



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VLIV ZEMĚPISNÉ POLOHY NA VÝKONNOST SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

EFFECT OF GEOGRAPHICAL LOCATION ON SOLAR SYSTEMS PERFORMANCE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KULJOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Kuljovský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vliv zeměpisné polohy na výkonnost solárních systémů

v anglickém jazyce:

Effect of geographical location on solar systems performance

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Solární fototermické kolektory se staly jedním z nejvíce využívaných alternativních zdrojů energie, s možností využití získaného tepla pro vytápění, přípravu teplé vody, případně ohřev bazénu. Využitelný energetický zisk však závisí – mimo velikosti a typu kolektorů – také na lokalitě, v níž jsou provozovány, případně i na jejich prostorové orientaci. Tyto faktory by měli potenciální investoři vzít při návrhu solárního systému v úvahu.

Cíle bakalářské práce:

Porovnejte výkonnost solárních kolektorů v různých lokalitách ČR s ohledem na množství, intenzitu a charakter dopadajícího slunečního záření v různých obdobích roku, a to pro různé typy kolektorů. Získané poznatky kriticky zhodnoťte s ohledem na předpokládané využití získaného tepla.

Seznam odborné literatury:

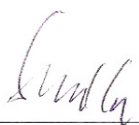
- Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha, 1994.
Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA group spol. s r.o., Brno, 2005.
Themessl, A., Weiss, W.: Solární systémy. Grada Publ., Praha, 2005.
Ladener, H., Spate, F.: Solární zařízení. Grada Publ., Praha, 2003.
Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, Ostrava, 2002.
Internetové a časopisecké zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

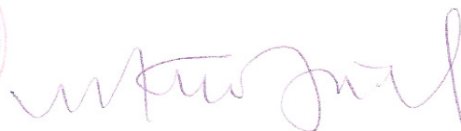
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

Prudké zdražování a blížící se vyčerpání fosilních paliv vede ke stále většímu zájmu o obnovitelné zdroje. Tato bakalářská práce se zabývá jednou z nejlukrativnějších náhrad mezi obnovitelnými zdroji, a to sluneční energií. V úvodu popisuje vznik a šíření energie vesmírem, dále se pak věnuje základnímu rozdělení kolektorů a informuje o možnostech jejich využití. Především obsahuje vzorce pro výpočet základních výkonnostních charakteristik, na jejichž základech porovnává jednotlivé kolektory mezi sebou. V závěru pak porovnává účinnost těchto kolektorů pro různé geografické polohy v České republice.

Klíčová slova:

Sluneční energie, termický solární kolektor, intenzita záření, globální záření, účinnost kolektoru, geografická poloha

Abstract

The sharp price increase and the impending depletion of fossil fuels has led to an increasing interest in renewable resources. This thesis deals with one of the most lucrative substitution between renewable sources - the solar energy. The introduction describes the emergence and spread of energy in the universe, then is devoted to basic distribution of collectors and informs about the possibilities of their use. In particular, it contains formulas for calculating the basic performance characteristics and then comparing differences between panels. Finally, it compares the effectiveness of collectors for different geographical locations in the Czech Republic.

Key words:

Solar energy, thermal solar collector, intensity of radiation, global radiation, efficiency of collector, geographic location

Bibliografická citace:

KULJOVSKÝ, M. *Vliv zeměpisné polohy na výkonnost solárních systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 50 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana doc. Ing. Michala Jaroše, Dr. a s použitím uvedených zdrojů.

V Brně dne 27. května 2011

.....

Martin Kuljovský

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce, a za čas, který mi věnoval.

Obsah

1	Úvod	15
2	Slunce	16
3	Globální záření	18
3.1	Faktory ovlivňující globální záření	18
4	Solární topná soustava (systémy pro využití solární energie)	21
4.1	Pasivní systémy	21
4.2	Aktivní systémy	21
4.3	Součásti aktivních systémů	22
5	Solární kolektory	23
5.1	Kapalinové kolektory	23
5.2	Plastové absorbéry	26
5.3	Kovové kolektory s neselektivním povrchem	26
5.4	Kovové kolektory se selektivním povrchem	26
5.5	Vakuové trubicové kolektory	27
5.6	Koncentrační kolektory	28
5.7	Vzduchové kolektory	28
6	Ztráty solárních kolektorů	29
7	Solární kolektory v klimatických podmínkách ČR	36
7.1	Sluneční svit	36
7.2	Průměrná teplota vzduchu	40
8	Porovnání solárních kolektorů	42
9	Závěr	44
10	Seznam použitých zdrojů	45
11	Seznam použitých zkratk a symbolů	48
12	Seznam obrázků	49
13	Seznam tabulek	50

1 Úvod

Technický rozkvět 21. století si vybral daň v podobě stále se zvětšující spotřeby energie, která je umocněna rostoucím počtem obyvatel na Zemi.

S neustále rostoucí lidskou populací roste i spotřeba energie. Nezbytná nutnost energie vede k devastování krajiny těžebním a následným spalováním fosilních paliv, zejména pak ropy, uhlí a zemního plynu. Spalováním se do ovzduší uvolňuje oxid uhličitý, který je jedním ze skupiny plynů způsobujících skleníkový efekt, jenž je hlavním iniciátorem změny klimatu na Zemi. Avšak zásoby těchto neobnovitelných zdrojů energie rapidně klesají a jejich obnova je otázkou stovek až tisíců let. Nedostatek těchto NZE je hlavním problémem rozvíjející se industriální společnosti 21. století.

Prvním krokem by mělo být šetření a rozumnější využití energie s přijatelnějším dopadem na životní prostředí. Ale také využívat alternativní náhrady, které představují obnovitelné zdroje v podobě:

- energie vody
- geotermální energie
- spalování biomasy
- energie větru
- energie slunečního záření
- využití tepelných čerpadel
- energie příboje a přílivu oceánů

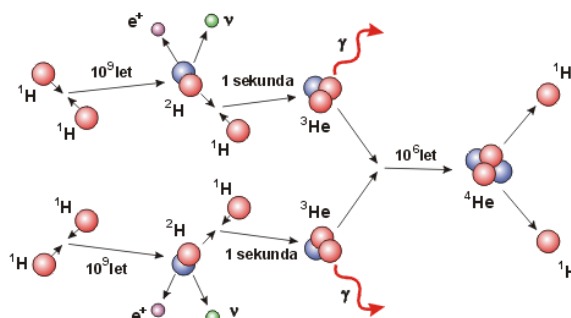
Využívání těchto obnovitelných zdrojů energie vede jednak k přispívání ekologickému, ale zároveň může vést k přispívání ekonomickému např. výstavbou solárních zařízení na vlastním obydli.

Využívání slunečního záření jako zdroje energie se stalo v dnešní době velice populární. I přesto, že účinnost solárních zařízení zdaleka nedosahuje účinnosti získané spalováním fosilních paliv, můžeme tohoto zdroje využít v místech bez trvalé dodávky energie. Další z možností uplatnění může být například ohřev vody v bazénu, nebo sezónní ohřev užitkové vody.

Tato bakalářská práce se zabývá jedním z hlavních aspektů ovlivňující samotný výkon daného solárního zařízení, jímž je jeho geografická poloha. Hlavním činitelem ovlivňujícím výkon solárních zařízení je délka a intenzita slunečního záření dopadajícího na solární panel. Samotná délka a intenzita záření záleží na geografické poloze daného solárního panelu. Jeho vlivem se tato bakalářská práce zabývá a poukazuje na vhodnost výstavby solárních zařízení v jednotlivých částech České republiky.

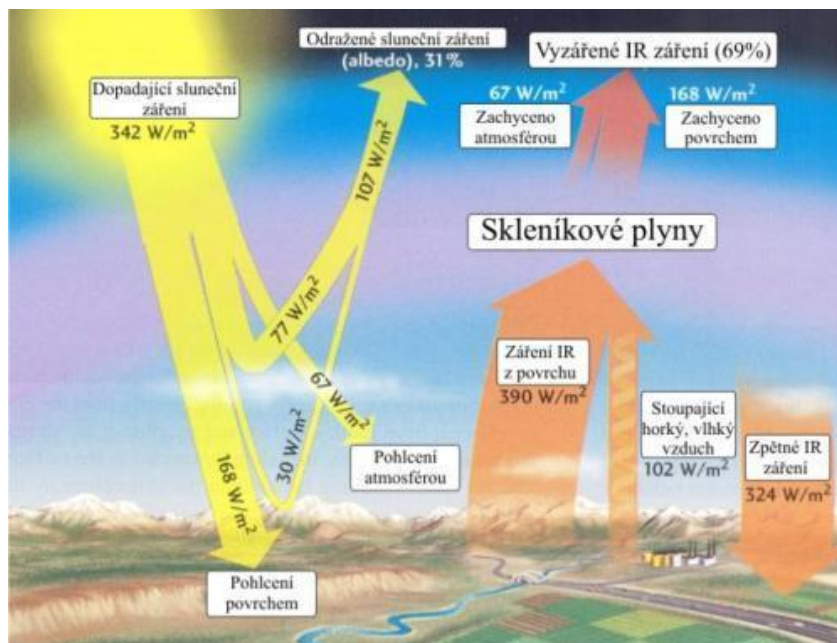
2 Slunce

Primárním zdrojem energie pro Zemi je její nejbližší hvězda Slunce. Struktura Slunce je tvořena převážně atomárním vodíkem s příměsí hélia a ostatními prvky periodické soustavy [1]. Vznik energie je situován pod povrchem koule o průměru $139,2 \cdot 10^4$ km a hmotnosti $1,983 \cdot 10^{30}$ kg [2] jadernou fúzí, což je termonukleární přeměna vodíku za vzniku hélia (obr. 1). Přeměny probíhají při teplotě $13 \cdot 10^6$ K a tlaku $2 \cdot 10^{10}$ MPa [1]. Vlivem těchto přeměn dosahuje teplota slunečního povrchu okolo 5900 K [1].



Obr. 1 Přeměna vodíku na hélium [10]

Při takto velkém tlaku a vysoké teplotě se uvolňuje do okolního vesmíru nepředstavitelné množství energie ve formě elektromagnetického záření o velikosti přibližně $3,8 \cdot 10^{26}$ J. Z tohoto množství energie připadá zemskému povrchu (vzdálenému 150 milionů km) záření o intenzitě 219 000 000 kWh za rok, které je schopno pokrýt současnou energetickou potřebu a to dokonce i 2000krát větší [3]. Tento fakt se snaží poukázat, že zdroj solární energie by mohl být postačující na to, aby v budoucnu nahradil ostatní neobnovitelné zdroje energie.

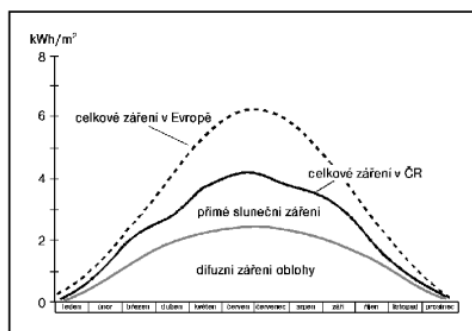


Obr. 2 Schéma prostupu slunečního záření atmosférou [11]

Ve výšce přes 1000 km, což je přibližná výška vnější atmosféry, se měří solární záření. Hodnota tzv. solární konstanty je 1360 W/m^2 [4]. Dopadající sluneční záření je zčásti odraženo a zčásti absorbováno v jednotlivých zemských atmosférických vrstvách plyny zde obsaženými (převážně kyslíkem a dusíkem). Plyny jsou dopadajícím rentgenovým a ultrafialovým zářením ionizovány. Za pomoci tohoto děje vznikají další vrstvy (např. ionosféra a níže pak ozonoféra), které zachycují tyto životu nebezpečné typy záření. V nejnižších vrstvách je záření pohlcováno vodní párou, oxidem uhličitým a kapkami vody natolik, že na samotný povrch dopadá 47 % z celkového záření (obr. 2) [2]. I nepatrná část záření z toho absolutně černého tělesa má však nepostradatelný vliv na život na Zemi. Uplatňuje se například ve formě tepla vypařováním vodních hladin, při vzniku větrů, nebo také jako zdroj energie pro vše živé v biosféře.

3 Globální záření

Veškeré sluneční záření dopadající na zemský povrch je označováno jako globální záření. Zahrnuje rozsah slunečního světla v rozmezí vlnových délek od 30 až po 3000 nm [4]. Při měření intenzity se rozlišují dva základní typy. Záření přímé a difúzní (rozptýlené). Přímé záření probíhá za jasných dnů, kdy není rozptýleno mraky či částicemi obsaženými v atmosféře. Tudíž toto záření dopadá beze změny směru a je možno ho koncentrovat zrcadly nebo čočkami. Záření difúzní naopak dopadá ve všech směrech, nevytváří stín a nedá se soustředit.



