

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

VLIV MALÝCH DOMÁCÍCH SPOTŘEBIČŮ NA EKONOMIKU
SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ŽANETA HOŠOVÁ

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

VLIV MALÝCH DOMÁCÍCH SPOTŘEBIČŮ NA EKONOMIKU SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

INFLUENCE OF SMALL HOME APPLIANCES ON ECONOMY OF SOLAR SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ŽANETA HOŠOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0572/2010** Akademický rok: **2010/2011**
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí
Student(ka): **Žaneta Hosová**
Studijní program: Chemie a chemické technologie (B2801)
Studijní obor: Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)
Vedoucí práce **Ing. Josef Kotlík, CSc.**
Konzultanti:

Název bakalářské práce:

Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku solárních systémů

Zadání bakalářské práce:

Ověřit zvýšení solárních zisků užitím teplé vody u malých domácích spotřebičů

Termín odevzdání bakalářské práce: 6.5.2011

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Žaneta Hosová
Student(ka)

Ing. Josef Kotlík, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2011

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na popis a funkci solárních systémů a možnosti připojení malých domácích spotřebičů. Cílem této práce je z naměřených hodnot posoudit ekonomiku reálného solárního systému s využitím teplé vody pro malé domácí spotřebiče.

ABSTRACT

This work focuses on the description and function of solar systems, and connectivity for small household appliances. The goal of this work is to evaluate the economy of real solar system upon real measured data by using hot water for needs small home appliances.

KLÍČOVÁ SLOVA

solární energie, solární zisky, teplá voda, malé domácí spotřebiče

KEY WORDS

solar energy, solar gains, hot water, small home appliance

HOSOVÁ, Ž. *Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku solárních systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Kotlík, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Josefu Kotlíkovi, CSc. za cenné odborné rady a ochotnou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

1 OBSAH

1	Obsah.....	5
2	Úvod.....	7
3	Cíl práce.....	7
4	Teoretická část.....	8
4.1	Slunce – zdroj energie.....	8
4.2	Druhy záření.....	8
4.3	Intenzita slunečního záření.....	9
4.4	Solární záření v ČR.....	9
4.5	Využití sluneční energie.....	11
4.5.1	Pasivní využití sluneční energie.....	11
4.5.2	Aktivní využití sluneční energie.....	11
4.6	Výhody a nevýhody sluneční energie.....	11
4.7	Možnosti využití solárního systému.....	12
4.8	Základní prvky solárního systému.....	12
4.9	Solární kolektor.....	13
4.9.1	Umístění solárního kolektoru.....	13
4.9.2	Typy solárních kolektorů.....	14
4.9.2.1	Kapalinový plochý kolektor.....	14
4.9.2.2	Trubicové vakuové kolektory.....	14
4.9.2.3	Bazénové kolektory.....	15
4.9.2.4	Integrované solární kolektory.....	15
4.9.2.5	Fasádní kolektory.....	16
4.9.3	Požadavky na současné sluneční kolektory.....	16
4.10	Tepelný zásobník.....	16
4.11	Solární okruh.....	17
4.12	Tepelný výměník.....	17
4.13	Teplonosné médium.....	17
4.14	Čerpadlová jednotka.....	18
4.15	Pojistná zařízení.....	18
4.16	Regulační a řídicí zařízení.....	19
4.17	Potrubí.....	19
4.18	Způsoby provozu solárních soustav.....	19
4.18.1	Rozdělení podle způsobu oběhu teplonosného média.....	19
4.18.2	Rozdělení podle počtu okruhů.....	20
4.18.3	Rozdělení podle rychlosti toku teplonosného média.....	21
4.19	Hygiena TUV.....	22
4.20	Údržba solárních soustav.....	22
4.21	Zapojení pračky do okruhu spotřeby.....	22
4.22	Způsoby zapojení pračky do okruhu spotřeby.....	23
4.23	Spotřeba energie v domácnosti.....	23

5	Experimentální část	24
5.1	Kombinovaná solární soustava Vracov	24
5.1.1	Kolektorové pole	24
5.1.2	Solární bojler a akumulční nádrž	24
5.1.3	Ostatní komponenty	24
5.1.4	Regulace soustavy	25
5.1.5	Schéma zapojení soustavy	25
5.1.6	Malý spotřebič	26
5.1.7	Nastavení pracovního cyklu	26
6	Výsledky a diskuse	27
7	Závěr	31
8	Použitá literatura	32
9	Seznam použitých zkratk	35
10	Zdroje obrázků	36

2 ÚVOD

K technologickému pokroku dochází neustále, a to zejména díky rozvoji industrializace, konzumnímu stylu života a stále rostoucí životní úrovni. Rostoucí se také stává potřeba a spotřeba energií.

Většina dnes využívané energie pochází z tzv. primárních zdrojů energie. Mezi primární zdroje energie řadíme také skupinu fosilních paliv. Fosilní paliva zahrnují černé a hnědé uhlí, ropu a zemní plyn. Ke vzniku fosilních paliv bylo potřeba milióny let. Ovšem neúprosně dochází k tomu, že se zásoby fosilních paliv postupně vyčerpávají a jejich nedosažitelnost se postupem času blíží. Problémem fosilních zdrojů je i fakt, že výroba energie z těchto zdrojů vede ke znečištění životního prostředí.

Možností jak problém nedosažitelnosti fosilních zdrojů řešit je využití obnovitelných zdrojů energie (OZE), které mají regenerativní potenciál a v lidském měřítku jsou nevyčerpatelné. Pro Českou republiku se nabízí několik možností: voda, biomasa, vítr a solární energie, kterou se budeme dále zabývat. Výhodou OZE je, že mají velmi malý negativní vliv na životní prostředí.

K řešení problému znečištění životního prostředí přispěje i šetření již se stávající energií.

3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je z naměřených hodnot posoudit ekonomiku reálného solárního systému s využitím teplé vody pro malé domácí spotřebiče.

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Slunce – zdroj energie

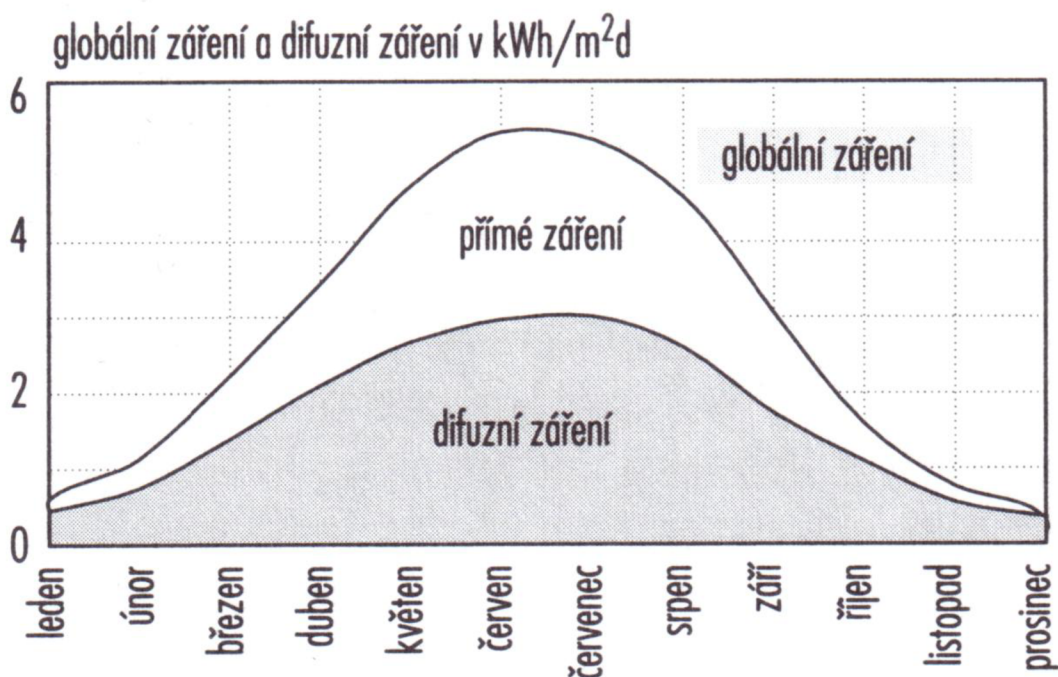
Slunce je hvězdou průměrné velikosti. Je však naší nejbližší hvězdou a proto má pro nás velký význam. Vzdálenost Země od Slunce je přibližně 1 AU. Jeho stáří je odhadováno na 4,6 miliardy let. Teplota na povrchu Slunce je asi 5 700 K. Uvnitř Slunce probíhá samoregulovaná termojaderná reakce, při které se za extrémně vysokých teplot a tlaků slučuje vodík za vzniku helia. Při této slučovací se reakci se uvolní určité množství energie, které je vyzářeno v podobě elektromagnetického záření. Předpokládaná doba vyčerpání vodíkových zásob Slunce je 5 až 7 miliard let. [1,2]

4.2 Druhy záření

Po vstupu do zemské atmosféry může být elektromagnetické záření částečně absorbováno, rozptýleno, odraženo a znovu vyzářeno. Pokud záření při průchodu atmosférou není rozptýleno a dopadá na povrch Země přímo, označujeme toto záření jako přímé. Tento přímý sluneční svit vrhá stíny.

Difúzní záření je záření, které je při průchodu atmosférou rozptýleno. K rozptylu záření může dojít na malých částicích nebo na atmosférických aerosolech. Tento typ záření dopadá na povrch Země ve všech směrech a je lidským okem vnímáno jako světlo.

Souhrn přímého a difúzního záření se označuje jako globální záření.



