

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA

TECHNICKÁ FAKULTA

**KATEDRA ELEKTROTECHNIKY A
AUTOMATIZACE**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití energie Slunce

Vypracovala: Marie Křížová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Monika Hromasová, Ph.D.

© 2011 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marie Křížová

obor Obchod a podnikání s technikou

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Využití energie slunce**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Energie slunce
4. Termické solární panely
5. Fotovoltaické solární panely
6. Zhodnocení solárních panelů
7. Závěr
8. Seznam literatury
9. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

MURTINGER, Karel. Fotovoltaika: elektřina ze slunce. 1. vydání. Brno: ERA, 2007. 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7

LIBRA, Martin. Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie. 1. vydání. Praha: ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2

LADENER, Heinz. Solární zařízení. 1. vydání. Praha : Grada, 2003. 267 s. ISBN 80-247-0362-9

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Monika Křečková**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

Ing. Křečková

Vedoucí katedry



[Signature]
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „**Využití energie Slunce**“ jsem vypracovala samostatně, za použití přiložené literatury a po odborných konzultacích s Ing. Monikou Hromasovou, Ph.D.

V Praze dne 5.4.2011

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Monice Hromasové, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

Souhrn

Předmětem bakalářské práce „Využití energie Slunce“ je vytvoření přehledu o základních možnostech využití sluneční energie. Náplní práce je popis sluneční energie, základních vlastností Slunce, termických a fotovoltaických panelů. Popsání základních vlastností solárních panelů, dělení solárních panelů a struktura jejich výroby. V závěru práce jsou zhodnoceny vybrané typy solárních kolektorů.

Klíčová slova: sluneční energie, termické panely, fotovoltaické panely

Use energy of Sun

Summary

The subject of the bachelor dissertation „Use energy of Sun“ is a basic overview of the possibilities of using solar energy. The scope of work is the description of solar energy, basic properties of the Sun, thermal and photovoltaic panels. Describing efficacy of solar panels, partitioning solar panels and structure of production. The conclusion of the dissertation are evaluated selected types of solar collectors.

Keywords: solar energy, thermal panels, photovoltaic panels

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika	2
3	Energie slunce	3
3.1	Historie	3
3.2	Slunce jako zdroj energie	4
3.2.1	Přímé sluneční záření.....	7
3.2.2	Difúzní záření	8
3.2.3	Globální záření.....	9
3.3	Možnosti využití sluneční energie	10
3.3.1	Tepelná energie.....	10
3.3.2	Elektrická energie	11
3.4	Budoucnost solární energie	13
4	Termické solární panely.....	16
4.1	Úspory energie, účinnost a životnost kolektoru.....	18
4.2	Způsoby stavby kolektorů	20
4.2.1	Bazénové kolektory	20
4.2.1.1	Konstrukce a materiál	21
4.2.2	Vzduchové kolektory	22
4.2.3	Vakuové trubicové kolektory.....	23
4.2.3.1	Konstrukce a materiál	24
4.2.3.2	Transparentní kryt a skříň	25
4.2.4	Koncentrační kolektory.....	26
4.2.5	Ploché kolektory	27
4.2.5.1	Materiál a formy absorbérů.....	27
4.2.5.2	Transparentní kryt, tepelná izolace a skříň kolektoru	28
5	Fotovoltaické solární panely	30
5.1	Účinnost a životnost panelu	31
5.2	Panely s monokrystalickými články.....	34
5.3	Panely s polykrystalickými články.....	34
5.4	Panely s amorfními články.....	35
5.5	Fotovoltaické články budoucnosti.....	36
5.6	Prognózy výroby elektrické energie na Zemi	36
6	Zhodnocení solárních panelů	38
7	Závěr	42

1 Úvod

V posledních desítkách let dochází k vysokému zvyšování spotřeby tepla (tepelné energie) a elektrické energie. Energie je získávána hlavně z fosilních paliv, zásob, které zde rostliny po miliony let vytvářely, a v dnešní době je jejich čerpání mnohonásobně vyšší, než rychlost jejich obnovy. Těžba i spalování fosilních paliv mění naše prostředí, hlavně atmosféru. Změny zapříčiňují takzvané skleníkové plyny, jejichž vlivem dochází k postupnému růstu teploty Země. Jsou zde snahy o snižování energie z fosilních paliv a postupné nahrazování obnovitelnými zdroji, tedy takovými, které se samy obnovují a jsou neomezeně k dispozici. Nejdůležitějším obnovitelným zdrojem je sluneční záření, tedy energie Slunce. Slunce je po několik milionů let nejdůležitějším dodavatelem energie pro celou Zemi. Je to nevyčerpatelný zdroj energie a zároveň je nezbytnou složkou pro existenci veškeré fauny a flóry na Zemi. Sluneční energie přivedená na Zemi je mnohonásobně vyšší, než světová spotřeba energie veškerého lidstva. Možnosti využití sluneční energie jsou rozsáhlé, od ohřevu vody v bazénech, ohřevu užitkové vody nebo vytápění až po přeměnu sluneční energie na elektrickou energii pomocí fotovoltaických článků.

V bakalářské práci je vytvořen přehled základních informací o energii Slunce, termických a fotovoltaických solárních panelech. Termické solární panely slouží k přeměně energie na teplo. V dnešní době dochází k využívání tohoto tepla hlavně v domácnostech pro ohřev teplé vody a vytápění. Fotovoltaické solární panely slouží k přeměně sluneční energie na elektřinu. Stále více se rozšiřuje stavba fotovoltaických elektráren. Jak u termických, tak u fotovoltaických panelů bude shrnuta úspora energie, životnost a účinnost. V závěru bakalářské práce budou vybrané solární panely zhodnoceny.

2 Cíl práce a metodika

Cílem této bakalářské práce bude shrnutí informací o sluneční energii, termických a fotovoltaických panelech. Práce bude seznamovat se základními informacemi týkajícími se sluneční energie a solárních panelů, které se používají k přeměně sluneční energie na teplo, nebo elektrickou energii. Jednotlivě budou popsány druhy solárních panelů, jejich vlastnosti, účinnost a struktura výroby. Výstupem bude zhodnocení vybraných solárních panelů od vybraných výrobců.

Metodika práce bude spočívat v provedení literární rešerše podle dostupné odborné literatury, internetových zdrojů a odborných článků. Porovnáním, analýzou a výběrem ze získaných informací vznikne charakteristika sluneční energie a základních druhů solárních panelů s jejich jednotlivými technickými parametry.

3 Energie slunce

3.1 Historie

Způsoby využívání sluneční energie se objevují již ve středověku. Koncentrátory slunečních paprsků se používaly například k zažehnutí ohně v delfském chrámu. Zájem o sluneční energii přetrvává i v renesanční době a charakterizuje ho výrok Leonarda da Vinci: „ *Veškeré teplo pochází od Slunce.*“ Na přelomu 18. a 19. století byla stavba skleníků považována za vědní obor na velmi vysoké úrovni. V USA byly patentovány jedny z prvních kapalinových kolektorů, a to na samém začátku tohoto století, sloužily hlavně pro ohřev teplé vody. Jejich technický stupeň je dodnes velmi překvapující. Podobné kolektory využívaly i armády bojující ve druhé světové válce v Africe.

Opravdový rozvoj slunečních systémů je spojen až s ekologickým hnutím v šedesátých letech pod heslem: „*Slunce je nečistší zdroj energie bez škodlivého vlivu na životní prostředí.*“ V celosvětovém měřítku zájem veřejnosti a vládních orgánů nastal až v roce 1973, kdy byla energetická krize. Neomezené využívání fosilních paliv bylo revidováno a energetické programy většiny zemí byly rozšířeny o netradiční zdroje energie, z nichž energie slunečního záření zaujímá významné místo.

Využívání energie ze Slunce však není žádný luxus, technický výstřelek, ale národohospodářská nutnost. Dnešní stav rozvoje sluneční energetiky u nás (teoretické práce i technické aplikace) postačuje na realizaci staveb využívajících ve velké míře sluneční energie. [6]

3.2 Slunce jako zdroj energie

Hlavním zdrojem energie ve Slunci se stává jaderná fúze, tj. spojování jader vodíku za vzniku helia (a posléze dalších těžších prvků). Každou sekundu se přemění zhruba 600 miliónů tun vodíku na helium. Hmotnost helia, které vzniká při jaderné fúzi, je o něco málo menší, než je hmotnost vodíku, jenž vstupuje do reakce. Tento rozdíl hmotnosti se dá přepočítat na energii podle známého Einsteinova vztahu:

$$E = m \cdot c^2$$

kde: E – energie

m – hmotnost

c – rychlost světla

Ve Slunci každou sekundu zmizí 4,26 milionu tun hmoty, což je uvolnění $3,8 \cdot 10^{26}$ J energie. Slunce se nyní nikterak nevyvíjí a zůstane takto dalších zhruba 5 miliard let. Z hlediska délky lidské civilizace a délky lidského života je tento zdroj opravdu „udržitelný“, ne však věčný. Na konci této stabilní fáze dojde ke zvětšení poloměru Slunce přibližně 1,4krát a k téměř zdvojnásobení výkonu. Poté, co se vyčerpá vodík v centru, zapálí se vodík v tenké vrstvě obalující vyhořelé jádro, vnitřní část Slunce se smrští a vnější část vybuchne a Slunce se stane „červeným obrem“, který následně pohltí téměř všechny planety sluneční soustavy. V heliovém jádru nastane fúze jader helia, kdy bude vznikat uhlík a kyslík, a řídký obal obklopující toto žhavé jádro bude tlakem záření odsunut do prostoru. Zůstane pouze uhlíko-kyslíkové jádro o 60procentní hmotnosti nynějšího Slunce a to bude obaleno tenkou atmosférou z vodíku. Tento žhavý zbytek hvězdy začne pomalu chladnout, postupně se stane „bílým trpaslíkem“ a nakonec zcela vychladne a skončí jako „černý trpaslík“. [7]

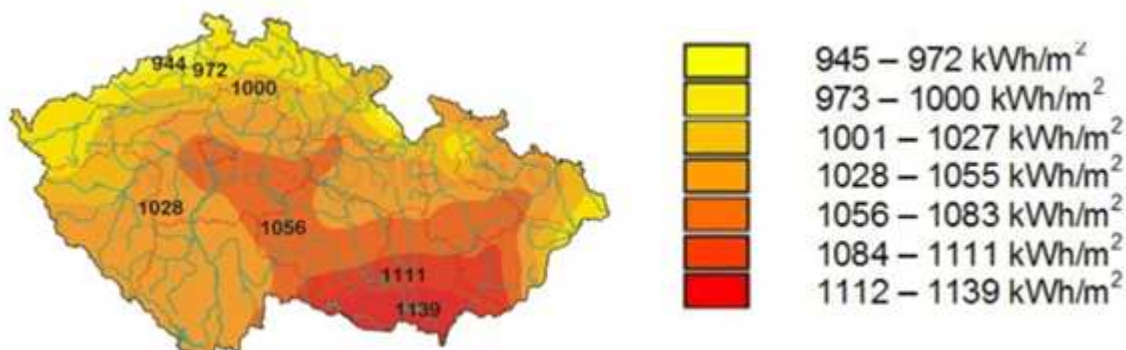
K uvolňování energie dochází v jádru Slunce, kde probíhá termonukleární syntéza jader, hlavně jader vodíku na jádra helia. Jádro má poloměr cca $r \approx 1,5 \cdot 10^8$ m a teplotu cca $T \approx 1,4 \div 1,5 \cdot 10^7$ K. Uvolněnou energii poté získávají produkty reakce ve formě kinetické energie, a také vznikají fotony tvrdého gama záření. Částice mající vyšší kinetickou energii předávají svou energii částicím s nižší energií, a to prostřednictvím srážek. Fotony gama záření se také srážejí ve velmi husté hmotě slunečního jádra s dalšími částicemi a přitom neustále vznikají a zanikají jiné fotony s nižší energií a větší vlnovou délkou. Srážkami se mění jak rychlost, tak i směr elektricky nabitých částic a zrychlení elektrického náboje

způsobuje generaci elektromagnetických vln. Veškeré tyto výše popsané procesy udržují vysokou teplotu slunečního jádra a také z povrchu jádra šíří přebytek energie do vnějších vrstev.

