

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Energetická bilance solárních systémů pro ohřev TUV pro
rodinný domek**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš OVČAČÍK**
Osobní číslo: **E11N0097P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Energetická bilance solárních systémů pro ohřev TUV pro rodinný domek**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište možnosti využití solárního záření pro ohřev TUV pro rodinné domy.
2. Analyzujte praktický solární systém provozovaný na rodinném domku.
3. Navrhněte možná zlepšení a optimalizaci provozu.
4. Proveďte zhodnocení navrhovaných úprav z energetického a ekonomického hlediska.

Anotace

Obsahem této diplomové práce je popsat možné způsoby využití solárního záření pro ohřev teplé užitkové vody v rodinných domech. Následně pak analyzovat skutečný solární systém provozovaný v daném rodinném domku. Dále navrhnout možná zlepšení a optimalizaci zkoumaného systému a v neposlední řadě provést zhodnocení navrhovaných úprav z energetického i ekonomického hlediska.

Klíčová slova

solární záření, tepelný solární systém, teplá užitková voda (TUV), kolektor, energetická bilance

Abstract

The content of this thesis is to describe possible ways of using the solar energy for water heating in family houses. Then to analyze the real solar system operated in the family house. Further suggest possible improvements and optimization of the investigated system and finally an assessment of the proposed changes in energy and economic terms.

Key words

solar radiation, solar thermal system, domestic hot water (DHW), collector, energy balance

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Energetická bilance solárních systémů pro ohřev TUV pro rodinný domek“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem Ing. Milana Bělíka Ph.D. za použití pramenů uvedených v příloze této diplomové práce.

V Plzni dne: 9.5.2013

.....

podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Milanu Bělíkovi Ph.D. za cenné rady, informace a odborné vedení při zpracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Práchynskému, majiteli rodinného domku, na kterém je umístěn mnou zkoumaný solární systém, za ochotu, čas a poskytnuté informace.

Obsah

OBSAH	7
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ	10
1 ENERGIE SLUNCE	11
1.1 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	11
1.1.1 Intenzita slunečního záření	12
1.2 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE	13
2 AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY	14
2.1 OHŘEV UŽITKOVÉ VODY	15
Bivalentní systémy s elektrickým ohřívákem	15
Bivalentní systémy s kotlem	16
Zařízení pro ohřívání vody v bazénech	17
2.2 DRUHY KOLEKTORŮ	19
Ploché deskový kolektor	19
Ploché vakuový kolektor	19
Trubicový vakuový kolektor	20
3 SOLÁRNÍ SYSTÉM RODINNÉHO DOMKU	22
3.1 POPIS SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	22
3.1.1 Solární kolektory Regulus KP C1 BP	23
3.1.2 Jednotrubková čerpadlová skupina Solar 10	23
Kulový ventil	23
Bezpečnostní skupina	24
Průtokoměr	24
Oběhové čerpadlo WILO	25

Regulátor STDC	25
3.1.3 Solární zásobník OKC 200	25
3.1.4 Samotížný okruh kamen s výměníkem	26
3.2 ENERGETICKÁ BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	27
<i>Provoz solárního systému dle průměrných týdenních ΔT</i>	27
<i>Solární systém dle hodin v provozu</i>	28
<i>Teplo a měrná tepelná kapacita</i>	29
<i>Výpočet celkového tepla</i>	30
<i>Porovnání spotřeby bojleru</i>	32
4 ZLEPŠENÍ A OPTIMALIZACE PROVOZU	33
4.1 PLOCHA KOLEKTORŮ	33
4.2 OPTIMALIZACE POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ TUV	35
Denní spotřeba 180 litrů	35
Denní spotřeba 160 litrů	35
Denní spotřeba 125 litrů	35
4.3 PŘIPOJENÍ FOTOVOLTAICKÉ SOUSTAVY	36
4.4 SHRNUTÍ	37
ZÁVĚR	38
SEZNAM OBRÁZKŮ	39
SEZNAM GRAFŮ	40
SEZNAM TABULEK	41
SEZNAM ZDROJŮ	42
SEZNAM PŘÍLOH	43

Úvod

V posledních letech se čím dál více lidí snaží využívat energii ze Slunce. Solární systémy využívají sluneční záření a nabízí tak možnost ohřevu teplé vody nebo podporu vytápění potřebných prostor. Tyto systémy nabízí uživateli možnost nezanedbatelné úspory energie, a proto se v posledních letech tyto solární systémy objevují v rodinných domech čím dál více.

Úvod této diplomové práce se bude zabývat slunečním zářením a jeho možným využitím v aktivních solárních systémech. Dále pak představí nejpoužívanější tepelné systémy, které se používají na ohřev teplé vody. Na závěr úvodní části budou představeny druhy kolektorů používaných v solárních systémech pro ohřev TUV.

Druhá část se bude zabývat konkrétním slunečním systémem provozovaným v rodinném domku v Chotěboři. Podrobně budou popsány jeho základní části a jejich činnost, dále pak bude popsán provoz solárního systému v měřeném období. Provoz zařízení pak bude zhodnocen z energetického i ekonomického hlediska.

V poslední části budou popsány možné změny v solárním systému, které by vedly k zlepšení a optimalizaci daného solárního systému. Všechny tyto návrhy budou podrobně popsány a zhodnoceny z ekonomického i energetického hlediska.

Seznam symbolů

c_p - je měrná tepelná kapacita systému [J/kg•K]

h – výška slunce [°]

m - hmotnost [kg]

r – reflexní schopnost [-]

t_v – teplota [°C, K]

I – intenzita slunečního záření [W/m²]

Q – teplo [J]

S – plocha [m²]

ΔT – rozdíl teplot [°C]

Z – součinitel znečištění atmosféry [-]

TUV – teplá užitková voda

α – rovinný úhel [°]

ε – součinitel [-]

η – účinnost [-]

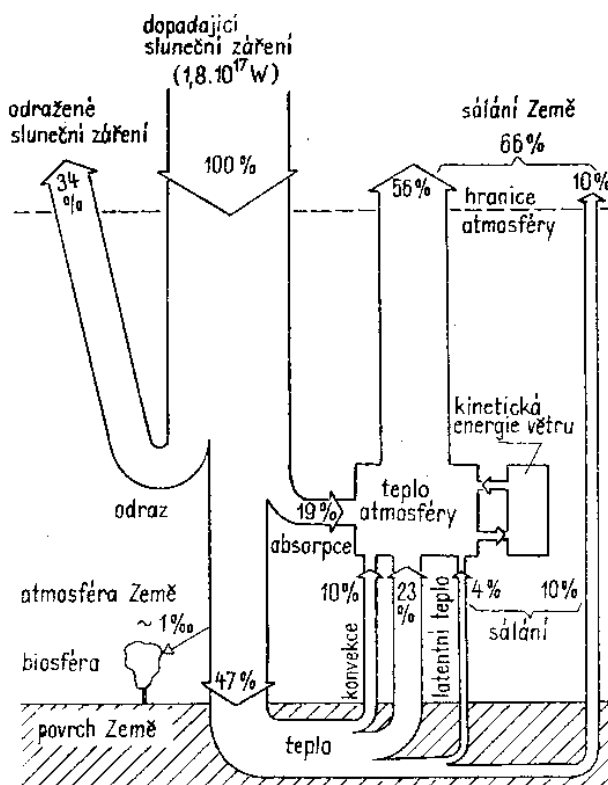
τ – časový interval [-]

1 Energie Slunce

Slunce je primárním zdrojem energie pro Zemi. Tato energie vzniká při přeměně vodíku v helium termonukleárními reakcemi ve Slunci. Teplota Slunce na povrchu je okolo 5 800 K. Stáří této hvězdy se odhaduje na 4,6 miliard let a předpokládá se, že ještě dalších 6 až 7 miliard let se její struktura nezmění. To je velice dlouhá doba, a proto o energii Slunce mluvíme jako o nevyčerpatelném zdroji energie, kterou se lidstvo snaží co nejvíce využívat pro svůj prospěch.

1.1 Sluneční záření

Sluneční záření cestou na Zemi urazí 150 milionů kilometrů. K Zemi dorazí v původní podobě, v jaké opustilo Slunce, jen s výrazně menší intenzitou. Výkon dopadajícího slunečního záření je asi $1,8 \cdot 10^{17}$ W. Z tohoto toku energie se 34 % odrazí zpět do vesmíru a 19 % energie pohltí atmosféra. Zbývá tedy 47 % slunečního záření, které je pohlceno zemským povrchem. Toto záření je následně spotřebováno různými přeměnami například na latentní teplo (vypařování vody).

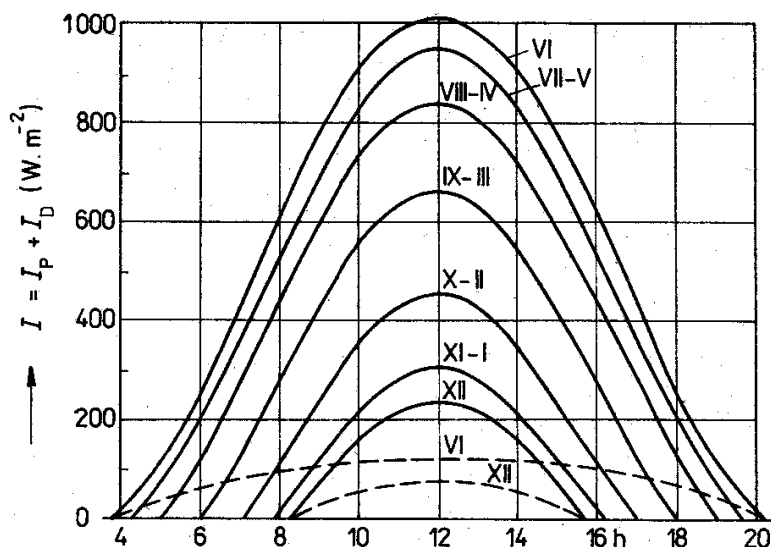


Obrázek č. 1: Přeměny energie slunečního záření dopadajícího na Zemi.

1.1.1 Intenzita slunečního záření

Intenzita slunečního záření, tzv. **sluneční konstanta**, je množství sluneční energie dopadající kolmo na jednotku plochy. Na hranici atmosféry je intenzita slunečního záření:

$$I_0 = 1367 \text{ W/m}^2 \quad (1.1)$$



Obrázek č. 2: Intenzita celkového slunečního záření na vodorovnou plochu.

Při průchodu paprsků atmosférou je část slunečního záření rozptýleno a pohlceno. Ta část, která atmosférou projde, je rozdělena na dvě části:

Přímé sluneční záření je tok rovnoběžných paprsků dopadajících na zemský povrch. Jeho velikost je ovlivněna tloušťkou atmosféry a součinitelem znečištění atmosféry. Čím větší je součinitel znečištění atmosféry, tím menší je velikost dopadajícího záření na povrch Země.

$$I_{pn} = I_0 \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right) \quad [\text{W/m}^2] \quad (1.2)$$

I_0 – sluneční konstanta

Z – součinitel znečištění atmosféry

ε – součinitel, který závisí na výšce slunce nad obzorem a na nadmořské výšce daného místa

Difúzní sluneční záření je záření, které je v atmosféře rozptýleno odrazem o mraky a částičky prachu a následně dopadá na zemský povrch. Vlnová délka difúzního záření se nemění, zůstává stejná jako u přímého záření.

$$I_D = 0,5(1 + \cos \alpha)I_{Dh} + 0,5r(1 - \cos \alpha)(I_{Ph} + I_{Dh}) \quad [W/m^2] \quad (1.3)$$

α – úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny

r – reflexní schopnost okolních ploch pro sluneční paprsky, tzv. albedo ($r = 0,15$ až $0,25$)

I_{Ph} – intenzita přímého slunečního záření na vodorovnou plochu

I_{Dh} – intenzita difúzního záření na vodorovnou plochu

$$I_{Ph} = I_{Pn} \sinh \quad [W/m^2] \quad (1.4)$$

$$I_{Dh} = 0,33(I_0 - I_{Pn}) \sinh \quad [W/m^2] \quad (1.5)$$

h – výška slunce nad obzorem

1.2 Využití solární energie

Při využívání solární energie se používají dva základní systémy, kterými jsou pasivní a aktivní systém. Oba tyto systémy představují široké možnosti využití solární energie. U pasivních systémů je to například pouhá správná orientace objektu, instalované solární okno, solární fasáda, žaluzie nebo Trombeho stěna. Příkladem aktivních systémů je ohřev TUV, akumulace tepla, výroba elektřiny pomocí fotovoltaických systémů nebo umělá fotosyntéza.

Tato diplomová práce se bude nadále soustředit pouze na aktivní solární systémy, do kterých se řadí analyzovaný solární systém pro ohřev TUV.

2 Aktivní solární systémy

Aktivní solární systémy se podle použité technologie rozdělují takto:

Tepelné systémy

- Přítápění
- Ohřev TUV
- Akumulace tepla
- Předehřev vzduchu

Fotovoltaické systémy

- Monokrystalické
- Polykrystalické
- Biface
- Non-Si

Netradiční systémy

- Umělá fotosyntéza

Pro účely této diplomové práce se nadále budeme zajímat pouze o tepelné systémy.