Obrázek 1: Přímé a difúzní záření dopadající na naše území

4.3 Intenzita slunečního záření

Mírou energetického účinku slunečního záření a také výchozí veličinou pro další výpočty je intenzita záření dopadajícího na povrch Země. Sluneční energie se udává ve W na m². Intenzita slunečního záření dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá, jak již bylo uvedeno v předcházejících odstavcích z přímého a difúzního záření. [2]

$$I = I_P + I_D \quad [I] = \text{W/m}^2, \quad (\text{Rovnice 1})$$

kde I – intenzita slunečního záření, I_P – přímé sluneční záření, I_D – difúzní sluneční záření

4.4 Solární záření v ČR

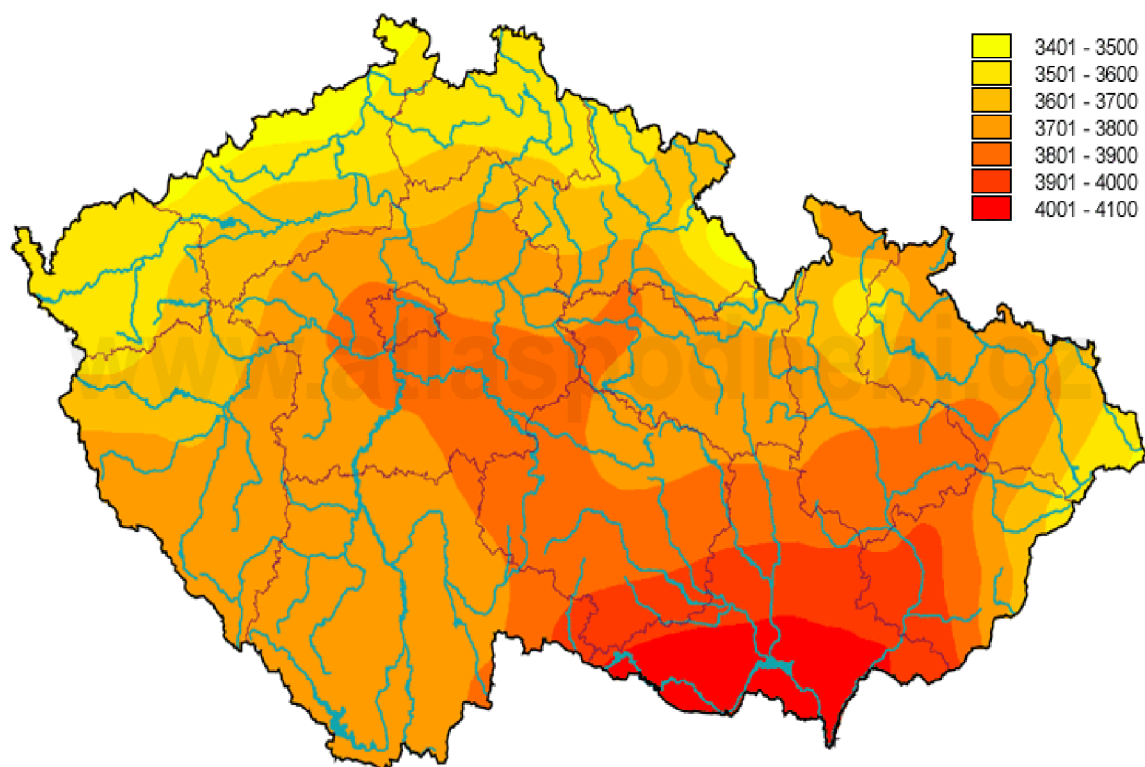
Intenzita slunečního záření nad zemskou atmosférou je cca 1 350 W·m⁻². Z toho atmosférou na zemský povrch pronikne za příznivých podmínek cca 1 000 W·m⁻². Ve střední Evropě v závislosti na ročním období a stavu atmosféry může intenzita globálního záření v poledních hodinách kolísat zhruba od 100 do 1 000 W·m⁻². Roční sumy globálního záření dopadajícího na 1 m² vodorovné plochy v ČR kolísají od 950 do 1250 kWh/m².

V ČR je globální záření měřeno v síti radiačních stanic. Tabulka 1 uvádí dlouholeté průměrné roční sumy globálního záření vybraných stanic reprezentujících klimatická specifika různých nadmořských výšek a zeměpisných poloh:

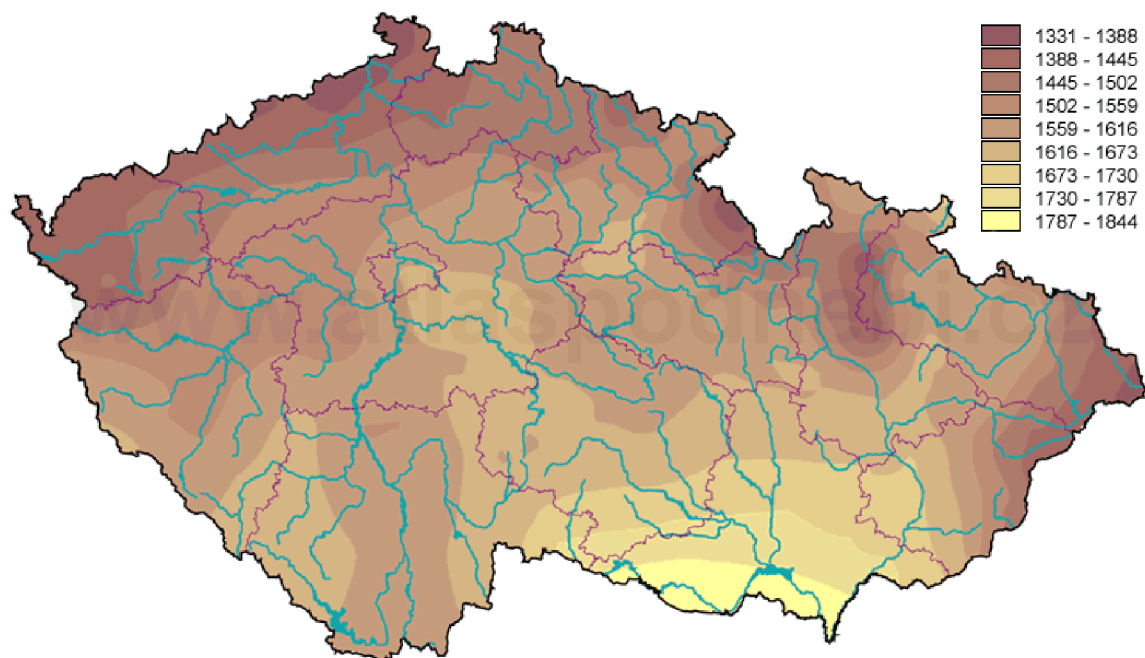
Tabulka 1: Roční sumy globálního záření ve specifických lokalitách [12]

Lokalita	Nadmořská výška	Průměrné globální záření
Svratouch (Žďárské vrchy)	737 m n.m.	1032 kWh/m ²
Luka u Litovle (Drahanská vrchovina)	510 m n.n.	1049 kWh/m ²
Košetice u Pelhřimova (Českomor. vrch.)	470 m n.m.	1054 kWh/m ²
Kuchařovice u Znojma (Dyjsko-svr. úval)	334 m n.m.	1115 kWh/m ²
Hradec Králové (Česká tabule - Polabí)	285 m n.m.	1073 kWh/m ²

Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1 460 h/rok. Mapa ukazuje globální sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu o velikosti 1 m² za rok a dává tak představu o množství využitelné sluneční energie. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5-10 %, někdy až 15-20 %. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 m. n. m. lze počítat naopak s 5% nárůstem globálního záření. [11]



Obrázek 2: Průměrné roční záření v ČR [$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$]



Obrázek 3: Průměrná roční doba svitu [h]

Nabídka slunečního záření v rámci ČR je srovnatelná, rozdíly jsou spíše v klimatických podmínkách - teplotě a síle větru, které mohou výrazně ovlivnit ztráty na venkovní části solárního systému. Proto pro efektivní funkci slunečního zařízení je rozhodující použití kvalitních kolektorů a celého solárního systému, které zajistí maximální účinnost. [12]

4.5 Využití sluneční energie

Slunce dodává Zemi velké množství energie ve formě elektromagnetického záření. Tok energie ze Slunce k Zemi tvoří asi $1,4 \text{ kW/m}^2$. [1] Zde se přímo nabízí otázka, jakým způsobem využít co největší množství této energie a jak tuto sluneční energii jako jeden z významných obnovitelných zdrojů energie, v budoucnu používat. Nejčastěji se sluneční energie využívá k přeměně na energii elektrickou nebo k přímé výrobě tepla, např. na ohřev užitkové vody v domácnostech či v bazénech. Takto získanou energii lze také použít jak k teplovodnímu či teplovzdušnému přitápění budov, tak k jejich chlazení.

Využití sluneční energie můžeme rozdělit na aktivní a pasivní způsoby. [3] Pasivní a aktivní způsoby využití se samozřejmě mohou vzájemně doplňovat, což se používá zejména při budování nízkoenergetických domů.

4.5.1 Pasivní využití sluneční energie

Pasivní využití sluneční energie spočívá v principech označovaných jako tzv. solární architektura. Solární architektura navrhuje a staví domy, tak aby byly schopny využít co nejvíce sluneční energie bez speciálních technických zařízení. Vhodným využitím prvků solární architektury se dá ušetřit až 5 – 15 % energie využívané k vytápění budov. Pasivní solární zisky jsou maximalizovány vhodnou polohou, orientací a tvarem domu, osazením jižních stran domů vhodnými okny. [3]

4.5.2 Aktivní využití sluneční energie

K aktivnímu získávání solární energie nám slouží různé technické systémy, které přeměňují sluneční energii na jinou formu energie. K tomuto účelu se využívají dva typy soustav. Soustava se slunečními kolektory nazývaná také solární soustava, která přeměňuje sluneční záření na teplo nebo soustava fotovoltaická. Díky fotovoltaické soustavě lze sluneční energii přeměnit na energii elektrickou. V této práci se dále budeme zabývat pouze solární soustavou.

4.6 Výhody a nevýhody sluneční energie

Hlavní výhodou sluneční energie je fakt, že se jedná o obnovitelný a nevyčerpatelný zdroj energie. Solární energie je dostupná všude, při zpracování vzniká jen minimum odpadu a jeho využívání má minimální negativní dopady na životní prostředí.

Za stěžejní nevýhodu lze považovat denní a sezónní proměnlivost intenzity slunečního záření, dále jeho malá plošná hustota a z toho plynoucí plošná náročnost solárních systémů. Další nevýhodou je obtížná akumulace energie, rozptýlenost záření a ekonomická náročnost solárních systémů. [4]

4.7 Možnosti využití solárního systému

Solární soustava není sama o sobě schopná překonat nedokonalost vstupních podmínek. Proto musíme hodnotit technický výkon soustavy a účel jejího použití. Nejvýhodnější podmínky pro provoz solárních systémů jsou dány v případě, že se časově shoduje nabídka solární energie a poptávka uživatele.

Solární systémy nacházejí využití především v následujících oblastech [4]:

- Ohřev vody v bazénech
- Příprava teplé vody
- Solární vytápění – vodní a vzduchové
- Solární chlazení

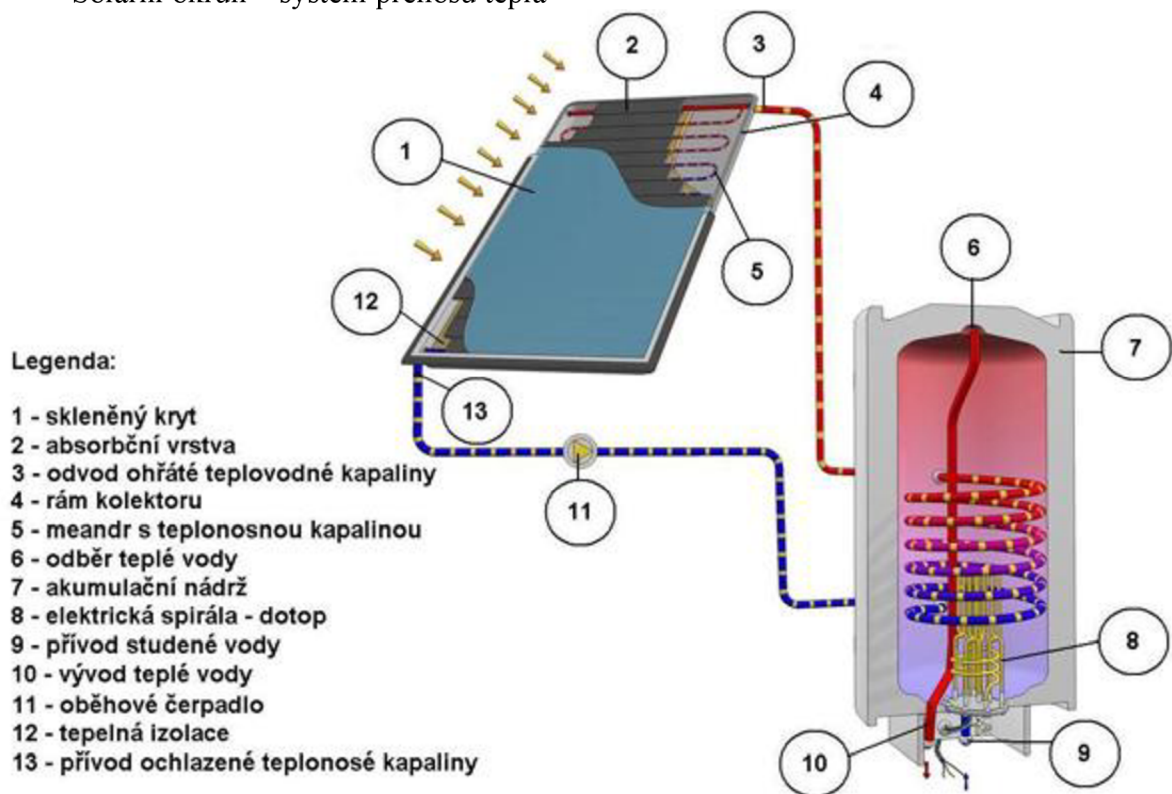
Mimo těchto nejvíce využívaných možností lze teplo ze solární soustavy využít například k vaření, sušení (potravin nebo sena) nebo destilaci (odsolování mořské vody).

