

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Mobilní solární systémy

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

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

Jméno a příjmení: **Martin JEDLIČKA**
Osobní číslo: **E10B0535P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Mobilní solární systémy**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Vysvětlete základní vlastnosti solárních systémů.
2. Objasněte aspekty použitelnosti solárních systémů v mobilních zařízeních.
3. Popište vývoj, možnosti a použití solárních aplikací v dopravě.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

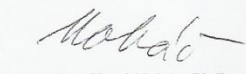
1. přednášky z předmětu KEE/SOES

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 7. června 2013


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na mobilní solární systémy. Text je rozdělen do tří částí. První se zabývá všeobecnými vlastnostmi solárních systémů. Je zde popsána solární energie a její použití a dostupnost, vlastnosti a rozdělení termických a fotovoltaických systémů. V druhé části jsou uvedeny aspekty použitelnosti solárních systémů v mobilních zařízeních, souhrn mobilních solárních zařízení a jsou zde více rozvinuty solární nabíječky, solární mobilní telefony, solární vařiče a fotovoltaické folie. Třetí část se zaměřuje na solární aplikace v dopravě. Je zde popsán vývoj a možnosti použití solárních systémů v určitých odvětvích dopravy.

Klíčová slova

Solární energie, využití solární energie, termický systém, fotovoltaický systém, solární kolektor, mobilní zařízení, použitelnost solárních systémů, solární nabíječka, solární ohřívač, solární mobilní telefon, fotovoltaické folie, vývoj solárních článků, solární články v dopravě.

Abstract

The presented thesis is focused on mobile solar systems. The text is divided into three parts. The first part addresses general characteristics of solar systems. It describes solar energy and its use and availability, characteristics and distribution of thermic and photovoltaic systems. The second part describes aspects of the application of solar systems in mobile devices and an overview of solar mobile devices. Furthermore, it elaborates on solar charger, solar mobile phones, solar heaters and solar foils. The third part is focused on solar applications in transportation. Here, it is described the development and applications of solar systems in certain transport sectors.

Keywords

Solar energy, solar energy utilization, thermic system, photovoltaic systems, solar collector, mobile device, solar systems application, solar charger, solar heater, solar cell phone, photovoltaic foil, solar collector development.

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 4.6.2013

Martin Jedlička

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	11
1.1 SOLÁRNÍ ENERGIE	11
1.1.1 Dostupnost solární energie	11
1.1.2 Využití solární energie	14
1.1.3 Výhody solární energie	15
1.1.4 Nevýhody solární energie	15
1.2 TERMICKÉ SYSTÉMY	16
1.2.1 Rozdělení termických systémů	16
1.2.2 Využití termického systému pro ohřev teplé užitkové vody	18
1.2.3 Využití termického systému pro ohřev bazénové vody	21
1.3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	23
1.3.1 Rozdělení fotovoltaických systémů	23
1.3.2 Ostrovní fotovoltaický systém	25
1.3.3 Síťový fotovoltaický systém	28
2 ASPEKTY POUŽITELNOSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ V MOBILNÍCH ZAŘÍZENÍCH	29
2.1 ASPEKTY POUŽITELNOSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMU V MOBILNÍCH ZAŘÍZENÍCH	29
2.2 POUŽITÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ V MOBILNÍCH ZAŘÍZENÍCH	31
2.3 SOLÁRNÍ NABÍJEČKY	31
2.3.1 Solární nabíječky bez interní baterie	32
2.3.2 Solární nabíječky s interní baterií	33
2.3.3 Možnosti dobíjení solárních nabíječek	34
2.4 FOTOVOLTAICKÉ FÓLIE	35
2.5 SOLÁRNÍ VAŘIČE	36
2.6 SOLÁRNÍ MOBILNÍ TELEFONY	38
2.6.1 Klasické solární mobilní telefony	38
2.6.2 Solární Smartphone	39
3 VÝVOJ, MOŽNOSTI A POUŽITÍ SOLÁRNÍCH APLIKACÍ V DOPRAVĚ	41
3.1 VÝVOJ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ	41
3.2 MOŽNOSTI A POUŽITÍ SOLÁRNÍCH APLIKACÍ V DOPRAVĚ	43
3.2.1 Použití solárních aplikací v automobilové dopravě	43
3.2.2 Speciální solární vozítka	45
3.2.3 Přehled solárních vozítek	48
3.2.4 Použití solárních aplikací v letecké dopravě	49
3.2.5 Použití solárních aplikací v železniční a lodní dopravě	49
ZÁVĚR	51
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1

Seznam symbolů a zkratk

<i>P</i>	Výkon [W]
<i>I</i>	Proud [A]
%	Procento
°	Úhlový stupeň
<i>t</i>	Teplota [°C]
<i>kg</i>	Jednotka hmotnosti
<i>km / h</i>	Jednotka rychlosti
<i>m</i>	Jednotka délky
<i>h</i>	Jednotka času
<i>mAh</i>	Kapacita
<i>l</i>	Jednotka objemu
<i>Wh</i>	Jednotka energie

Úvod

Pojem solární energie se dnes skloňuje ve všech možných pádech. Mluví se o ní především v energetice, ale také v hospodářském, ekologickém a bohužel i politickém sektoru. A to ne jen v České republice, ale i v rámci celé Evropské unie, možno říci i celé planety. Tato energie je nejvíce využita především na ohřev užitkové vody, přitápění a výrobu elektřiny. Existuje ale i mnoho jiných možností využití a právě jedním z nich je využití solární energie v mobilních solárních systémech. Tento druh mobilního zařízení má takové vlastnosti, které umožňují jeho použití v mnoha technických oblastech. Cílem této práce je tedy vysvětlit podstatu mobilních solárních systémů, uvést veškeré vlastnosti a možnosti jejich použití a vytvořit jejich celkový přehled. Dále by měla vyvolat chvilkové zamyšlení o možném širším využívání solární energie, jelikož tento způsob je velice šetrný k životnímu prostředí, na kterém by mělo každému alespoň trochu záležet. Důvodem zajímat se o obnovitelné zdroje energie je i fakt, že na naší planetě dochází fosilní zdroje energie a roste celková celosvětová spotřeba energie. Je tedy nutno hledat technologie, které tyto energetické požadavky dokáží doplnit. Jednou takovou technologií jsou právě solární systémy, které převádějí sluneční záření buď na teplo, nebo jej převedou na elektrickou energii. Přidají-li se k tomuto systému ještě vlastnosti mobilního zařízení, získává tato aplikace všestranné použití. Aby bylo možno věnovat se mobilním solárním systémům, je nutné zmínit technologie, bez kterých by nebyl možný jejich vývoj.

Základní vlastnosti solárních systémů

1.1 Solární energie

I když se v dnešní době díky vysoké výkupní ceně elektřiny ze solárních fotovoltaických panelů a dotacím na pořízení solárních systémů na ohřev vody nebo přitápění setkáváme se solárními systémy stále častěji, pořád nemůžeme říci, že je to běžná technologie a že může na trhu soupeřit s jinými zdroji, které nejsou zvýhodněné dotacemi. Díky stálému zlevňování solárních technologií a souběžnému růstu cen klasických energií můžeme očekávat, že bude rozvoj těchto technologií dále pokračovat a zanedlouho se stanou konkurenceschopnými i bez dotací a jiných zvýhodnění. Většímu využití energie slunce tedy brání spíše problém po ekonomické stránce, než čistě technické.

1.1.1 Dostupnost solární energie

Podmínky pro dostupnost solární energie ve vesmíru a na Zemi jsou zcela jiné. Při využívání solární energie ve vesmíru, třeba při výrobě elektrické energie na družicích, se neseťkáváme s žádnými problémy týkajícími se její spolehlivosti nebo dostupnosti. Při zanedbání pozice družice ve stínu Země dopadá na solární panel velikosti 1m^2 výkon $1,3\text{kW}$, čímž při obvyklé účinnosti solárních panelů 15% nám vzniká čistý elektrický výkon 200W , s dostupností na povrchu Země to ovšem vypadá jinak. Solární energie je na Zemi dostupná všude, jsou ale značné rozdíly v jejím získávání mezi jednotlivými lokalitami, které jsou ovlivněny určitými faktory. Jedním z nich je zeměpisná šířka, jelikož největší množství slunečního záření dopadá na Zemi v oblastech rovníku. Nejméně slunečního záření pak dopadá na Zemi v oblastech pólů. Dalším kritériem pro co největší získání solární energie je roční doba. V zimě je totiž den kratší, slunce je na obloze nízko a to spolu s častějším výskytem oblačnosti hodně omezuje energetický zisk solárních zařízení. Z praxe je známo, že za slunečného počasí dopadnou na 1m^2 plochy orientované na jih 3kWh . Při oblačném počasí dopadnou pak méně než $0,3\text{kWh}$. Ovšem v letním období, kdy je den delší, slunce na obloze setrvá delší dobu a počasí není oblačné, jsou podmínky pro energetický zisk solárních zařízení mnohem lepší. V jasném dni dopadne na 1m^2 plochy orientované na jih 7 až 8kWh . Při oblačném počasí za stejných podmínek dopadnou jen 2kWh . Rozdíl tedy mezi zimním a

letním obdobím je značný. V České republice jsou ale tyto hodnoty ještě menší, což je dáno polohou České republiky dále od rovníku. Přesné hodnoty můžeme vidět na obrázku Obr.1.

Suma záření na vodorovnou plochu [kWh/m ² .den]		
Měsíc	Praha	Sevilla
Leden	0,77	2,47
Únor	1,42	3,1
Březen	2,42	4,61
Duben	3,74	5,29
Květen	4,83	6,78
Červen	4,89	7,3
Červenec	5,06	7,11
Srpen	4,28	6,45
Září	2,86	5,13
Říjen	1,89	3,87
Listopad	0,81	2,51
Prosinec	0,55	2,09
Roční průměr	2,8	4,73

Tab.1.1 Sluneční záření dopadající v Praze a Seville v průběhu roku na vodorovnou plochu [1]

Další hlavní kritérium největšího energetického zisku ze solárních zařízení je místní klima a oblačnost. Když prochází záření zemskou atmosférou, tak je část záření pohlcena a část zpátky odrazena. V tomto případě hrají velkou roli mraky, jelikož za jasné oblohy dopadá na povrch Země přibližně 75% záření, což je asi 1kW/m². Při oblačném počasí je to pod 15% z celkového záření, což je méně než 200W/m². Dále může také ovlivňovat množství energie, které lze ze slunečního záření získat, různé znečištění atmosféry a některé lokální vlivy, jako jsou například přízemní mlhy. Využitelnost solárních systémů může snižovat i oblačnost, která způsobuje rozptýlení dopadajícího záření. Jelikož vliv oblačnosti se nedá předpovědět na delší dobu, používají se v praxi pro výpočty dostupnosti solárního záření průměrné hodnoty z pravidla za 50 let.

Poslední podmínkou je sklon a orientace plochy, na kterou sluneční záření dopadá. Z praxe víme, že z plochy, která je kolmá k dopadajícím paprskům, získáme největší výkon ze slunečního záření. Proto je tedy optimální natáčet zařízení za Sluncem takovým způsobem, aby paprsky dopadaly stále kolmo na plochu. Tento způsob se ale v skutečnosti dělá spíše výjimečně, jelikož je to příliš nákladné a celá konstrukce zabírá zbytečně mnoho prostoru. Řeší se to tedy tím způsobem, že se solární kolektory nebo fotovoltaické články montují tak, aby měly sklon přibližně 45° směrem na jih. To nám zaručí dobrý celoroční zisk. Pokud

chceme tento zisk ještě zvýšit, můžeme v zimním období zvýšit sklon kolektorů na 60°. V létě sklon kolektorů můžeme naopak snížit na 30°. To nám potvrdí i tabulka 2, kde vidíme, kolik dopadá záření na nakloněnou plochu o určitém úhlu v daném měsíci v Praze.

Suma záření na nakloněnou plochu [kWh/m ² /měsíc]							
Úhel sklonu plochy ve stupních od vodorovné roviny							
Měsíc	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Leden	23	27	32	34	35	36	36
Únor	40	47	53,5	58	60	60	57
Březen	82	93	101	104	103	99	90
Duben	110,5	121	127,5	129	120,3	108	91,5
Květen	153	165	172	170	150	124	94
Červen	168	177	181	176,5	158	126	92,5
Červenec	162	174	182	180	158	130	98
Srpen	132	145	153	154	144	127	106
Září	92	106	116	120	118	113	102
Říjen	45,3	57	65	70,5	74	74	70
Listopad	22	26,5	30,5	33	34	35	34,5
Prosinec	15,8	18,9	21	22	23	22,6	22,3

Tab. 1.2 Sluneční záření dopadající v Praze v průběhu roku na nakloněnou plochu [1]

Při pominutí sklonu kolektorů je množství energie získané v zimní polovině roku podstatně menší než v polovině letní. Nemůžeme tak sice zjistit, kolik nám Slunce poskytne energie například 17. září příštího roku, můžeme ale dobře odhadnout, kolik jí bude za celé září. Jelikož spotřeba energie v průměrném rodinném domku je zhruba poloviční oproti tomu, kolik dopadá na dům využitelné energie, je solární energie nejdostupnějším a nejrozšířenějším obnovitelným zdrojem energie. Toto tvrzení můžeme dokázat právě na průměrném rodinném domku stojícím v Praze, který má půdorysnou plochu 8 × 12 m, což je zhruba 100 m² a má sedlovou střechu orientovanou jižně pod úhlem 45°. Na střeše máme k dispozici přibližně 72 m² plochy pro solární kolektory. Za rok nám na tuto plochu dopadne 72 m² × 1250 kWh/m² (roční průměr záření pod úhlem 45°), což je 90 000 kWh solární energie. V tomto průměrném rodinném domku spotřebujeme přibližně 3 až 6 MWh na ohřev teplé vody, stejně tolik ve formě elektřiny na napájení domácích spotřebičů a 15 až 30 MWh spotřebujeme na vytápění. Z toho je vidět, že na chod tohoto rodinného domku využijeme jen polovinu přijaté energie, čímž je potvrzeno tvrzení o pár řádek výše.

