

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Návrh řešení ohřevu TUV pro domácnost pomocí
solárních kolektorů**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch ŠAFÁŘ**
Osobní číslo: **E13B0291P**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh řešení ohřevu TUV pro domácnost pomocí solárních kolektorů**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte základní parametry solárních kolektorů.
2. Zpracujte přehled dostupných kolektorů a jejich možného příslušenství v ČR.
3. Navrhněte řešení solárního tepelného systému pro ohřev TUV, který by pokryl základní denní potřeby 2 členné rodiny v ročním období duben až září.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Praha, 1994, ISBN 80-900759-5-9.
2. Murtinger, K.: Solární energie pro váš dům, Brno, 2005, ISBN 80-7366-029-6.
3. Filleux, Ch.: Solární teplovzdušné vytápění: koncepce, technika, projektování, Ostrava, 2006, ISBN 80-86167-28-3.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Holý

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. června 2016


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou solárních kolektorů a návrhem systému na ohřev teplé užitkové vody pomocí solárních kolektorů. Práce je rozdělena do 3 částí. V první části jsou nastíněny základní informace o sluneční energii a uvádí parametry solárních kolektorů. Druhá část práce popisuje vlastnosti jednotlivých typů solárních kolektorů a příslušenství např. solárních zásobníků, expanzních nádob, výměníků atd. a jeho přibližný cenový rozsah na trhu v České republice. V třetí části je pak návrh solárního systému pro ohřev TUV pro 2 člennou domácnost v období duben až září. Jedná se o návrh plochy kolektorů, výběr vhodného typu kolektoru, velikosti solárního zásobníku, expanzní nádoby a volby čerpadla.

Klíčová slova

Sluneční energie, solární kolektor, solární systém, TUV, ohřev, zásobník, Slunce, solární příslušenství, trh.

Abstract

This bachelor thesis is focused on issue of solar collectors and a design of system for heating hot water through solar collectors. Thesis is divided into three parts. The first part includes basic information about solar energy and parameters of solar collectors. The second section describes properties of individual types of solar collectors and accessories, for example solar tanks, expansion tank, exchangers etc. and their market price range in the Czech Republic. The third part includes a proposal for solar system for heating TUV two-person household in the period from April to September. This proposal contains a collector's area, a selection suitable type of collector, a size of solar tank, expansion tank and a selection of pump.

Key words

Solar energy, solar collectors, solar systems, TUV, heating. sun, solar accessories, market

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 31.5.2016

Vojtěch Šafář

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, Ing. Jaroslavu Holému, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	11
ZÁKLADNÍ INFORMACE, DRUHY A PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	12
1.1 SLUNCE A JEHO ENERGIE.....	12
1.1.1 Slunce.....	12
1.1.2 Dopad slunečního záření na zemský povrch.....	12
1.1.3 Využití solární energie v ČR.....	14
1.2 PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ.....	15
1.2.1 Vztažná plocha.....	15
1.2.2 Výkon a účinnost.....	17
1.2.3 Tepelný výkon.....	21
1.2.4 Modifikátor úhlu dopadu.....	22
1.2.5 Výkonnost.....	24
2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY A PŘÍSLUŠENSTVÍ VYUŽÍVANÉ V ČR	26
2.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY.....	28
2.2 NOSNÁ KONSTRUKCE.....	34
2.3 SOLÁRNÍ ZÁSOBNÍKY.....	34
2.4 VÝMĚNÍK.....	35
2.5 OBĚHOVÉ ČERPADLO.....	35
2.6 POTRUBÍ A IZOLACE.....	36
2.7 ELEKTRONICKÝ REGULÁTOR.....	36
2.8 EXPANZNÍ NÁDOBA.....	36
2.9 OSTATNÍ.....	37
3 NÁVRH SOLÁRNÍHO TEPELNÉHO SYSTÉMU PRO PŘÍPRAVU TUV	38
3.1 CELKOVÁ PLOCHA KOLEKTORŮ A TEPELNÁ BILANCE.....	38
3.2 VÝBĚR VHODNÉHO TYPU KOLEKTORU.....	43
3.3 VELIKOST SOLÁRNÍHO ZÁSOBNÍKU.....	45
3.4 VELIKOST EXPANZNÍ NÁDOBY.....	45
3.5 VOLBA ČERPADLA.....	45
3.6 MONTÁŽNÍ SADY.....	46
3.7 CELKOVÁ CENA SOLÁRNÍHO SYSTÉMU.....	46
ZÁVĚR	48
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	49
PŘÍLOHY	1
PŘÍLOHA A - PRŮMĚRNÝ POČET HODIN SLUNEČNÍHO SVITU VE VYBRANÝCH MĚSTECH.....	2
PŘÍLOHA B – TECHNICKÝ LIST SOLÁRNÍHO KOLEKTORU KPG1+.....	3
PŘÍLOHA C – TECHNICKÝ LIST SOLÁRNÍHO KOLEKTORU TS 400.....	4
PŘÍLOHA D – TECHNICKÝ LIST SOLÁRNÍHO ZÁSOBNÍKU VODY OKC 250 SOL.....	5
PŘÍLOHA E – TECHNICKÝ LIST EXPANZNÍ NÁDOBY SL018.....	6
PŘÍLOHA F – TECHNICKÝ LIST ČERPADLOVÉ SKUPINY S1 SES3 E.....	7

Seznam symbolů a zkratek

A_A	Plocha absorberu (m^2)
A_a	Plocha apertury (m^2)
A_G	Obrysová plocha (m^2)
\dot{M}	Hmotnostní průtok teplotnosné kapaliny kolektorem (kg/s)
c	Měrná tepelná kapacita teplotnosné kapaliny (J/kg.K)
t_{k1}	Teplota kapaliny na vstupu solárního kolektoru ($^{\circ}C$)
t_{k2}	Teplota kapaliny na vstupu solárního kolektoru ($^{\circ}C$)
\dot{Q}_k	Výkon solárního kolektoru (W)
G	Sluneční ozáření (W/m^2)
A_k	Vztažná plocha kolektoru (m^2)
η_A	Účinnost solárního kolektoru (-)
η_0	Účinnost při nulových teplotních ztrátách
a_1	Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru ($W/m^2.K$)
a_2	Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru ($W/m^2.K^2$)
K_{θ}	Modifikátor úhlu dopadu (-)
$K_{\delta L}$	Modifikátor úhlu v podélné rovině (-)
$K_{\delta T}$	Modifikátor úhlu v příčné rovině (-)
t_m	Provozní teplota ($^{\circ}C$)
t_e	Venkovní teplota ($^{\circ}C$)
c_w	Měrná tepelná kapacita vody ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
q_w	Hustota vody při střední teplotě ($^{\circ}C$)
V	Objem (m^3)
t_1	Vstupní teplota ($^{\circ}C$)
t_2	Výstupní teplota ($^{\circ}C$)
$Q_{potř}$	Energie potřebná k ohřátí vody (kW.h)
$Q_{den teor}$	Energie teoreticky dopadající na plochu za den (kW.h.m ⁻²)
τ_{pom}	Poměrná doba slunečního svitu (-)
τ_{skut}	Skutečná doba slunečního svitu (-)
τ_{teor}	Teoretická doba slunečního svitu (-)
Q_{den}	Energie dopadající na plochu za průměrný den v měsíci (kW.h.m ⁻²)
r	Poměrná reflexní schopnost (-)

k	Součinitel prostupu tepla (-)
t_v	Průměrná teplota vzduchu (°C)
$I_{stř}$	Střední intenzita záření (W.m ⁻²)
$Q_{A\ den}$	Energie zachycená 1 m ² solárního kolektoru za prům. den (kW.h.m ⁻²)
p	Ztráty (%)
S_A	Plocha solárního kolektoru (m ²)

Úvod

Lidstvo se nachází na vysoké technické úrovni. Rozvíjející se technika s sebou nese rostoucí požadavky na množství elektrické energie. Většina elektrické energie je vyráběna v elektrárnách z neobnovitelných zdrojů a ty na naší planetě začínají pomalu docházet. Lidstvo je postaveno před úkol nahradit neobnovitelné zdroje energie těmi obnovitelnými (alternativními), jako je sluneční energie, energie z větru a vodní energie. Bude to však ještě dlouhý proces, než se lidstvo stane úplně nezávislé na neobnovitelných zdrojích.

Nedostatek neobnovitelných zdrojů a zvyšující se poptávka po elektrické energii má za důsledek zvyšování cen. Lidé si na svůj dům instalují různá zařízení, jako jsou solární panely a kolektory. Tím se snaží udělat svůj domov méně závislým na dodavatelích energií. Nejčastěji pomocí energie ze slunce ohřívají teplou užitkovou vodu nebo si pomocí fotovoltaických panelů vyrábějí energii sami. Výhodou sluneční energie je, že je dostupná každému člověku na této planetě a zároveň se jedná o nevyčerpatelný zdroj energie.

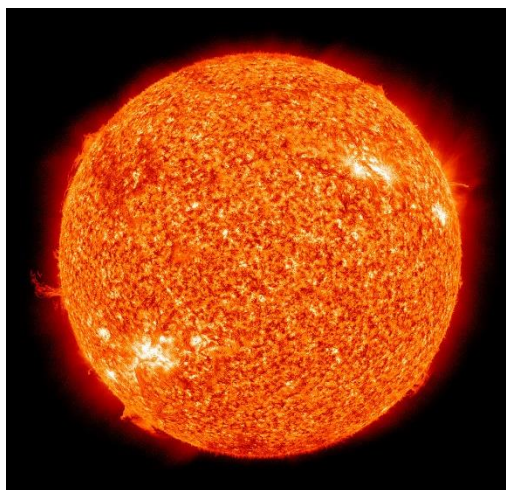
Tato bakalářská práce se zaměřuje na solární kolektory, přesněji na ohřev TUV pomocí kolektorů. Solární kolektor je zařízení, které energii ze slunce přemění na tepelnou energii. Vhodně navržené solární kolektory by měly pokrýt celou spotřebu TUV v letních měsících a v zimních měsících by měly poskytovat dostatečnou podporu přídatnému zdroji pro ohřev vody. Tato bakalářská práce je rozdělena do třech částí. V první části této práce je popsán dopad sluneční energie na Zemi a parametry kolektorů, které by měly člověku pomoci při jejich výběru. V druhé části jsou shrnuty důležité části solárního systému, které je možné zakoupit na trhu v ČR. K ohřevu TUV jsou potřebné nejen vhodné kolektory, ale i celá řada příslušenství, bez kterých by systém nebyl funkční. Třetí část se zabývá návrhem systému ohřevu TUV pro 2 člennou domácnost. Nejprve je spočteno potřebné množství vody pro 2 člennou rodinu. Na základě toho je zvolena vhodná velikost solárního zásobníku, konkrétní typ solárních kolektorů a vhodné příslušenství např. oběhové čerpadlo.

Základní informace, druhy a parametry solárních kolektorů

1.1 Slunce a jeho energie

1.1.1 Slunce

Slunce je naší nejbližší hvězdou a je staré přibližně 4,6 miliard let. Nachází se ve středu sluneční soustavy, jejíž součástí je i naše planeta - planeta Země. Slunce je pro nás velice důležité. Představuje totiž jediný zdroj energie pro naši planetu a pro život na ní. Jedná se o kouli o průměru $139,2 \cdot 10^4$ km. Pro představu průměr země je 6378 km. Slunce je tedy 109krát větší než naše domovská planeta. Skládá se ze 73,5 % z vodíku, 24,5 % helia a zbylá 2% tvoří další prvky například kyslík, uhlí, železo aj.. Teplota na povrchu činí asi 5800 K. Je to tedy žhavá koule plazmatu. Díky vysoké teplotě zde mohou probíhat termonukleární reakce, které jsou zdrojem energie Slunce. Při termonukleárních reakcích se vodík mění na helium a uvolňuje se obrovské množství energie. Podle odhadů vědců se dá očekávat, že Slunce bude svítit a produkovat energii ještě dalších 5 – 7 miliard let. Tato doba je z pohledu člověka nepředstavitelně dlouhá, a tak se dá mluvit o Slunci, jako o nevyčerpatelném zdroji energie.[1][8]



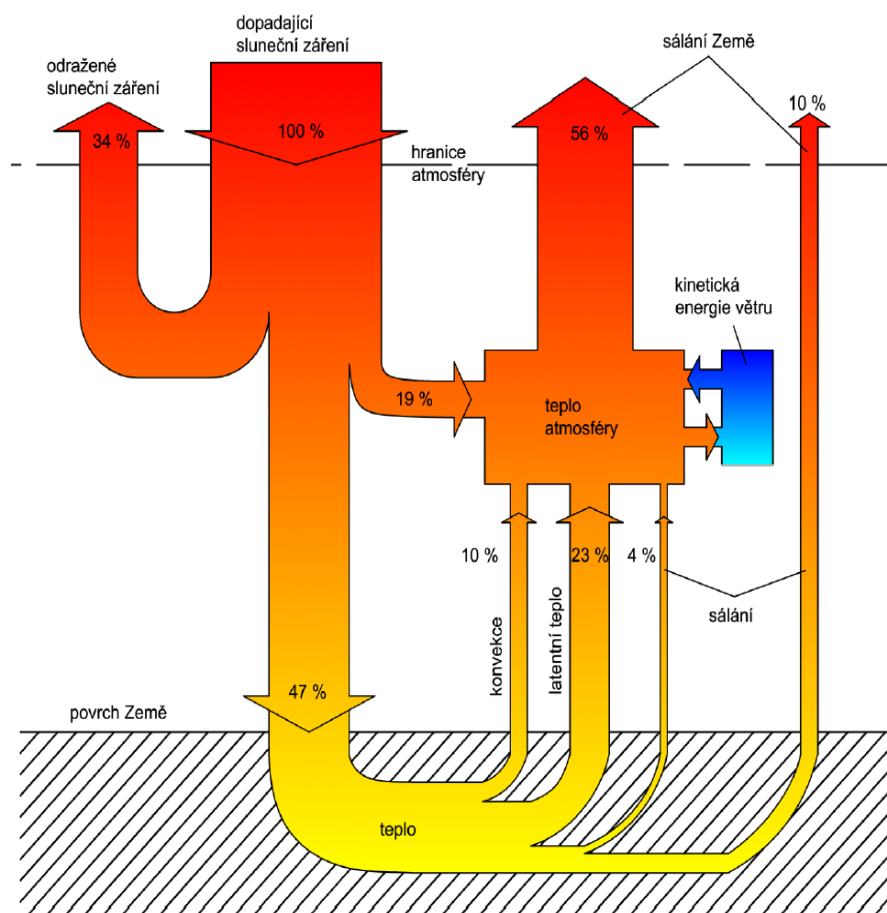
Obr.1.1 Slunce [8]

1.1.2 Dopad slunečního záření na zemský povrch

Na zemský povrch, který je kolmý k slunečním paprskům, dopadá měrný tok energie asi $1,4 \cdot 10^4$ W.m⁻². Přesná hodnota je 1360 W.m⁻² tzv. solární konstanta. Jen nepatrná část

celkové energie vyzážené sluncem dopadne na zemský povrch (jedna dvoumiliardtina tj. asi $1,8 \cdot 10^{14} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), další malou část zachytí ostatní planety sluneční soustavy a zbytek je vyzážen do mezihvězdného a mezigalaktického prostoru. V částech atmosféry se zachytí záření, které je nebezpečné pro život (např. rentgenové a ultrafialové záření). V troposféře (nižší vrstva atmosféry) je část záření pohlcena vodní párou, prachem, kapkami vody v mracích a oxidem uhličitým. Z celkové energie je atmosférou pohlceno 19 % energie. 34 % energie se od mraků a zemského povrchu odrazí zpět do vesmíru. Z toho vyplývá, že jen 47 % sluneční energie je pohlceno zemským povrchem. Tato energie prochází různými změnami:

