulční nádrže

Tab.: Určení doby nabíjení a vybíjení

měsíc	teplota te	Δt	Q zás.	Qztr	Qzdr	Qzdr,šk	Qzdr-Qztr	T(n+v)	T(v)	T(n)
	°C	°C	kWh	kW	kW	kW	kW	h	h	h
1	-3,9	6,74	5,87	26,52	41	11,3	14,48	0,41	0,22	0,52
2	-3	6,47	5,64	25,48	45,1	11,3	19,62	0,29	0,22	0,50
3	0,3	5,50	4,80	21,66	45,1	11,3	23,44	0,20	0,22	0,42
4	3,7	4,50	3,92	17,72	45,1	11,3	27,38	0,14	0,22	0,35
5	8,5	3,09	2,69	12,16	45,1	11,3	32,94	0,08	0,22	0,24
6	14,3	1,38	1,21	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
7	16,6	0,71	0,62	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
8	16,6	0,71	0,62	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
9	10,3	2,56	2,23	10,08	45,1	11,3	35,02	0,06	0,22	0,20
10	6,6	3,65	3,18	14,36	45,1	11,3	30,74	0,10	0,22	0,28
11	1,2	5,24	4,57	20,62	45,1	11,3	24,48	0,19	0,22	0,40
12	-2,2	6,24	5,44	24,56	45,1	11,3	20,54	0,26	0,22	0,48

objem akumulční nádrže

$$V = 0,75 \text{ m}^3$$

$$T(n+v) = Q_{zás} / (Q_{zdr} - Q_{ztr})$$

$$T(v) = Q_{zás} / Q_{ztr}$$

$$T(n) = Q_{zás} / Q_{zdr,šk}$$

Qzdr - je to výkon TČ (mění se v měsíci a je závislý na provozu a omezení výkonu)

.- nejmenší možný výkon TČ je: $Q_{min} = 0,5 * Q_{tč,max}$

Navrhuji akumulční nádrž: **Akumulační zásobník PH 800**

Dle výpočtu by mělo TČ sepnout jednou za 20min, min. doba spínání bývá nastavena na 15min.

T(n) - doba za kterou se mi nabije Aku nádrž, pokud budu uvažovat nejmenší možný výkon TČ
. Počítám s nejmenším možným výkonem TČ, protože vychází delší doba chodu TČ
což potřebuji, aby se neopotřebovával kompresor

Z tabulky je jasné, že nemá význam pořizovat akumulční nádrž za účelem akumulace tepla, ale jelikož do TČ by neměla přicházet vratná voda teplejší, než je voda projektovaná, tak stejně osadím vyrovnávací nádrž, protože má lepší stratifikaci než je stratifikace anuloidu. A jedna z těchto možností by se měla do systému osadit, aby byly hydraulicky oddělené okruhy tepelných čerpadel od okruhů, které vychází z rozdělovače.

Dimenzování potrubí

Ús		Q (kW)	m [l/s]	L	PŘEDBĚŽNÉ HODNOTY						ZMĚNĚNÉ HODNOTY							
					Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL	Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL
TČ1 - AKU																		
1-1*		22,6	0,54	4,0	28x1,5 25	63	1,1	15,1	9135,5	252	9387,5							
2-2*		45,1	1,077	2	35x1,5 32	68	1,3	10	8450	136	8586					5800		5936
3-3*		45,1	1,077	2,1	35x1,5 32	68	1,3	6,1	5154,5	142,8	5297,3							
4-4*		45,1	1,077	2,3	35x1,5 32	68	1,3	7,9	6675,5	156,4	6831,9							
5-5*		45,1	1,077	1,8	35x1,5 32	68	1,3	3,4	2873	122,4	2995,4							
6-6*		22,6	0,54	4,5	28x1,5 25	63	1,1	10,1	6110,5	283,5	6394							
											<u>39467 Pa = 39,5 kPa</u>							
TČ2 - AKU																		
2-2*		45,1	1,077	2	35x1,5 32	68	1,3	10	8450	136	8586							
3-3*		45,1	1,077	2,1	35x1,5 32	68	1,3	6,1	5154,5	142,8	5297,3					5800		5936
4-4*		45,1	1,077	2,3	35x1,5 32	68	1,3	7,9	6675,5	156,4	6831,9							
5-5*		45,1	1,077	1,8	35x1,5 32	68	1,3	3,4	2873	122,4	2995,4							
6-6*		22,6	0,54	4,5	28x1,5 25	63	1,1	10,1	6110,5	283,5	6394							
											<u>30105 Pa = 30,1 kPa</u>							
24173 Pa = 24,2 kPa																		

ÚS	Q (kW)		m [l/s]	L	PŘEDBĚŽNÉ HODNOTY							ZMĚNĚNÉ HODNOTY						
					Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL	Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL
TČ1 - ZOV 1; TČ1 - ZOV2																		
1-1*	22,6	0,54	4,0	28x1,5	63	1,1	15,1	9135,5	252	9387,5								
				25														
2-2*	45,1	1,077	2	35x1,5	68	1,3	10	8450	136	8586				5800		5936		
				32														
5-5*	45,1	1,077	1,8	35x1,5	68	1,3	3,4	2873	122,4	2995,4								
				32														
6-6*	22,6	0,54	4,5	28x1,5	63	1,1	10,1	6110,5	283,5	6394								
				25														
9-9*	22,6	0,54	1,3	28x1,5	63	1,1	2	1210	81,9	1291,9								
				25														
10-10*	22,6	0,54	2,1	28x1,5	63	1,1	11,5	6957,5	132,3	7089,8				3800		3932,3		
				25														
11-11*	22,6	0,54	2,3	28x1,5	63	1,1	7	4235	144,9	4379,9								
				25														
12-12*	22,6	0,54	0,7	28x1,5	63	1,1	2	1210	44,1	1254,1						35571		
				25														
										<u>44378Pa</u> <u>≡</u> <u>44,4 kPa</u>						35571Pa = 35,6 kPa		

Q (kW)		m [l/s]		L	PŘEDBĚŽNÉ HODNOTY							ZMĚNĚNÉ HODNOTY						
ÚS					Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL	Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL
TČ 2 - ZOV 1; TČ 2 - ZOV2																		
7-7*	22,6	0,54	2,0	28x1,5	25	63	1,1	13,2	7986	126	8112							
2-2*	45,1	1,077	2	35x1,5	32	68	1,3	10	8450	136	8586					5800		5936
9-9*	22,6	0,54	1,3	28x1,5	25	63	1,1	2	1210	81,9	1291,9							
10-10*	22,6	0,54	2,1	28x1,5	25	63	1,1	16,5	9982,5	132,3	10114,8					3800		3932,3
11-11*	22,6	0,54	2,3	28x1,5	25	63	1,1	7	4235	144,9	4379,9							
12-12*	22,6	0,54	0,7	28x1,5	25	63	1,1	2	1210	44,1	1254,1							
5-5*	45,1	1,077	1,8	35x1,5	32	68	1,3	3,4	2873	122,4	2995,4							
8-8*	22,6	0,54	2,9	28x1,5	25	63	1,1	5,2	3146	182,7	3328,7							31230
											<u>40065 Pa = 40,1 kPa</u>							<u>31230 Pa = 31,3 kPa</u>
pzn: úseky (13-13* + 14-14*)=(10-10*+11-11*)																		

ÚS	Q (kW)	m [l/s]	L	PŘEDBĚŽNÉ HODNOTY								ZMĚNĚNÉ HODNOTY							
				Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL	Ø	R	V	Σξ	Z	R*L	Z+RL		
AKU - R+S																			
1-1*	40	0,956	2,0	35x1,5	61	1,1	10	6050	122	6172									
				32															
2-2*	40	0,956	2	35x1,5	61	1,1	9	5445	122	5567									
				32															

Dimenze větví od rozdělovače: rychlost je zvolena 1 m/s

VTP1:

$$D = \sqrt{\frac{Q * v * 4}{c * \delta t * \zeta * \pi}}$$

VTP2:

$$D = \sqrt{\frac{Q * v * 4}{c * \delta t * \zeta * \pi}}$$

VTP2:

$$D = \sqrt{\frac{Q * v * 4}{c * \delta t * \zeta * \pi}}$$

$$\dot{D} = \sqrt{\frac{16260 * 1 * 4}{4186 * 10 * 1000 * 3,14}}$$

$$\dot{D} = \sqrt{\frac{10840 * 1 * 4}{4186 * 10 * 1000 * 3,14}}$$

$$\dot{D} = \sqrt{\frac{11100 * 1 * 4}{4186 * 10 * 1000 * 3,14}}$$

$$\dot{D} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\dot{D} = 18,16 \text{ mm}$$

$$\dot{D} = 18,4 \text{ mm}$$

volím => Cu 28x1,5

volím => Cu 28x1,5

volím => Cu 28x1,5

NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY

Výpočet objemu vody v otopné soustavě:

Konstanta: 1 kW = 10 l

$$Q=53,2\text{kW}$$

$$G=Q \cdot c + V_{\text{aku}} = 53,2 \cdot 10 + 750$$

$$G=1282 \text{ dm}^3$$

$$V = 1,3 \cdot \Delta v \cdot G$$

$$V = 1,3 \cdot 0,0097 \cdot 1282$$

$$V = \underline{17 \text{ dm}^3}$$

$$\Delta v \Rightarrow \text{z tabulky pro teplotu } 45^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \Delta v = 0,0097 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$$

$$p_1 = p_{rx} + (g \cdot h_{mr}) + p_b$$

$$p_1 = 300 + (9,81 \cdot 0) + 100$$

$$p_1 = 400 \text{ kPa}$$

$$p_s = 1,1 \cdot h \cdot \zeta \cdot g / 1000 + p_b$$

$$p_s = 1,1 \cdot 12 \cdot 1000 \cdot 9,81 / 1000 + 100$$

$$p_s = 219,72 \text{ kPa}$$

$$O = V \cdot \frac{p_1}{p_1 - p_s}$$

$$O = 17 \cdot \frac{400}{400 - 219,72}$$

$$O = \underline{38 \text{ dm}^3} \quad \Rightarrow \quad \text{navrhuji tlakovou expanzní nádobu s membránou}$$

Reflex N 50 (technické informace viz. přiložený prospekt)

LEGENDA:

V..... objem vody v expanzní nádobě [dm³]

1,3..... přírážka na chybu při výpočtu

Δv zvětšení objemu vody při zahřátí z 10°C na nejvyšší pracovní teplotu v OS – hledá se v tabulce [dm³/kg]

G..... tíha vody v otopné soustavě - uvažováno přibližně 10kg/1kW výkonu [kg]