Vně jádra následuje vrstva v zářivé rovnováze. Ta má tloušťku cca $d \approx 3,5 \cdot 10^8$ m. Fotony jsou v neustálém chodu absorbovány a znovu vyzářeny, časem tedy k tomu, že z jednoho fotonu s velmi vysokou energií se stane mnoho fotonů s nižší energií. Současně díky srážkám je vedením předávána energie k povrchu vrstvy. Proto tato vrstva bývá nazývána induktivní vrstva. Vně induktivní vrstvy se nachází konvektivní vrstva. Ta má tloušťku cca $d \approx 2 \cdot 10^8$ m a v ní se vyskytují sestupné a vzestupné proudy plazmatu. Vzestupné proudy jsou teplejší než sestupné proudy. Proto se vzestupné proudy jeví jako světlejší a při pohledu silným dalekohledem pozorujeme granulaci na povrchu Slunce. Povrch konvektivní vrstvy tvoří povrch Slunce, který ale není pevný, a není tedy ani přesně ohraničený. Poté následuje sluneční atmosféra, jež se dělí na fotosféru, chromosféru a korónu. Fotosféra má tloušťku cca $d \approx 5 \cdot 10^5$ m a teplotu $T \approx 5800$ K. Z fotosféry dochází k nejintenzivnějšímu vyzařování do prostoru. Chromosféra má tloušťku $d \approx 2 \div 3 \cdot 10^6$ m a ovlivňuje konečné emisní spektrum Slunce. Koróna tvoří vnější atmosféru Slunce a zasahuje do vzdálenosti až několika poloměrů Slunce. Korónu lze velmi dobře pozorovat během zatmění Slunce. [5]

Energie dopadající za jeden den na 1 m^2 plochy kolektorů v pevném provedení je nižší než u kolektorů v pohyblivém provedení. Průměrné množství dopadajícího slunečního záření na vodorovnou plochu v podmínkách ČR zobrazuje obr. 1. Svítí-li Slunce přes silnou vrstvu atmosféry, dochází ke snižování intenzity záření. Na plochu kolektoru tedy dopadá menší množství energie.

Obr. 1: Sluneční záření v ČR (dopad na vodorovnou plochu – podle ČHMÚ)



Zdroj: <http://www.apinsolar.cz/apin-solar>

Určitá část energie dopadající na zemský povrch je při průchodu atmosférou pohlcena nebo odražena a na zemský povrch se dostane (v závislosti na momentálním stavu atmosféry) méně než 1 kW při slunečním záření a jen desítky wattů při zatažené obloze. Po průchodu atmosférou dochází ke změně a ochuzení spektra slunečního záření o některá pásma, protože dochází k rozptylu a absorpci na molekulách plynů, které tvoří atmosféru, a na částicích prachu nebo aerosolů přítomných v atmosféře. Veškeré sluneční záření dopadající na zemský povrch je nazýváno globální záření a patří do něho záření všech vlnových délek přicházející ze všech směrů. Globální záření se rozlišuje na záření přímé a záření difuzní (rozptýlené) podle měření intenzity slunečního záření. Když je zatažená obloha, je přítomna jen difuzní složka záření. Většina sluneční energie dopadající na povrch atmosféry a pronikající na zemský povrch se vyzářuje zpět do vesmíru ve formě krátkovlnného záření (cca 30 %) a ve formě dlouhovlnného záření, tedy tepla (47 %). Větší část sluneční energie se přeměňuje na teplo a uplatňuje v koloběhu vody (vypařování). V tab. 1 jsou důležité parametry Slunce, hmotnost, poloměr, výkon, atd. [7]

Tab. 1: Důležité parametry Slunce

Veličina	Střední hodnota
poloměr Slunce	$r_s \approx 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
hmotnost Slunce	$m_s = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
výkon Slunce	$P_s \approx 3,91 \cdot 10^{26} \text{ W}$
efektivní teplota fotosféry	$T_s \approx 5800 \text{ K}$
tíhové zrychlení na povrchu	$g_s = 274 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
vzdálenost Země od Slunce	$R_{SZ} \approx 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$
solární konstanta	$I = 1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Zdroj: [5]

3.2.1 Přímé sluneční záření

Při průchodu atmosférou je přímě sluneční záření zeslabováno podle toho, jak velkou dráhu musí vykonávat na povrch Země a také dle stavu znečištění atmosféry. Zde nachází největší uplatnění vodní pára, obsažená ve vzduchu. Největší zeslabení záření je při východu a západu slunce a nejmenší v okamžiku jeho vyvrcholení. Měřítkem je zde tzv. vzduchová hmota. Vodní páry se mění jak ve směru vertikálním, tak i horizontálním. Platí, že v létě v nížinách je větší obsah vodní páry a v zimě ve vyšších polohách menší. Mírou tohoto zeslabení je tzv. zákalový činitel, který udává, kolikrát skutečná atmosféra zeslabuje sluneční záření oproti atmosféře bez vodní páry a prachu. Největší hodnoty tohoto zákalového činitele jsou přítomny v letních měsících, protože teplé období se vyznačuje vysokým obsahem vodních par a prachu. Částice, které zakalují atmosféru, a vodní pára pocházejí z velké části ze zemského povrchu a konvencí a turbulencí se dostávají do atmosféry. Proto jich s výškou bude ubývat a zákalový činitel bude klesat.

I když Slunce na začátku léta stojí v poledne nejvýše a paprsky tak urazí nejkratší dráhu atmosférou, vlivem vysokého zákalu nenaměříme v tuto dobu největší intenzitu

záření. Největší intenzitu záření naměříme v jarním období, kdy Slunce stojí vysoko nad obzorem a vlhkost vzduchu je ještě celkem malá. [6]

3.2.2 Difúzní záření

Při průchodu atmosférou se sluneční záření odráží, ohýbá a láme jak na molekulách vzduchu, tak i na pevných částicích obsažených v atmosféře. Díky tomu vybočuje z původního směru a rozptyluje se do všech stran. Část záření se odráží zpět a zbývající část dopadne na zemský povrch v podobě rozptýleného záření oblohy, tzv. difúzní záření. Množství rozptýleného záření je přímo úměrné délce dráhy v atmosféře a množství rozptylujících se částic. Díky tomu je ve větších nadmořských výškách a při velké výšce Slunce nad obzorem menší množství rozptýleného záření, zatímco v nížinách a při malé výšce Slunce nad obzorem je difúzní záření celkem velké. Dopadající záření se nerozptyluje jen na molekulách vzduchu, ale také v jiných částicích, které jsou obsažené v ovzduší, jako je kouř, mlha, prach, oblaky a dešťové kapky. V čistém ovzduší se rozptyluje hlavně krátkovlnné záření a obloha se zdá temně modrá, ve vzduchu s velkým obsahem pevných částic a vodní páry se rozptyluje oblast spektra o delších vlnových délkách a obloha se zdá světle modrá až šedivě bílá. Čím větší bude znečištění vzduchu, tím větší bude bělavé zbarvení. Intenzita rozptýleného záření závisí na velikosti rozptylu slunečního záření v atmosféře při bezoblačné obloze. Tab. 2 udává hodnoty při různých povětrnostních podmínkách. Zvýšení zakalení atmosféry je způsobeno zvětšením difúze a naopak. Difúze je závislá i na výšce Slunce, proto rozptýlené záření má výrazný denní a roční chod. Intenzita difúzního záření s výškou klesá, protože dráha přímého slunečního záření je kratší, a také klesá počet pevných rozptylujících částic a vodní páry. [6]

Tab. 2: Specifické výkony zářivé energie a podíl difuzního záření při různých povětrnostních podmínkách

	Záření ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	Difúzní podíl (%)
Modré nebe	800-1000	10
Zamlžené nebe	600-900	až 50
Mlhavý podzimní den	100-300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50 až 60

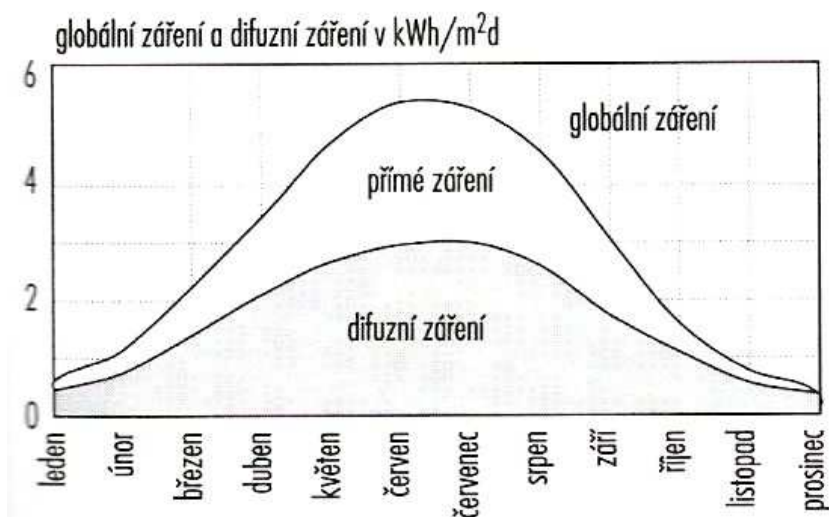
Zdroj: [4]

3.2.3 Globální záření

Globální záření je přímé sluneční záření a difuzní záření, dopadající najednou na vodorovný povrch (obr. 2 vyjadřuje podíl těchto záření). V poledních hodinách je množství globálního záření největší, protože Slunce vrcholí, a v červnu je též globální záření velmi velké, jelikož Slunce má největší výšku nad horizontem. Množství globálního záření vzrůstá s výškou. Nicméně v nížinách okamžitá krátkodobá množství mohou notně překročit průměrnou hodnotu. Za dobrých podmínek, třeba když Slunce svítí nezeslabené v mezeře světlých a silně reflektujících oblaků, dosahují krátkodobá množství cca $1,3 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Tudíž největší denní součty nepřipadají na úplně jasné dny, ale na téměř jasné s oblačností 3/10. Globální záření lze měřit celkem jednoduše a díky tomu o něm máme nejvíce údajů pro naše území. Co se týče energetické bilance atmosféry, je jedním z nejvýznamnějších radiačních údajů. Globální záření je velmi vhodným prvkem pro klimatologické úvahy, protože mezi klíčové činitele podílející se na hodnotách globálního záření patří délka dne, výška Slunce, nadmořská výška a zeměpisná šířka. Území České republiky má malou šířku v poledníkovém směru, dá se považovat sluneční záření, které přichází do atmosféry, v našich šířkách za konstantní. Na kolísání globálního záření se

podílí nejvíce oblačnost. Globální záření v daných oblačných podmínkách tvoří jen část možného záření. Čím větší je průměrná oblačnost, tím menší je globální záření. [6]

Obr. 2: Podíl difuzního záření na globálním záření



Zdroj: [4]

3.3 Možnosti využití sluneční energie

3.3.1 Tepelná energie

Jsou dva hlavní způsoby, jak se dá využít sluneční energie. Prvním způsobem je přeměna energie slunečního záření na teplo, které se může akumulovat ve vodě nebo i v jiném teplotně nosném médiu jak k ohřevu vody (tab. 3 udává denní spotřebu) a k vytápění obytných budov, tak i zemědělských a průmyslových objektů. Tyto kolektory jsou nazývány jako nízkoteplotní kolektory s přijímači tzv. skleníkového typu. Sluneční záření lehce proniká skleněnou deskou kolektoru do sběrače, v němž je absorbováno a zahřívá se látka v trubkách. Tepelné záření nemůže ze sběrače uniknout, a díky tomu je v něm teplota

značně vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Tento jev je nazýván jako skleníkový efekt. Zahradnické skleníky jsou ve své podstatě jednoduchými sběrači slunečního záření. V rovinných sběračích se pracovní látka zahřívá až na teplotu 200 °C a při použití různých speciálních látek, nebo např. selektivních nátěrů lze dosáhnout teploty až 540 °C. K nepřímé výrobě elektrické energie je možno použít tzv. vysokoteplotní kolektory se sluneční energií, která je soustředěna z větší sběrné plochy do poměrně malého pracovního prostoru, v němž se vytváří pára k pohonu parní turbíny, jež je spojena s generátorem pro výrobu elektrické energie. [1]