1.1.2 Využití solární energie

V praxi nelze využít všechnu solární energii, která se nám nabízí. Existuje totiž mnoho faktorů, které ovlivňují praktickou využitelnost solárních systémů. Nejdůležitější jsou tyto tři faktory:

- Účinnost systémů je vždy menší než 100%. Nedá se proto využít všechna energie, ale pouze jen její část. U fotovoltaických článků je průměrná účinnost 9 - 24% a se stářím článků klesá. V případě ohřevu teplé vody je průměrná účinnost kolektorů 30 – 40 %.
- Nepoměr mezi okamžitou potřebou a momentální nabídkou solární energie, jelikož je potřeba nejvíce energie v zimním období, ale největší nabídka solární energie je v létě. Tento problém se dá částečně vyřešit nějakým druhem akumulace energie.
- Finanční náročnost solárních systémů, protože solární energie má malou plošnou hustotu, a proto zařízení pro její využití musí být dostatečně velké. Limitujícím faktorem je tedy doba návratnosti investice do tohoto zařízení.

Existují ale i další faktory a to spíše netechnického charakteru, jako např. problém s nemožností instalace z architektonických důvodů.

Možnosti využití solární energie se dají rozdělit podle energetické přeměny, ke které při tom dochází:

- Přeměna slunečního záření na teplo (termální systémy). Jedná se o přeměnu slunečního záření na teplo, které zahřeje teplotnosné médium na teplotu do 100 °C. Princip je velmi jednoduchý a vzniklé teplo se pak v praxi nejčastěji používá k těmto účelům:
 - 1) Ohřev bazénové vody
 - 2) Ohřev užitkové vody
 - 3) Ohřev vzduchu a vytápění
 - 4) Destilace vody
 - 5) Vaření a sušení
 - 6) Solární chlazení a klimatizace (absorbční chladničky)
 - 7) Tepelný motor
 - 8) Dezinfekce vody
- Přeměna slunečního záření na teplo, které zahřeje teplotnosné médium na teplotu nad 100 °C :

1) Solární pece (tavení kovů, chemické reaktory apod.)

- Přeměna na elektrickou energii:
 - 1) Fotovoltaické systémy

- Přeměna na mechanickou nebo chemickou energii. V praxi zejména:
 - 1) Štěpení vazby v chemických sloučeninách
 - 2) Fotochemické reakce k odbourání pesticidů v odpadních vodách
 - 3) Výroba vodíku
 - 4) Využití fotochemických účinků slunečního záření

1.1.3 Výhody solární energie

Tato energie se řadí do skupiny obnovitelných zdrojů, takže se dá říci, že jí budeme mít k dispozici pořád. Neprodukuje škodlivé odpady a její využití nemá téměř žádný dopad na životní prostředí a ani nijak neovlivňuje tepelnou rovnováhu Země. Je k dispozici zcela zdarma ze Slunce a má výbornou plošnou dostupnost. Není zde problém s výpadkem dodávky proudu ani se zvyšováním cen. Tyto systémy, nebo jejich většina, jsou technicky jednoduché, vyznačují se minimálními nároky na obsluhu a dlouhou životností. Dají se instalovat i v hustě obydlených částech města či obce, což třeba u vodních nebo větrných elektráren nelze.

1.1.4 Nevýhody solární energie

Největší nevýhoda solární energie je její časová proměnlivost a malá plošná hustota. Kvůli tomu musí být solární systém poměrně velký a vždy musíme mít k dispozici náhradní zdroj, který se dá použít v době, kdy je nedostatek slunečního svitu. Na zajištění 60 až 70% roční potřeby tepla pro ohřev vody pro čtyřčlennou domácnost je potřeba v našich klimatických podmínkách solární systém s přibližně 8 m² kolektorů a 400litrovou nádrží. To se rovná investici v řádu 120 -150 tisíc Kč. Zásobníkový ohřivač, který má objem 60 až 80 litrů, a je nahříván topnou vodou z plynového kotle, pokryje 100% potřeby tepla pro ohřev a investice činí zhruba 10 000 Kč. Ještě větší rozdíl cen nastane, když chceme vyrábět elektrickou energii pomocí fotovoltaických panelů, protože tyto panely mají ještě větší

pořizovací náklady než kolektory pro ohřev vody, ale menší účinnost. Pro čtyřčlennou domácnost při průměrné roční spotřebě 6 MWh elektrické energie by pro zajištění 60% této spotřeby bylo třeba nainstalovat systém o 40 m²fotovoltaických panelů v ceně přes půl milionu korun, což pro řadu lidí je nemalá investice. Tyto nevýhody se dají ale eliminovat výrazným snížením spotřeby energie na vytápění, to znamená snížit tepelné ztráty domu. V praxi se to řeší uděláním nové tepelné izolace (okna, stropy, obvodové stěny), správnou orientací domu, instalací účinného a dobře regulovatelného vytápěcího systému (topení dřevem či tepelné čerpadlo) a jiné. Nevýhodou je též nutnost řešit otázku ekologické likvidace.

1.2 Termické systémy

To jsou takové systémy, které přeměňují energii slunečního záření na energii tepelnou. Toto teplo se pak používá na vytápění domů, vyhřívání bazénů, skleníků aj.

1.2.1 Rozdělení termických systémů

Termické systémy dělíme:

- Podle použití získané energie:
 - 1) Systémy pro ohřev teplé vody
 - 2) Systémy pro ohřev bazénů
 - 3) Systémy pro vytápění
 - 4) Systémy pro chlazení a klimatizace
- Podle způsobu zajištění přenosu tepla:
 - 1) Pasivní systémy – u těchto systémů je teplo přenášeno pasivně. To znamená, že u přenosu není použito jiné technické zařízení a tento systém je bez nároků na jinou elektrickou energii. Jsou konstrukčně velmi jednoduché a spolehlivé. Nevýhodou je, že nejsou tolik flexibilní, jelikož je třeba umístit zásobník nad kolektor. Také mají velké tepelné ztráty a tím klesá jejich účinnost. Uchovají ohřátou vodu jen krátkou

dobu. Komplikace při používání tohoto pasivního systému jsou hlavně v zimě.

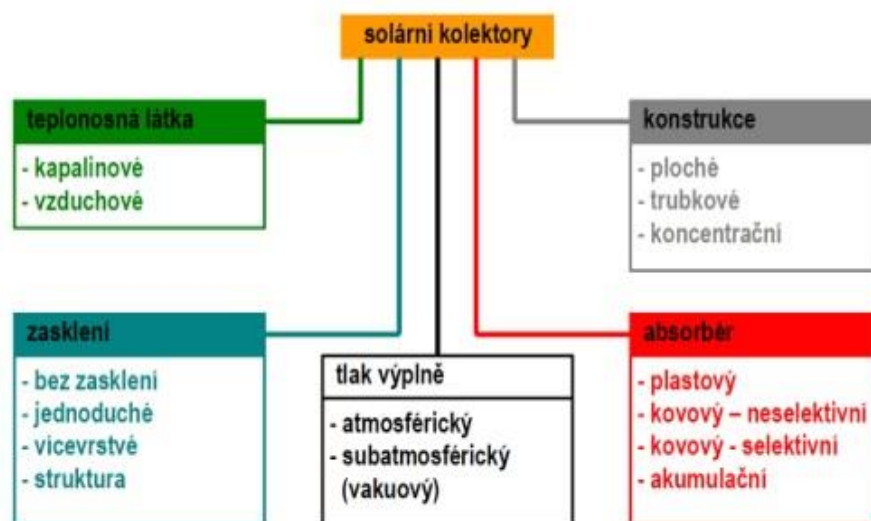
- 2) Aktivní systémy – u těchto systémů je teplo přenášeno pomocí jiného technického zařízení. A to buď čerpadla, nebo ventilátoru ve spojení s vhodným regulačním zařízením.

- Podle přenosového média:

- 1) Systémy, které využívají k přenosu tepla vodu nebo nemrznoucí směs – nemrznoucí směs se u většiny případů skládá z vody a propylenglykolu. U nás jsou tyto systémy nejběžnější, jelikož se dobře integrují do existujících systémů pro vytápění a ohřev vody. Jejich výhodou je, že u nich stačí relativně malé průměry rozvodů (trubek), protože voda má velkou tepelnou kapacitu.
- 2) Systémy, které využívají k přenosu tepla vzduch – u nás mají největší uplatnění v nízkoenergetických a pasivních domech. Mají jednoduchou konstrukci kolektoru, ale musí se použít rozvodné potrubí o velkém průměru, protože vzduch má malou tepelnou kapacitu. Je potřeba i většího objemu zásobníku.

Jiné dělení:

Viz. Obr.1.3



Obr. 1.1 Grafické rozdělení solárních kolektorů [2]

1.2.2 Využití termického systému pro ohřev teplé užitkové vody

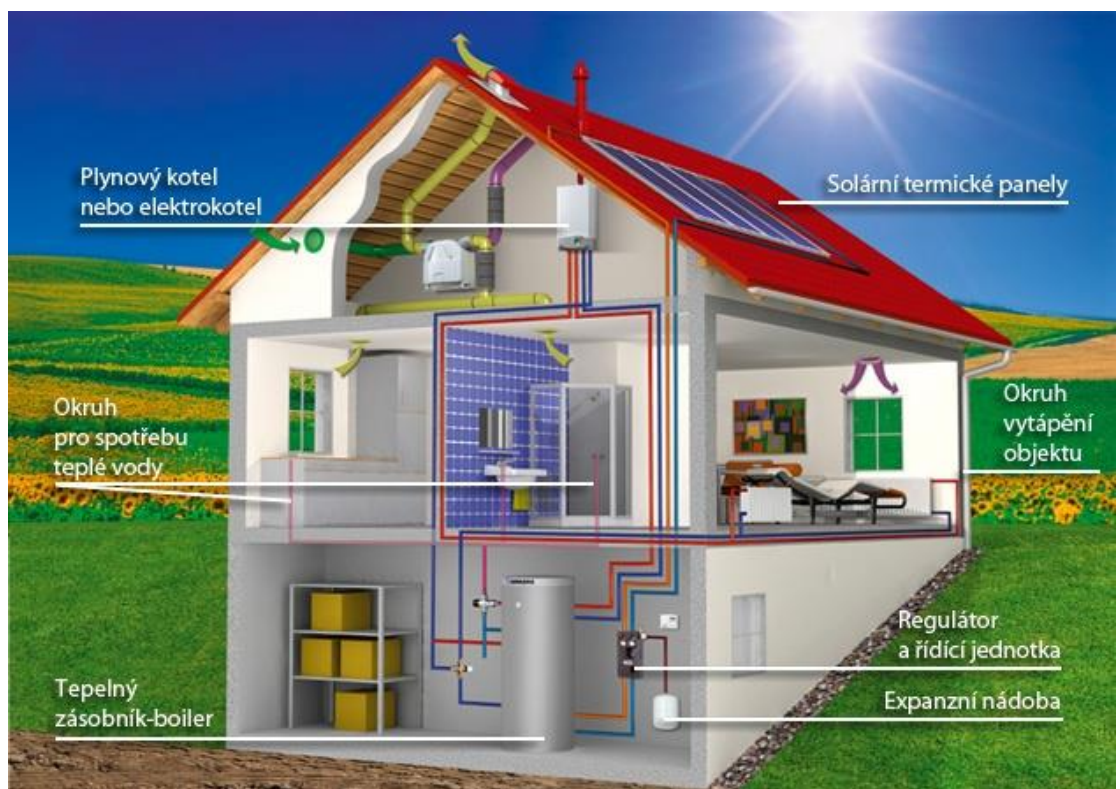
Ohřev vody je nejvýhodnějším a nejběžnějším využitím solární energie v našich podmínkách. Princip spočívá v tom, že solární kolektory, které jsou umístěny na střeše domu na nosné konstrukci, zachycují solární záření. Toto solární záření transformují na teplo, které je v kolektorech odnímáno teplonosnou kapalinou. Teplonosná kapalina je tvořena 50% vody a 50% solární kapaliny, která zde pomáhá proti zamrznutí při nízkých teplotách. Teplonosná kapalina je dále transportována potrubím ze solárních kolektorů do solárního zásobníku. V tomto zásobníku se teplo v dolním tepelném výměníku předá užitkové vodě, přičemž ochlazená teplonosná kapalina se vrací zpět do solárních kolektorů. Tento cyklus se neustále opakuje za pomoci oběhového čerpadla, které zajišťuje potřebnou cirkulaci. Oběhové čerpadlo spouští elektronická regulace, která se stará o automatický a bezobslužný provoz celého okruhu. Pomocí teplotních čidel maximalizuje elektronická regulace výkon systému v závislosti na teplotách, v kolektorech a v zásobníku. Cirkulační okruh se spustí, pokud je teplota v kolektorech vyšší než v zásobníku o nastavený teplotní rozdíl. Když se vyrovnají teploty v zásobníku a kolektorech, regulace čerpadlo vypne, aby se opět mohla ohřát teplonosná kapalina v kolektorech. K zajištění tlaku a vyrovnání tlaku - kvůli změnám teplot - slouží expanzní nádoba. Pokud má systém nedostatečný solární zisk, například při oblačném počasí nebo v zimním období, zajišťuje dodatečný ohřev vody jiný sekundární zdroj. V praxi to může být plynový kotel. Aby byl naplno využit výkon solárního systému a proběhla včasná návratnost investice, musí celý systém splňovat podmínky bezchybného chodu.