O..... potřebný objem vody v tlakové expanzní nádobě [dm³]

p_1 pojistný tlak (otevírací tlak pojistného ventilu v absolutní hodnotě) [Pa]

p_s hydrostatický tlak v OS [Pa] ($p_s = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g + p_b$)

p_b barometrický tlak [Pa]

p_{rx} minimum z konstrukčních přetlaků jednotlivých komponent v OS

Q_z výkon tepelných čerpadel a vestavěného elektrokotle [kW]

- tlaky dosazujeme v absolutních hodnotách

VÝPOČET POJISTNÉHO POTRUBÍ:

$$dp = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_z}$$

$$dp = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot (22,6 + 12)}$$

$$dp = 15 \text{ mm}$$

VÝPOČET MINIMÁLNÍ PLOCHY POJIŠŤOVACÍHO VENTILU:

$$A_{pv} > \frac{2 * Q_z}{a_w * \sqrt{p_{po}}}$$

$$A_{pv} > \frac{2 * 34.6}{0.04 * \sqrt{300}}$$

$$A_{pv} > 99,8 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{navrhují pojistný ventil: IVAR.PV 311 } \frac{1}{2} \text{ (} A_{pv}=132,7 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$132,7 > 99,8 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Legenda:

A_{pv}minimální plocha pojistného ventilu (mm²)

Q_zvýkon zdroje (kW)

a_wvýtokový součinitel pojišťovacího ventilu, nabývá hodnot 0,04 – 0,8 (-)

 Beru nejnepříznivější hodnotu 0,04 pro nízkozdvíhový pružinový ventil

p_{po}otevírací přetlak pojistného ventilu (kPa)

NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL – TČ OKRUHY

A) TČ 1

Výpočet objemového průtoku:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{22600}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{1,94 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Výpočet tlakové ztráty:

- maximální tlaková ztráta pro toto OČ byla výpočtem stanovena na **35,6 kPa** (viz. příloha) => volím čerpadlo s maximální dopravní výškou 6,5m.

=> navrhuji oběhové čerpadlo **MAGNA 32 - 60**

(technické informace viz. přiložený prospekt)

- **TČ 2** má stejný objemový průtok a podobnou tlakovou ztrátu jako **TČ 1** => pro toto TČ navrhuji to-
tožné oběhové čerpadlo jako pro **TČ 1**.

NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL – OKRUHY R+S

A) VTP 1

Výpočet objemového průtoku:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{16260}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{1,39 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Výpočet tlakové ztráty:

- tlaková ztráta pro toto OČ byla výpočtem stanovena na **34,5 kPa** => volím čerpadlo s maximální dopravní výškou 6,5m.

=> navrhuji oběhové čerpadlo **MAGNA 25 - 60** -

(technické informace viz. přiložený prospekt)

B) VTP 2

Výpočet objemového průtoku:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{10840}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{0,932 m^3 / hod}}$$

Výpočet tlakové ztráty:

- tlaková ztráta pro toto OČ byla výpočtem stanovena na **23,8 kPa** (viz. příloha KO15) => volím čerpadlo s maximální dopravní výškou 6,5m.

=> navrhuji oběhové čerpadlo **ALPHA 2 25-60 180** -

(technické informace viz. přiložený prospekt)

C) VZT

Výpočet objemového průtoku:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{11100}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{0,954 m^3 / hod}}$$

Výpočet tlakové ztráty:

- tlaková ztráta pro toto OČ byla výpočtem stanovena na **18,1 kPa** (viz. příloha KO15) => volím čerpadlo s maximální dopravní výškou 6,5m.

=> navrhuji oběhové čerpadlo **ALPHA2 25-40 130** -

(technické informace viz. přiložený prospekt)

Návrh rozdělovače a sběrače

Minimální požadované hodnoty:

$$V = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{V} = \frac{39,4}{4186 \cdot 10} \cdot 3600$$

$$V = \underline{\underline{3,39m^3 / hod}}$$

NÁVRH SMĚŠOVACÍCH VENTILŮ

Trojcestná směšovací armatura – okruh TČ-ZOV

Objemový průtok

$$\frac{V}{V} = \frac{Q}{c \cdot \dot{\alpha}}$$

$$\dot{V} = \frac{45100}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{3,88 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Tlaková ztráta okruhu

$$\Delta p = 44,3 \text{ kPa}$$

V tlakové ztrátě je zahrnuta ztráta spotřebiče a potrubí

Potřebná tlaková ztráta ventilu

Minimální dominance ventilu je: $a=0,3$

Toto je podmínka pokud chci regulovat, aby se mi měnil průtok média plynule. Ale jelikož tento ventil má funkci pouze přepínací, tak je výhodnější ho volit na malou tlakovou ztrátu bez samotné autority ventilu. $a=0,0$

$$\Delta p_{v,\min} = a \cdot \Delta p = 0,0 \cdot 44,3$$

$$\underline{\underline{\Delta p_{v,\min} = 0 \text{ kPa}}}$$

Určení hodnoty kv

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

$$k_v = \frac{3,88}{\sqrt{0/100}}$$

$$k_v = \underline{\underline{\infty \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Určení kvs a přepočet skutečné tlakové ztráty ventilu

Hodnota kvs musí být menší než hodnota vypočtená kv, aby byla splněna podmínka autority ventilu

Navrhuji trojcestný regulační ventil: LDM RV 2x5 H, DN 32

$$kvs = \underline{\underline{16m^3 / hod}}$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{qv}{kvs} \right)^2$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{3,88}{16,0} \right)^2$$

$$\Delta p_v = \underline{\underline{5,88 kPa}}$$

Ověření dominance ventilu

$$\Delta p_{v,skut} > \Delta p_{v,min}$$

$$\underline{5,88} > 0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Trojcestná směšovací armatura – okruh VTP1

Objemový průtok

$$\dot{V} = \frac{Q}{c \cdot \alpha}$$

$$\dot{V} = \frac{16260}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{1,39m^3 / hod}}$$

Tlaková ztráta okruhu

$$\underline{\Delta p = 22,4 \text{ kPa}}$$

V tlakové ztrátě je zahrnuta ztráta spotřebiče a potrubí

Potřebná tlaková ztráta ventilu

Minimální dominance ventilu je: a=0,3

$$\Delta p_v = a * \Delta p = 0,3 * 22,4$$

$$\underline{\Delta p_v = 6,7 \text{ kPa}}$$

Určení hodnoty kv

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

$$k_v = \frac{1,39}{\sqrt{6,7/100}}$$

$$k_v = \underline{\underline{5,37 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Určení kvs a přepočet skutečné tlakové ztráty ventilu

Hodnota kvs musí být menší než hodnota vypočtená kv, aby byla splněna podmínka autority ventilu

Navrhuji trojcestný regulační ventil: LDM RV 2x5 H, DN 20

$$k_{vs} = \underline{\underline{4,0 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{1,39}{4,0} \right)^2$$

$$\Delta p_v = \underline{\underline{12,1 \text{ kPa}}}$$

Ověření dominance ventilu

$$\Delta p_{v,skut} > \Delta p_{v,min}$$

$$\underline{\underline{12,1 > 6,7 \Rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

Trojcestná směšovací armatura – okruh VTP2

Objemový průtok

$$V = \frac{Q}{c \cdot \dot{\alpha}}$$

$$\dot{V} = \frac{10840}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{0,932 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Tlaková ztráta okruhu

$$\Delta p = 18,4 \text{ kPa}$$

V tlakové ztrátě je zahrnuta ztráta spotřebiče ventilu a potrubí

Potřebná tlaková ztráta ventilu

Minimální dominance ventilu je: $a=0,3$

$$\Delta p_v = a * \Delta p = 0,3 * 18,4$$

$$\Delta p_v = 5,22 \text{ kPa}$$

Určení hodnoty k_v

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

$$k_v = \frac{0,932}{\sqrt{5,22 / 100}}$$

$$k_v = \underline{\underline{4,1 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Určení k_{vs} a přepočet skutečné tlakové ztráty ventilu

Hodnota k_{vs} musí být menší než hodnota vypočtená k_v , aby byla splněna podmínka autority ventilu

Navrhuji trojcestný regulační ventil: LDM RV 2x5 H, DN 20

$$k_{vs} = \underline{\underline{4,0 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{0,932}{4,0} \right)^2$$

$$\Delta p_v = \underline{\underline{5,38 \text{ kPa}}}$$

Ověření dominance ventilu

$$\Delta p_{v,skut} > \Delta p_{v,min}$$

$$5,38 > 5,22 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Jednosedlový regulační ventil (před ZOV1 a ZOV2)

Tyto ventily budou stejné, protože průtokové množství tlaková ztráta jsou shodné

Objemový průtok

$$V = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

$$\dot{V} = \frac{22600}{4186 \cdot 10} \cdot 3,6$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{1,94 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Tlaková ztráta okruhu

$$\Delta p = 13,8 \text{ kPa}$$

Je to tlaková ztráta okruhu od rozdělovacího ventilu ke spotřebiči a zpět.

V tlakové ztrátě je zahrnuta ztráta spotřebiče a potrubí

Potřebná tlaková ztráta ventilu

Minimální dominance ventilu je: $a=0,3$

$$\Delta p_v = a \cdot \Delta p = 0,3 \cdot 13,8$$

$$\Delta p_v = 4,1 \text{ kPa}$$

Určení hodnoty k_v

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

$$k_v = \frac{1,94}{\sqrt{4,1/100}}$$

$$k_v = \underline{\underline{9,58 \text{ m}^3 / \text{hod}}}$$

Určení kvs a přepočet skutečné tlakové ztráty ventilu

Hodnota kvs musí být menší než hodnota vypočtená kv, aby byla splněna podmínka autority ventilu

Navrhuji trojcestný regulační ventil: **LDM RV/HU 2x1 H, DN 20** str.9

$$kvs = \underline{\underline{10m^3 / hod}}$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{q_v}{kvs} \right)^2$$

$$\Delta p_v = 100 * \left(\frac{1,94}{10} \right)^2$$

$$\Delta p_v = \underline{\underline{3,8kPa}}$$

Ověření dominance ventilu

$$\Delta p_{v,skut} > \Delta p_{v,min}$$

3,8 > 4,1 => nevyhovuje (kPa). Protože ventil s kvs=6,3 by měl zbytečně velkou tlakovou ztrátu, tak volím ventil s kvs=10, i když není splněna podmínka autority, ale protože ventil reguluje pouze jeden ohřívač vody, tak si mohu dovolit, aby měl menší autoritu než: a=0,3

Dimenzování solární soustavy

Maximální využitelná plocha je 80m^2 střechy, takže účinná plocha kolektorů je max.

$$A = 0,8 \cdot 80 = 64\text{m}^2$$

Tab.: Teoreticky možné množství energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících

úhel α°	$H_{s,den,teor}$ (kWh/m ² /den)						
měsíc		1	2	3	4	5	
	12	11	10	9	8	7	6
30	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
35	2,47	3,11	4,64	6,53	8,01	9,51	9,87
45	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64