Tab. 3: Denní spotřeba teplé vody a energie pro ohřev teplé vody

	spotřeba energie pro ohřev TV (kWh.os⁻¹.den⁻¹)	spotřeba vody s teplotou 55 °C (l.os⁻¹.den⁻¹)
Dle ČSN 060320	4,3	cca 80
Běžná spotřeba	2,2 až 2,9	40 až 55
Úsporná domácnost	1,6	cca 30

Zdroj: http://www.mzp.cz/cz/solarne_termicke_kolektory

3.3.2 Elektrická energie

Druhým způsobem jsou solární články, které umožňují přeměnu slunečního záření, resp. světla na elektrický proud. Využívají přitom tzv. fotoelektrický efekt, při němž je vývoj tepla, dá se říci, nežádoucí. Elektrický proud tvoří proud elektronů, jež se pohybují od záporného pólu zdroje skrz určitou zátěž (spotřebič) zpět do kladného pólu zdroje. Z historických důvodů je elektrický proud popisován, jako by šlo o proud kladných nábojů pohybující se opačným směrem, nicméně elektrický proud v kovových vodičích (rozvodné síti) je pohyb elektronů. [4][7]

Fotoelektrické články jsou tedy založeny na tzv. fotoelektrickém jevu, který je možno pozorovat u polovodičů. Pokud jsou polovodičové diody vystaveny záření příhodné

vlnové délky, vzniká na styku polovodičů P a N tzv. potenciálová přehrada, která má napětí několik desetin V a v oblasti přechodu poté vznikne elektrostatické pole bránící pohybu majoritních nositelů náboje přes tento přechod. Při vnějším spojení těchto částí diod (P a N) obvodem neprochází zatím žádný elektrický proud, protože zatím neexistuje energie, která by proud přenášela. Proud vznikne teprve až po dopadu světla do oblasti přechodu. Při dopadu fotonu vhodné energie vznikne dvojice nositelů náboje, a to díra a elektron. Takto vzniklé většinové nositele, tj. díry v části N, elektrony v části P, proniknou přes přechod, který je otevřen pro tyto minoritní nositele. Část P poté ztratí elektrony a nabije se kladně, část N ztratí díry a získá tím záporný náboj. Vzniká fotoelektrické napětí, jež vyvolá proud ve vnějším elektrickém obvodu, kdy zdrojem tohoto obvodu je tedy dopadající záření. Tab. 4 udává hodnoty dopadajícího záření v jednotlivých měsících ve vybraných městech ČR. [1]

Tab. 4: Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR

	Měsíc / počet hodin v měsíci												Celkem (h. rok ⁻¹)
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XI.	
Brno	41	67	127	159	224	218	212	219	155	117	44	37	1 620
ČB	41	60	124	137	195	197	181	199	138	97	55	43	1 467
Hradec Králové	31	61	120	149	217	206	192	211	153	107	45	29	1 521
Cheb	36	48	111	135	183	176	172	191	133	96	37	32	1 350
Karlovy Vary	40	55	121	145	187	187	207	207	142	115	41	26	1 473
Olomouc	37	62	117	155	210	205	212	213	138	118	43	32	1 542
Opava	43	57	118	135	190	185	184	194	134	106	56	46	1 448
Ostrava	40	57	119	135	191	191	183	193	138	108	49	42	1 446
Plzeň	31	56	118	139	195	200	197	202	134	86	46	37	1 441
Praha	43	62	128	149	208	210	204	214	150	103	55	47	1 573
Prostějov	31	54	103	137	192	191	191	200	136	100	37	27	1 399
Ústí nad Labem	22	40	93	126	179	159	163	181	118	71	28	17	1 197
Znojmo	50	71	138	164	226	217	215	227	166	131	58	52	1 715

Zdroj: http://www.businessinfo.cz/files/2005/061106_oborova-prirucka-oze.pdf

3.4 Budoucnost solární energie

Na Zemi se nachází zhruba 22 milionů km² pouští, které se nedají nikterak využít, ať už jde o využití v zemědělství nebo chovu dobytka. Sahara, Kalahari, Atakama - největší pouště světa. Obrovské rozlohy těchto pouští by se alespoň z části daly využít k přeměně sluneční energie na elektřinu, nebo k rozkladu vody na kyslík a vodík. Nejbližší k Evropě je Sahara rozkládající se na 7 miliónech km². Nijak složitým výpočtem se ukáže,

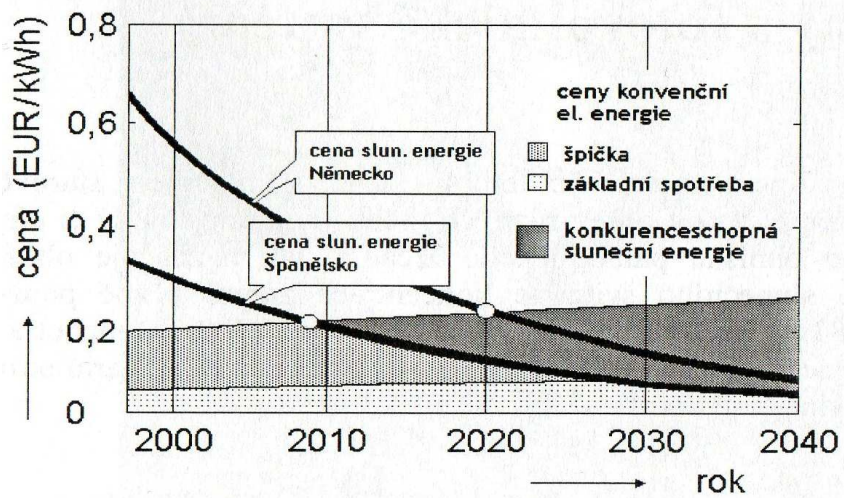
že jen z pouhé jedné desetiny rozlohy Sahary je možné získat asi 50 terawattů, což je 5krát více, než je potřeba lidstva. Takto získaná elektrická energie by se ze Sahary do Evropy mohla rozvádět například přes Gibraltar. Další možností budoucnosti je rozklad vody na kyslík a vodík, který by se dopravoval ve velkých tankerech, podobně jako se v dnešní době dopravuje zemní plyn.

Dalšími možnostmi, jak využít sluneční energii v budoucnu, je našívání ohebných fotovoltaických panelů na oblečení, v dnešní době už se začíná rozšiřovat, nebo výroba solární energie pomocí speciálních nátěrů. Dalšími možnostmi, jak využít sluneční energii v budoucnu, jsou fotovoltaické panely využívající světlocitlivá barviva a speciální polymerové materiály. Tyto panely již byly uvedeny na trh, jejich prosazení ale ukáže až budoucnost.

V dnešní době je předpokládán konec solární energetiky. Ekonomové ze Saxo Bank jsou však jiného názoru. Předpokládají budoucnost právě v solární energii. I přesto, že v posledních letech, nejen ve světě (Německo, Španělsko, Francie), ale i v České republice, dochází ke snižování podpory solární energie, ekonomové odhadují, že v letošním roce dojde k růstu poptávky po solárních technologiích. Další odhady ekonomů tvrdí, že solární energetika poroste až do roku 2030 tempem 9,6 % za rok. Ve Spojených státech je podpora solární energetiky stále vysoká, předpokládá se podpora i v letošním roce a v roce 2012. Solární elektrárny v oblasti Spojených států dle studií dosáhnou v roce 2015 tzv. grid parity, což znamená, že energie ze slunečních elektráren bude stejně drahá jako z konvenčních elektráren. V Německu je plánováno do roku 2030 zvýšit kapacitu solárních fotovoltaických elektráren na 66 GW, přičemž v dnešní době je zde instalováno 17 GW. [15]

Německo, Itálie, Španělsko, ale i Česká republika patří mezi evropské velmoci ve využívání sluneční energie, proto i v těchto státech dojde postupně k vyrovnání cen elektrické energie získané z konvenčních a solárních elektráren. Obr. 3 se týká prognózy vývoje cen ve dvou vybraných velmocích.

Obr. 3: Prognóza vývoje cen solární energie



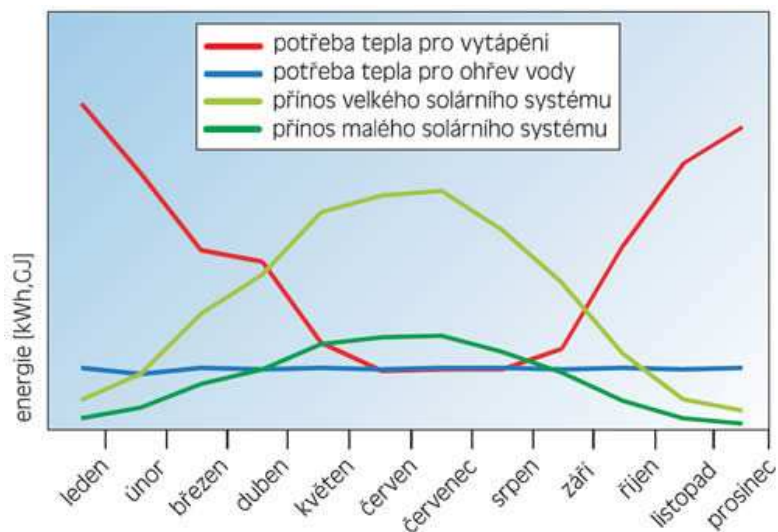
Zdroj: [5]

4 Termické solární panely

Sluneční kolektory pracují na způsob tzv. skleníkového efektu. Teplo je zachycováno pod skleněným (nebo jiným průsvitným) krytem v absorberu. Absorbér ohřívá a odevzdává teplo teplotonosnému médiu, kterým může být vzduch, olej, voda, apod. (obr. 5). Absorbér bývá nejčastěji tmavý a tím pádem odráží asi 10 % dopadajícího slunečního záření. V dnešní době jsou kolektory pokrývány tzv. selektivním nátěrem, který zvyšuje absorpci tepla v kolektoru, ve vysoké míře snižuje únik tepla a má větší životnost než černá barva. Nejčastěji jsou absorbéry vyráběny z mědi nebo hliníku. Měď je oproti hliníku výrazně dražší, ale přesto bývá často používána, protože lépe vede teplo a je méně korozivní. Na izolace jsou používány různé formy PU, skleněná vata, ale i vakuum. Rám absorberu bývá z plastu, železa, hliníku a v současnosti se začíná opět používat dřevo. Všechny termické kolektory mají své uplatnění, nejvíce jsou však používány kapalinové kolektory, které se používají hlavně na ohřev teplé vody. Za rok se dá díky slunečním kolektorům ušetřit až 80 % nákladů na ohřev teplé vody a zhruba 30 – 40 % nákladů na topení. Kapalinové kolektory se stále více využívají pro ohřev vody v bazénech. Na ohřev teplé vody se u nás spotřebuje více než 1/3, někde je uváděno až 2/3 veškerých energií u nás vyrobených, je zajímavé řešit ohřev vody pomocí slunečných kolektorů. Ať už se jedná o stránku ekologickou nebo ekonomickou. [7]

Obr. 4 vyjadřuje potřeby tepla a možnosti jejího krytí v jednotlivých měsících roku. V ČR jsou potřeby tepla v zimě vysoké a solární energie je málo. Naopak v letním období je solární energie nadbytek a i velmi málo účinné kolektory mají vysoký zisk energie.