Části solárního systému:

- Kolektory – Pohlucují sluneční záření, které přemění na tepelnou energii.
- Zásobník – Akumuluje ohřátou vodu. Při nedostatku sluneční energie může vodu přehřívat energií z ústředního vytápění nebo elektrinou. Kombinované zásobníky umožňují ohřev teplé vody a současně i vytápění. Solárním okruhem ohřívají vodu v topné soustavě a přes ni ohřívají vestavěný průtokový zásobník pro teplou užitkovou vodu.
- Potrubí – V praxi se používá měď. Potrubí by mělo být co nejkratší a být kvalitně tepelně izolováno a navrženo na požadovaný průtok, teplotu a tlak teplonosné kapaliny

v solárním okruhu. K izolaci se používá kaučuk. Tato izolace je odolná vůči UV záření, vlhkosti a vysokým teplotám.

- Čerpadlová jednotka – Zajišťuje cirkulaci teplotné kapaliny v okruhu. Skládá se z dalších hydraulických prvků nutných pro správnou funkci systému, jako je teploměr, teploměry s kulovými kohouty, průtokoměr se škrtícím ventilem pro kontrolu a nastavování optimální rychlosti průtoku teplotné kapaliny, zpětnou klapku pro zabránění zpětné samotížné cirkulace, filtr pro odstraňování mechanických nečistot, pojistné tlakové ventily, plnicí a výpustné ventily, odvzdušňovací ventil a absorpční odplyňovač.
- Elektronická regulace – Řídí chod systému a hlídá teploty v kolektorech a zásobníku pro vypnutí nebo spuštění systému. Elektronická regulace může ovládat i další případné ohřevy, čerpadla a ventily, popřípadě více solárních okruhů nebo zásobovat jeden či více zásobníků.



Obr. 1.2 Části solárního systému [3]

Typy solárních kolektorů:

- Ploché neselektivní kolektory – Absorbér tvoří měděný plech natřený černou nebo jinou tmavou barvou. Absorbční plochu kolektoru zahřívá sluneční záření a vzniklé teplo je předáváno na měděnou trubičku, která je navařená nebo nalisovaná na absorbér. Teplo je odtud odváděno pomocí teplotnosné kapaliny do spojovacích trubic kolektoru a z nich pak do solárního okruhu. Funkční části kolektoru jsou uloženy do ocelové nebo hliníkové vany, která je na vrchu opatřena tvrzeným bezpečnostním sklem a vyplněna tepelnou izolací. Aby byla zajištěna vysoká propustnost slunečního záření, má sklo nízký obsah oxidů železa. Sklo je také opatřeno texturováním pro snížení nežádoucí odrazivosti slunečního záření. Tyto kolektory jsou nejlevnější.
- Ploché selektivní kolektory – Tyto kolektory se oproti neselektivním kolektorům liší tím, že je absorbér opatřen speciální, vysoce selektivní vrstvou. Tato selektivní vrstva snižuje tepelné ztráty sáláním z povrchu absorbéru o 15- 30 %. Jelikož tyto kolektory mají výborné výkonnostní vlastnosti při celoročním provozu, vysokou spolehlivost, dlouhou životnost a vykazují výhodný poměr dosaženého výkonu vůči vynaloženým investičním nákladům, jsou v současnosti nejrozšířenější a pro většinu domácností nejvýhodnější. Jejich technickou výhodou v zimě je možnost automatického zbavení se sněhu z plochy kolektorů. Účinnost je 70 – 80 %.
- Ploché vakuové kolektory – Jsou technicky shodné s plochými selektivními kolektory. Vykazují ale menší tepelné ztráty vyzařováním do okolí díky vakuování prostoru kolektoru. Kvůli svému výkonu se využívají pro průmyslové aplikace a vytápěcí systémy. Jsou dražší než klasické selektivní kolektory, ale spojují v sobě výhody trubicových vakuových kolektorů a plochých selektivních kolektorů.
- Trubicové vakuové kolektory – Tyto kolektory tvoří skleněné trubice s dvojitou stěnou, kde mezi těmito stěnami je vakuum. Ze selektivní vrstvy, která je na vnitřní stěně trubice, je teplo odváděno měděnou trubičkou naplněnou teplotnosnou kapalinou. Trubicové vakuové kolektory jsou během jarních a podzimních měsíců účinnější než ploché kolektory díky lepší tepelné izolaci pomocí vakua. Používají se pro ohřev vody na vysokou teplotu pro průmyslové využití, přitápění a celoroční ohřev bazénu. Jsou drahé a poměr dosaženého výkonu vůči vynaloženým investicím je nepříznivý. Navíc jsou náchylnější na sníh a led v zimním období. Nemají totiž možnost samorozmrazování.

- Teplovzdušné vakuové (Heat Pipe) kolektory – Jsou podobné jako trubicové vakuové kolektory, ale místo sběru tepla měděnou trubicou protékající teplotonosnou kapalinou, je teplo předáváno do tepelné hermeticky uzavřené trubice. V této trubici je obsažena tekavá látka, která se teplem odpařuje a vystoupá vzhůru k výměníku. Tam předává teplo trubicím, ve kterých je teplotonosná kapalina, a po ochlazení opět kondenzuje a stéká dolů do spodní části tepelné trubice, kde znovu absorbuje teplo ze slunečního záření. Používají se na přitápění objektů v přechodném období jara a podzimu. Jejich výhodou je nízké riziko přehřátí systému díky použité technologii předávání tepla ale nevýhodou je vyšší pořizovací cena.
- Koncentrační kolektory s Fresnelovými čočkami – Jejich princip spočívá v kombinaci pasivního a aktivního využití energie Slunce. Využívají ploché sklo, které se nazývá lineární Fresnelova čočka. Tato čočka je zabudována do střešní konstrukce. V ohniskové vzdálenosti 40 cm je pod ní umístěn pohyblivý rám s absorberem. Čočka separuje přímou a difuzní složku dopadajícího záření. Difuzní složka proniká do vnitřních prostor a tím osvětluje prosklený interiér, zatímco koncentrovaná přímá složka je soustředěna na absorber, kde se pomocí teplotonosné kapaliny přeměňuje na teplo a pak se odvádí k dalšímu použití.
- Plastové absorbery – Používají se jako levnější řešení pro ohřev bazénové vody. Absorbér není krytý sklem. Bazénová voda, která proudí absorberem, je ohřívána teplem vzniklém pomocí slunečního záření na hladkém černém povrchu absorberu.
- Vestavěné kolektory – Jsou vsazeny do střešní krytiny, takže tím jsou eliminovány tepelné ztráty na zadní straně kolektoru a pokud nějaké tepelné ztráty vzniknou, dají se využít na vytápění podkrovní. Výhodou je spíše estetická stránka věci a ušetření za část střešní krytiny.

1.2.3 Využití termického systému pro ohřev bazénové vody

V letním období je pro ohřev vody ve venkovních bazénech z technického hlediska ideální aplikace solární energie, protože se voda v bazénu ohřívá jen v měsících, kdy je dostatek slunečního svitu. Jelikož nehrozí žádné zamrznutí, může se voda ohřívát bez použití výměníku tepla. Voda v bazénu je ohřívána jen na teplotu, která je nepatrně větší, než je teplota okolního vzduchu. Protože bazén slouží jako velký zásobník tepla, není nutno již používat jiný . Pro oběh vody skrz kolektory lze použít filtrační zařízení, které nahradí

cirkulační čerpadlo. Jelikož se bazén za chladného počasí a tím i souvisejícím nedostatkem slunečního svitu nevyužívá, není nutno instalovat další náhradní zdroj tepla pro ohřev vody. U venkovních bazénů se zpravidla voda ohřívá jen v období od května do září. V těchto měsících teplota většinou neklesne pod bod mrazu a z toho důvodu není potřeba používat nemrznoucí směs v kolektorech. Kolektor, který je použit na ohřev vody, je výrazně jednodušší, protože je voda ohřívána jen na teplotu o málo vyšší než je teplota okolí. Není tedy potřeba zakrývat absorbér sklem a tímto se i zvýší účinnost ohřevu. Kanálky a trubky absorbéru mohou být vyrobeny z plastu, protože nehrozí jejich zahřátí na vysokou teplotu díky nepřítomnosti zasklení. Není ani potřeba selektivního povrchu na absorbéru. Ve srovnání s obvykle používanou mědí je plast výhodnější, protože je odolný proti chlóru, což nezpůsobí korozi. Z toho plyne, že ceny kolektorů jsou menší než ceny kolektorů na ohřev teplé užitkové vody. Z těchto důvodů je jasně vidět, že ohřev bazénové vody je méně náročnější než ohřev vody pro domácnost.

Způsoby ohřevu bazénové vody:

- Přímý – Jednookruhový systém, který ohřívá vodu pomocí solárních absorbérů. Solární absorbér je složen ze systému kanálků, do kterých je přiváděna voda z bazénu pomocí spodního přívodního potrubí. V ploše absorbéru se voda ohřeje dopadajícím slunečním zářením a je dále odváděna horním sběrným potrubím zpět do bazénu. Pro oběh bazénové vody přes absorbéry se většinou používá čerpadlo, které je součástí bazénové filtrace. Teplotní čidlo, které je součástí solární regulace, měří teplotu absorbční plochy a spíná čerpadlo pro cirkulaci vody. Absorbéry se umísťují buď na střechy domů, nebo na nosnou konstrukci volně do prostoru se sklonem 15-30° směrem na jih pro největší solární zisky.
- Nepřímý – Dvouokruhový systém, který ohřívá vodu pomocí solárních kolektorů. Primární okruh tvoří solární kolektory a sekundární okruh tvoří samotný bazén. Primární systém se skládá z vysoce selektivních solárních kolektorů, hnací jednotky s oběhovým čerpadlem, spojovacího měděného potrubí, tepelného výměníku a elektronické regulace. Oběhové čerpadlo zajišťuje oběh teplotnosné kapaliny v primárním okruhu a spíná se v okamžiku, kdy teplota v kolektorech dosáhne žádané hodnoty, většinou 32 °C. Ve stejnou chvíli sepne bazénové čerpadlo sekundárního okruhu, které žene studenou vodu z bazénu do tepelného výměníku, kde se tato studená voda ohřeje přes teplotnosnou kapalinu. Ohřátá voda pak putuje do bazénu a teplotnosná kapalina zpátky do kolektorů, aby mohl celý cyklus dále pokračovat. Tento

system je finančně náročnější než systém přímý a dá se kombinovat i se systémem pro ohřev teplé užitkové vody.

1.3 Fotovoltaické systémy

To jsou takové systémy, které přeměňují energii slunečního záření na energii elektrickou pomocí tzv. Fotovoltaického jevu. Fotovoltaický jev je fyzikální jev, díky kterému fotovoltaické zařízení přeměňuje sluneční záření na elektřinu. Sluneční záření se skládá z fotonů, které jsou nosiči sluneční energie. Fotony jsou částice záření a jejich energie závisí na vlnové délce. Při dopadu fotonů na fotovoltaický článek mohou být tyto fotony odraženy, absorbovány a nebo mohou projít skrz fotovoltaický článek. Energie fotonu je pak převedena do elektronu atomu polovodičových součástek a takto excitovaný elektron je schopný opustit valenční orbital atomu a vytvořit proud, ovšem za podmínky, že foton bude mít dostatečnou energii. Tato energie musí být alespoň 1,12eV. Získaná energie z těchto systémů je ve formě stejnosměrného proudu, která se buď spotřebovává ihned, nebo se mění na střídavou energii a poté se dodává do distribuční sítě. S uchováním této energie se v praxi moc často neseťkáváme. Základní prvek panelu je fotovoltaický článek. To je plochá polovodičová součástka, na které při dopadu slunečního záření dojde k uvolnění elektronů. V tomto polovodiči vzniknou volné elektrické náboje. Díky tomu vznikne elektrická energie, která je pak odváděna ze solárního článku přes regulátor ke spotřebiči nebo do rozvodné sítě. Dnes jsou nejvíce rozšířené fotovoltaické články na bázi křemíku.