Tab.: S_m - průměrný měsíční relativní sluneční svit S_m (-)

měsíc	Praha
1	0,2
2	0,32
3	0,42
4	0,45
5	0,52
6	0,54
7	0,54
8	0,54
9	0,5
10	0,35
11	0,2
12	0,14

$$S_m = T_{skut} / T_{teor}$$

T_{skut}doba skutečného svitu v h

T_{teor}doba teoretického svitu v h

Tab.: Skutečné průměrné měsíční množství dopadající energie (kWh)

měsíc	$H_{t,skut}$	$H_{t,f}$
1	19	18
2	42	39
3	85	79
4	108	101
5	153	143
6	160	149
7	159	148
8	134	125
9	98	91
10	50	47
11	19	17
12	11	10
za rok	1038	965

$$H_{t,skut} = S_m \cdot H_{t,den,teor} \cdot n$$

n.....počet dní v měsíci

$$H_{t,měs,skut,f} = S_m \cdot H_{t,den,teor} \cdot n \cdot f$$

f..... součinitel účinnosti (postihuje odklon

SK od jihu

$$\alpha = 35^\circ \Rightarrow f = 0,93$$

Tab.: Střední intenzita slunečního záření q_s (W/m²)

měsíc	30°	35°	45°
1	379	398	436
2	477	494	528
3	537	544	558
4	587	589	593
5	637	634	628
6	648	641	626
7	637	634	628
8	587	589	593
9	537	544	558
10	477	494	528
11	379	398	436
12	322	338	370
za rok	6204	6297	6482

Tab.: Průměrná teplota T v době slunečního svitu v jednotl. měs.

měsíc	T (C°)
1	2,2
2	3,4
3	6,5
4	12,1
5	16,6
6	20,6
7	22,5
8	22,6
9	19,4
10	13,8
11	7,3
12	3,5

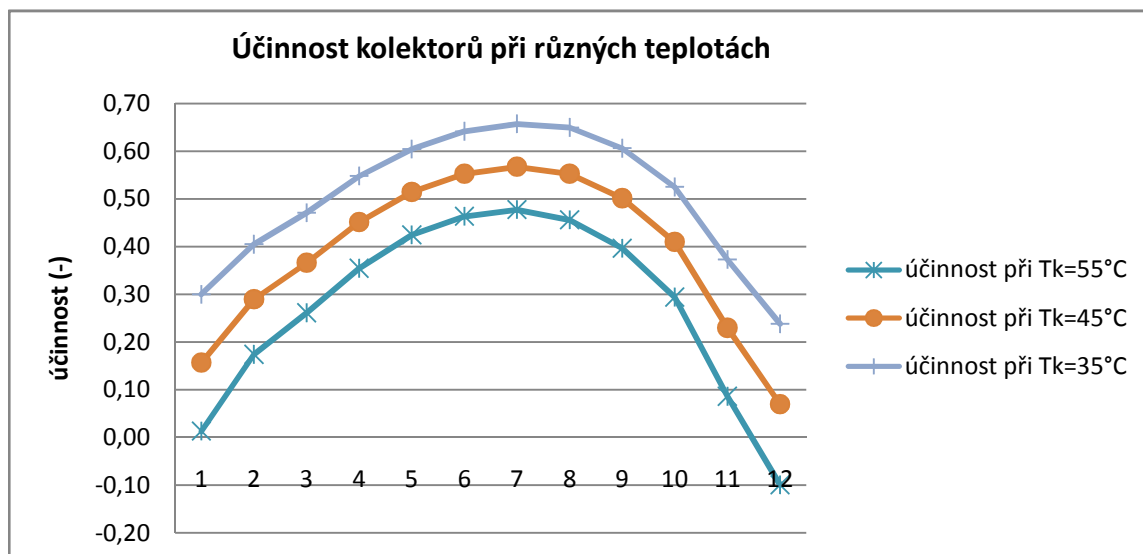
Tab.: Účinnost kolektorů v jednotlivých měsících pro jinak zvolené teploty media

měsíc	q_{k1}	q_{k2}	q_{k3}	u_1	u_2	u_3
1	5,3	62,3	119,3	0,01	0,16	0,30
2	86,0	143,0	200,0	0,17	0,29	0,40
3	142,2	199,2	256,2	0,26	0,37	0,47
4	208,7	265,7	322,7	0,35	0,45	0,55
5	269,0	326,0	383,0	0,42	0,51	0,60
6	296,9	353,9	410,9	0,46	0,55	0,64
7	302,6	359,6	416,6	0,48	0,57	0,66
8	268,6	325,6	382,6	0,46	0,55	0,65
9	215,7	272,7	329,7	0,40	0,50	0,61
10	145,3	202,3	259,3	0,29	0,41	0,52
11	34,4	91,4	148,4	0,09	0,23	0,37
12	-33,5	23,5	80,5	-0,10	0,07	0,24

Kolektor se dvojitým zasklením a součiniteli prostupu U

$r =$	0,19	(-)	q_sstřední intenzita slunečního záření (W/m^2) z tab
$(U_1+U_2)=$	6	W/m^2K	q_k ...měrný tepel. tok zachycený kolektorem (W/m^2)
T_{k1}	55	$^{\circ}C$	roptická účinnost kolektoru se dvěma skly (-) tab
T_{k2}	45	$^{\circ}C$	U_1 ...součinitel prostupu tepla přední prosklenou
T_{k3}	35	$^{\circ}C$	U_2 ...součinitel prostupu tepla zadní stranou
$a =$	0,95	(-)	t_kteplota kolektoru ($^{\circ}C$) volím $t_k=60^{\circ}C$
			t_v ...venkovní průměrná teplota v době svitu ($^{\circ}C$)
			aúčinnost pohltivosti selektivní vrstvy absorberu
			u ...účinnost kolektoru

$$q_k = (1-r) \cdot q_s - (U_1 + U_2) \cdot (t_k - t_v) \cdot a$$



Tab.: Sluneční energie zachycená kolektorem v kWh

měsíc	H při $T_k=55^\circ\text{C}$		H při $T_k=45^\circ\text{C}$		Energie sebraná při $T_k=35^\circ\text{C}$	
	$H_{t,\text{m}\acute{\text{e}}\text{s},u,55^\circ\text{C}}$	$H_t \cdot A$	$H_{t,\text{m}\acute{\text{e}}\text{s},u,45^\circ\text{C}}$	$H_t \cdot A$	$H_{t,\text{m}\acute{\text{e}}\text{s},u,35^\circ\text{C}}$	$H_t \cdot A$
1	0,2	15,3	2,8	179,5	5,4	343,6
2	6,7	430,8	11,2	716,4	15,7	1001,9
3	20,7	1321,7	28,9	1851,7	37,2	2381,6
4	35,6	2279,6	45,3	2902,2	55,1	3524,8
5	60,5	3872,5	73,3	4693,2	86,2	5513,8
6	68,9	4409,1	82,1	5255,5	95,3	6101,9
7	70,7	4524,3	84,0	5376,5	97,3	6228,7
8	56,8	3637,4	68,9	4409,4	81,0	5181,4
9	36,1	2310,3	45,6	2920,9	55,2	3531,4
10	13,8	881,3	19,2	1227,1	24,6	1572,8
11	1,5	95,8	4,0	254,7	6,5	413,6
12	0,0	0,0	0,7	44,4	2,4	151,8

Potřeba kolektorové plochy A pro 100% pokrytí v dubnu pro teplotu 55°C .

$$A = (1+p) \cdot Q_{\text{tv},\text{m}\acute{\text{e}}\text{s}} / H_{t,\text{m}\acute{\text{e}}\text{s},\text{sk}}$$

$$p = 0,1$$

$$A = (1+0,1) 207 / 1,12$$

$$Q_{\text{tv},\text{m}\acute{\text{e}}\text{s}} = 6085,8$$

$$A = 187,9418 \text{ m}^2$$

$$H_{t,\text{m}\acute{\text{e}}\text{s},\text{sk}} = \text{z tab.}$$

K dispozici je pouze $A=80 \text{ m}^2$ plochy, takže volím $80 \cdot 0,78$, což je souč. pro transp. plochu.

$$A = 64 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tv},\text{m}\acute{\text{e}}\text{s}} = S \cdot n \cdot Q_{\text{tv},\text{rok}}$$

$$Q_{\text{tv},\text{rok}} = 207 \text{ kWh/den}$$

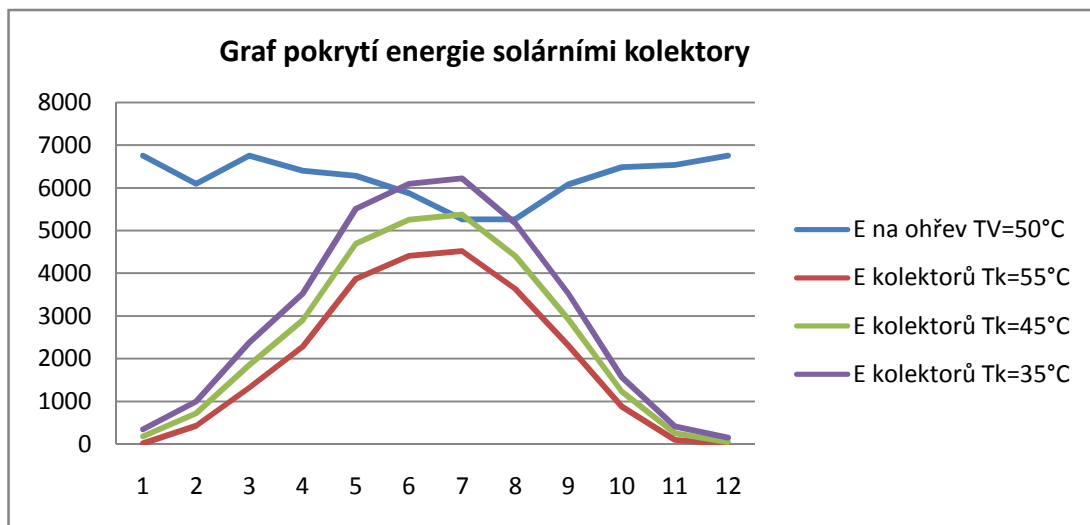
$$Q_{\text{tv},\text{m},\text{skut}} = Q_{\text{tv},\text{m}\acute{\text{e}}\text{s}} / \mu_r$$

$$\mu_r = 0,95 \text{ (-)}$$

Tab.: Spotřeba vody teor, skut, a produkce tepla sol. kolektorů

měsíc	S	n	$Q_{\text{tv},\text{m}\acute{\text{e}}\text{s}}$	$Q_{\text{tv},\text{m},\text{skut}}$	$A \cdot H_{t55^\circ\text{C}}$	$A \cdot H_{t45^\circ\text{C}}$	$A \cdot H_{t35^\circ\text{C}}$
1	1,00	31	6417	6755	15	179	344
2	1,00	28	5796	6101	431	716	1002
3	1,00	31	6417	6755	1322	1852	2382
4	0,98	30	6086	6406	2280	2902	3525
5	0,93	31	5968	6282	3873	4693	5514
6	0,90	30	5589	5883	4409	5255	6102
7	0,78	31	5005	5269	4524	5376	6229
8	0,78	31	5005	5269	3637	4409	5181
9	0,93	30	5775	6079	2310	2921	3531
10	0,96	31	6160	6485	881	1227	1573
11	1,00	30	6210	6537	96	255	414
12	1,00	31	6417	6755	0	44	152
		za rok	70 846	74 574	23 778	29 831	35 947