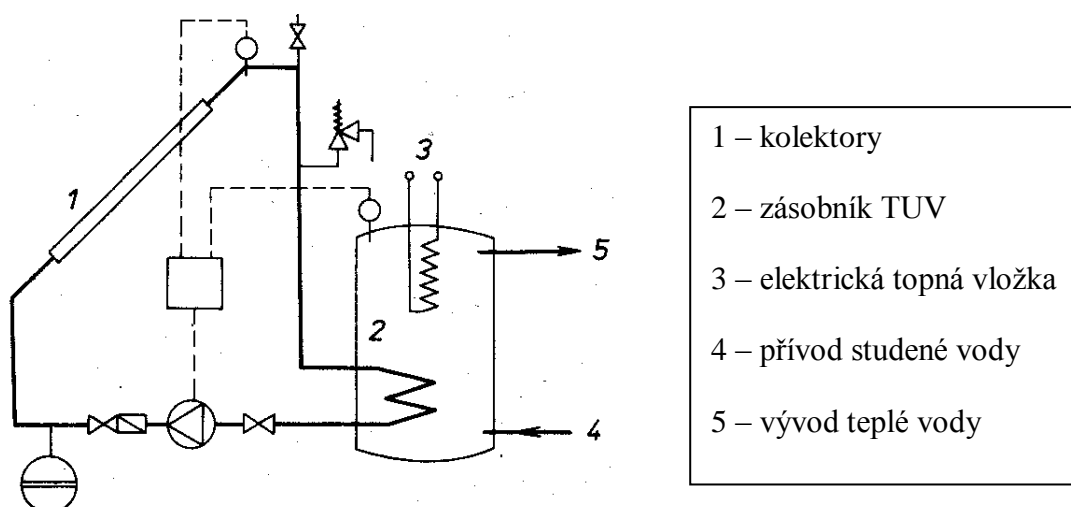
Tepelné solární systémy se dají dělit podle různých hledisek. Podle druhu oběhu můžeme dělit systémy na samotížné nebo systémy s nucenou cirkulací. Dalším hlediskem je počet okruhů, podle kterých se systémy dělí na jednookruhové a víceokruhové. Tepelné systémy se dále dají dělit též podle provozu, a to na celoroční, sezónní, na tlakovou vodu nebo na atmosférický tlak. Další možné dělení je podle druhu připojení na monovalentní nebo kombinované. V neposlední řadě se dělí systémy podle teplotního média na vzduchové a kapalinové.

2.1 Ohřev užitkové vody

V našich zeměpisných podmínkách se dají sluneční tepelné systémy pro ohřev TUV provozovat s velice úspěšnou úsporou energie. Uplatňují se v mnoha oblastech, jako zemědělství, domácnosti nebo veřejné objekty, jako jsou například veřejné plovárny nebo kempy. Existují jednoduché monovalentní sluneční systémy, které jsou určeny pro sezónní provoz právě již zmiňovaných plováren nebo například pro provoz společných sprch v chatových oblastech. Tyto systémy fungují s relativně vysokou účinností zhruba od dubna do září. Pro celoroční provoz se používají bivalentní (kombinované) sluneční systémy. Ty díky přídatným zdrojům tepla zaručují dostatek teplé užitkové vody po celý rok, a proto se používají nejčastěji v domácnostech a zemědělství. Při pořizování slunečního tepelného systému pro ohřev TUV velmi záleží na tom, co přesně pořizovatel od systému očekává. Od jeho požadavků se poté odvíjí výběr konkrétního slunečního systému.

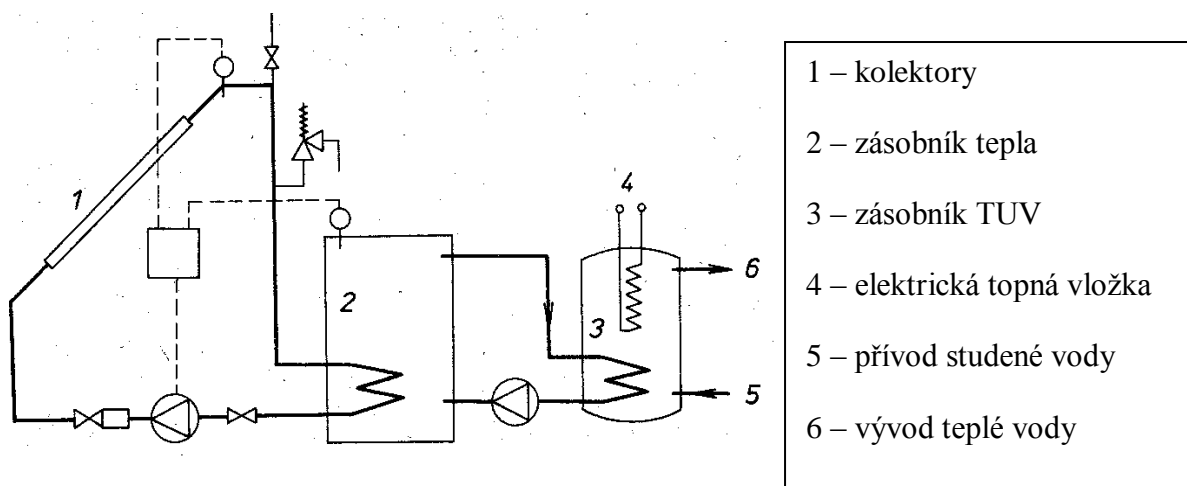
Bivalentní systémy s elektrickým ohřívákem

Bivalentní systémy s elektrickým ohřívákem jsou klasické systémy s okruhem slunečních kolektorů, které jsou doplněny elektrickou topnou vložkou přímo v zásobníku teplé vody. Používají se v menších zařízeních, jako jsou rodinné domy a domácnosti. Elektrický ohřívák se umísťuje v horní části zásobníku tak, jak můžeme vidět na obrázku 3. Vynecháním elektrického ohříváku by vznikl jednoduchý monovalentní systém, který by však nezaručoval dostatek teplé vody ve dnech, kdy je zatažená obloha. Ohřívák je připojen na noční proud a má takový příkon, aby celý systém fungoval i v zimních měsících, kdy je nedostatek slunečního záření.



Obrázek č. 3: Ohřev TUV s elektrickou topnou vložkou v zásobníku.

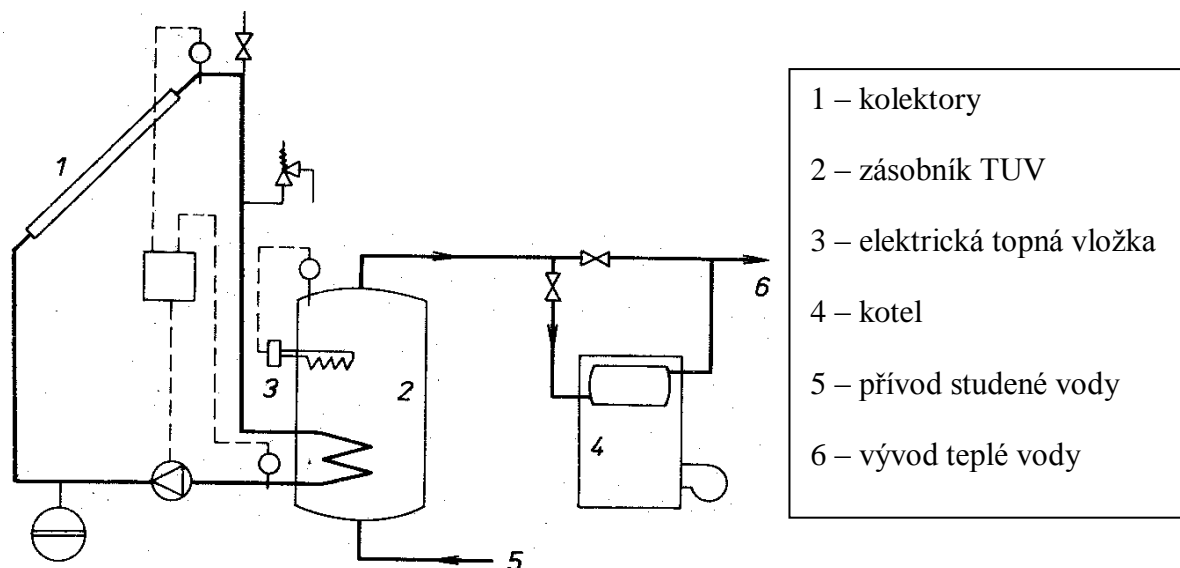
Pokud chceme mít zásobu teplé vody i ve dnech, kdy je zatažená obloha, vyplatí se pořídit si systém, který je na obrázku 4. Zásobník 2 má zhruba 3krát větší objem než zásobník 3, jehož objem se volí přibližně takový, jako je denní spotřeba teplé užitkové vody. Ve větším zásobníku se akumuluje ohřátá voda od slunečního záření. Touto ohřátou vodou se ohřívá teplá užitková voda v zásobníku 3. Tento zásobník je také opatřen elektrickou topnou vložkou, která se používá při nedostatku slunečního záření a v zimním období.



Obrázek č. 4: Ohřev užitkové vody se zásobníkem tepla a se samostatným zásobníkem teplé užitkové vody.

Bivalentní systémy s kotlem

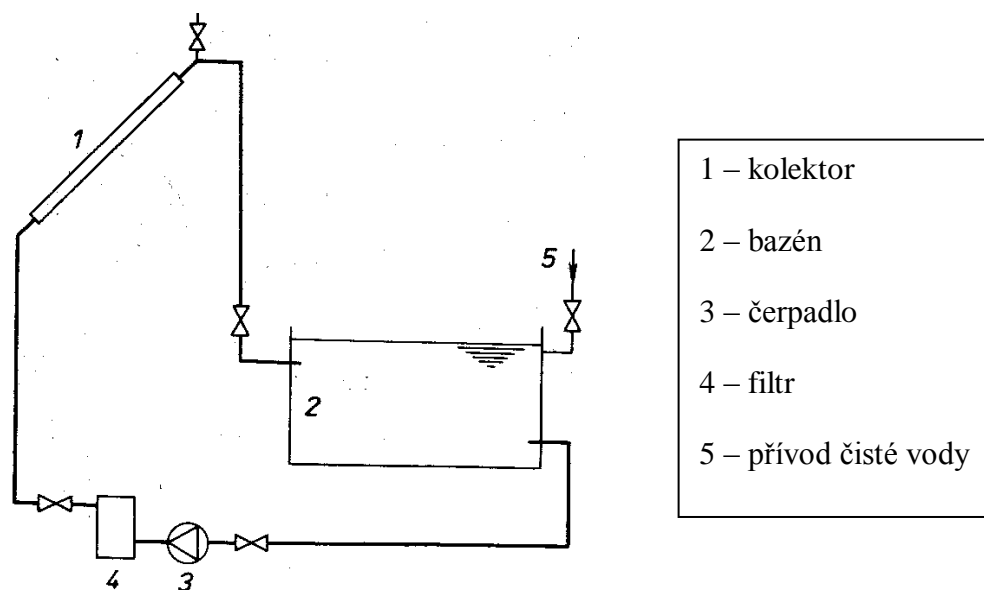
Při dnešní vysoké ceně za elektřinu se vyplatí pořídit si bivalentní systém s kotlem na tuhá nebo kapalná paliva. Tento systém je stejný, jako předchozí systém, jen s tou změnou, že je do série se zásobníkem připojen okruh kotle. V letních měsících tento systém umožňuje provoz bez kotle, kdy stačí na dohřívání elektrická topná vložka a v zimních měsících se teplá užitková voda dohřívá pomocí kotle.



Obrázek č. 5: Zařízení pro ohřev TUV s kotlem jako přidavným zdrojem tepla a s elektrickou topnou vložkou.

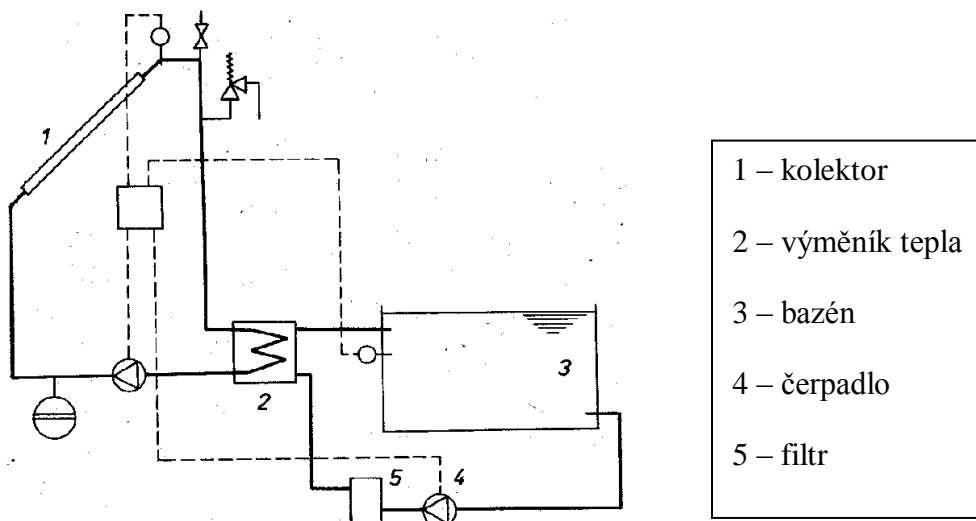
Zařízení pro ohřívání vody v bazénech

Pro ohřev užitkové vody lze používat tepelný systém pro ohřev vody v bazénu, který je nastíněn na obrázku 6. Je to jednoduchý monovalentní systém s otevřeným kolektorovým okruhem, jenž je určen jen pro sezónní provoz zhruba od května do září. Tento malý systém se používá pro ohřev vody v bazénu u rodinných domů.



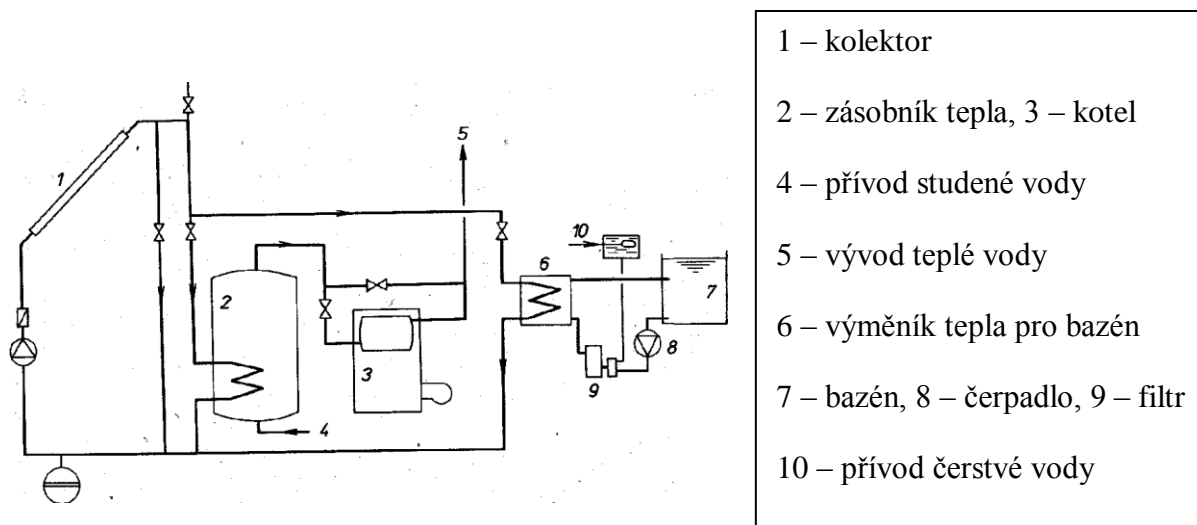
Obrázek č. 6: Ohřev vody v bazénu s otevřeným kolektorovým okruhem.