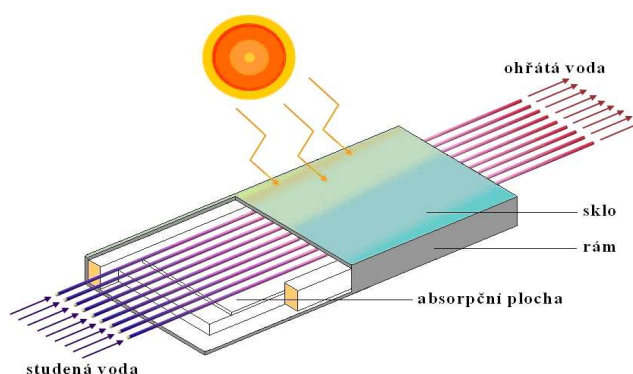
Obr. 4: Možnosti krytí potřeby tepla solárním systémem různé velikosti



Zdroj: http://www.mzp.cz/cz/solarne_termicke_kolektory

Energie se bohužel tepelným tokem snaží vyrovnávat teplotní rozdíly. Tudíž slunečním zářením ohřátý absorbér část slunečního tepla opět ztrácí. Ztráty jsou následkem vyzařování a ztráty konvencí. Každé těleso (absorbér), které je teplejší než jeho okolí, vyzařuje teplo formou dlouhovlnného infrazáření do okolí, toto jsou ztráty následkem vyzařování. Na horkém absorbéru a všech teplých tělesech se ohřívá vzduch, stoupá a odnáší tím teplo při ztrátách konvencí.[4]

Obr. 5: Princip slunečního kolektoru



Zdroj: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_13.pdf

4.1 Úspory energie, účinnost a životnost kolektorů

Úspory energie jsou dány nejen typem aplikace nebo kvalitou solárních kolektorů, ale nejdůležitější je celkový návrh plochy kolektorů ohledně potřeby tepla. Pro porovnání úspor se používá tzv. měrný tepelný zisk solární soustavy, což je úspora tepla solární soustavy, která se vztahuje k instalované ploše kolektorů. Čím lépe bude plocha kolektorů předimenzována, tím vyšší bude zisk tepla, ale budou menší měrné zisky solárních soustav a budou i horší ekonomické parametry, které soustava vykazuje. Úspory paliva a vlastních provozních nákladů záleží na účinnosti zdroje tepla. Úspora může být i 1,5x vyšší než je uvedený tepelný solární zisk. [9]

Spotřeba energie na výrobu je u plochého kolektoru 200 až 300 kWh.m⁻². Energetický zisk u plochého kolektoru je mezi 250 až 530 kWh.m⁻², potom propočítaná energetická návratnost je 4 měsíce až 16 měsíců. Energetický zisk u plochých kolektorů je závislý na povrstvení (tab. 3). U vakuových trubicových kolektorů se výtěžek energie pohybuje mezi 400 až 890 kWh.m⁻², energetická návratnost je pouhých 2 až 5 měsíců. U tzv. faktoru zisku souvisí čas energetické návratnosti kolektoru s jeho životností. Faktor zisku udává, kolikrát za dobu životnosti kolektoru bylo získáno množství energie, které je potřebné k její výrobě. S minimální životností 20 let vycházejí zisky solárních kolektorů na hodnotu 20 až 120. [4]

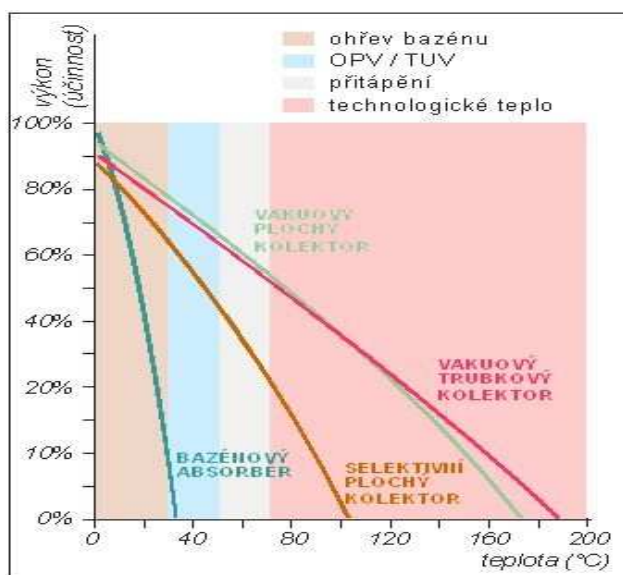
Tab. 5: Energetické zisky

Typ kolektoru	Energetický zisk (kWh.m ⁻² r ⁻¹)
Plochý kolektor bez selektivního povrstvení	250 až 400
Plochý kolektor se selektivním povrstvením	320 až 530
Vakuové trubicové kolektory	400 až 890

Zdroj: <http://www.solarni-energie.info/termicke-solarni-panely-kolektory.php>

Účinnost solárního kolektoru se nemůže brát jako konstanta. Účinnost je závislá na mnoha podmínkách provozování kolektoru (venkovní teplotě, slunečním záření, u nekrytých kolektorů navíc i rychlostí proudění vzduchu, teplotě teplotonosné látky a podobně). V provozu se účinnost mění od nulové až po maximální hodnoty (při nulových tepelných ztrátách, když je teplota kolektoru stejná, jako je teplota okolního vzduchu). Účinnost kolektoru je tedy dána křivkou, která vyjadřuje závislost na středním redukovaném teplotním spádu $(t_m - t_e)/G$. Tato křivka je výsledek zkoušky podle ČSN EN 12975-2. Každý kolektor podle typu konstrukce má jinou účinnost, podle toho se také volí kolektory pro určité oblasti (obr. 6). [9]

Obr. 6: Graf účinnosti kolektorů podle typu konstrukce



Zdroj: <http://www.quantumas.cz/solarni-kolektor/>

Nejen výnos energie nebo výkonnost jsou důležité pro kvalitu kolektoru, ale rozhodující je také jeho životnost. V posledních letech bylo novelizováno několik předpisů, hlavně DIN 4757 – 3. Tato norma popisuje postupy testů, podle nichž se zkouší odolnost kolektorů vůči různým tepelným šokům (prudké ochlazení rozehřátého kolektoru deštěm), odolnost vůči teplotě při zastavení chodu (chod naprázdno, nebo klidový stav), odolnost vůči mechanickému zatížení a stárnutí, těsnost provzdušnění a při dešti. Tyto

zkoušky napomáhají stanovení kvality a životnosti, ale pro výrobce stále nejsou povinné. Podmínky těchto zkoušek jsou v evropských zemích různé. Průzkumy však stejně stanovují minimální životnost 20 let. Na základě různých průzkumů prováděných v posledních letech se dá říci, že životnost dnešních solárních kolektorů značně přesahuje oněch 20 let. [4]

4.2 Způsoby stavby kolektorů

4.2.1 Bazénové kolektory

Bazénové kolektory se využívají v letních obdobích hlavně pro ohřev vody ve veřejných a soukromých koupalištích. Výroba tepla pomocí těchto kolektorů je na nízké teplotní úrovni. Hlavním cílem při konstrukci bazénových kolektorů je, aby pracovaly s vysokým stupněm účinnosti v rozmezí teplot 0 až 20 K oproti okolní teplotě. Pokud je teplota vzduchu 20 °C, je možno očekávat teploty kolektoru 35 – 40 °C. Konstrukce bazénového kolektoru není nijak složitá, je tvořena absorbérem bez transparentního krytu a bez skříně chránící teplo. Absorbér bývá nejčastěji černý, bez selektivního nátěru. Díky nízkým teplotním rozdílům mezi absorbérem a okolním prostředím není tepelná izolace nutná. Úměrně k jeho jednoduché konstrukci je cenově přijatelný. Vzhledem k vynechanému transparentnímu krytu mizí i optické ztráty reflexí a transmisí, přetrvávají jen optické ztráty neúplnou absorpcí. I přes větší ztráty vyzařováním a konvencí je účinnost bazénových kolektorů vyšší než u vakuových nebo plochých kolektorů. Pokud je teplotní rozdíl mezi absorbérem a okolním prostředím vyšší než 10 K, vyšší účinnost bazénových kolektorů zaniká. [4]

4.2.1.1 Konstrukce a materiál

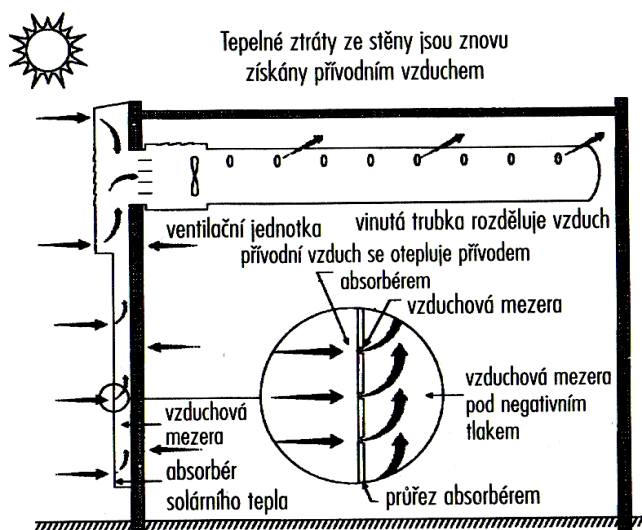
Teplonosné médium v bazénových kolektorech bývá nejčastěji bazénová voda, proto musí být absorbér korozně odolný vůči bazénové vodě. Korozní odolnost musí vykazovat i potrubí a spojovací prvky. Plastické hmoty vykazují relativně špatnou tepelnou odolnost ve srovnání s kovy, proto je důležité dávat přednost konstrukcím, u nichž je možno celou plochu ochlazovat teplonosným médiem (zde bazénovou vodou). Používají se absorbéry, které jsou tvořeny z více vedle sebe ležících, nebo lamelou spojovaných trubíc a hadic napojující se jako registr na sběrnou trubku. Hodně používané jsou i jednotlivé žebrové trubky z PP (polypropylen), nebo dutinkové desky ze syntetického kaučuku EPDM (etylenpropylen-dien-monomer), u kterých jsou průtočné kanály spojovány podle druhu a připojovány hadicovými spojkami se stlačitelnými sponami na sběrné potrubí. Multikanálové absorbéry bývají nabízeny ve formě flexibilních pásů (EPDM), nebo tuhých dutinových desek (PP) s pevně navařenými sběrnými nebo rozdělovacími trubkami, větší množství absorbérů je navzájem spojeno nátrubky s hadicovými spojkami nebo šroubením. Odlišným typem konstrukce je polštářový absorbér. [4]

Všechny plastické hmoty v průběhu let vlivem slunečního záření (hlavně vlivem podílu UV-záření) a střídavého zatěžování křehnou. Na konci životnosti dochází k netěsnosti a ke vzniku hlubokých poruch materiálu, ten se pak stává nepoužitelným. PE (polyetylen) a PP (polypropylen) jsou vhodné pro podlahové topení, sanitární instalace, atd. Přípustná teplotní oblast leží u PP mezi $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$. PE se používá už jen málokdy, protože jeho teplotní stálost je horší než u PP. I přesto, že oba materiály jsou mrazuvzdorné, při teplotách pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ křehnou a stávají se velmi citlivé na jakékoli mechanické zacházení, proto by se měly PP i PE na zimu vyprázdnit. Aby bylo možno používat oba tyto materiály venku, jsou vybaveny speciálními UV – stabilizátory. Životnost PP a PE bývá udávána zhruba 10 let. Syntetický kaučuk (EPDM) se používá hlavně jako těsnicí materiál pro okna, nebo v dopravních prostředcích. Má velmi dobrou UV-odolnost a užívá se v rozmezí teplot od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až po $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Syntetický kaučuk je zcela mrazuvzdorný a v zimě se nemusí vyprazdňovat, nedochází k jeho porušení při ztuhnutí teplonosného média. Životnost absorbérů z EPDM je vyšší než u absorbérů z PP a PE, uvádí se až 30 let. [4]