1.3.1 Rozdělení fotovoltaických systémů

Fotovoltaické systémy dělíme:

- Podle typu využití:
 - 1) Ostrovní fotovoltaický systém
 - 2) Síťový fotovoltaický systém

- Podle typu použitých solárních článků:
 - 1) Monokrystalické články – Tyto články mají účinnost přeměny světla na elektrickou energii kolem 16% a mají nejlepší výsledky tehdy, kdy sluneční záření dopadá kolmo na jejich plochu. Naopak při dopadu slunečního záření pod jiným úhlem nebo při rozptýleném světle podávají horší výsledky. Proto se převážně používají v polohovacích systémech, které se automaticky natáčí tak, aby na ně záření vždy dopadalo kolmo. Články se vyrábí rozřezáním rostlého krystalu křemíku na tenké plátky.
 - 2) Polykrystalické články – Účinnost těchto článků se pohybuje na hranici 14%. Jejich základem je podobně jako u monokrystalických článků křemíková podložka. Články jsou složeny z většího počtu menších polykrystalů a jejich výroba je levnější a rychlejší než u monokrystalických článků. Jejich menší účinnost se částečně vyváží větším pracovním úhlem dopadajících paprsků.

- Podle způsobu montáže:
 - 1) Statické systémy – Panely jsou uchycené na pevném montážním systému, takže během dne nemění svoji polohu. Nejsou tedy ráno a večer v optimální poloze vůči slunci. Kvůli tomu není naplno využito jejich vlastností a dochází k určitým ztrátám v celkové výrobě energie. Jejich montážní systém je velmi lehký, a tak nezatěžuje příliš základnu, navíc jsou levné, a proto se u nás využívají nejvíce při instalaci na střechy budov.
 - 2) Polohovací systémy – Panely jsou namontovány na pohyblivou konstrukci, která umožňuje automatické nastavení optimální polohy panelů vůči slunci. Tyto konstrukce jsou ale velmi robustní, a tak se využívají spíše při větších pozemních montážích.

1.3.2 Ostrovní fotovoltaický systém

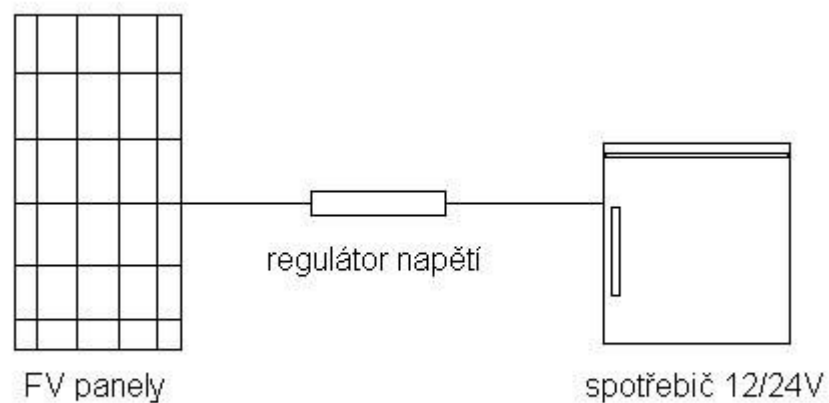
Ostrovní fotovoltaický solární systém – (anglicky off-grid). Jsou to autonomní systémy, to znamená, že nejsou propojeny do elektrorozvodné sítě. Používají se tam, kde není elektrická síť. Buď by bylo připojení k síti finančně velmi náročné, nebo připojení není vůbec možné. Nejčastěji je tedy jejich použití na chatách, jachtách či obytných karavanech. Jejich použití se hodí i při případném „blackout“, to je totální výpadek sítě. Tyto systémy musí být vybaveny navíc zařízením, které dokáže uchovat elektrickou energii, což se v praxi řeší akumulátory spojenými s regulátorem napětí, aby byla zaručená dodávka elektrické energie i v době, kdy je sluneční svit malý nebo vůbec žádný. Tato nutnost ostrovní fotovoltaické solární systémy finančně prodražuje. U nás se tyto systémy moc nevyužívají, jelikož máme dobré elektrorozvodné pokrytí. Výhody těchto systémů jsou, že solární články mají životnost 20 – 30 let, závisí na výrobcích. Systém je po nainstalování velice spolehlivý a potřebuje minimální údržbu. Výroba energie je naprosto ekologická, neprodukuje žádné škodliviny ani hluk a po uplynutí životnosti solárních panelů je stačí jen odevzdat do sběrného dvora, kde budou ekologicky zlikvidovány. Tyto systémy je důležité správně nadimenzovat na potřebný výkon, tedy přesně spočítat, kolik fotovoltaický systém musí mít výkon a jak velká musí být akumulace v bateriích. Je proto potřeba vědět pro jaké účely bude systém používán, bude-li mít systém sezonní nebo celoroční provoz a jak často se bude používat. Druh a počet spotřebičů, které se budou napájet ze systému a příkon současných a dále budoucích spotřebičů. Pro ostrovní solární systém se používají speciální akumulátorové baterie, které musí mít dlouhou dobu nabíjení i vybíjení, musí mít zvýšenou odolnost proti hlubokému vybití, musí mít nízký minimální nabíjecí proud a nízké samovybíjení. Musí dobře odolávat nestálosti nabíjecích podmínek a musí mít minimální nároky na údržbu a vysoký počet pracovních cyklů. Životnost těchto akumulátorů je 10-12 let. S akumulátory je ještě spolu s panely sériově zapojen regulátor dobíjení, který měří stupeň nabití akumulátorů a zajišťuje jejich přebíjení nebo hluboké vybití. Při optimálním dobití akumulátorů tento regulátor akumulátory odpojí od panelů nebo je propojí nakrátko. Měnič napětí se používá jiný než pro systémy připojené na síť, protože střídavý proud vyrábí z relativně stálého napětí. Tyto měniče musí mít vysokou účinnost při nízké zátěži a nízkou vlastní spotřebu elektrické energie.

Hlavní komponenty:

- Fotovoltaické panely
- Solární stejnosměrná kabeláž
- Přepět'ové / bleskové ochrany
- Regulátor nabíjení akumulátorů
- Akumulátor
- Střídač

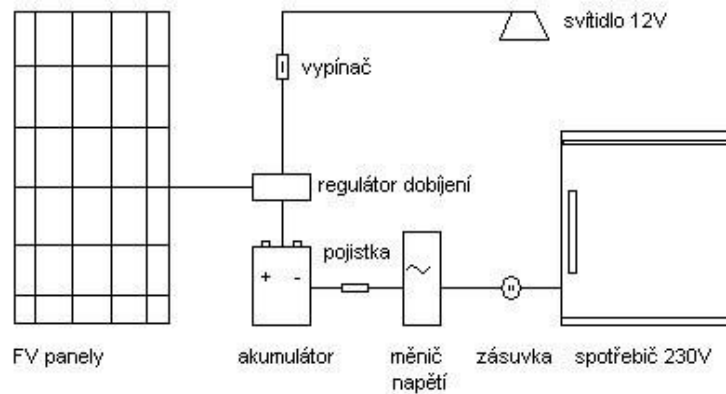
Typy provedení ostrovních systémů:

- Systémy s přímým napájením – Systém spočívá v propojení spotřebiče a fotovoltaických panelů přes regulátor napětí. Připojený spotřebič je pak funkční pouze při dostatečné intenzitě slunečního záření, takže systém musí vyrobit dostatek energie pro jeho chod. Tento systém je využit v nabíječkách mobilů a notebooků nebo napájení oběhových čerpadel solárních systémů pro ohřev teplé užitkové vody.



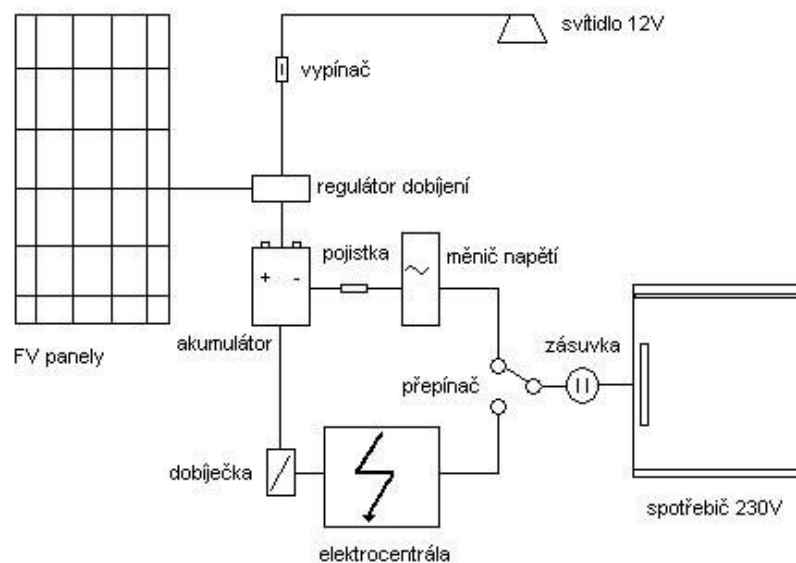
Obr. 1.3 Systém s přímým napájením [4]

- Systémy s akumulací elektrické energie – Systém je vybaven speciálními akumulátorovými bateriemi, jejichž vlastnosti jsou popsány výše. Díky nim je systému dovoleno získávat elektrickou energii i v době bez slunečního svitu.



Obr. 1.4 Systém s akumulací elektrické energie [5]

- Hybridní systémy – Hybridní systém je kromě akumulátorových baterií ještě navíc vybaven o doplňkový zdroj elektřiny, což je v praxi elektrocentrála nebo kogenerační jednotka. Doplňkový zdroj elektřiny pak pokryje spotřebu elektrické energie při nedostatku solárního zisku nebo při provozu zařízení s vysokým příkonem, například automatická pračka nebo cirkulárka. Navíc je u těchto systémů možnost napojit se na síť a přebytek elektrické energie do ní odprodat.



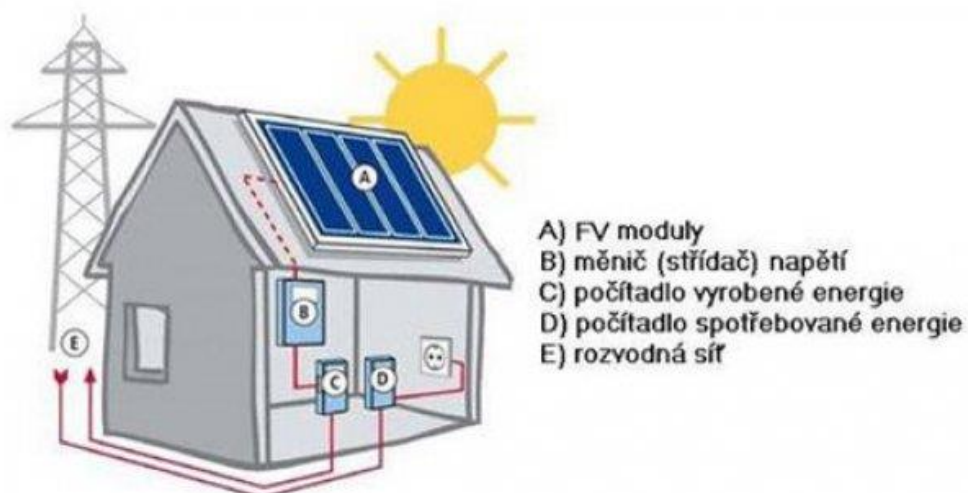
Obr. 1.5 Hybridní systém [6]

1.3.3 Síťový fotovoltaický systém

Síťový fotovoltaický systém – (anglicky on-grid). Tyto systémy jsou připojené do rozvodné sítě. Jejich provoz běží v kombinovaném režimu. To znamená, že při dostatečném slunečním svitu je využívána elektrická energie ze solárních panelů a pokud jejich výkon poklesne, začne být nedostatek slunečního svitu, začnou spotřebiče využívat elektrickou energii z elektrorozvodné sítě. Je zde možnost i kombinovaného provozu, při kterém je část spotřebovávané energie vyráběna solárními panely a část energie je odebírána ze sítě, přičemž celý provoz probíhá automaticky díky mikroprocesorem řízenému střídači. Tyto systémy mohou vyrobenou elektrickou energii dodávat do rozvodné sítě a majitel si za vyrobenou energii bude účtovat od distributora podle platných tarifů za státem dotované a garantované výkupní ceny.