Naopak sluneční systém, který je znázorněn na obrázku 7 se používá u větších, zpravidla veřejných bazénů s celoročním provozem. Tento systém má uzavřený kolektorový systém a výměník tepla je mimo bazén.



Obrázek č. 7: Ohřev vody v bazénu s uzavřeným kolektorovým okruhem.

Dalším hojně používaným typem tohoto systému je systém pro ohřev vody v bazénu s ohřevem teplé užitkové vody. Okruh pro ohřev vody v bazénu je paralelně připojen na okruh s kotlem. Systém na obrázku 8 je určen pro sezónní provoz bazénu s přihříváním teplé užitkové vody. V zimních měsících po vypnutí bazénového okruhu je užitková voda ohřívána kolektorovým okruhem a kotlem na tuhá nebo kapalná paliva.



Obrázek č. 8: Ohřev teplé užitkové vody a ohřev vody v bazénu.

2.2 Druhy kolektorů

Solární kolektory přeměňují sluneční záření na teplo. Toto teplo lze využívat na ohřev vody nebo na vytápění budov. Tato energie se získává pomocí kapalinových nebo vakuových kolektorů, a to jak plochých, tak i trubicových.

Plochý deskový kolektor

Nejčastěji používaný kolektor na ohřev TUV je deskový (kapalinový) kolektor. Kolektor se skládá z několika hlavních částí. Rám se nejčastěji vyrábí z hliníku, který je cenově dostupný, dobře zpracovatelný, lehký i dostatečně odolný proti nepříznivým podmínkám počasí. Nesmí obsahovat žádné tepelné mosty a musí být dobře utěsněn, aby se do kolektoru nedostala vlhkost, která by snížila celkovou účinnost kolektoru. Další částí je solární sklo, které je kalené a má tloušťku 3 – 4 mm. Toto sklo je bezbarvé a má vysokou propustnost. Uvnitř je absorbér, který je základní součástí systému. Měl by mít co největší teplosměnnou plochu a dobrou tepelnou vodivost. Jeho absorpce se pohybuje okolo 95 % a na jeho výrobu se nejčastěji používá měď nebo kombinace hliníku s mědí. Na povrch absorbéru je nanášena tzv. selektivní vrstva (Tinox, Al_2O_3 , Ni), která snižuje tepelné ztráty kolektoru. V kolektoru je také velice důležitá vnitřní izolace. Nejčastěji se používá skelná nebo minerální vata.



Obrázek 9: Plochý deskový kolektor.

Plochý vakuový kolektor

Konstrukčně je tento druh kolektoru hodně podobný plochému deskovému kolektoru. Rám se vyrábí opět nejčastěji z hliníku. Solární sklo je kalené o tloušťce 3 – 4 mm. Jako izolace se

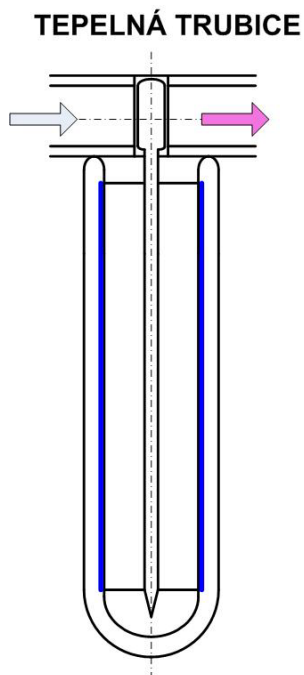
používá nejčastěji skelná nebo minerální vata. Absorbér je opatřen selektivní vrstvou. Hlavní rozdíl oproti deskovému kolektoru je v tom, že je vakuový kolektor po namontování na střechu vakuován (10^{-3} Pa). Proto, aby nedošlo k poškození skla působením atmosférického tlaku, musí být sklo opatřeno nosnými sloupky, které tak zaručují ochranu proti popraskání. Rozdíl mezi oběma kolektory je vidět na obrázku 10.



Obrázek č. 10: Plochý vakuový kolektor.

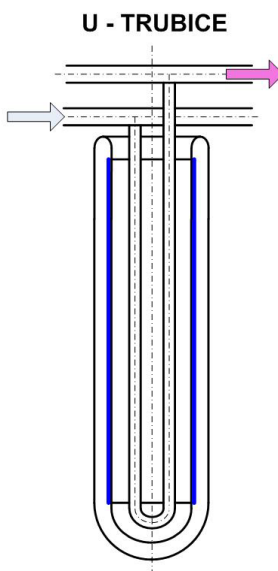
Trubicový vakuový kolektor

Trubicový vakuový kolektor se skládá ze systému skleněných trubic uspořádaných vedle sebe. Všechny jsou opatřeny selektivní vrstvou, která zajišťuje lepší pohlcení slunečního záření. V každé skleněné trubici je vakuum, proto se nejčastěji vyrábějí z borsilikátového skla o tloušťce 1,5 – 3 mm, aby nedošlo k poškození skla působením tlaku. Existují dva druhy trubicových vakuových kolektorů, které se liší svojí konstrukcí. Prvním z nich je tzv. tepelná trubice, kdy médium proudí v horní části kolektoru kolem tepelné trubice, která je umístěna ve skleněné trubici. V této tepelné trubici je kapalina, která se působením slunečního záření mění v páru a stoupá k horní části kolektoru, kde předává teplo teplonosné látce. Po předání tepla kapalina kondenzuje a stéká po stěnách tepelné trubice, kde dochází opět k vypaření kapaliny a celý cyklus se opakuje.



Obrázek č. 11: Trubicový vakuový kolektor typu tepelná trubice.

Druhému druhu trubicového vakuového kolektoru se říká U – trubice. Ve skleněné trubici je umístěna měděná trubička ve tvaru U, na jejímž jednom konci proudí teplonosná kapalina do trubice a na jejím druhém konci vytéká kapalina o ΔT teplejší.



Obrázek č. 12: Trubicový vakuový kolektor typu U – trubice.

3 Solární systém rodinného domku

Zkoumaný solární systém na ohřev teplé užitkové vody se nachází na rodinném domku v Chotěboři v Zámecké ulici. Dům stojí samostatně na konci ulice a nachází se v těsné blízkosti zámeckého parku. Domek má vnitřní zateplení a dosahuje hodnot pasivního domu. Je vybaven již zmíněným solárním okruhem s čerpadlem a samotížným okruhem, který vede přes krbová kamna s výměníkem. Celková cena soustavy včetně její montáže byla 62 200 Kč. Tento systém byl dotován z programu zelená úsporám, a to ve výši 55 000 Kč.

3.1 Popis solárního systému

Čerpadlo v systému startuje, když teplota teplotonosné kapaliny v kolektoru dosáhne minimálně 30 °C, ale zároveň musí být teplota vody v bojleru o 14 °C nižší než v kolektoru. Když teplota vody v bojleru překročí hranici 85 °C, čerpadlo se vypíná kvůli možnému poškození zásobníku. S ohledem na velikost bojleru a každodenní spotřebě vody tento stav ještě nikdy nenastal a s velkou pravděpodobností ani nenastane. Kdyby ale přece jenom tento jev nastal, což by znamenalo několik horkých dní za sebou a velmi nízkou spotřebu ohřáté vody v bojleru, je systém vybaven ochranným ventilem, který by zařízení ochránil. To by ale znamenalo zavzdušnění systému a tím vzniklé potíže s novým spuštěním. Průtok kapaliny čerpadlem je nastaven na 2,5 l/min, jelikož vyšší průtok se neosvědčil z důvodu malého přestupu tepla v zásobníku.



Obrázek č. 13: Solární kolektory na rodinném domku v Chotěboři.

V letních měsících se solární okruh spouští kolem půl jedenácté a vypíná se okolo 19 hodiny. Pokud sluneční systém nestihne ohřát požadované množství vody v bojleru, spouští se v 17 hodin elektrický ohřev bojleru, který je nastaven na 45 °C.

V chladných obdobích roku se musí počítat s tím, že v systému je ještě zapojen samotížný okruh přes krbová kamna. Ten nemůže být v současném provozu se solárním systémem. Jelikož ale majitel domku nezatápí v krbu dříve než v 16 hodin, lze předpokládat, že solární okruh je v zimních měsících již vždy v tuto dobu vypnut.

3.1.1 Solární kolektory Regulus KP C1 BP

Při realizaci tohoto solárního systému byl použit plochý deskový solární kolektor od firmy Regulus. Sluneční kolektor má celkové rozměry 1000 x 2000 x 96 mm, přičemž jeho hmotnost je 37 kg a plocha apertury je 1,85 m². Jsou zde použity dva do série zapojené kolektory, takže celková plocha kolektorů solárního systému je 3,7 m². Plášť kolektoru je ze slitiny hliníku. Jako tepelná izolace je použita minerální vlna o tloušťce 40 mm. Pro zasklení je použito kalené nízkoželezité prizmatické sklo, jehož propustnost je 91 % a tloušťka 4 mm. Absorbér je celoměděný s galvanicky nanesenou vrstvou černého chromu na nikl. Emisivita absorbéru je 8 % a pohltivost slunečního záření je 94 %. Jako teplonosná kapalina je zde použit ethylenglykol s vodou, který se zhruba jednou za 3 – 4 roky mění. V celém systému je přibližně 28 litrů této látky, přičemž do jednoho kolektoru se vejde zhruba 1,7 litru této látky. Kolektory jsou natočeny na jihozápad a jsou nainstalovány pod úhlem 45°.

3.1.2 Jednotrubková čerpadlová skupina Solar 10

Další důležitou součástí celého solárního systému je jednotrubková čerpadlová skupina s regulátorem. Tato skupina je umístěna na zdi pomocí montážní desky a stará se o oběh a nastavení průtoku teplonosné kapaliny po celém systému. Zajišťuje také kontrolu teploty a tlaku v systému a skládá se z několika hlavních částí.

Kulový ventil

Jedna z hlavních částí jednotrubkové čerpadlové skupiny je kulový ventil na vratné větvi, ze které je teplonosná kapalina vedena zpět do solárních kolektorů umístěných na střeše

domku. V této části je také umístěn teploměr, který ukazuje teplotu teplotnosné kapaliny vhaněné do kolektorů. Rozsah tohoto teploměru je 0 °C až 120 °C. Na obrázku číslo 14 je teploměr vidět v horní části čerpadlové skupiny (modré mezikruží). V kulovém ventilu se také nachází solární zpětný ventil, který zajišťuje pevné uzavření a malou tlakovou ztrátu.

Bezpečnostní skupina

Další důležitou částí je bezpečnostní skupina, která je umístěna vpravo od kulového ventilu. Obsahuje bezpečnostní ventil, který chrání celou jednotrubkovou čerpadlovou skupinu od přetlaku. Ventil je kalibrován na tlak 6 bar a při překročení této hodnoty se uvede v činnost. V bezpečnostní skupině je instalován manometr, který ukazuje aktuální tlak v čerpadlové skupině. Jeho rozsah je od 0 do 10 barů. Bezpečnostní skupina je též připojena na expanzní nádobu, která je umístěna pod bojlerem a její obsah je 18 litrů.



Obrázek č. 14: Jednotrubková čerpadlová skupina Solar 10.

Průtokoměr

Průtokoměr je umístěn v dolní části čerpadlové skupiny a umožňuje regulovat průtok teplotnosné kapaliny pomocí třicestného kulového ventilu. Výrobce poskytuje 4 druhy průtokoměrů rozdělené podle rozsahu. Průtokoměr v našem systému má rozsah od 2 do 12 l/min a jeho průtok je nastaven na 2,5 l/min. Při odečítání velikosti nastaveného průtoku se orientujeme podle spodní hrany posuvného ukazatele. Vedle průtokoměru jsou dva boční

ventily. Ten výše umístěný slouží k plnění systému a druhý k vypouštění systému. Při napouštění a vypouštění systému se nejdříve musí uzavřít kulový ventil a až poté otevřít boční plnicí a vypouštěcí ventily. Po napuštění systému naopak kulový ventil otevřeme, nastavíme požadovaný průtok a následně uzavřeme oba boční ventily.

Oběhové čerpadlo WILO

Systém je dále vybaven třírychlostním oběhovým čerpadlem WILO ST 25/6 - 180 s manuální regulací. Je na něm nastaven první výkonnostní stupeň, tudíž jeho maximální příkon je 43 W. Čerpadlo má na obou svých stranách uzavírací kulové ventily, které umožňují snadnou výměnu bez vypouštění systému. Napájeno je síťovým napětím 230 V a jeho maximální dopravní výška je 6 metrů.