4.2.2 Vzduchové kolektory

Vzduchové kolektory velmi často bývají součástí fasády (obr. 7 představuje systém firmy Solarwall). Vzduchové sluneční kolektory se používají k přímému ohřevu vzduchu, jenž se využívá pro větrání i teplovzdušné vytápění. Ve srovnání s kapalinovými kolektory jsou vzduchové kolektory konstrukčně jednodušší a v zimě dosahují vyšší účinnosti. Vzduchový kolektor opět využívá skleníkového efektu pod krycím zasklením, kde proudí vzduch v dutině a ohřívá se o absorber slunečního záření. Zadní stěna absorberu bývá kryta tepelnou izolací. Oproti kapalinovým kolektorům nejsou ohroženy mrazem, ale bývají náchylnější na snižování výkonu díky znečištění krycího skla a zaprášení absorberu. Vzduchové kolektory by měly být umístěny v místech maximálního oslunění s minimální délkou vzduchotechnického potrubí. Kombinace kolektorů s fasádou objektu je výhodná, protože kolektory současně nahrazují tepelnou izolaci obvodového pláště. Při instalaci je důležité nastavení sklonu kolektorů, které se volí s ohledem na roční období nejefektivnějšího využití ohřátého vzduchu pro potřebu větrání a vytápění. Pro přímé využití tepla bez akumulování tepla je vhodné volit sklon kolektorů menší než 30° od vertikální roviny, eventuálně je vhodná i vertikální poloha. [6]

Obr. 7: Schéma systému vzduchového kolektoru „Solarwall“



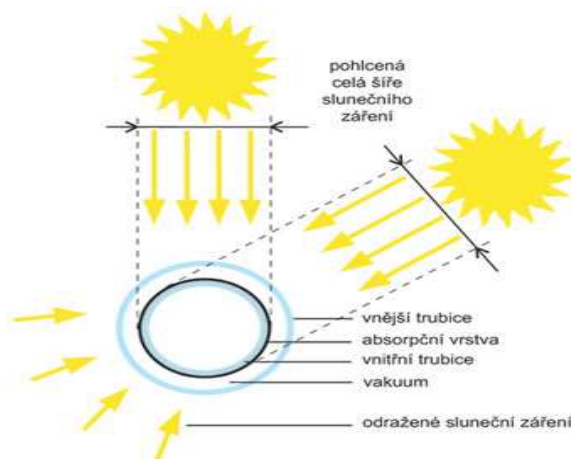
Zdroj: [4]

4.2.3 Vakuové trubicové kolektory

Důležitým prvkem u trubicového kolektoru je vakuum, jež odděluje vnější prostředí od povrchu absorbéru. Vakuum slouží k minimalizaci tepelných ztrát prouděním (kondukcí, resp. konvekcí) a vedením. Aby kolektor pracoval výkonně i při nízkých okolních teplotách, je vakuum nutné. Nejjednodušší konstrukční způsob docílení vakua na dlouhou dobu je řešení pomocí dvou soustředných skleněných trubic (obr. 8 ukazuje princip vakuového kolektoru řešený tímto způsobem). Je možnost dvou postupů výroby, při prvním způsobu jsou obě trubice staveny už při výrobě a k možnému úniku vakua dojde jen při prasknutí trubic. Druhým způsobem je smontování trubic za pomoci ventilů, izolací apod. Při tomto postupu může dojít k nepozorovanému úniku vakua kdykoliv během provozování. Na vnitřní skleněnou trubici se nanáší vrstva absorpčního materiálu a vnitřkem této trubice prochází měděná U-trubice s teplonosným médiem (vakuum). Postup energie z vnějšího prostředí probíhá takto: energie záření - vnější skleněná trubice, vakuum, absorbér, přeměna na teplo, prostup vnitřní skleněnou trubicí, tepelně vodivý plech, měděná U-trubice, teplonosné médium. U vyspělejších modelů bývá vnitřní strana vnější trubice opatřena tepelně reflexní vrstvou, která propustí krátkovlnné záření dovnitř, ale dlouhovlnné tepelné záření od ohřátého absorbéru ven nepropustí. Díky tomu se omezují ztráty tepla sáláním. Trubice se do tělesa vkládají tak, aby jejich celková tzv. účinná plocha byla co největší. Účinná plocha je udávána výrobcem kolektoru a hraje velmi důležitou roli. Účinná plocha se bere jako plocha, která pohltí veškeré dopadající záření a promění ho v teplo uvnitř trubic. Trubice vakuového kolektoru jsou uzpůsobeny tak, že mohou přijímat jak přímé, tak i rozptýlené záření po celém obvodu trubice a ze všech směrů. Vakuové trubicové kolektory dělíme na absorbéry s tepelnou trubicí tzv. Heat Pipe a přímo protékané absorbéry. V prvním typu protéká teplonosná kapalina přímo. Ve druhém typu se nachází lamelový absorbér, který je konstruován jako tepelná trubice vyplněná kapalinou, která se vypařuje už od 25 °C, nejčastěji to bývá voda, nebo alkohol. Kolektor může být s reflektorem (profilovaným plechem pod trubicemi), nebo bez něj. Kolektor s reflektorem sbírá zářivou energii jen z jedné strany a kolektor bez reflektoru z obou stran kolektoru. U kolektoru s reflektorem je rozteč trubic větší a u kolektoru bez reflektoru je rozteč trubic menší. Díky vakuovým trubicovým kolektorům je možno

účinněji využít slabé sluneční záření a rozptýlené záření v mlze nebo při zatažené obloze. Vakuové trubicové kolektory je možno zvolit pro ohřev vody a přitápění. [11]

Obr. 8: Princip vakuového kolektoru



Zdroj: <http://www.regulus.cz/vakuove-trubicove-kolektory-ktu.html>

4.2.3.1 Konstrukce a materiál

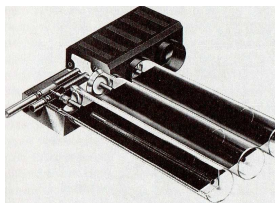
Nejvíce využívaný materiál pro absorber je měď ve formě lamelových absorberů s integrovanou trubicí. Tepelné trubice mají lamelu s centricky uspořádanou trubicí, kterou protéká teplonosné médium. Tento způsob přímo protékajících trubek může mít dva typy konstrukce. První typ je lamela absorberu s U-trubicí a druhý typ je lamela absorberu s koaxiální trubicí (systém trubka v trubce). Lamela s U – trubicí vyžaduje dva prostupy sklem, které se tak stává konstrukčně problematickým místem, jelikož se jedná o dva různé materiály, jež mají odlišnou roztažnost vlivem tepla. I přes to, že tento absorber vyžaduje dva prostupy sklem, jeho účinnost je vyšší než u absorberu s koaxiální trubicí, který vyžaduje jen jeden vstup sklem. Teplonosné médium je vedeno vnitřní trubicí až ke spodnímu konci absorberu, v protiproudu protéká vnější trubicí zpět a odebírá přitom teplo z absorberu. Díky venkovnímu šroubení je možnost optimálního nasměrování jednotlivých absorberů (lamel) a to nezávisle na poloze jejich zabudování. I u absorberů

s U-trubkami je možnost vestavění do libovolné plochy, nedají se však tak lehce přeměřovat. Mezi novější absorberů patří absorber se zaoblenou lamelou a koaxiální trubkou. Tento absorber díky své konstrukci doslova sleduje Slunce bez jakéhokoli navádění. Díky tomu dochází hlavně v ranních a večerních hodinách ke zvýšeným ziskům energie, ale v poledne je ozářená plocha znatelně menší, a v důsledku toho je menší i tepelný zisk. Vakuum v kolektoru výrazně snižuje tepelné ztráty vedením a konvencí. Jediné ztráty, které zůstávají, jsou ztráty tepelným vyzařováním absorberu. Aby se i tyto ztráty snížily na minimum, používá se povrstvení absorberů s co nejmenší hodnotou, např. černý chrom. [4]

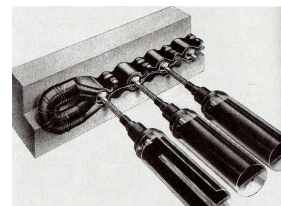
4.2.3.2 Transparentní kryt a skříň

U transparentního krytu se namísto nízkoželeznatého, tvrzeného „solárního skla“ využívají trubice z bórsilikátového skla o tloušťce stěny 1,5 až 3 mm. Toto sklo vykazuje mnohem vyšší tepelnou a mechanickou stabilitu. Trubice zvládají i takové zátěže, jako jsou tepelné šoky, krupobití, atd. Optické vlastnosti u tohoto skla jsou podobné jako u plochých kolektorů, avšak bórsilikátové sklo je dražší. Skříň u vakuových trubic tvoří sama trubice, která chrání vakuum a absorber. Za kolektorovou skříň se dá tedy považovat konstrukce nosiče pro více trubic, které tvoří kolektorový modul. Pro něj se využívají stejné materiály jako u plochých kolektorů, tedy hliník (také pro reflektory), plastické hmoty, ušlechtilá ocel, ne však dřevo. Z vakuových trubic, kterými cirkuluje teplotné médium, jsou přechýlující trubky napojeny na sběrné potrubí tzv. hlavou (Header), kterou je přepravováno teplo do zásobníku. Hlava je odolná vůči veškerým povětrnostním podmínkám. Těsná skříňka obsahuje kromě sběrného potrubí s napojovacími kusy pro vývody trubic také izolaci, která je odolná vysokým teplotám. Hlava bývá většinou opatřena podstavci, aby byla možnost instalace na střeších. Napojení takto protékajících trubic na sběrné potrubí je tzv. mokré napojení (obr. 9). U absorberu s tepelnými trubicemi se naopak dává přednost tzv. suchému napojení (obr. 10). [4]

Obr. 9: „Mokrý“ napojení



Obr. 10: „Suchý“ napojení



Zdroj: [4]

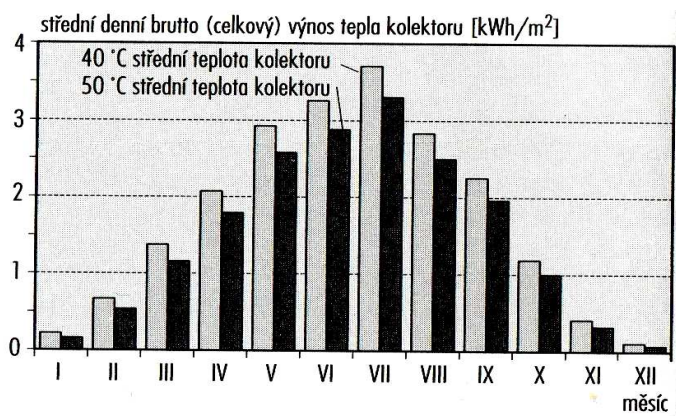
4.2.4 Koncentrační kolektory

Nevýhody slunečního záření při fototermální konverzi se v heliotechnice odstraňují akumulací, nebo koncentrací sluneční energie. Nízkoteplotní sluneční systémy s plochými kolektory kompenzují nevýhody slunečního záření akumulací získané energie do různých druhů akumulátorů. Zatímco ploché kolektory využívají přímé i difuzní záření, koncentrační zachycují a soustřeďují (koncentrují) jen přímé sluneční záření, čím se zvyšuje hustota toku zářivé energie. Zvýšení koncentračního účinku a získání vysokopotenciálního tepla (teploty na 100 °C) se dosahuje otáčením koncentračních kolektorů za Sluncem, což je určitou nevýhodou. Otáčecí mechanismus, jako i samotný kolektor, vyžadují vysoké investiční náklady a dokonalé technické řešení. Koncentrace slunečního záření se účinně využívá pomocí optických zařízení, a to v zásadě čočkovými a zrcadlovými systémy. Čočkové systémy se používají jen výjimečně. Koncentrační kolektor je modifikací rovinného kolektoru, doplněného koncentračním zařízením, tzv. koncentrátorem. Zatímco ploché kolektory zachytávají dopadající sluneční záření přímo, koncentrační ho nejprve zhušťují, čili koncentrují. Zvyšováním hustoty toku slunečního záření se dosahuje v těchto systémech vysoké teploty, zmenšení rozměrů a snížení tepelných ztrát. Vlastnosti koncentračního kolektoru jsou závislé na volbě základního druhu a tvaru koncentrátoru, optických vlastností, nerovnoměrnosti slunečního záření a orientaci na Slunce. Při návrhu koncentrátorů je rozhodující veličinou koncentrační poměr C . Je to podíl průmětu plochy S_p ozářené Sluncem do roviny kolmé na optickou osu systému a průmětu plochy absorberu S_a do téže roviny. [3]