Obr. 3 Globální záření v Evropě [9]

3.1 Faktory ovlivňující globální záření

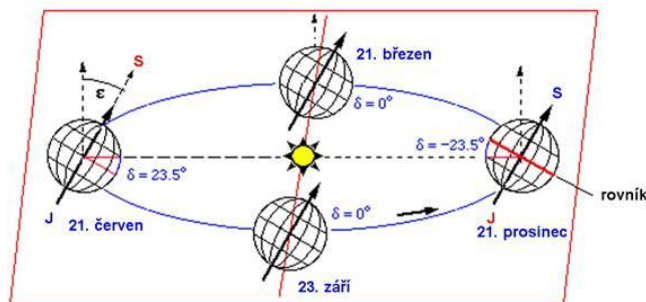
Při využívání sluneční energie na zemském povrchu je nutné zohlednit faktory, které délku a intenzitu záření ovlivňují. Jsou to zejména:

- **zeměpisná poloha** – množství slunečních paprsků dopadajících okolo rovníku se liší od množství dopadajících na póly (obr. 4)



Obr. 4 Střední hodnoty úhrnů globálního záření na Zemi [7]

- **roční období** – vlivem sklonu zemské osy zachytí v zimě jižní a v létě severní polokoule více sluneční energie (obr. 5)



Obr. 5 Vliv sklonu zemské osy [8]

- **klima a oblačnost** – Průchodem paprsků skrz jednotlivé vrstvy atmosféry se intenzita záření zmenšuje. Toto zmenšení je formulováno tzv. *součinitelem znečištění Z* a je definován Linkeho vztahem:

$$Z = \frac{\ln I_0 - \ln I_n}{\ln I_0 - \ln I_{\check{c}}} \quad 1-1$$

kde:

I_0 – sluneční konstanta

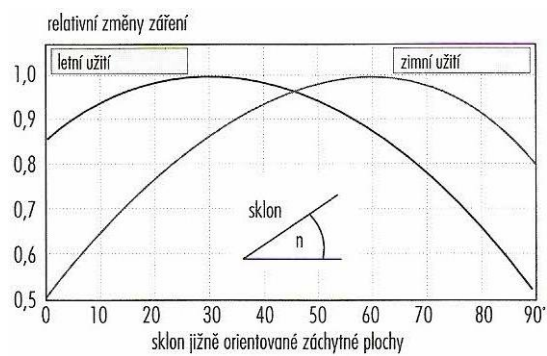
I_n – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší

$I_{\check{c}}$ – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší

Tab. 1 Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry [2]

měsíc	horské oblasti	venkov	města	průmyslové oblasti
leden	1,5	2,1	3,1	4,1
únor	1,6	2,2	3,2	4,3
březen	1,8	2,5	3,5	4,7
duben	1,9	2,9	4,0	5,3
květen	2,0	3,2	4,2	5,5
červen	2,3	3,4	4,3	5,7
červenec	2,3	3,5	4,4	5,8
srpen	2,3	3,3	4,3	5,7
září	2,1	2,9	4,0	5,3
říjen	1,8	2,6	3,6	4,9
listopad	1,6	2,3	3,3	4,5
prosinec	1,5	2,2	3,1	4,2

- **Sklon a orientace plochy, na níž sluneční záření dopadá** – Ideální stav je za předpokladu, že sluneční záření dopadá kolmo na požadovanou plochu. Zajištění tohoto stavu se z hlediska ekonomického a technického provádí jen výjimečně. V praxi se používá sklon okolo 45° směrem k jihu a tím zajišťuje celoroční dobrý zisk (obr. 6). Pro určení optimálního sklonu pro různé regiony lze použít *Interaktivní mapu Evropy* [6].



Obr. 6 Úhly sklonu příznivé pro solární využití [4]

4 Solární topná soustava (systémy pro využití solární energie)

Solární topná soustava využívá slunečního záření přicházejícího ze Slunce k přeměně energie na teplo. Podle náročnosti a možností na výstavbu volíme mezi dvěma druhy přenosu tepla.

4.1 Pasivní systémy

Pomocí simulačních a výpočtových postupů lze již v rané části výstavby energetického domu využít stavby samotné. Pasivní způsob vytápění nevyužívá žádných dalších přídavných systémů potřebných k přeměně tepla. Účinnost těchto domů se odvíjí jednak od volby použitých materiálů na stavbu (materiály s nízkým součinitelem prostupu tepla), tak také závisí na rozvržení daného interiéru a orientaci domu k jednotlivým světovým stranám. Pasivní vytápění nabízí hned několik možností vytápění:

- Akumulační solární stěnou
- Trombeho stěnou
- Nezaskleným solárním vzduchovým kolektorem
- Energetickou střechou
- Energetickou fasádou

Blíže se jednotlivými prvky zabývá sluneční architektura, která je dobře popsána například v publikaci *Nízkoenergetické domy* [12]. Využitím všech těchto poznatků je možno docílit maximalizování tepla v chladných obdobích a naopak snížení tepla v období letních [12, 13].

4.2 Aktivní systémy

Aktivní solární systémy využívají k přeměně slunečního záření na teplo takzvané kolektory. Teplonosná látka proudící těmito sběrači je zde ohřívána a poté čerpadlem, či ventilátorem vedena do zásobníku. V zásobníku je teplo akumulováno. Další z možností může být přímý oběh média systémem, kde se teplo odevzdává. Jako teplonosné médium se nejčastěji používá vzduch, nebo kapalina [4].

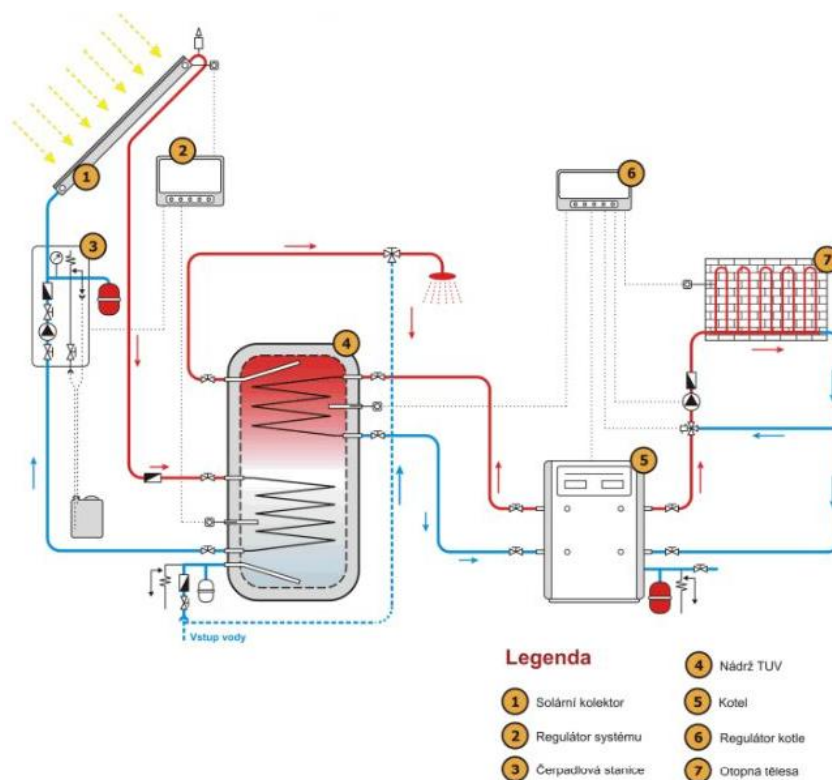
Doposud však stále není možno využitím aktivního systému pokrýt roční spotřebu tepla a teplé užitkové vody. Z tohoto důvodu se zavádí kombinované systémy (bivalentní, popř. trivalentní). Podstatou kombinovaného systému je doplňující zdroj tepla (elektrický bojler), který nahradí sluneční energii zejména v měsících, kdy slunečního záření je nedostatek. Avšak při stanovení správné tepelné bilance lze aktivním systémem pokrýt 35 až 70 % z celkové roční tepelné spotřeby. A právě tímto systémem se bude tato bakalářská práce blíže zabývat. Typy na uplatnění aktivního systému [13, 14]:

- ohřev bazénové vody
- ohřev užitkové vody
- ohřev vzduchu a vytápění
- destilace vody
- dezinfekce vody
- vaření a sušení

4.3 Součásti aktivních systémů

Jak již bylo výše uvedeno, budeme se blíže zabývat systémem, jenž transformuje sluneční energii v teplo, tj. solární topnou soustavou. Základní a nejpodstatnější součástí je kolektor. Nicméně pouhý kvalitní kolektor nemůže sám o sobě tvořit výkonnou solární soustavu. Celkovou účinnost a tepelné ztráty ovlivňují i další komponenty primárního okruhu. Mezi základní patří [4]:

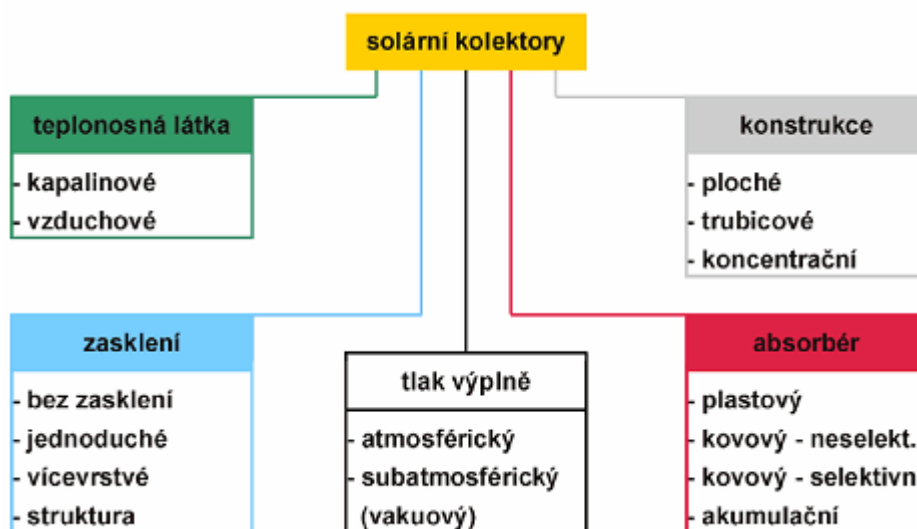
- kolektor
- zásobník tepla a výměník
- spojovací potrubí
- oběhové čerpadlo nebo ventilátor
- zabezpečovací zařízení
- zařízení pro automatickou regulaci
- záložní zdroj tepla (při využití kombinovaného systému)



Obr. 7 Komponenty solární soustavy [15]

5 Solární kolektory

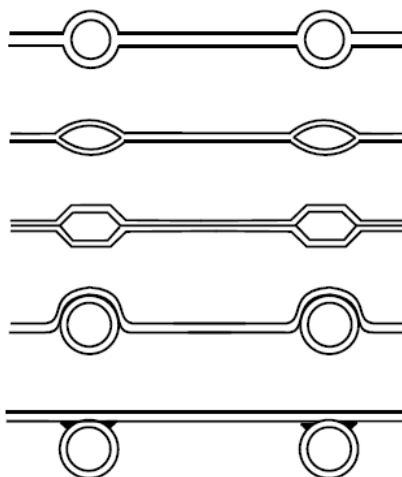
Na efektivní provoz solární soustavy má rozhodující vliv výběr typu kolektoru vhodného pro danou aplikaci. Úkolem kolektoru je zachytit sluneční energii a s co nejmenšími ztrátami ji předat teplonosné látce. Solární kolektory lze dle různých aspektů rozdělit do několika skupin (obr. 8).