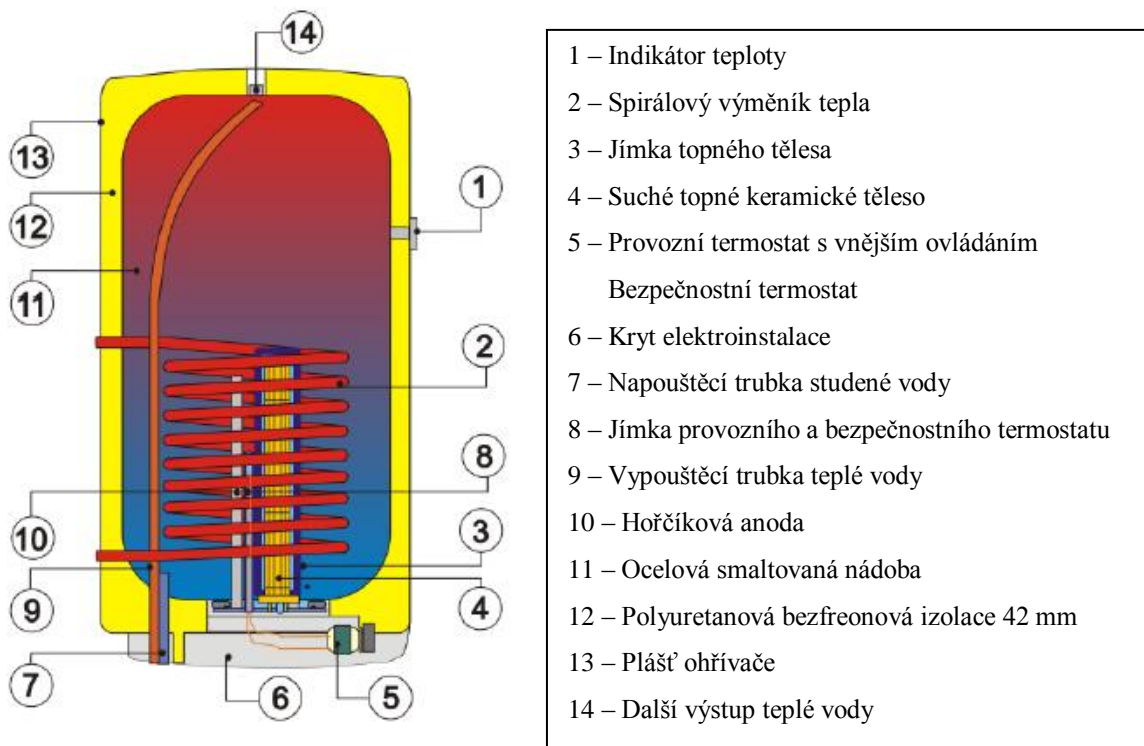
Regulátor STDC

Regulátor STDC je digitální solární regulátor, který automaticky provozuje solární systém. Je napájen síťovým napětím 230 V, jeho elektrické krytí je IP40 a je vybaven vnitřní pojistkou. Regulátor obsahuje tři vstupy pro teplotní čidla Pt1000. Ve zkoumaném systému jsou zapojeny jen dvě. Jedno snímá teplotu v kolektorech a druhé teplotu teplonosné kapaliny po průchodu solárním zásobníkem. Měřicí rozsah těchto teploměřů je -40 °C až 300 °C. Regulátor dokáže zobrazit zapojené schéma systému a graficky zobrazuje naměřené hodnoty.

Fotky jednotlivých částí čerpadlové skupiny jsou ke zhlédnutí v příloze C.

3.1.3 Solární zásobník OKC 200

Jako solární zásobník je v systému použit kombinovaný bojler od firmy DZ Dražice o objemu 200 litrů. Nádoba bojleru je vyrobena z ocelového plechu, jehož vnitřek je posmaltován. Celá nádoba je izolována polyuretanovou pěnou o tloušťce 42 mm, která zaručuje malé tepelné ztráty. Uvnitř je elektrické keramické topné těleso, které je nastaveno na 45 °C. To se zapíná v 17 hodin, jestliže není voda dostatečně ohřátá od sluneční energie. Okolo topného tělesa je spirálový výměník tepla, na který je napojen solární okruh s teplonosnou kapalinou, přičemž teplonosná plocha výměníku je 0,68 m². Uvnitř nádoby je také hořčíková anoda, která chrání nádobu proti korozi. Celkové uspořádání bojleru je na obrázku 15.



Obrázek č. 15: Technické uspořádání OKC 200.

3.1.4 Samotížný okruh kamen s výměníkem

Systém v rodinném domku je také vybaven samotížným okruhem, který vede přes kachlová kamna na dřevo s litinovou vložkou a teplovodním výměníkem. Tento okruh byl zřízen hlavně proto, aby v zimních měsících ohříval vodu v bojleru místo slunečního systému. Chladná voda z bojleru protéká potrubím vedeným v podlaze, naopak ohřátá voda po průchodu výměníkem proudí zpět do bojleru potrubím vedeným ve stropní části stavby. Kachlová kamna mají celkový jmenovitý výkon 8,5 kW, přičemž 4,2 kW připadá na vodu (výměník) a 4,3 kW na vzduch. Celková teplosměnná plocha výměníku je 0,25 m² a jeho objem je 1,7 litru.

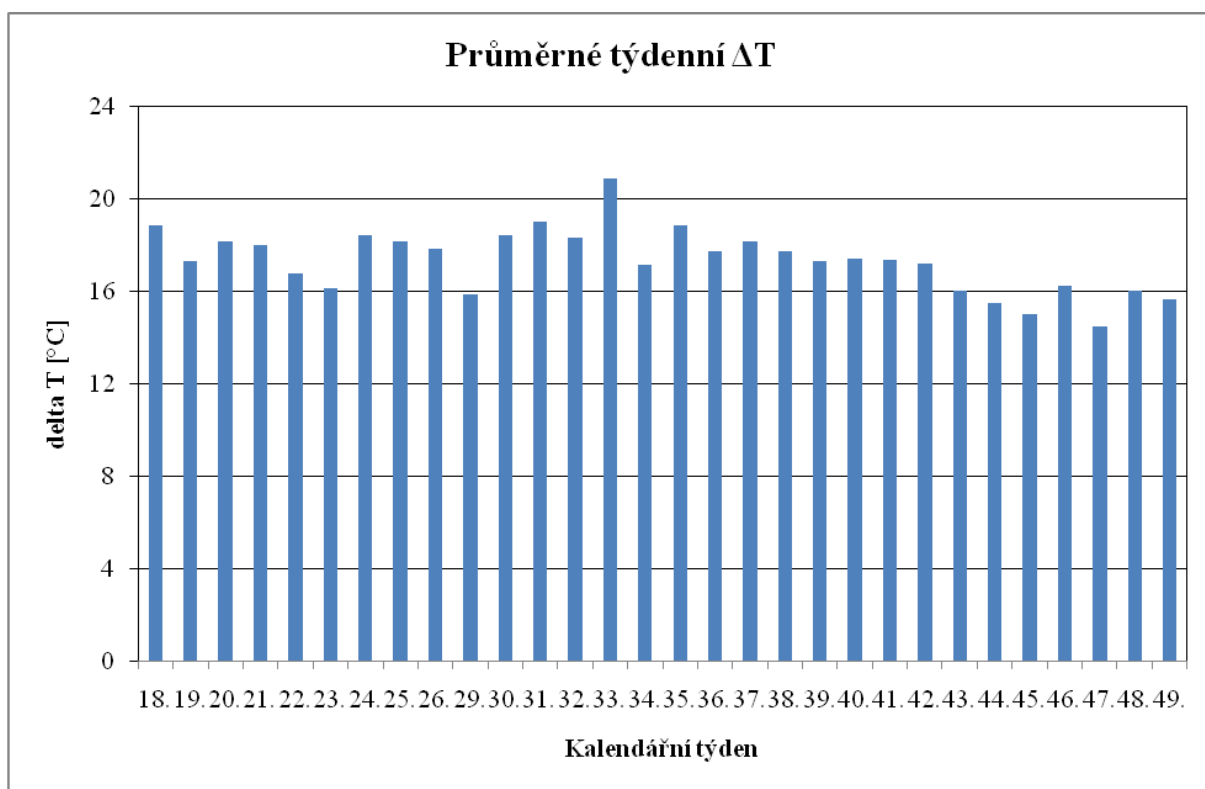
Okruh kamen a solární okruh nemohou pracovat současně, jelikož je bojler jednookruhový. Jakmile se spustí čerpadlo solárního systému, zaklapne se zpětná klapka u okruhu kamen a hrozilo by zničení výměníku v kamnech. V teplých měsících tato možnost není, protože se v kamnech netopí, tudíž je okruh kamen odpojen. Zato v zimních měsících, kdy majitel kamny vytápí prostory domku, tato možnost nastat může. Proto musí dávat pozor, aby v kamnech nezatopil dříve, než sluneční systém vypne.

3.2 Energetická bilance solárního systému

V této kapitole je energeticky zhodnocen provoz solárního systému od května 2012 do prosince 2012. Bude zde počítáno s hodnotami, které jsou získány z regulátoru STDC a z měření majitele systému.

Provoz solárního systému dle průměrných týdenních ΔT

Z regulátoru STDC jsou k dispozici denní průměrné hodnoty ΔT v systému. Pro snazší výpočet celkové energie ušetřené solárním systémem jsou vypočteny průměrné týdenní hodnoty ΔT , které jsou vyneseny v grafu číslo 1. Na svislé ose jsou vyneseny průměrné týdenní teploty ΔT a na vodorovné ose jsou vyneseny jednotlivé týdny.



Graf č. 1: Graf průměrných týdenních ΔT v solárním systému.

Přesné hodnoty vynesené v grafu jsou v příloze E.

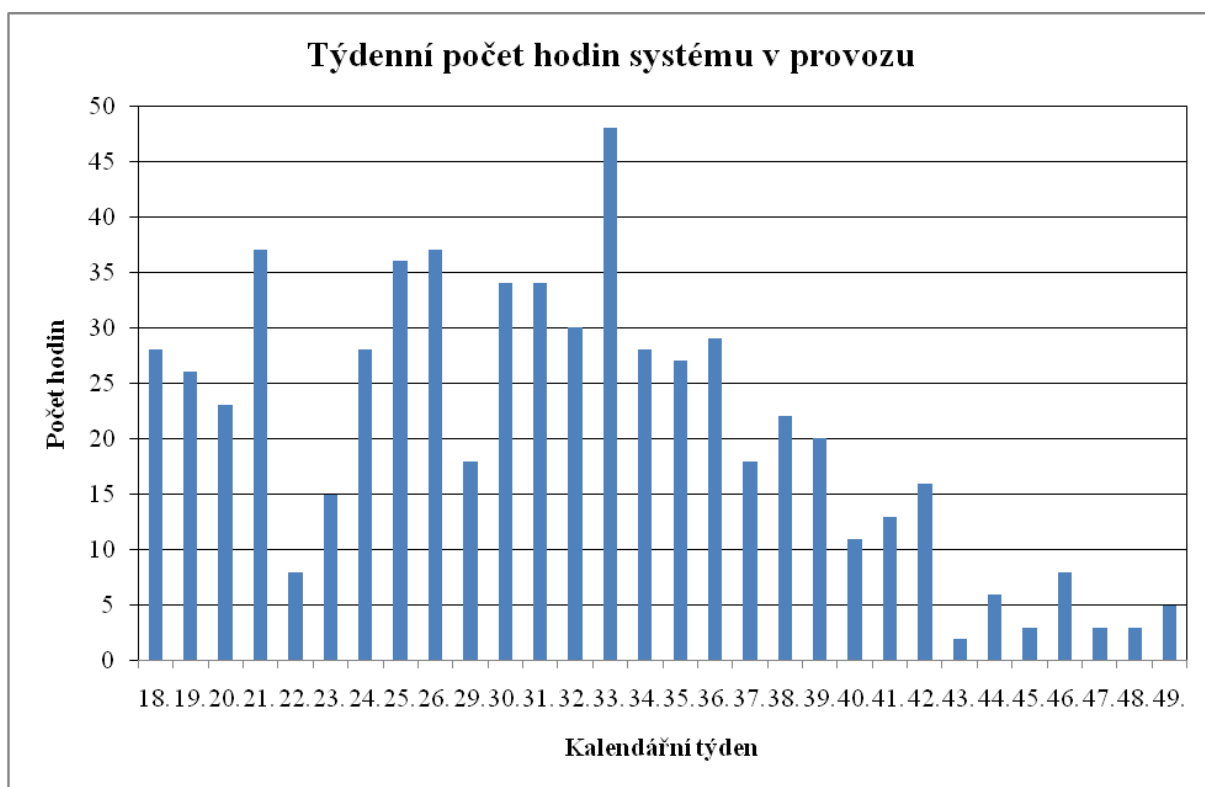
Z grafu je vidět, že teplotní rozdíl teplonosné látky před a po průchodu výměníkem

se v průběhu celého měřeného období pohybuje v rozmezí od 15 °C do 19 °C.

Největší rozdíl teplot byl v 33. týdnu, a to 20,9 °C. Jde o období od 13. do 19. srpna. V dalších týdnech lze pozorovat pozvolný pokles teplot, který lze s příchodem chladnějších měsíců předpokládat.

Solární systém dle hodin v provozu

Solární systém byl v období od 1. května do 9. prosince v provozu celkem 616 hodin. Lze předpokládat, že nejvíce hodin byl systém v provozu v jarních a letních měsících, naopak nejméně v podzimních a zimních měsících. V grafu 2, na jehož svislé ose jsou vyneseny počty hodin systému v provozu, a na vodorovné ose jsou vyneseny příslušné týdny, je možné pozorovat, jak systém pracuje v průběhu měnících se ročních obdobích.



Graf č. 2: Počet hodin systému v provozu.

Přesné hodnoty vynesené v grafu jsou v příloze F.

Z grafu lze podle očekávání vypočítat, že nejvíce hodin systém pracoval opět v 33. týdnu, a to 48 hodin. Naopak nejméně hodin, a to 2, systém pracoval ve 43. týdnu, což je období od 22. do 28. října. Z celkového pohledu je znát, že v jarních a letních měsících systém pracoval o poznání více než ve zbylém měřeném období.

Teplo a měrná tepelná kapacita

Teplo je vnitřní energie tělesa, kterou toto těleso odevzdá nebo přijme při tepelné výměně druhému tělesu. Tuto energii si mohou vyměňovat pouze tělesa s rozdílnou teplotou. Teplo se označuje písmenem Q a jeho jednotkou je Joule (J).