4.8 Základní prvky solárního systému

V této kapitole popíšeme jednotlivé konstrukční prvky a díly solárního systému, které na sebe musí pečlivě a promyšleně navazovat.

Každý solární systém se skládá z následujících částí:

- Solární kolektor
- Tepelný zásobník
- Solární okruh – systém přenosu tepla



4.9 Solární kolektor

Solární kolektor přeměňuje sluneční energii na teplo. Teplo je následně přenášeno pomocí teplotonosné látky do akumulární nádrže, kde se akumuluje. Jako teplotonosné médium se nejčastěji používá voda nebo směs vody s přípravkem zajišťujícím mrazuvzdornost. [4] Ale je možné využívat jako teplotonosné médium i vzduch. Takovým kolektorům říkáme vzduchové kolektory a využívají se zejména pro přímé vytápění budov.

Existuje několik typů solárních kolektorů a rozdíl mezi nimi je v typu konstrukce, účinnosti a samozřejmě v ceně. V dnešní době je snaha dosáhnout co nejvyšší účinnosti přeměny.

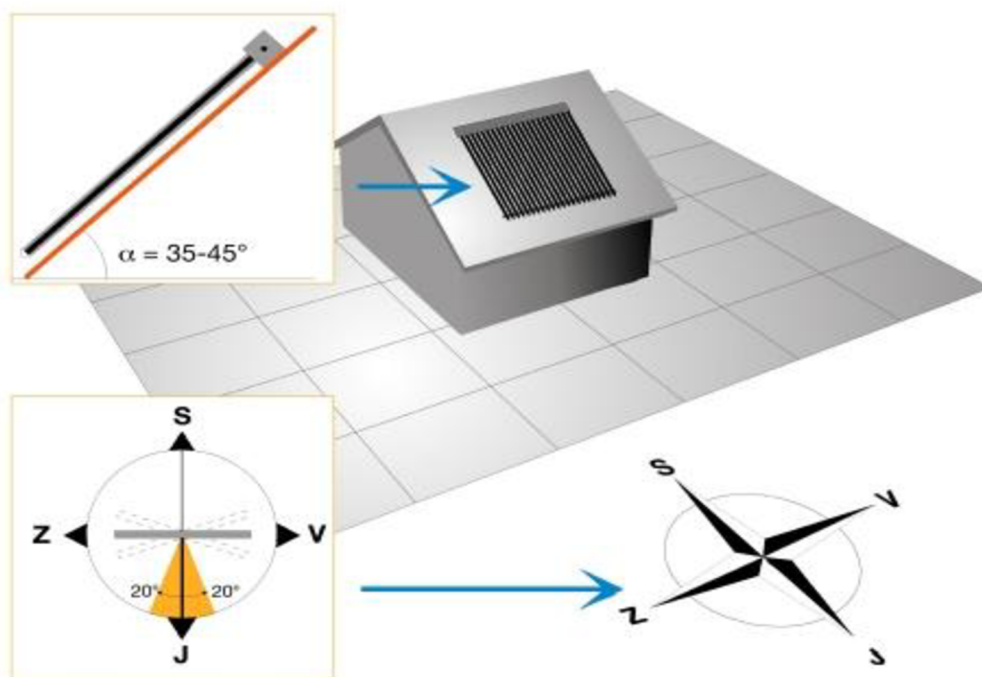
4.9.1 Umístění solárního kolektoru

Orientace kolektoru ke Slunci se dá příjem zářivé energie optimalizovat. Největší výtěžky mohou být docíleny, sleduje-li kolektor sluneční dráhu, u koncentrujících kolektorů je to dokonce nutné. Poměr mezi náklady a užitek je tak nevýhodný, že se v praxi nedoporučují. Příjem zářivé energie je dán závislostí na světových stranách a na sklonu kolektoru. [4]

Proto je vhodné věnovat výběru místa pro umístění kolektoru náležitou pozornost.

Zde uvedeme několik informací týkající se umístění:

- Solární kolektor můžeme umístit na šikmé, na rovné střeše nebo přímo na zemi.
- Aktivní strana kolektoru by měla být obrácena k jihu. Odchylka 20° ve směru na východ či západ nemá velký vliv na výkon kolektoru. Maximální přípustná odchylka však je 45° ve směru na východ či západ.
- Sklon solárního kolektoru se doporučuje od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ploše. Ideální úhel je pro efektivní celoroční činnost kolektoru je 40° .
- Umístit solární kolektor takovým způsobem, aby vznikla co nejkratší dráha vedení směrem k tepelnému zásobníku, kotelně apod.
- Kolektor by neměl být zastíněn stromy, okolními budovami apod.[10]



Obrázek 5: Umístění kolektoru [10]

4.9.2 Typy solárních kolektorů

Jednotlivé kolektory se liší ve způsobu stavby. Stavba kolektoru je přiměřená požadavkům jednotlivých oblastí využití. V kapitole popíšeme jednotlivé typy solárních kolektorů.

4.9.2.1 Kapalinový plochý kolektor

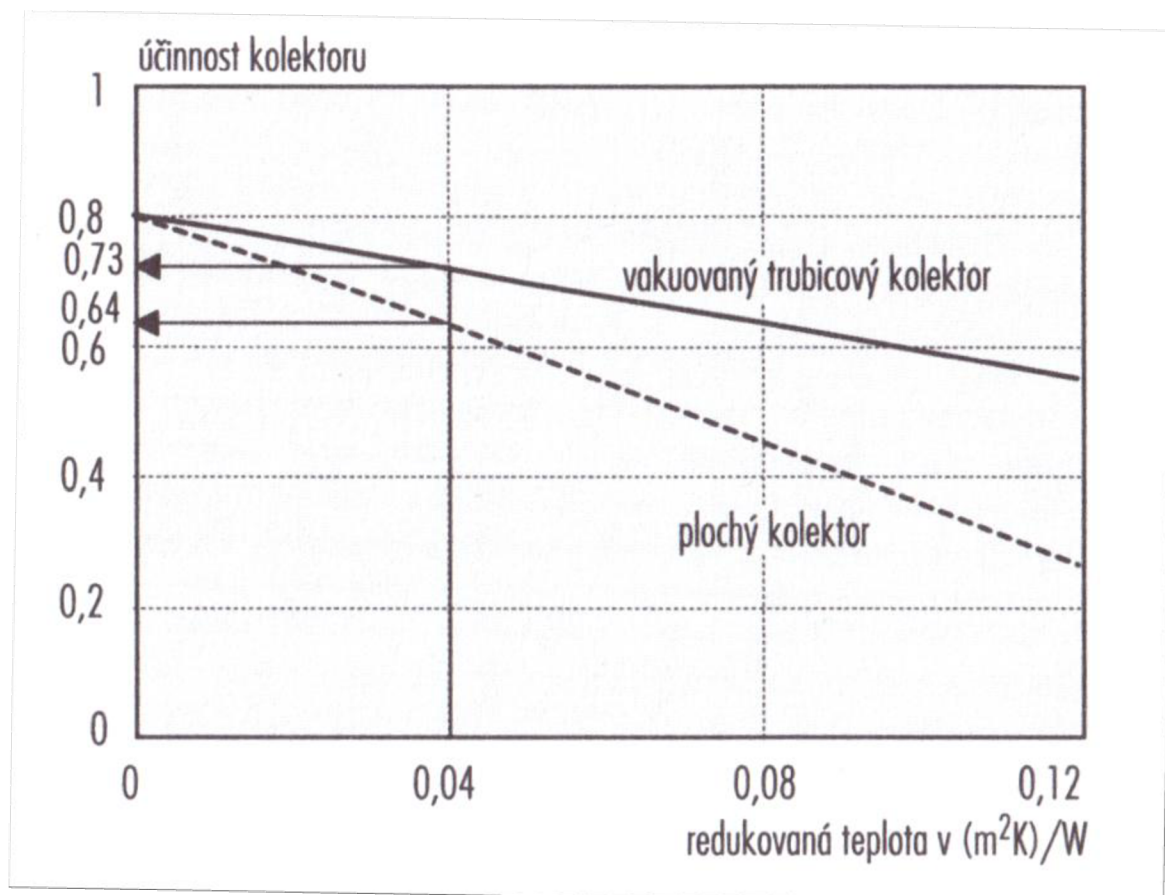
Kapalinový plochý kolektor se skládá z kovového absorbéru a z ploché skříně, která je opatřena transparentním krytem. Absorpční povrchy bývají různé, sledujeme zejména jejich selektivnost. Nejlépe jsou na tom vysoce selektivní povrchy. Tyto povrchy dokáží sluneční záření nejen dobře pohltit, ale také výrazně omezují zpětné vyzařování tepla. K tepelné ochraně absorbéru jsou často používány tvrdé desky z pěnového polyuretanu (PU). Z vrchní strany je kolektor kryt sklem s nanesenou selektivní vrstvou vysoce absorpční látky, která zaručuje maximální pohlcení sluneční energie a minimální vyzařování zpět do okolního prostoru. Vytváří se tak vlastně skleníkový efekt a tepelná energie se v kolektoru koncentruje. Teplo je předáno teplotně vodivou kapalině, která je po ohřátí pomocí oběhového čerpadla vedena do tepelného výměníku, přes který se následně ohřívá voda v akumulacím zásobníku. [4,7]

4.9.2.2 Trubicové vakuové kolektory

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

Většina vakuových trubicových solárních kolektorů používá vysoce selektivní povrch absorbéru, v absorpci i emisivitě se díky dokonalé izolaci vakuem také jednotlivé typy příliš

neliší. Protože u tohoto typu kolektoru jsou trubice namáhány velkým rozdílem tlaků, vyžadují tyto kolektory jinou formu konstrukce než mají ploché kolektory. [4] Rozeznáváme dva hlavní druhy těchto kolektorů – Heat pipe (absorbér s tepelnou trubicí) a U-pipe (přimoprůtočné U trubice)



Obrázek 6: Srovnání charakteristik plochého kolektoru a vakuového kolektoru [4]

4.9.2.3 Bazénové kolektory

Bazénový kolektor je nejjednodušším typem solárních kolektorů. Jak název napovídá, tyto solární kolektory mají své využití především při ohřevu vody v bazénech, kdy teplotní rozdíl absorbéru a okolí je v rozmezí od 0 do 20°C. [4] Nízký rozdíl teplot mezi absorbérem a okolním prostředím umožňuje velmi jednoduchou konstrukci. Kolektor je tvořen pouze absorbérem černé barvy, bez skříně chránící teplo a bez transparentního krytu.