Obr. 8 Rozdělení kolektorů [16]

5.1 Kapalinové kolektory

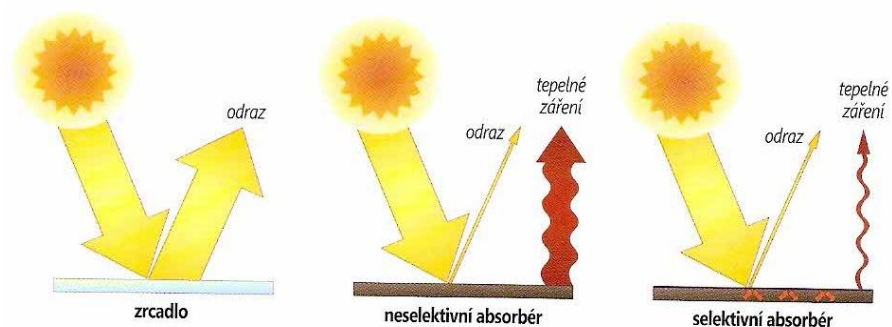
Srdcem všech kolektorů je absorpční část zvaná absorbér. Slouží k přeměně sluneční energie v teplo, které je konvekcí předáváno teplonosné tekutině. Pro ploché kapalinové kolektory se nejčastěji využívá tenký plech, ke kterému jsou připevněny trubky vedoucí médium. Na různé typy provedení poukazuje (obr. 9).



Obr. 9 Konstruktivní řešení absorpční desky plochých kolektorů [4]

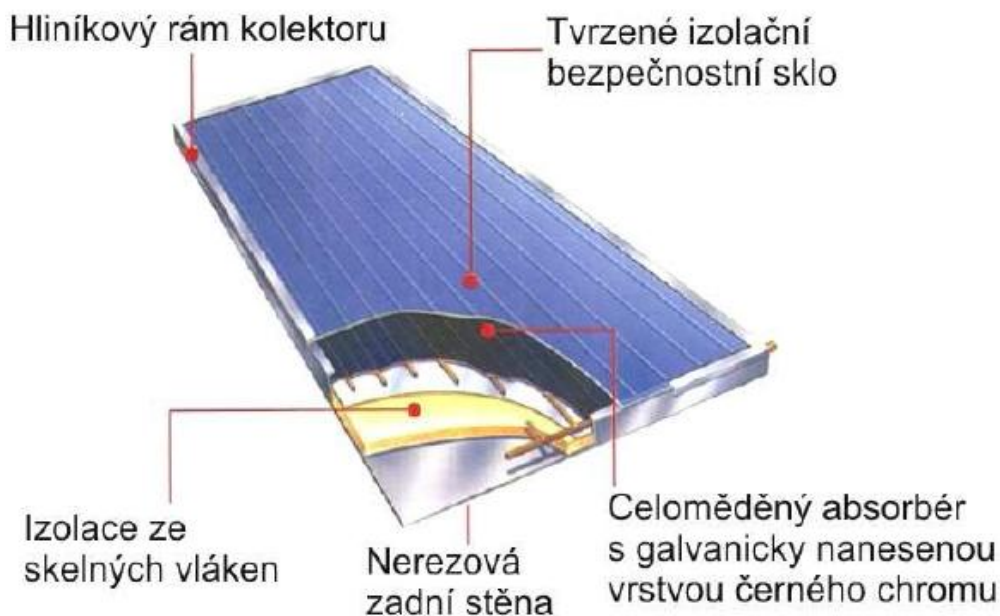
Aby se teplo z absorbéru dobře odvádělo a nedocházelo k přehřátí, jsou jednotlivé části zhotoveny z vysoce kvalitních teplo vodivých materiálů. Nejčastěji měď, nebo hliník. Pro dosažení vyšší účinnosti jsou materiály opatřeny speciálními nátěry, které snižují radiační

ztráty a zlepšují absorpční schopnost. Takzvané selektivní povrchy se vyznačují vysokou absorpční schopností pro krátkovlnné záření a zároveň mají malou emisní schopnost pro dlouhovlnné tepelné sálání. Nejlepší absorbéry se chovají jako kovově lesklé a dlouhovlnné záření odrážejí, zatímco sluneční záření valnou většinou pohlcují. Selektivní povlaky jsou převážnou většinou tvořeny z tenké vrstvy směsi kovu a oxidu kovu. Nanášení probíhá galvanickým pokovením, ale také například na hliníkové absorbéry se uplatňuje anodická oxidace s přidávkou sloučenin niklu. Bohužel tyto postupy produkují velké množství odpadních vod, čímž se stávají nešetrnými vůči životnímu prostředí. Ohleduplnější a v poslední době hojně využívanou technologií výroby je vakuové, respektive magnetronové napařování. Vakuové napařování nabízí další velkou výhodu v možnosti využití vícevrstvého povlaku, čímž umožňuje ještě lépe optimalizovat požadované vlastnosti. Aplikací dvou vrstev o různém obsahu kovových částic a antireflexní vrstvy na povrchu docílíme zachycení až 96,5 % dopadajícího slunečního záření při pouze 3,5 % tepelného vyzařování (srovnáno s neselektivním povrchem). Vezmeme-li v potaz, že ze Slunce přichází v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření asi jen 1 % z celkové dopadající energie, je snížení pohlcené energie selektivním povrchem zanedbatelné (obr. 10).



Obr. 10 Selektivní absorbér [24]

Kvalitní kolektor musí být také zabezpečen proti tepelným ztrátám. K těm dochází konvekci a



Obr. 11 Řez kapalinovým kolektorem [19]

vedením. Pro minimalizování těchto nežádoucích vlivů, jež snižují účinnost sběrače, je přední strana chráněna solárním sklem o tloušťce 3 až 5 mm (popřípadě více skly). Od klasického sodného skla se liší zejména tím, že má vyšší pevnost a je bez železnaté, díky čemuž jeho propustnost dosahuje takřka 92 % [17].

Neméně důležitá je tepelná izolace zadní strany kolektoru, kde dochází k ochlazování vzduchem. Nejčastěji se pro tyto účely používají minerální vlákna, která odolávají vysokým teplotám při chodu naprázdno a zároveň se jejich tepelná vodivost takřka rovná tepelné vodivost vzduchu (přibližně $0,037 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$) [18].

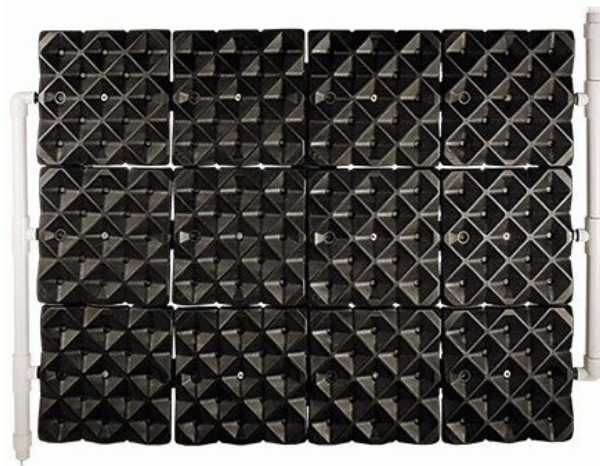
Jednotlivé části jsou spojeny a zároveň chráněny vůči povětrnostním vlivům rámem. Ten je nejčastěji volen z hliníkových materiálů pro své dobré materiálové vlastnosti a zároveň cenovou dostupnost. Tyto takzvané skříně kolektoru se také vyrábějí z plastových, nerezových, ale také dřevěných profilů.

V dnešní době je trh přesycen různými typy kolektorů. Každý typ má však odlišné vlastnosti a způsob použití. Na českém trhu se můžeme setkat s konstrukčními kombinacemi kapalinových kolektorů těchto typů [13]:

- plastové absorbéry
- kovové kolektory s neselektivním povrchem
- kovové kolektory se selektivním povrchem
- vakuové trubicové kolektory
- koncentrační kolektory

5.2 Plastové absorbéry

Tento nejjednodušší typ konstrukce vzhledem ke svému omezení vůči působení vnějších vlivů jako tlak a teplota se nejčastěji využívá pro sezónní ohřev plaveckých bazénů. Požadovaná teplota bazénu je často jen nepatrně větší, než je okolní teplota ovzduší. Použití vrchního krytu z důvodu omezení tepelných ztrát je tedy bezvýznamné. Naopak bychom zredukovali intenzitu dopadajícího slunečního záření, což by vedlo ke snížení výkonu. Stejně tak zbytečné je použití drahého selektivního nátěru, který má dokonce nižší pohltivost záření než solární nátěr [13]. Jednou z dalších výhod je nekorozivní vlastnost plastu. Nabízí se tedy možnost využití jednookruhového systému bez použití výměníku (obr. 12).



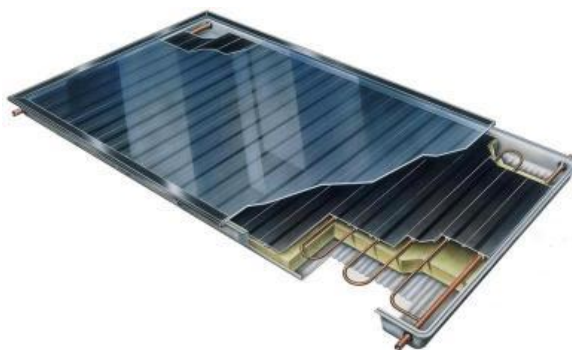
Obr. 12 Plastové kazety KM Solar [21]

5.3 Kovové kolektory s neselektivním povrchem

Jedná se o zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem a se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým nátěrem). Neselektivní kolektory nemohou být vzhledem ke značným tepelným ztrátám využity v zimním období. Používají se zásadně pouze pro sezónní předehřev vody při nízké teplotní úrovni. Na českém trhu se v současné době příliš nevyskytují [22].

5.4 Kovové kolektory se selektivním povrchem

Od výše uvedeného neselektivního kolektoru se jeho konstrukce nijak zvláště neliší. V zásadě bývá jediným rozdílem využití selektivního nátěru, který zlepšuje účinnost daného absorbéru.



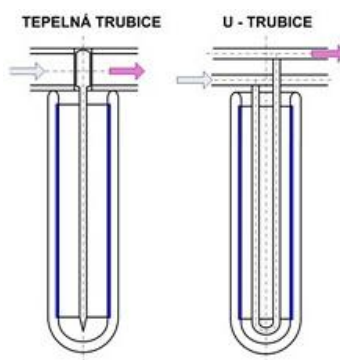
Obr. 13 Řez kolektorem Heliostar H300 se selektivním povrchem [22]

5.5 Vakuové trubicové kolektory

Vakuové kolektory se často vyčleňují jako samostatná skupina a v dnešní době patří mezi nejvíce rozšířené. Tato metoda nabízí takřka dokonalé řešení problému tepelných ztrát.

Vakuové trubice jsou vakuovány na 10^{-5} mbar (tlak venkovního vzduchu 1000 mbar). Z výrobně-technického důvodu jsou tedy kolektory vyráběny ve formě řady trubíc, které lépe redukuje takto velké rozdíly tlaků [4]. Tenký pás absorberu opatřený selektivním nátěrem je umístěn do vakuové trubice, která sluneční záření téměř nepohlcuje a je tepelně odolná. Tímto způsobem se podstatně sníží tepelné ztráty vznikající pohybem vzduchu v kolektoru [24]. Z praxe můžeme uvést například termosku, která funguje na podobném principu. Dle typu konstrukce se v dnešní době setkáme s dvěma typy vakuových trubíc:

- **přímo protékané absorbérem** – u tohoto typu protéká teplotonosná kapalina přímo absorbérem. A to buďto trubicí ve tvaru U nebo koaxiální trubicí. V případě U-trubice prochází médium celou trubicí ve tvaru U. Konstrukce koaxiální trubice je navržena tak, aby médium vedlo do spodní části skleněného pístu, kde se ohřívá a zpět protéká vnější trubicí, přičemž odebírá teplo absorbéru. Pro zvýšení účinnosti mohou být opatřeny parabolickým reflektorem [3, 4].



Obr. 14 Porovnání tepelné trubice a U-trubice [22]

- **tepelná trubice „Heat Pipe“** – ve skleněné vakuové trubicí je umístěna další menší tepelná trubice, v níž je snadno se vypařující kapalina (nejčastěji používaný metanol). Ta se již při sebemenší záření vypařuje a stoupá do kondenzátoru, kde předává teplo proudící látce. Poté co médium zkondenzuje, protéká trubicí zpět, tak aby se cyklus mohl opakovat. Nevýhodou proti přímo protékajícímu typu je, že se musí instalovat se sklonem 15-20°. Naproti tomu přímo protékající trubice pracuje za jakéhokoli sklonu. Možnou výhodou tohoto systému je rychlá výměna trubice při poškození.



Obr. 15 Trubicové jednostěnné vakuové kolektory: s přímo protékajícím koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo) [26]

5.6 Koncentrační kolektory

Koncentrační kolektory používají optickou cestu ke zvýšení dopadajícího záření na absorbér (ohnisko). Využívají k tomu čočky nebo parabolická zrcadla, kterými jsou schopny soustředit záření natolik, že dovedou vyvinout teplotu až 800 °C. Soustředit však dovedou pouze záření přímé a jsou často doplňovány složitými naklápěcími mechanismy tak, aby záření bylo stále soustředěno do ohniska. Z toho vyplývá, že pro naše středoevropské podmínky s převážně rozptýleným zářením nemá tento způsob výroby tepla smysl (obr. 16, 17) [1].