Podle kinetické teorie se při tepelné výměně předává energie neuspořádaného pohybu částic, z nichž se skládá jak systém teplo odevzdávající, tak systém teplo přijímající. Zejména u látek v kondenzovaném stavu je nutno uvažovat vedle kinetické energie částic i energii jejich vzájemných interakcí a vazeb. Tepelná výměna nemusí být vždy spojena se změnou teploty - hovoříme pak o latentním teple.

Pro výpočet tepla platí tento vzorec,

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad [\text{J}] \quad (3.1)$$

kde m - je hmotnost systému [kg]

c_p - je měrná tepelná kapacita systému [J/kg•K]

ΔT - je rozdíl teplot [°C]

přičemž $\Delta T = T_2 - T_1$, T_1 = počáteční teplota

T_2 = koncová teplota

Měrná tepelná kapacita je množství tepla potřebného k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň (1 kelvin nebo 1 stupeň Celsia), přičemž pro vodu je to:

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 4180 \quad [\text{J/kg}\cdot\text{K}] \quad (3.2)$$

Jelikož ve zkoumaném systému je použita jako teplonosná látka etylenglykol naředěný

destilovanou vodou, bude zde počítáno s měrnou tepelnou kapacitou o 25% menší než má voda, tudíž:

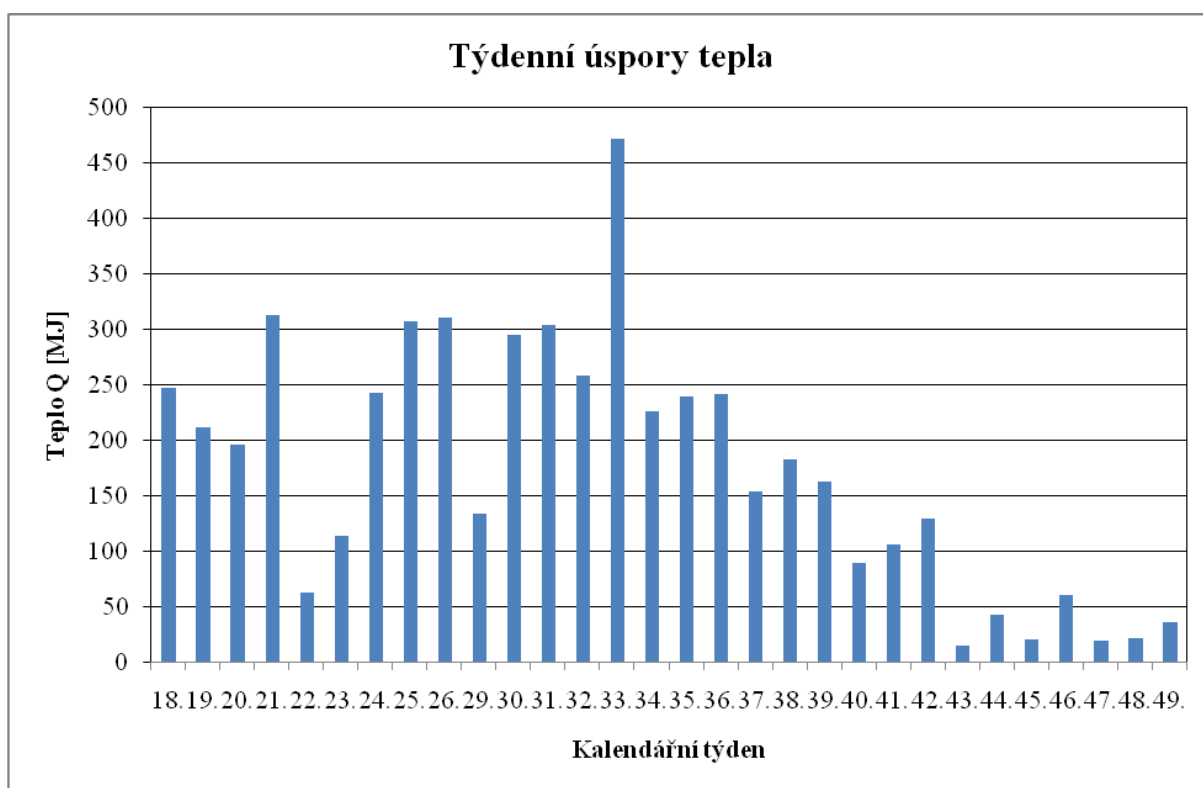
$$C_{\text{syst.}} = 3135 \text{ [J/kg}\cdot\text{K]} \quad (3.3)$$

Výpočet celkového tepla

Výpočet celkového tepla ušetřeného provozem solárního systému se vztahuje k období od 1. května do 9. prosince 2012. Celková hodnota tepla je součet 29 dílčích výpočtů, přičemž každý představuje jeden kalendářní týden.

Příklad výpočtu:

$$Q_{18} = m_{18} \times c \times \Delta T_{18} = 28 \times 60 \times 2,5 \times 3135 \times 18,8\bar{3} = 247,979 \text{ MJ} \quad (3.4)$$

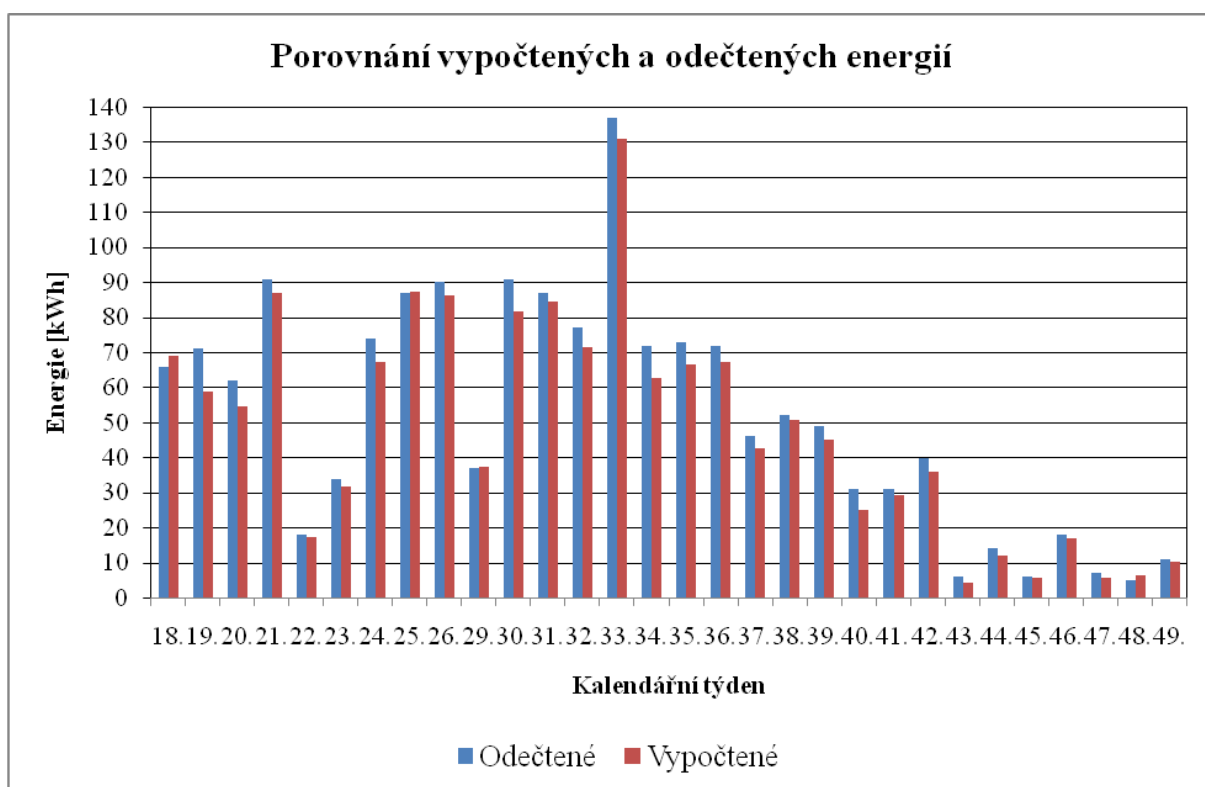


Graf č. 3: Úspory tepla v jednotlivých kalendářních týdnech.

Přesné hodnoty vynesené v grafu jsou v příloze G.

V grafu je možné pozorovat největší úsporu tepla opět v jednom ze srpnových týdnů. Tato úspora činí 470,787 MJ. V jarních a letních měsících je opět o poznání větší množství ušetřeného tepla než v podzimních měsících.

Celková úspora tepla za pozorované období činí 5218,848 MJ, což představuje 1449,680 kWh. Domek odebírá elektřinu od společnosti ČEZ, dle sazby D45d. Cena za 1 kWh při nízkém tarifu (20 hodin denně) je tedy 2,60 Kč. Z toho plyne, že majitel ušetřil za měřené období částku kolem 3 800 Kč.



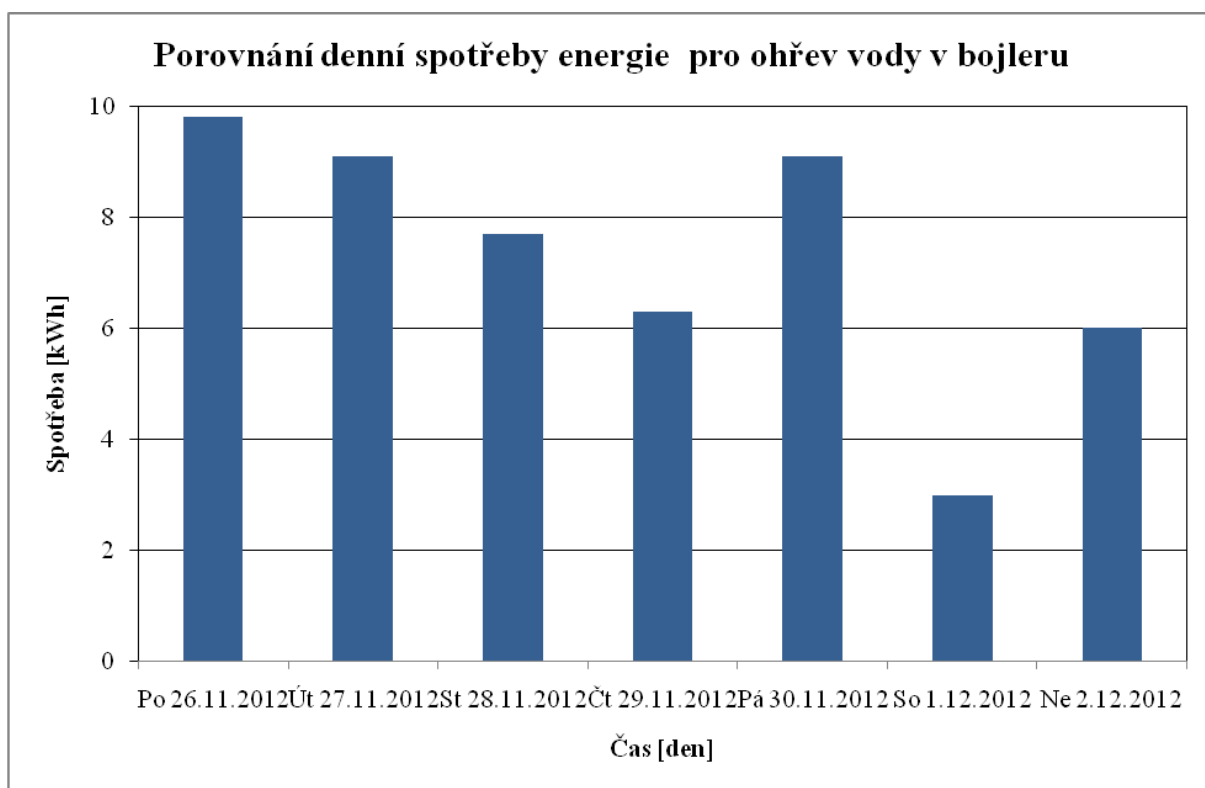
Graf č. 4: Porovnání vypočtených a odečtených energií.

Jednotlivé hodnoty vynesení v grafu jsou v příloze H.

V grafu 4 jsou vyneseny hodnoty, které jsou vypočítány podle výše uvedeného způsobu a hodnoty, které je možno odečíst z regulátoru STDC. Je zde vidět, že hodnoty odečtené z regulátoru jsou vždy o trochu vyšší než hodnoty vypočtené. Za celé měřené období se součet hodnot liší o přibližně 100 kWh. Tento rozdíl, by mohl být dán tím, že při výpočtu je počítáno s menší hodnotou tepelné kapacity, než se kterou počítá systém.

Porovnání spotřeby bojleru

V týdnu od 26. 11. 2012 byla měřena spotřeba elektrické energie vložky bojleru pomocí měřiče elektrické energie, který je zobrazen v příloze J. Vložka každý den v 17 hodin dohřívá vodu v bojleru na požadovanou teplotu 45 °C. V tomto týdnu nebylo topeno v kamnech, a přes den byla tedy voda v bojleru ohřívána pouze pomocí solárního systému. Ten v tomto týdnu pracoval jen jeden den, v sobotu 1. 12. 2012, a to 3 hodiny. Z grafu 5 je vidět, že ostatní dny v týdnu byla spotřeba bojleru okolo 8 kWh. V den, kdy solární systém pracoval, byla ale spotřeba bojleru jen 3 kWh.



Graf č. 5: Porovnání denní spotřeby energie elektrickou vložkou bojleru.

Vynesené hodnoty jsou v příloze K.

Denní spotřeba bojleru ve dnech, kdy topila jen elektrická vložka bojleru, se zdá být větší, než by se dalo předpokládat. Po konzultaci s majitelem domku, ale vyplývá, že denně spotřebují téměř všechnu teplou vodu, tudíž bojler každý den ohřívá cca 200 litrů vody. Když k tomuto faktu přidáme ještě přesnost měření měřiče elektrické spotřeby, pak je již spotřeba 8 kWh denně přijatelná.

4 Zlepšení a optimalizace provozu

Tato část diplomové práce se bude zabývat možnostmi optimalizace a zlepšení provozu výše uvedeného praktického solárního systému. Zlepšení a optimalizace provozu, jak z energetického, tak z ekonomického pohledu, lze provést několika způsoby, které jsou popsány níže.