4.9.2.4 Integrované solární kolektory

Někteří výrobci nabízejí sluneční kolektory integrovatelné do střešní krytiny tím, že se pro ně buď v krovu vytvoří lože, do kterého se uloží solární kolektor a oplechuje se klempířskou konstrukcí. Toto řešení je velmi pracné, a navíc hrozí rizikem zatékání dešťové vody do střechy. [7] Integrovanými kolektory, které mají podobu tašek lze přímo nahradit střešní krytinu. V případě betonových střešních tašek jeden kolektor nahradí čtyři tašky v řadě. Propojení kolektorů je taktéž pod střešní krytinou, kam jsou přivedeny i měděné trubky, kterými je přenášena získaná tepelná energie do vašeho tepelného systému. Díky velmi dobré integraci lze toto řešení použít i v případě historických či památkově chráněných objektů



Obrázek 7: Integrovaný solární kolektor [7]

4.9.2.5 Fasádní kolektory

Fasádní kolektory představují ploché selektivní kolektory, které jsou instalovány přímo na fasádu budovy. Integrace přímo do fasády přináší několik výhod a to zvýšení účinnosti kolektoru, vedle toho je obyčejná fasáda nahrazena energeticky aktivním prvkem. Nevýhodou těchto kolektorů je nižší dopadající energie během roku a nepříznivý vliv stínění vlivem zástavby či vegetace.

Tyto kolektory mohou mít velký potenciál ve výstavbě a zejména při rekonstrukci budov. [27]

4.9.3 Požadavky na současné sluneční kolektory

- výkonnost a stupeň účinnosti
- dlouhá životnost s trvalou výkonností
- bezproblémová a rychlá montáž
- nenáročná údržba
- přiměřená cena

4.10 Tepelný zásobník

V solárním systému má důležitou roli. Od kolektoru přejímá přebytečnou sluneční energii, kterou musí uchovat pro využití v době, kdy nabídka solárního záření není vysoká. Zásobníky jsou vertikální válcové nádoby podobné klasickým boilerům. Součástí zásobníku bývá tepelný výměník, který zprostředkovává přenos tepla mezi kolektory a zásobníkem nebo mezi zásobníkem a odběrovým okruhem. Odděluje tak solární okruh od okruhu spotřeby. Tepelný zásobník je navržen na požadované využití solární energie.

Základní požadavky na reálné zásobníky tepla jsou následující:

- vysoká tepelná kapacita
- minimální tepelné ztráty
- přijatelná velikost
- cenová dostupnost

Na celkovou účinnost solárního systému má zásobník přinejmenším stejně velký vliv jako kolektory. V praxi se v systémech pro ohřev vody používá převážně zásobník naplněný vodou, která je ohřívána solárními kolektory. Kolik tepla můžeme dostat ze zásobníku ovlivňuje v praxi faktor stratifikace (rozvrstvení) v zásobníku. Teplá voda je lehčí a proto při odběru vody přitékající studená voda vytlačuje teplou vodu, aniž by se s ní vzájemně mísila. [4]

4.11 Solární okruh

Solární okruh spojuje jednotlivé části systému a zprostředkovává tak přenos tepla produkovaného kolektorem, které pomocí teplonosného média přenáší, do tepelného zásobníku. Zde je teplo odevzdáno a médium je vhnáno zpět ke kolektorům k novému ohřátí. Solární okruh by měl být konstruován s co nejkratší délkou potrubí, aby nedocházelo k nadbytečným ztrátám.

K systému přenosu tepla je třeba celá řada komponent. Jedná se o:

- Tepelný výměník
- Teplonosné médium
- Potrubí
- Čerpadlo
- Regulační a řídicí zařízení
- Armatury
- Pojistná zařízení

4.12 Tepelný výměník

Tepelný výměník slouží k výměně a distribuci tepelné energie z jednoho média na druhé při současném oddělení solárního okruhu a okruhu spotřeby. Aby mohlo k přenosu tepla dojít, je nutný rozdíl teplot mezi teplonosným médiem a médiem, které chceme ohřát. Tok tepla prochází stěnou výměníku z teplejšího na chladnější médium. Běžně bývá použit interní tepelný výměník, který je osazován dovnitř zásobníku. Zvláštní případ představují vnější (venkovní) tepelné výměníky, u kterých je však složitější propojení potrubím a musí se zde brát v úvahu dodatečné ztráty a proto se používají hlavně pro větší soustavy. [4]

4.13 Teplonosné médium

Jako teplonosné médium, kterým se teplo přenáší z kolektoru do tepelného zásobníku, je nejčastěji používána kapalina nebo plyn. Při celoročním použití kapalinových solárních soustav je nutné zejména v zimním období chránit soustavu před poškozením mrazem. Tato ochrana se provádí použitím nemrznoucí směsi. Ve většině solárních soustav se jedná o vodní směsi (mono)propylenglykolu, který je oproti dříve používanému etylenglykolu nejedovatý.

Nemrznoucí směsi se zpravidla používají v objemovém ředění 40-50 % propylenglykolu podle požadované teploty tuhnutí. V současné době jsou k dispozici jednak klasicky inhibované směsi pro použití v plochých kolektorech (stagnační teploty pod 180 °C) a jednak pokročilé směsi s kapalnými inhibitory umožňující použití v trubkových vakuových kolektorech (stagnační teploty do 250 °C). Přehled používaných nemrznoucích směsí uvádí *Tabulka 2*.

Tabulka 2: Vybrané teplotnosné kapaliny na bázi vodní směsi propylenglykolu [14]

Teplotnosná látka	Výrobce	t _t (°C)
Solaren EKO	Velvana, a.s.	-31
Kolektor P Super	Agrimex, s.r.o., Třebíč	-30
Tyfocor L	Tyforop Chemie, GmbH	-50
Tyfocor LS	Tyforop Chemie, GmbH	-28
Antifrogen SOL	Gerling, Holz & CO Handels, GmbH	-34

Teplotnosná látka musí splňovat řadu kritérií: [13]

- nízký bod tuhnutí (-25) – (-30) °C
- vhodné fyzikální vlastnosti (viskozita, tepelná kapacita) co nejvíce podobné vodě
- nehořlavost
- ochrana proti korozi
- snášenlivost s těsnicími materiály
- netoxická, biologicky rozložitelná
- dlouhodobá stálost vlastností, teplotní odolnost
- cenová dostupnost

4.14 Čerpadlová jednotka

V oběhových soustavách jsou všeobecně používána obvyklá oběhová čerpadla pro ústřední vytápění, která zajišťuje kontinuální cirkulaci teplotnosného média. Tato čerpadla jsou osvědčena v tepelné technice. Zpravidla jsou vhodná pro použití směsí vody a nemrznoucí směsi. Kromě oběhového čerpadla tato jednotka obsahuje kulový ventil se zpětnou klapkou, solární pojistný ventil, regulační prvky, plnicí a vypouštěcí ventily a připojované svěrné šroubení pro potrubí.[4]

4.15 Pojistná zařízení

V solárním okruhu se dále nachází **expanzní nádoba**, která vyrovnává objemové změny teplotnosné kapaliny. Ty probíhají v důsledku tepelné roztažnosti kapalin. Zabraňuje se tak poškození systému a nežádoucímu úniku teplotnosné kapaliny přes pojistný ventil.

V soustavách s uzavřeným cirkulačním okruhem se nejvíce využívá tlakové expanzní nádoby s membránou, která odděluje kapalinu a plynový polštář. Membrána musí být stejně jako ostatní součásti odolná vůči působení glykolu v nemrznoucích směsích.

Pojistný ventil nebo také přetlakový ventil se při překročení jistého tlaku automaticky otevře a nechá odtéct část média v okruhu, díky tomu nedojde k poškození či k případnému prasknutí systému. Obvyklé hodnoty otevíracího tlaku bývají v rozmezí 2,5 – 6 bar [4]. Od pojistného ventilu by měl být veden odtok do otevřené záchytné nádrže. V potrubí mezi

solárními kolektory a pojistným ventilem nesmí být zařazeny žádné uzavírací prvky.[15] Dimenzování expanzní nádoby a pojistného ventilu se provádí dle celkové koncepce systému.

4.16 Regulační a řídicí zařízení

Regulační a řídicí zařízení je koordinačním centrem solární soustavy. Řídí zejména oběhové čerpadlo, tak aby soustava dosahovala maximálního výkonu. Vedle řízení solárního zařízení přebírá regulátor také důležité hlídací a bezpečnostní funkce a to především udržování hraničních teplot v zásobníku. Řídicí jednotka bývá vedle obvyklých funkcí, jako je sledování solárního příkonu, tlaku, průtoku a celkového odevzdávaného výkonu, vybavena i dalšími funkcemi, které závisí na konkrétním typu. Jedná se například o kontrolu správnosti funkce a sledování závad. Pro správnou funkci řídicí jednotky je nezbytné správně definovat uzlové parametry technologického komplexu. Zpětná vazba a propojení jednotlivých snímaných údajů má zásadní vliv na účinnost a hospodárnost systému.

4.17 Potrubí

Rozvody potrubí solárních tepelných soustav propojují kolektor (zdroj tepla) a místo akumulace a spotřeby (tepelný zásobník). Základním požadavkem na potrubí je hlavně jeho funkčnost a životnost. Materiál rozvodů potrubí solárních kapalinových soustav musí odpovídat typu a použití soustavy. Důležitým požadavkem je také energetická náročnost potrubní sítě.

Potrubí musí být v první řadě odolné vůči teplotně odolné kapalině a dále musí vyhovovat teplotním a tlakovým poměrům solární soustavy. Nejčastěji používanými materiály v solárních soustavách jsou měděné či ocelové trubky. U nízkoteplotních soustav se sezónním využitím lze použít plastové trubky s ochranou proti UV záření. [16]

4.18 Způsoby provozu solárních soustav

Sluneční záření projde solárním sklem kolektoru. Následně je pohlceno absorpční vrstvou, a tepelnou energii přijímá teplotně odolné médium v trubkovém registru kolektoru. Ohřátá teplotně odolná kapalina následně proudí izolovaným potrubím do výměníku tepla nacházejícím se v tepelném zásobníku. Tam svou energii předá studené užitkové vodě, sama své teplo ztrácí. Ochlazená kapalina se okruhem vrací zpět do kolektorů, kde dochází k opětovnému ohřívání.