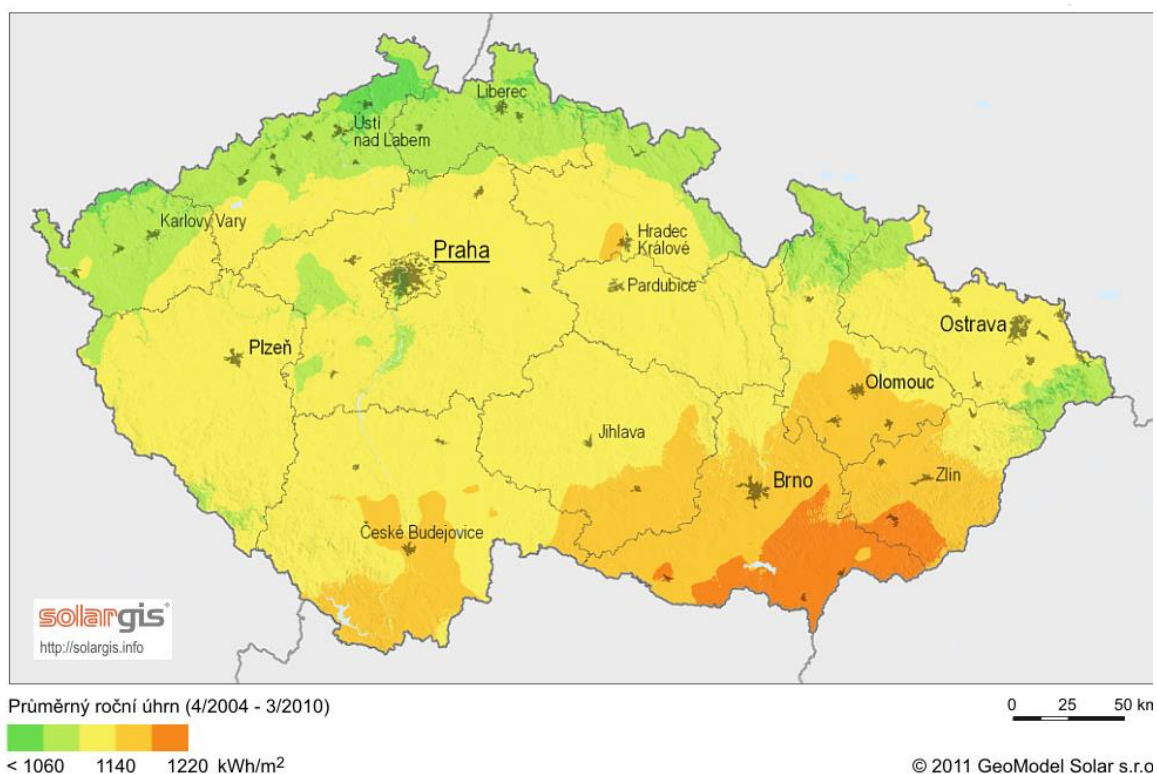
- Přeměna na teplo
- Vypařování vody (latentní teplo)
- Vznik větru
- Biologické reakce v biosféře



Obr. 1.2 Přeměna energie slunečního záření dopadajícího na Zemi [1]

1.1.3 Využití solární energie v ČR

Energii slunce lze přeměnit na energii mechanickou, elektrickou, případně chemickou. Nás nejvíce zajímá přeměna na energii elektrickou. Tuto energii můžeme poté využít na vytápění nebo na ohřev užitkové vody, tj. teplo s teplotou do 100 °C. Dle předpokladů na 1 m² dopadá 1100 kWh sluneční energie, na celé území České republiky pak v průměru $8,86 \cdot 10^3$ kWh. [10]



Obr. 1.3 Globální horizontální záření [9]

Tu samou energii uvolníme spálením $2,25 \cdot 10^{13}$ kg hnědého uhlí o výhřevnosti $3,85 \text{ kW.h.kg}^{-1}$. Množství sluneční energie, která dopadne na Českou republiku, je samozřejmě závislé na několika faktorech. Dle ročního období se mění množství energie. V létě je tedy logicky energie mnohem více než v zimě, kdy je jí nedostatek. Dále je důležitým faktorem oblačnost. Průměrně v ČR svítí slunce (bez oblačnosti) 1460 hodin. Doba svitu se mění se zeměpisnou polohou. Nejmenší počet hodin připadá na severozápad ČR, naopak největší počet hodin je na jihovýchodě ČR. V příloze A si můžeme prohlédnout, jak se mění počty hodin v některých městech v průběhu celého roku. Rozdíl činí přibližně 10 %. [1][9]

1.2 Parametry solárních kolektorů

Pro správný návrh solárních soustavy a následný výběr vhodných solárních kolektorů je nutné znát alespoň základní technické parametry solárních kolektorů. V následující kapitole si představíme tyto parametry.

- Vztažná plocha
- Výkon a účinnost
- Tepelný výkon
- Modifikátor úhlu dopadu
- Výkonnost

1.2.1 Vztažná plocha

U solárních kolektorů můžeme rozlišit tři základní plochy. K těmto plochám se pak vztahují parametry kolektoru, zejména křivka účinnosti.

a) Plocha absorbéru A_A

Také někdy bývá označována jako „aktivní“ plocha. Na této ploše se dopadající sluneční záření mění v teplo. Ze všech tří ploch je tato plocha nejmenší a její změření je problematické. Ke změření je zapotřebí rozebrání kolektoru (plochého) nebo rozbití kolektoru (trubkového). Pro různé typy kolektoru, na rozdíl od apertury, je různě definovaná. Jako vztažná plocha se z těchto důvodů běžně nepoužívá, avšak zkušební norma to umožňuje. Vztažení křivky účinnosti k ploše absorbéru nicméně lze najít u některých dodavatelů solárních kolektorů, a to především z marketingových důvodů.

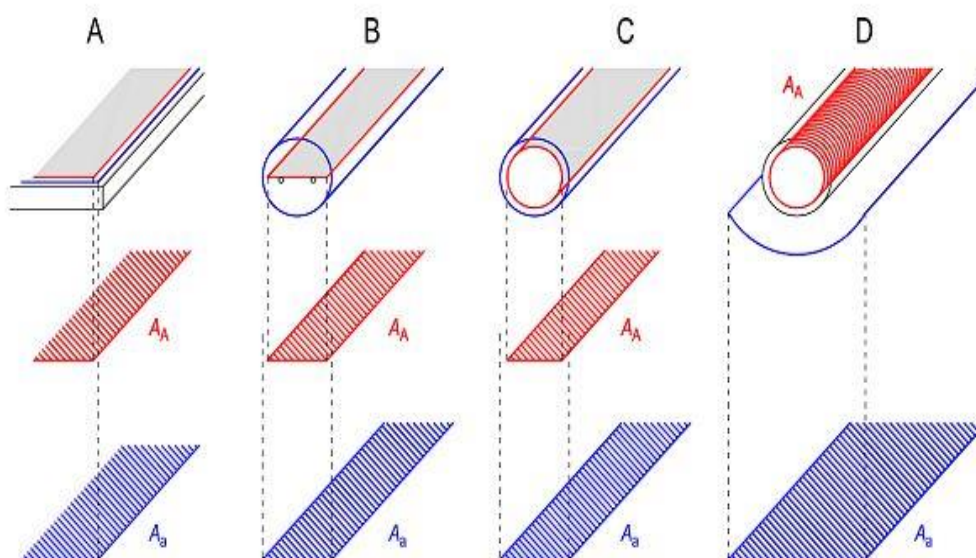
[3][10][11]

b) Plocha apertury A_a

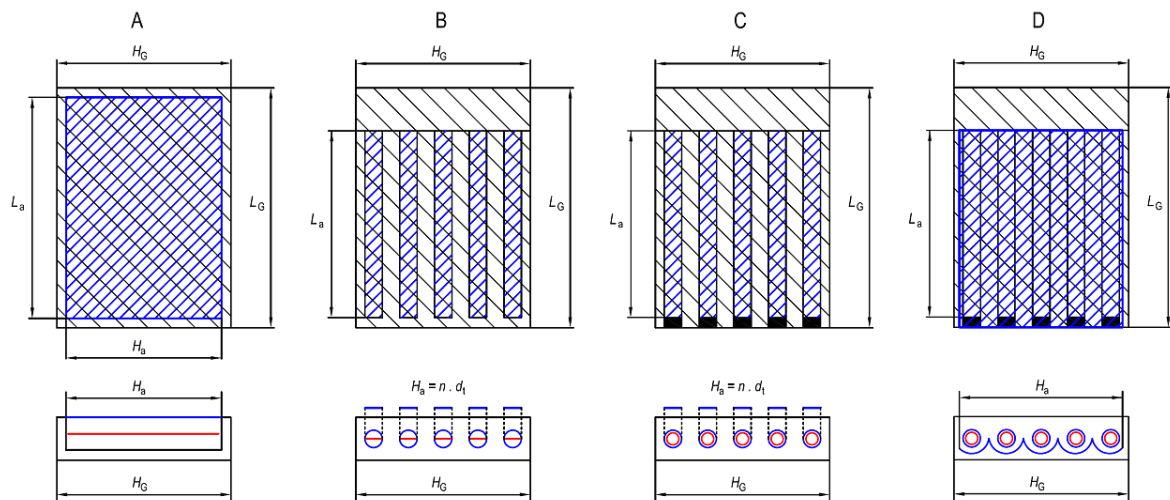
Plocha otvoru, kterým vstupuje nesoustředěné sluneční záření do kolektoru. Snadno se měří, jelikož je přístupná zvnějšku. Plocha apertury je obecně považována za referenční plochu kolektoru a jako referenční jí považují i evropské normy a certifikační systémy. Pokud chceme porovnat vlastnosti dvou solárních kolektorů, a to z hlediska konstrukce a kvality provedení, je vztažení křivky účinnosti k ploše apertury vhodné. Avšak z hlediska porovnání kolektorů s různými užitnými plochami nebo potenciálu kolektoru pro danou aplikaci je toto vztažení nevhodné. [3][10][11]

c) Obrysová plocha A_G

Plocha průmětu celkového obrysu solárního kolektoru, tedy skutečná plocha, kterou kolektor zaujímá v prostoru. Vztažení křivky účinnosti k této ploše je vhodné z hlediska porovnání kolektorů s různými užitnými plochami případně rozhodování o potenciálu pro danou aplikaci. Při analýze potenciálu využití solární energie na konkrétní ploše by se investor měl zajímat o výkon a účinnost kolektoru vztažené k obrysové ploše. Podíl neúčinné plochy k celkové ploše, kterou zabírá kolektor, je u trubkových kolektorů bez reflektoru cca 40 %. Pokud to porovnáme například s plochými kolektory, tam se tento podíl pohybuje okolo 10 %, je rozdíl jasně viditelný. [3][10][11]



Obr. 1.4 Definice plochy absorberu a apertury kolektorů: a) plochý; b) trubkový s plochým absorbérem; c) trubkový s válcovým absorbérem; d) trubkový s válcovým absorbérem a reflektorem [3]



Obr. 1.5 Definice plochy apertury a obrysové plochy solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorbérem; C) trubkový s válcovým absorbérem; D) trubkový s válcovým absorbérem a reflektorem [3]

Zkušební norma nebyla původně navržena pro solární kolektory s reflektorem neboli koncentrační solární kolektory. Tyto kolektory tedy nemají přesně definovanou plochu absorbéru, plochu apertury, ani obrysovou plochu a může zde tudíž docházet k jistým nesrovnalostem. V praxi ale zkušebny uvažují jako plochu absorbéru povrch válcové absorpční trubky. Za plochu apertury je považován průmět plochy reflektoru. [3][11][12]

1.2.2 Výkon a účinnost

Výkon

Ke správnému určení výkonu solárního kolektoru je zapotřebí znát dvě věci. Zprv je nutné změřit průtok teplotné kapaliny kolektorem a zadruhé musíme znát teplotu této kapaliny na vstupu i na výstupu solárního kolektoru. [10] Výkon je poté dán vztahem:

$$\dot{Q}_k = \dot{M} \cdot c \cdot (t_{k2} - t_{k1}) \quad (W) \quad (1.1)$$

kde:

- \dot{M} – hmotnostní průtok teplotné kapaliny kolektorem (kg/s)
- c – měrné tepelná kapacita teplotné kapaliny (J/kg.K)
- t_{k1} – teplota kapaliny na vstupu solárního kolektoru (°C)
- t_{k2} – teplota kapaliny na výstupu solárního kolektoru (°C)

Solární soustavy jsou provozovány celoročně, proto je nutné s ohledem na ochranu soustavy před mrazem v zimních měsících používat jako teplotnou kapalinu nemrznoucí

směs. V drtivé většině dnes nabízených solárních kolektorů jsou vodní směsi monopropylenglykolu. Dříve se používal etylenglykol. Ten se však přestal používat z důvodu, že je jedovatý. V plochých kolektorech jsou použity klasické inhibitorové směsi, se stagnační teplotou pod 180 °C a v trubkových vakuových kolektorech jsou používány již pokročilé směsi s kapalnými inhibitory, kde se stagnační teplota pohybuje do 250 °C. Stagnační teplota je taková teplota, kterou dosáhne solární kolektor za situace, kdy ze systému není odebíráno žádné teplo (např. teplá voda z bojleru). Teplonosná kapalina přejde do varu. Poté z kapalného stavu do plynného a začne se rozpínat. Nárůst objemu se ztrácí v expanzní nádobě, dochází ke chladnutí a teplonosná kapalina přechází zpět do kapalného stavu. V tabulce 1.2 můžeme vidět příklady teplonosných látek u vybraných výrobců. [10][12][13]

Teplonosná 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

Tabulka 1.1 Teplonosné látky používané jednotlivými výrobci [12]

Účinnost

Účinnost je obecně definována jako podíl výkonu zařízení a energie přivedené do zařízení, tedy příkonu. Jedná-li se o solární kolektor, je tedy účinnost za ustálených podmínek definována jako podíl tepelného výkonu odváděného teplonosnou kapalinou pryč z kolektoru a jakéhosi příkonu od slunečního záření dopadajícího na kolektor. [10][15]

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{G \cdot A_k} \quad (-) \quad (1.2)$$

kde:

- \dot{Q}_k – Výkon solárního kolektoru (W)
- G – sluneční ozáření (W/m^2)
- A_k – vztažná plocha kolektoru (m^2)

Účinnost solárního kolektoru je závislá na:

- Venkovních klimatických podmínkách – sluneční ozáření G a venkovní teplota t_e
- Provozních podmínkách - střední teplota teplotnosné kapaliny

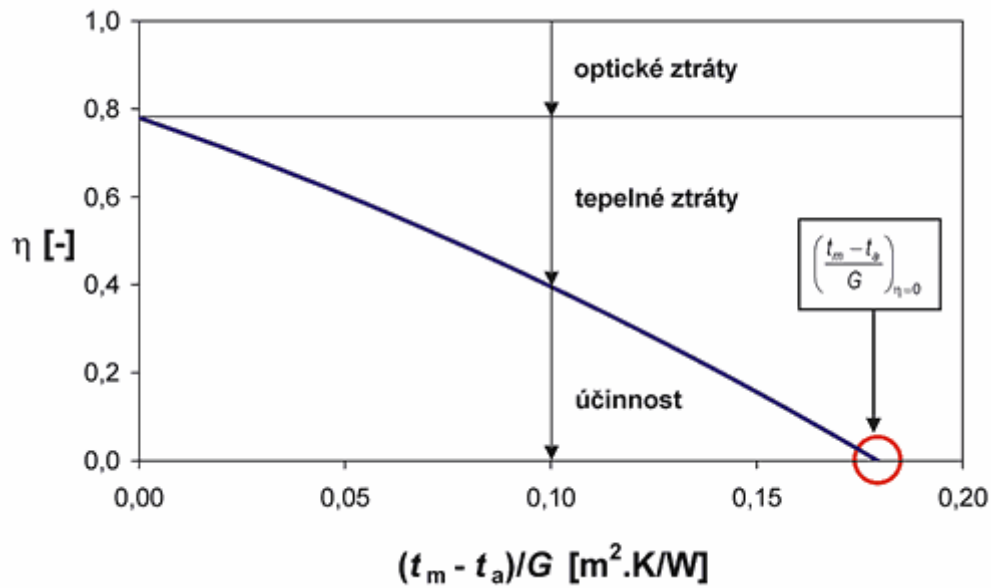
Dle ČSN EN 12975 je účinnost solárního kolektoru určena experimentální zkouškou a to jako křivka 2. řádu ve tvaru [10]:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G} \quad (-) \quad (1.3)$$