4.1 Plocha kolektorů

Při realizaci a výstavbě slunečních systémů se musí dbát na mnoho důležitých věcí, které se odvíjejí od požadavků na stavěný systém. Jednou z nich je i výpočet plochy kolektorů, která je potřebná k ohřátí požadovaného množství vody. Při výpočtu se musí brát na vědomí například i orientace a sklon kolektorů.

Při výpočtu plochy kolektorů analyzovaného solárního systému bylo počítáno s denní spotřebou vody 200 litrů, ohřevem z 10 °C na 45 °C, orientací kolektorů na jihozápad a sklonem 45°. Níže je uveden výpočet jednoho z měsíců.

Výpočet měsíce května.

$$Q_{spor} = m \times c_p \times \Delta T = 200 \times 4180 \times 35 = 29,260MJ = 8,128kWh \quad (4.1)$$

$$Q_{Sdenteor} = 9,42kWh/m^2 \text{ - tabulková hodnota} \quad (4.2)$$

$$\bar{\tau} = 0,51 \text{ - tabulková hodnota} \quad (4.3)$$

$$Q_{Sdenskut} = Q_{Sdenteor} \times \bar{\tau} = 9,42 \times 0,51 = 4,80kWh/m^2 \quad (4.4)$$

$$t_v = 16,6^\circ C \text{ - tabulková hodnota} \quad (4.5)$$

$$I_{stř} = 515W/m^2 \text{ - tabulková hodnota} \quad (4.6)$$

$$\eta = 0,85 - 6 \frac{50 - t_v}{I_{stř}} = 0,85 - 6 \frac{50 - 16,6}{515} = 0,46 \quad (4.7)$$

$$Q_A = Q_{Sdenskut} \times \eta = 4,80 \times 0,46 = 2,21 \text{ kWh/m}^2 \quad (4.8)$$

$$S = \frac{Q_{spotř}}{Q_A} = \frac{8,128}{2,21} = 3,67 \text{ m}^2 \quad (4.9)$$

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
$Q_{sdenteor}$	[kWh/m ²]	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64	9,42	8,06	6,70	4,96	3,40	2,70
τ	[-]	0,21	0,32	0,42	0,45	0,51	0,54	0,55	0,55	0,53	0,37	0,21	0,14
$Q_{sdenskut}$	[kWh/m ²]	0,71	1,59	2,81	3,63	4,80	5,21	5,18	4,43	3,55	1,84	0,71	0,38
t_v	[°C]	2,20	3,40	6,50	12,10	16,60	20,60	22,50	22,60	19,40	13,80	7,30	3,50
$I_{stř}$	[W/m ²]	351,00	446,00	517,00	527,00	515,00	523,00	515,00	527,00	517,00	446,00	351,00	311,00
η	[-]	0,03	0,22	0,35	0,42	0,46	0,51	0,53	0,54	0,49	0,36	0,12	0,00
Q_A	[kWh/m ²]	0,02	0,35	0,97	1,52	2,21	2,67	2,74	2,39	1,76	0,67	0,09	0,00
S	[m ²]	345,95	22,95	8,37	5,35	3,67	3,05	2,96	3,41	4,63	12,20	94,80	-

Tabulka 1: Výpočet plochy kolektorů.

V tabulce 1 jsou vypočteny jednotlivé plochy potřebné k ohřátí 200 litrů vody tak, aby splnily požadavky systému na ohřev TUV v domku. Z těchto údajů je patrné, že systém, který má plochu kolektorů 3,7 m², je schopný splnit ohřátí požadovaného množství vody jen ve čtyřech měsících (květen, červen, červenec a srpen).

První navrhovaná úprava pro zlepšení solárního systému je tedy zvětšení plochy kolektorů. To by znamenalo přidat do systému dva nebo tři kolektory, které by zvýšily aktivní plochu systému na 7,4 m² respektive na 9,25 m². To by představovalo rozšíření optimálního provozu systému od března do září, přičemž i v říjnu by systém byl schopen pracovat na zhruba 75 %. Z energetického hlediska by tento krok jistě znamenal úsporu. Systém by byl schopen vyprodukovat větší množství teplé vody o větší teplotě, a tím pádem by ve večerních hodinách odpadla spotřeba energie na dohřev vody elektrickou vložkou v bojleru. Z ekonomického hlediska by úprava systému představovala investici ve výši okolo 25 000 Kč respektive 35 000 Kč, při pořízení tří kolektorů. Cena je určena z ceníku firmy, která prováděla instalaci systému. S vědomím, že solární systém v měřeném období od května

do prosince ušetřil přibližně 3 800 Kč, přičemž počítáme s tím, že pořízením tří kolektorů by ušetřená částka narostla, dojdeme k závěru, že návratnost investice je okolo 7 až 9 let.

4.2 Optimalizace potřebného množství TUV

Dalším možným způsobem, jak optimalizovat provoz, je zamyslet se nad množstvím denní spotřeby TUV. Zmenšením požadovaného množství TUV se dá sluneční systém velice dobře zefektivnit. Je však na uvážení provozovatele systému, jestli je tento krok možný. Pro představu je zde uvedeno několik možných variant, které by vedly k optimalizaci systému, kdyby denní spotřeba teplé užitkové vody klesla.

$$Q_{\text{spoř}} = m \times c_p \times \Delta T = 200 \times 4180 \times 35 = 29,260 \text{ MJ} = 8,128 \text{ kWh} \quad (4.10)$$

Denní spotřeba 180 litrů

První z možných variant je, že by denní požadovaná spotřeba teplé užitkové vody klesla na 180 litrů. Tím by se snížilo potřebné množství tepla na ohřátí vody v bojleru, avšak je na zvážení, jestli by tento krok vedl k optimalizaci systému.

$$Q_{\text{spoř}} = m \times c_p \times \Delta T = 180 \times 4180 \times 35 = 26,334 \text{ MJ} = 7,315 \text{ kWh} \quad (4.11)$$

Denní spotřeba 160 litrů

Další z možností je snížit spotřebu TUV na 160 litrů. Opět by se snížilo potřebné množství energie potřebné k vyprodukování takového množství teplé užitkové vody solárním systémem. Tento krok by znamenal pokles spotřebované energie přibližně o 1,6 kWh, což již je relativně velké množství.

$$Q_{\text{spoř}} = m \times c_p \times \Delta T = 160 \times 4180 \times 35 = 23,408 \text{ MJ} = 6,502 \text{ kWh} \quad (4.12)$$

Denní spotřeba 125 litrů

Třetí variantou je snížit spotřebu TUV o 75 litrů, tedy na 125 litrů. To by jistě znamenalo velice citelný zásah do spotřeby teplé užitkové vody v domku, ale na druhou stranu také

velice dobrý nástroj, jak optimalizovat provoz solárního systému.

$$Q_{\text{spotř}} = m \times c_p \times \Delta T = 125 \times 4180 \times 35 = 18,288 \text{ MJ} = 5,079 \text{ kWh} \quad (4.13)$$

V tabulce 2 jsou uvedeny změny, které by nastaly při realizaci výše uvedených možností, jež by vedly k zlepšení provozu slunečního systému.

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
S ₁₈₀	[m ²]	311,34	20,66	7,53	4,82	3,30	2,74	2,67	3,07	4,16	10,98	85,32	-
S ₁₆₀	[m ²]	276,75	18,36	6,69	4,28	2,94	2,44	2,37	2,73	3,70	9,76	75,84	-
S ₁₂₅	[m ²]	216,21	14,35	5,23	3,35	2,29	1,90	1,85	2,13	2,89	7,63	59,25	-

Tabulka 2: Optimalizace plochy kolektorů při snížení potřebného množství TUV.

Jak je vidět z výpočtů výše a z tabulky, tak první varianta, jež představuje snížení spotřeby TUV o 20 litrů, by vedla jen k velmi zanedbatelné optimalizaci slunečního systému. Z hlediska úspory elektrické energie představuje tato úprava spotřeby teplé vody zhruba 0,8 kWh ušetřené energie při ohřevu 180 litrů vody. Druhá varianta již představuje větší energetické zlepšení než předchozí varianta, a to přibližnou úsporu 1,6 kWh při ohřevu 160 litrů vody. Třetí varianta, snížení spotřeby TUV na 125 litrů, představuje oproti původní 200 litrové spotřebě teplé užitkové vody výrazný zásah do spotřeby teplé vody. Úspora energie by představovala 3 kWh na ohřátí takového množství vody. Při tomto snížení spotřeby teplé vody, by měl být systém schopen plného ohřevu potřebné teplé vody od dubna do září. Proto by v těchto měsících odpadl ohřev teplé užitkové vody elektrickou energií úplně, což by vedlo k další úspoře energie během těchto teplých měsíců.

Z ekonomického hlediska tato varianta vychází téměř jako beznákladová. Cena tří uvažovaných bojlerů se dle ceníku DZ Dražice pohybuje od 8 325 Kč do 9 825 Kč. Přičemž prodejem stávajícího 200 litrového bojleru by se investice do menšího bojleru vrátila.

4.3 Připojení fotovoltaické soustavy

Dalším možným způsobem, jak zvýšit energetickou bilanci celého systému, je pořízení fotovoltaické soustavy. Ta by napájela elektrickou topnou vložku instalovanou uvnitř zásobníku teplé užitkové vody, a tudíž by klesla spotřeba síťové energie.

Fotovoltaická soustava by se dala také použít jako zdroj energie pro oběhové čerpadlo. Systém by ale potřeboval střídač, který by transformoval stejnosměrné napětí na střídavé. Muselo by se však vyřešit, co s přebytkem vyrobené energie, která by vznikala v době, kdy čerpadlo nepracuje. Ta by se mohla použít právě na výše zmíněný ohřev vody v zásobníku pomocí elektrické vložky umístěné v bojleru. Druhý způsob, jak využít přebytečnou energii, by mohl být prodej do rozvodné sítě. Je však na zvážení, jestli by se takováto investice s ohledem na cenu fotovoltaických panelů a střídačů vyplatila.

4.4 Shrnutí

Všechny navrhované varianty nabízejí možnost, jak zlepšit a optimalizovat provozovaný solární systém. Minimalizace potřebného množství teplé vody se zdá být dobrým nástrojem. K tomu přispívá i to, že v domku je využívána od srpna 2012 myčka na nádobí, tudíž odpadá spotřeba teplé vody na mytí nádobí, která byla do té doby potřeba. Proto by se dalo předpokládat, že snížení potřebné teplé vody je možné omezit. Po rozhovoru s majitelem domku o dosavadní spotřebě teplé vody, ale tato možnost moc reálná není, jelikož domek obývá mladá rodina mající dvě malé děti. Jejich spotřeba teplé vody je proto velká. V chladnějších měsících, kdy ještě není topeno v kamnech s výměníkem, dochází dokonce zhruba jednou za měsíc k vypotřebování veškeré teplé vody. To znamená, že následující den, když není teplé počasí a solární systém nepracuje, není v zásobníku žádná teplá voda. Až v 17 hodin, kdy sepne elektrická vložka v bojleru je teplá voda opět k dispozici. Proto se zdá být lepším řešením přidání dvou, lépe tří kolektorů do systému. Tím by vzrostla plocha kolektorů na 9,25 m². Množství vyprodukovaného tepla z takové plochy kolektorů, by mělo ohřát podle výše vypočítaných údajů spotřebu teplé vody v domku od března do září, přičemž v říjnu by ještě produkce teplé vody kolektory byla z pohledu potřebného množství na přijatelné úrovni. Zbývajících pět měsíců by vodu ohřívala elektrická vložka v bojleru společně s kamny. Třetí možností je využití fotovoltaických panelů. V současné době, kdy fotovoltaické panely mají největší účinnost v zimních měsících, a naopak termické kolektory v letních měsících, se zdá být varianta současného provozu fotovoltaických panelů a termických kolektorů jako dobré řešení. K provozu fotovoltaických systémů také přispívá to, že jejich velkou výhodou je jednodušší přenos a širší použitelnost vyrobené energie. Další výhodou je též absence teplotně vodivé látky.

Závěr

Začátek diplomové práce se zabývá slunečním zářením a jeho možným využitím v aktivních solárních systémech. Dále teoretická část pokračuje představením různých druhů tepelných systémů, které se používají k využívání slunečního záření, jako je například bivalentní systém s elektrickým ohřívákem nebo bivalentní systém s kotlem. Následuje část, která se zabývá plochými deskovými, plochými vakuovými a vakuovými trubcovými kolektory.

Druhá část práce obsahuje podrobný popis systému provozovaného v rodinném domku v Chotěboři. Dále pak podrobný popis použitých slunečních kolektorů, jednotrubkové čerpadlové skupiny, solárního zásobníku a samotížného okruhu kamen s výměníkem. Následuje energetická analýza provozu solárního systému v měřeném období roku 2012. Systém v tomto období pracoval 616 hodin, přičemž průměrná ΔT se pohybovala okolo 17 °C. Celková úspora tepla v měřeném období je tedy 5218,848 MJ, což je 1449,680 kWh. Pokud víme, že cena 1 kWh je 2,60 Kč, dostaneme, že majitel ušetřil za měřené období částku kolem 3 800 Kč. Při vědomí, že realizace systému byla dotována z programu Zelená úsporám a majitel musel přispět částkou 7 200 Kč, dojdeme k závěru, že systém se začal vyplácet již po necelých dvou letech provozu.

Třetí část této diplomové práce se zabývá možným zlepšením a optimalizací stávajícího solárního systému. Jsou zde navrženy tři způsoby, které by k tomu měly vést. První navrhuje vylepšení systému připojením dalších dvou nebo tří kolektorů do provozovaného zařízení, což by znamenalo rozšíření provozuschopnosti a plného pokrytí potřebné teplé vody v domácnosti v období od března do září. Návratnost této investice by byla zhruba 9 let. Druhá možnost vylepšení solárního systému je snížit denní spotřebu teplé vody. Tato varianta se po konzultaci s majitelem domku nejeví jako příliš reálná. V domku bydlí mladá rodina mající dvě malé děti a jejich spotřeba teplé vody hraničí se stávajícím množstvím teplé vody. Poslední návrh je připojit k solárnímu systému fotovoltaické panely, které by napájely čerpadlo a zároveň by přebytečnou elektřinou ohřívaly vodu v bojleru. Všechny tři navrhované varianty by představovaly vylepšení a optimalizaci stávajícího solárního systému a zároveň by vedly k větší energetické úspoře.