Hlavní komponenty:

- Fotovoltaické panely
- Solární stejnosměrná kabeláž
- Přepěťové / bleskové ochrany
- Střídač schválený pro příslušnou rozvodnou síť
- Střídavá kabeláž
- Elektroměr ověřený pro fakturační měření



Obr. 1.6 Síťový fotovoltaický systém [7]

2 Aspekty použitelnosti solárních systémů v mobilních zařízeních.

2.1 Aspekty použitelnosti solárních systému v mobilních zařízeních

Mobilní zařízení musí splňovat podmínku, aby toto zařízení bylo přenosné a mělo by být nezávislé na jiném než vlastním zdroji energie. Tuto podmínku mohou vyřešit solární panely, které dodají zařízení potřebnou energii. Dále by mělo být lehké a ne příliš rozměrné. Jsou zde ale některé limitující faktory, které mohou dost ovlivnit použití solárních panelů v těchto zařízeních, jelikož účinnost solárních panelů není 100% a jejich vyrobený výkon je závislý na velikosti jejich vlastní plochy a optimálnímu slunečnímu zisku. Největší omezující faktory pro použití solárního systému v mobilním zařízení jsou tedy samotné rozměry a plocha solárních panelů. Jelikož je zde kladen důraz na velikost zařízení a tím spojenou přenositelnost zařízení, nemůže být toto zařízení příliš velké a objemné. To zahrnuje i problém po designové stránce, protože žádný spotřebitel by nestál o to, aby jeho zařízení bylo obklopené velkými solárními panely. Tento problém je vyřešen tím, že solární panely nepřesahují celkovou velikost zařízení a většinou jsou součástí zařízení, například v podobě krytu, s čímž se můžeme setkat třeba u mobilních telefonů. Na velikosti solárních panelů je závislá i jejich vyrobená energie, jejíž množství se zmenšováním plochy solárních panelů klesá. S tímto limitujícím faktorem se můžeme setkat třeba u solárních nabíječek mobilních telefonů nebo notebooků, u kterých je také kladen důraz na velikost, aby byly lehce přenositelné a při cestování nezabíraly mnoho místa. Ačkoliv jsou tedy malé a dokáží poskytnout výkon potřebný pro nabití mobilního telefonu či notebooku, nabíjení trvá příliš dlouho. Tyto nabíječky mají funkci spíše udržení mobilního zařízení v pohotovostním režimu než 100% nabití za krátký čas, jako jsme zvyklí u klasických síťových nabíječek, které jsou součástí každého mobilního zařízení. Tento problém se ale týká spíše levných modelů slabých výkonů. Dražší modely jsou schopny už pak plně fungovat a plnit svou činnost. Solární nabíječky ale nemusí být jen malé a lehce skladovatelné. Na trhu se dá sehnat mnoho solárních nabíječek, které mají větší rozměry a tím i lepší funkční vlastnosti. Jejich velikost jde ale na úkor komfortu při jejich přenosu. V praxi by se tedy měl spotřebitel daného výrobku rozmyslet, na co toto zařízení bude potřebovat a na co ho bude využívat. Například u

solární nabíječky, kterou bude spotřebitel používat jen doma, na chatě či v zaměstnání, nemusí být kladen důraz na velikost, jelikož toto zařízení bude minimálně přenášeno a může být zvolena větší velikost tohoto zařízení. Naopak pokud bude spotřebitel používat solární nabíječku na služebních cestách, při cestování nebo expedičních túrách, bude volit co nejmenší velikost a váhu tohoto zařízení, aby co nejvíce snížil váhu svého zavazadla. Solární panel zabudovaný přímo v zadním krytu mobilního telefonu má funkci také spíše jen udržení telefonu v pohotovostním režimu, než jeho klasický chod. Volání, posílání sms nebo poslech hudby u dnešních „smartphone“ telefonů totiž vybíjí baterii více, než je schopná se přes solární panel dobít. Existují ale už na trhu i mobilní telefony, které jsou určeny jen na volání a posílání sms a těm energie ze solárního panelu umístěného v zadním krytu na klasický chod telefonu bohatě vystačí.

Podmínkou pro funkci solárního systému je dostatek slunečního záření. Jelikož toto sluneční záření není dostupné nepřetržitě na jednom stejném místě, je použití mobilního solárního zařízení omezeno dobou slunečního svitu. Stručně řečeno, nedá se používat celých 24 hodin denně. Tomuto faktoru musí spotřebitel přizpůsobit své úmysly na použití zařízení. Například u solární nabíječky mobilního telefonu si musí naplánovat, kdy mobilní telefon dobít, jelikož v noci to je nemožné. Navíc účinnost slunečního záření není vždy 100% a ne vždy jsou pro jeho dobrý zisk vhodné podmínky. Účinnost slunečního záření pro výrobu elektrické energie ovlivňuje jak počasí, pokud je oblačno, není dostatek slunečního záření, tak dopadový úhel slunečního záření, který se ale mění v závislosti polohy slunce a tím spojeným ročním obdobím. Mobilní zařízení musí být tedy navrženo tak, aby spolehlivě fungovalo i v neideálních podmínkách. Kdyby mělo mobilní zařízení fungovat jen v ideálních podmínkách, bylo by jeho využití ještě více omezené a dá se říci, že pro praktický život a použitelnost mobilních zařízení skoro nepoužitelné.

Solární panel vyrábí energii po celou dobu svitu slunečního záření. Pokud ale zařízení v danou chvíli nechce přijímat vyrobenou energii ze solárních panelů, je tato energie nevyužita a víceméně vyrobena zbytečně. Aby tato energie nebyla vyrobena zbytečně, používají se akumulátory, které vyrobenou energii uchovávají a ze kterých pak zařízení může energii čerpat, když zrovna není k dispozici sluneční záření. Jindy zařízení čerpá energii z akumulátoru neustále a akumulátor je sám dobíjen solárními panely, kdykoliv to je jen možné. Při použití jakéhokoliv akumulátoru v dopravním solárním automobilu nebo solárním vozítku je ale třeba počítat s váhou akumulátoru, což může ubrat na celkovém výkonu vozidla, a velikosti akumulátoru, což může zmenšit prostor pro plochu solárním panelům a tím i možnosti většího výkonu. Výhodou těchto mobilních solárních systémů je, že zařízení

dodají energii skoro pokaždé bez závislosti jiného energetického zdroje. Získaná energie je zadarmo, spotřebitel zaplatí pouze za pořízení tohoto zařízení. Jsou přenositelné, takže se dají použít s ohledem na své rozměry všude, kde je to potřeba.

2.2 Použití solárních systémů v mobilních zařízeních

Na trhu se v dnešní době pohybuje mnoho mobilních zařízení, které jsou vybaveny solárními panely. Největšími zástupci těchto zařízení jsou solární nabíječky, které mohou dobít prakticky veškeré elektronické zařízení s akumulátorem. Nejvíce se na trhu pohybují solární nabíječky mobilních telefonů, notebooků, tabletů a také silnější solární nabíječky automobilových baterií. Nově se teď začaly na trhu s elektronikou vyskytovat i mobilní telefony, které jsou poháněny solárním panelem, který je umístěn v zadním krytu zařízení. Dále jsou k dispozici různé brašny, batohy nebo pouzdra, které jsou osázené solárními panely a mají v sobě dostatečně silný akumulátor, který je schopný nabít nebo udržet mobilní telefon, notebook nebo tablet v pohotovostním režimu. Většina kalkulaček je také osázena solárním panýlkem, který se buď stará o jejich chod, nebo dobíjí jejich akumulátor. Dále existuje mnoho dětských hraček různých druhů a tvarů, které jsou osazeny solárním panelem, jenž většinou slouží k pohonu motůrku uvnitř hračky a jejímu rozpohybování. V dnešní době existují už i solární fólie, které plní stejný účel jako fotovoltaické panely. Solární panely se montují i do zahradních lampiček, které se přes den nabíjejí a v noci osvěcují daný prostor. Také se můžeme na trhu s elektronikou setkat s různými solárními svítilnami, solárními klávesnicemi a nebo nouzovým startovacím zdrojem pro automobil. Do mobilních solárních zařízení se může řadit i solární sprcha. Tato sprcha se skládá z černého vaku na vodu o určitém objemu, krátké hadice a koncové sprchové trysky. Vak s vodou se vystaví slunečnímu záření a díky černému povrchu se v něm ohřeje voda. Pak už se jen zavěsí do libovolné výšky a použije se jako sprcha. Výhodou je, že je velice skladný a levný. Použití ale omezuje počasí, tedy sluneční svit.

2.3 Solární nabíječky

Solární nabíječka je mobilní zařízení, které pomocí solárních panelů může poskytnout dostatečnou energii pro nabití různých elektronických zařízení. V současné době se solární nabíječky využívají v první řadě nejvíce na dobíjení mobilních telefonů, dále pak notebooků,

tabletů a i jiných elektronických zařízení. Solární nabíječky existují ve dvou základních provedeních a to solární nabíječky bez interní baterie a solární nabíječky s interní baterií. Základem solárních nabíječek je solární panel, jehož velikost a typ určuje pak výsledný výkon. Pro solární nabíječky se vyrábí dva typy solárních panelů. První typ je solární panel z monokrystalického křemíku, jehož efektivita přeměny sluneční energie je okolo 20%. Druhý typ je solární panel z polykrystalického křemíku, který má efektivitu přeměny sluneční energie 16%. Jeho účinnost je menší než u monokrystalického křemíku, ale na druhou stranu polykrystalický křemík udrží svoji efektivitu přeměny sluneční energie, i když sluneční svit dopadá pod menším úhlem, tedy má lepší účinnost v horších podmínkách.

2.3.1 Solární nabíječky bez interní baterie.

Toto provedení je klasická solární nabíječka, kterou je potřeba ve chvíli použití připojit rovnou k dobíjenému zařízení a nabíječka musí mít pro její funkci alespoň minimum slunečního záření. Nevýhodou těchto modelů je tedy omezené použití, jelikož ve chvíli nabíjení mobilního telefonu či jiného zařízení je třeba, aby zařízení bylo připojeno k nabíječce, což může být v mnoha případech nepraktické. Jejich výhodou jsou malé rozměry vhodné pro cestování a možnost dodání potřebné energie pro elektronické zařízení v podstatě kdekoliv. Z ekonomického hlediska jsou navíc levnější než solární nabíječky s interní baterií. Další výhodou nabíječek bez interní baterie je kromě většího výkonu také v tom, že energie jde přímo ze solárního panelu do nabíjeného zařízení a tím tak nedochází k úbytkům energie. Například skládací solární nabíječka s výkonem alespoň 5W může dobít mobilní telefon v dobrých podmínkách za 1 – 2 hodiny. Její výhodou je v tom, že má velký výkon a ve složeném stavu malé rozměry.



Obr. 2.1 Skládací „outdoor“ solární nabíječka [8]

2.3.2 Solární nabíječky s interní baterií.

Tento typ solárních nabíječek je navíc vybaven interní baterií, která se nabíjí přes solární panely, kdykoliv je vystavena slunečnímu záření a může pak být použita jako zdroj nabíjení kdykoliv bez závislosti slunečního svitu. V praxi může být tato solární nabíječka připnutá při cestování na zavazadlo a tak dobíjet interní baterii, a energie z baterie může být pak využita později. Navíc má tento druh nabíječek možnost i nabíjení baterie přes elektrickou síť. Je tedy možno nabít interní baterii ze sítě a pak jen v možných chvílích dobíjet interní baterii přes solární panely. Kapacita těchto solárních nabíječek může být až 10 000mAh, což prakticky může plně až 10x nabít mobilní telefon. Kvalitní solární nabíječky mají míru efektivity zpracování sluneční energie 15 – 20%, takže menší kapesní solární nabíječky pro mobilní telefony s kapacitou 1100mAh plně nabíjí mobilní telefon za 18 - 22 hodin. Kapacita 1100mAh postačí na plné dobití klasického mobilního telefonu, který vydrží nabitý až tři dny. Z toho vyplývá, že než se mobilní telefon úplně vybije, solární nabíječka by už byla dobitá 3x. Tyto nabíječky mají menší výkon než solární nabíječky bez interní baterie. Pro dobíjení notebooků či tabletů je pak třeba silnější solární nabíječka s větší plochou solárních panelů, jelikož platí úměra, čím větší plocha solárních panelů, tím větší výkon.



Obr. 2.2 Solární nabíječka s interní baterií [9]

2.3.3 Možnosti dobíjení solárních nabíječek

V první tabulce jsou orientačně rozděleny solární nabíječky podle jejich výkonu a k nim jsou přiřazena elektronická zařízení, která lze jimi dobíjet.

Solární nabíječky	
Výkon [W]	Zařízení
0,1 - 2	→ Využití jen ve spojení s interní baterií
2,1 - 4	→ Drobné mp3 přehrávače
4,1 - 10	→ Mp3 přehrávače, mobilní telefony, GPS navigace
10,1 - 20	→ Předchozí zařízení + tablety, malé notebooky
20,1 - 35	→ Předchozí zařízení + úspornější notebooky
35,1 a výše	→ Předchozí zařízení + veškeré notebooky

Tab. 2.1 Možnosti nabíjení solárních nabíječek [10]

Ve druhé tabulce jsou orientačně rozděleny interní baterie solárních nabíječek podle určité kapacity a k nim přiřazené elektronické zařízení, které lze z těchto interních baterií dobíjet.