Graf odběru TV a ohřevu TV solárními kolektory za různé měsíce v roce Tk=50°C



Ekonomické posouzení solární soustavy

Výčet materiálu a cen je převzat z <http://www.solarnisystemy.cz>

Cena Solární soustavy:

C1= 790380 Kč

C1...cena zařízení

C2= 436990 Kč

C2...cena komponent, které jsou nahrazeny

C3= 287000 Kč

C3...cena přidáných komponent

$$C = (C1 - C2 + C3) \cdot 1,19$$

$$C = \underline{762064,1 \text{ Kč}}$$

Doba návratnosti:

$$T_n = N / (E \cdot c - N_p)$$

$$T_n = 1\,922\,700 / (37777,5 \cdot 2,5 - 20400)$$

$$T_s = \underline{153} \text{ let}$$

návratnost s dotací 50%:

$$T_s = \underline{76} \text{ let}$$

Ts...doba návratnosti v letech

Množství vyrobené energie:

$$E = Q_{tv} \cdot d \cdot b$$

$E = 207 \cdot 365 \cdot 0,5$
 $E = 37\,778 \text{ kWh}$

d...počet dní v roce
 b...odhadovaný poměr hrazené energie spotřeby TV z kolektorů

T_s ...prostá doba splácení

T_z ... doba životnosti	20,00
N_p ...provozní náklady (Kč/rok)	15 000,00
N ...investiční náklady (Kč)	762 064,10
E ...množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)	29 831
c ...stávající cena energie (Kč/kWh)	0,67
dotace 50% z pořizovací částky (Kč)	381 032
růst ceny inflace	0,0280
růst ceny energií	0,0800

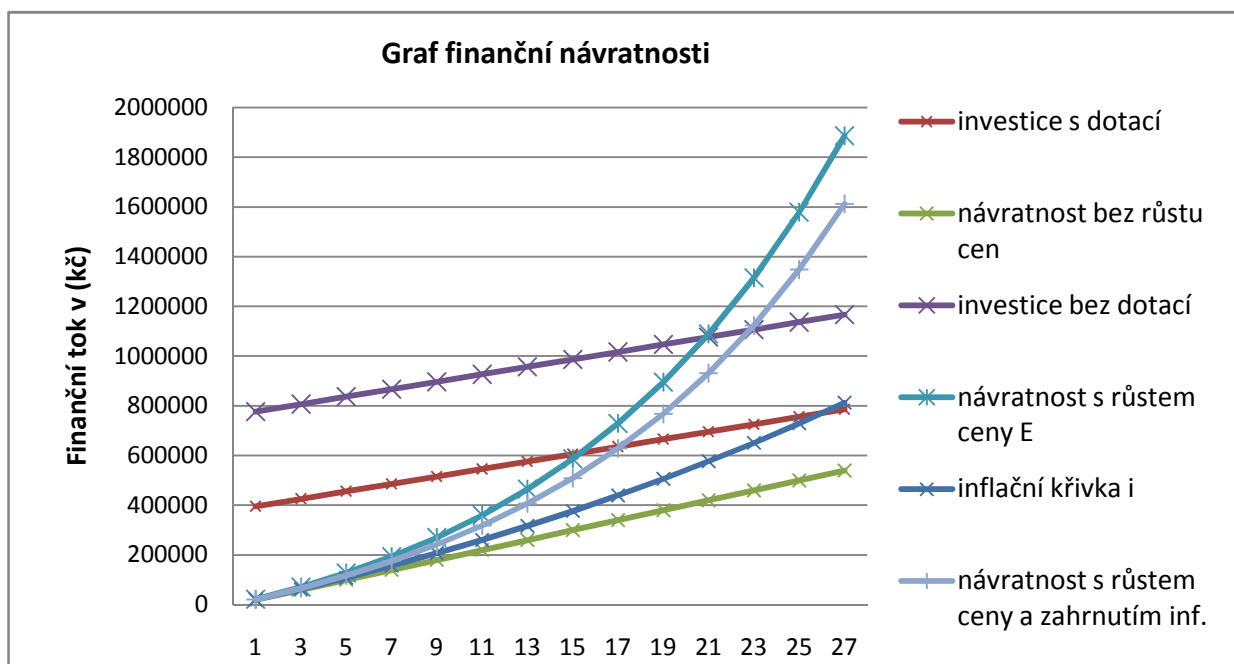
Přepočet se zvednutím ceny energie:

$$S = a \cdot (1+i)^n \cdot ((1+i)^n - 1) / i \quad (\text{Kč})$$

a...základ tvořený součinem roční vyprodukované energie
 a její ceny na trhu $a = E \cdot c \quad (\text{Kč})$
 i...rozdíl růstu cen E a inflace (-)

Tab.: Posouzení finančního zhodnocení (Kč)

roky	investice		návrátnost			
	bez dot.	dotace	bez růstu c	růst ceny E	inflace	r-i
	$N + N_p \cdot n$		$E \cdot c$	S		
1	777064	396032	19987	21586	20547	21026
3	807064	426032	59961	70077	63382	66656
5	837064	456032	99935	126636	108649	117921
7	867064	486032	139909	192607	156487	176028
9	897064	516032	179883	269555	207042	242396
11	927064	546032	219857	359308	260467	318698
13	957064	576032	259830	463996	316926	406900
15	987064	606032	299804	586103	376591	509317
17	1017064	636032	339778	728530	439644	628664
19	1047064	666032	379752	894656	506277	768131
21	1077064	696032	419726	1088425	576694	931457
23	1107064	726032	459700	1314438	651109	1123029
25	1137064	756032	499674	1578059	729750	1347982
27	1167064	786032	539648	1885546	812857	1612337



Závěr :

Pokud projekt nebude dotován a bude hrazena celá pořizovací částka , pak je doba návratnosti 21 let, což je odhadovaná životnost solární soustavy.

Ale pokud bude dotována solární soustava 50ti %, pak bude pořízení systému ekonomicky výhodné. Z grafu je dobře vidět, že návratnost je ovlivněna dotací a zvyšováním cen energií. Graf ale nepostihuje ztrátu příležitosti pro investování z ušetřených peněz, které bychom mohli vložit například do podílových fondů, kde je zhruba 8% nárůst financí ročně.

Výpočet spotřeby tepla na vytápění a vzduchotechniky po jednotlivých měsících

Tepelná ztráta objektu je Q_{vtp}

$$Q_{ztr,t} = Q_{prost} + Q_{vzd} + Q_{inf}$$

$$Q_{ztr,t} = 38,2 \text{ kW}$$

$$Q_{ztr,skut1} = Q_{ztr} / \mu_r$$

$$Q_{ztr,skut1} = 39 \text{ kW}$$

$$\mu_r = 0,97$$

$$Q_{prost} = 24,6$$

$$Q_{vzd} = 11,1$$

$$Q_{inf} = 2,5$$

$$Q_{ztr} = 38,2$$

Tab.: Spotřeba energií

měsíc	teplota t_e	a	$Q_{ztr,skut1}$	$Q_{ztr,skut1}$	Q_{ele}	Q_{tv}
	°C	(-)	kW	kWh/měs		
1	-3,9	0,674	26,5	19734	1834	6755
2	-3	0,647	25,5	17124	1834	6101
3	0,3	0,550	21,7	16115	1834	6755
4	3,7	0,450	17,7	12760	1834	6406
5	8,5	0,309	12,2	9048	1834	6282
6	14,3	0,138	0,0	0	1834	5883
7	16,6	0,071	0,0	0	1834	5269
8	16,6	0,071	0,0	0	1834	5269
9	10,3	0,256	10,1	7255	1834	6079
10	6,6	0,365	14,4	10686	1834	6485
11	1,2	0,524	20,6	14844	1834	6537
12	-2,2	0,624	24,6	18269	1834	6755
			za rok	125836	22008	74574

$$a = (t_i - t_e) / (t_i - t_{e,min})$$

$$Q = Q_{ztr} \cdot a$$

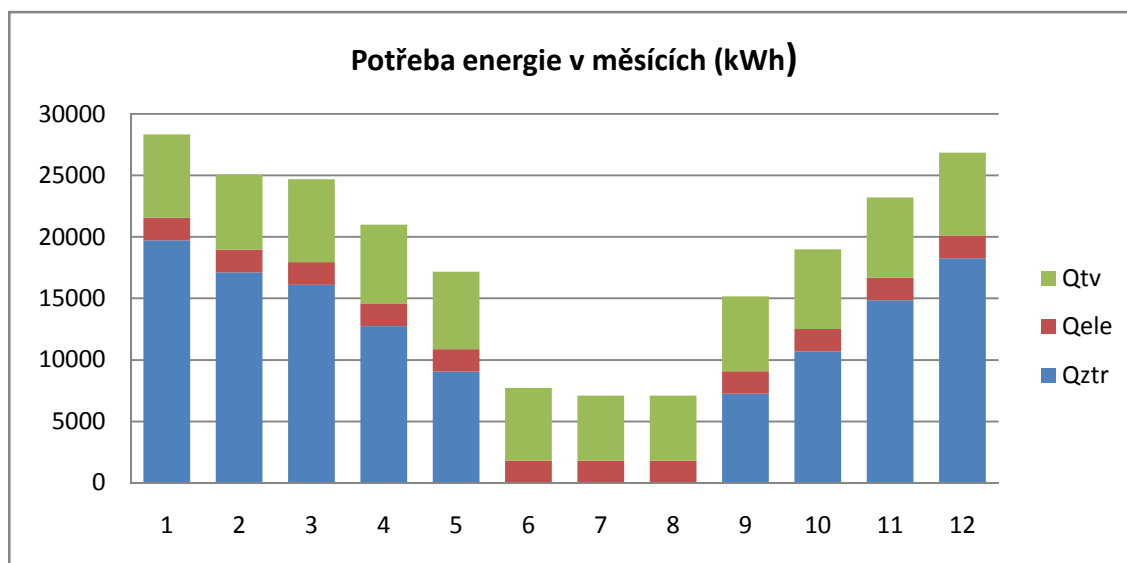
$$t_i = 19$$

$$t_{e,min} = -15$$

Pokud je průměrná teplota v měsíci vyšší než 13°C, pak se nezapočítává do tepelné ztráty.