Seznam obrázků

<i>OBRÁZEK Č. 1: PŘEMĚNY ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ DOPADAJÍCÍHO NA ZEMI.</i>	<i>11</i>
<i>OBRÁZEK Č. 2: INTENZITA CELKOVÉHO SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA VODOROVNOU PLOCHU.</i>	<i>12</i>
<i>OBRÁZEK Č. 3: OHŘEV TUV S ELEKTRICKOU TOPNOU VLOŽKOU V ZÁSOBNÍKU.</i>	<i>15</i>
<i>OBRÁZEK Č. 4: OHŘEV UŽITKOVÉ VODY SE ZÁSOBNÍKEM TEPLA A SE SAMOSTATNÝM ZÁSOBNÍKEM TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY.</i>	<i>16</i>
<i>OBRÁZEK Č. 5: ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV TUV S KOTLEM JAKO PŘÍDAVNÝM ZDROJEM TEPLA A S ELEKTRICKOU TOPNOU VLOŽKOU.</i>	<i>17</i>
<i>OBRÁZEK Č. 6: OHŘEV VODY V BAZÉNU S OTEVŘENÝM KOLEKTOROVÝM OKRUHEM.</i>	<i>17</i>
<i>OBRÁZEK Č. 7: OHŘEV VODY V BAZÉNU S UZAVŘENÝM KOLEKTOROVÝM OKRUHEM.</i>	<i>18</i>
<i>OBRÁZEK Č. 8: OHŘEV TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY A OHŘEV VODY V BAZÉNU.</i>	<i>18</i>
<i>OBRÁZEK 9: PLOCHÝ DESKOVÝ KOLEKTOR.</i>	<i>19</i>
<i>OBRÁZEK Č. 10: PLOCHÝ VAKUOVÝ KOLEKTOR.</i>	<i>20</i>
<i>OBRÁZEK Č. 11: TRUBICOVÝ VAKUOVÝ KOLEKTOR TYPU TEPELNÁ TRUBICE.</i>	<i>21</i>
<i>OBRÁZEK Č. 12: TRUBICOVÝ VAKUOVÝ KOLEKTOR TYPU U – TRUBICE.</i>	<i>21</i>
<i>OBRÁZEK Č. 13: SOLÁRNÍ KOLEKTORY NA RODINNÉM DOMKU V CHOTĚBOŘI.</i>	<i>22</i>
<i>OBRÁZEK Č. 14: JEDNOTRUBKOVÁ ČERPADLOVÁ SKUPINA SOLAR 10.</i>	<i>24</i>
<i>OBRÁZEK Č. 15: TECHNICKÉ USPOŘÁDÁNÍ OKC 200.</i>	<i>26</i>

Seznam grafů

<i>GRAF Č. 1: GRAF PRŮMĚRNÝCH TÝDENNÍCH ΔT V SOLÁRNÍM SYSTÉMU.</i>	27
<i>GRAF Č. 2: POČET HODIN SYSTÉMU V PROVOZU.</i>	28
<i>GRAF Č. 3: ÚSPORY TEPLA V JEDNOTLIVÝCH KALENDÁRNÍCH TÝDNECH.</i>	30
<i>GRAF Č. 4: POROVNÁNÍ VYPOČTENÝCH A ODEČTENÝCH ENERGIÍ.</i>	31
<i>GRAF Č. 5: POROVNÁNÍ DENNÍ SPOTŘEBY ENERGIE ELEKTRICKOU VLOŽKOU BOJLERU.</i>	32

Seznam tabulek

<i>TABULKA 1: VÝPOČET PLOCHY KOLEKTORŮ.....</i>	<i>34</i>
<i>TABULKA 2: OPTIMALIZACE PLOCHY KOLEKTORŮ PŘI SNÍŽENÍ POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ TUV.</i>	<i>36</i>

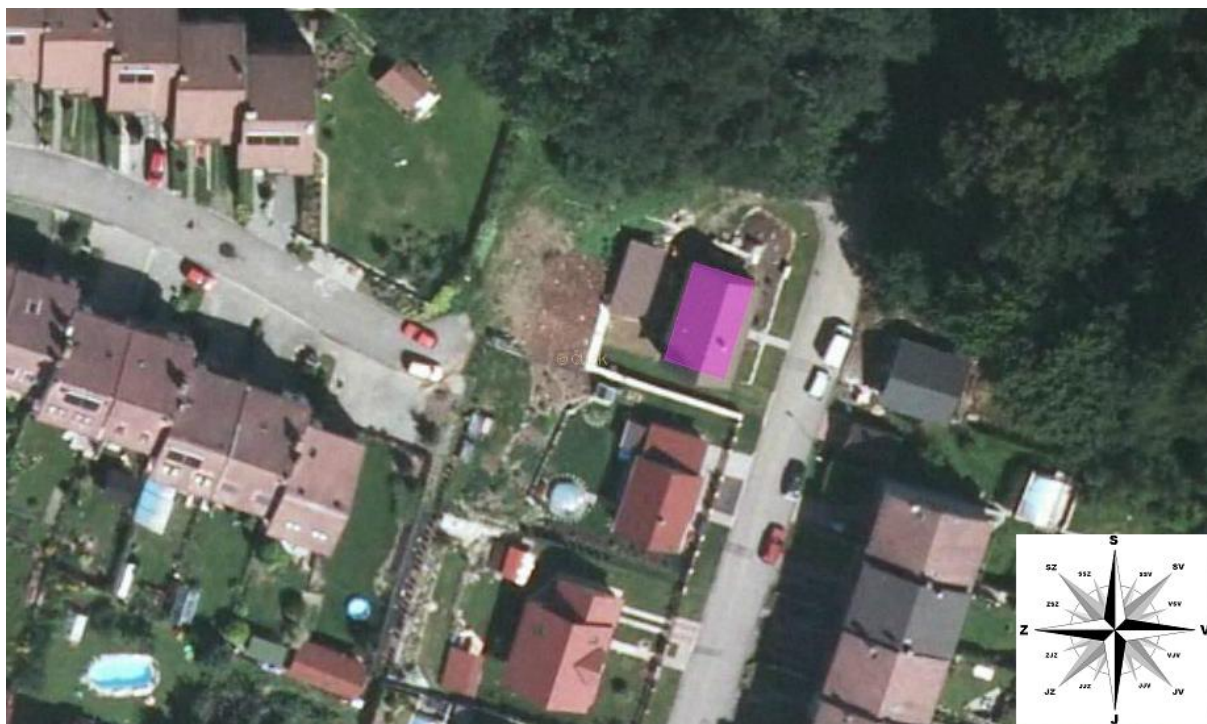
Seznam zdrojů

- CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. 1. vyd. Praha: Tomáš Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- CIHELKA, Jaromír. Sluneční vytápěcí systémy. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 206 s.
- MATUŠKA, Tomáš. Solární kolektory (přednáška). ČVUT v Praze
- Zobrazení v mapě. Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. 2013 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=81F2A805&MarQParam0=552805601&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- Ke stažení. Regulus [online]. c2010-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/ke-stazeni>
- Solární termika. SVP Solar [online]. 2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.solar-eshop.cz/c/solarni-termika/>
- OKC 160 - 200. In: Družstevní závody Dražice - strojírna [online]. c2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: http://www.dzd.cz/images/download/TL_OKC_160-200.pdf
- Kachlová kamna. ABX [online]. 2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.abx.cz/cs/kachlova-kamna-na-drevo-s-litinovou-vlozkou-a-teplovodnim-vymenikem/marina-l-kachlovy-sokl/tv-vymenik-4-2kw/zelena#top>
- Ceny elektřiny. Ceny energie [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/elektrina/ceny-elektriny-2013-o-kolik-zdrazujidominantni-dodavatele.aspx>
- Teplo. Wikipedie [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Teplo>
- Měrná tepelná kapacita. Wikipedie [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Brn%C3%A1_tepeln%C3%A1_kapacita

Seznam příloh

PŘÍLOHA A: SITUACE STAVBY.	44
PŘÍLOHA B: TECHNICKÝ LIST KOLEKTORU KP C1 BP.....	45
PŘÍLOHA C: JEDNOTLIVÉ SOUČÁSTI JEDNOTRUBKOVÉ ČERPADLOVÉ SKUPINY SOLAR 10.....	46
PŘÍLOHA D: TECHNICKÝ LIST ZÁSOBNÍKU OKC 200.....	47
PŘÍLOHA E: PRŮMĚRNÉ TÝDENNÍ ROZDÍLY TEPLOT.....	48
PŘÍLOHA F: POČET HODIN SYSTÉMU V PROVOZU.	49
PŘÍLOHA G: TÝDENNÍ ÚSPORY TEPLA.....	50
PŘÍLOHA H: SROVNÁNÍ VYPOČTENÝCH A ODEČTENÝCH ENERGIÍ.....	51
PŘÍLOHA I: TABULKA CEN ELEKTRINY OD ČEZ PRO ROK 2012.....	52
PŘÍLOHA J: MĚŘIČ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE.	53
PŘÍLOHA K: POROVNÁNÍ DENNÍ SPOTŘEBY ENERGIE ELEKTRICKOU VLOŽKOU BOJLERU.	54
PŘÍLOHA L: NAMĚŘENÉ HODNOTY V KVĚTNU 2012.....	55
PŘÍLOHA M: NAMĚŘENÉ HODNOTY V ČERVNU 2012.....	56
PŘÍLOHA N: NAMĚŘENÉ HODNOTY V ČERVENCÍ 2012.....	57
PŘÍLOHA O: NAMĚŘENÉ HODNOTY V SRPNU 2012.	58
PŘÍLOHA P: NAMĚŘENÉ HODNOTY V ZÁŘÍ 2012.....	59
PŘÍLOHA Q: NAMĚŘENÉ HODNOTY V ŘÍJNU 2012.	60
PŘÍLOHA R: NAMĚŘENÉ HODNOTY V LISTOPADU 2012.	61
PŘÍLOHA S: NAMĚŘENÉ HODNOTY V PROSINCI 2012.....	62

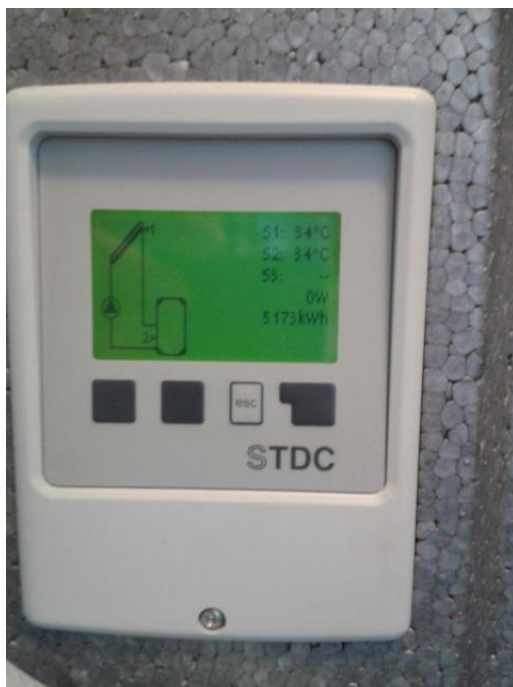
Příloha A: Situace stavby.



Příloha B: Technický list kolektoru KP C1 BP

Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	2000 x 1000 x 96 mm
stavební šířka	1055 mm
celková plocha	2,00 m ²
plocha apertury	1,87 m ²
plocha absorberu	1,74 m ²
hmotnost bez kapaliny	37 kg
Zasklení	
materiál	kalené nízkoželezité prizmatické sklo
tloušťka	4 mm
propustnost	91%
Absorbér	
materiál	poniklovaná měď, tl. 0,19mm
povrchová úprava	černý chrom
konstrukční typ	lyrový, ultrazvukově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	4 x Ø 22 mm x 0,8 mm
materiál trubek absorberu	měď
rozměr trubek absorberu	8 x Ø 10 mm x 0,6 mm
pohltivost slunečního záření	94 %
emisivita	8 %
maximální pracovní tlak	6 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	138,9°C
teplonosná kapalina	vodní roztok monopropylenglykolu 1:1, 2l
doporučený průtok	60 – 120 l/h
Tepelná izolace	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	40 mm
Rám	
materiál rámu	hliníková slitina
barva rámu	bronzová
zadní plech	hliníková slitina, tl. 0,5 mm
Okamžitá účinnost na plochu apertury / absorberu	
η_{0a}	0,778 / 0,835
a_{1a}	4,207 / 4,518 W/m ² K
a_{2a}	0,024 / 0,026 W/m ² K

Příloha C: Jednotlivé součásti jednotrubkové čerpadlové skupiny Solar 10.



Regulátor



Oběhové čerpadlo



Kulový ventil s bezpečnostní skupinou



Průtokoměr

Příloha D: Technický list zásobníku OKC 200.