Interní baterie solárních nabíječek	
Kapacita [mAh]	Zařízení
0,1 - 999	→ 1x dobití mp3 přehrávače, GPS navigace, klasický mobilní telefon
1000 - 2499	→ 1 - 2x dobití smartphone
2500 - 4999	→ 2 - 3x dobití smartphone
5000 - 9999	→ 1 - 2x dobití tabletu, 4 - 6 dobití smartphone
10 000 a výše	→ 1x dobití notebooku

Tab. 2.2 Možnosti nabíjení solárních nabíječek [10]

2.4 Fotovoltaické fólie

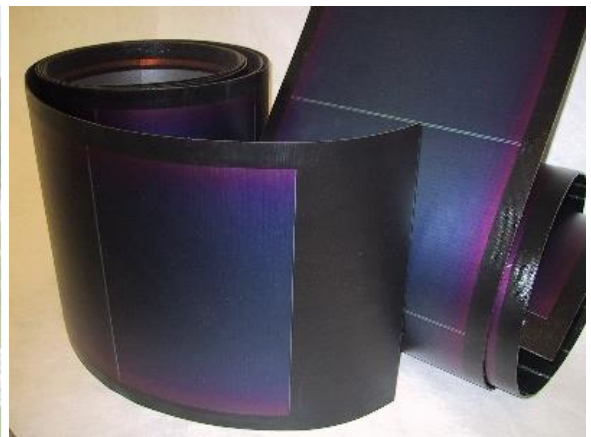
Tyto fotovoltaické fólie mají vyšší účinnost při nepřímém slunečním záření. Nejčastěji jsou osazované na střechy ploché nebo s malým sklonem spolu s hydroizolací a tak tvoří ochranu objektu proti vlhkosti a povětrnostním vlivům a zároveň vyrábí elektrickou energii absorbováním slunečního záření. Fotovoltaické fólie jsou nejčastěji vyráběny na bázi krystalů křemíku. Krystaly křemíku mají oproti monokrystalům nebo polykrystalům přibližně poloviční účinnost přeměny solární energie, ale to vůbec v dnešní době nebrání jejich rozšiřování na trhu s produkty pro výrobu solární energie. Aplikace solárních fólií je vhodná pro sklony střech od 3 do 20%. Pokud jsou instalovány na větší sklony střech, je nutnost solární fólie opatřit mechanickým kotvením pro pevnější úchyt. Pro sklony menší jak 3% je pak nutná dodatečná údržba z důvodu neschopnosti vody dobře odplavovat prachové znečištění, které pak snižuje účinnost systému. Bilance emisí oxidu uhličitého je ve srovnání s fotovoltaickým panelem velice rozdílná, jelikož při výrobě fotovoltaického panelu je vyprodukováno takové množství CO₂, že pak tento fotovoltaický panel musí vyrábět energii přibližně 7 let, aby se stal skutečným ekologickým přínosem. Naopak bilance pro tuto technologii výroby fotovoltaických fólií je příznivá už po přibližně jednom roce, jelikož proces výroby není tolik náročný a je šetrnější k životnímu prostředí. V následujících letech fotovoltaické fólie uspoří 1,17 tuny produkce CO₂ na 1MWh. Nainstalovaná fotovoltaická elektrárna o výkonu 1kW, která potřebuje pro osazení plochu 20m² pro tento výkon, vyprodukuje za rok průměrně přibližně 800kWh. Při dnešních výkupních cenách energie je návratnost investice kolem deseti let. Nevýhodou těchto fotovoltaických fólií je horší odvětrávání, jelikož jsou položeny přímo na střeše a vítr je nemůže podfukovat. Výhodou je jejich váha. Jejich hmotnost se pohybuje 2,5 – 5 kg / m², což umožňuje aplikaci především na ploché střechy, kde je nemožné výrazné přetížení. Při jejich instalaci dojde k výraznému zredukování ovládací elektroniky jako jsou střídače, měniče, inventory, slučovače a podobně a navíc je jejich instalace jednodušší a technicky méně náročnější, jelikož zde není potřeba nosné konstrukce pro jejich uchycení. Dobře odolávají povětrnostním vlivům a mají minimální ztrátu výkonu při vysokých teplotách. Dodavatel fotovoltaických fólií garantuje 25 let záruku na nejméně 80% účinnost výstupního výkonu po celou dobu záruky.

Fotovoltaické folie jsou vyrobeny pomocí tenkovrstvé technologie. Tato technologie se zcela liší od klasické technologie výroby fotovoltaických článků a to vlastní geometrií

fotovoltaického článku, způsobem výroby, použitými výrobními materiály a spotřebou výrobních materiálů. Tato technologie vzniká ukládáním jednotlivých vrstev polovodičů na podkladový materiál takovým způsobem, že vznikne fotovoltaický článek o tloušťce 2 – 5 μm . Pro nosný materiál se používá buď kov, sklo a nebo v tomto případě folie. Úspora ve spotřebě vstupních materiálů je mnohokrát větší, než u technologie c – Si. Technologie c – Si spočívá v rozřezání monokrystalického nebo multikrystalického ingonitu na plátky o tloušťce 0,25 – 0,3 mm. Tenkovrstvá technologie se dělí do několika skupin podle použitých materiálů a jejich možnosti využití slunečního spektra. Jsou to technologie a-Si:H na bázi amorfního křemíku, která má účinnost 4,5 – 9,5 %. Technologie CIGS – měď – indium – gallium – diselenid, která má účinnost 8,5 – 12,5 %. Technologie CdTE s účinností 6 – 11 %. Dále pak polymerní (organické) fotovoltaické články, DYE sensitive a fotovoltaické nanostruktury. Tenkovrstvá technologie dále obsahuje třípásmovou technologii, která umožňuje lepší absorpci modré, zelené a červené složky spektra slunečního záření. Díky této vlastnosti dokáží články transformovat širší spektrum slunečního záření na elektrickou energii.



Obr. 2.1 Fotovoltaické folie na vojenské celtě [11]



Obr. 2.2 Fotovoltaické folie ve složeném tvaru [12]

2.5 Solární vaříče

Tyto vaříče představují nejjednodušší způsob ohřevu bez použití jakéhokoliv zdroje energie nebo paliva. Solární vaříč přeměňuje sluneční záření na teplo. Pomocí odrazu v zrcadlech nasměruje všechny paprsky do jednoho určitého bodu a tím dokáže zahřát určitou věc na vysokou teplotu. V tomto případě se využívá k ohřevu vody i k vaření jídla. Existuje několik typů těchto solárních vaříčů. První z nich je krabicový vaříč, který funguje na podobném principu jako trouba. Nádoba s jídlem nebo vodou se vloží dovnitř a ohřívá se

pomocí zrcadel, které nasměrují sluneční záření přímo na nádobu. Tyto vařiče musí být dobře izolované, aby se získané teplo neztrácelo do okolí, ale akumulovalo se uvnitř vařiče. Další typ solárních vařičů je panelový vařič. Tento typ je konstrukčně nejjednodušší a finančně nejlevnější. Ohříváný předmět je pouze obklopen několika zrcadly. Je dobře přenositelný a skladný. Nejvíce se používá v rámci humanitní pomoci v uprchlických táborech, ale jeho konstrukci vadí vítr a v našich podmínkách nedosahuje velkého výkonu. Poslední typ solárního vařiče je parabolický vařič. Parabola soustředí všechny dopadající sluneční paprsky do jednoho bodu zvaného ohnisko. V tomto ohnisku je stojánek, na který se umístí ohřívána nádoba. V ohnisku se může vytvořit teplota až 200 °C, proto tyto vařiče jsou nejúčinnější a dosahují největších výkonů. Tyto vařiče nepotřebují připojení na energetickou síť a neprodukují skleníkové plyny a jedovaté látky. Šetří biomasu a jejich provoz je beznákladový, nebere-li se v potaz počáteční investice do zařízení. Jejich nevýhodou je, že se musí často otáčet ke slunci, aby bylo naplno využito sluneční záření a tím si udržely stálý výkon. Mohou se použít jen za slunného počasí. Při zatažené obloze či dešti jsou nepoužitelné. Tím je i spojený fakt, že se dají použít jen v otevřeném prostoru a ne v místnosti. Navíc jsou těžké a velké, takže je jejich použitelnost omezena. Při neopatrném zacházení může dojít ke stejným zraněním jako například u plynových vařičů.



Obr. 2.3 Parabolický solární vařič [13]

2.6 Solární mobilní telefony

Vývoj těchto solárních mobilních telefonů odstartoval díky mobilním operátorům, kteří chtěli zaujmout místo na trhu i v rozvojových zemích. Dobrým příkladem je subsaharská Afrika, kde výroba energie probíhá především ve vodních elektrárnách, proto v období sucha na tomto místě solární panely představují nejideálnější způsob získávání energie. První cílovou skupinou těchto nových solárních mobilních telefonů se měli stát především chudí obyvatelé Afriky, proto je jejich cena na trhu tak nízká. Později se tyto výrobky rozšířily na trh po celém světě. Dalším důvodem pro začátek výroby těchto telefonů je ekologická šetrnost, tedy co největší úspora energie a samotný pohled na ekologii jako takovou. Novější přístroje jsou totiž vyrobené z recyklovatelných plastů a to převážně ze zpracovaných recyklovatelných PET lahví. Toto řešení umožnilo snížit spotřebu emisí uhlíku a pohonných hmot. Jak mobilní telefon, tak ani nabíječka, neobsahují žádné jedovaté látky jako jsou například ftaláty, bromované zpomalovače hoření a berylium. Navíc celé balení, ve kterém se mobilní solární telefon zakoupí, je vyroben z recyklovatelného papíru a je potištěn inkoustem ze sóji. Solární mobilní telefon je napájen z fotovoltaického panelu, který je součástí zadního krytu. Většinou zabírá co největší část zadního krytu, aby dosáhl co největšího výkonu. Všechny mobilní telefony jsou ale vybaveny i vlastní sítovou nabíječkou, jelikož princip funkčnosti nespočívá jen na odběru energie z fotovoltaického panelu. Prozatím tyto solární panely na mobilním telefonu mají funkci spíše udržet telefon v pohotovostním režimu. Proto se mobilní telefon nejdříve plně nabije ze sítě pomocí sítové nabíječky a pak už se sám nabíjí pomocí solární energie přes solární panely. Nevýhoda těchto mobilních telefonů po ekologické stránce je, že obsahují těžké kovy v akumulátorech a tekuté krystaly použité na výrobu displayů, které je třeba ekologicky zlikvidovat. Také nerovnoměrným dobíjením se značně krátí životnost baterie.

2.6.1 Klasické solární mobilní telefony

Klasickým mobilním telefonem se myslí zařízení, u kterého nemá uživatel velké nároky na jeho vlastnosti. Jsou to tedy mobilní telefony, ze kterých uživateli postačí volat, psát textové zprávy, používat budík nebo i zachytit snímek vestavěným, ale jen hodně obyčejným fotoaparát. Tyto mobilní telefony jsou energeticky velmi málo náročné. Nejčastěji se dnes

vyrábí ve formě velmi odolných zařízení určených pro velkou odolnost proti přírodním vlivům. Jsou tedy vodotěsné, prachu vzdorné, a i velmi odolné proti větším nárazům. Navíc mají velkou kapacitu baterie, až 3600mAh, a díky své nenáročnosti vydrží nabitě dlouhou dobu už jen samy o sobě. V kombinaci s fotovoltaickým článkem, který je příležitostně dobíjí, se skoro stávají zařízeními bez závislosti na jiném energetickém zdroji. Jejich využití tedy spočívá při různých outdoorových výpravách, extrémních sportech anebo i v náročném zaměstnání v těžkých podmínkách.



Obr. 2.4 Solární mobilní telefon Swissvoice Sv29[14]

2.6.2 Solární Smartphone

Smartphone je druh mobilního telefonu na vyšší úrovni, má velký dotykový barevný display, přístup na mobilní datovou síť, kvalitní vestavěný fotoaparát, umožňuje připojení na Wi-fi síť a dá se vybavit mnoha různými aplikacemi. Z toho vyplývá, že je energeticky více náročný než klasický mobilní telefon. Navíc jsou kvůli designu, a tím spojenými celkovými rozměry zařízení, vybaveny menšími akumulátory. Tyto akumulátory mají díky své velikosti i menší kapacitu, takže je potřeba mobilní telefon častěji dobíjet. Navíc jsou akumulátory u Smartphone více zatěžované samotným během telefonu než u klasických mobilních telefonů. Barevný dotykový display spotřebuje 20mA, stejně tolik spotřebuje i hovor, ovšem se zhasnutým displayem na místě, kde je dobrý signál. Pokud by byl horší signál, spotřeba

hovoru vzroste až na pětinasobek. Zvonění spotřebuje 20 – 30mA v závislosti na výrobci mobilního telefonu. Vibrace při zvonění spotřebují 8mA. Při přehrávání hudby do sluchátek je telefonem spotřebováno při zhasnutém display 10 – 15mA. Fotoaparát si jen při zapnutí vezme 40 – 60mA a při použití přisvicovací diody se tento odběr zvýší dvakrát. Přehrávání videa a hraní her spotřebují minimálně 50mA. Pokud chceme dobít mobilní telefon přes jeho solární panel pod lampičkou o výkonu 60W, solární panel dodá ve vzdálenosti 0,5m 0,4mA. Při maximálním přiblížení mobilního telefonu k lampičce pak dodá 25mA. Při použití zářivky o výkonu 11W jsou získané hodnoty ještě menší. Ve vzdálenosti mobilního telefonu od zářivky nedodá panel nic a při maximálním přiblížení dodá pouhé 4mA. Při použití kancelářského osvětlení tvořeného 4 trubicovými zářivky k nabití telefonu dodá solární panel ve vzdálenosti 30cm od zářivky 0,1mA. Ve vzdálenosti 20cm pak 0,9mA a ve vzdálenosti 10cm dodá 0,6mA. Z těchto hodnot a hodnot odběru určitých funkcí mobilního telefonu je zřejmé, že nabíjení pomocí umělého zdroje světla je dosti neúčinné, až skoro nepoužitelné. Při použití přírodního zdroje světla, tedy slunečního záření, k nabíjení telefonu jsou dodávané hodnoty solárního panelu přijatelnější. Při zatažené obloze dodá panel na telefonu nastavený přímo vzhůru 4,5mA a při přímém namíření směrem ke slunci dodá 5mA. Pokud je jasná obloha a dostatečný sluneční svit, dodá panel nastavený přímo směrem ke slunci 30 – 40mA. Jedna hodina dobíjení na přímém slunci by tedy měla stačit na přibližně hodinový hovor při dobrém signálu nebo udržet Smartphone v pohotovostním režimu o pár hodin déle.