Tab.: Spotřeba energií za rok

	kWh	%
VTP+VZD	125 836	56,6
TV	74 574	33,5
El.E	22 000	9,9
celkem	222 411	100,0



Odhad celkové ceny, která se protopí za období životnosti alt zdrojů

1. Referenční kotelná je stanovena jako plynová s kondenzačním kotlem

Je třeba určit její cenu, respektive rozílné komponenty s porovnávajícími systémy, abychom mohli vyvodit závěr, zda se finančně vyplatí investovat do dražších zařízení. Je zde zahrnuta pouze finanční stránka věci, ale není tu postihnuta pohoda člověka nebo dopad na životní prostředí.

Tab.: Výčet ceny komína

komín:	cena za metr Kč			výška	celk. cena
	min	max	stř	m	Kč
	2500	8000	6000	13	78 000

Tab.: Zohledňující odlišnost ceny jednotlivých komponent daných kombinací

položky	1.kom	2.kom	3.kom	4.kom	5.kom
1	135 000	897 064	750 000	1 450 000	180 000
2	200 000	0	0	0	0
3	110 000	150 000	165 000	150 000	150 000
4	78 000	0	0	120 000	120 000
celkem	523 000	1 047 064	915 000	1 720 000	450 000

Pzn: Regulace bude u kombinace jiná, ale cena bude již zahrnuta ve zdroji tepla

- 1... zdroj tepla
 1, 1.kom...plynový kondenzační kotel 3x45 000 Kč
 1, 2.kom... plynový KK 3x45000 Kč+SS bez dotace 762064 Kč
 1, 3.kom...TČ vzduch x voda 3x 250 000 Kč
 1, 3.kom...TČ země x voda 2x200 000+vrty 700*1 500 Kč
 1, 4.kom...kotel na pelety 2x90 000 Kč
 2...plynovodní přípojka
 3 ...akumulační nádrž 500 l
 4...komínové těleso

- 1.kombinace - plynový kondenzační kotel
 2.kombinace - plynový KK + solární systém
 3.kombinace - TČ vzduch x voda
 4.kombinace - TČ země x voda
 5.kombinace - kotel na pelety

Tabulky cen energií:

Tab.: Plyn a pelet

palivo	jedn. cena	pev. platba
	Kč/kWh	Kč/měs
plyn	1,24	342
pelety	0,91	0

Tab.: Elektrická energie

tarif	NT	VT	pev. platba
D02d	4,31	4,31	211
D25d	2,08	5,40	288
D56d	2,31	2,81	383

D02d...pro domácí spotřebiče

D25d...pro nižší spotřebu ohřevu vody el. E. (8h)

D56d...tepelná čerpadla (22h)

Tab.: Spotřeba energií za rok

	kWh	%
VTP+VZD	125 836	56,6
TV	74 574	33,5
El.E	22 000	9,9
celkem	222 411	100

Okrajové podmínky pro růst ceny energií

$$S=a*(1+i)*((1+i)^n-1)/i$$

růst ceny inflace

0

růst ceny energií

5

i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie

0,05

n...počet let splácení (životnost)

15

Stanovení nákladů na pomocné energie:

$$N_p = N_{p,ref} * c$$

Tab.: Stanovení provozních nákladů

systém	$N_{p,ref}$	N_{po} (Kč)
1.K	2560	12800
2.K	3120	15600
3.K	1400	7000
4.K	1200	6000
5.K	2690	13450

c....součinitel postihující zvýšení pomocných energií v systému c=5

Určení provozních nákladů jednotlivých kombinací

Energie ,se kterou se počítá v provozních nákladech jednotlivých systémů , je podělena vlastní účinností zdroje a účinností regulace, či obsluhy dané kombinace, aby byla zohledněna účinnost daných systémů.

$$E_{skut} = E_{skut1} / (\mu_z * \mu_o)$$

Povození náklady kombinace K1: Plynový kondenzační kotel

účinnost zdroje $\mu_z = 0,9$ (-)

účinnost obsluhy $\mu_o = 0,99$ (-)

Tab.: Hrazení energie na TV pouze plynem

	E_{skut}	zahrnuta pevná platba			
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh	bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	141230	1,24	1,87	179230	264527
TV plyn.	83698	1,24	1,87	107889	156767
El.spotř.	22000	4,31	6,51	97352	145758
N_{po}		1	1,51	12800	19334
			celkem:	397271	586386

N_{po}náklady na pomocné energie (Kč)

přepočet ceny energie v tarifu d25d

$$C_{el} = (T_1 * N_T + T_2 * V_T) / (T_1 + T_2)$$

$C_{el} = 4,29$ Kč

$T_1 = 8$ h

$T_2 = 16$ h

$N_T = 2,08$ Kč

$V_T = 5,40$ Kč

Tab.: Hrazení spotřeby E TV elektřinou ze 70% a 30%plynem

		zahrnuta pevná platba			
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh	bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	141230	1,24	1,87	179230	268631
TV plyn.	25109	1,24	1,87	35239	51134
TV ele	52202	2,08	3,14	111838	167166
El.spotř.	22000	4,29	6,49	97919	146142
N _{po}		1	1,51	12800	19334
			celkem:	437025	652407

Povozní náklady kombinace K2: Plynový kondenzační kotel + solární ohřev TVúčinnost zdroje $\mu_z =$ 0,85 (-)účinnost obsluhy $\mu_o =$ 0,99 (-)**Tab.: Roční finanční výdej dané kombinace**

		zahrnuta pevná platba			
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh	bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	149538	1,24	1,87	185427	280088
TV plyn.	45903	1,24	1,87	56919	85976
El.spotř.	22000	4,31	6,51	97352	145758
N _{po}	15600	1,00	1,51	15600	23564
			celkem:	355298	535385

Povozní náklady kombinace K3: TČ vzduch x vodaúčinnost zdroje $\mu_z =$ 0,99 (-)účinnost obsluhy $\mu_o =$ 0,99 (-)**Tab.: Roční finanční výdej dané kombinace**

		zahrnuta pevná platba				
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh		bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	128391	2,35	3,55	4,32	74488	110168
TV ele	76089	2,35	3,55	2,85	66240	98292
El.spotř.	22000	2,35	3,55		55193	81604
N _{po}	7000	1,00	1,51		7000	10573
			celkem:		202921	300637

předpoklad COP pro tepelnou ztrátu COP,út = 4,32
 předpoklad COP pro ohřev TV COP,tv = 2,85

Správně by se měl COP přepočítat pro různé měsíce v roce a udělat z něho vážený průměr.

Přepočet ceny el. energie

$C_{el} = (T_1 \cdot N_T + T_2 \cdot V_T) / (T_1 + T_2)$
C_{el} = 2,35 Kč
 $T_1 = 22 \text{ h}$
 $T_2 = 2 \text{ h}$
 $N_T = 2,31 \text{ Kč}$
 $V_T = 2,81 \text{ Kč}$

Povozní náklady kombinace K4: TČ země x voda

účinnost zdroje $\mu_z = 0,98$ (-)
 účinnost obsluhy $\mu_o = 0,99$ (-)

Tab.: Roční finanční výdej dané kombinace

		zahrnuta pevná platba				
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh	bez růstu cop	bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	129701	2,35	3,55	3,8	84863	125839
TV ele	76865	2,35	3,55	3,5	55102	81467
El.spotř.	22000	2,35	3,55		55193	81604
N _{po}	6000	1,00	1,51		6000	9063
celkem:					201158	297974

C_{el} = 2,35 Kč

Povozní náklady kombinace K5: Kotel na pelety

účinnost zdroje $\mu_z = 0,78$ (-)
 účinnost obsluhy $\mu_o = 0,97$ (-)

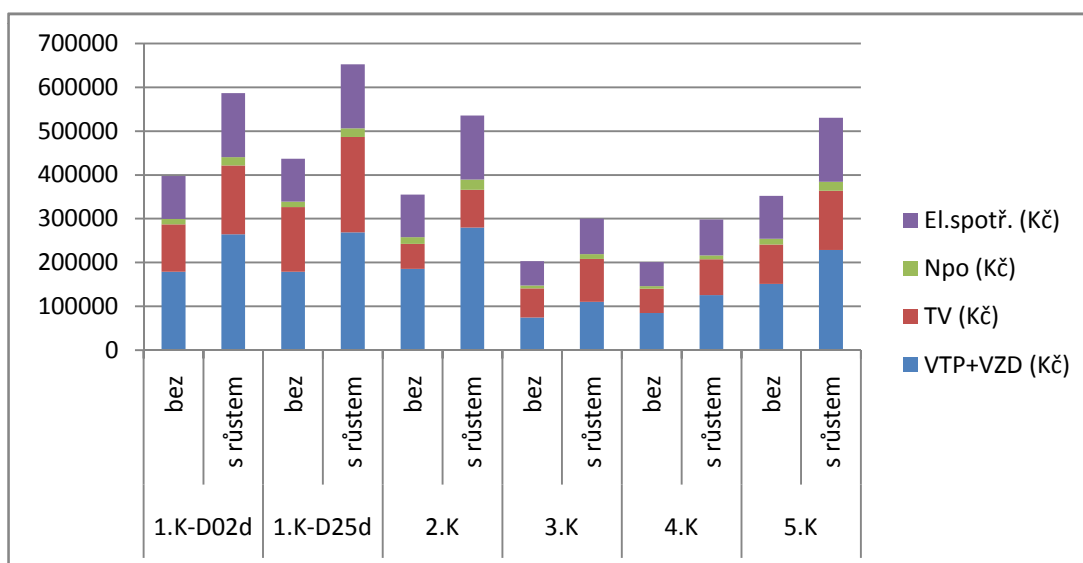
Tab.: Roční finanční výdej dané kombinace

		zahrnuta pevná platba			
druh energie	energie kWh	cena Kč/kWh	s růstem Kč/kWh	bez růstu Kč	s růstem Kč
VTP+ VZD	166318	0,91	1,37	151349	228613
TV pelety	98565	0,91	1,37	89694	135483
El.spotř.	22000	4,31	6,51	97352	145758
N _{po}	13450	1,00	1,51	13450	20316
celkem:				351846	530170

Tab.: Roční průměrné a investiční náklady všech kombinací:

systém	cena	VTP+VZD	TV	Npo	El.spotř.	Np celkem	Investice
		(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)
1.K-D02d	bez	179230	107889	12800	97352	397271	523000
	s růstem	264527	156767	19334	145758	586386	523000
1.K-D25d	bez	179230	147077	12800	97919	437025	523000
	s růstem	268631	218300	19334	146142	652407	523000
2.K	bez	185427	56919	15600	97352	355298	1047064
	s růstem	280088	85976	23564	145758	535385	1047064
3.K	bez	74488	66240	7000	55193	202921	915000
	s růstem	110168	98292	10573	81604	300637	915000
4.K	bez	84863	55102	6000	55193	201158	1720000
	s růstem	125839	81467	9063	81604	297974	1720000
5.K	bez	151349	89694	13450	97352	351846	450000
	s růstem	228613	135483	20316	145758	530170	450000