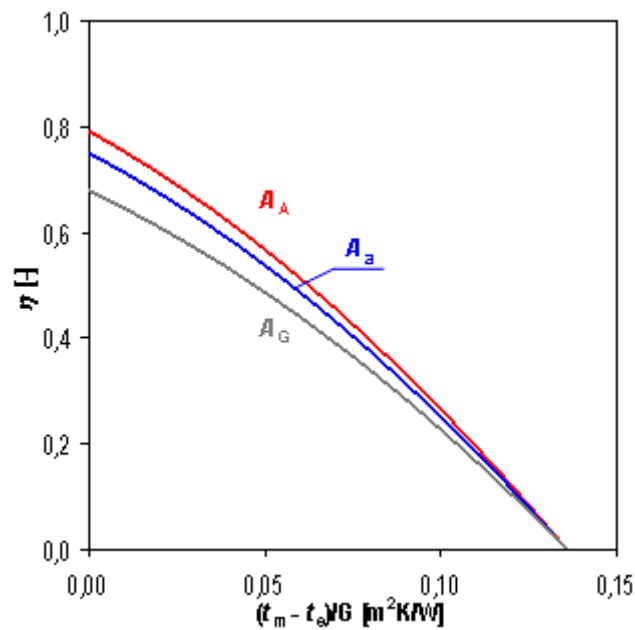
kde

- η_0 – účinnost při nulových teplotních ztrátách ($t_m=t_e$), označovaná také jako „optická účinnost“
- a_1 – lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
- a_2 – kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^2$)

Graficky lze vyjádřit účinnost jako $\eta=f((t_m=t_e)/G)$, tedy závislost na středním regulovaném teplotním spádu. Výrobce musí uvádět konstanty η_0 , a_1 a a_2 , společně se vztažnou plochou kolektoru A_k , ke které byly tyto konstanty vztažené. Účinnost při nulovém teplotním rozdílu mezi teplotnosnou kapalinou a okolím, tedy při maximálním omezení tepelných ztrát, vyjadřuje člen η_0 . Říká nám, jakou optickou kvalitu má kolektor, jaká je propustnost zasklení, pohltivost absorbéru, a také jak dobře je teplo přenášeno z absorbéru do teplotnosné kapaliny. Proto je tento parametr často označován jako „optická účinnost kolektoru“. Tepelné ztráty kolektoru reprezentují konstanty a_1 a a_2 . Těmito parametry lze ovlivnit sklon a zakřivené křivky účinnosti (lunární a kvadratický charakter). [10][14][15]

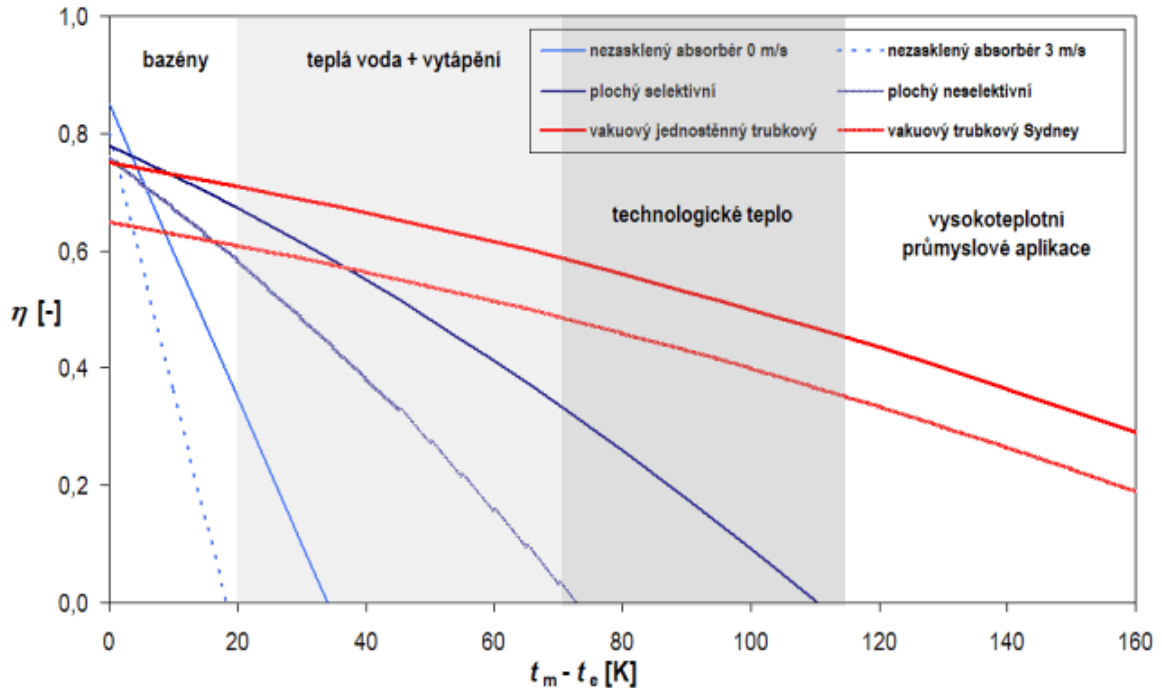


Obr. 1.6 Křivka účinnosti solárního kolektoru [16]



Obr. 1.7 Křivka účinnosti solárního kolektoru vztažená k různým referenčním plochám [15]

Často uváděný parametr solárního kolektoru, který předkládá dodavatel zákazníkovi, je právě křivka účinnosti. Musí být doložena protokolem o zkoušce v akreditované laboratoři. Pokud tuto křivku dodavatel nedokáže předložit, nemáme žádnou informaci o energetické kvalitě kolektoru a případném tepelném výkonu. Na *obrázku 1.15*, jsou porovnány základní druhy solárních kolektorů, a jejich typické křivky účinnosti. Křivky jsou vyjádřené v závislosti na teplotním spádu pro hodnotu slunečního záření 800 W/m^2 . [10][15]



Obr. 1.8 Typické křivky účinností základních druhů solárních kolektorů [10]

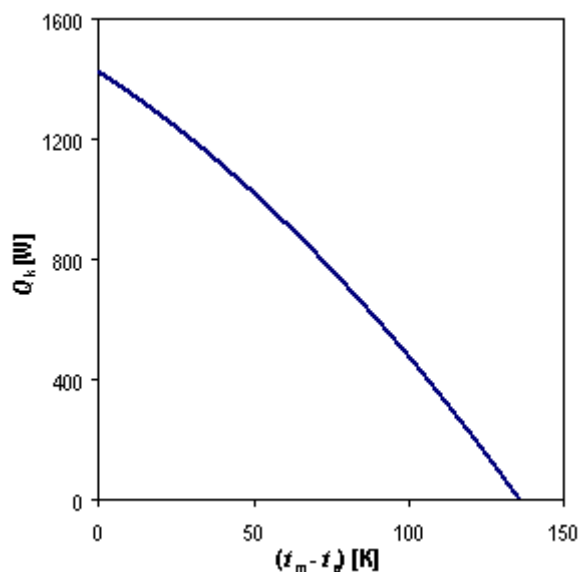
Z tohoto srovnání můžeme vyčíst vhodnost použití jednotlivých druhů solárních kolektorů pro dané aplikace. Pro sezonní ohřev bazénové vody jsou vhodné levné nezasklené kolektory. Srovnatelnou účinnost pro ohřev teplé užitkové vody vztáženou k ploše apertury mají ploché kolektory a trubkové vakuové kolektory. A pro průmyslové aplikace, kde jsou vysoké provozní teploty, jsou vhodné trubkové vakuové a ještě lépe koncentrační kolektory s velmi nízkou tepelnou ztrátou. [10][15]

1.2.3 Tepelný výkon

Výkon solárního kolektoru se vyhodnocuje jako závislost na teplotním rozdílu ($t_m - t_e$), a to při dané referenční hodnotě slunečního ozáření $G = 1000 \text{ W/m}^2$. Hlavní výhodou a také důvodem proč se křivka výkonu solárního kolektoru udává je to, že je vyjádřena pro celý kolektor. Nemá tedy na ni vliv volba vztažné plochy, což je její hlavní výhoda oproti křivce účinnosti. Naopak její nevýhodou je, že podle křivky výkonu nelze porovnat energetickou kvalitu dvou různě velkých kolektorů. [10]

$$\dot{Q}_k = A_k \cdot [G \cdot \eta_0 - a_1 \cdot (t_m - t_e) - a_2 \cdot (t_m - t_e)^2] \quad (W) \quad (1.4)$$

Instalovaný výkon solárních kolektorových polí, lze udávat za přesně definovaných podmínek ($G = 1000 \text{ W/m}^2$, $t_e = 20 \text{ °C}$ a $t_m = 50 \text{ °C}$). Instalovaný výkon tedy může výrobce uvádět bez ohledu na to, jak je kolektor orientován či jaký má sklon. Předpokládá se, že dopad paprsků je kolmý na aperturu. Pokud chceme stanovit instalovaný výkon pouze orientačně, aniž bychom uvažovali o konkrétním typu solárního kolektoru a danou aplikaci, používá se ze statistických šetření hodnota 700 W/m^2 apertury kolektoru. [10][17]



Obr. 1.9 Křivka tepelného výkonu solárního kolektoru [17]

1.2.4 Modifikátor úhlu dopadu

Výše uvedené vyjádření křivek účinnosti a výkonu solárních kolektorů je dáno výsledky zkoušek tepelného chování solárního kolektoru v ustáleném stavu a za přesně definovaných podmínek (jasný den s výraznou přímou složkou záření a kolmý úhel dopadu záření ze slunce na rovinu kolektoru). V běžném provozu ale tyto podmínky panují jen v několika dnech v roce. Velikost přímého slunečního záření je daná počasím (oblačností). Úhel dopadu se mění po celý den, vlivem otáčení Země kolem Slunce. Pro komplexní popis výkonnosti solárního kolektoru tedy nestačí pouze křivka účinnosti a výkonu. Je důležité totiž doplnit závislost, která vyjadřuje změnu účinnosti kolektoru s tím, jak se mění úhel dopadu oproti kolmému (normálovému) úhlu dopadu. Takováto křivka se nazývá křivka modifikátoru úhlu dopadu a vyjadřuje optickou charakteristiku kolektoru. Značí se K_θ a v anglické literatuře je označována jako IAM (Incidence Angle Modifier).[6]

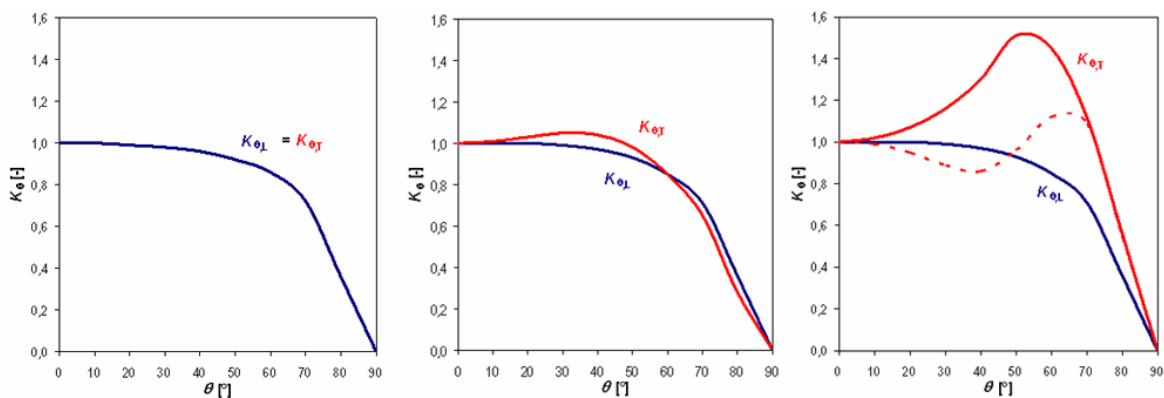
$$K_{\theta} = \frac{\eta_0(\theta)}{\eta_0(0^{\circ})} \quad (-) \quad (1.5)$$

kde

$\eta_0(\theta)$ – optická účinnost při obecném úhlu dopadu θ

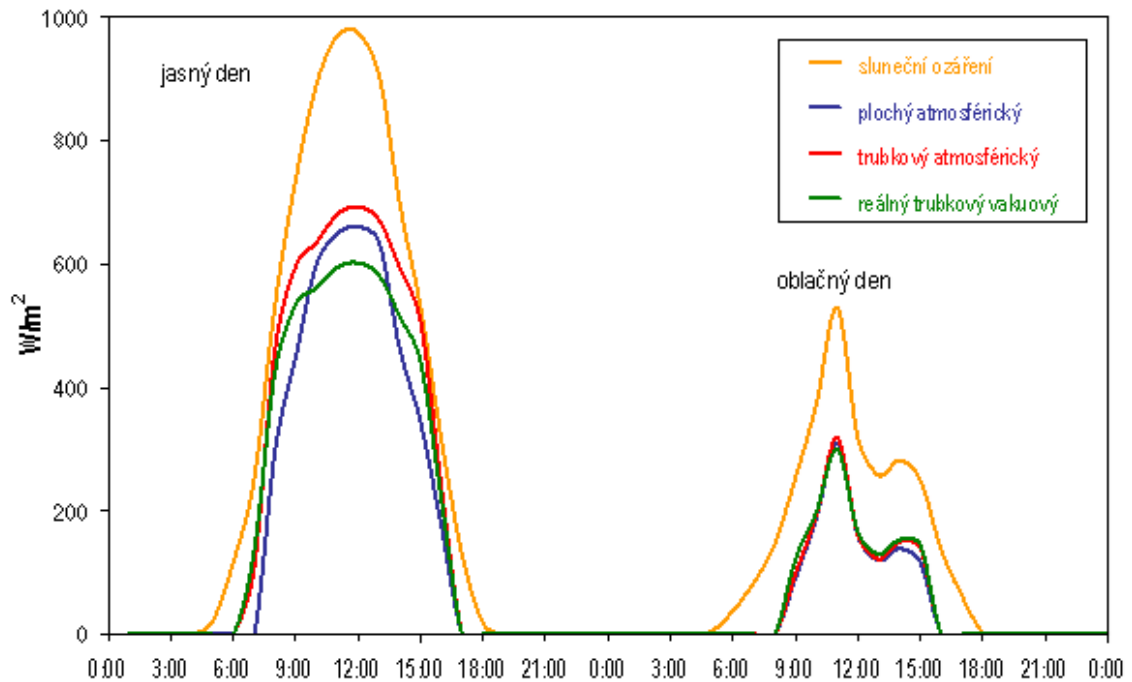
$\eta_0(0^{\circ})$ – optická účinnost při normálovém úhlu dopadu ($\theta = 0^{\circ}$)

Experimentální vyhodnocení křivky modifikátoru v závislosti na úhlu dopadu se provádí v souladu s ČSN EN 12975, a to jak v podélné ($K_{\delta L}$), tak v příčné ($K_{\delta T}$) rovině. Ploché solární kolektory (ploché zasklení, plochý absorbér) mají optické vlastnosti v obou hlavních rovinách (příčné: východ-západ, podélné: jih-sever) symetrické. Není tedy podstatné, odkud dopadá sluneční záření na kolektor, důležitý je pouze úhel dopadu θ . Zkouškou se určuje hodnota modifikátoru pouze pro úhel 50° . U trubicových vakuových kolektorů nebo koncentračních kolektorů se modifikátor K_{θ} vyhodnocuje v obou rovinách, jak podélné, tak příčné. Pro různé typy kolektorů se obecně liší závislost optické účinnosti na úhlu dopadu slunečního záření. Na *obrázku 1.17* můžeme vidět typické průběhy křivky modifikátoru úhlu dopadu. [6] [14]



Obr. 1.10 Typické tvary křivek modifikátoru úhlu dopadu: a) ploché kolektory; b) trubicové kolektory s plochým absorbérem; c) trubicové reflektory s válcovým absorbérem s reflektorem a bez reflektoru [14]

Křivka modifikátoru úhlu dopadu se používá především v počítačových simulacích, jelikož nám dovoluje zohlednit některé vlastnosti kolektoru např. tvar apertury, absorbéru nebo reflektoru na jeho výkon, a to pro obecný sklon, azimut, úhel dopadu a podmínky slunečního záření. Na *obr. 1.18* můžeme vidět průběhy teoretického výkonu za jasného i oblačného dne. [14]