4.2.5 Ploché kolektory

Většina kolektorů, které jsou nabízeny na trhu, spadají do kategorie tzv. plochých kolektorů. Ploché kolektory se skládají z kovového absorbéru a z tzv. ploché skříně, jež bývá opatřena na sluneční straně transparentním krytem. Díky tepelně izolované skříně dokážou ploché kolektory vyvinout teplo s dobrou účinností i při teplotách 40 – 60 K nad okolní teplotou. Nejvíce se ploché kolektory používají pro přípravu teplé vody. Správné zpracování a vhodná volba materiálu mají rozhodující význam pro životnost solárních kolektorů. Z praxe je známo, že životnost plochých kolektorů je určena hlavně jejich korozní odolností a jeho povrtvením. Důležitou roli v životnosti hraje i transparentní kryt a jakost utěsnění ve skříně. Účinnost kolektoru je rovněž určována jeho konstrukcí. Obr. 11 ukazuje roční výnos plochého kolektoru pro klimatickou oblast shodnou s ČR.[4]

Obr. 11: Ročním průběh výnosů tepla pro plochý kolektor



Zdroj: [4]

4.2.5.1 Materiál a formy absorbérů

Velmi podstatně závisí výkonnost absorbéru na povrstvení jeho horní plochy. Horní plocha musí vykazovat jak vysoký stupeň absorpce, tak také musí být odolná i vůči vysokým teplotám a jejich střídání. Vedle černých nátěrů, které se nanášejí nejčastěji nástřikem, se používají hlavně selektivní vrstvy. Díky těmto selektivním vrstvám se dají tepelné ztráty kolektoru markantně snížit. Nejpoužívanější povrstvení je černý chróm nebo niklem pigmentovaný hliník nanášející se galvanicky. Dalšími postupy je vytváření vrstev

napařením, označené jako natryskání. Jako materiály jsou využívány ty, které jsou odolné vůči vysokým teplotám, jež mohou vznikat při chodu naprázdno, používá se téměř výhradně měď, hliník a ocel. Pro každý materiál je typický způsob jeho zpracování. Lamelový absorber, který je tvořen z korozně odolné měděné trubky a absorpčního pásu, lamely jsou z mědi nebo lehčího a levnějšího hliníku, má velmi dobré tepelné vlastnosti, je snadno manipulovatelný, lehký a díky velké výrobě cenově dostupný. Další je deskový absorber z mědi nebo oceli se zalisovaným nebo naletovaným systémem měděných trubek. Polštářový absorber z běžné nebo ušlechtilé oceli dosahuje nejlepšího převodu tepla mezi absorberem a nosičem tepla. Nejsou tak odolné vůči tlaku a jsou těžké. Válcový absorber z hliníkového plechu je z tepelného hlediska velmi výkonný. Největší rozšíření v dnešní době mají absorbery lamelové. [4]

4.2.5.2 Transparentní kryt, tepelná izolace a skříň kolektoru

Transparentní kryt slouží k ochraně absorberu před vnějšími vlivy a slouží k redukci ztrát vedením. Materiál krytu by měl být vždy transparentní, reflexní (pro infračervené záření), vysoce odolný vůči teplotním změnám (od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$), bezpečný vůči rozbití (např. vlivem sněhu, nárazů, krupobití), odolný vůči nárazům větru, lehký zpracovatelný, chemicky stálý a měl by znemožňovat usazování nečistot (antistatická úprava). Nejvíce používanými materiály na kryty jsou skla a plasty. Použití jednoduchého, nebo dvojitého skla úzce souvisí s konstrukčním řešením absorberu a tepelné izolace. Na absorpční desku dopadá při dvojitém zasklení nižší tepelný tok jako při jednoduchém zasklení (snižuje se vlivem ztrát reflexí a absorpcí). Optické ztráty dvojitého zasklení jsou asi o 10 % větší než jednoduchého. Na snížení ztrát reflexí se používají skla s chemicky upraveným povrchem, které však zvyšují výrobní náklady. Na zasklené kryty se používají silikátová a kalená skla s nízkým obsahem oxidu železa. Kryty z plastů se vlivem ultrafialového záření rozrušují, jsou křehké a žloutnou, proto jejich použití není tolik rozšířené. [3]

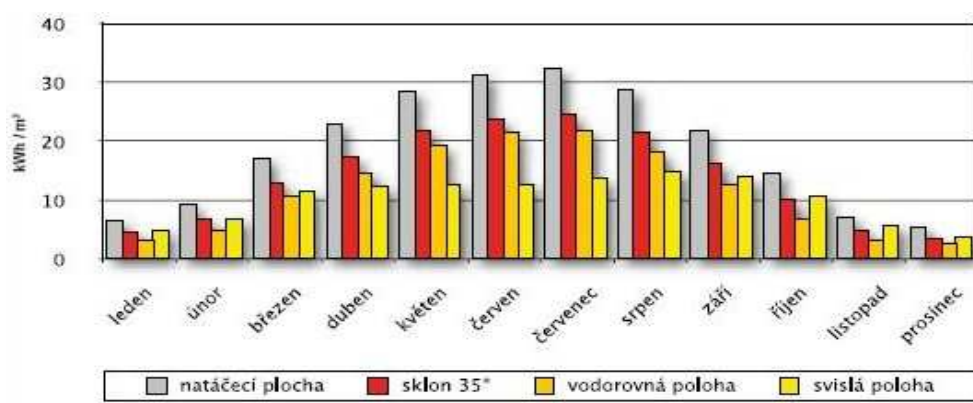
Skříň kolektoru má za úkol trvale chránit absorber i tepelnou izolaci před vlivy počasí, vlhkostí a zajišťovat vzájemné spojení absorberu, izolace a krytu v jeden celek. Používané materiály jsou např. plastické hmoty, hliník, plastické, nerezové nebo

pozinkované plechy a dřevo. Hliník je nejpoužívanějším materiálem, protože se dá velmi dobře zpracovávat a je cenově dostupný. Hliník je lehký a také odolný vůči povětrnostním vlivům. Plastické hmoty, jako např. PESL (polyesterové skelné lamináty), nebo recyklovatelné plasty jsou používány díky menší spotřebě energie při jejich výrobě. Skříně z pozinkovaného nebo nerezového plechu nebývají tolik rozšířené, jelikož se vyplatí jen při velkovýrobě. Navíc v porovnání s hliníkovými nebo plastovými skříněmi jsou velmi těžké. V poslední době se začíná opět využívat dřevo, jelikož je to velmi zajímavá, dostupná a cenově příznivá varianta. [4]

5 Fotovoltaické solární panely

Fotovoltaický jev je přeměna sluneční energie na energii elektrickou. K tomuto jevu dochází v tzv. slunečních (fotovoltaických) článkách. Sluneční články se nejčastěji vyrábí z polovodičových materiálů, např. křemík. Spojením slunečních článků je možné vytvářet solární moduly, ze kterých se postaví celá velká sluneční elektrárna. Účinnost proměny sluneční energie na elektřinu je v komerčně dostupných článkách okolo 12-15 % avšak v laboratorních článkách přesáhla 20-30 %. Sluneční články mají výhodu v tom, že jejich spojením je možné vytvářet solární moduly, ze kterých je možné postavit celou velkou sluneční elektrárnu. Sluneční články se vyrábí i z monokrystalických solárních článků, existují i tzv. tenkostěnné solární články, tzv. amorfni solární články. Fotovoltaické solární články jsou velmi pevné, ale dosti křehké, proto se musí zapouzdřit do pevnějšího obalu, který solární články chrání před poškozením a vnějšími vlivy. Pouzdřením vznikne fotovoltaický solární panel. Nejčastěji jsou články spojovány do sériově paralelních struktur, které mají za cíl dosáhnout určitého proudu, výkonu, napětí, případně tvaru. Pro velké instalace se zvětšuje plocha panelů a to má za následek snižování nákladů na jednotku výkonu. Obr. 12 udává produkci fotovoltaického panelu v jednotlivých měsících. [11]

Obr. 12: Produkce fotovoltaického panelu v jednotlivých měsících



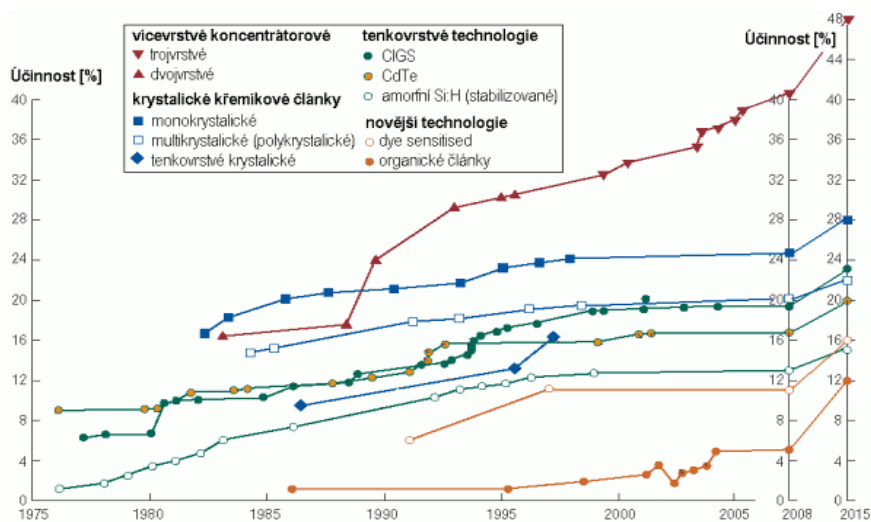
Zdroj: http://www.mzp.cz/cz/fotovoltaicka_zarizeni

1 kWp instalovaného výkonu vyrobí průměrně 900 kWh elektrické energie. Díky vyšší nadmořské výšce může být tato hodnota i o 10 % vyšší. A při nižší nadmořské výšce jsou hodnoty nízké, vzhledem k častým inverzím a mlhám. Průměrná roční hodnota je tedy 900 kWh.rok⁻¹, závisí na počtu slunečních dnů v daném roce a klimatických podmínkách. Do této hodnoty se započítávají i ztráty na vodičích a měniči. [12]

5.1 Účinnost a životnost panelu

U panelů s monokrystalickými a polykrystalickými křemíkovými články dochází s rostoucí teplotou ke snižování jejich účinnosti. U amorfních křemíkových článků je pokles účinnosti s rostoucí teplotou méně výrazný. Panely umístěné na fasádě mají nižší účinnost oproti panelům s dobře ochlazovanou zadní stranou, to potvrzuje snižování účinnosti při rostoucí teplotě. Dále je prokázána nižší účinnost v zimních měsících, což je dokázáno při použití monokrystalických panelů, které lépe zpracovávají přímé záření, nežli difúzní. Difúzní záření v zimních měsících převažuje. Obr. 13 ukazuje předpokládaný vývoj účinnosti u fotovoltaických panelů. [12]

Obr. 13: Vývoj účinnosti fotovoltaických panelů



Zdroj: <http://fyzmatik.pise.cz/34295-vyvoj-ucinnosti-fotovoltaickych-panelu.html>

Většina výrobců stanovuje životnost fotovoltaických panelů okolo 25 let. Fotovoltaické panely se s postupem času opotřebovávají, a proto bývá udáváno 90 % účinnosti po 12 letech a po 25 letech 80 %. Fotovoltaický panel je možno provozovat déle než 25 let, ale vyvstává otázka, zda je to stále výhodné vzhledem ke snižující se účinnosti. Díky garantované výkupní ceně po dobu 20 let je výhodnější nakoupit po uplynutí této doby nové výkonnější a levnější fotovoltaické panely. Z tohoto plyne, že spíše než na životnosti panelu záleží na garanci výkupní ceny. [13]

Pro rok 2011 došlo ke snížení výkupních cen a zelených bonusů pro elektrickou energii získanou ze slunečního záření. Tab. 5 se týká nových výkupních cen a vývoje cen od roku 2006.