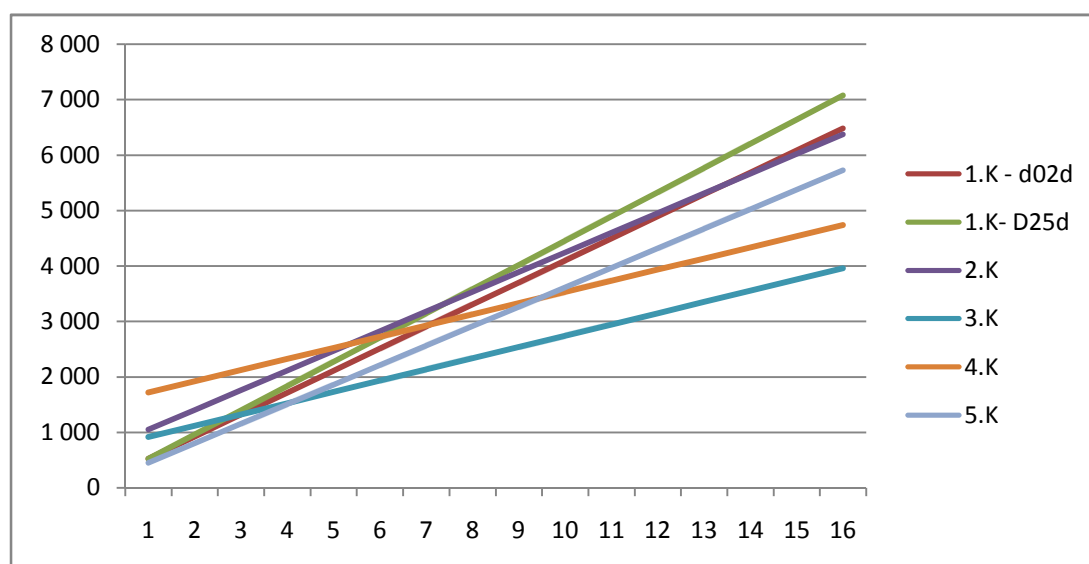
Graf, který postihuje náklady na jednotlivé položky energií za jeden průměrný rok ze životnosti soustavy bez růstu ceny energií a s růstem ceny energií



Tab.: Provozní a investiční náklady v závislosti na čase bez uvážení růstu cen

	systém (N+Np)					
roky	1.K - d02d	1.K- D25d	2.K	3.K	4.K	5.K
0	523	523	1 047	915	1 720	450
1	920	960	1 402	1 118	1 921	802
2	1 318	1 397	1 758	1 321	2 122	1 154
3	1 715	1 834	2 113	1 524	2 323	1 506
4	2 112	2 271	2 468	1 727	2 525	1 857
5	2 509	2 708	2 824	1 930	2 726	2 209
6	2 907	3 145	3 179	2 133	2 927	2 561
7	3 304	3 582	3 534	2 335	3 128	2 913
8	3 701	4 019	3 889	2 538	3 329	3 265
9	4 098	4 456	4 245	2 741	3 530	3 617
10	4 496	4 893	4 600	2 944	3 732	3 968
11	4 893	5 330	4 955	3 147	3 933	4 320
12	5 290	5 767	5 311	3 350	4 134	4 672
13	5 688	6 204	5 666	3 553	4 335	5 024
14	6 085	6 641	6 021	3 756	4 536	5 376
15	6 482	7 078	6 377	3 959	4 737	5 728
16	6 879	7 515	6 732	4 162	4 939	6 080
17	7 277	7 952	7 087	4 365	5 140	6 431
18	7 674	8 389	7 442	4 568	5 341	6 783
19	8 071	8 826	7 798	4 770	5 542	7 135
20	8 468	9 264	8 153	4 973	5 743	7 487

Graf pořizovacích a provozních nákladů v závislosti na době provozu bez uvážení růstu cen



Okrajové podmínky pro růst ceny energií

$$S=a*(1+i)*((1+i)^n-1)/i$$

růst ceny inflace

0

růst ceny energií

4

i...rozdíl inflace a nárůstu ceny energie

0,04

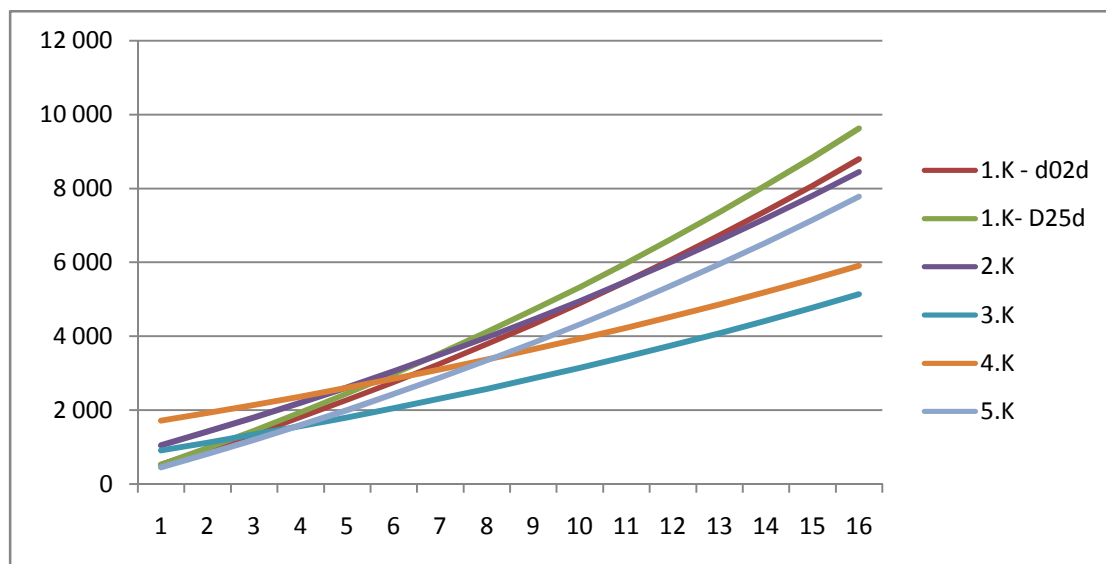
n...počet let splácení (životnost)

15

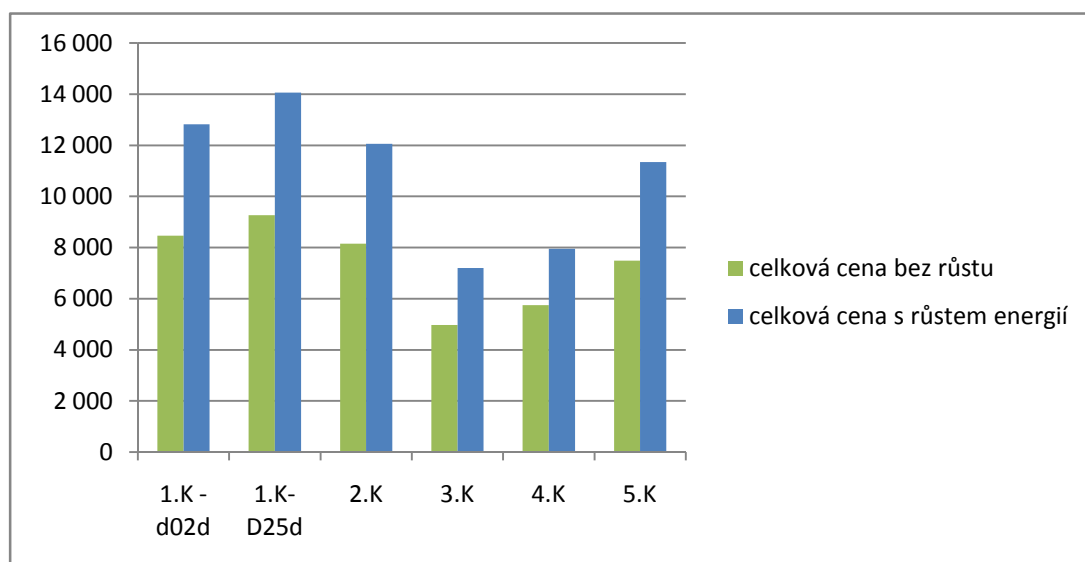
Tab.: Provozní a investiční náklady v závislosti na čase s uvažováním růstu cen

roky	systém (N+Np)					
	1.K - d02d	1.K- D25d	2.K	3.K	4.K	
0	523	523	1 047	915	1 720	450
1	936	978	1 417	1 126	1 929	816
2	1 366	1 450	1 801	1 346	2 147	1 196
3	1 813	1 942	2 201	1 574	2 373	1 592
4	2 277	2 453	2 616	1 811	2 608	2 004
5	2 761	2 985	3 048	2 058	2 853	2 432
6	3 263	3 538	3 498	2 315	3 108	2 877
7	3 786	4 113	3 966	2 582	3 372	3 340
8	4 330	4 711	4 452	2 860	3 648	3 822
9	4 895	5 333	4 958	3 148	3 934	4 322
10	5 483	5 980	5 483	3 449	4 232	4 843
11	6 095	6 653	6 030	3 761	4 541	5 385
12	6 731	7 352	6 599	4 086	4 863	5 948
13	7 393	8 080	7 191	4 424	5 198	6 534
14	8 081	8 837	7 806	4 775	5 547	7 143
15	8 796	9 624	8 446	5 141	5 909	7 777
16	9 540	10 442	9 111	5 521	6 286	8 436
17	10 314	11 294	9 804	5 916	6 678	9 121
18	11 119	12 179	10 523	6 327	7 085	9 834
19	11 956	13 100	11 272	6 755	7 509	10 575
20	12 826	14 057	12 050	7 199	7 950	11 346

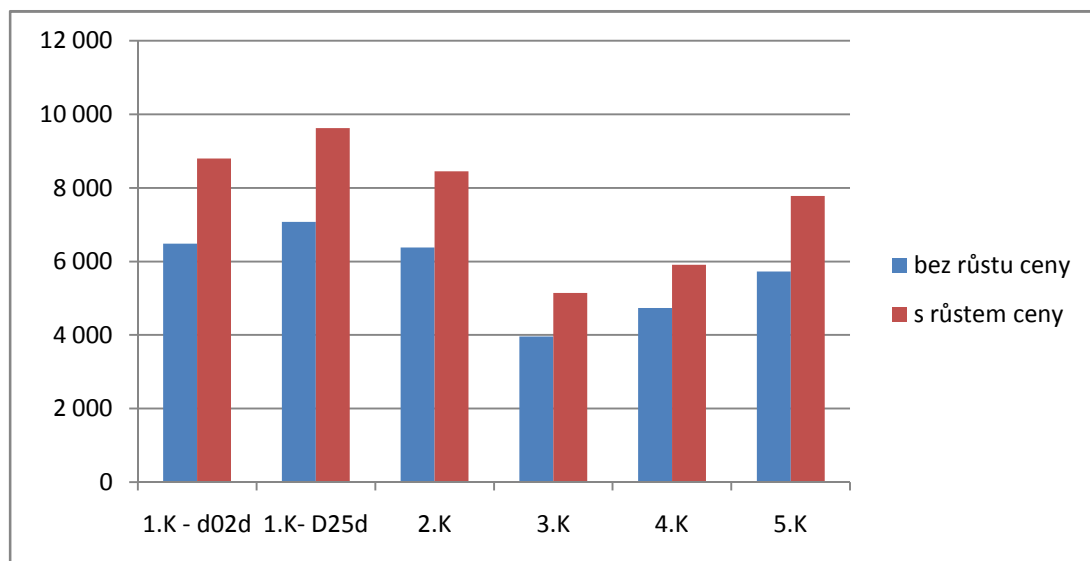
Graf pořizovacích a provozních nákladů v závislosti na době provozu s uvažováním růstu cen



Graf celkových nákladů za dobu 20ti let provozu systémů bez a s růstem ceny energií



Graf celkových nákladů za dobu 15ti let provozu systémů bez a s růstem ceny energií



Za vstupních okrajových podmínek a vypočtených datech vychází z ekonomického hlediska nejlépe 3.kombinace- tepelné čerpadlo vzduch x voda.