Obr. 16 Solární jednotky Andasol 1 ve Španělsku [28]



Obr. 17 Solární elektrárna v Abu Dhabi [27]

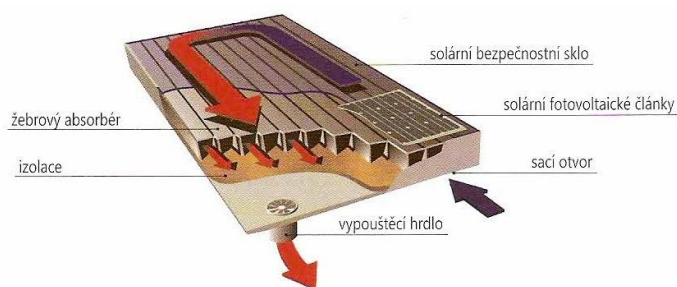
5.7 Vzduchové kolektory

Vzduchové kolektory se svou konstrukcí nijak zvlášť neliší od kolektorů kapalinových. Jsou složeny z krycí transparentní vrstvy, která bývá skleněná. Jelikož však je u tohoto typu zapotřebí mnohem větších ploch, a to z důvodu menší tepelné kapacity vzduchu než má voda, často se na pokrytí používá průhledná fólie. Absorpční plocha je převážnou většinou tvořena začerněným plechem. Ten je zpravidla různě tvarovaný (zvlněný nebo žebrovaný). Jednak z důvodu zvětšení přestupu tepla na straně proudícího vzduchu, tak i plnění funkce výztuže.

Kolektory se rozdělují na typ se vzduchovou mezerou a bez vzduchové mezery. V této mezeře je klidový vzduch, který soustavu izoluje. Teplý ohřátý vzduch proudí pod absorpční plochou. Naproti tomu u kolektoru bez mezery proudí ohřátý vzduch kanálem pod transparentní vrstvou. Tyto kolektory mají zpravidla menší účinnost než kolektory s mezerou.

Nevýhodou vzduchových kolektorů je nutnost přítomnosti ventilátoru, který ohřátý vzduch rozvádí okruhem. Pohon tohoto ventilátoru však vyžaduje větší spotřebu energie, než je tomu u čerpadel kapalinových kolektorů.

Využití je zejména v zemědělství při sušení zemědělských produktů, nebo také mohou být použity přímo jako součást střechy a sloužit k vytápění a větrání budov [2].



Obr. 18 Řez vzduchovým kolektorem Grammer Solar GmbH [24]

6 Ztráty solárních kolektorů

K lepšímu pochopení uspořádání, funkci a vhodnosti použití je nutné pochopit základní děje probíhající v kolektoru. Děje, jako jsou ztráty na a v kolektoru, nebo tok energie, je důležité brát na vědomí a umět je matematicky popsat.

Pro výpočty solárních soustav a hodnocení výkonnosti solárních kolektorů je podstatné, stejně jako u jiných zdrojů tepla, mít k dispozici základní technické parametry. Ty se získávají standardizovanými zkouškami a popisují tepelné a optické chování kolektoru za definovaných podmínek. Jde především o [4, 16]:

Křivku účinnosti:

Účinnost se podle Ladenera za ustálených podmínek definuje jako poměr mezi odevzdaným tepelným výkonem z kolektoru a příkonem záření.

$$\eta = \frac{W_N}{E} \quad 6-1$$

kde: η – okamžitá účinnost kolektoru [-]
 W_N – užitečný výkon [W/m²]
 E – energie záření [W/m²]

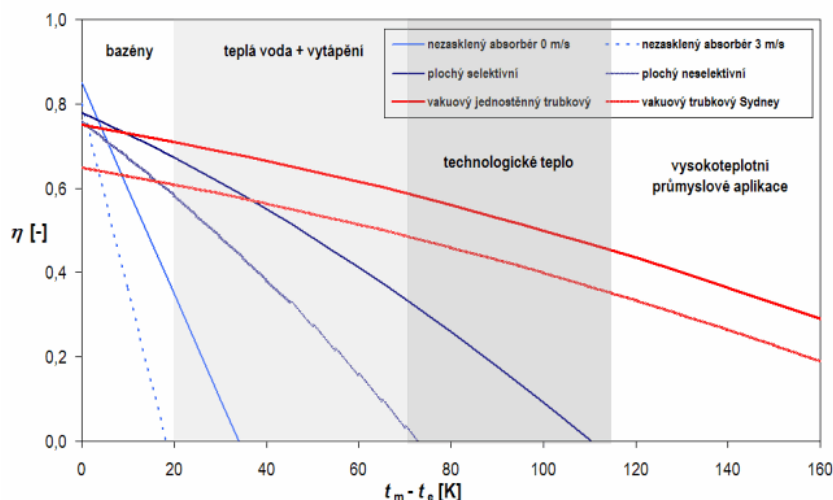
Jelikož však je účinnost závislá na venkovních klimatických a provozních podmínkách, vyhodnocuje se na základě experimentální zkoušky v souladu s ČSN EN 12975 [28] jako křivka 2. řádu [4, 16]:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \cdot G \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)^2 \quad 6-2$$

kde: η – okamžitá účinnost kolektoru [-]
 η_0 – optická účinnost [-]
 a_1 – lineární součinitel tepelné ztráty [W/(m²·K)]
 t_m – střední teplota média v kolektoru [°C]
 t_e – teplota okolního vzduchu [°C]
 a_2 – kvadratický součinitel tepelné ztráty [W/(m²·K²)]
 G – globální záření na plochu kolektoru [W/m²]

Typ kolektoru	η_0	a_1	a_2
	-	W/(m ² K)	W/(m ² K ²)
Plochý selektivní	0,78	4,2	0,015
Trubkový vakuový jednotěnný	0,75	1,5	0,008
Trubkový vakuový dvojstěnný (Sydney)	0,65	1,5	0,005

Obr. 19 Typické konstanty křivky zakřivení udávané dodavatelem [16]

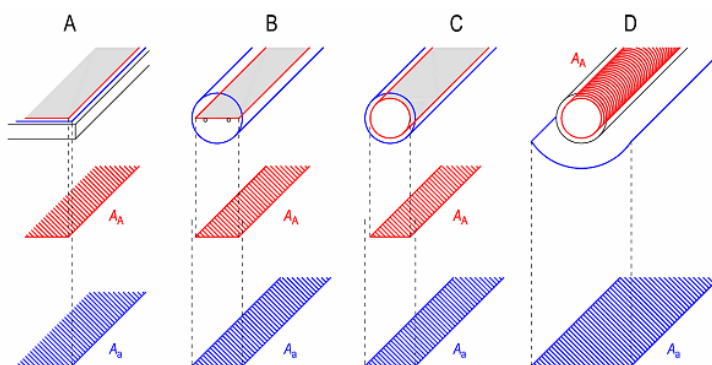


Obr. 20 Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů [26]

Křivky v obr. 2 zobrazují účinnost kolektorů v závislosti na rozdílu teplot mezi kolektorem a vnějším okolím. Naznačují také pro jaké použití je daný kolektor nejvhodnější.

Účinnost kolektoru musí být vždy udávána zároveň se vztažnou plochou, ke které byla počítána. Rozlišují se tři základní plochy:

- plocha absorberu A_A – plocha, na kterou dochází k přeměně slunečního záření v teplo
- plocha apertury A_a – plocha průmětu otvoru, kterým vstupuje do kolektoru nesoustředné sluneční záření
- celková obrysová plocha A_G – plocha průmětu celkového obrysu solárního kolektoru



Obr. 21 Definice plochy apertury a absorberu solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorberem; C) trubkový s válcovým absorberem; D) trubkový s válcovým absorberem a reflektorem [26]

Optickou účinnost [4]:

Určuje vliv reflexe transparentního krytu a absorpci při průchodu záření materiálem.

$$\eta_0 = \tau \cdot \alpha$$

5-3

kde: τ – propustnost slunečního záření [-]
 α – pohltivost slunečního záření absorberu [-]

Křivku modifikátoru úhlu dopadu:

Uvedené matematické vyjádření křivky účinnosti a výkonu jsou podloženy na základě výsledků zkoušek chování solárního kolektoru v ustáleném stavu a za definovaných podmínek (jasný den, kolmý dopad záření). Ve skutečnosti však tyto podmínky v běžném provozu existují jen částečně.

Musíme tedy počítat s dalším ovlivňujícím faktorem, jímž je úhel dopadu slunečních paprsků (Θ). Při šikmém dopadu se s rostoucím úhlem Θ optické ztráty zvětšují a tím i klesá účinnost η . Z těchto důvodů se zavádí křivka dopadu modifikátoru úhlu dopadu K_{Θ} . Modifikátor je definován jako poměr optické účinnosti při obecném úhlu dopadu k optické účinnosti při kolmém úhlu dopadu [16]:

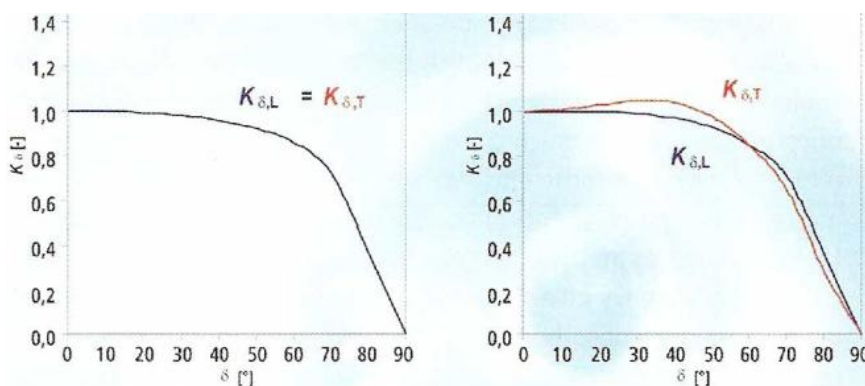
$$K_{\Theta} = \frac{\eta_0(\Theta)}{\eta_0(0^\circ)} \quad 6-4$$

kde: K_{Θ} – modifikátor úhlu dopadu [-]
 $\eta_0(\Theta)$ – optická účinnost při obecném úhlu dopadu [-]
 $\eta_0(0^\circ)$ – optická účinnost při kolmém úhlu dopadu [-]

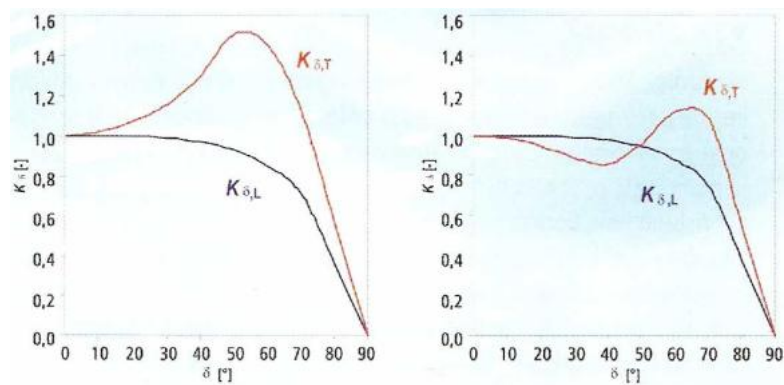
U plochých kolektorů jsou optické vlastnosti v obou hlavních rovinách (příčné: východ-západ, podélné: jih-sever) totožné. Nezáleží tedy, na kterou stranu záření dopadá. Jen na jeho úhlu dopadu Θ . Avšak pro kolektory o nesymetrickém optickém charakteru (například trubkové vakuové kolektory) se modifikátor K_{Θ} musí vyhodnocovat jednotlivě.