4.18.1 Rozdělení podle způsobu oběhu teplotně odolného média

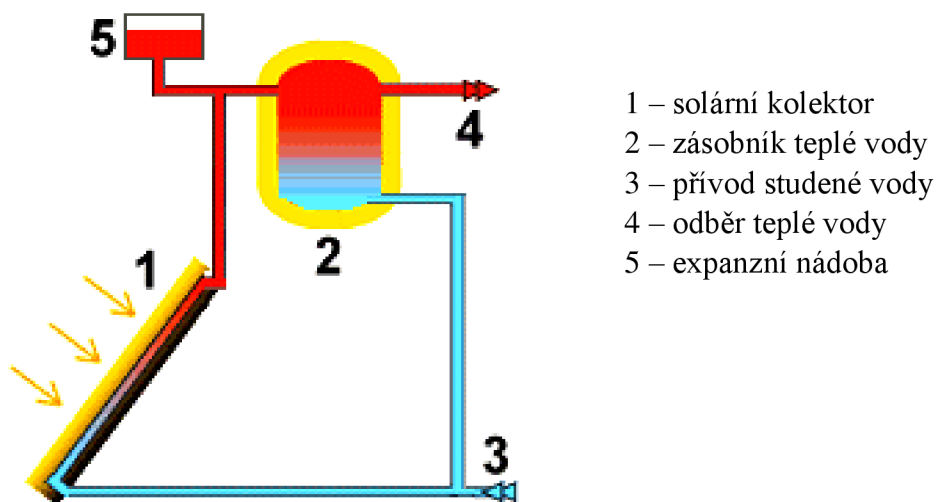
V této oblasti jsou využívány dva koncepty soustav. Jedná se o samotížný solární systém a druhým konceptem je solární systém s nuceným oběhem. Principem **samotížných solárních systémů**, které bývají nazývány také termosifonové soustavy, je teplotní objemová roztažnost kapalin. Kapaliny v kolektoru se vlivem dopadajících slunečních paprsků ohřívá. Se změnou teploty kapaliny se mění její objem, což má za následek, i změnu její hustoty. Proudění kapaliny je tedy zajištěno rozdílem hustot kapaliny v kolektoru a v tepelném zásobníku. Teplá kapalina s nižší hustotou stoupá do zásobníku, kde se ochlazuje. Ochlazené médium klesá ke dnu zásobníku a odtud putuje zpět do kolektoru. Aby bylo zařízení funkční, je třeba umístit tepelný zásobník výše než kolektor. Výhodou tohoto systému je, že ke své funkčnosti

nepotřebuje hnací a tím pádem řídicí jednotku. Na druhé straně nevýhodou je nesnadno ovladatelný průtok, což se projevuje v nižší účinnosti systému.

U soustav s **nuceným oběhem** je zapojeno oběhové čerpadlo ve spojení s řídicí a regulační jednotkou. To uvádí teplotné médium do cirkulace. Nespornou výhodou je možnost přesné regulace průtoku změnami otáček, čímž se dosáhne vyšší účinnosti. Nevýhodou je závislost systému na čerpadle, a tím závislost na vnějším zdroji energie, což zvyšuje náklady. [4]

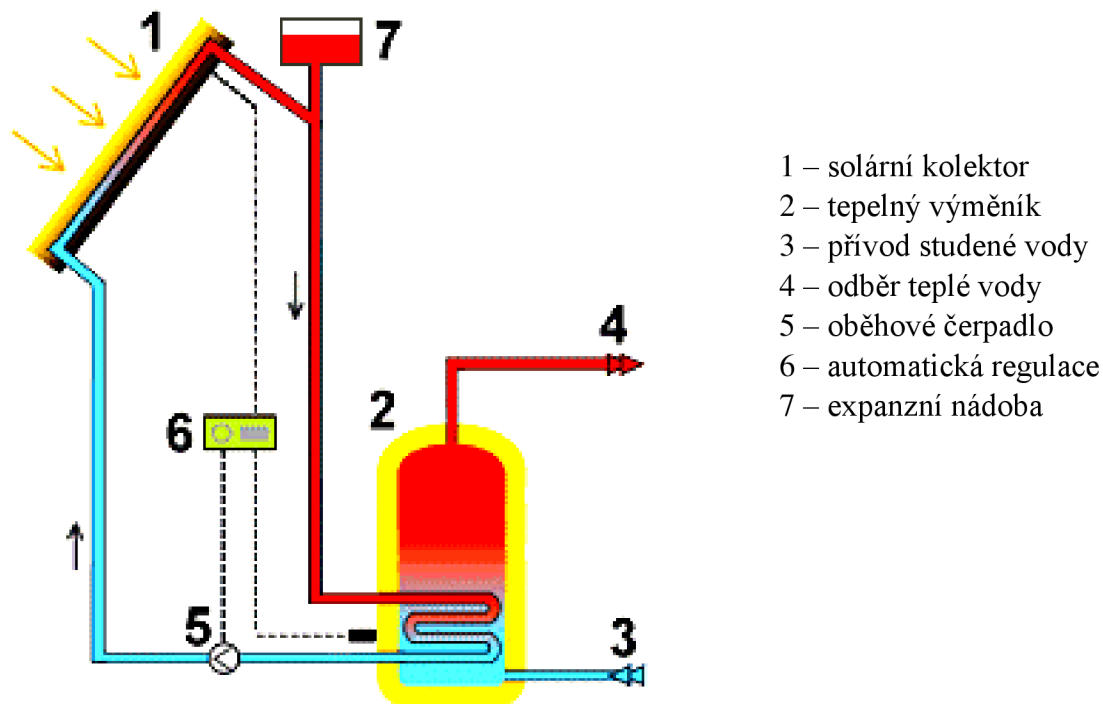
4.18.2 Rozdělení podle počtu okruhů

Jednookruhový solární systém se používá pro sezónní ohřev vody (např. v bazénech). Jedná se o jednodušší kapalinový systém. Voda v tepelném zásobníku je ohřívána přímo, tudíž součástí zásobníku není teplotný výměník. Lze tak dosáhnout vysoké účinnosti přenosu tepla. Nevýhodou je nebezpečí množení mikroorganismů či zamrznutí vody při nízkých teplotách. V systému může také snadno dojít k inkrustaci a korozi systému.



Obrázek 8: Schéma jednookruhového systému

Pro celoroční provoz se používají **dvouokruhové solární systémy**, kde primárním (kolektorovým) okruhem proudí nemrznoucí teplotné médium od kolektorů do tepelného výměníku. Druhý okruh vede kapalinu od výměníku do místa spotřeby. Oba okruhy jsou na sobě nezávislé. Tlakové oddělení okruhů umožňuje velkou variabilitu zapojení s různými průtoky médií. Nevýhodou je horší účinnost v důsledku ztrát ve výměníku tepla, vyšší pořizovací náklady a složitost. [17]



Obrázek 9: Dvouokruhový systém

4.18.3 Rozdělení podle rychlosti toku teplotního média

High-flow systém (HF) poskytuje optimální zisky při průtocích 30-70 l/hod na 1 m² kolektoru.[4] Při zvýšení rychlosti průtoku za využití čerpadla dojde k zvýšení teploty teplotního média v kolektoru o 6 až 10 K [18] a ke zvýšení počtu oběhů, čímž se voda zásobníku vyhřívá pomaleji. Dosažení požadované teploty trvá déle.

Low-flow systém (LF) pracuje při nízké rychlosti oběhu teplotní kapaliny a při sníženém výkonu čerpadla. Vlivem sníženého průtoku se teplota teplotního média zvýší o 30 až 50 K a využitelná teplota pro aplikaci je k dispozici již po jediném průchodu kapaliny kolektorem [18], proto se používají zásobníky s nabíjením ve vrstvách (tzv. stratifikační zásobníky), čímž se dosáhne vyšší efektivity. Rychlost průtoku kapaliny se pohybuje pouze mezi 10 – 15 l/hod na 1 m² kolektoru.

Matched-flow systém (MF) je soustava s proměnným průtokem. Snaží se skloubit výhody obou předchozích systémů. Pracuje při průtoku 10 – 40 l/hod na 1 m² kolektoru. Otáčky oběhového čerpadla jsou řízeny tak, aby na výstupu z kolektoru byla dostatečně využitelná teplota ("Low-flow" režim), např. 60 °C, kterou se nabíjí horní část tepelného zásobníku. Pokud soustava nedokáže dosáhnout využitelné teploty, přejde do "High-flow" režimu a teplo ukládá do spodní části tepelného zásobníku. [18] Jelikož Low-flow a High-flow využívají rozdílné komponenty a konstrukční části vyžaduje tato koncepce relativně náročný systém regulační techniky. [4]

Drain-back systém (DB) využívá velmi specifickou konstrukci. Solární kolektor není zcela naplněn kapalinou a není pod tlakem. Při nedostatku slunečního záření nebo při nebezpečí mrazu se kolektory vyprázdňují. Teplotní kapalina vyteče z kolektorů do nádrže. Jakmile regulace spustí čerpadlo, dojde k naplnění kolektorů a může opět docházet k ohřevu. V tomto konceptu odpadá použití nemrznoucí směsi. [4]

4.19 Hygiena TUV

Ve vodě žijí všude přítomné mikroorganismy. V teplé vodě snadno dochází k rozvoji mikroorganismů, čímž se voda může stát hygienicky závadnou. S přípravou TUV bývá nejčastěji zmiňována patogenní bakterie *Legionella pneumophila*. Při přemnožení této bakterie může dojít ke kontaminaci inhalační cestou, např. při vdechnutí aerosolu teplé vody při sprchování. K rozvoji onemocnění může dojít u lidí, kteří mají oslabený imunitní systém (děti, nemocní a starší lidé). Legionářská nemoc a Pontiacká horečka označují dvě formy onemocnění způsobené touto bakterií. Po vniknutí do plic dochází k rychlému rozvoji zánětu plic, který může končit i smrtí. Nejčastěji tato bakterie vyhledává místa tzv. mrtvých koutů potrubí, kde se teplota vody pohybuje v rozmezí 25 – 50 °C. Proti přežívání mikroorganismů v teplé vodě se doporučuje periodické přehřátí TUV na teplotu 70-80°C či desinfekce systému vhodnými prostředky. [22, 23]

4.20 Údržba solárních soustav

Údržba je nezbytná pro správné fungování systému. V jednoduchosti můžeme údržbu rozdělit na:

- preventivní
- údržbu při poruše (opravu či výměnu vadné součásti systému)

Preventivní údržbu (jedná se ve většině případů o vizuální kontrolu) provádí zpravidla uživatel a naopak případy údržby při poruše vyžadují větší či odborný zásah, např. výměna kolektoru s prasklým sklem, opětovné naprogramování řídicí jednotky či výměna zpětné klapky. Na to je lepší povolat servisní firmu (nejčastěji původní dodavatel). [31]

Solární systémy mívají problémy s ukládáním sloučenin železa a uvolňováním nerozpuštěných látek. Při zrychlení průtoku např. v nočních hodinách, pak dochází k rozvíření usazenin a TUV má vlivem železnatých sloučenin narezavělou barvu a stává se nekvalitní. Tento problém je v solárních soustavách řešen filtrací, která chrání proti zanesení a snižuje tak riziko poruchy komponent systému.