Schéma zapojení systému MaR obnovitelného zdroje

Schéma zapojení MaR je stejný výkres jako blokové schéma systému regulace viz příloha 4. Dále je zde popsána funkčnost systému regulace.

Regulace bude řízena nadřazeným regulátorem, který bude rozesílat signály do regulace tepelného čerpadla a dalších členů regulace.

Ohřev teplé vody bude realizován přednostně před vytápěním. Pokud čidlo teploty Čt1 nebo Čt2 na zásobníku teplé vody zjistí, že je třeba dohřát vodu, pošle signál do nadřazeného regulátoru (dále již NR), který vyšle signál trojcestnému regulačnímu ventilu (v tomto případě splňuje spíše funkci přepínací), který otevře přívod k zásobníkovým ohřivačům teplé vody. Zde je třeba zvýšit teplotu primární vody ze zdroje. NR pošle impuls regulaci v tepelném čerpadlu a čerpadlo začne ohřívat vodu na vyšší teplotu. Dvojcestné regulační ventily, které jsou instalovány před zásobníkové ohřivače budou řízeny NR, která jim vyšle signál, zda se mají otevřít, nebo zavřít, popřípadě nastavit na potřebný průtok, pokud bude třeba nabíjet oba dva zásobníky.

Vytápění se bude řídit dle venkovní teploty. Bude řízeno dle ekvitermní křivky, je to regulace kvalitativní. Z tohoto důvodu je požadavek na snižování výstupní teploty ze zdroje v době kdy, teplota nedosahuje minimálních hodnot. Čidlo venkovní teploty předá informaci o teplotě NR, která pošle příkaz regulaci v TČ, kde se upraví výstupní teplota. NR bude též ovládat trojcestné armatury a oběhová čerpadla na topných větvích a větví ke vzduchotechnice. Na větvích budou osazeny teploměry, které budou snímat okamžitou teplotu a dle ní bude reagovat směšovací ventil. Pokud bude potřeba dodat více tepla do systému, pak se uzavře trojcestná armatura a nebude již míchána přívodní voda s vratnou. Naopak při přetopení vnitřního prostoru, hlavně v přechodných obdobích, budou termostatické hlavice uzavírat přívod vody, vznikne velký tlakový odpor a čerpadlo by zbytečně tlačilo velký objem vody do systému. Proto při velkém nárůstu tlaku sníží otáčky, aby se nemařila energie. Aby byl zachován průtok do jednotlivých okruhů tak, jak byl navržen, mělo by oběhové čerpadlo pracovat při konstantním tlakovém rozdílu. Takže pokud manometr naměří kritický tlak, NR pošle čerpadlu příkaz na snížení otáček. Čt3 snímá teplotu v akumulární nádrži. Pokud klesne teplota pod stanovenou mez, která je závislá od venkovní teploty, NR pošle signál regulaci TČ, aby dohřálo vodu na požadovanou teplotu. Tepelná čerpadla se budou střídát, abychom dosáhli delší prodlevy na spínání kompresorů. Toto bude taktéž řídit NR. Regulace do vzduchotechniky je řešena čtyřcestným ventilem, tudíž čerpadlu zde nebude hrozit nárůst tlaku. Armatura přepne a přebytek teplé vody půjde do vratného potrubí. Teploměr snímá teplotu přívodní vody a dle této hodnoty NR vysílá signál ČSA, která dle tohoto signálu reguluje průtok.

C. PROJEKT

Technická zpráva

Obecné informace o stavbě

Projektová dokumentace řeší zdroj tepla pro novostavbu bytového domu s dvaceti bytovými jednotkami. Objekt je samostatně stojící, budova je nechráněná. Počet uvažovaných obyvatel byl stanoven na 60 osob. Je součástí městské zástavby menšího města Jičín. Od tohoto místa se odvíjí klimatické podmínky. Objekt má 4 nadzemní podlaží v první části a ve druhé jsou 3 nadzemní podlaží. Jsou zde malé byty. Celý objekt je podsklepený, kde se nachází garážová stání a sklepní kóje. Obvodové zdivo je z porothermu 30 P+D a je zateplen pěnovým polystyrenem tloušťky 150mm. Okna jsou plastová a střecha je sedlová. Objekt je velmi členitý. Strop v podzemním patře je tvořen ze železobetonu tloušťky 200mm, tepelnou izolací tloušťky 100mm a roznášecí vrstva je zhotovena z betonové mazaniny tloušťky 50mm, která je vyztužena karisíti. Střešní konstrukce je tvořena nosnou dřevěnou částí. Mezi krokvemi je tepelná izolace Isover UNI tloušťky 180mm a nad krokvemi je izolace Isover Naturoll tloušťky 100mm.

Objekt je navržen tak, aby splňoval tepelnou pohodu v interiéru. Výpočet tepelných ztrát byl proveden podle ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách. Teploty v interiéru byly uvažovány 20 °C pro obytné části.

Venkovní výpočtová teplota pro danou oblast byla stanovena na -15 °C.

Tepelná ztráta objektu byla stanovena obálkovou metodou na 38,1 kW.

Všechny konstrukce posuzovaného objektu splňují hodnotu součinitele prostupu tepla U na požadovanou hodnotu.

Dle energetického štítku byl objekt zařazen do klasifikační třídy C – vyhovující.

Zdroj tepla

Jako hlavní zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch x voda v bivalentně paralelním způsobu provozu v kombinaci s vestavěným elektrokotlem. Jsou navržena dvě stejná tepelná čerpadla značky Mach 34,0, ve kterých je elektrická spirála o výkonu 15 kW.

Pro vyrovnání tlaků a pro snížení četnosti spínání kompresoru tepelného čerpadla je navržena vyrovnávací nádrž Reflex PH 800 o objemu 750 l. Vyrovnávací zásobník je připojen do uzavřeného topného okruhu. Regulace bude zajištěna regulačním přístrojem Tronic 2008E s externím teplotním čidlem a čidlem na vyrovnávacím zásobníku. Regulace bude určovat provoz tepelných čerpadel a vestavěného elektrokotle, kdy při vyšších venkovních teplotách bude v provozu pouze jedno tepelné čerpadlo a při nízkých venkovních teplotách, pod - 3,9°C sepne elektrická spirála v tepelném čerpadlu. Regulace topných okruhů bude řízena na základě ekvitemní křivky.

Součástí topného systému bude pojišťovací ventil IVAR.PV 311 navržený pro každé tepelné čerpadlo a tlaková expanzní nádoba s membránou Reflex N50 o objemu 50 l.

Ze zdroje tepla bude otopná voda vedena do vyrovnávacího zásobníku a odtud do hlavního kombinovaného rozdělovače a sběrače Meibes MGV 40 s osazeným regulačním šroubením, odkud se bude topná voda rozdělovat do jednotlivých větví vytápění a vzduchotechniky. Všechny větve budou osazeny uzavíracím kulovým kohoutem, vypouštěcím ventilem, filtrem, zpětnou klapkou, čerpadlem, teploměrem a tlakoměrem. Větve VTP 1 a VTP 2 budou osazeny směšovací ventilem LDM RV 2x5 H, DN 20. Vzduchotechnická jednotka má čtyřcestný ventil.

Teplá užitková voda je ohřívána tepelnými čerpadly. Pokud čidlo změří teplotu pod minimální hranicí, nadřazená regulace vyšle pokyn, tepelné čerpadlo zvýší teplotu výstupní vody a přepínací trojcestný ventil otevře cestu k zásobníkovým ohříváčům teplé vody. V zásobníku je instalována topná elektrická vložka, která v případě nedostatku výkonu sepne a dohřeje vodu na požadovanou hodnotu. Taktéž bude v provozu, pokud budeme chtít ohřát vodu na více jak 72°C, aby se zabránilo množení legionelly. Bude splňovat i funkci záložního zdroje. Pokud se porouchá jedno z tepelných čerpadel v době, kdy nebude schopno jedno tepelné čerpadlo uhradit tepelnou ztrátu objektu a ohřev teplé vody, pak se bude teplá voda ohřívat za pomoci elektrické patrony. Teplá voda se bude akumulovat v akumulčních zásobnících OKC 750 NTRR/1Mpa a OKC 400 NTRR/1Mpa o objemu 750 l a 400 l. Na výstupu teplé vody ze zásobníku bude osazen trojcestný směšovací ventil, aby nedošlo k opaření uživatelů stavby.

Systém vytápění objektu

Z rozdělovače jsou vedeny dvě větve pro podlahové vytápění a další větev vede ke vzduchotechnické jednotce. První větev vytápí podlahovou plochu na jižní části objektu a druhá větev vytápí část severní. Objekt je takto rozdělen pro lepší regulaci hlavně v přechodných obdobích, kdy je velký rozdíl teplotních zisků od slunečního záření na straně severní a straně jižní vytápěného objektu. Na větvi VTP 1 je osazeno oběhové čerpadlo Magna 25 - 60 pro hrazení potřebného průtoku a dopravního tlaku. Na větvi VTP 2 je osazeno čerpadlo Alpha 2 25 - 60 - 180. Na větvi pro vzduchotechnickou jednotku je osazeno čerpadlo Alpha 25 - 40 - 130. Všechny větve budou osazeny uzavíracím kulovým kohoutem, vypouštěcím ventilem, filtrem, zpětnou klapkou, čerpadlem, teploměrem a tlakoměrem. Větve VTP 1 a VTP 2 budou osazeny směšovací ventilem LDM RV 2x5 H, DN 20. Vzduchotechnická jednotka má čtyřcestný ventil.