- Podélné $K_{\Theta,L} = K_{\Theta}(\Theta_L, 0)$
- Příčné $K_{\Theta,T} = K_{\Theta}(0, \Theta_T)$

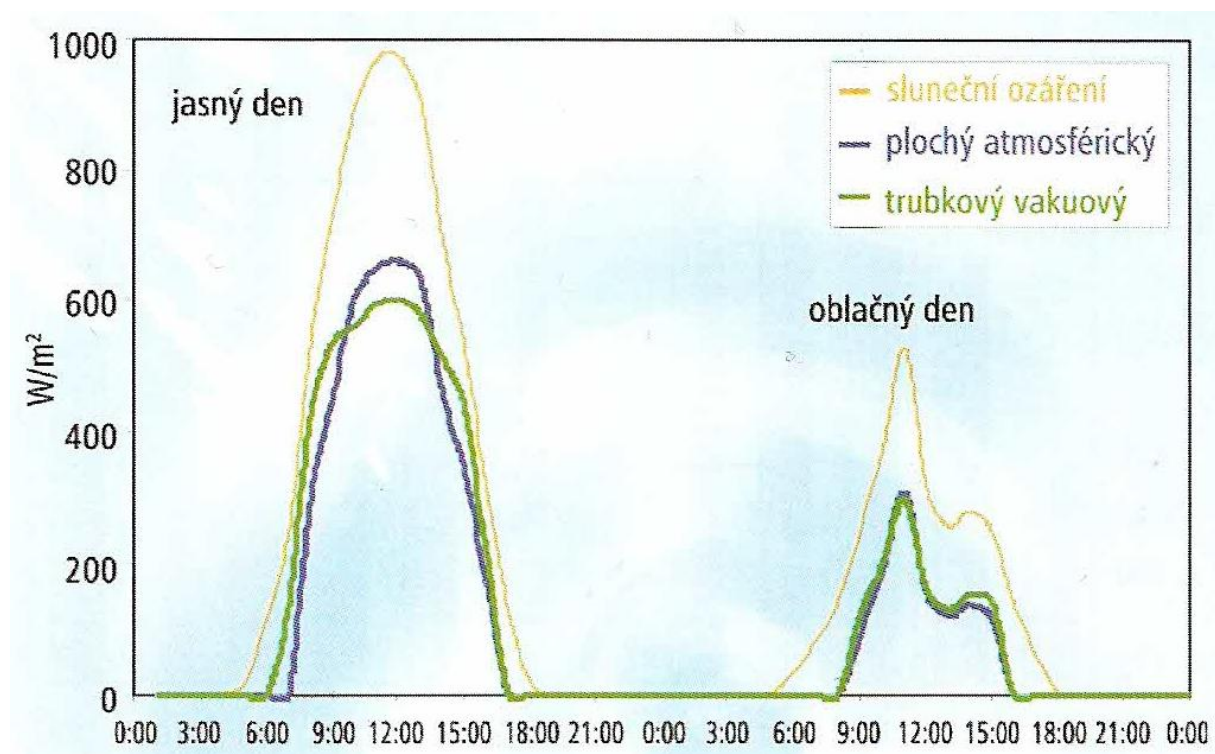
Vyhodnocením modifikátoru je tabulka hodnot, nebo křivky v hlavních rovinách v závislosti na úhlu dopadu Θ . Obr. 22 zobrazuje tyto křivky pro plochý kolektor a trubkový solární kolektor s plochým absorberem.



Obr. 22 Charakteristiky pro ploché kolektory a trubkové kolektory s plochým absorberem [29]



Obr. 23 Optické vlastnosti pro trubkové kolektory s válcovým absorberem bez reflektoru (vlevo) a s reflektorem (vpravo) [29]



Obr. 24 Průběh výkonu kolektoru s plochým a válcovým absorberem ($t_m = 40^\circ C$) [29]

Křivku tepelného výkonu:

Hlavním faktorem určujícím kvalitu slunečního kolektoru je průběh jeho výkonnostní křivky. Stanovuje se na základě rozdílu venkovní teploty a střední teploty teplosměnné kapaliny při referenčním slunečním záření $G=1000 \text{ W/m}^2$.

$$\dot{Q}_k = A_k \cdot [G \cdot \eta_0 - a_1 \cdot (t_m - t_e) - a_2 \cdot (t_m - t_e)^2] \quad 6-5$$

kde:	$\dot{Q}_k$ – tepelný výkon	[W]
	A_k – vztázná plocha kolektoru	[m ²]
	G – globální záření na plochu kolektoru	[W/m ²]
	η_0 – optická účinnost	[-]
	a_1 – lineární součinitel tepelné ztráty	[W/(m ² ·K)]
	t_m – střední teplota média v kolektoru	[°C]
	t_e – teplota okolního vzduchu	[°C]
	a_2 – kvadratický součinitel tepelné ztráty	[W/(m ² ·K ²)]

Výhodou oproti křivce účinnosti je, že se udává pro celý kolektor bez vlivu volby vztázné plochy. Avšak je naopak nemožné porovnat energetickou kvalitu dvou různě velkých kolektorů.

Výkonnost:

V dnešní době je na trhu výběr z široké škály typů kolektorů. Při vybírání zajímá investora kromě ceny také samotná výkonnost solárního zařízení, což je schopnost kolektoru vyprodukovat maximální energetický zisk za předpokladu charakteristických místních klimatických a provozních podmínek.

S ohledem na všechny tyto podmínky je možné při uplatnění výše zmíněných simulačních vzorců provést výpočet křivky účinnosti a křivky modifikátoru úhlu dopadu. Spolu s využitím databáze hodinových údajů o klimatických (sluneční ozáření G , venkovní teplota t_e) a provozních podmínkách lze posoudit vhodnost instalace slunečních zařízení se zřetelem na očekávaný výkon.

Pro srovnání různých typů solárních kolektorů s odlišnými výkonnostními charakteristikami byly vybrány a porovnány reálné příklady různé kvality a konstrukce. Jejich parametry byly převzaty ze zkušebních protokolů.

PK1 je plochý kolektor s neselektivním absorberem (vysoké hodnoty a_1 a a_2) s poměrně nízkou hodnotou optické účinnosti, která může být ovlivněna například málo vodivým absorberem, velkou roztečí trubkového registru, nebo nevodivými spoji absorberu.

PK2 je běžný plochý kolektor, avšak jeho křivka modifikátoru úhlu dopadu je položena relativně nízkou vzhledem k účinnosti podobného kolektoru **PK3**.

Velmi kvalitní je kolektor **PK4** s nízkou tepelnou ztrátou, vodivým a dobře pohltivým absorberem, dokonalou propustností zasklení a vysokými hodnotami modifikátoru.

Pro porovnání byl vybrán také vakuový trubkový kolektor s plochým absorberem **TP1**. Tento typ kolektorů od různých výrobců se nijak zvlášť svými vlastnostmi neliší.

Tab. 2 Parametry porovnaných plochých solárních kolektorů a trubkového kolektoru [29]

	PK1	PK2	PK3	PK4	TP1	
$\eta_{0,a}$ [-]	0,702	0,755	0,753	0,824	0,751	
$a_{1,a}$ [W/(m ² ·K)]	7,89	3,99	3,91	3,66	1,24	
$a_{2,a}$ [W/(m ² ·K)]	0,028	0,005	0,003	0,009	0,006	
A_a [m ²]	1,62	2,12	2,30	2,74	2,15	
A_G [m ²]	2,01	2,34	2,58	3,11	2,87	
Θ [°]	$K_{\theta,L}, K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}, K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}, K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}, K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
20	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,03
30	0,98	0,97	0,99	0,99	0,97	1,05
40	0,96	0,93	0,97	0,97	0,95	1,04
50	0,92	0,88	0,95	0,95	0,90	0,98
60	0,86	0,78	0,91	0,91	0,82	0,85
70	0,72	0,58	0,83	0,83	0,54	0,56
80	0,36	0,29	0,41	0,41	0,27	0,28
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

V tab. 2 jsou uvedeny parametry čtyř trubkových vakuových kolektorů (**TV1, TV2, TV3, TV4**) s válcovým absorberem (typ Sydney) bez reflektoru. Na trhu se nejčastěji objevuje typ **TV2** a **TV3**.

Tab. 3 Parametry porovnání trubkových vakuových kolektorů s válcovým absorberem (Sydney) bez reflektoru [29]

	TV1		TV2		TV3		TV4	
$\eta_{0,a}$ [-]	0,45		0,533		0,659		0,745	
$a_{1,a}$ [W/(m ² ·K)]	1,80		1,30		2,16		2,01	
$a_{2,a}$ [W/(m ² ·K)]	0,008		0,013		0,009		0,005	
A_a [m ²]	0,95		1,71		2,80		1,33	
A_G [m ²]	1,66		2,91		4,95		2,32	
Θ [°]	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,02	1,00	1,02	1,00	1,01	1,00	1,00
20	1,00	1,07	1,00	1,08	1,00	1,06	0,99	1,05
30	0,99	1,16	0,99	1,17	0,99	1,13	0,98	1,15
40	0,97	1,30	0,97	1,32	0,98	1,25	0,97	1,29
50	0,93	1,51	0,93	1,49	0,95	1,44	0,94	1,50
60	0,85	1,45	0,86	1,47	0,88	1,45	0,89	1,54
70	0,71	1,12	0,72	1,11	0,75	1,16	0,66	1,12
80	0,36	0,56	0,36	0,56	0,38	0,58	0,33	0,56
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

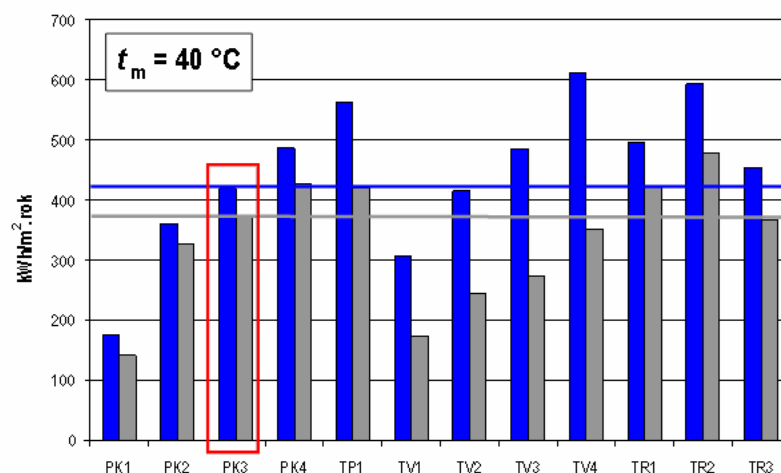
Pro srovnání účinností, jsou v tab. 3 uvedeny tři různé trubkové vakuové kolektory s válcovým absorberem (Sydney) s reflektorem. **TR1** je instalován s plochým reflektorem, **TR2** s reflektorem válcového typu a **TR3** je vybaven složeným parabolickým reflektorem (CPC).

Tab. 4 Parametry porovnaných trubkových vakuových kolektorů s válcovým absorbérem s reflektorem [29]

	TV1		TV2		TV3	
$\eta_{0,a}$ [-]	0,569		0,756		0,552	
$a_{1,a}$ [W/(m²·K)]	0,91		1,42		0,86	
$a_{2,a}$ [W/(m²·K)]	0,003		0,003		0,003	
A_a [m²]	1,74		1,72		1,72	
A_G [m²]	2,04		2,13		2,13	
Θ [°]	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$	$K_{\theta,L}$	$K_{\theta,T}$
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,02	1,00	0,99	1,00	1,02
20	1,00	1,07	1,00	0,95	0,99	1,03
30	0,99	1,13	1,00	0,89	0,98	1,03
40	0,98	1,19	0,99	0,86	0,97	1,03
50	0,95	1,28	0,97	0,96	0,94	1,08
60	0,88	1,38	0,91	1,12	0,89	1,23
70	0,75	1,16	0,79	1,09	0,66	0,90
80	0,38	0,58	0,40	0,55	0,33	0,45
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

V grafickém zobrazení na obr. 25 jsou srovnány roční měrné zisky pro celoročně konstantní teplotu kapaliny 40 °C pro rozmanité konstrukční varianty solárních kolektorů. Tepelné zisky jsou zohledněny jednak k ploše apertury (pro možnost srovnat obdobné konstrukce mezi sebou, modrá barva), ale také k obrysové ploše (aby bylo možné srovnat tepelný zisk ze skutečně zabrané plochy na střeše, šedá barva).

Výběr kolektorů zastupuje výkonnostní kvalitu dostupnou na trhu v ČR a Evropě. Z grafu názorně vyplývá výrazná proměnlivost energetické kvality jednotlivých trubkovitých vakuových kolektorů, které mají často až o 30 % vyšší výkonnost než ploché kolektory. Při vyhodnocování energetické kvality jednotlivých solárních kolektorů nestačí pouze běžně používaná křivka účinnosti, i přesto, že je základní charakteristikou. Není možné jednoznačně označit určitý konstrukční typ za více či méně ziskový v porovnání s jiným bez znalosti dalších typických parametrů (křivka účinnosti a křivka modifikátoru) a konkrétního účelu hodnocení (provozní teplota, hodnocení podle typu referenční plochy) [26].