4.21 Zapojení pračky do okruhu spotřeby

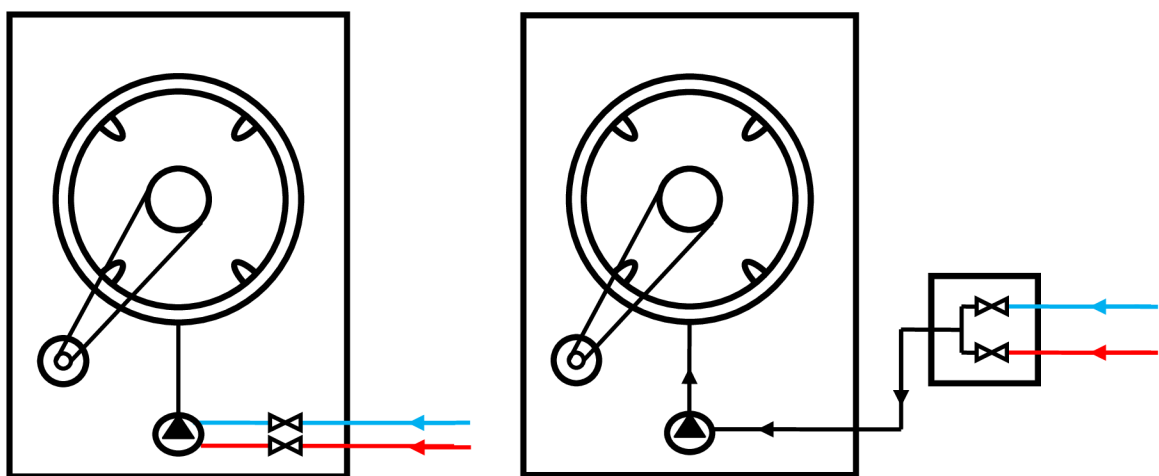
Pračky a myčky běžně používané v domácnosti využívají k mytí a praní studenou vodu. K ohřevu mycí a prací vody na požadovanou teplotu slouží elektrická energie. [19]

K solárnímu systému popř. rozvodu teplé vody může být také (vhodnou hadicí pro teploty do 60 °C) přímo připojena pračka a myčka. Tím lze značně snížit spotřebu elektřiny k ohřívání vody v pračce. Úspory při napojení pračky či myčky na zásobník solárně ohřáté TUV jsou až 1 kWh na jeden cyklus praní či mytí. Připojením těchto spotřebičů na teplou vodu se zvýší také účinnost solárního zařízení [5], protože pracuje na nižší teplotní úrovni. Zejména v letních měsících se díky hojnosti slunečního záření dá elektrický ohřev téměř vyloučit. [20]

4.22 Způsoby zapojení pračky do okruhu spotřeby

Existují různé způsoby zapojení pračky do okruhu spotřeby. Prvním způsobem je ten, kdy je pračka přímo plněna teplou vodou z tepelného zásobníku nebo z dálkového vyhřívání. V druhém způsobu zapojení pračky je do pračky přiváděna studená voda z vodovodní sítě (stejně jako je tomu u běžného zapojení pračky), ta je ohřívána teplem přes tepelný výměník zabudovaný do těla pračky, který je napojen na solární systém. [5]

Dnes jsou k dostání na trhu automatické pračky a myčky na nádobí se vstupem na studenou i teplou vodu [21], které si samy automaticky řídí vstup teplé a studené vody. Ty umožňují nejsnazší zapojení pračky. U dnes nejvíce dostupných praček, které mají pouze připojení na studenou vodu, je k zapojení do okruhu spotřeby nezbytný předřadný přepínací přístroj, který v případě potřeby zvolí teplou vodu. [20]



Obrázek 10: Schéma pračky s přípojkou na teplou i studenou vodu a pračky s předřadným zařízením [9]

4.23 Spotřeba energie v domácnosti

Celkovou energetickou spotřebu domácnosti můžeme rozdělit dle jednotlivých účelů užití na dílčí spotřeby pro:

- vytápění
- přípravu teplé a užitkové vody (TUV)
- vaření
- svícení a provoz domácích elektrospotřebičů (tzv. nezaměnitelná elektřina)

Průměrná celková roční energetická spotřeba, která kryje všechny účely užití na jeden byt, je v ČR 78,2 GJ a to bez podnikatelské činnosti. Spotřeba se liší podle toho, zda je byt situován ve městě či na venkově. V Jihomoravském kraji činí celková roční energetická spotřeba v průměru 79,3 GJ/byt. Venkovské byty v Jihomoravském kraji mají spotřebu vyšší a to 114,6 GJ/byt za rok než městské byty, u kterých je spotřeba 63,8 GJ/ byt za rok. Odhadovaná příčina tohoto rozdílu je rozdílná velikost bytů a rozdílné vybavení bytů spotřebiči [8]. Tato kapitola je uvedena pouze pro přehled spotřeby energie. Celková spotřeba energie dále v této práci není hodnocena.

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1 Kombinovaná solární soustava Vracov

Kombinovaná solární soustava Vracov je navržena a dimenzována pro přípravu teplé vody a podporu vytápění v přechodném období roku. Těmto požadavkům odpovídá sestavení systému z jednotlivých komponent.

5.1.1 Kolektorové pole

Kolektorové pole sestává celkem z 6-ti kusů plochých vakuových kolektorů Heliostar H400V CF. Kolektory jsou produktem slovenské firmy Thermosolar Žiar nad Hronom.

Po nainstalování kolektoru je ve skutečnosti v prostoru absorberu vytvořen vysoký podtlak dosahující hodnoty přibližně 100 Pa. Pro kontrolu podtlaku kolektoru slouží tlakoměr, který je umístěn na servisní trubce. Skříň kolektoru je vyrobena lisováním za studena. Absorbér lisovaný z Al-Mg plechu je upevněn uvnitř skříně. Na povrchu absorberu je nanášena vysoce selektivní vrstva na bázi oxidu hlinitého. Teplonosná kapalina protéká absorberem skrze měděné trubky. V systému je použita teplonosná kapalina typu Solaren, (Velvana a.s., Velvary ČR).

5.1.2 Solární bojler a akumulční nádrž

Solární bojler je výrobkem firmy ROLF, typ Antikor SOL 300. Celkový objem bojleru je 300 l. Boiler je vybaven vinutým trubkovým výměníkem, plochým dohřívacím výměníkem, topnou elektrickou spirálou a anodickou ochranou. Celkový objem akumulční nádrže činí 1250 l. Jedná se o unikátní výrobek firmy Solartop Nové město na Moravě. Z důvodu minimalizace tepelných ztrát sestává provedení izolace z polystyrénových desek o tloušťce 30 + 5 cm.

5.1.3 Ostatní komponenty

Prvky soustavy spojuje potrubím z měděných trubek o celkové délce 80 metrů. Nezbytným bezpečnostním prvkem je správně dimenzovaná expanzní nádrž, která vyrovnává změny tlaku v solárním okruhu při přehřátí teplonosné kapaliny v době stagnace soustavy. Cirkulaci teplonosné kapaliny a teplé vody zajišťují oběhová čerpadla WILO.

Teplonosná kapalina předává své teplo do studené vody skrze vinutý trubkový výměník z nerezové oceli zabudovaný přímo v solárním bojleru ROLF anebo přes deskový tepelný výměník SWEP, který předává teplo do okruhu akumulční nádrže. Tímto způsobem je oddělen solární okruh od okruhu spotřeby.

Pro dny s nedostatečným slunečním svitem je k dispozici plynový kotel Dakon o špičkovém výkonu 25 kW. Kotel má elektronicky upravenou topnou křivku s optimem při 12 kW a do regulačního systému je připojen jako řízený.

5.1.4 Regulace soustavy

Řízení provozu soustavy, regulaci a monitoring dalších sledovaných parametrů zajišťuje jednotka Hanazeder SH-8, která disponuje celkem 14-ti analogovými a dvěma digitálními vstupy a 16-ti výstupy[30],

Funkce řídicí jednotky SH-8 jsou následující:

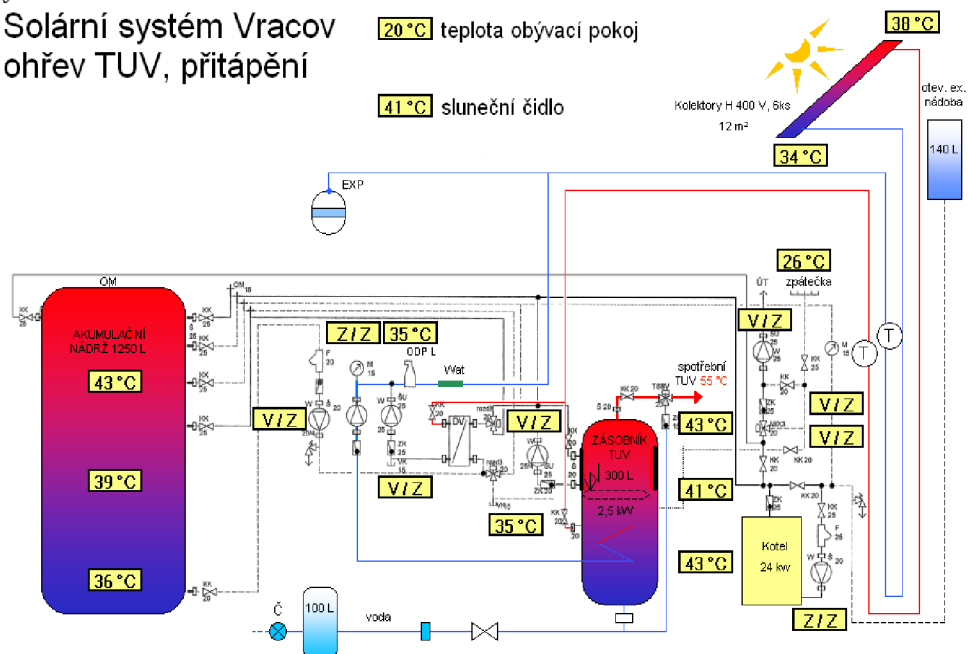
- monitoring teplot nezbytných pro efektivní regulaci soustavy
- směrování získané solární energie do bojleru nebo akumulční nádrže
- řízené spínání plynového kotle
- ovládání čerpadel a ventilů v soustavě

K parametrům ovlivňujícím regulaci soustavy patří především venkovní teplota vzduchu, vnitřní teplota vzduchu (v obytných prostorách domu), teplota na zpátečce topení a teploty měřené v jednotlivých bodech soustavy – výstup z kolektorů, vstup do kolektorů, solární bojler, akumulční nádrž, teplota selektivní vrstvy absorbéru, teplota na výstupu z plynového kotle. V systému jsou instalovány kontrolní analogové měřící prvky – manometr a teploměry umístěné v solárním a spotřebním okruhu.