Tab. 6: Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny (Kč.MWh⁻¹)	Zelené bonusy (Kč.MWh⁻¹)
Instalovaný výkon do 30 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7 500	6 500
Instalovaný výkon nad 30 kW do 100 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5 500	4 900
Instalovaný výkon nad 100 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5 500	4 500
Instalovaný výkon do 30 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 500	11 500
Instalovaný výkon nad 30 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12 400	11 400
Instalovaný výkon do 30 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 420	12 420
Instalovaný výkon nad 30 kW uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13 320	12 320
Zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14 300	13 300
Zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14 660	13 660
Zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	6 990	5 990

Zdroj: <http://www.eru.cz/>

5.2 Panely s monokrystalickými články

Křemíkové monokrystalické články jsou nejstarší a základní typ fotovoltaických článků. Rozměr krystalů je v řádu 10 cm. Vyrábí se z tyčí (ingotů) polykrystalického křemíku nejčastěji Czochralského metodou, tj. pomalým tažením zárodku krystalu z taveniny velmi čistého křemíku. Ingoty monokrystalického křemíku se řezou speciální drátovou pilou (větší množství paralelně napnutých drátů s pomocí vhodného abraziva řeže najedou) na tenké plátky (silné zhruba 0,25 až 0,35 mm o tloušťce 0,1 mm). Plátky se zarovnávají na rovnoměrnou tloušťku, poté se vyleští a na povrchu odleptají. Odleptání se provádí z důvodů odstranění nepravidelností a nečistot. Polovodičový přechod P – N se vyvábí přidáním fosforu, který vytváří na povrchu požadovanou vodivost typu N. Výroba je velice technicky i energeticky náročná, a proto se hledají cesty, jak tyto vysoké nároky snížit. Jednou z možností je z taveniny rovnou táhnout tenký monokrystalický pásek, který je mnohem snadnější rozřezat na solární články a ze stejného množství křemíku se dá vyrobit dvakrát větší plocha fotovoltaických článků. Účinnost tohoto typu fotovoltaického článku je však nižší než účinnost u článků, jež jsou vyrobeny nařezáním ingotů monokrystalického křemíku. Účinnost u těchto článků je v rozmezí 13 až 17 %. [7]

5.3 Panely s polykrystalickými články

V dnešní době jsou polykrystalické články nejběžnější typ. Výroba těchto článků je mnohem jednodušší, než výroba monokrystalických článků. Polykrystalické články se vyrábějí odléváním čistého křemíku do daných forem. Vzniklé ingoty se řezou na tenké plátky. Při této výrobě je možno vyrobit bloky s obdélníkovým nebo čtvercovým průřezem. Polykrystalické články mají horší elektrické vlastnosti (nižší účinnost a proud), protože na styku krystalových zrn, jejichž rozměry jsou milimetrové, je větší odpor. Největší výhodou těchto článků je to, že základní surovina je levnější, než u monokrystalů a lze je vyrábět ve větším množství, buď se čtvercovým, nebo s obdélníkovým tvarem. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje v rozmezí 12 až 14 %, někdy výjimečně mohou dosáhnout až 16 % účinnosti. [7]

5.4 Panely s amorfními články

Články z amorfního křemíku mají oproti monokrystalickým a polykrystalickým článkům výhodu v tom, že na výrobu se spotřebuje mnohem méně materiálu. Díky tomu je velkosériová výroba znatelně levnější. Výroba článku je založena na rozkladu sloučenin křemíku (dichlorsilanu nebo silanu) ve vodíkové atmosféře. Takto se dají vyrobit velmi tenké vrstvy křemíku na nerezové, plastové (hlavně polyamidové) nebo skleněné podložce. Takto nanesená vrstva křemíku je amorfní, nemá pravidelnou krystalickou strukturu a obsahuje množství vodíku. Díky schopnosti absorbovat větší množství vodíku může být podstatně tenčí (už vrstva o tloušťce 1 mm pohltí až 90 % slunečního záření). Touto výrobou se dají vytvořit velmi ohebné a tenké fotovoltaické články, které je možno použít jako krycí fólie na střechy nebo našít na oblečení. Oproti krystalickému křemíku má méně pravidelnou strukturu s velkým množstvím poruch. Některé atomy křemíku nemají kolem sebe potřebné sousedy, s nimiž tvoří vazby, a vznikají mezi nimi vazby prázdné. V těchto místech dochází k rekombinaci nábojů, tím se snižuje účinnost a proud. Tento problém je částečně odstraněn přítomností vodíku, který se váže na volné vazby (hydrogenace, vodíková pasivace). Další problém u těchto článků je nestabilita, která bývá způsobena právě přítomností vodíku (struktura je narušována např. oxidací vzdušným kyslíkem). V důsledku toho výkon článků zpočátku klesá a teprve časem dochází k ustálení zhruba na 80 % původní hodnoty výkonu. U těchto článků je jiný P – N přechod. Horní vrstva (s vodivostí P) je dosti tenká a dokáže zachytit jen malé množství fotonů, proto je pod touto vrstvou další tenká vrstva (označována jako i), která zachytí většinu dopadajícího záření a vytvoří volné elektrony a díry. U těchto článků je účinnost jen něco málo kolem 7 %. Pro zvýšení účinnosti (až 13 %) lze dosáhnout vytvořením vícevrstvé struktury. Tenkovrstvé články z amorfního křemíku mají před sebou další vývoj směrem k dosažení vyšší účinnosti a nižší ceny. [7]

5.5 Fotovoltaické články budoucnosti

Jeden z vývojových trendů, jak lze zlevnit solární články, je výroba solárních článků s velmi tenkým povrchem. Spadají sem například tenké fólie potažené amorfním křemíkem, solární články s křemíkovými nanovláknky, či články pokryté tenkou vrstvou nanokrystalů kysličníku titaničitého. Výhoda je ve snížení nákladů na výrobu, ale hlavně ohebnost a lehkost výsledné konstrukce, kterou je možno instalovat i v místech, kde klasické panely není možno použít. Vědci Torontské univerzity, vedeni profesorem Tedem Sargentem, vyvíjejí solární články, které bude možno kamkoliv nastříkat. Jejich využití by bylo možné v libovolných podmínkách. Hlavní výhodou by bylo to, že by tyto solární články dokázaly kromě viditelného světla přeměnit i infračervené záření na elektřinu. Díky tomu by se účinnost zvýšila až pětkrát a výroba by byla nepřetržitá. Materiál použitý na tyto články je unikátní plast skládající se ze speciálně vyvinutých nanočástic a polymeru. Pokud by se tento projekt povedlo dovést až k velkovýrobě, dala by se energie vyrábět doslova všude. Oblečení, které by pohánělo mp3 přehrávače a mobilní telefony, závěsy dodávající domácnosti elektřinu, soběstačné notebooky a automobily, to vše by mohlo být v budoucnu skutečností. Další možností, na které pracují vědci z tel avivské univerzity v Izraeli, je geneticky modifikovaná bílkovina, jež je schopna vyrábět elektrickou energii na principu fotosyntézy. Největší výhodou těchto solárních článků je jejich nízká cena. Výrobní náklady na 1 m² u klasické křemíkové plochy jsou zhruba 140 eur, ale na stejnou plochu tvořenou organickým materiálem je náklad necelé 1 euro. Tato markantní snížení nákladů by mohlo znamenat rozšíření solárních elektráren po celém světě. [14]

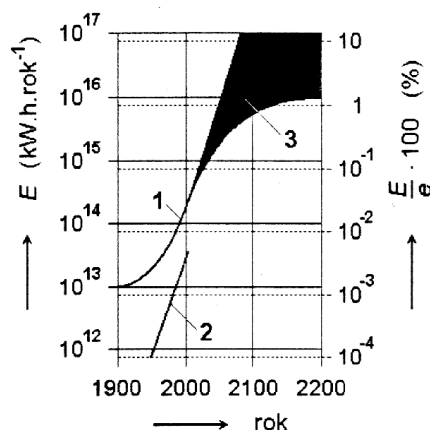
5.6 Prognózy výroby elektrické energie na Zemi

Celková výroba energie na Zemi vykazuje stálý exponenciální růst a v roce 2000 překročila hodnotu $E = 10^{14}$ kW.h.rok⁻¹ (obr. 8, křivka 1). Při zachování stávajícího trendu by za necelých 100 let dosáhla hodnoty $E = 10^{17}$ kW.h.rok⁻¹. Takovou situaci by planeta pravděpodobně neunesla. Prognózy však říkají, že nelze jen extrapolovat, že výroba energie se nasytí a křivka se bude asymptoticky blížit k hodnotě $E = 10^{16}$ kW.h.rok⁻¹, této hodnoty nikdy nedosáhne. Z hlediska trvale udržitelného zdroje je tento vývoj přijatelný.

Předpovědi se pohybují v rozsáhlých mezích (obr. 8, oblast 3), následující dvě století ukážou, jaká bude skutečnost. (Obr. 8, křivka 2 odpovídá výrobě elektrické energie.). [5]

Tab. 7 a obr. 15 udávají výrobu elektřiny pro rok 2009. Obr. 15 udává výrobu elektrické energie z OZE (obnovitelné zdroje energie), kde je vidět, že i přesto, že v ČR je veliký nárůst využívání sluneční energie, tvoří jen 1,9 % výroby elektrické energie.

Obr. 14: Vývoj celkové výroby energie



Zdroj: [5]

Tab. 7: Výroba elektrické energie brutto v ČR pro rok 2009

	Výroba elektřiny brutto (GWh)	Instalovaný výkon (MWe)
PE	48 457,4	10 720,1
PPE + PSE	3 225,2	934,9
VE	2 982,7	2 183,
JE	27 207,8	3 830,
VTE	288,1	193,2
SLE	88,8	464,6
Celkem	82 250	18 325,7

Pozn.: PE – parní elektrárna

SLE – solární elektrárna

JE – jaderná elektrárna

SLE – solární elektrárna

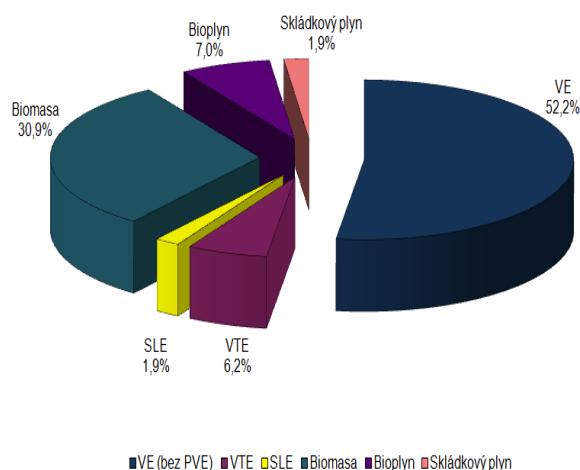
PPE – paroplynová elektrárna

VE – vodní elektrárna

VTE – větrná elektrárna

PSE – plynová a spalovací elektrárna

Obr. 15: Výroba elektrické energie z OZE pro rok 2009



Zdroj: http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2009/index.htm

6 Zhodnocení solárních panelů

Pro zhodnocení byly vybrány trubicové vakuové kolektory a ploché kapalinové kolektory. Vakuové trubicové kolektory dosahují vyšší účinnosti jen v zimním a přechodném období, při vysokém rozdílu venkovní teploty a při slabém slunečním svitu. V letním období dosahují vyšší účinnosti a vyšších teplot ploché kolektory. Trubicové potřebují k dosažení stejné účinnosti ve srovnání s plochými větší plochu. Jednou z předností trubicových kolektorů je nízký aerodynamický odpor, který je zcela zanedbatelný, a proto nemusí být konstrukce nikterak robustní. Další předností trubicových kolektorů je jejich snadná opravitelnost, trubky jsou jednotlivě vyměnitelné, ale výměna bývá poměrně častá (ztráta těsnosti díky teplotnímu šoku nebo prasknutí). Nevýhodou u řady HeatPipe je jejich delší doba rozběhu systému, nejdříve dojde k nahřívání a zvyšování pracovního tlaku a až poté dochází k tepelné práci kolektoru.