Obr. 25 Roční teoretické měrné zisky srovnávaných solárních kolektorů podle apertury (modrá) a podle obrysové plochy (šedá) [16]

7 Solární kolektory v klimatických podmínkách ČR

Jak již bylo uvedeno výše, jedním z dalších aspektů, jenž může investora ovlivnit, zda je, či není výstavba termálních solárních kolektorů výhodná, jsou klimatické podmínky dané zvažované polohy. Česká republika leží přibližně mezi 49. až 51. stupněm severní šířky a 12. až 19. stupněm východní délky. Vzhledem ke své poloze je tedy celé území České republiky vhodné pro výstavbu termálních kolektorů.

Avšak i tak jsou v účinnosti jednotlivých termálních kolektorů rozdíly. Ty jsou v dané lokalitě ovlivněny průměrnou teplotou vzduchu, intenzitou záření a dobou trvání dopadajícího slunečního záření. Tyto rozdíly jsou kompenzovány například výběrem kvalitnějšího kolektoru, nebo zvětšením absorpční plochy.

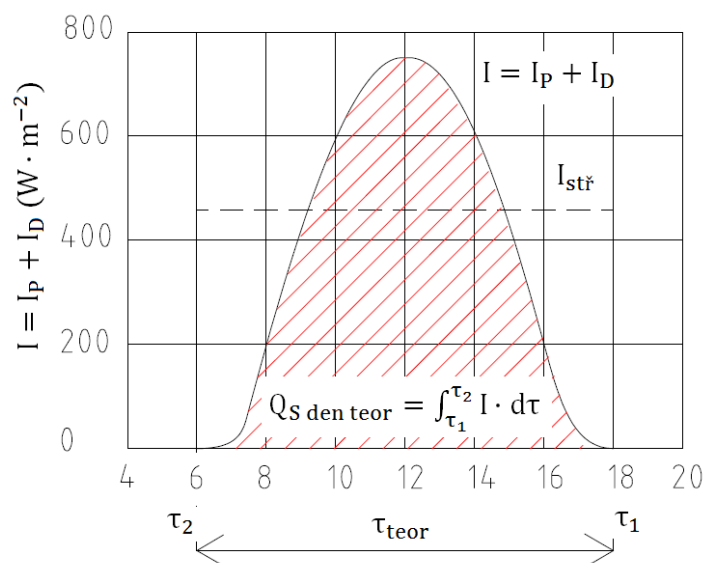
Pro tuto bakalářskou práci byla pro názornost vybrána data ze sedmi klimatologických stanic jednotlivých regionů České republiky. Výběr byl ovlivněn tím, že v ČR se provádí měření globálního záření pouze v patnácti stanicích. Z těchto patnácti stanic bylo vybráno tak, aby byla zhruba zahrnuta oblast celé ČR. Data jsou uvedena pro měsíce: leden, únor, červen, červenec, srpen a prosinec za poslední tři roky. Vybrány jsou, jelikož pouze pro tyto měsíce Český hydrometeorologický ústav poskytl data zdarma.



Obr. 26 Mapa vybraných klimatologických stanic ČR [33]

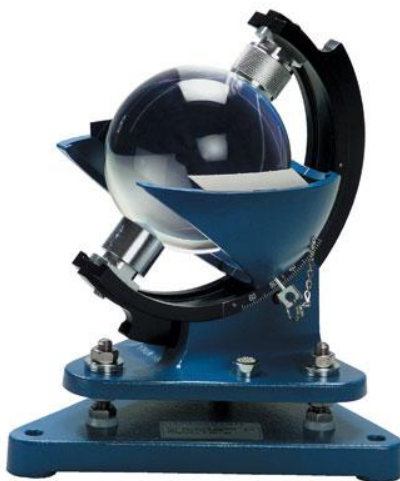
7.1 Sluneční svit

Již bylo zmíněno, že přímé a difuzní dopadající záření je označováno jako globální záření a že je to podstatný faktor ovlivňující účinnost kolektoru. Důležité je však pro investora také znát délku trvání tohoto globálního záření. Délkou trvání je myšlen časový interval mezi východem a západem Slunce, během kterého nedochází k zakrytí slunečního kotouče oblačností, či jinou překážkou. Fyzikálně je definován jako doba, během které intenzita toku slunečních paprsků dopadajících na kolmou plochu překročí hodnotu $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ [30]. Jednotlivých hodnot lze dle Cihelky dosáhnout grafickým planimetrováním plochy pod křivkou $I = \int_{\tau_1}^{\tau_2} I \, d\tau$ (kde krajní hodnoty τ_1 a τ_2 určují čas východu a západu Slunce), nebo číselně a to součtem hodnot I pro jednotlivé hodiny (obr. 27).



Obr. 27 Grafický způsob určení teoretického množství dopadající energie za jeden den na 1 m^2 [2]

Sluneční svit patří mezi spolehlivé klimatografické parametry, jenž také určuje výskyt oblačnosti v dané oblasti. Měření se provádí pomocí Champbell-Stokesova slunoměru (obr. 28).

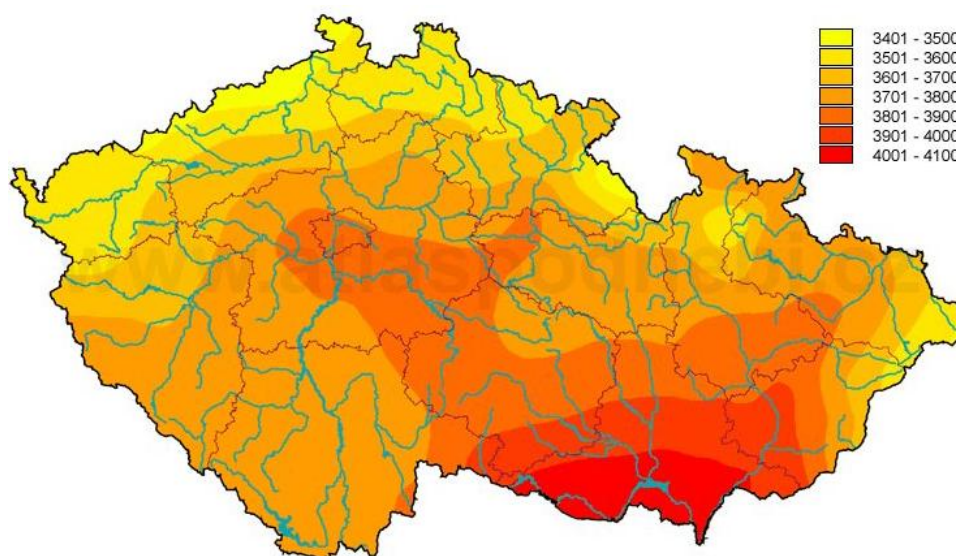


Obr. 28 Champbell-Stokesův slunoměr [31]

Pro názornost jsou uvedeny průměrné měsíční hodnoty globálního záření a délky trvání slunečního svitu ve vybraných částech České republiky.

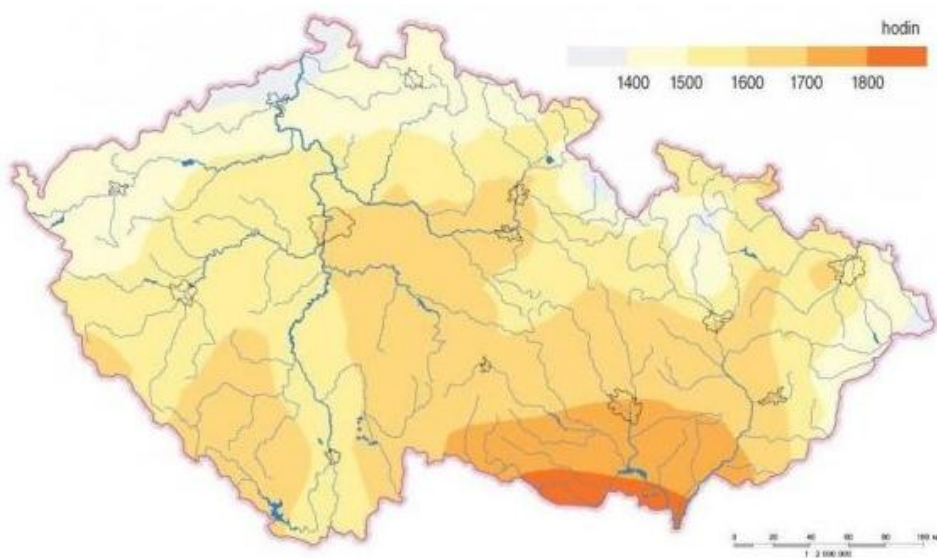
Tab. 5 Měsíční suma globálního záření v ČR [$\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$], [33]

	Rok	Leden	Únor	Červen	Červenec	Srpen	Prosinec
Kuchařovice	2009	35,23	77,48	209,62	252,63	216,76	27,32
Kuchařovice	2010	38,15	65,99	227,95	247,39	196,81	33,65
Churáňov	2009	42,31	81,44	194,40	217,91	205,17	31,60
Churáňov	2010	42,23	73,37	193,28	234,80	161,75	33,90
Hradec	2009	33,88	71,13	211,14	225,23	222,44	23,26
Králové							
Hradec	2010	35,33	60,25	249,84	243,89	172,10	23,80
Králové							
Svratouch	2009	37,54	76,75	190,28	233,16	217,22	24,31
Svratouch	2010	34,65	62,56	234,94	236,30	166,62	27,91
Mošnov	2009	36,36	69,72	173,90	246,19	213,17	24,18
Mošnov	2010	35,41	64,25	232,55	221,78	181,57	31,35
Praha-	2009	31,82	61,96	192,59	216,96	214,00	24,79
Karlov							
Praha-	2010	29,69	56,07	245,98	238,84	158,93	25,26
Karlov							
Doksany	2009	30,70	68,12	208,20	215,57	222,06	22,92
Doksany	2010	34,75	65,24	249,83	239,10	165,85	25,48

Obr. 29 Průměrný roční úhrn globálního záření v ČR [$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$], [34]

Tab. 6 Trvání slunečního svitu v ČR (h), [33]

	Rok	Leden	Únor	Červen	Červenec	Srpen	Prosinec	Za rok
Kuchařovice	2008	56,3	124,1	228,1	204,9	231,2	34,4	1753
Kuchařovice	2009	50,8	34,3	168,3	267,5	271,8	206,1	1794,7
Kuchařovice	2010	34,1	52,6	228,3	282,4	236,3	47,1	1752,5
Churáňov	2008	75,8	149,1	191,2	210,7	218,6	72,4	1760,2
Churáňov	2009	102,3	54	165,1	220,1	250,4	54,6	1749,1
Churáňov	2010	60,7	81,2	173,6	245,3	143,9	49,1	1511,6
Hradec Králové	2008	58,3	111,8	257,4	215,2	228,1	64,5	1781,8
Hradec Králové	2009	42	33,6	182	226	281,2	36,5	1709
Hradec Králové	2010	28,9	41,1	207,8	233,9	168,6	20,2	1511,2
Svratouch	2008	29,4	108,2	201,6	194,1	214	58,8	1558
Svratouch	2009	49	14,3	141,8	221,6	256	33,4	1554,3
Svratouch	2010	34,7	37,9	228,5	255,2	171,1	25,5	1478,9
Mošnov	2008	62,8	83,7	258,4	210,6	239,6	55,4	1692
Mošnov	2009	52,4	26,3	126,8	264,6	264,4	28,3	1634,8
Mošnov	2010	21,4	53,4	231,1	245,3	209	40,9	1521,3
Praha-Karlovy	2008	54,4	108,7	245,4	210,8	213,2	47,8	1653,5
Praha-Karlovy	2009	42,4	32,4	153,1	213,4	254,3	43	1593,3
Praha-Karlovy	2010	35,8	51,9	237,3	267	156	26,3	1555,4
Doksany	2008	49,6	103,2	241,4	212,3	206,6	36,1	1598,6
Doksany	2009	39,7	35,2	165,3	200,7	279	35,2	1618,7
Doksany	2010	31,5	56,6	257,6	268,2	159	21	1573,7



Obr. 30 Průměrný roční úhrn trvání slunečního svitu v ČR [32]

7.2 Průměrná teplota vzduchu

Teplota okolního vzduchu je dalším důležitým parametrem pro výpočet účinnosti kolektoru viz rovnice [6-2]. Především je závislá na slunečním záření, kopíruje tedy jeho průběh, avšak s tím rozdílem, že se zde projevuje setrvačnost zemských vrstev, která zpožďuje teplotu vzduchu (v našich podmínkách o 2 až 3 hod.)