5.1.5 Schéma zapojení soustavy[28]

2008-05-01 12:52:26

Solární systém Vracov ohřev TUV, přítápění



5.1.6 Malý spotřebič

Pro sledování vlivu na zvýšení celkové efektivity solárního systému jsme jako prvek odebírající solárním systémem přehřátou vodu zvolili domácí spotřebič – počítačem volně programovatelnou pračku značky Miele.

Tato pračka má elektronické řízení NOVOTRONIC L, které nabízí 63 programů s možností volného programování přes PC. Ovládání pračky je prováděno pomocí LCD displeje, otočného voliče a tlačítek. Pračka umožňuje přednastavení programu až 24 hodin dopředu. Pračka je vybavena vstupem na teplou i studenou vodu. K zásobníku solárně ohřáté vody je spotřebič připojen potrubím o délce 1,20 m.

Tabulka 3: Technické údaje pračky Miele

Model	PW 5065 LP
Rozměry [cm]	výška 85 šířka 59,5 hloubka 71,5
Kapacita [kg]	6,5
Objem bubny [l]	59
Elektrické připojení	napětí 220/230 [V], 50 [Hz], maximální příkon 2,85 [kW]
Rychlost odstředování [otáček za min]	0 – 1400
Zbytková vlhkost [%]	49
Faktor – g	526
Teplota při pracím cyklu [°C]	30 – 90
Hlučnost [dB]	< 70

5.1.7 Nastavení pracího cyklu

Pro naše měření byl jako optimální prací program zvolen cyklus při teplotách praní 30° C a 40° C. Hlavním důvodem této volby je fakt, že praní při těchto teplotách je široce využíváno. Pokud se nejedná o velmi znečištěné prádlo či prádlo, které potřebuje vyvářku, není nutné prát při vyšších teplotách.

Z důvodu časové náročnosti praní byla délka pracího cyklu nastavena na 48 minut. Časové a procentuální zastoupení jednotlivých pracích úkonů zobrazuje Tabulka 4.

Tabulka 4: Nastavení pracího cyklu 48 min

Úkon	Doba úkonu [min]	Procentuální vyjádření doby [%]
Namáčení	9,5	cca 20
Praní	17	cca 35
Máchání 3x	17	cca 35
Odstředování	9,5	cca 20

Při použití ostatních programů praní (s celkovou dobou pracích cyklů 60 min a 38 min) byly upraveny jednotlivé úkony do stejného poměru jako v případě pracího cyklu trvajícím 48 min. Jako náplň pro praní byly použity froté ručníky, které zaručily stejnou gramáž praného materiálu po celou dobu měření.

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

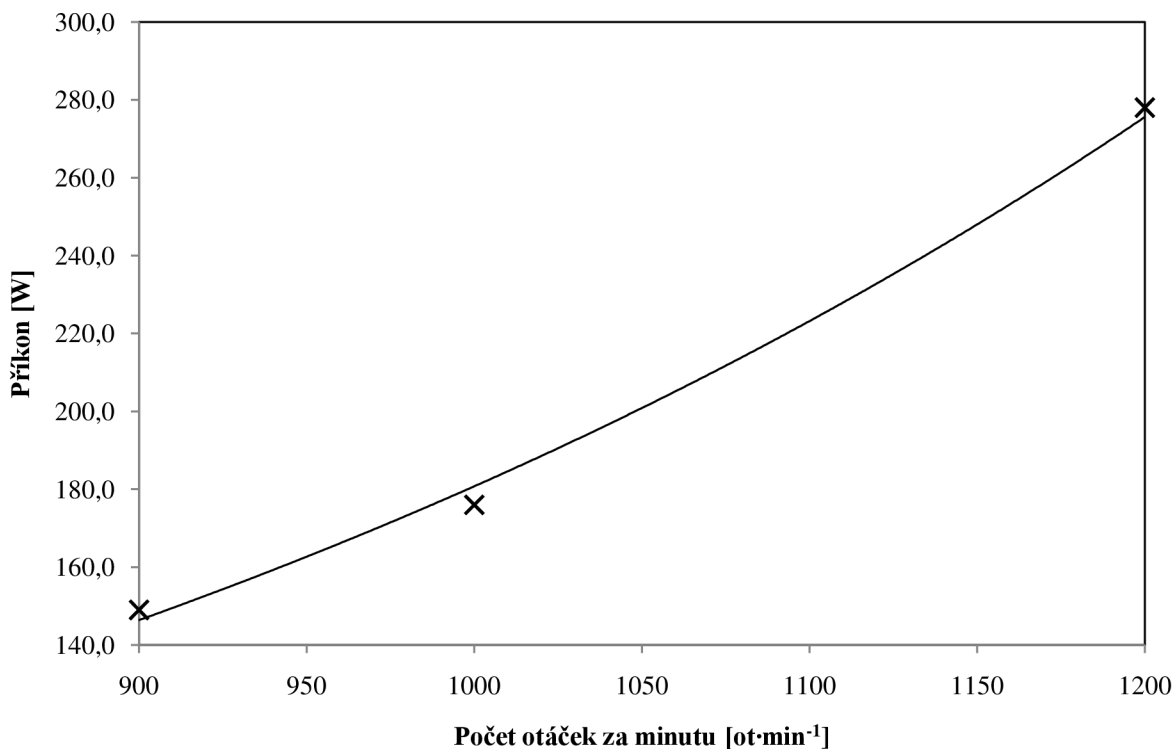
Úkolem mé práce bylo vyhodnotit ekonomiku provozu pračky s využitím teplé vody odebírané ze solárního systému.

Tabulka 5 zobrazuje naměřené hodnoty příkonu při pracím cyklu temperovaném na teplotu 40 °C, délce pracího cyklu 48 minut a proměnlivých otáčkách odstředování. Teplota vstupní vody přiváděné ze solárního systému byla 50 °C. Měření při jednotlivých otáčkách bylo opakováno třikrát. Hodnoty příkonů jsou tedy aritmetickými průměry ze tří měření.

Tabulka 5: Hodnoty příkonu v závislosti na otáčkách

Množství [kg]	Otáčky [Ot·min⁻¹]	Teplota praní [°C]	Příkon [W]	Doba pracího cyklu [min]	Teplota vstupní vody [°C]
3,2	1200	40,0	278,0	48	50,0
3,2	1000	40,0	176,0	48	50,0
3,2	900	40,0	149,0	48	50,0

Z grafického vyjádření závislosti příkonu na otáčkách odstředování (Graf 1) je patrné, že se zvyšujícím se počtem otáček narůstá hodnota příkonu pro prací cyklus. Nejnižší spotřeba energie bude tedy při nižších otáčkách. Zde se nabízí zamyšlení nad ekonomickou efektivitou odstředování, která v této práci nebyla měřena a hodnocena. Můžeme předpokládat, že počet otáček při odstředování má vliv na zbytkovou vlhkost materiálu. Za slunných dnů, při relativně nižší vzdušné vlhkosti, proto můžeme s výhodou snížit intenzitu odstředování a nechat prádlo dosušit při venkovní teplotě. Snížíme tím významně energetickou spotřebu. Vyšší počet otáček při odstředování může vést k polámání vláken prádla a snížení celkové životnosti prádla. proto vyšší otáčky nejsou doporučovány. Ze změřených hodnot dále vyplývá, že závislost výkonu na otáčkách odstředování není lineární a v mezním případě může představovat až 80% odebraného elektrického příkonu.



Graf 1: Závislost příkonu na počtu otáček

Tabulka 6: Naměřené hodnoty pro různou teplotu praní

Množství [kg]	Otáčky [Ot·min ⁻¹]	Teplota praní [°C]	Příkon [W]	Energie max.[W]	Doba pracího cyklu [min]	Teplota vstupní vody[°C]
3,2	900	40,0	149,0	2 662,0	48	50,0
3,2	900	30,0	93,0	2 564,0	48	50,0
3,4	1400	40,0	976,0	2 726,0	60	15,0
3,3	1400	30,0	530,0	2 528,0	60	15,0

Tabulka 6 uvádí naměřené hodnoty příkonu při podmínkách nastavených tak, aby mohla zhodnotit vliv teploty praní na příkonu.

Ze získaných hodnot vyplývá, že při teplotě vstupní vody 50 °C a otáčkách 900 ot·min⁻¹ dosáhneme nižšího příkonu při nižší teplotě praní. Za těchto podmínek dojde ke snížení příkonu o 38 %. Pokles příkonu můžeme sledovat i v případě teploty vstupní vody 15° C a otáčkách 1400 ot·min⁻¹. Zde dochází k poklesu o 46 %. Při porovnávání měření při 900 ot·min⁻¹ a 1400 ot·min⁻¹ musíme vzít v úvahu i rozdílnou dobu praní. Obě doby praní jsou nastaveny ve stejném poměru jednotlivých pracích úkonů, tudíž by se i hodnoty příkonů měly zkrátit v poměru jednotlivých časů.

V této tabulce můžeme sledovat vliv teploty vstupní vody na hodnotu příkonu. Z Tabulka 5 víme, že hodnota příkonu roste nelineárně s rostoucím počtem otáček a že vliv i když ne podstatný bude mít i doba pracího cyklu. Lze tedy říci, že teplota vstupní vody má zásadní vliv na spotřebu energie pro jeden prací cyklus. Což prokazují i hodnoty v Tabulka 7, i když zde opět musíme vzít v úvahu rozdílnou teplotu praní.

Tabulka 7: Hodnoty pro teploty vstupní vody 15 °C a 50 °C

Množství [kg]	Otáčky [Ot·min ⁻¹]	Teplota praní [°C]	Příkon [W]	Energie max.[W]	Doba pracího cyklu [min]	Teplota vstupní vody[°C]
3,2	1200	40,0	278,0	2 640,0	48	50,0
3,2	1200	30,0	473,0	2 642,0	48	15,0

Tabulka 8 shrnuje hodnoty pro různé nastavení podmínek. Při protikladném nastavení podmínek, tedy co nejvyšší otáčky, vyšší teplota praní, vyšší doba pracího cyklu a nízká teplota vstupní vody a na druhé straně nejnižší otáčky, nižší teplota praní, nižší doba pracího cyklu a vysoká teplota vstupní vody ze solárního systému, bylo dosaženo rozdílu téměř 900W na jeden prací cyklus.

Tabulka 8: Hodnoty při různém nastavení

Množství [kg]	Otáčky [Ot·min ⁻¹]	Teplota praní [°C]	Příkon [W]	Energie max.[W]	Doba pracího cyklu [min]	Teplota vstupní vody[°C]
3,4	1400	40,0	976,0	2 726,0	60	15,0
3,4	1200	40,0	565,0	2 628,0	60	40,0
3,2	900	40,0	149,0	2 662,0	48	50,0
3,2	1200	30,0	473,0	2 642,0	48	15,0
3,2	1200	30,0	224,0	2 634,0	38	40,0
3,2	900	30,0	93,0	2 564,0	48	50,0

Z naměřených hodnot elektrického příkonu pro rozdílnou teplotu vody na vstupu 40 °C a 50 °C je patrné, že i po uvážení všech podmínek, má teplota vstupní vody podstatný vliv na spotřebu energie. Při použití vstupní vody ohřáté pouze na 40 °C dochází k takovým ztrátám při průchodu potrubím, že je nutné vodu dohřát odporovým tělesem na požadovanou teplotu. Při použití vody ohřáté na 50 °C dojde sice také ke ztrátám, ale voda si zachová dostatečnou teplotu a není nutný doohřev. Docházíme tedy ke stejným závěrům, které uvádí práce Perssona [9], že teplota vstupní vody má značný vliv na spotřebu elektrické energie.