Izolace potrubí

Veškeré potrubí vedené volně v technické místnosti bude tepelně izolováno izolací Parock Section aluCoat T, tloušťka izolace navržena dle dimenze potrubí. Potrubí Cu 28x1,5 bude izolováno izolací o tloušťce 30mm a potrubí Cu 35x1,5 bude izolováno izolací o tloušťce 40mm

Zabezpečovací zařízení

Pro ochranu soustavy proti překročení nejvyšší pracovní teploty a nejvyššího pracovního přetlaku či podtlaku bude instalováno zabezpečovací zařízení v podobě pojistných ventilů a expanzní nádoby. Pojistné ventily budou instalovány u každého z tepelných čerpadel, za výstupem topné vody z vyrovnávacího zásobníku. Elektrokotel obsahuje pojistný ventil již z výroby. Pojišťovací ventily IVAR.PV 311 budou mít otevírací přetlak 300 kPa. Expanzní nádoba pro otopnou soustavu bude membránová Reflex N50 o objemu 50 l.

Regulace otopné soustavy

Regulace bude zajištěna regulačním přístrojem Tronic 2008E s externími teplotními čidly. Čidlo prostorové teploty a čidlo venkovní teploty. Regulace bude určovat provoz tepelných čerpadel a vestavěného elektrokotle, kdy při vyšších venkovních teplotách, bude v provozu pouze jedno tepelné čerpadlo a při nízkých venkovních teplotách, teploty pod - 3,9 °C, sepne elektrická spirála. Regulace topných okruhů bude řízena na základě ekvitermní křivky. Rozsáhlejší popis funkce regulace byl již popsán v bodě „Schéma zapojení systému MaR obnovitelného zdroje“.

Požadavky na ostatní profese

Stavební práce

- pro instalaci rozvodů je nutné zřízení prostupů a drážek v konstrukcích
- pro venkovní jednotky zřídit betonový základ
- zřídit prostupy obvodovou zdí s hydroizolační funkcí
- pod vyrovnávací nádrž, zásobníkové ohříváče teplé vody a pod tepelná čerpadla zřídit betonový základ o tloušťce 100 mm.
- podlaha bude z nekluzného materiálu

Zdravotechnika

- přívod studené vody do akumulární nádrže a do zásobníků pro ohřev TUV
- návrh zabezpečovacího zařízení a ostatních armatur na přívodu studené vody do objektu
- návrh rozvodů cirkulace pitné vody
- návrh směšovacího ventilu
- návrh vpusti v technické místnosti
- odvod odkapu z pojistného ventilu do kanalizace
- návrh a zapojení jímacích tyčí na střeše objektu

Měření a regulace

- návrh, osazení a zapojení regulační jednotky pro otopný systém
- osazení a zapojení prostorových termostatů a venkovního čidla
- zapojení čidel teploty a tlaku
- zapojení trojcestných směšovacích ventilů
- zapojení řízení oběhových čerpadel

3. Závěr

Navržený zdroj tepla i s dalšími komponenty splňují požadavky na provoz bytového domu. Za výše uvedených podmínek je tepelné čerpadlo nejlepším řešením z ekonomického hlediska, což byl hlavní záměr práce. Finanční rozvaha o zvolení nejpříznivější kombinace zdroje by u větších objektů měla být vždy a měla by fungovat jako ochrana investora z finančního hlediska.

4 POUŽITÉ ZDROJE

Knihy a akademické práce

1. *Kjótský protokol, příloha B, 1997, pozn.: záporné hodnoty redukce znamenají Protokolem povolený emisní nárůst*
2. Zákon č.406/2000 Sb., § 1, hlava I.
3. BELICA, PETR – HLAVÁČ, JOSEF. *Malý průvodce energetickými úsporami a alternativními zdroji*, Valašské Meziříčí: ALDEBARAN, 2003. ISBN 80-903117-6-8

Elektronické zdroje

4. OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE - ENERGETICKÝ POTENCIÁL A JEHO VÝVOJ V ČASE - TZB-INFO[online]. [cit. 2013-04-13].URL: <<http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/6056-obnovitelne-zdroje-energie-energeticky-potencial-a-jeho-vyvoj-v-case>>
5. EkoWATT[online]. [cit. 2013-04-15].URL: <<http://www.ekowatt.cz/>>
6. Nositel Nobelovy ceny: přichází věk solární a větrné energie - Ekologické bydlení[online]. [cit. 2013-04-11].URL: <<http://www.ekobydleni.eu/zivotni-prostredi/nositel-nobelovy-ceny-prichazi-vek-solarni-a-vetrne-energie>>
7. Větrná energie – Wikipedie[online]. [cit. 2013-03-26].URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_energie#Teoreticky_dosa.C5.BEitln.C3.BD_v.C3.BDkon>
8. ?id=show&viewnr=4&typ=0&par=21118[online]. [cit. 2013-04-15].URL: <<http://linkuj.cz/?id=show&viewnr=4&typ=0&par=21118>>
9. Vodní energie – Wikipedie[online]. [cit. 2013-03-26].URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_energie>
10. Biomasa – Wikipedie[online]. [cit. 2013-04-13].URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>>
11. Entergeo | Geotermální energie | Co je geotermální energie[online]. [cit. 2013-04-29].URL: <<http://www.entergeo.com/co-je-geotermalni-energie.html>>

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

- a - účinnost pohltivosti selektivní vrstvy absorbéru
- A - plocha v m^2
- b - odhadovaný poměr hrazené energie spotřeby TV z kolektorů
- C - stávající cena energie (Kč/kWh)
- C_{el} - přepočet ceny energie v tarifu d25d (Kč)
- C1 - cena zařízení (Kč)
- C2 - cena komponent, které jsou nahrazeny (Kč)
- C3 - cena přidaných komponent (Kč)
- COP_{tv} - předpoklad topného faktoru tepelného čerpadla pro ohřev TV
- $COP_{út}$ - předpoklad COP pro tepelnou ztrátu
- d - počet dní v roce
- E - množství vyrobené energie za rok (kWh/rok)
- f - součinitel účinnosti (postihuje odklon Sk od jihu)
- $H_{s,den,teor}$ - teoreticky možné množství energie dopadající za den ($kWh/m^2/den$)
- H_t - teoreticky průměrné měsíční množství dopadající energie na Jih ($kWh/m^2/den$)
- $H_{t,den,teor}$ - teoreticky možné množství energie dopadající za den ($kWh/m^2/den$)
- $H_{t,měs,sk}$ - teoreticky možné množství energie dopadající za den ($kWh/m^2/den$)
- $H_{t,měs,u}$ - skutečné průměrné měsíční množství dopadající energie (kWh)
- $H_{t,měs,u,55^\circ C}$ - skutečné měsíční množství energie zachycené kolektory při teplotě $55^\circ C$ (kWh)
- $H_{t,skut}$ - skutečné průměrné měsíční množství dopadající energie (kWh)
- i - rozdíl růstu cen E a inflace (-)
- N - investiční náklady (Kč)
- n - počet dní v měsíci (den)
- N_p - provozní náklady (Kč/rok)
- q_k - měrný tepelný tok zachycený kolektorem (W/m^2)

Q_{prost} - tepelná ztráta prostupem tepla (kW)
 q_s - střední intenzita slunečního záření (W/m^2)
 q_s - střední intenzita slunečního záření (W/m^2)
 $Q_{\text{tv,měs}}$ - potřeba tepla na ohřev teplé vody v jednotlivých měsících (kWh)
 $Q_{\text{tv,rok}}$ - potřeba tepla na ohřev teplé vody za rok (kWh)
 Q_{vzd} - potřeba tepelného výkonu pro vzduchotechniku (kW)
 $Q_{\text{ztr,skut1}}$ - potřeba tepla pro hrazení ztrát objektu a ohřevu teplé vody (kW)
 $Q_{\text{ztr,t}}$ - teoretická potřeba tepla pro hrazení ztrát objektu a ohřevu teplé vody (kW)
 S_m - průměrná doba svitu (-)
 T - průměrná teplota v době slunečního svitu v jednotl. měs. (h)
 $t_{\text{e,min}}$ - průměrná teplota venkovního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)
 t_i - průměrná teplota v bytovém domě ($^{\circ}\text{C}$)
 t_k - teplota kolektoru ($^{\circ}\text{C}$)
 T_s - doba návratnosti (roky)
 T_{skut} - doba skutečného svitu (h)
 T_{teor} - doba teoretického svitu (h)
 TV - teplá voda
 t_v - venkovní průměrná teplota v době svitu ($^{\circ}\text{C}$)
 t_v - venkovní průměrná teplota v době svitu ($^{\circ}\text{C}$)
 T_z - doba životnosti (roky)
 u - účinnost kolektoru (-)
 U_1 - součinitel prostupu tepla přední prosklenou (W/K/m^2)
 U_2 - součinitel prostupu tepla zadní stranou (W/K/m^2)
 VTP - vytápění
 μ_o - účinnost obsluhy (-)
 μ_z - účinnost zdroje (-)

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obr. 1 Větrné elektrárny [6].....	28
Obr. 2 Vodní energie [8].....	29
Obr. 3 Geotermální energie [11].....	32

Tabulky

Tab. 1 Stanovené redukční cíle jednotlivým státům Dodatku I Protokolu [1]	15
Tab. 2 Rekapitulace struktury spotřeby primárních zdrojů energie[4].....	17
Tab. 3 Rekapitulace podílu na výrobě elektřiny [4]	17
Tab. 4 Dlouhodobý výhled primární energie z obnovitelných zdrojů [4].....	17
Tab. 5 Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě energie [4]	18
Tab. 6 Přeměna slunečního záření na elektřinu [5]	23
Tab. 7 Využití solárního záření[3].....	23
Tab. 8 Dodaná energie v kWh dle různého postupu (zdroj: autor)	27
Tab. 9 Přehled získávání energie z biomasy [10]	30

7 SEZNAM PŘÍLOH

1. Výpočet součinitele prostupu tepla U
2. Potřeba teplé vody
3. Oběhová čerpadla
4. C-P1 Půdorys kotelny
5. C-K1 Schéma zapojení: Kondenzační kotel
6. C-K2 Schéma zapojení: Kondenzační kotel se solárními kolektory
7. C-K3 Schéma zapojení: Tepelné čerpadlo vzduch x voda
8. C-K4 Schéma zapojení: Tepelné čerpadlo země ` voda
9. C-K5 Schéma zapojení: Peletový kotel
10. C-B1 Blokové schéma systému regulace (Schéma zapojení systému MaR obnovitelného zdroje)