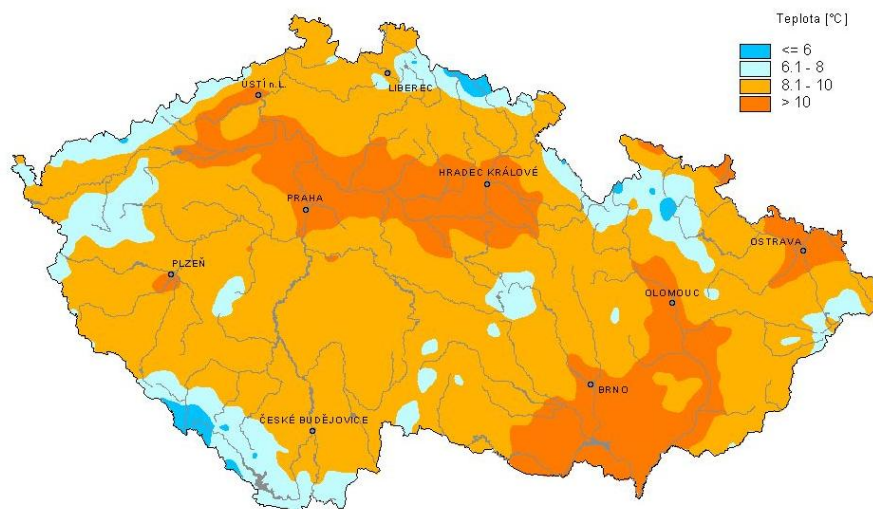
Tab. 7 teplota vzduchu v ČR (°C), [33]

	Rok	Leden	Únor	Červen	Červenec	Srpen	Prosinec	Za rok
Kuchařovice	2008	1,5	3,2	19,4	20	20	1,5	10,4
Kuchařovice	2009	-2,7	-0,2	16,7	20,6	20,7	0,3	10,1
Kuchařovice	2010	-3,3	-0,3	17,9	21,6	18,7	-3,5	8,8
Churáňov	2008	-0,6	-0,2	13,2	13,7	13,3	-2,4	5,5
Churáňov	2009	-4,2	-3,7	10,8	13,9	14,8	-3	5,5
Churáňov	2010	-7,3	-3,9	12,5	16,2	12,7	-5,6	4,1
Hradec Králové	2008	2,3	3,4	19,1	19,5	19,2	2	10,3
Hradec Králové	2009	-3,9	0,1	4,6	16	19,5	0	9,7
Hradec Králové	2010	-4,6	-0,7	18,4	21,7	18,7	-4,7	8,5
Svratouch	2008	-0,7	0,8	16,1	16,1	16	-1,3	7,2
Svratouch	2009	-5,2	-3	12,8	16,5	17	-2,6	6,8
Svratouch	2010	-6,3	-3,5	14,9	18,7	15,8	-5,9	5,8
Mošnov	2008	1,9	2,9	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
Mošnov	2009	-2,9	-0,2	16,4	20,3	19,5	0,2	9,5
Mošnov	2010	-5,7	-1	17,8	20,9	18,6	-4	8,2
Praha-Karlov	2008	3,1	4,4	20,1	20,4	20,3	2,7	11,1
Praha-Karlov	2009	-2,1	1,3	16,9	20,5	21,6	0,5	10,7
Praha-Karlov	2010	-3,2	0,3	19,1	23,1	19,3	-3,6	9,4
Doksany	2008	2,1	3,6	18,2	19,2	18,6	2	9,9
Doksany	2009	-3	1,2	16,2	18,8	19,4	-0,5	9,6
Doksany	2010	-3,9	-1,3	17,7	21,6	18,6	-4,8	8,4

Z těchto vybraných dat a názorných obrázků jasně vyplývá, že neoptimálnější geografické podmínky panují v Jihomoravské oblasti a dále v oblasti Středočeské. Tudíž v těchto oblastech České republiky jsou zdaleka nejideálnější podmínky pro výstavbu a realizaci solárních sběračů. Avšak rozdíly mezi jednotlivými oblastmi ČR jsou minimální a jsou kompenzovány zvětšením absorpční plochy.

Na oblast České republiky dopadá přibližně od 950 do 1250 kWh/m² energie ročně, délka trvání slunečního svitu se pohybuje od 1400 do 1700 hodin za rok a průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 5,5 až 9 °C. Pro názornost jsou v tab. 8 uvedena data ze stanic s různou

nadmořskou výškou. Jako stěžejní je vzata nejvýše položená stanice Svratouch s účinností 100 %. Vhodnější by však bylo označení relativní výkonnost.



Obr. 31 Průměrná teplota vzduchu na území ČR v roce 2000 [°C], [33]

Rozdíly mezi jednotlivými stanicemi jsou do 10 %, což vyvrací představu o výrazných změnách způsobených ubývajícím, či přibývajícím nadmořskou výškou. Celá Česká republika má tedy vhodné geografické podmínky pro provoz solárních panelů [35].

Tab. 8 Intenzita slunečního záření pro stanice o různé nadmořské výšce [35]

Místo	Nadmořská výška [m]	Intenzita [kWh/m ²]	Účinnost [%]
Svratouch	737	1032	100
Luka u Litovle	510	1049	102
Košetice	470	1054	102
Kuchařovice	334	1115	108
Hradec Králové	285	1073	104

8 Porovnání solárních kolektorů

Pro názornost jsou zde uvedeny dva typy kolektorů. Plochý kolektor s neselektivním absorberem pro sezónní ohřev bazénu a trubkový vakuový kolektor s válcovým absorberem typu Sydney pro ohřev TUV. Tyto dva typy jsou porovnávány pro totožné lokality, jako výše uvedené geografické podmínky. K výpočtu použijeme rovnici 6-2.

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \cdot G \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)^2$$

K závěrečnému vyhodnocení je nutné do uvedené rovnice dosazovat průměrné měsíční data odpovídající jednotlivým místům ČR. Tudíž za okamžitou teplotu okolního vzduchu je dosazena průměrná měsíční teplota vzduchu a za střední teplotu média v kolektoru je dosazována jednotná teplota 50 °C. Za globální záření je dosazena průměrná měsíční hodnota dopadajícího záření. Veškeré hodnoty vycházejí z tab. 5, 6, 7. Charakteristické parametry jednotlivých kolektorů jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9 Charakteristické hodnoty plochého a trubkového kolektoru

	Plochý kolektor	Trubkový kolektor
η_0 [-]	0,702	0,533
a_1 [W/(m ² ·K)]	7,89	1,30
a_2 [W/(m ² ·K)]	0,028	0,013
t_m [°C]	50	50

Po dosazení jednotlivých hodnot do vzorce dostaneme pomocí výpočetního programu excel výsledky účinnosti uvedených kolektorů. V tab. 10, 11 jsou tyto výsledky uvedeny.

Tab. 10 Výsledné hodnoty účinnosti plochého kolektoru

	Leden	Únor	Červen	Červenec	Srpen	Prosinec
Kuchařovice	0,689269	0,696443	0,700723	0,700963	0,700792	0,685581
Kuchařovice	0,687991	0,695977	0,700598	0,700986	0,700823	0,685114
Kuchařovice	0,689095	0,69473	0,700764	0,700994	0,700611	0,687787
Churáňov	0,69087	0,69627	0,700311	0,700516	0,700405	0,686483
Churáňov	0,687527	0,695489	0,700319	0,700728	0,700559	0,683813
Churáňov	0,689117	0,695095	0,700265	0,700728	0,69994	0,686506
Hradec	0,689013	0,695976	0,700719	0,700816	0,700788	0,682947
Hradec	0,687049	0,695485	0,70003	0,700665	0,700801	0,682032
Hradec	0,687444	0,694166	0,70089	0,700993	0,700406	0,680343
Svratouch	0,689427	0,696059	0,700425	0,700715	0,700616	0,682319
Svratouch	0,688126	0,695527	0,700254	0,700732	0,700661	0,681742
Svratouch	0,68662	0,693972	0,700674	0,700839	0,700184	0,683065
Praha	0,688437	0,695254	0,700645	0,700811	0,70079	0,68442
Praha	0,686694	0,694727	0,700485	0,700815	0,700847	0,68348
Praha	0,685195	0,693772	0,7009	0,701027	0,70031	0,682072
Mošnov	0,689781	0,695779	0,7004	0,70087	0,700695	0,690491
Mošnov	0,688366	0,695307	0,700294	0,700948	0,700749	0,682876
Mošnov	0,687137	0,694603	0,700783	0,700858	0,700483	0,685805
Doksany	0,687595	0,695741	0,700659	0,700749	0,70076	0,682663
Doksany	0,685814	0,695369	0,700565	0,700732	0,700795	0,681502
Doksany	0,687422	0,694666	0,700863	0,700968	0,70034	0,681735

Tab. 11 Výsledné hodnoty účinnosti trubcového kolektoru

	Leden	Únor	Červen	Červenec	Srpen	Prosinec
Kuchařovice	0,530342	0,531847	0,532752	0,532799	0,532766	0,529573
Kuchařovice	0,530031	0,531735	0,532725	0,532804	0,532773	0,529459
Kuchařovice	0,53031	0,531426	0,532759	0,532804	0,532731	0,530158
Churáňov	0,530659	0,531796	0,532663	0,532705	0,532682	0,529715
Churáňov	0,529916	0,531615	0,532662	0,532747	0,532715	0,529141
Churáňov	0,530225	0,53153	0,532653	0,53275	0,532588	0,529682
Hradec	0,530297	0,531751	0,532751	0,53277	0,532765	0,52903
Hradec	0,529817	0,531633	0,532594	0,532737	0,532767	0,528809
Hradec	0,529894	0,531351	0,532784	0,532806	0,53269	0,528377
Svratouch	0,530354	0,531757	0,53269	0,532747	0,532727	0,528849
Svratouch	0,530033	0,531626	0,532651	0,532751	0,532737	0,528708
Svratouch	0,529699	0,531293	0,532738	0,532774	0,532642	0,528941
Praha	0,530186	0,531607	0,532738	0,53277	0,532766	0,529347
Praha	0,529763	0,531481	0,532703	0,532771	0,532778	0,52912
Praha	0,529432	0,531275	0,532786	0,532814	0,532672	0,528763
Mošnov	0,530453	0,531708	0,532688	0,53278	0,532745	0,530755
Mošnov	0,530108	0,531594	0,532664	0,532797	0,532757	0,528989
Mošnov	0,529816	0,531442	0,532762	0,53278	0,532705	0,529552
Doksany	0,53	0,531704	0,532738	0,532757	0,532758	0,528971
Doksany	0,529566	0,531614	0,532718	0,532753	0,532766	0,52869
Doksany	0,529897	0,531453	0,532778	0,532802	0,532677	0,528673

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit a zhodnotit jakou mírou ovlivňuje geografická poloha výkonnost termálních solárních kolektorů. Hodnocení je vztaženo pouze na území České republiky a je klasifikováno pro sedm různě lokalizovaných míst. Těchto sedm stanic bylo vybráno z celkových patnácti tak, aby byla pokryta celá republika.

Mezi základní vnější činitele, které mají vliv na výkonnost termálního kolektoru, patří intenzita slunečního záření, teplota okolního prostředí a délka slunečního svitu. Právě tyto faktory jsou u stanic sledovány za období tří let pro šest měsíců. Výběr měsíců není bohužel ideální, jelikož se tyto zkoušky hodnotí pro měsíce okrajové, avšak jiná data mě českým hydrometeorologickým ústavem nebyla poskytnuta.

Na základě klimatických údajů vyplývá, že nejideálnější podmínky panují na území Jihomoravského kraje a dále pak na území kraje Středočeského. Nicméně rozdíly mezi ostatními kraji jsou minimální a v rámci České republiky zanedbatelné.

Z vypočítaných výsledků je patrné, že účinnost daného typu kolektoru se vzhledem k různé geografické poloze nikterak zvláště neliší. Rozdíly jsou minimální. Avšak znatelné rozdíly jsou při vzájemném porovnání těchto dvou typů sběračů. Hlavní faktor, který ovlivnil výsledek je optická účinnost jednotlivých kolektorů. Pro plochý kolektor je optická účinnost vysoká, což je výhodou, oproti trubicovému kolektoru. Avšak trubicové kolektory jsou lépe izolovány vůči tepelným ztrátám.