Pračka je k zásobníku solárně ohřáté vody v našem případě připojena potrubím o délce 1,20 m. Délka potrubí se může projevit na ztrátách tepla při průchodu potrubím. Ztráty vlivem délky potrubí a jeho průměru uvádí ve své práci [5] Persson. Se vzrůstající délkou a vzrůstajícím průměrem narůstají i ztráty.

Koncept zapojení teplé vody přes tepelný výměník (trubka v trubce) zabudovaný v pračce využívá k zapojení dvě trubky. Instalace tohoto typu zapojením může být složitější. Toto zapojení sebou nese výhodu možnosti připojení nejen k solárnímu systému, ale například i k dálkovému vytápění nebo teplenému čerpadlu [5]. Tento typ vykazuje vyšší úspory elektrické energie než zapojení s přímým plněním teplou vodou, ale je náročnější z hlediska počáteční investice[9, 29]. Nejběžněji rozšířenými pračkami na trhu jsou v dnešní době pračky, které mají vstup pouze na studenou vodu. Přímé připojení k teplé vodě u tohoto typu vyžaduje zvláštní předřazenou jednotku pro míchání teplé a studené vody a komplikuje i řízení pracího cyklu. Na trhu jsou však k dostání i pračky, které mají dva vstupy a to na studenou i teplou vodu. Instalace a řízení pracího programu u tohoto typu praček je při porovnání s ostatními možnostmi velmi snadná. Nespornou výhodou je i fakt, že si pračka

sama řídí vstup teplé a studené vody ve všech fázích pracího cyklu, a proto není nutná žádná dodatečná výbava.

Jako součást této práce jsem zjišťovala momentální dostupnost praček, které mají dva vstupy – na teplou a studenou vodu. Na trhu byly nalezeny tři produkty. Jedná se o průmyslovou pračku Miele Professional typ PW 6080 LP. [24] Cenu pračky v tuzemských podmínkách se mi nepodařilo zjistit, v zemích EU se cena pohybuje okolo 5 500 €. Další nalezenou pračkou je taktéž pračka pro průmyslové využití od firmy Whirpool typ AWM 9100/GH, jejíž cena bez DPH činí 29 990 Kč [25]. Posledním nalezeným spotřebičem je pračka pro domácnosti Candy GO 1472 DEHC. Tento jediný nalezený spotřebič je primárně určen pro domácnosti a je proto dostupný i svou cenou, která se pohybuje v rozmezí 12 000 – 17 000 Kč. [26]

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést literární rešerši a posoudit ekonomiku provozu pračky s využitím teplé užitkové vody ze solárního systému.

V práci jsou popsány součásti a fungování solárního systému. Uvedeny jsou možnosti zapojení pračky k odběru solárně ohřáté vody. Dále jsou krátce prodiskutovány výhody a nevýhody jednotlivých zapojení.

Ekonomika provozu pračky byla sledována na reálném solárním systému Vracov, který je dimenzován pro ohřev TUV a přitápění. Byly definovány podmínky pracovního cyklu. Fungování pračky s odběrem teplé užitkové vody ze solárního systému bylo během našeho posuzování bezproblémové. Bylo ověřeno snížení spotřeby elektrické energie pro jeden pracovní cyklus a také zlepšení celkové ekonomiky provozu solárního systému.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Slunce* [online]. AGA & Štefánikova hvězdárna v Praze, 2003, 22. 3. 2011 [cit. 2011-03-22]. Týdeník. Česky.
Dostupný z WWW:<<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/slunce.html>>
- [2] J. Škorpík, *Sluneční záření jako zdroj energie*, publikováno na stránkách Transformační technologie, 2006, 22. 3. 2011 [cit. 2011-03-22], ISSN 1804–8293
Dostupné z: <<http://oei.fme.vutbr.cz/jskorpik/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>>
- [3] *Solární energie* [online], 2009. 1.4.2011 [cit. 2011-04-01].
Dostupné z: <<http://www.uspory-energie.com/solarni-energie>>
- [4] LADENER, Heinz, SPÄTE, Frank.: *Solární zařízení*. Translation (c) Ján Struška, Petr Kramoliš. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. 268 s. ISBN 80-247-0362-9
- [5] Persson, Thomas; Rönnelid, Mats. Increasing solar gains by using hot water to heat dishwashers and washing machine. *Applied Thermal Engineering*. 2007, vol. 27, issue 2-3, pp. 646-657
- [6] *Solární kolektory* [online]. Pražská energetika, a.s., 2008. 3. 4. 20011 [cit. 2011-04-03]
Dostupné z: <<http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html>>
- [7] *Solární kolektory* [online]. Ecomont, s. r. o., 2010. 4.4 2011 [cit. 2011-04-04]
Dostupné z: <<http://www.ecomont.cz/solarni-kolektory.html>>
- [8] *Energetická spotřeba bytů*. ENERGO 2004, 2005. Český statistický úřad. [cit. 2011-04-06]
Dostupné z: <<http://www.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/p/8109-05>>
- [9] Persson, T. Dishwasher and washing machine heated by a hot water circulation loop. *Applied Thermal Engineering*. 2007, vol. 27, issue 1, pp. 120-128
- [10] *Umístění slunečního kolektoru* [online]. SolarHit, Orlová Poruba. 8.4. 2011 [cit. 2011-04-08]
Dostupný z: <<http://www.solarhit.cz/index.asp?menu=764>>
- [11] *Energie slunce – sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu* [online]. Ekowatt, 2007. 8. 4. 2011 [cit. 2011-04-08]
Dostupné z:<<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>>
- [12] *Solární záření v ČR* [online]. Orlová Poruba. 8. 4. 2011 [cit. 2011-04-08]
Dostupný z: <<http://www.solarhit.cz/index.asp?menu=774>>

- [13] Matuška, T.: *Prvky solárních soustav(I): Teplonosné látky pro kapalinové solární soustavy*. ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí [online]. 2006 [cit. 20011-04-08]. Dostupný z: <<http://www.tzb-info.cz/3418-prvky-solarnich-soustav-i>>
- [14] Matuška, T.: *Teplonosná kapalina* [online]. 9. 4. 2011 [cit. 20011-04-09]. Dostupný z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/teplonosna-kapalina>>
- [15] Matuška, T.: *Pojistný ventil* [online]. 17. 4. 2011 [cit. 20011-04-17]. Dostupný z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/pojistny-ventil>>
- [16] Matuška, T.: *Potrubi solárních soustav* [online]. 17. 4. 2011 [cit. 20011-04-17]. Dostupný z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/potrubi-solarnich-soustav>>
- [17] *ENERGIE SLUNCE - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu* [online], Ekowatt 2008, [cit. 2011-04-18]
Dostupné z: <<http://www.ekowatt.cz/uspor/aktivni-solarni-zisky.shtml>>
- [18] Matuška, T.: *Solární soustavy - rozdělení podle měrného průtoku teplonosné kapaliny kolektory* [online]. 19. 4. 2011 [cit. 20011-04-19]. Dostupný z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-soustavy-rozdeleni-podle-merneho-prutoku-teplonosne-kapaliny-kolektory>>
- [19] TINTĚRA, Ladislav. *Úspory energie v domácnosti*. 1. vyd. Šlapanice: Vydavatelství ERA, 2004. 144s. ISBN 80-86517-87-X
- [20] Themeßl, Armin; Weiß, Werner; Hollan, Jan: *Svépomocné solární systémy: Příručka projektování a stavby solárních systémů*. 2003. 61s. Příručka pro workshop „svépomocné instalace“. Vydavatel: ZO ČSOP Veronica. Ekologický institut Veronica.
- [21] *Ohřev TUV* [online]. SolarHit, Orlová Poruba. 23. 4. 2011 [cit. 2011-04-23]
Doztupný z: <<http://solarhit.anaweb.cz/index.asp?menu=757764>>
- [22] *SEPA a Legionella Pneumophylis* [online]. 2009. IWET a.s. - Industrial water and environmental technology. 22. 4. 2011 [cit. 2011-04-22]
Dostupný z: <<http://www.iwet.cz/sepa/#sepa8>>
- [23] Kožíšek, F.; Kos, J.; Pumann P.: *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*. 2007. Státní zdravotní ústav, Praha. Učební pomůcka. 22. 4. 2011 [cit. 2011-04-22]
Dostupné z: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hygienicke-minimum-pro-pracovniky-ve-vodarenstvi>>
- [24] PW 6080 LP Miele Professional. Miele spol. s r. o.. Popis produktů[online]. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: http://profi.miele.cz/profesional/cz/profesionalni-pristroje/pristroje-pro-pradelny/578-PW_6080_LP.html

- [25] Pračka Whirlpool AWM 9100. Promos Alfa [online]. 2011. [cit. 2011-04-18]
Dostupné z: <<http://www.promosalfa.cz/velkopradelny/prumyslove-pracky/prumyslova-pracka-whirlpool-awm-9100.html>>
- [26] Heureka. Nákupní poradce [online]. 18. 4. 2011 [cit. 2011-04-18]
Dostupné z: <<http://www.heureka.cz/?h%5Bfrazek%5D=%5BCandy%5D%5BGO%5D%5B1472%5D%5BDEHC%5D>>
- [27] Matuška, T.: *Trendy v solární tepelné technice (IV) - Fasádní solární kolektory* [online]. ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. 10. 10. 2005 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/2773-trendy-v-solarni-tepelne-technice-iv-fasadni-solarni-kolektory>>
- [28] KOTLÍK, J.; PŮČKOVÁ, H. *Vizualizace a on-line přístup k solárním systémům*. In *Biotechnology 2006*, přednáška. České Budějovice 2006, Scientific Pedagogical Publishing, České Budějovice. 2006. p. 549 - 552. ISBN 80-85645-56-4.
- [29] KOTLÍK, J.; PŮČKOVÁ, H. *Increasing solar gains by using hot water for needs small home appliance*. Brno, CZ, STRC. 2007. (10 p.).
- [30] KOTLÍK, J.; KOTLÍKOVÁ, S. *Modul SH8 a příklady řízení kombinovaných systémů*. Vracov, VZŠČK Vracov. 2006. (25 p.).
- [31] Peterka, J.; Kaliba P.: *Individuální údržba solární soustavy v rodinných domech (II)* [online]. 2006. [cit. 2011-04-17].
Dostupný z: <<http://www.tzb-info.cz/3171-individualni-udrzba-solarni-soustavy-v-rodinnych-domech-ii>>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

OZE	obnovitelné zdroje energie
AU	astronomická jednotka
I	intenzita slunečního záření
I_p	přímé sluneční záření
I_D	difúzní sluneční záření
PU	polyuretan
UV	ultrafialové
ČR	Česká republika
TUV	teplá užitková voda
PC	osobní počítač
LCD	liquid crystal display
EU	Evropská unie

10 ZDROJE OBRÁZKŮ

Obrázek 8 <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/akt2.gif>
Obrázek 9 <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/akt1.gif>