Obr. 2.5 Solární Smartphone Samsung Blue Earth [15]

3 Vývoj, možnosti a použití solárních aplikací v dopravě

V dnešní době doprava tvoří jednu třetinu celkových emisí skleníkových plynů a je zodpovědná za více než 20% celkové spotřeby primární energie v Evropě. V dopravě stále více roste využívání nových materiálů a jsou větší nároky na spotřebu energie pro používání dopravních prostředků. Mezi lety 1990 a 2003 vzrostla energetická spotřeba o 26,3% a pořád dál roste. Strategický plán Evropské unie plánuje zvýšit podíl biopaliv do roku 2020 na 10%, i přesto se musí dopravní průmysl spolehnout na fosilní paliva z více jak 98%. Z důvodů souvisejících s dopravou jako je hluk, dopravní zácpy, znečišťování ovzduší, je snaha rozšířit používání také jiných zdrojů energie pro dopravu. Jiné zdroje pro dopravu jsou například zkapalněný zemní plyn, bionafta, použití vodíku a v neposlední řadě také fotovoltaika.

3.1 Vývoj solárních článků

V roce 1839 objevil Alexander Edmond fotovoltaický jev, který v roce 1904 fyzikálně popsal Albert Einstein, za což mu byla udělena Nobelova cena. Na konci 19. století začaly první pokusy s fotovoltaickými články, kdy byly poprvé zjištěny změny vodivosti selenu při jeho osvětlení. Někdy kolem roku 1883 byl pak sestaven první selenový fotovoltaický článek s tenkou vrstvou zlata, který měl účinnost méně než 1%. První fotovoltaický článek, který měl účinnost 6%, byl vyroben v roce 1954 z krystalického křemíku v Bellových laboratořích. S nástupem kosmického výzkumu v šedesátých letech minulého století nastal velký rozvoj fotovoltaických panelů, kdy solární články sloužily jako zdroj energie pro družice. Úplně první družicí, která využívala energii ze slunce pomocí fotovoltaických panelů byl americký Vanguard 1 vyslán do vesmíru 17.3.1958. Další velký podíl v rozvoji fotovoltaických panelů měla celosvětová ropná krize v sedmdesátých letech, která odstartovala zájem o alternativní zdroje energie. Právě tento důvod měl za následek rozvoj výzkumu a hlavně vývoje fotovoltaických panelů pro pozemní použití. Tento vývoj solárních článků dospěl k řadě technologií, které se dělí do tří základních generací. První z nich je založena na zpracování krystalického křemíku. Druhá je založená na depozici velmi tenkých mikrometrických vrstev na nosnou podložku a třetí generace solárních článků vychází z té druhé a je založena na přípravě nových materiálů, například nanomateriály, fotocitlivá barviva, polymerní vrstvy a

vícevrstvé struktury. Výrobní proces fotovoltaického systému je založen na několika základních krocích. Po chemickém opracování (leptání, texturace, čištění) se jednostranně vytvoří přechod PN difúzí fosforu (n-dopand) nebo bóru (p-dopand) pro vytvoření p-n přechodu dle původní vodivosti křemíkového substrátu. Po odstranění fosforsilikátového skla vzniklého při difúzi je povrch depozicí pokryt antireflexní vrstvou (SiNx nebo TiO₂). Kontakty sběrnice jsou obvykle realizované pomocí vodivých past nanesených na povrch článků sítotiskovou metodou. Po depozici antireflexní vrstvy je na straně s přechodem PN (na vrstvu n+) sítotiskem nanasena sběrnice (Ag pasta) a na zadní stranu je sítotiskem nanasena kontakt (Al-Ag pasta). Po vysušení pasty následuje vypálení, při kterém dojde k rozrušení antireflexní nitridové vrstvy a vytvoření ohmických kontaktů. Díky této technice došlo výrazně k zjednodušení a zlevnění technologie kontaktování článků. U současných hromadně vyráběných křemíkových solárních článků je energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii 13 – 21%. V laboratorních podmínkách dosahují účinnosti až 25%. Tyto články jsou charakteristické svojí dlouhou životností, minimálně 30 let, a vysokou stabilitou výkonu. Dosud nejúčinnější komerčně dostupné modely solárních článků jsou realizovány nestandardní strukturou článku a to tak, že jsou přeneseny všechny kontakty na zadní stranu článku. Jsou vyrobené z monokrystalického křemíku a jejich účinnost je až 20%, přičemž účinnost jednotlivých monokrystalických křemíkových článků je na tomto panelu až 22%. S ohledem na vysokou spolehlivost, životnost modulů, snižování energetické náročnosti, snižování cen vstupního materiálu současný vývoj technologie naznačuje, že krystalický křemík zůstane nejdůležitějším materiálem pro výrobu fotovoltaických článků minimálně ještě pět let. Vývoj tenkovrstvých solárních panelů začal v roce 1976. V té době vědci Carlson a Wronski vyrobili první fotovoltaický článek z amorfního křemíku o tloušce 0,5mm. V roce 1982 bylo u těchto článků velkých 1 cm² dosaženo 10% účinnosti v laboratorních podmínkách a byly uvedeny do hromadné výroby. Výroba tenkovrstvých křemíkových článků spočívá ve třech způsobech. První způsob je výroba s absorbovavou vrstvou z amorfního křemíku. Druhý způsob je výroba z mikrokrystalického křemíku a třetí způsob je výroba z rekrystalizovaného křemíku. Ani jeden z těchto způsobů neumožňuje dosáhnout vyšší účinnosti než 10%. Proto se začaly vyvíjet multi-vrstvové tenkovrstvé články, které mají vyšší účinnost. Příchodem tandemových tenkovrstvých článků amorfni křemík / mikrokrystalický křemík, které se řadí do 3. generace článků, se zvýšila účinnost v průmyslové výrobě na 10%. Tyto jednotlivé články se skládají na sebe, a proto každý článek využívá pouze část slunečního spektra. Zástupci tenkovrstvé technologie jsou kadmium tellurid (CdTe) a měď indium selen (Cu(In,ga)Se₂). Teoretická účinnost

dvouvrstevných článků může dosahovat až 42%. U třívrstevných článků je teoretická účinnost 49% a šesti- a sedmi- vrstevné články mají teoretickou účinnost kolem 65%. V současné době epitaxní multispektrální sluneční články na bázi polovodičů typu A3B5 dosahují v laboratorních podmínkách účinnosti ke 40%. Do třetí generace solárních článků se také řadí koncentrované články, které jsou založeny na principu koncentrace světelného záření pomocí zrcadla nebo Fresnelovy čočky. Při vyšší intenzitě slunečního záření mohou dosáhnout jednovrstvé koncentrované články účinnosti až 41%, dvouvrstvé 63% a třívrstvé články 63%. V praxi tyto články dosáhly největší účinnosti 40%. V dnešní době je ve formě výzkumu celá řada konceptů slibujících hlavně do budoucna velké zvýšení účinnosti. U některých byly už provedeny první experimenty, jako například: Speciální nanostruktury, tzv. supermřížky, umožňující řídit šířku zakázaného pásu (quantumdot, quantumwell), cílem výzkumu je vytvořit takové struktury z levných a dostupných materiálů, například křemíku. Luminofory, které konvertují široké sluneční spektrum do užší oblasti, která lépe odpovídá šířce zakázaného pásu použitého fotovoltaického článku (up/downconverters). Termo-fotovoltaické články, selektivní absorber ohříváný slunečním zářením vyzařuje dlouhovlnné záření v úzkém pásmu, které odpovídá šířce zakázaného pásu použitého fotovoltaického článku.

3.2 Možnosti a použití solárních aplikací v dopravě

Použití fotovoltaických panelů z krystalického křemíku v dopravě je omezeno jejich velkou plochou a váhou. Proto se v dopravním průmyslu využívají převážně tenkovrstvé fotovoltaické panely, které ale nedosahují tak velkého výkonu vztažené na jednotku plochy solárního panelu.

3.2.1 Použití solárních aplikací v automobilové dopravě

Jedna z možností využití solárních panelů v automobilové dopravě je u hybridních osobních elektromobilů. Asynchronní trakční motory, které tento automobil pohánějí, čerpají elektrickou energii z akumulátorů. Tento akumulátor může být pak napájen nejen energií z fotovoltaických panelů, ale i z veřejné energetické sítě nebo dieselového agregátu. V tom případě je nutnost automobil nepoužívat a nechat připojený ke zdroji. S použitím fotovoltaických článků tento problém odpadá, jelikož se sekundární článek může nabíjet kdykoliv během provozu při dostatečném slunečním zisku. Jako zdroj energie se používají

olověné elektrické trakční baterie, které se dokáží nabít z 30% na 100% své kapacity za 4 – 12 hodin. Ovšem fotovoltaické panely dokáží tuto dobu snížit, jelikož mohou nabíjet trakční baterii za provozu a představují tak trvalý přísun elektrické energie za podmínky dostatečného slunečního svitu. Délky cesty osobním automobilem do zaměstnání ve městě nebo na okraji města nepřesáhne v průměru 80km denně. Pokud se vezme v potaz denní provoz, průměrná rychlost ve městě, stání na semaforech a následné parkování, maximální doba cesty do zaměstnání bude trvat 1,5h. Připočte-li se doba parkování po dobu délky zaměstnání 8,5h, elektrické trakční baterie se budou nabíjet celých 10h. Tato získaná energie z fotovoltaických panelů akumulovaná v elektrických trakčních bateriích pak může podpořit trakční požadavky hybridního elektromobilu. Pokud se využije způsob přímého odběru vyrobené energie z fotovoltaických článků pro chod elektromotoru, tento způsob se využívá především u solárních vozítek pro speciální závody, vznikne tak automobil, který disponuje nulovými emisemi. Příkladem použití fotovoltaických článků na automobilu je model Prius od značky Toyota. Tento automobil má ve střešní části zabudovaný fotovoltaický panel složený z 36 krystalických křemíkových článků s účinností 16,5% a maximálním výkonem 50W. Tento panel měl nabíjet baterii, ale tato aplikace byla zavrhnuta, jelikož opakované nabíjení a vybíjení by příliš škodilo baterii. Aplikace se tedy využila na produkci energie pro ventilační systém. Další aplikací solárních systémů v dopravě je použití fotovoltaických panelů pro výrobu energie dobíjecím stanicím, ze kterých se dobíjejí elektromobily. Vyrobená energie pomocí fotovoltaických panelů je akumulovaná ve velkých bateriích, ze kterých se pak kdykoliv může dobít elektromobil. Taková solární dobíjecí stanice je například ve městě Frankfurt nad Mohanem, která bezplatně poskytuje dobíjení baterií pro elektrická vozidla typu Velotaxi, Seagways a elektrické skútry. Pokud se v budoucnu rozšíří provoz elektromobilů, bude potřeba postavit i mnohem více dobíjecích stanic. V tomto případě by se mohla využít právě aplikace fotovoltaických panelů, jelikož každá čerpací stanice má k dispozici velkou plochu střechy. Pokud by se tak velká plocha střechy osadila fotovoltaickými panely, mohla by se z čerpací stanice stát rovnou i dobíjecí stanice pro elektromobily. Tato možnost by ušetřila jak prostor pro novou stavbu, což by ve městské části mohl být problém, tak i investici na samotnou stavbu. Další aplikací solárních systémů v dopravě je použití fotovoltaických panelů v Austrálii. U jedné dálnice, která vede obytnou čtvrtí, byla vytvořena 500m dlouhá zvuková bariéra ze solárních panelů, která svou vyrobenou energií zásobuje právě celou obytnou čtvrtí. Fotovoltaické panely lze aplikovat i na dopravní značení, kde fotovoltaické články nabíjejí přiložené akumulátory, ze kterých pak dopravní značení čerpá energii a je tak nezávislé na energii z rozvodné sítě. Toto se může dobře využít v místech, kde by mohl být

s připojením na energetickou síť problém.