Při energetickém vyhodnocování je obtížné vyvyšovat určitý typ kolektoru nad jiným bez zohlednění dalších parametrů, které také znatelné ovlivňují celkovou účinnost. Je také důležité si uvědomit, že vypočítané hodnoty se budou od reálných lišit. Jednak je počítáno s průměrnými měsíčními daty, ale také bylo nutné některé parametry zoptimalizovat a upravit. A také mohlo dojít k početní chybě.

I přesto dle mého názoru je výstavba termálních kolektorů budoucností lidstva a pokládám tento obnovitelný zdroj za nejideálnější náhradu fosilních paliv.

10 Seznam použitých zdrojů

- [1] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika : elektřina ze slunce*. 2. vydání. Brno : ERA group spol. s. r. o., 2008. 81 s. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná soustava*. Praha : T. Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [3] THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. *Solární systémy : Návrh a stavba svépomocí*. Praha : Grada Publishing a.s., 2005. 116 s. ISBN 80-247-0589-3.
- [4] LADENER, Heinz; SPÄTE, Frank. *Solární zařízení*. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. 267 s. ISBN 80-247-0362-9.
- [5] *Spectralcalc* [online]. 2001 [cit. 2011-05-16]. Spectral Calculator. Dostupné z WWW: <<http://www.spectralcalc.com/calc/spectralcalc.php>>.
- [6] *Re.jrc.ec.europa*. [online]. 2001 [cit. 2011-05-16]. Solar irradiance data utility. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radday.php?lang=sk&map=europe>>.
- [7] KOPECKÝ, Ladislav. *Disidenti vědy a techniky* [online]. 30-6-2008 [cit. 2011-04-16]. Předpoklady pro využívání sluneční energie. Dostupné z WWW: <<http://kopecky.rtyne.net/ekologie/solar-sys/1-2.htm>>.
- [8] GIESEN, Jürgen. *Jgiesen* [online]. 2000, 2006 [cit. 2011-04-16]. Jahreszeiten. Dostupné z WWW: <<http://www.jgiesen.de/ErdeSonne/projekte/jahreszeiten.html>>.
- [9] Katedra obecné fyziky Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni. *Školská fyzika : Praktický časopis pro výuku fyziky a práci s talentovanými žáky na základních a středních školách* [online]. 2002, 2005 [cit. 2011-04-16]. Sluneční energie. Dostupné z WWW: <<http://sf.zcu.cz/rocnik07/cislomm/1-7def.html>>. ISSN 1211-151.
- [10] BULLETIN, Aldebaran. *Aldebaran* [online]. 2004, 2010 [cit. 2011-04-16]. Energie ze Slunce. Dostupné z WWW: <http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.html>. ISSN 1214-1674.
- [11] JELÍNEK, Jan. *Geologie VSB* [online]. 2010, 2010 [cit. 2011-04-16]. Atmosféra. Dostupné z WWW: <<http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-atmosfera.htm>>.
- [12] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha : Grada Publishing a.s., 2002. 360 s.
- [13] MURTINGER, Karel; TRUXA, Jan. *Solární energie : Pro váš dům*. 1. vydání. Brno : Eko WATT o. s., 2010. 107 s. ISBN 978-80-251-3241-8.
- [14] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vydání. Bratislava : Jaga, 2008. 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [15] M-SOLAR.TOP, s.r.o. *M-SOLAR.TOP* [online]. 2009, 2011 [cit. 2011-04-16]. Solární systémy na ohřev vody. Dostupné z WWW: <<http://www.msolartop.cz/rubriky/sluzby/solarni-ohrev-vody/solarni-ohrev-vody-tuv/>>.

- [16] MATUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. In *Solární tepelné soustavy* [online]. Praha : ČVUT, 2008 [cit. 2011-04-16]. Dostupné z WWW: <http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/SE_text_AZE_IB.pdf>.
- [17] Konex. *Solarobchod* [online]. 2009, 2011 [cit. 2011-04-16]. Ohřev TUV solárními kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.solarobchod.cz/cz/reseni/solarni-ohrev-tuv/>>.
- [18] PONCAROVÁ, Jana, et al. *Nazeleno : chytrá řešení pro každého* [online]. 2008, 2011 [cit. 2011-04-16]. Tepelné izolace: Polystyren, minerální vata a další. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace-2/tepelne-izolace-polystyren-mineralni-vata-a-dalsi.aspx>>. ISSN 1803-4160.
- [19] REGULUS spol. s r.o. *Regulus* [online]. 2010, 2011 [cit. 2011-04-16]. Ploché sluneční kolektory. Dostupné z WWW: <www.regulus.cz>.
- [20] Coleman. *Coleman : materiály pro střechy a fasády* [online]. 2010, 2011 [cit. 2011-04-16]. Termické solární systémy aneb Příprava teplé vody energií slunce. Dostupné z WWW: <<http://www.coleman.cz/aktuality.php?id=233>>.
- [21] *Poziadavka* [online]. 2009, 2011 [cit. 2011-04-16]. Slnečné kolektory - Plastové kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.poziadavka.sk/ponuky/ponuka-122217/Slnečne-kolektory---Plastové-kolektory>>.
- [22] Econet 2012 s.r.o. *Econet2012 : solární systémy tepelná čerpadla* [online]. 2009, 2010 [cit. 2011-04-16]. Typy termosolárních kolektorů. Dostupné z WWW: <http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_CollectorTypes.htm>.
- [23] ITEST [online]. 2004, 2005 [cit. 2011-04-16]. Solární systémy a kolektory Heliostar od Thermosolaru. Dostupné z WWW: <<http://www.itest.cz/solar/thermosolar.htm>>.
- [24] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha : Grada Publishing a.s., 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [26] *Tzbinfo : stavebnictví, úspory energií* [online]. 2009, 2011 [cit. 2011-04-16]. Účinnost solárního kolektoru. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/>>. ISSN 1801-4399.
- [27] *Ekologické bydlení* [online]. 2010, 2010 [cit. 2011-04-16]. Dvě věže v Dubaji dokážou vyrobit solární i větrnou energii. Dostupné z WWW: <<http://www.ekobydleni.eu/tag/spojene-arabske-emiraty>>.
- [28] ČSN EN 12975-2 *Tepelné solární soustavy a součásti - Solární kolektory - Část 2: Zkušební metody*, ČNI, 2006.
- [29] MATOUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. *Alternativní energie*. 2010, 6, s. 32-34.
- [30] TOLASZ, Radim, et al. *Atlas podnebí Česka*. 1. vydání. Praha - Olomouc : Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-244-1626-7.
- [31] NovaLynx Corporation. *Novalynx* [online]. 2008, 2011 [cit. 2011-04-16]. 240-1070-L Campbell-Stokes Pattern Sunshine Recorder . Dostupné z WWW: <<http://www.novalynx.com/240-1070.html>>.

- [32] *Brana-bydleni* [online]. 2011, 2011 [cit. 2011-04-16]. Solární panely - čistá energie pro váš domov. Dostupné z WWW: <<http://www.brana-bydleni.cz/solarni-panely/>>.
- [33] Český hydrometeorologický ústav. *Old.chmi* [online]. 2010, 2010 [cit. 2011-04-16]. Informace o klimatu. Dostupné z WWW: <<http://old.chmi.cz/meteo/ok/infklim.html>>.
- [34] *Solarni-energie* [online]. 2005 [cit. 2011-05-16]. Množství solární energie. Dostupné z WWW: <<http://www.solarni-energie.info/vyuziti.php>>.
- [35] *Vopa-solar* [online]. 2009 [cit. 2011-05-16]. VOPA-SOLAR solární energie. Dostupné z WWW: <<http://www.vopa-solar.eu/index.php?page=solar-system&hl=cze>>.

11 Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka/Symbol	Popis	Jednotka
a_1	lineární součinitel tepelné ztráty	$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$
a_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty	$W \cdot K^{-2} \cdot m^{-2}$
A_A	plocha absorberu	m^2
A_a	plocha apertury	m^2
A_G	celková obrysová plocha	m^2
A_K	vztažná plocha kolektoru	m^2
E	energie slunečního záření	$W \cdot m^{-2}$
G	globální záření na plochu kolektoru	$W \cdot m^{-2}$
h	výška Slunce nad obzorem	$^\circ$
I	celková intenzita záření	$W \cdot m^{-2}$
I_0	sluneční konstanta	$W \cdot m^{-2}$
$I_{\check{c}}$	intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší	$W \cdot m^{-2}$
I_n	intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší	$W \cdot m^{-2}$
K_{Θ}	modifikátor úhlu dopadu	
NZE	neobnovitelné zdroje energie	
Q_S den teor	teoreticky možná dopadající energie na $1m^2$	$kW \cdot h \cdot m^{-2}$
$\dot{Q}_k$	tepelný výkon	W
t_1	teplota vody před ohřevem	$^\circ C$
t_2	teplota ohřáté vody	$^\circ C$
t_e	teplota venkovního vzduchu	$^\circ C$
t_m	střední teplota teplonosné kapaliny	$^\circ C$
TUV	teplá užitková voda	
UV	ultrafialové záření	
U_w	součinitel prostupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Z	součinitel znečištění	
Θ	úhel dopadu slunečních paprsků	$^\circ$
α	pohltivost slunečního záření absorberu	
γ	gama záření	
γ	úhel dopadu slunečních paprsků	$^\circ$
η	účinnost kolektoru	%
η_0	optická účinnost kolektoru	%
τ	propustnost slunečního záření	
τ_1	čas východu slunce	h
τ_2	čas západu slunce	h

12 Seznam obrázků

Obr. 1 Přeměna vodíku na hélium	16
Obr. 2 Schéma prostupu slunečního záření atmosférou.....	16
Obr. 3 Globální záření v Evropě.....	18
Obr. 4 Střední hodnoty úhrnů globálního záření na Zemi	18
Obr. 5 Vliv sklonu zemské osy.....	19
Obr. 6 Úhly sklonu příznivé pro solární využití.....	20
Obr. 7 Komponenty solární soustavy.....	22
Obr. 8 Rozdělení kolektorů	23
Obr. 9 Konstrukční řešení absorpční desky plochých kolektorů.....	23
Obr. 10 Selektivní absorbér.....	24
Obr. 11 Řez kapalinovým kolektorem	24
Obr. 12 Plastové kazety KM Solar	26
Obr. 13 Řez kolektorem Heliostar H300 se selektivním povrchem	26
Obr. 14 Porovnání tepelné trubice a U-trubice.....	27
Obr. 15 Trubkové jednostěnné vakuové kolektory.....	27
Obr. 16 Solární jednotky Andasol 1 ve Španělsku	28
Obr. 17 Solární elektrárna v Abu Dhabi	28
Obr. 18 Řez vzduchovým kolektorem Grammer Solar GmbH	28
Obr. 19 Typické konstanty křivky zakřivení udávané dodavatelem	29
Obr. 20 Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů.....	30
Obr. 21 Definice plochy apertury a absorbéru solárních kolektorů.....	30
Obr. 22 Charakteristiky pro ploché kolektory a trubkové kolektory	31
Obr. 23 Optické vlastnosti pro trubkové kolektory s válcovým absorbérem.....	32
Obr. 24 Průběh výkonu kolektoru s plochým a válcovým absorbérem	32
Obr. 25 Roční teoretické měrné zisky srovnávaných solárních kolektorů.....	35
Obr. 26 Mapa vybraných klimatologických stanic ČR.....	36
Obr. 27 Grafický způsob určení teoretického množství dopadající energie	37
Obr. 28 Champbell-Stokesův slunoměr	37
Obr. 29 Průměrný roční úhrn globálního záření v ČR.....	38
Obr. 30 Průměrný roční úhrn trvání slunečního svitu v ČR.....	39
Obr. 31 Průměrná teplota vzduchu na území ČR v roce 2000	41

13 Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry	19
Tab. 2 Parametry porovnaných plochých solárních kolektorů a trubkového kolektoru	34
Tab. 3 Parametry porovnání trubkových vakuových kolektorů bez reflektoru.....	34
Tab. 4 Parametry porovnaných trubkových vakuových kolektorů s reflektorem	35
Tab. 5 Měsíční suma globálního záření v ČR	38
Tab. 6 Trvání slunečního svitu v ČR	39
Tab. 7 teplota vzduchu v ČR	40
Tab. 8 Intenzita slunečního záření pro stanice o různé nadmořské výšce.....	41
Tab. 9 Charakteristické hodnoty plochého a trubkového kolektoru	42
Tab. 10 Výsledné hodnoty účinnosti plochého kolektoru.....	42
Tab. 11 Výsledné hodnoty účinnosti trubicového kolektoru	43