Obr. 1.11 Průběhy teoretického výkonu [14]

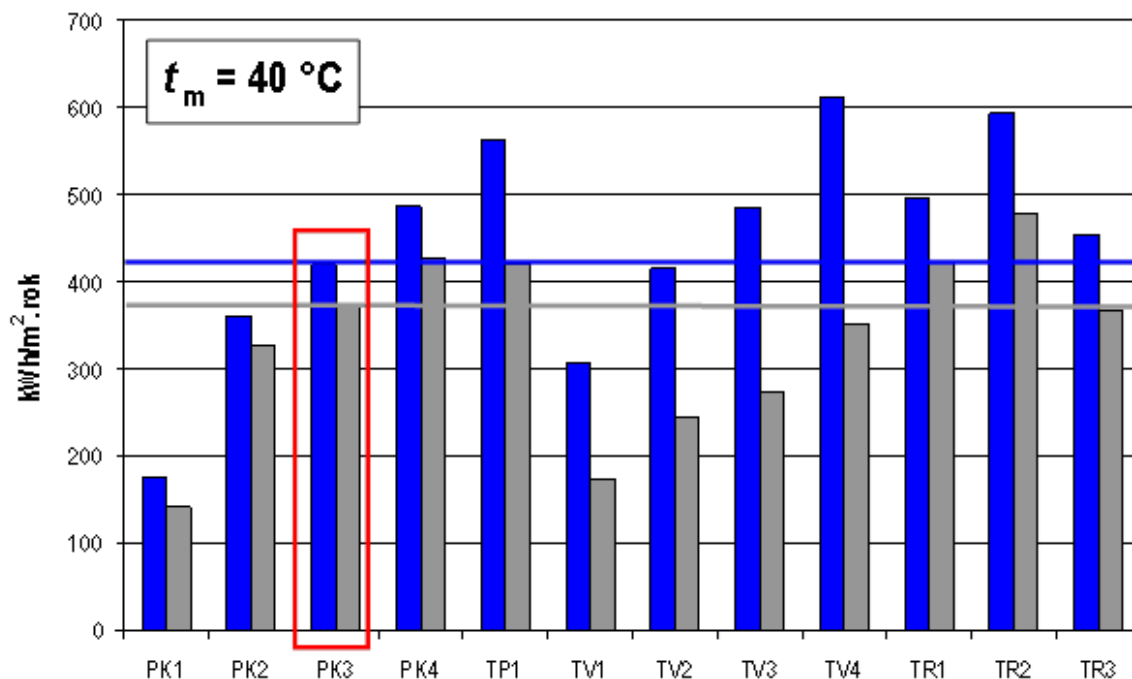
1.2.5 Výkonnost

Výkonnost je důležitým parametrem, který bere investor v potaz při výběrání vhodného solárního kolektoru. Je možné ji definovat jako schopnost kolektoru produkovat energetický zisk za stanovených podmínek (typických místních klimatických a provozních podmínek v dané aplikaci). Metod pro stanovení výkonosti solárních kolektorů je více. Vyhodnocují výkonost na základě simulačního výpočtu z křivky účinnosti, křivky modifikátoru úhlu dopadu, provozních podmínek (provozní teplota t_m) a databáze hodinových údajů o klimatických podmínkách (sluneční ozáření G , venkovní teplota t_e). [10]

K základním metodám patří [14]:

- Solární kolektor je zapojený do přesně definované soustavy s daným solárním krytím
- Solární kolektor nezapojený do solární soustavy, který ale má definovanou a celoročně stálou teplotu

Na obr. 1.19 jsou grafy pro porovnání měrného zisku pro celoročně konstantní teplotu kapaliny 40 °C a různé druhy solárních kolektorů.



Obr. 1.12 Roční teoretické měrné zisky srovnávaných solárních kolektorů

PK1-PK4 – plochý kolektor

TP1 – trubicový vakuový kolektor s plochým absorbérem

TV1-TV4 – trubicový vakuový kolektor s válcovým absorbérem bez reflektoru

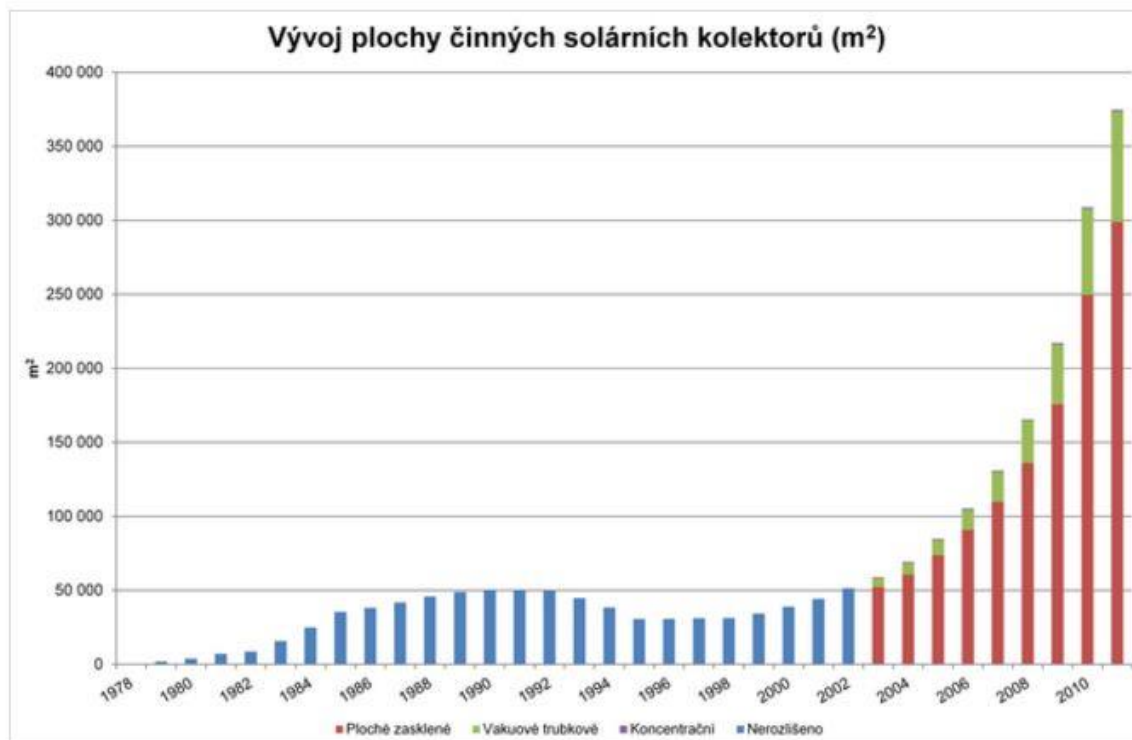
TR1-TR3 - trubicový vakuový kolektor s válcovým absorbérem s reflektorem

Modrá barva jsou tepelné zisky vztahované k ploše apertury. Je možné srovnat kolektory podobné konstrukce mezi sebou. Šedá barva jsou tepelné zisky vztahované k obrysové ploše, aby bylo možné srovnat tepelné kolektory podle plochy, kterou zabírají skutečně na střeše. Kolektory byly vybrány tak, aby reprezentovaly trh v ČR a v Evropě. Z grafu je vidět výraznou nevyváženost energetické kvality trubicových vakuových kolektorů. Některé vykazují až o 30 % více energie než referenční plochý kolektor PK3, ale některé méně kvalitní stejně tak o 30 % méně energie. Není tedy možné jednoznačně označit, který konstrukční typ je výkonnostně více či méně ziskový. K tomu je potřeba znát základní parametry, křivku účinnosti a křivku modifikátoru, a také konkrétní provozní aplikace (provozní teplota) a způsob hodnocení (referenční plocha). [10][19]

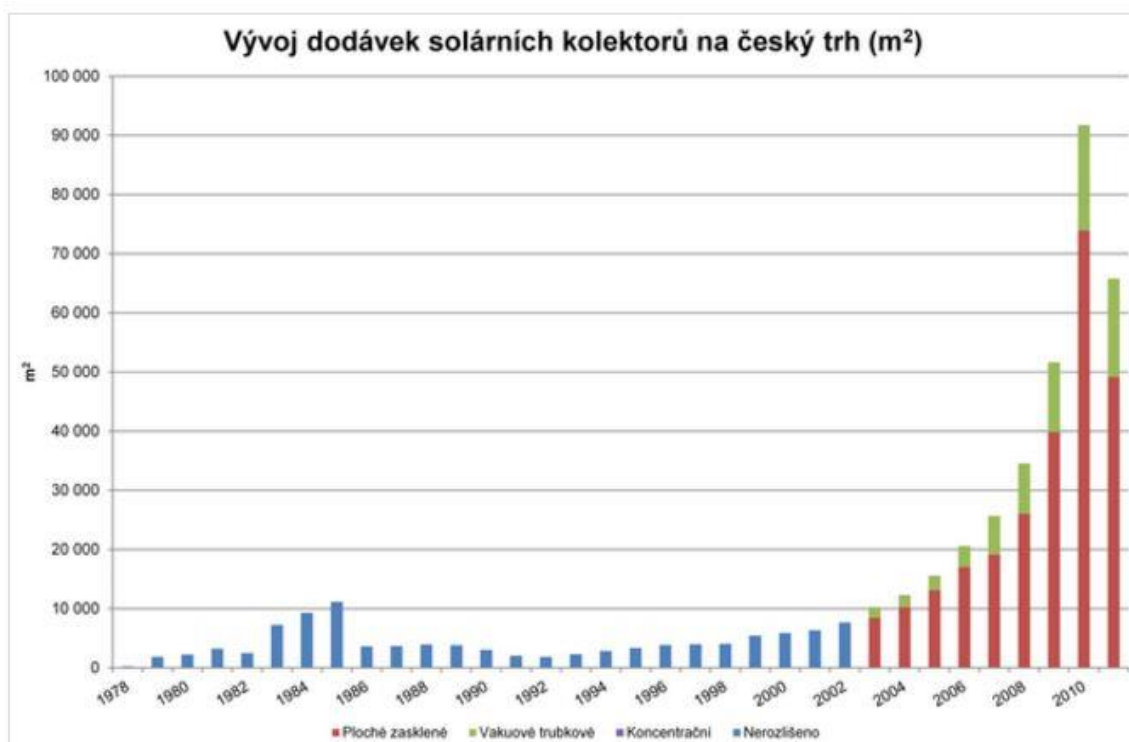
2 Solární kolektory a příslušenství využívané v ČR

V České republice, je v posledních letech znát velký nárůst instalované plochy kolektorů slunečního záření. Nárůst je způsoben snahou lidí o větší energetickou soběstačnost, a také hlavně kvůli peněžní podpoře státu na pořízení solárních kolektorů. Podpora je realizována podpůrným programem Nová zelená úsporám, který zaštiťuje Státní fond životního prostředí. Zvyšující se trend instalované plochy lze vidět na *obr. 2.1*. Získávání dotací není plošné, ale výběrové a je nutné vyplnit mnoho formulářů. Při větším počtu solárních systémů musíme držet vysoké požadavky na kvalitu provedení a používat vhodné kolektory a součástky, které vyhovují námi zvolené aplikaci solární soustavy. Jednotlivé systémy využívající sluneční energii vyžadují optimální technické řešení. Toto řešení musíme dodržet nebo se mu alespoň co nejvíce přiblížit, tím docílíme vhodných provozních podmínek, a to jak technických, tak ekonomických. Na českém trhu je dostatečně široký sortiment kolektorů, solárních soustav a solárního příslušenství, z kterých lze realizovat jakoukoliv aplikaci od malých přenosných systémů až po výrobu TUV. Standartní solární soustava na aktivní využití energie většinou obsahuje[20]:

- kolektory slunečního záření
- nosnou konstrukci
- akumulaci nádobu (solární zásobník)
- výměník
- oběhové čerpadlo
- potrubí a izolaci
- elektronický regulátor
- expanzní nádobu
- ostatní součásti (ventily, zpětná klapka, tlakoměr, teploměr atd.)



Obr. 2.1 Plocha činných kolektorů v ČR [21]



Obr. 2.2 Vývoj dodávek solárních kolektorů do ČR [21]

2.1 Solární kolektory

Solární kolektory jsou zařízení, která jsou schopna přeměnit sluneční záření na tepelnou energii. Využívá tzv. slunečnickového efektu. Průhledným krytem prochází sluneční záření dovnitř do kolektoru, kde dopadá na tzv. absorbér. Absorbér pohlcuje sluneční záření a ohřívá teplotně nosnou látku v kolektoru. Absorbér je základní prvkem solárního kolektoru. Je to plochá deska, která má vysokou schopnost absorpce a malou schopnost emise. Má černou barvu, která nejlépe přitahuje sluneční záření. Moderní typy solárních kolektorů jsou ještě opatřeny tzv. selektivní vrstvou. Ta tepelné záření nejen dobře přijímá, ale na rozdíl od černé barvy, která ho i snadno odevzdává, ho v sobě uzavře a nepustí ven. [7][22]

Solární kolektory se dají dělit z hlediska teplotně nosného média [2]:

- Kapalinové – teplotně nosná látka je voda nebo nemrznoucí směs vody a propylenglykolu
- Vzduchové – teplotně nosná látka je vzduch (v ČR se využívají jen okrajově pro vytápění)

a z hlediska způsobu přenosu tvaru [2]:

- Ploché – u nás nejrozšířenější
- Trubicové – vakuum zvyšuje účinnost (zmenšuje tepelné ztráty)
- Koncentrační - Fresnelova čočka – koncentrace záření na menší plochu

Výběr vhodného typu solárního kolektoru má zásadní vliv na efektivnost provozu celé soustavy. Ve světě i u nás se vyrábí více typů kapalinových kolektorů slunečního záření. Během jejich vývoje se sjednotila koncepce, a tak se jednotlivé typy rozlišují pouze konstrukčními detaily a použitými materiály. V České republice převládají na trhu kapalinové solární kolektory, které lze rozdělit na [20]:

- a) vakuové trubicové (přímo protékané teplonosnou kapalinou nebo s tepelnými trubicemi)
- b) vakuové ploché
- c) ploché zasklené
- d) ploché kolektory bez transparentního krytu (převážně plastové absorbéry)

Výše uvedené typy jsou seřazeny sestupně podle energetické účinnosti, jak je uváděno v literaturách či firemních dokumentacích [20].

a) Vakuové trubicové kolektory

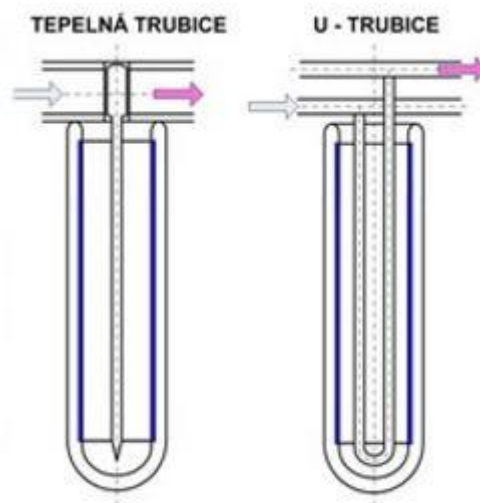
Trubicové vakuové kolektory se skládají ze systému skleněných trubic, které jsou uspořádány vedle sebe. V každé trubce se nachází měděná trubička. Touto trubičkou prochází teplonosná látka. Měděné trubičky jsou jakoby uzavřeny v samostatných skleněných dvoustěnných vakuovaných trubicích. Trubicové kolektory vykazují vysokou účinnost zejména v zimních měsících. To je způsobeno podtlakem (vakuum) uvnitř trubice a díky tomu jsou téměř eliminovány tepelné ztráty konvekcí. Další výhodou těchto kolektorů je, že jsou schopné získávat teplo i za horších světelných podmínek (slunce za mrakem). Avšak nevýhodou je vyšší hmotnost a možnost mechanického poškození skleněných trubic. [20][23]



Obr. 2.3 Řez trubicovým vakuovým kolektorem [24]

Obr. 2.4 Trubicový vakuový kolektor [25]