Obr. 3.1 Dobíjecí stanice [16]



Obr. 3.2 Dopravní značení [17]

3.2.2 Speciální solární vozítka

Automobily čistě na solární pohon se zatím konstruují jen jako prototypy na speciální závody. Tyto speciální závody mají každý rok pevně stanovená pravidla, která určují například váhu používaných baterií nebo velikost plochy solárních článků. Prvním závodem byl Tour de Sol v roce 1985. Nejznámější závod je pak World Solar Challenge, který se jede v poušti a měří 3000 km. U použité technologie na vyrobených prototypech se inspirují i velké automobilky. Jedno ze zúčastněných solárních vozítek nese název Bethany a bylo sestaveno týmem CUER (Cambridge University EcoRacing) z univerzity v Cambridge. Toto

voztítko dokáže vyvinout rychlost až 100 km/h a váží jen 160 kg. Na jeho karoserii zabírají fotovoltaické články 6 m². Bethany využívá 50x méně energie než klasické benzínové auto. Celá karoserie je vyrobena z uhlíkových vláken kvůli co nejnižší váze vozítka. Vozítko je navíc vybaveno řadou pokročilé technologie, například na snížení tření a zvýšení účinnosti.



Obr. 3.3 Solární vozítko Bethany [18]

Další solární vozítko, které je schopno se zúčastnit závodu World Solar Challenge, se jmenuje Xenith. Vyrobil je tým studentů ze Standfordské univerzity. Vozítko váží 170kg díky jeho tenké karoserii, která je silná jen 10 cm a je vyrobena z mixu uhlíkových vláken, titanu a hliníku. Tento model dokáže udržet konstantní rychlost 88 km/h a je vybaven speciálně navrženým elektromotorem o účinnosti 98%. Solární články jsou od společnosti SunPower a jsou pokryty prototypem ohebného skla.



Obr. 3.4 Solární vozítko Xenith [19]

Nuna 6 je solární vozítko holandského týmu Nuon Solar. Je to v pořadí šestý prototyp solárního vozítka. Má speciální typ karoserie, který snížil odpor vzduchu o 10 % oproti předchozím modelům. Karoserie je pokryta 1690 články z monokrystalického křemíku o celkové ploše 6 m². Jeho pneumatiky speciálně navrhla společnost Michelin tak, aby měly co nejmenší valivý odpor. Hmotnost toho vozítka je 145 kg bez řidiče.



Obr. 3.5 Solární vozítko Nuna 6 [20]

Solární vozítko Sunswift Ivy překonalo rychlostní rekord z roku 1988 o 10 km/h. Dosáhlo průměrné rychlosti 88 km/h. Toto vozítko bylo zkonstruováno týmem studentů z Fakulty strojírenství na univerzitě v Sydney. Je vybaveno 400 křemíkovými solárními články, které dokáží poskytnout 1500 W. Jeho karoserie je vyrobená z uhlíkových vláken. V závodech Global Green Challenge toto vozítko dosáhlo maximální rychlosti 115 km/h.



Obr. 3.6 Solární vozítko Sunswift [21]

3.2.3 Přehled solárních vozítek

Rok	Umístění	Team	Vozítko	Země	Maximální rychlost [km/h]
2011	1. místo	Tokai University	TokaiChallenger	JAP	91,54
	2. místo	Nuon	Nuna 6	NL	88,6
	3. místo	University of Michigan	Qantum	USA	84,33
2009	1. místo	Tokai University	TokaiChallenger	JAP	100,54
	2. místo	Nuon	Nuna 5	NL	91,88
	3. místo	University of Michigan	Infinium	USA	90,49
2007	1. místo	Nuon	Nuna 4	NL	90,87
	2. místo	Umicore	Umicar	B	88,05
	3. místo	Aurora	Aurora 101	AUS	85
2005	1. místo	Nuon	Nuna 3	NL	102,75
	2. místo	Aurora	Aurora 101	USA	92,03
	3. místo	University of Michigan	Momentum	USA	90,03
2003	1. místo	Nuon	Nuon 2	NL	97,02
	2. místo	Aurora	Aurora 101	USA	91,9
	3. místo	MPO	Tesseract	USA	90,2
2001	1. místo	Nuna	Alpha Centauri	NL	91,81
	2. místo	Aurora	Aurora 101	USA	90,26
	3. místo	University of Michigan	M-Pulse	USA	87,37
1999	1. místo	Aurora	Aurora 101	USA	72,96
	2. místo	Queens University	Radiance	CAN	72,17
	3. místo	University of Queensland	Sunshark	USA	71,68
1996	1. místo	Honda	Dream II	JAP	89,76
	2. místo	BielCollegeofEngineering	-	CH	86
	3. místo	AisinSeiki	Aisol III		80,7
1993	1. místo	Honda	Dream	JAP	84,96
	2. místo	BielCollegeofEngineering	-	CH	78,27
	3. místo	Kyocera	Sun of Sun	JAP	70,76
1990	1. místo	BielCollegeofEngineering	-	CH	65,18
	2. místo	Honda	Dream	JAP	54,67
	3. místo	University of Michigan	-	USA	52,53
1987	1. místo	General Motors	Sunraycer	USA	66,9
	2. místo	Ford Australia	Sunchaser	USA	44,48
	3. místo	BielCollegeofEngineering	-	USA	42,98

Tab. 3.1 Přehled solárních vozítek [34]

3.2.4 Použití solárních aplikací v letecké dopravě

Za počátek létání s pohonem na solární energii se považuje projekt Solar Challenger, který měl osazené solární články v plášti křídla a 7. července 1981 přeletěl kanál z Francie do Anglie za 5 hodin a 23 minut. Další projekty se pak zaměřovaly spíše na bezpilotní letadla, která měla být použita pro lety ve velkých výškách, tj. nad 18 300m a plnit úkoly jako sledování bouří, monitoring pro zemědělství, měření a analýza signálů pro telekomunikaci. Byly to projekty se jmény Pathfinder, Hélios, Centurion, Zephyr®. Rozpětí křídel měly 18 – 61m, váha 30 – 862kg a létaly rychlostí 27 – 54 km/h. Další projekt nese jméno Vulture a jeho cílem je vyvinout bezpilotní letadlo pro lety ve vysoké výšce. Letoun má vydržet po dobu pěti let ve vzduchu bez přistání a má pseudo – satelitní schopnosti jako například sledování globálních změn klimatu, sledování počasí a telekomunikací v regionálním měřítku. V rámci tohoto projektu je i snaha o vyvinutí takového integrovaného systému, který bude moci použít funkci solárních článků ve dne i v noci. Tyto a další projekty jsou zatím spíše jen výzkumem, nejedná se tedy přímo o aplikaci solárních panelů na velká dopravní letadla cestovních společností.



Obr. 3.7 Solární letadlo Hélios [22]



Obr. 3.8 Solární letadlo Zephyr® [23]

3.2.5 Použití solárních aplikací v železniční a lodní dopravě

Italská železniční společnost nainstalovala do střechy vagonu svých pěti osobních vozů a dvou lokomotiv solární panely z amorfního křemíku ve formě dlaždic. Tyto panely slouží k dobíjení akumulátorů pro osvětlení a klimatizaci. V lodní dopravě se solární články používají především jako doplňkový zdroj energie pro hybridní pohony, různé pomocné systémy nebo navigační systémy. Výjimkou je projekt katamarán PlanetSolar, který je

poháněn čistě solární energií. Tato energie je dodávána fotovoltaickými panely, které zabírají 536m² povrchu lodě a jejich výkon je 93,5kW. Účinnost solárních panelů z krystalického křemíku je 18,8% a průměrná rychlost lodi je 14km/h. Může dosáhnout až maximální rychlosti 25km/h.



Obr. 3.9 Katamarán Planet Solar [24]

Závěr

V této bakalářské práci jsou zahrnuty základní vlastnosti a možnosti využití solární energie a popsané technologie a typy solárních systémů. Přestože se může zdát, že technologie na využití solární energie jsou dnes na vyspělé úrovni a jsou všeobecně dostatečně řešeny, hlavní „dny slávy“ mají ještě určitě před sebou. Důležitým úkolem v budoucnosti bude na prvním místě zvýšení účinnosti solární článků. To je základní podmínkou pro zvýšení zájmu uživatelů o tyto technologie. Dnes jsou solární systémy v oblibě z důvodů poměrně dostupného využití obnovitelných zdrojů energie, když pomineme vstupní náklady. Zvýšení účinnosti by urychlilo celkovou návratnost počáteční investice a pomohlo učinit rozhodnutí uživatele podílet se na ochraně životního prostředí. V civilizovaných oblastech jsou solární systémy již považovány za běžnou součást prostředí. A to přesto, že z hlediska přírodních podmínek nejsou pro obnovitelné zdroje ideální. Na Zemi jsou oblasti předurčené k lepšímu využití těchto aplikací, například pouště z hlediska slunečního zisku, které jsou bohužel pro člověka těžko přístupné nebo neobyvatelné. Nemá tedy smysl tyto oblasti využívat k výrobě energií z důvodu její těžké uchovatelnosti nebo vzdálené dopravy ke spotřebiteli. To je jedno z hledisek, proč vývoj mobilních solárních systémů postoupil v dnešní době tolik kupředu. Mobilní solární systémy mohou být využity právě v těchto lokalitách, například při krizových situacích, humanitárních akcích, k záchraně lidských životů jako součást výbavy záchranných složek. Bonusem je možnost použití těchto zařízení v každodenním životě, ale také při různých vědeckých expedicích nebo outdoorových výpravách. Oproti tomu využití v dopravě zatím nemá takový rozsah, jelikož jsou solární systémy používány jen na doplňkové funkce a ne na samotný pohon. V dopravě se nabízejí jako velmi nadějná pro budoucnost solární vozítka, která jsou dnes zatím v experimentálních stádiích, ale zdají se být velkým slibem pro budoucnost.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] MURTINGER KAREL, TRUXA JAN., *SOLÁRNÍ ENERGIE PRO VÁŠ DŮM*. 1. vyd. Praha: ComputerPress, 2010.
- [2] <http://oze.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000154o1.gif>
- [3] http://www.ceska-solarni.cz/powertank/images/pics/schema_TUV_5.jpg
- [4] <http://www.enerfinplus.cz/files/fotovoltaika/ostrovni-systemy-prime-napajeni.jpg>
- [5] <http://www.enerfinplus.cz/files/fotovoltaika/ostrovni-systemy-akumulace.jpg>
- [6] <http://www.enerfinplus.cz/files/fotovoltaika/ostrovni-systemy-hybridni.jpg>
- [7] http://www.brana-bydleni.cz/sitewizard/km_uploads/mediumsize/solar2-7b47b.jpg
- [8] <http://www.maximin.cz/356-thickbox/72w-outdoorova-skladaci-solarni-nabijecka.jpg>
- [9] <http://www.maximin.cz/209-thickbox/solarni-nabijecka-pro-mobilni-telefony-1100mah.jpg>
- [10] <http://www.maximin.cz/content/13-jak-vybrat-spravnou-solarni-nabijecku>
- [11] http://www.stavebnictvi3000.cz/obr/xlarge/2010/9_fatra1_1.jpg
- [12] <http://www.stavarina.cz/images/doporucujeme/UniSolar.jpg>
- [13] <http://www.designboard.cz/obrazky/solaribex02.jpg>
- [14] <http://i1.alz.cz/ImgW.ashx?fd=FotoAdd&cd=UM905a-06&i=1.jpg>
- [15] <http://www.mobilegazette.com/handsets/samsung/samsung-s7550/samsung-s7550.jpg>
- [16] <http://projekt150.ha-vel.cz/sites/default/files/CN5%203.13.png>
- [17] http://projekt150.ha-vel.cz/sites/default/files/CN5%203.17._0.png
- [18] <http://www.hybrid.cz/obrazky/solarni-energie/cuer-bethany.jpg>
- [19] <http://www.iar.com/Global/About/Students/test.jpg>
- [20] <http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/07/rsz-nuon-nuna6-solar-car-3.jpg>
- [21] <http://www.hybrid.cz/obrazky/solarni-auta/sunswift-ivy.jpg>
- [22] <https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS8dV6mW3b2Ge.jpg>
- [23] http://www.nigerianbestforum.com/generaltopics/wp-content/uploads/2010/07/48353492_zephyr.jpg
- [24] <http://cdn.visualnews.com/wp-content/uploads/2012/05/Turanor-Planet-Solar-Boat-Around-the-World-1.jpg>
- [25] <http://www.hybrid.cz/tagy/solarni-vozik>
- [26] <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- [27] <http://www.sluncepracuje.cz/cz/technika/technicke-reseni>
- [28] http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_Principle.htm
- [29] <http://www.enerfinplus.cz/ostrovni-systemy.html>
- [30] <http://projekt150.ha-vel.cz/node/148>
- [31] <http://www.mobilmania.cz/clanky/samsung-blue-earth-zmerili-jsme-solarni-clanek/sc-3-a-1124523/default.aspx>
- [32] <http://www.maximin.cz/content/9-solarni-nabijecky>
- [33] <http://www.maximin.cz/content/13-jak-vybrat-spravnou-solarni-nabijecku>
- [34] http://www.worldsolarchallenge.org/about_wsc/roll_of_honour