V zimním období, kdy je na kolektorech sníh nebo námraza, spolehlivě pracovat dokáže jen plochý kolektor, který clonu tvořenou sněhem a námrazou likviduje a funguje spolehlivě celou dobu. Ve vakuových kolektorech se pro odstranění této nevýhody používají zrcadla, která si však nezachovají své vlastnosti po celou dobu životnosti, a dochází ke snížení součinitele odrazu až na polovinu původní hodnoty.

Jedním z nejdůležitějších faktorů u těchto dvou typů kolektorů je jejich cena. Přestože vakuové trubicové kolektory jsou většinou až dvakrát dražší než ploché, jejich roční výkon je pouze o 10 % vyšší.

Pro srovnání bylo vybráno 6 solárních kolektorů dodávaných na český trh.

Ploché deskové:

- Heliostar H200 (výrobce Thermo / solar Žiar, s.r.o., Slovensko)
- Suntime 2.1 (výrobce Ekomont, s.r.o., ČR)
- Ekostart Therma Blue (výrobce Ekosolaris, a.s., ČR)

Vakuové trubicové:

- Vacusol (výrobce Vacusol, ČR)
- Thermomax HP200 (výrobce Brilon, a.s., ČR)
- RVT II (výrobce Reflex CZ, s.r.o., ČR)

Tab. 8: Srovnání plochých deskových kolektorů

Technické parametry	Heliostar H200	Suntime 2.1	Ekostart Therma Blue
Rozměry (mm)	2070x1110x100	1895x1063x85	2040x1040x90
Hmotnost (kg)	40,5	38	42
Celková plocha (m ²)	2,30	2,01	2,12
Absorpční plocha (m ²)	2,03	1,83	1,76
Vodní obsah kolektoru (l)	1,2	1,1	1,2
Max. pov. přetlak (kPa)	600	600	600
Objem. průtok (l.h ⁻¹ .m ⁻²)	30 - 120	15 - 25	40 120
Optická účinnost (%)	80	80	80
Emisivita (%)	5 ± 2	4 ± 2	4 ± 2
Solární absorptivita (%)	95 ± 2	95 ± 2	95 ± 2
Cena (Kč)	11 490	13 704	13 078

U plochých deskových kolektorů jsou vlastnosti jako účinnost (80 %), emisivita (okolo 4 %) nebo solární absorptivita (95 %) stejné. Rozdílná je cena, kolektor Suntime 1.2 za 13 704 Kč je nejdražší z vybraných kolektorů, nejlevnější je Heliostar H200 za 11 490

Kč. Kolektor Ekostart Therma Blue je levnější než Suntime 2.1, avšak cenový rozdíl je řádově ve stovkách korun.

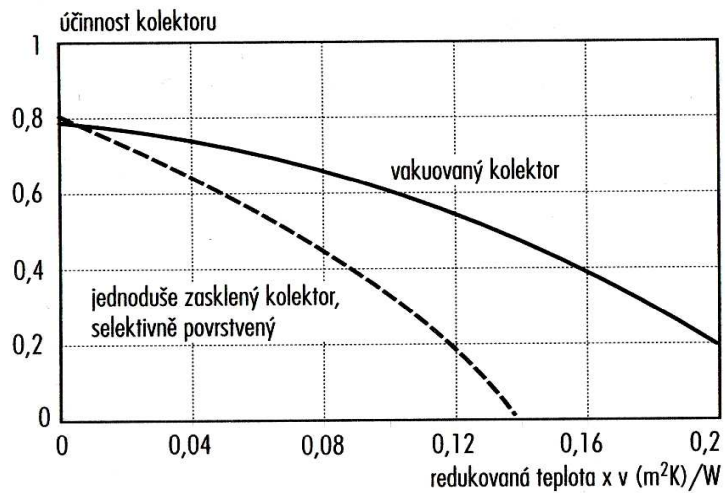
Tab. 9: Srovnání vakuových trubkových kolektorů

Technické parametry	Vacusol	Thermomax HP200	RVT II
Rozměry (mm)	2150x730x120	2005×709×97	2186x1000x124
Hmotnost (kg)	34	25	30
Celková plocha (m ²)	1,57	1,4	2,19
Absorpční plocha (m ²)	1	1	1,12
Průměr trubic (mm)	56	56	56
Optická účinnost (%)	79	76	83,6
Max. provozní přetlak	600	800	1000
Q ₁ (W.m ⁻² .K ⁻¹)	1,117	1,55	1,23
Q ₂ (W.m ⁻² .K ⁻²)	0,004	0,006	0,009
Emisivita (%)	5	5	5
Solární absorptivita (%)	95	95	95
Cena (Kč)	21 896	19 028	21 588

Pozn: Q₁, Q₂ – koeficient tepelných ztrát

U trubkových vakuových kolektorů jsou opět emisivita (5 %) nebo solární absorptivita (95 %) stejné, avšak účinnost už je jiná. Největší účinnosti dosahuje RVT II, který má 83,6 % účinnost, následuje Vacusol s 79 % účinností a nejnižší účinnosti dosahuje Thermomax HP200 s hodnotou 76 %. Co se týče ceny, jsou kolektory téměř vyrovnané, nejdražší je Vacusol za 21 896 Kč, následuje RVT II za 21 588 Kč a nejlevnější je Thermomax HP200 za 19 028 Kč.

Obr. 16: Charakteristiky plochého a vakuového kolektoru



Zdroj: [4]

V praxi při porovnávání a hodnocení solárních kolektorů bude hrát největší roli jejich cena. Ta je u těchto dvou typů kolektorů (ploché deskové a vakuové trubkové) velmi rozdílná, proto se může stát, že výhodnější bude použití méně výkonných solárních kolektorů ve větším počtu. Vyrobí stejné množství tepla, ale vynaložené pořizovací náklady budou zřejmě nižší. Na obr. 16 je vidět nižší účinnost u plochých kolektorů oproti vakuovým kolektorům, kdy při zvyšování redukované teploty dochází k rychlejšímu snižování teploty u plochých kolektorů.

7 Závěr

Slunce patří mezi obnovitelné zdroje energie. Obnovitelné zdroje mají tu schopnost, že se dokážou zcela, nebo z části samy obnovit, bez jakéhokoli přičinění člověka. Slunce patří mezi velmi stálé zdroje, jeho existence je zaručena na několik miliard let. Energie, kterou nám Slunce posílá, je zcela zdarma. Jediné náklady, jež vznikají, jsou náklady na výrobu systémů, které tuto energii přemění na potřebné teplo či energii. Slunce svým zářením dodává mnohem více energie, než obyvatelstvo spotřebuje. Pokud by se pokryla pouhá desetina, či dvacetina procenta zemského povrchu solárními panely a zařízeními přeměňujícími sluneční záření, byla by potřeba veškeré energie získána pouze z obnovitelných a ekologických zdrojů. To by vedlo ke snížení globálního oteplování, poklesu nárůstu extrémních klimatických jevů a přírodních katastrof, které jsou v dnešní době stále častější.

V dnešní době dochází k poklesu podpory solární energie nejen u nás, ale i ve světě. I přesto se do budoucna počítá se vzrůstem podpory v celém světě a výroba elektřiny pomocí fotovoltaických panelů bude stále častější. Ve světě je USA velmocí, co se týče podpory a využití solární energie, brzy dojde k vyrovnání cen elektřiny z fotovoltaických elektráren s elektřinou z ostatních zdrojů. Zvyšování množství fotovoltaických elektráren poroste i v Německu. Na základě USA a Německa je možno předpokládat vysoký nárůst i v České republice. Důležitým faktorem je, že pomocí výkonných fotovoltaických nebo termických panelů lze vyrobit mnohem více elektřiny a tepla pro ohřev vody a vytápění, než je skutečná celková potřeba.

Využití sluneční energie má i své nevýhody, ale díky stále se zvyšujícímu rozvoji a technickému pokroku např. v optice, mechanice, vývoji nových materiálů pro výrobu panelů a získávání stále nových zkušeností s využitím solárních panelů, lze očekávat snížení těchto nevýhod a využití termických a fotovoltaických panelů v každodenním životě, v zábavě i při aktivním odpočinku.

Použitá literatura:

- [1] BALÁK, Rudolf. *Nové zdroje energie*. Druhé, přepracované vydání Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989. 205 s.
- [2] CENEK, Miroslav, et al. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vydání Praha: FCC PUBLIC, 1994. 174 s.
- [3] HALAHYJA, Martin; VALÁŠEK, Jaroslav. *Solárna energia a jej využitie*. 1. vydání Bratislava: Alfa, 1985. 298 s.
- [4] LADENER, Heinz; SPATE, Frank. *Solární zařízení*. 1. vydání Praha: Grada Publishing, 2003. 268 s. ISBN 80-247-0362-9.
- [5] LIBRA, Martin. *Zdroje a využití energie*. 1. vydání Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 102 s. ISBN 80-213-1550-4.
- [6] LIESLER, Lukáš; SCHLEGER, Eduard; ŠTĚTINA, Dušan. *Bazény a koupaliště*. 1. vydání Praha: ČVUT, 2003. 84 s. ISBN 80-01-02702-3.
- [7] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika: elektřina ze slunce*. 2. vydání Brno: ERA group, 2008. 81 s. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [8] *Heliostar.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-03-01]. Sluneční kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.heliostar.cz/slunecni-kolektory.php>>.
- [9] *Solarnitechnika.info* [online]. 2010 [cit. 2011-03-15]. Úspory energie a životnost kolektoru. Dostupné z WWW: <<http://www.solarnitechnika.info/faq/>>.
- [10] HEJHÁLEK, Jiří. *Stavebnictvi3000.cz* [online]. 2007 [cit. 2011-03-19]. Vakuové trubicové kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vakuove-slunecni-kolektory-regulus/>>.
- [11] *Heliostar.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-03-21]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://www.heliostar.cz/fotovoltaika.php>>.
- [12] SRDEČNÝ, Karel. *Ekowatt.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-03-26]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <http://ekowatt.cz/upload/Fotovoltaika%20v%20budovach_web.pdf>.
- [13] *Vyjimecnedomy.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-03-29]. Životnost fotovoltaického panelu. Dostupné z WWW: <<http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaika-faq>>.
- [14] *Energyexpert.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Nové technologie ve fotovoltaiice. Dostupné z WWW: <<http://www.energyexpert.cz/web/nove-technologie-ve-fotovoltaice.html>>.
- [15] *Solarninovinky.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-03]. Budoucnost solární energie. Dostupné z WWW: <<http://www.solarninovinky.cz/2010/index.php?rs=4&rl=2011013101&rm=15:86>>.

Seznam obrázků:

Obr. 1: Sluneční záření v ČR (dopad na vodorovnou plochu – podle ČHMÚ).....	7
Obr. 2: Podíl difúzního záření na globálním záření	11
Obr. 3: Prognóza vývoje cen solární energie	16
Obr. 4: Možnosti krytí potřeby tepla solárním systémem různé velikosti	18
Obr. 5: Princip slunečního kolektoru	19
Obr. 6: Graf účinnosti kolektorů podle typu konstrukce	21
Obr. 7: Schéma systému vzduchového kolektoru „Solarwall“	24
Obr. 8: Princip vakuového kolektoru	26
Obr. 9: „Mokrě“ napojení	27
Obr. 10: „Suché“ napojení	27
Obr. 11: Roční průběh výnosů tepla pro plochý kolektor	29
Obr. 12: Produkce fotovoltaického panelu v jednotlivých měsících.....	32
Obr. 13: Vývoj účinnosti fotovoltaických panelů	35
Obr. 14: Vývoj celkové výroby elektrické energie	39
Obr. 15: Výroba elektrické energie z OZE pro rok 2009	39

Seznam tabulek:

Tab. 1: Důležité parametry Slunce	8
Tab. 2: Specifické výkony zářivé energie a podíl difúzního záření při různých povětrnostních podmínkách	10
Tab. 3: Denní spotřeba teplé vody a energie pro ohřev teplé vody	12
Tab. 4: Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR	14
Tab. 5: Energetické zisky	20
Tab. 6: Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektrické energie využitím slunečního záření	35
Tab. 7: Výroba elektrické energie brutto v ČR pro rok 2009	39
Tab. 8: Srovnání plochých deskových kolektorů	42
Tab. 9: Srovnání vakuových trubcových kolektorů	44