Použití vakuových trubicových kolektorů je ve vysokoteplotních aplikacích nad 80°C anebo v extrémních klimatických podmínkách (např. horské chaty). Zde může ale nastat problém s odtáváním sněhu z kolektoru, čím se výrazně sníží energetický zisk. Tento problém však nelze paušalizovat, je potřeba vzít v potaz např. množství sněhových srážek, tvorbu námrazy, teplotu ve sledovaném období aj.. Porovnání dvou shodných solárních soustav může vypadat jinak v polabské nížině a jinak na Šumavě. Vakuové trubicové kolektory mohou být přímo protékané (U-trubice). Jejich výhodou je variabilita umístění. Lze je umístit i do vodorovné polohy, přičemž u jedностěnných s plochým absorbérem se natočením trubic s absorbérem docílí optimální orientace k dopadajícímu slunečnímu záření. Nevýhodou je špatné vyprazdňování při případné stagnaci. Druhou možností jsou vakuové trubicové kolektory s tepelnými trubicemi. Ty musí být umístěny se sklonem minimálně 25°, tím je zajištěna jejich funkčnost. Ceny trubicových vakuových kolektorů se odvíjejí podle toho, kolik trubic kolektor obsahuje. Nejčastěji se pohybují v rozmezí 9 – 15 tisíc Kč/1 m². [20]



Obr. 2.5 Druhy vakuových trubicových kolektorů [20]

b) Vakuové ploché kolektory (podtlakové)

Princip spočívá v tom, že po celé ploše kolektoru je zohýbána měděná trubička. Uvnitř trubičky proudí teplotná kapalina. Pomocí tepla ze slunce se kapalina uvnitř trubiček ohřívá a následně je pomocí oběhového čerpadla odvedena do tepelného výměníku. Přes ten se poté ohřívá voda v akumulacním zásobníku. [26]



Obr. 2.6 Schéma deskového vakuového solárního kolektoru [27]

Snížený tlak v prostoru těsné skříně kolektoru vede k nízkým tepelným ztrátám v kolektoru. Kvůli nízkému tlaku pod 10 kPa dochází k omezení volného proudění vzduchu mezi absorberem a zadní stěnou nebo zasklením kolektoru. Tlak pod 100 Pa zároveň omezí vedení tepla, jelikož dojde k významnému snížení počtu molekul v prostoru vany. Zadní stěna absorberu plochého vakuového kolektoru neobsahuje žádnou izolační hmotu. Izolaci zde zajišťuje právě vakuum. Přenos tepla sáláním mezi zadní stěnou absorberu a povrchem vany ale nízký tlak neřeší. Snížení přenosu se dosáhne pomocí nízkoemisních povlaků na obou površích. Skříň kolektoru musí být velmi těsná, aby se zde udrželo vakuum a nepronikal dovnitř vzduch z okolí. Je vyrobena jako bezešvá vana lisováním. Seshora je uzavřena tabulí solárního borosilikátového skla. Mezi kolektorovou skříní a solárním sklem je speciální tepelně odolné těsnění. Sklo musí být chráněno, aby neprasklo vlivem působení vnějšího atmosférického přetlaku či nárazem cizích předmětů např. krup. K tomu slouží rastrově uspořádané nerezové podpůrné elementy, které sklo vyztužují. Jsou uloženy mezi zadní částí vany a zasklením. Otvory procházejí absorberem bez tepelného kontaktu, aby nevznikaly tepelné mosty. Zajištění těsnosti vnitřního prostoru a současně možnost opětovně vakuovat kolektor, patří k důležitým vlastnostem vyráběných plochých vakuových kolektorů. Pracují za podmínek mírného vakua uvnitř skříně kolektoru. Toho se dosahuje běžnými vývěvami absolutního tlaku od 1 do 10 kPa. Celý kolektor je složen ze samotěsnících dílů. Ty se vlivem podtlaku více svírají a tím dochází k utěsnění mezer mezi jednotlivými částmi. V rohu vany je umístěn ventil, který slouží pro připojení k vývěvě. Pomocí tohoto ventilu se dá prostor uvnitř kolektoru znovu

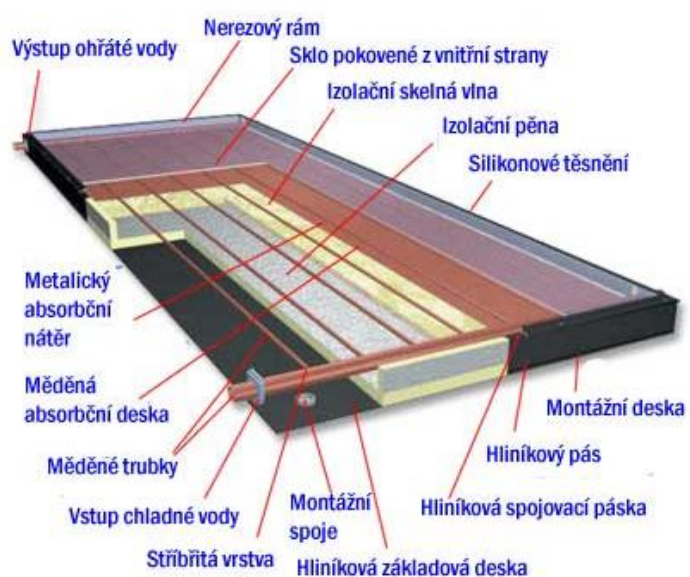
vakuovat, pokud by došlo k průniku vzduchu dovnitř kolektoru. „Stav“ vakua se dá sledovat pomocí manometru. Ten je součástí instalace kolektoru. Při ztrátě vakua dojde k nárůstu tlaku v kolektoru, ten je pak indikován manometrem. Zbytkový vzduch je možné nahradit vzácnými plyny např. kryptonem nebo argonem, které mají nižší tepelnou vodivost. Ploché vakuové kolektory umí energii získávat i z tzv. difuzního záření, což ploché zasklené kolektory neumí. Tím se zvyšuje účinnost kolektorů. [3][28]

Ploché vakuové kolektory patří k tomu nejmodernějšímu v oblasti solární techniky. Kombinují výhody trubkových vakuových kolektorů (malé tepelné ztráty konvekcí) a plochých zasklených kolektorů se selektivní vrstvou (nižší pořizovací náklady, vysoká účinnost). Jedná se o technický i cenový kompromis mezi plochými kolektory a vakuovými. V blízké budoucnosti jsou předurčeny k masovému využití. K jejich velké výhodě patří možnost kdykoliv obnovit vakuum uvnitř kolektorů. Použití je podobné jako u předchozího typu. Cena je zde závislá především na ploše apertury. U běžných kolektorů, které jsou nabízeny na českém trhu, je cena mezi 10 – 15 tisíci Kč/1 m². [20]

c) Ploché zasklené

Absorpční plocha je stejně velká jako čelní plocha, kterou procházejí sluneční paprsky. V hliníkovém rámu je měděná trubička. Trubička prochází přes celou plochu solárního kolektoru. Vzduch zde tvoří izolaci. Na vrchní straně se nachází sklo, které kolektor kryje, a je potažené selektivní vrstvou, která pohlcuje sluneční záření a brání úniku tepla pryč z kolektoru. Teplonosná kapalina přijme teplo a po ohřátí je vedena do tepelného výměníku, kde předá své teplo ohřívané vodě. [1][23]

Obr. 2.7 Schéma deskového vzduchového kolektoru [27]



Obecně mají ploché zasklené i plochý absorbér. Standardem na dnešním trhu jsou ploché kolektory s jednoduchým zasklením. Solární sklo je čiré nebo texturované. Selektivní povrch absorbérovače může být na bázi keramicko-kovových vrstev nebo galvanických povlaků. Tepelně vodivý kovový absorbér je vytvořen z jednoho plechu (celoplošný absorbér) nebo dělený do lamel. Absorpční plocha je buď nalisována nebo navařena na trubkovém registru. Registr pomocí kapaliny odvádí využitelné teplo z kolektorů. Rám kolektoru je výlisek nebo může být složený z profilů. Dle potřeby je v něm tepelná izolace. Pokud je kolektorová skříň lisovaná, musí být těsná, aby mohla chránit vnitřní části kolektoru před degradací vlivem vlhkosti. Skříň složená z profilů je naopak netěsná. Nachází se v ní větrací otvory pro odvod vlhkosti. Tím se zamezí rosení na zasklení kolektoru. [3]

Jsou určeny pro celoroční použití a představují v současnosti nejrozšířenější typ instalovaných kolektorů. Velkou výhodou je pořizovací cena, která je asi poloviční až třetinová oproti vakuovým kolektorům. Nevýhodou jsou větší tepelné ztráty konvekcí a nebezpečí kondenzace vodní páry uvnitř kolektoru, která poté snižuje účinnost celého systému. Dnes je většina profesionálně vyráběných kolektorů opatřena selektivní absorpční vrstvou. Ta podstatně snižuje tepelné ztráty sáláním z povrchu absorbérovače. Nejběžnější použití tohoto kolektoru je pro ohřev teplé vody, celoroční ohřev bazénové vody nebo přitápění u nízkoteplotních otopných soustav. Stejně jako u plochých vakuových kolektorů se cena odvíjí od plochy apertury. Cena je od 4 – 7 tisíc Kč/1 m². [20]

d) ploché kolektory bez transparentního krytu

Využívá se v nízkoteplotních soustavách na sezonní využití. Zde není velký rozdíl mezi teplotou ohřívání látky a teplotou okolního prostředí. Jejich provedení je jednookruhové, kdy kolektorem protéká přímo ohřívání voda. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady a především jednoduchost. Použití je nejčastěji k sezonnímu ohřevu vody v bazénu a maloobjemový ohřev TUV. Cena těchto kolektorů je oproti předchozím typům nižší, jelikož slouží pouze pro sezonní ohřev, asi 500 – 1500 Kč/1 m². [20]

2.2 Nosná konstrukce

Nosné konstrukce jsou většinou umístěny na špatně dostupných místech a jsou neustále vystaveny vlivům vnějšího prostředí. Jako materiál je používán hliník, protože nevyžaduje žádnou údržbu a má vysokou životnost shodnou s životností solárních kolektorů. Vyrábějí se v provedení pro šikmou střechu, plochou střechu, montáž přímo do střešní konstrukce či na fasádu. Ke každému typu solárních kolektorů jsou dodávány typizované nosné konstrukce pro konkrétní solární panely. Cena konstrukce pro jednotlivé druhy uchycení se moc neliší. Jedná se o částky kolem 2 až 3 tisíc Kč za konstrukci pro jeden solární kolektor. [20][29]

2.3 Solární zásobníky

Solární zásobníky jsou často nazývány jako srdce solární soustavy. V oblasti solární techniky hrají totiž velmi významnou roli. Jejich úlohou je akumulace tepelné energie, která je přiváděna z kolektorů. Požadavek na akumulaci je dán nestálým přísunem energie ze slunce. K přísunu dochází v denních případně ročních cyklech a zpravidla se neshoduje časově se spotřebou. Nedílnou součástí solárních soustav jsou tak solární zásobníky, kde se akumuluje teplo v době nadbytku záření, aby se využilo, když slunce nesvítí. Je nutné vybrat vhodnou velikost zásobníku, aby pokryl i několikadenní spotřebu TUV při špatném počasí. Ať bude zvolen sebelepší kolektor, avšak v kombinaci s nevhodně navrženým solárním zásobníkem, bude solární soustava vykazovat nízké zisky a malé pokrytí spotřeby tepla. Proto by výběru zásobníku měla být věnována zvýšená pozornost. [1][3][6]

Pro solární soustavy se vyrábí speciální zásobníky se zabudovaným trubkovým (někdy žebrovým) výměníkem, který má pro lepší přestup tepla zvětšenou teplosměnnou plochu. Nejpoužívanější zásobníky jsou zásobníky vodní. Použití vody skýtá řadu výhod např.: levnost, dostupnost, netoxicitu, nehořlavost a velkou tepelnou kapacitu. Nevýhodou je teplotní rozsah použití. Pod 0 °C tuhne a nad 100 °C se vypařuje. Zásobníky teplé vody podléhají hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Na vnitřní straně musí být povrchová úprava s hygienickým atestem a vysokou trvanlivostí nebo musí být zásobník vyroben z nerezové oceli. Běžně kupované zásobníky jsou smaltované a jejich cena se příliš neliší od obyčejných ocelových nádrží. Ty z nerezové oceli jsou až x krát dražší.

Pokud nejsou zásobníky vyrobeny z nerezové oceli, hrozí jim koroze, a to tam, kde jsou ve styku s jiným kovem např. měď. Toto spojení vytváří galvanický člunek. Ocel tvoří anodu a je tedy narušována. K omezení koroze se používá pomocná elektroda buď hořčíková nebo titanová.[20][3][4]

V České republice lze zakoupit solární zásobníky s jedním nebo dvěma výměníky od objemů 200 litrů až 1500 litrů a více. Ceny začínají okolo 10-12 tisíc Kč a nejdražší výměníky přesahují hranici 100 tisíc Kč.

2.4 Výměník

Některé solární soustavy, nejčastěji velkoplošné s instalovanou plochou $>20\text{m}^2$ vyžadují použití výměníku tepla. Ten zprostředkovává předávání tepla mezi kolektory, zásobníkem a spotřebiči. Tato potřeba je dána velikostí teplosměnné plochy. U deskových nebo trubkových protiproudých výměníků je účinnost mnohem větší než u vestavěného výměníku v akumulacích nádobách. U trubkových výměníků se cena odvíjí od otopné plochy. Cena se pohybuje v rozmezí 2 500 Kč až 20 000 Kč. U deskových výměníků záleží na výkonu výměníku. Ceny jsou zde od 2 000 Kč až do 60 000 Kč. [1][20]

2.5 Oběhové čerpadlo

Oběhové čerpadlo transportuje teplotonosnou kapalinu mezi kolektorem a výměníkem tepla. Pokud výkon čerpadla převyšuje požadovanou hodnotu, je dobré do obvodu čerpadla vložit škrtící prvek nebo regulovat jeho otáčky. Použít lze skoro každé teplovodní čerpadlo. Musí ale splňovat podmínku, že může přijít do kontaktu s roztokem propylénglykolu, který může narušit těsnění v čerpadle. Nejčastěji se používají mokroběžná odstředivá oběhová čerpadla s přepínáním otáček. Některé firmy mají ve své nabídce speciální řady čerpadel navržené pro spolupráci se solárními systémy. Cena čerpadla se odvíjí od jeho výkonu. Základní modely stojí od 3 000 Kč. Speciální čerpadla pro solární systémy pak mohou stát i okolo 10 000 Kč. [6][29]

2.6 Potrubí a izolace

Potrubí v solárních soustavách zajišťují spojení zdroje tepla s místem akumulace a spotřeby. Musí být funkční a zároveň mít dlouhou životnost. Spojovací potrubí pro primární okruh musí být navrženo na teplotu 180 °C a tomu odpovídající tlaky. Není tedy možné používat běžné plastové trubky. Nejvhodnější se jeví použití měděných trubek spojených pájením či lisováním. Je zde možné také použít vlnovkové potrubí, které je flexibilní a práce s ním je rychlá, avšak má vyšší tlakové ztráty. Důležitým faktorem je také tepelná izolace potrubí, jelikož tepelné ztráty by výrazně snižovaly účinnost celé solární soustavy. Kvůli vysokým teplotám se opět nemohou používat izolace na bázi plastů, nýbrž na bázi minerálních látek. Ve venkovních prostorech je nutné použít potrubí i izolaci odolnou proti navlhnutí a UV záření, případně provést zakrytování potrubí. Každá firma si ke svým solárním kolektorům dodává různé potrubí, navíc délka, a tedy množství použitých trubek, závisí na již konkrétní instalaci v konkrétním místě, a tedy cenu potrubí nelze paušalizovat. [6][20][29][30]

2.7 Elektronický regulátor

Elektronický regulátor plně automaticky řídí činnost solárních systémů. Slouží k zajištění hospodárného, bezpečného a komfortního provozu. Když je teplota na kolektorech větší než ve spotřebiči, spíná oběhové čerpadlo. Rozdílnot teplot, při kterých spíná, je u většiny regulátorů možné nastavit. Regulátory jsou jednookruhové a víceokruhové, přičemž víceokruhové mohou ovládat více trojcestných ventilů či čerpadel. Jedno- až tříokruhové solární soustavy jsou dodávány s unifikovanými regulátory. Nabídka regulátorů na českém trhu je poměrně široká. Cena se samozřejmě odvíjí od požadavku zákazníka, například kolik požaduje čidel, počtu okruhů, počet výstupů atd.. Ceny běžných solárních regulátorů se pohybují v rozmezí od 4 do 10 tisíc Kč. Lze ale samozřejmě najít i dražší regulátory. [20][31]