Typ / Type / Тип / Модель		OKC 160	OKC 180	OKC 200
Objem / Capacity / Volumen / Объем	l	147	175	195
Max. hmotnost ohřivače bez vody / Max weight of the heater without heater / Max. Gewicht des Wassererwärmers ohne Wasser/ Масса водонагревателя без воды	kg	66	72	78
Max. provozní tlak / Max operating overpressure in the tank / Max. Betriebsüberdruck im Behälter / Избыточное давление	MPa	0,6		
Max. provozní přetlak ve výměníku / Maximum operating overpressure in the exchanger / Max. Betriebsüberdruck im Wärmetauscher / Макс. рабочее избыт. давление *	MPa	1		
Elektrické připojení / Electric connection / Elektroanschluss / Электрическое соединение	V	1 PE-N-230 V/50 Hz		
Příkon / Power input / Leistungsaufnahme / Потреб. Мощность	W	2000		
El. kruti / El. protection / El. Deckung / Коэффициент электр. безопасности		IP 45		
Max. teplota TUV / Max temperature of HSW / Max. WBW-Temperatur / Максимум Температура горячей воды	°C	80		
Doporučená teplota TUV / Recommended HSW temperature / Empfohlene WBW-Temperatur / Рекомендуемая температура для горячей воды	°C	60		
Doba ohřevu z 10°C na 60°C elektrickou energií/ Time of el. heating from 10°C to 60°C/ Erwärmungsdauer von 10°C auf 60°C/ Время нагрева эл. эн. от 10 до 60 °C	hod./hour/stunde/ час	5	5	5,5
Teplotní plocha výměníku / Exchanger heat surface / Wärmetauschende Fläche des Wärmespeichers / Поверхность теплообменника	m ²	0,68	0,68	0,68
Jmenovitý tepelný výkon při teplotě topné vody 80°C a průtoku 720 l/hod. / Rated thermal output at heating water temperature of 80°C and flow 720 l/h / Nominale Wärmeleistung bei Heizwassertemperatur von 80°C und Durchfluss von 720 l/h / Номинальная отоп. мощность при температуре отоп. воды 80 °C и расходу 720 л/час	W	17000	17000	17000
Doba ohřevu výměníkem 10°C na 60°C při průtoku 720 l/hod. / Time of heating by exchanger from 10°C to 60°C at flow of 720 l/hr / Erwärmungsdauer von 10 auf 60°C mit Wärmetauscher beim Durchfluss von 720l/h / Максим. время нагрева воды отоп. вкл. с 10 °C до 60 °C и расходу 720 л/час	min	35	40	45
Jmenovitý tepelný výkon při teplotě topné vody 80°C a průtoku 310 l/hod. / Rated thermal output at heating water temperature of 80°C and flow 310 l/h / Nominale Wärmeleistung bei Heizwassertemperatur von 80°C und Durchfluss von 310 l/h / Номинальная отоп. мощность при температуре отоп. воды 80 °C и расходу 310 л/час	W	9000	9000	9000
Doba ohřevu výměníkem 10°C na 60°C při průtoku 310 l/hod. / Time of heating by exchanger from 10°C to 60°C at flow of 310 l/hr / Erwärmungsdauer von 10 auf 60°C mit Wärmetauscher beim Durchfluss von 310 l/h / Максим. время нагрева воды отоп. вкл. с 10 °C до 60 °C и расходу 310 л/час	min	75	77	86

Příloha E: Průměrné týdenní rozdíly teplot.

Kalendářní týden	ΔT [°C]
18.	18,83
19.	17,29
20.	18,14
21.	18,00
22.	16,75
23.	16,14
24.	18,43
25.	18,14
26.	17,83
27.	-
28.	-
29.	15,86
30.	18,43
31.	19,00
32.	18,29
33.	20,86
34.	17,14
35.	18,86
36.	17,71
37.	18,14
38.	17,71
39.	17,29
40.	17,40
41.	17,33
42.	17,17
43.	16,00
44.	15,50
45.	15,00
46.	16,25
47.	14,50
48.	16,00
49.	15,67

Příloha F: Počet hodin systému v provozu.

Kalendářní týden	Hodin týdně
18.	28
19.	26
20.	23
21.	37
22.	8
23.	15
24.	28
25.	36
26.	37
27.	-
28.	-
29.	18
30.	34
31.	34
32.	30
33.	48
34.	28
35.	27
36.	29
37.	18
38.	22
39.	20
40.	11
41.	13
42.	16
43.	2
44.	6
45.	3
46.	8
47.	3
48.	3
49.	5
Celkem	616

Příloha G: Týdenní úspory tepla.

Kalendářní týden	Teplo [MJ]
18.	247,497
19.	211,344
20.	196,229
21.	313,187
22.	63,014
23.	113,868
24.	242,649
25.	307,140
26.	310,287
27.	-
28.	-
29.	134,223
30.	294,645
31.	303,782
32.	257,966
33.	470,787
34.	225,720
35.	239,461
36.	241,574
37.	153,570
38.	183,263
39.	162,572
40.	90,006
41.	105,963
42.	129,162
43.	15,048
44.	43,733
45.	21,161
46.	61,133
47.	20,456
48.	22,572
49.	36,836
Celkem	5218,848

Příloha H: Srovnání vypočtených a odečtených energií.

Kalendářní týden	Energie odečtené z regulátoru [kWh]	Energie vypočtená [kWh]
18.	66,00	68,88
19.	71,00	58,71
20.	62,00	54,51
21.	91,00	87,00
22.	18,00	17,50
23.	34,00	31,63
24.	74,00	67,40
25.	87,00	87,32
26.	90,00	86,19
27.	-	-
28.	-	-
29.	37,00	37,28
30.	91,00	81,85
31.	87,00	84,38
32.	77,00	71,66
33.	137,00	130,77
34.	72,00	62,70
35.	73,00	66,52
36.	72,00	67,10
37.	46,00	42,66
38.	52,00	50,91
39.	49,00	45,16
40.	31,00	25,00
41.	31,00	29,43
42.	40,00	35,88
43.	6,00	4,18
44.	14,00	12,15
45.	6,00	5,88
46.	18,00	16,98
47.	7,00	5,68
48.	5,00	6,27
49.	11,00	10,23

Příloha I: Tabulka cen elektřiny od ČEZ pro rok 2012.

PRODUKTY ROKU 2012	REGULOVANÉ PLATBY ZA DOPRAVU ELEKTŘINY													SILOVÁ ELEKTŘINA			CELKEM				
	DISTRIBUCE											OSTATNÍ SLUŽBY			OBCHOD			DOPRAVA + OBCHOD			
	odpově- dající distribuční sazba	měsíční plat za rezervovaný výkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem										cena za 1 MWh		cena za 1 MWh			pevná cena za měsíc	cena za 1 MWh *		cena za 1 MWh *	
		do 3×10 A do 1×25 A včetně	nad 3×10 A do 3×16 A včetně	nad 3×16 A do 3×20 A včetně	nad 3×20 A do 3×25 A včetně	nad 3×25 A do 3×32 A včetně	nad 3×32 A do 3×40 A včetně	nad 3×40 A do 3×50 A včetně	nad 3×50 A do 3×63 A včetně	nad 3×63 A za každý 1 A	nad 1×25 A za každý 1 A	VT	NT	systémové služby	podpora výkupu elektřiny	činnost zučtování OTE		VT	NT	VT	NT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Standard	D01d	6,00 (7,20)	10,00 (12,00)	12,00 (14,40)	15,00 (18,00)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	0,60 (0,72)	0,20 (0,24)	2 529,04 (3 034,85)	-	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	-	4 634,01 (5 594,77)	-
	D02d	30,00 (36,00)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	75,00 (90,00)	96,00 (115,20)	120,00 (144,00)	150,00 (180,00)	189,00 (226,80)	3,00 (3,60)	1,00 (1,20)	1 891,74 (2 270,09)	-	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	-	3 996,71 (4 830,01)	-
Akumulace 8	D25d	48,00 (57,60)	77,00 (92,40)	96,00 (115,20)	120,00 (144,00)	154,00 (184,80)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	302,00 (362,40)	4,80 (5,76)	1,60 (1,92)	1 972,84 (2 367,41)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 931,00 (2 351,16)	1 099,00 (1 352,76)	4 473,81 (5 402,53)	1 701,86 (2 076,19)
	D26d	93,00 (111,60)	149,00 (178,80)	186,00 (223,20)	233,00 (279,60)	298,00 (357,60)	372,00 (446,40)	465,00 (558,00)	586,00 (703,20)	9,30 (11,16)	3,10 (3,72)	658,44 (790,13)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 931,00 (2 351,16)	1 099,00 (1 352,76)	3 159,41 (3 825,25)	1 701,86 (2 076,19)
Akumulace 16	D35d	102,00 (122,40)	163,00 (195,60)	204,00 (244,80)	255,00 (306,00)	326,00 (391,20)	408,00 (489,60)	510,00 (612,00)	643,00 (771,60)	10,20 (12,24)	3,40 (4,08)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	2 014,00 (2 450,76)	1 389,00 (1 700,76)	2 828,91 (3 428,65)	1 991,86 (2 424,19)
Přímotop	D45d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 809,00 (2 204,76)	1 541,00 (1 883,16)	2 623,91 (3 182,65)	2 143,86 (2 606,59)
Tepelné čerpadlo	D55d	40,00 (48,00)	63,00 (75,60)	79,00 (94,80)	99,00 (118,80)	127,00 (152,40)	158,00 (189,60)	198,00 (237,60)	249,00 (298,80)	3,90 (4,68)	1,30 (1,56)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 613,00 (1 969,56)	1 542,00 (1 884,36)	2 427,91 (2 947,45)	2 144,86 (2 607,79)
	D56d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 613,00 (1 969,56)	1 542,00 (1 884,36)	2 427,91 (2 947,45)	2 144,86 (2 607,79)
Víkend	D61d	12,00 (14,40)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	76,00 (91,20)	1,20 (1,44)	0,40 (0,48)	3 418,54 (4 102,25)	105,74 (126,89)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 724,00 (2 102,76)	1 406,00 (1 721,16)	5 712,51 (6 888,97)	2 081,71 (2 532,01)

Příloha J: Měřič spotřeby elektrické energie.



Příloha K: Porovnání denní spotřeby energie elektrickou vložkou bojleru.

	Energie [kWh]
Po 26. 11. 2012	9,8
Út 27. 11. 2012	9,1
St 28. 11. 2012	7,7
Čt 29. 11. 2012	6,3
Pá 30. 11. 2012	9,1
So 1. 12. 2012	3,0
Ne 2. 12. 2012	6,0

Příloha L: Naměřené hodnoty v květnu 2012.

Květen	ΔT [°C]	kWh/den	kWh/týden	hod/den	hod/týden
1.	19				
2.	20				
3.	19				
4.	20				
5.	18				
6.	17		66		28
7.	16				
8.	18				
9.	22				
10.	19				
11.	17				
12.	14				
13.	15		71		26
14.	15				
15.	17				
16.	17				
17.	16				
18.	20				
19.	21				
20.	21		62		23
21.	17				
22.	16				
23.	17				
24.	19				
25.	20				
26.	18				
27.	19		91		37
28.	18				
29.	16				
30.	17				
31.	16				

Příloha M: Naměřené hodnoty v červnu 2012.

Červen	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	16				
2.	15				
3.	14		18		8
4.	15				
5.	14				
6.	19				
7.	17				
8.	16				
9.	16				
10.	16		34		15
11.	17				
12.	16				
13.	16				
14.	17				
15.	21				
16.	20	21		8	
17.	22	19	74	6	28
18.	21				
19.	17				
20.	16				
21.	19				
22.	17				
23.	19				
24.	18		87		36
25.	17				
26.	17				
27.	20				
28.	17				
29.	19				
30.	17				

Příloha N: Naměřené hodnoty v červenci 2012.

Červenec	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	18	17	90	7	37
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.			-		
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.			-		
16.	16				
17.	16				
18.	18				
19.	15				
20.	15				
21.	15				
22.	16	5	37	3	18
23.	21	22		7	
24.	21	22		8	
25.	14				
26.	19	13		5	
27.	19				
28.	16				
29.	19	3	91	1	34
30.	19				
31.	19				

Příloha O: Naměřené hodnoty v srpnu 2012.

Srpen	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	17				
2.	21				
3.	21				
4.	16				
5.	20		87		34
6.	20	20		7	
7.	18	6		3	
8.	16	5		2	
9.	17				
10.	19				
11.	17				
12.	21	23	77	8	30
13.	20	19		7	
14.	22	23		7	
15.	23				
16.	18				
17.	20				
18.	21				
19.	22	22	137	7	48
20.	21				
21.	18				
22.	21				
23.	15				
24.	15				
25.	15				
26.	15		72		28
27.	19				
28.	22				
29.	22	21		7	
30.	19				
31.	18				

Příloha P: Naměřené hodnoty v září 2012.

Září	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	17				
2.	15	3	73	1	27
3.	15				
4.	16				
5.	18				
6.	16				
7.	20				
8.	17				
9.	22	18	72	6	29
10.	21				
11.	18				
12.	18				
13.	16				
14.	20				
15.	16				
16.	18		46		18
17.	16				
18.	20				
19.	19				
20.	18				
21.	18				
22.	16				
23.	17	9	52	4	22
24.	15				
25.	21				
26.	16				
27.	16				
28.	17				
29.	15				
30.	21	5	49	13	20

Příloha Q: Naměřené hodnoty v říjnu 2012.

Říjen	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	16	2		0	
2.	0				
3.	21	14		5	
4.	14	1		1	
5.	16				
6.	20				
7.	0		31		11
8.	17				
9.	16				
10.	15				
11.	20				
12.	0				
13.	17				
14.	19	10	31	4	13
15.	16				
16.	0				
17.	20				
18.	16				
19.	19				
20.	18				
21.	14	1	40	0	16
22.	17				
23.	0				
24.	0				
25.	0				
26.	0				
27.	0				
28.	15		6		2
29.	0				
30.	0				
31.	17				

Příloha R: Naměřené hodnoty v listopadu 2012.

Listopad	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	0				
2.	16				
3.	15				
4.	14	2	14	1	6
5.	0				
6.	17				
7.	0				
8.	15				
9.	14				
10.	0				
11.	14		6		3
12.	0				
13.	15				
14.	18				
15.	16				
16.	16				
17.	0				
18.	0		18		8
19.	14				
20.	14				
21.	0				
22.	0				
23.	0				
24.	15				
25.	15	1	7	0	3
26.	0				
27.	0				
28.	0				
29.	0				
30.	0				

Příloha S: Naměřené hodnoty v prosinci 2012.

Prosinec	ΔT [°C]	kW/den	kW/týden	hod/den	hod/týden
1.	16	5	5	3	3
2.	0	0		0	
3.	0		11		5
4.	0				
5.	0				
6.	0				
7.	16				
8.	17				
9.	14	3		2	
10.			11		5
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					
16.					
17.			11		5
18.					
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.			11		5
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					
31.					