2.8 Expanzní nádoba

Expanzní nádoba musí být umístěna v každé solární soustavě. Ta dovoluje změny objemu teplotnosné kapaliny vlivem objemové roztažnosti bez nedovoleného navýšení

tlaku. Je vyrobena z hlubokotažného svařovaného ocelového plechu s antikorozií úpravou a elastickou membránou uvnitř. Pro většinu současných solárních soustav s celoročním provozem je doporučený uzavřený systém s membránovou expanzí nádobou. Dimenzování nádoby závisí na celkovém objemu kapaliny v systému a výkonu zdroje tepla. Při návrhu musíme počítat s možností, že se odpaří celý objem teplotosné kapaliny v kolektorech a části potrubí. Poté musí expanzní nádoba zachytit celý objem odpařené tekutiny, aby nedošlo k jejímu úniku ze systému při otevření pojistného ventilu. Do soustavy je montována tak, aby teplotosná látka mohla natékat při odpaření teplotosné látky do expanzní nádoby z obou stran. Pro běžně používané solární systémy se volí velikost expanzní nádoby 2 až 3 l/m² kolektoru a maximální pracovní přetlak 600 kPa. Nádoby se vyrábějí v řadě 10 l, 12 l, 18 l, 25 l, 35 l, 50 l Na českém trhu lze zakoupit expanzní nádoby pro solární systémy v různých objemech od 12l až po 600l. Maximální tlak je od 8 barů do 10 barů, záleží na velikosti nádoby. Cena dané nádoby je závislá na objemu. Ty nejmenší 12litrové stojí okolo 1 000 Kč, naopak u velkých nádob se cena vyšplhá až ke 25 000 Kč. [6][20][29][34]

2.9 Ostatní

Tato zařízení nejsou nutná k činnosti solárního systému. Pouze nějakým způsobem vylepšují jeho funkci. Patří sem například: filtr mechanických částic, tlakoměr, teploměr, průtokoměr, trojcestný ventil, pojistný ventil zpětná klapka apod.. Záleží pouze na majiteli soustavy, zda některá tato zařízení do systému nainstaluje či nikoliv. [20][29]

3 Návrh solárního tepelného systému pro přípravu TUV

Tato část bakalářské práce je věnována návrhu solárního tepelného systému pro přípravu teplé užitkové vody. Systém by měl pokrýt spotřebu teplé vody pro potřeby 2 členné rodiny. Bude provozován na území České republiky, konkrétně v Praze, a to v období duben až září. Cílem je navrhnout celkovou plochu solárních kolektorů, dále pak vybrat vhodný typ solárních kolektorů, vhodný solární zásobník a příslušenství

3.1 Celková plocha kolektorů a tepelná bilance

Pro správné navržení celkové plochy kolektorů je třeba stanovit spotřebu teplé vody na obyvatele a den. V České republice chybí národní předpis, který by uváděl tyto specifické hodnoty. Proto při výpočtu se bude vycházet z normy ČSN EN 15316-3-1, která uvádí hodnotu 50 litrů na obyvatele a den. [32]

Systém má být navrhnout pro potřeby 2 členné rodiny a bude tedy ohřívat denně 100 litrů ($0,1\text{m}^3$) vody. Voda na vstupu má teplotu 15°C a bude se ohřívat na teplotu 50°C .

Teplu, které je potřeba dodat pro ohřev užitkové vody, se spočítá dle vztahu:

$$Q_{potř.} = c_w \cdot q_v \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \quad (J) \quad (3.1)$$

kde:

c_w - měrná tepelná kapacita vody ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 q_v - hustota vody při střední teplotě $0,5 \cdot (t_1 + t_2)$ ($^\circ\text{C}$)
 V - objem vody (m^3)
 t_1 - vstupní teplota ($^\circ\text{C}$)
 t_2 - výstupní teplota ($^\circ\text{C}$)

$$Q_{potř.} = 4200 \cdot 995,6 \cdot 0,1 \cdot (50 - 15) = 14,63 \cdot 10^6 \text{ J} = 4,06 \quad (\text{kw} \cdot \text{h})$$

V krajních měsících využívaného období mohou nastat nejhůrší sluneční podmínky. V následujících výpočtech se bude počítat současně pro duben i září. [1]

Plocha, na které budou kolektory umístěny, je orientována na jih a kolektory na ní budou umístěny pod úhlem 30° . Z tabulky 3.1 vyplývá, že teoretická možná energie, která v dubnu a v září může dopadnout za den na plochu orientovanou na jih a skloněnou pod úhlem 30° , je:

$$Q_{den\ teor} = 7,98 \quad (kW.h.m^{-2}) \quad duben$$

$$Q_{den\ teor} = 6,44 \quad (kW.h.m^{-2}) \quad září$$

Úhel sklonu osluněné plochy α	Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{den, teor.}$ ($kW.h.m^{-2}$) (platí pro 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$)						
	Prosinec	Leden Listopad	Únor Říjen	Březen Září	Duben Srpen	Květen Červenec	Červen
Azimutový úhel osluněné plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Tabulka 3.1 Teoretická možná energie dopadající na plochu [1]

Dále je třeba znát poměrnou dobu slunečního svitu τ_{pom} pro danou lokalitu v tomto případě pro Prahu.

Poměrná doba slunečního svitu $\tau_{pom} = \tau_{skut} / \tau_{teor}$						
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Praha	0,21	0,32	0,42	0,45	0,51	0,54
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Praha	0,55	0,55	0,53	0,37	0,21	0,14

Tabulka 3.2 Poměrná doba slunečního svitu [1]

Tato doba udává poměr mezi teoretickou dobou svitu slunečního záření a skutečnou dobou, kdy slunce svítí v jednotlivých měsících, protože celý den není pouze jasno, ale střídají se fáze mezi jasnem a oblačnem.

Dle tabulky 3.2 je tato doba pro Prahu:

$$\tau_{pom} = 0,45 \quad (-) \quad \text{duben}$$

$$\tau_{pom} = 0,53 \quad (-) \quad \text{září}$$

Pokud je známa tato poměrná doba, může se stanovit Q_{den} , což je energie, které dopadá na osluněnou plochu za pomyslný průměrný den v měsíci. [1]

$$Q_{den} = \tau_{pom} \cdot Q_{den\ teor} \quad (kW \cdot h \cdot m^{-2}) \quad (3.2)$$

$$Q_{den} = 0,45 \cdot 7,98 = 3,59 \quad (kW \cdot h \cdot m^{-2}) \quad \text{duben}$$

$$Q_{den} = 0,53 \cdot 6,44 = 3,41 \quad (kW \cdot h \cdot m^{-2}) \quad \text{září}$$

Nyní je potřeba určit účinnost kolektoru η_A v jednotlivých měsících. Jelikož dopadající světelný tok, ani teplota okolí nejsou stále stejné, mění se i účinnost absorberu. K přesnému určení účinnosti je třeba znát poměrnou reflexní účinnost, počet krycích skel a součinitel postupu tepla. Poté se účinnost určí dle vztahu [1]:

$$\eta_A = (1 - r) - k \cdot \frac{t_2 - t_v}{I_{stř}} \quad (-) \quad (3.3)$$

kde:

- r – poměrná reflexní schopnost (-)
- k – součinitel prostupu tepla (-)
- t_2 – výstupní teplota (°C)
- t_v – průměrná teplota vzduchu (°C)
- $I_{stř}$ – střední intenzita záření ($W \cdot m^{-2}$)

Při návrhu se vychází z předpokladu dokonale čisté přední transparentní vrstvy a tedy $r = 0,1$ až $0,15$. Pro kolektory s jedním sklem je $k = 6$. Dle dostupných dat ČHMU byla průměrná teplota vzduchu v Praze-Ruzyni v roce 2015 v dubnu 9°C a v září 14°C. Střední intenzitu slunečního záření $I_{stř}$ pro plochu orientovanou na jih a skloněnou pod úhlem 30° lze odečíst z tabulky 3.3. [1][33]

$$I_{stř} = 574 \quad (W.m^{-2}) \quad \text{duben}$$

$$I_{stř} = 537 \quad (W.m^{-2}) \quad \text{září}$$

Úhel sklonu osluněné plochy α	Střední intenzita slunečního záření $I_{stř}$ ($W.m^{-2}$) v jednotlivých měsících (platí pro 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$)						
	Prosinec	Leden Listopad	Únor Říjen	Březen Září	Duben Srpen	Květen Červenec	Červen
Azimutový úhel osluněné plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	139,00	188,00	271,00	411,00	484,00	534,00	561,00
15°	227,00	278,00	371,00	485,00	540,00	581,00	597,00
30°	299,00	358,00	443,00	537,00	574,00	609,00	611,00
45°	344,00	412,00	490,00	558,00	580,00	600,00	590,00
60°	382,00	449,00	520,00	545,00	533,00	515,00	519,00
75°	392,00	472,00	526,00	520,00	463,00	410,00	394,00
90°	396,00	479,00	494,00	463,00	373,00	286,00	264,00

Tabulka 3.3 Střední intenzita slunečního záření [1]

Po dosazení těchto hodnot do rovnice 3.3 lze vypočítat účinnost v jednotlivých měsících.

$$\eta_A = 0,85 - \frac{6 \cdot (50 - 9)}{574} = 0,42 \quad (-) \quad \text{duben}$$

$$\eta_A = 0,85 - \frac{6 \cdot (50 - 14)}{537} = 0,45 \quad (-) \quad \text{září}$$

Se známou účinností je možné vypočítat energii, kterou zachytí $1m^2$ solárních kolektorů za den s průměrnou oblačností $Q_{A\ den}$.

$$Q_{A\ den} = \eta_A \cdot Q_{den} \quad (kW.h.m^{-2}) \quad (3.4)$$

$$Q_{A\ den} = 0,42 \cdot 3,59 = 1,51 \quad (kW.h.m^{-2}) \quad \text{duben}$$

$$Q_{A\ den} = 0,45 \cdot 3,41 = 1,53 \quad (kW.h.m^{-2}) \quad \text{září}$$

Horší sluneční a i klimatické podmínky lze předpokládat v dubnu. Solární kolektory v tomto měsíci zachytí méně energie než v září. Proto je nutno vypočítat výslednou plochu kolektorů S_A pro měsíc duben. Do výpočtu je třeba zahrnout i tepelné ztráty p . Předpokládá se, že ztráty v zásobníku a potrubním rozvodu dosahují asi 10% z celkové potřeby tepla. [1]

$$S_A = \frac{(1 + p) \cdot Q_{potř}}{Q_{A\ den}} \quad (m^2) \quad (3.5)$$

$$S_A = \frac{(1 + 0,1) \cdot 4,06}{1,5} = 2,98 \doteq 3 \quad (m^2)$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že aby kolektory pokryly spotřebu dvou členné domácnosti v období duben až září, je nutné, aby jejich celková plocha byla minimálně 3 m² a větší. V *tabulce 3.4* jsou vidět výše uvedené hodnoty pro všechny měsíce daného období. Tepelné bilance navrženého systému s plochou kolektorů 3 m² lze vidět v *tabulce 3.5*. Z bilance vyplývá, že v žádném měsíci, kdy by měl být systém provozován, není zachycena energie menší než potřebné teplo na ohřátí 100 litrů vody. Kolektory v těchto měsících by měly být schopny ohřívat vodu samostatně bez nutnosti dalšího zdroje k ohřevu TUV např. elektřiny. Za spotřebu tepla je v energetické bilanci uvažována hodnota 4,46 kW.h. Jedná se o hodnotu včetně 10% ztrát, tedy $(1+p) \cdot Q_{potř}$

Měsíc	t_v (°C)	$t_A - t_v$ (°C)	$I_{stř}$ (w.m ⁻²)	η_A (-)	Q_s den teor. (kW.h.m ⁻²)	τ_{pom} (-)	Q_{den} (kW.h.m ⁻²)	$Q_{A\ den}$ (kW.h.m ⁻²)
duben	9	41	574	0,42	7,98	0,45	3,59	1,51
květen	13	37	609	0,49	9,56	0,51	4,88	2,37
červen	16	34	611	0,52	9,98	0,54	5,39	2,78
červenec	22	28	609	0,57	9,56	0,55	5,26	3,02
srpen	13	37	574	0,46	7,98	0,55	4,39	2,03
září	14	36	537	0,45	6,44	0,53	3,41	1,53

Tabulka 3.4 Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory

Měsíc	Průměrný den v měsíci		Za celý měsíc	
	zachycená energie $S_A \cdot Q_{A \text{ den}}$ (kW.h)	rozdíl zachycené energie a denní spotřeby tepla (kW.h)	zachycená energie počet dní měsíce $\cdot S_A \cdot Q_{A \text{ den}}$ (kW.h)	rozdíl zachycené energie a denní spotřeby tepla (kW.h)
duben	4,54	0,08	136,20	2,40
květen	7,10	2,64	220,13	79,23
červen	8,34	3,88	250,33	116,53
červenec	9,06	4,60	280,75	137,89
srpen	6,10	1,64	189,08	49,18
září	4,58	0,12	137,55	3,75

Tabulka 3.5 Tepelná bilance zařízení

3.2 Výběr vhodného typu kolektoru

Výběr vhodného typu kolektoru je jedním z nejdůležitějších rozhodnutí v návrhu solárního systému. To, jaký typ kolektoru je vybrán, má zásadní vliv na účinnost celého systému. Říci, jaký typ solárního kolektoru je nejlepší, je velice obtížné. Každý typ solárního kolektoru se hodí pro využití v jiné aplikaci, kde bude fungovat lépe a s větší účinností než ostatní typy.

K sezonnímu ohřevu teplé užitkové vody se nejčastěji v České republice využívají ploché zasklené kolektory, a to především z toho důvodu, že pořizovací náklady jsou mnohem menší než při pořízení vakuových trubcových kolektorů. Avšak nevýhodou jsou vysoké ztráty konvekcí a nebezpečí kondenzace páry, která vede ke snížení účinnosti kolektoru. Má vysokou účinnost v letních měsících, ale v zimních měsících je účinnost minimální. Sklo, které je v zimě ochlazováno, odebere všechno získané teplo, tím pádem do systému kolektory nedodávají žádnou energii. Další nevýhodou je, že tento typ kolektoru neumí získávat energii z difuzního záření, to znamená, pokud je např. slunce za mraky, ale celkově je jasnost dobrá.[20][28]

Z výše uvedených důvodů je možné k ohřevu teplé užitkové vody použít ploché vakuové kolektory. Tyto kolektory patří k tomu nejmodernějšímu v oblasti solárních systémů, co je v současné době na trhu, a jsou předurčeny k masovému rozšíření. Jak je vidět ze srovnání v bodě 2.1 není rozdíl mezi koupí plochého vakuového a plochého zaskleného kolektoru vzhledem k výhodám, které přináší vakuum velký. Kolektory mají

vysokou účinnost i v zimních měsících a díky vakuu mohou pracovat i při nižších teplotách s přijatelnou účinností. Na rozdíl od plochých zasklených kolektorů umí získávat energii i difuzního záření. Jejich nevýhodou je však vyšší pořizovací cena. Navrhovaný systém je předurčen pouze k sezonnímu ohřevu TUV, ale s tímto typem kolektoru by mohli majitelé ohřívat vodu bezproblémově po celý rok.

Oba druhy solárních kolektorů mají své výhody i nevýhody. Proto jsem vybral zástupce obou druhů.

- a) Plochý zasklený kolektor KPG1+ od firmy Regulus spol. s r. o. Jedná se o kolektor, který je vhodný pro vertikální i horizontální montáž. Má absorber s vysoce selektivní povrchem. Plocha apertury je $2,39\text{m}^2$. Vypočtená plocha v návrhu je 3m^2 . Systém by tedy byl osazen 2ks tohoto kolektoru. Cena 1ks kolektoru je 11 190 Kč s DPH. Technický list viz příloha.



Obr. 3.1 Plochý zasklený kolektor KPG1+ [35]

- b) Plochý vakuový kolektor vyrábí slovenská firma THERMO/SOLAR Žiar s.r.o. Kolektor je určený k vertikální montáži. Plocha apertury je $1,84\text{m}^2$. Systém by tedy musel být osazen také 2ks tohoto kolektoru. Cena 1ks kolektoru je 18 730 Kč s DPH. V příloze lze nalézt technický list.



Obr. 3.2 Plochý vakuový kolektor TS 400 [36]

3.3 Velikost solárního zásobníku

Jak velký zásobník zvolit závisí na požadovaném solárním pokrytí, maximální teplotě v zásobníku, odběrovém profilu atd. Pro sezonní ohřev TUV, a tedy krátkodobou akumulaci, se doporučují hodnoty 50 – 70 l/m² plochy solárních kolektorů. Dle zvolených kolektorů v *bodě 3.1*, by měl mít zásobník tedy objem od 180 do 240 litrů. Pro navrhovanou solární soustavu jsem vybral solární zásobník OKC 250 SOL od firmy Družstevní závody Dražice-strojírna, s.r.o. Jedná se o stacionární zásobník s jedním spirálovým výměníkem. Zásobník má objem 250 l a jeho cena je 9 863 Kč s DPH. Technický list viz příloha.

3.4 Velikost expanzní nádoby

Expanzní nádobou musí být vybaven každý solární systém. V *bodě 2.8* o expanzních nádobách je uvedena empirická hodnota 3 l/m² solárního kolektoru. Vzhledem ke zvoleným solárním kolektorům v *bodě 3.5* bude mít nádoba objem 18 litrů. Zvolil jsem expanzní nádobu od firmy Regulus spol. s r. o. s pracovním tlakem 8 bar. Její cena je 1 285 Kč s DPH. V příloze lze nalézt technický list.

3.5 Volba čerpadla

Nejčastěji se v solárních systémech používají mokroběžná oběhová čerpadla uzpůsobená pro použití při zvýšených teplotách a kontaktu s nemrznoucí směsí (soustavy

pro bytové domy). Přesto bych použil tzv. solární čerpadlové skupiny, které jsou dražší než samotné čerpadlo, ale přinášejí sebou výhody. Jedná se o zařízení, které kromě oběhového čerpadla obsahuje ještě pojistný ventil, průtokoměr, zpětnou klapku, plnicí armatury a některé i regulátor. Tyto komponenty by majitel také musel zakoupit a zde jsou umístěny v jednom plně smontovaném a otestovaném zařízení. K navrhovanému systému, bych zvolil čerpadlovou skupinu S1 SRS3 E od firmy Regulus spol. s r.o. za cenu 12 990 Kč s DPH. Je to čerpadlová skupina s regulátorem pro dvě kolektorová pole. Uvnitř se nachází nízkoenergetické čerpadlo a 3 čidla. Průtok čerpadla je 2 - 12 l/min. Technický list viz příloha.

3.6 Montážní sady

Každý výrobce dodává ke svým solárním kolektorům montážní sady, které obsahují základní díly pro připojení a montáž kolektorů jako jsou matice, kolena, těsnění, šroubení atp.

- a) Cena sady pro připojení a montáž od firmy Regulus spol. s r. o. pro zvolený kolektor KPG1+ je 3 324 Kč s DPH.
- b) Sada pro montáž vakuových kolektorů TS 400 od firmy THERMO/SOLAR Žiar s.r.o. je 5 020 Kč s DPH.

3.7 Celková cena solárního systému

Varianta A	Počet kusů	Cena za jednotku	Celková cena s DPH
Solární kolektor	2 ks	11 190,00 Kč	22 380,00 Kč
Solární zásobník	1 ks	9 863,00 Kč	9 863,00 Kč
Expanzní nádoba	1 ks	1 285,00 Kč	1 285,00 Kč
Čerpadlová skupina	1 ks	12 990,00 Kč	12 990,00 Kč
Montážní sada	1 ks	3 324,00 Kč	3 324,00 Kč
Celková cena systému s DPH			49 842,00 Kč

Tabulka 3.6 Celková cena solárního systému ve variantě A

Varianta B	Počet kusů	Cena za jednotku	Celková cena s DPH
Solární kolektor	2 ks	18 730,00 Kč	37 460,00 Kč
Solární zásobník	1 ks	9 863,00 Kč	9 863,00 Kč
Expanzní nádoba	1 ks	1 285,00 Kč	1 285,00 Kč
Čerpadlová skupina	1 ks	12 990,00 Kč	12 990,00 Kč
Montážní sada	1 ks	3 324,00 Kč	5 020,00 Kč
Celková cena systému s DPH			66 618,00 Kč

Tabulka 3.7 Celková cena solárního systému ve variantě B

Závěr

V teoretické části bakalářské práce jsem popsal dopad sluneční energie na Zemi. Dále pak parametry solárních kolektorů jako je například účinnost, výkon, vztažná plocha kolektoru aj. Tyto parametry by člověku měly usnadnit výběr vhodného kolektoru právě pro jeho aplikaci. Nejdůležitějším parametrem při výběru je podle mého názoru účinnost solárního kolektoru. Kolektor s velkým výkonem avšak s nízkou účinností není vhodnou volbou. V závěru teoretické části je zmapován trh se solárními kolektory a příslušenstvím v České republice včetně přibližných cenových relací. Na českém trhu je nabídka velice široká a prodejci zabývající se solární technikou je hodně. Velká část z nich umožňuje na své výrobky uplatnit dotaci z programu Nová zelená úsporám. To může snížit celkovou cenu za realizaci solárního systému i o desítky procent.

Hlavní cílem této práce bylo navrhnout solární systém pro ohřev TUV pro 2 člennou domácnost v období duben až září. Systém je navržen pro umístění v Praze. Plocha kolektorů byla stanovena na hodnotu minimálně 3m^2 . Z tepelné bilance vyplývá, že tato plocha by měla stačit k pokrytí denní spotřeby 100 litrů TUV. Pro systém jsem navrhl 2 typy kolektorů. Ve variantě A se jedná o plochý zasklený kolektor. Ten se v ČR používá nejčastěji vzhledem k nižší pořizovací ceně, ale má větší tepelné ztráty. Varianta B je plochý vakuový kolektor. Jeho pořizovací cena je o něco vyšší, ale má lepší tepelné vlastnosti a lepší účinnost a to i v zimních měsících. Solární zásobník jsem zvolil 250 litrový, aby pokryl i vícedenní spotřebu v případě špatného počasí. Expanzní nádoba byla zvolena 18 litrová a místo klasického mokroběžného čerpadla jsem zvolil čerpadlovou skupinu, která v sobě obsahuje další důležité součásti systému jako regulátor, armaturu či pojistný ventil. Celková cena solárního systému ve variantě A je 49 842 Kč s DPH. Cena solárního systému při variantě B je 66 618 Kč s DPH. Cena varianty B je vyšší o 16 775 Kč, avšak dle mého názoru se jedná o výhodnější variantu kvůli možnosti získávat energii ze Slunce i v zimních měsících. Díky tomu by se doba ekonomické návratnosti výrazně snížila.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- (1) CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: T. Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900-7595-9.
- (2) BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-010-2802-X.
- (3) MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. Praha: Grada, 2013, 254 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.
- (4) MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2005, vi, 91 s. 21. století. ISBN 80-736-6029-6.
- (5) BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2003, 125 s. ISBN 80-865-1759-4.
- (6) MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada, 2010, 136 s. Profi. ISBN 978-80-247-3503-0.
- (7) THEMEßL, Armin a Werner WEIß. *Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí*. V Gradě 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 116 s. Profi. ISBN 80-247-0589-3.
- (8) Slunce. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce>
- (9) Sluneční energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie
- (10) Parametry solárních kolektorů. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>
- (11) Plocha solárního kolektoru. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/159-plocha-solarniho-kolektoru>
- (12) Teplonosná kapalina. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/148-teplonosna-kapalina>
- (13) Stagnační teplota kolektoru. *TempEco* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.tc-solar.cz/slovnicek/?slovnicek=stagnacni-teplota-kolektoru>
- (14) MATUŠKA, Tomáš. Hodnocení výkonnosti solárních kolektorů. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/0304_matuska.pdf
- (15) Účinnost solárního kolektoru. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/161-ucinnost-solarniho-kolektoru>

- (16) Problematika stagnace u solárních tepelných soustav (I). *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3462-problematika-stagnace-u-solarnich-tepelnych-soustav-i>
- (17) Tepelný výkon solárního kolektoru. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/162-tepelny-vykon-solarniho-kolektoru>
- (18) Modifikátor úhlu dopadu. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/163-modifikator-uhlu-dopadu>
- (19) Výkonnost solárních kolektorů. *Krytiny-střechy* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/solarni-kolektory/?nid=10085-vykonnost-solarnich-kolektoru.html#.VyG_-GeLRhF
- (20) Přímé využití sluneční energie - systémy využívající fototerální kapalinové kolektory I. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fototerální-kapalinove-kolektory-i>
- (21) Obnovitelné zdroje energie v roce 2011 – 3. část. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9504-obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2011-3-cast>
- (22) Solární kolektor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_kolektor
- (23) Druhy solárních kolektorů. *Florian tepelná technika* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.eflorian.cz/druhy-solarnich-kolektoru>
- (24) Jak fungují vakuové kolektory na principu Heat Pipe. *Heat Pipe - Solární trubicové kolektory* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://solarni-kolektory.blogspot.cz/2012/05/jak-funguji-vakuove-kolektory-na.html>
- (25) Trubicové solární kolektory. *Trubicové solární kolektory* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.trubicovesolarnikolektory.cz/trubicove-solarni-kolektory/>
- (26) Vybíráme solární kolektory pro ohřev vody a přitápění. *Nalezno.cz* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/vybirame-solarni-kolektory-pro-ohrev-vody-a-pritapeni.aspx>
- (27) Kapalinové sluneční kolektory - nejvíce využívaný systém solárního vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. *Topenari.eu* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- (28) Jaký kolektor je pro Vás nejvýhodnější? *Sunheat* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.trubicove-kolektory.cz/info.html>
- (29) Komponenty solárneho systému. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1955-komponenty-solarneho-systemu>

- (30) Potrubí solárních soustav. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/150-potrubni-solarnich-soustav>
- (31) Regulátory. *Regulus* [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/cz/regulatory#filter=par_rizeni~~1~par_pro_solar~~1
- (32) Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
- (33) Měsíční přehledy pozorování. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data>
- (34) Prvky solárních soustav (II). *TZB-info* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3484-prvky-solarnich-soustav-ii>
- (35) Sluneční kolektor KPG1+. *Regulus* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kpg1-plus>
- (36) Solární sestava TS (Heliostar) pro ohřev teplé užitkové vody - modelový příklad. *ITEST* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.itest.cz/old/solar/jhsolar2.htm>
- (37) Katalogový list [online]. In: . [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.thermosolar.sk/?run=content&id=48>
- (38) SOLÁRNÍ ZÁSOBNÍKY VODY SOL. *Družstevní závody Dražice-strojírna, s.r.o.* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojlery/solarni-ohrivace-vody/ohrivace-sol#okc250ntrrsol>
- (39) *Produktový list Expanzní nádoby Aquafill SL* [online]. In: . [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoby-pro-solarni-systemy>
- (40) *Technický list čerpadlová skupina S1 SRS3 E* [online]. In: . [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/cerpadlova-skupina-s1-srs3-e-ext>

Přílohy

V příloze jsou vloženy katalogové listy k jednotlivým komponentům solárního kolektoru a tabulka průměrného počtu hodin slunečního svitu ve vybraných městech.

Obsah:

Příloha A - Průměrný počet hodin slunečního svitu ve vybraných městech.....	2
Příloha B – Technický list solárního kolektoru KPG1+	3
Příloha C – Technický list solárního kolektoru TS 400	4
Příloha D – Technický list solárního zásobníku vody OKC 250	5
Příloha E – Technický list expanzní nádoby SL018	6
Příloha F – Technický list čerpadlové skupiny S1 SES3 E.....	7

Příloha A - Průměrný počet hodin slunečního svitu ve vybraných městech [5]

Město/Měsíc	Počet hodin v měsíci												Celkem (h.rok ⁻¹)
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Benecko	52	71	121	141	195	179	168	194	136	110	40	44	1451
Brno	41	67	127	159	224	218	212	219	155	117	44	37	1620
České Budějovice	41	60	124	137	195	197	181	199	138	97	55	43	1467
Hradec Králové	31	61	120	149	217	206	192	211	153	107	45	29	1521
Cheb	36	48	111	135	183	176	172	191	133	96	37	32	1350
Jeseník	67	78	118	131	185	162	169	188	134	121	67	60	1480
Jindřichův Hradec	36	58	119	138	198	188	195	201	141	107	51	38	1470
Karlovy Vary	40	55	121	145	187	187	207	207	142	115	41	26	1473
Klatovy	37	61	119	136	194	199	198	208	139	97	53	44	1485
Luhačovice	31	63	115	141	197	187	176	200	138	106	39	24	1417
Olomouc	37	62	117	155	210	205	212	213	138	118	43	32	1542
Opava	43	57	118	135	190	185	184	194	134	106	56	46	1448
Ostrava	40	57	119	135	191	191	183	193	138	108	49	42	1446
Pardubice	36	60	122	158	220	210	181	209	154	108	52	39	1549
Plzeň	31	56	118	139	195	200	197	202	134	86	46	37	1441
Praha	43	62	128	149	208	210	204	214	150	103	55	47	1573
Prostějov	31	54	103	137	192	191	191	200	136	100	37	27	1399
Přerov	37	61	112	150	209	208	200	203	142	106	37	31	1496
Sedlčany	30	52	114	133	191	188	191	196	127	88	39	34	1383
Strážnice	48	74	134	165	223	213	206	221	169	126	51	43	1673
Šumperk	28	57	111	146	197	172	179	199	144	103	30	25	1391
Telč	45	63	130	150	209	208	207	212	149	117	54	48	1592
Teplice	21	36	92	127	172	155	155	177	115	64	27	15	1156
Třeboň	43	64	126	140	196	191	197	203	141	107	58	48	1514
Turnov	27	55	102	125	194	196	169	190	129	85	33	27	1332
Ústí nad Labem	22	40	93	126	179	159	163	181	118	71	28	17	1197
Valašské Meziříčí	36	60	114	133	194	190	181	199	140	108	43	33	1431
Velké Meziříčí	34	57	124	153	210	215	209	211	153	114	45	33	1558
Vsetín	39	69	109	128	182	175	168	182	133	113	40	33	1371
Vyšší Brod	54	70	126	133	178	181	185	194	140	105	59	52	1477
Zábřeh na Moravě	31	61	110	136	186	192	186	193	136	104	26	21	1382
Žatec	30	53	121	143	199	196	202	205	138	88	46	33	1454
Znojmo	50	71	138	164	226	217	215	227	166	131	58	52	1715

Příloha B – Technický list solárního kolektoru KPG1+ [35]



TECHNICKÝ LIST

v1.3.0_02/2016
str. 1/1

Solární kolektor KPG1 +

	Objednací kód	14857
	Rozměry a váhy	
	výška x šířka x tloušťka	2150 x 1170 x 83 mm
	stavební šířka	1250 mm
	celková plocha	2,515 m ²
	plocha apertury	2,392 m ²
	plocha absorberu	2,309 m ²
	hmotnost bez kapaliny	38 kg
	Zasklení	
	materiál	kalené nízkoželezné sklo
	tloušťka	3,2 mm
	Absorbér	
	materiál	hliník, tl. 0,5mm
	povrchová úprava	TiNOx
	konstrukční typ	lyrový, laserově svařovaný
	materiál přípojovacích trubek	měď
	rozměr přípojovacích trubek	4 x Ø 22 mm x 0,8 mm
	materiál trubek absorberu	měď
	rozměr trubek absorberu	12 x Ø 8 mm x 0,5 mm
	maximální pracovní tlak	6 bar
	maximální pracovní teplota	120 °C
	stagnační teplota	234 °C
	teplonosná kapalina	vodní roztok propylenglykolu (1,7 l)
	doporučený průtok	60 – 120 l/h
	Tepelná izolace	
	materiál izolace	minerální vlna
	tloušťka izolace	40 mm
	Rám	
	materiál rámu	hliníková slitina
	barva rámu	stříbrná
	materiál skříně	hliníková slitina, tl. 0,5mm
	Okamžitá účinnost na absorber / aperturu / celk. plochu	
	η_{sk} [-]	0,816 0,786 0,749
	a_{sk} [W/m ² K]	3,900 3,747 3,580
	a_{sk} [W/m ² K ²]	0,0049 0,0048 0,0045
	Maximální výkon kolektoru při osvětlení 1000 W/m²	
	Q_{max}	1883 W
	Modifikátor úhlu dopadu	
	$K_{0,5\theta}$	0,918
	Testováno podle ČSN EN ISO 9806	

<p>KPG1 +</p>	
<p>Graf okamžité účinnosti na plochu apertury</p>	
<p>Graf tlakové ztráty kolektoru</p>	

Příloha C – Technický list solárního kolektoru TS 400 [37]

40 rokov skúseností v solárnej technike

Plochý vákuový kolektor TS 400






TS 400 s prírubovými vývodmi S1550
 TS 400H s prírubovými vývodmi S1554
 a absorbérmod modrého odtieňa
 TS 400A s prírubovými Al vývodmi S1608
 a hliníkovým meandrom

Plochý vákuový kolektor určený pre špeciálne aplikácie, pri ktorých sa vyžaduje vyššia výstupná teplota teplotnosného média a vyšší energetický zisk počas chladných mesiacov roka (interiérové bazény, priemyselné aplikácie, solárne chladenie, stanice na odsťahovanie morskej vody a pod.). Ako tepelnoizolačný materiál je použité vákuum a kryptón. Inštaluje sa vo vertikálnej polohe v solárnych systémoch s obehovým čerpadlom. Kolektory sú spájané paralelne, maximálne 10 kolektorov v jednom rade.

Kolektor TS 400 je vyrábaný v prevedeniach:

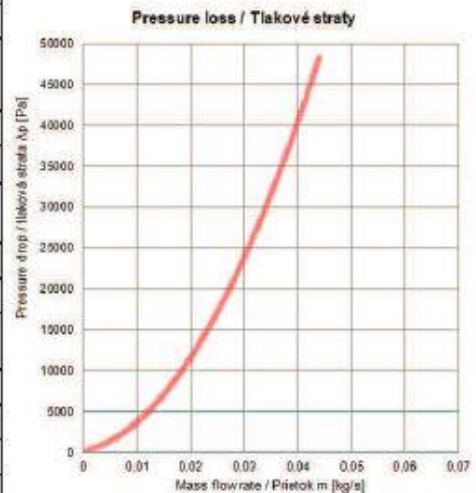
- s prírubovými vývodmi (pripája sa k hydraulickému okruhu rýchlospojками ø40 mm)
- s prírubovými vývodmi a absorbérmod modrého odtieňa (pripája sa k hydraulickému okruhu rýchlospojками ø40 mm)
- s prírubovými Al vývodmi a hliníkovým meandrom (pripája sa k hydraulickému okruhu rýchlospojками ø40 mm)

Možnosti umiestnenia kolektora

Rovná strecha/ Voľný terén/ Fasáda **Šikmá strecha nad strešnou krytinou** **Šikmá strecha integrácia** **Šikmá strecha prizdvíhnutie**



Pôdorysná plocha	2,03 m ²
Absorpčná plocha	1,70 m ²
Apertúrna plocha	1,84 m ²
Spojovací rozmer	1040 mm
V x Š x H (výška x šírka x hĺbka)	2009 X 1009 X 75 mm
Hmotnosť	45,3 kg (TS 400A: 41,4 kg)
Kvapalinový obsah	1,57 l
Max. pretlak teplotnosnej kvapaliny	600 kPa
Odporúčaný prietok teplotnosnej kvapaliny	30 až 100 l/h/kolektor
Pripojovacie vývody	<ul style="list-style-type: none"> • TS 400, TS 400H: prírubové ø40mm • TS 400A: prírubové Al ø40mm
Púzdro teplotného snímača	pre senzor ø6 mm
Skríňa kolektora	hlbokotahaný výlisok z Al-Mg plechu
Selektívna konverzná vrstva	TS 400, TS400A: ALOx (čierny) TS 400H: Eta plus (modrý)
Krycie sklo	Solárne bezpečnostné sklo, 4mm
Slničná absorbitivita α _{AM1.5}	95%
Tepelná emisivita ε _{20°C}	13% ALOx 5% Eta plus
Optická účinnosť	81%
Odporúčaná pracovná teplota	nad 100°C
Stagnačná teplota (1000W/m ² , 30°C)	224°C
Min. ročný energetický zisk (RAL UZ 73)	525 kWh/m ² rok




arsenal research
 TSU 006-12 TSU 006-12
 TSU 007-12
 EN 12975



THERMO | SOLAR Žiar s.r.o., Na vartičke 14, 96501 Žiar nad Hronom, Slovenská republika

www.thermosolar.sk | **info@thermosolar.sk** | **obchod@thermosolar.sk** | **Tel.: +421-45-601 6080**
+421-45-601 6000
Fax: +421-45-671 6244

Technické zmeny vyhradené (TJ/JP) 3/2013

M0008_22

Příloha D – Technický list solárního zásobníku vody OKC 250 SOL [38]

Typ bojleru	OKC 200 NTRR/SOL	OKC 250 NTRR/SOL	OKC 300 NTRR/SOL
Objem [l]	200	245	282
Max. hmotnost zásobníku bez vody [kg]	106	120	125
Výška zásobníku [mm]	1 377	1 557	1 791
Průměr zásobníku [mm]	584	584	600
Max. provozní přetlak v nádobě [MPa]	1	1	1
Max. provozní přetlak ve výměníku [MPa]	1	1	1
Maximální teplota topné vody [°C]	110	110	110
Maximální teplota teplé vody [°C]	95	95	95
Objem spodního výměníku [l]	7	9,5	10,5
Objem horního výměníku [l]	7	7	7
Výhřevná plocha spodního výměníku [m ²]	1	1,45	1,5
Výhřevná plocha horního výměníku [m ²]	1	1	1
Výkon spodního/horního výměníku při spádu 80/60°C [kW]	24/24	32/24	35/24
Doba ohřevu TUV spodním/horním výměníkem při spádu 80/60°C [min]	28/16	28/16	24/16
Trvalý výkon TUV.* spodním/horním výměníkem při spádu 80/60°C [l/hod]	670/670	990/670	1100/670
Výkon spodního/horního výměníku při spádu 60/50°C [kW]	13/13	20/13	21/13
Doba ohřevu TUV spodním/horním výměníkem při spádu 60/50°C [min]	38/19	44/19	35/19
Trvalý výkon TUV.* spodním/horním výměníkem při spádu 60/50°C [l/hod]	330/330	490/330	517/330

Příloha E – Technický list expanzní nádoby SL018 [39]

EXPANZNÍ NÁDOBY PRO SOLÁRNÍ SYSTÉMY



Expanzní nádoby AQUAFILL SL

Expanzní nádoby řady SL jsou určeny k provozu v solárních systémech.

Nádoby jsou vyrobeny z vysoce kvalitní oceli a jsou opatřeny antikorozi povrchovou úpravou. V nádobě je nepropustná, velmi elastická membrána odolná vůči vysokým teplotám. U nádob s objemem od 50 l je membrána vyměnitelná.

Technické údaje

MATERIÁL NÁDOBY	ocel
MATERIÁL MEMBRÁNY	butyl
MATERIÁL PŘÍRUBY	nerezová ocel
PŘEDNASTAVENÝ TLAK	2,5 bar
PROVOZNÍ TEPLOTA	-10 až 130 °C



Správnou velikost expanzní nádoby musí stanovit projektant. Expanzní nádoba musí být dimenzována na teplotní rozdíl daný minimální teplotou v zimním období a maximální teplotou v letním období a musí být schopna pojmout objem kapaliny všech kolektorů v případě stagnace (maximální teplota kolektoru při zastaveném průtoku a velké intenzitě slunečního záření).

Rozměry a typy

ZÁVĚSNÉ PŘÍPOJENÍ		SL012	SL018	SL025	SL040	
	OBJEM	l	12	18	25	40
	PRŮMĚR	mm	270	270	290	320
	VÝŠKA	mm	310	425	468	570
	PŘÍPOJENÍ	–	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M
	MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	8	8	8	8
	OBJEDNACÍ KÓD	–	13720	13721	13722	13723

PŘÍPOJENÍ NA NOHÁCH S VÝMĚNNÝM VAKEM		SL050	SL080	SL100	SL150	SL200	SL300	SL500	
	OBJEM	l	50	80	100	150	200	300	500
	PRŮMĚR	mm	320	450	750	554	554	624	780
	VÝŠKA	mm	620	662	732	807	988	1160	1250
	PŘÍPOJENÍ	–	3/4" M	3/4" M	1" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M
	MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	10	10	10	10	10	10	8
	OBJEDNACÍ KÓD	–	13724	13725	13726	13727	13728	13729	13730

Příslušenství



Držák na zeď a přípojovací ventil G 3/4" F/M
Obj. kód 7766



Přípojovací ventil
3/4" Obj. kód 8770
1" Obj. kód 12295
6/4" Obj. kód 14492



Držák na zeď včetně vrutů a hmoždinek
Obj. kód 12174

Výměnný vak



OBJEM	OBJ. KÓD
50l	13775
80 a 100l	13776
150l	13777
200l	12763
300l	13786
500l	13787



Regulus spol. s r.o.
Do Koutů 1897/3, 143 00 Praha 4
Tel.: 241 764 506, Fax: 241 763 976
E-mail: obchod@regulus.cz
Web: www.regulus.cz

Expanzní nádoby

AQUAFILL SL

Příloha F – Technický list čerpadlové skupiny S1 SES3 E [40]

TECHNICKÝ LIST

v1.0.0_04/2016

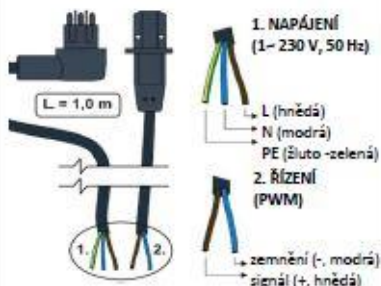
str. 1/2

Čerpadlová skupina S1 Solar 1, WILO, SRS3 E ext., 2-12 l/min, G 3/4"

Čerpadlová skupina S1 Solar 1, WILO, SRS3 E ext., 2-12 l/min, G 3/4"



Připojení čerpadla WILO Yonos Para



Základní charakteristika	
Použití	do solárních systémů
Popis	skupina složená z čerpadla WILO Yonos PARA ST 25/7, solární regulace SRS3 E, izolace, kulového kohoutu s teploměrem, regulátoru průtoku a pojistného ventilu s tlakoměrem
Instalace	zpátečka solárního systému
Pracovní kapalina	směs voda-glykol (max. 1:1)
Objednací kód	14 532

Parametry čerpadlové skupiny	
Pracovní teplota kapaliny	0 až 110 °C
Max. pracovní tlak	6 bar
Max. příkon	45 W
Max. dopravní výška	7,3 m
Max. teplota okolí	40 °C
Napájení	230 V, 50 Hz
Materiál izolace	EPP RG 60 g/l
Celkové rozměry	280 x 460 x 150 mm
Celková hmotnost	4,95 kg
Připojení	2 x G 3/4" M.

Energetické parametry čerpadlové skupiny *	
P _{sol,pump} ¹	22 W
P _{sol,standby} ²	1,5 W
Q _{aux} ³	57 kWh/rok

* dle nařízení Komise (EU) č. 811/2013

1) spotřeba el. energie čerpadla, 2) spotřeba el. energie v pohotovostním režimu,

3) spotřeba pomocné el. energie

Oběhové čerpadlo WILO Yonos PARA ST 25/7	
Elektrické parametry	
Napájení	230 V, 50 Hz
Příkon (min./max.)	3 / 45 W
Prúd (min./max.)	0,03 / 0,44 A
Elektrické krytí	IPX4D
Ochrana motoru	vestavěna

Provozní parametry	
Pracovní teplota kapaliny	-10 až 110 °C
Max. pracovní tlak	10 bar
Max. otáčky	4880 ot/min
Index energ. účinnosti	≤ 0,20
Max. teplota okolí	55 °C
Max. relativní vlhkost	odolné proti kondenzující vlhkosti

Min. sací výška k zamezení kavitace při dané teplotě kapaliny	
50 / 95 / 110 °C	0,5 / 4,5 / 11 m

Parametry řízení čerpadla	
Řídicí signál	PWM
Frekvenční rozsah signálu	0,1 až 5 kHz (1 kHz jmenovitý)
Amplituda signálu	3,6 V (3 mA) až 24 V (7,5 mA)

Kabely pro napájení čerpadla a přenos řídicího signálu PWM jsou součástí balení.

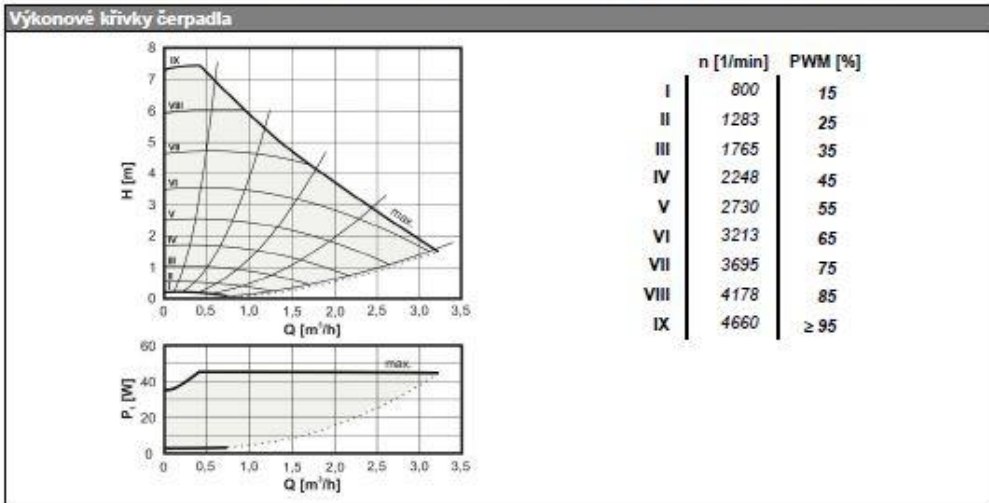
REGULUS spol. s r.o. Czech Republic
Do Koutů 1897/3, 143 00 Praha 4Tel.: +420 241 765 191
Fax: +420 241 763 976E-mail: sales@regulus.eu
Web: www.regulus.eu



TECHNICKÝ LIST

v1.0.0_04/2016
str. 2/2

Čerpadlová skupina S1 Solar 1, WILO, SRS3 E ext., 2-12 l/min, G 3/4"



Regulace SRS3 E



Regulátor průtoku



Pojistný ventil



Regulace SRS3 E

Elektrické parametry

Napájení	230 V, 50 - 60 Hz
Příkon	~ 1,5 VA
Vnitřní pojistka	2 A / 250 V, pomalá
Elektrické krytí	IP40
Třída krytí	II

Parametry okolního prostředí

Pracovní teplota okolí	0 - 40 °C
Pracovní vlhkost vzduchu	max. 85 % při 25 °C

Vstupy a výstupy

Mechanické relé	2 x (480 VA pro AC1/480 W pro AC3)
PWM	1 x (napětí 10 V, frekvence 1 kHz)
Pt 1000	4 x (měřicí rozsah -40 až 300 °C)

Regulátor průtoku

Popis	slouží k nastavení průtoku a plnění nebo vypouštění soustavy pomocí kulových kohoutů (2 x G 3/4" M)
Pracovní teplota kapaliny	120 °C (max. 160 °C po dobu 20 s)
Max. pracovní tlak	10 bar
Měřitelný rozsah průtoku	2 až 12 l/min
Připojení	G 3/4" M x G 6/4" FU

Pojistný ventil

Otvírací tlak	6 bar
Max. pracovní teplota	-20 až 160 °C
Pracovní kapalina	směs voda-glykol (max. 1:1)
Připojení	G 1/2" F x G 3/4" F