

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití solární energie pro energetické účely**

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**Fakulta elektrotechnická**

**Akademický rok: 2016/2017**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

Jméno a příjmení: **Petr ŠVEHLA**

Osobní číslo: **E14B0299P**

Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Technická ekologie**

Název tématu: **Využití solární energie pro energetické účely**

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. Objasněte princip a historický vývoj výroby elektrické a tepelné energie využitím slunečního záření.
2. Posuďte výhody a nevýhody využití Slunce jako primárního energetického zdroje.
3. Shrňte legislativní opatření ČR zaměřená na podporu využívání solární energie.
4. Popište jednotlivé solární a fotovoltaické systémy a zhodnoťte podmínky pro jejich využití v ČR.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**


Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **12. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**

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



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

V Plzni dne 12. října 2016

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je analýza tématu, využití solární energie pro energetické účely. První kapitola je zaměřena na Slunce a sluneční energii. Druhá kapitola pojednává o fotovoltaice. Třetí kapitola se zabývá fototermikou. Čtvrtá kapitola srovnává fotovoltaické panely a solární kolektory pro ohřev vody. Pátá kapitola je porovnáním fotovoltaické elektrárny a ostrovního systému. Šestá kapitola se zabývá legislativou v ČR. V poslední kapitole je shrnutí poznatků a můj názor na toto téma.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaický článek, solární kolektor, Slunce, sluneční energie, legislativa, fotovoltaický systém, fototermický systém

## **Abstract**

The aim of the bachelor thesis is analysis of topic solar power utilization for power purposes. The first chapter deals with the Sun and solar energy. The second chapter is focused on photovoltaic. The third chapter is about photothermic. The fourth chapter compares photovoltaic panels and solar collectors for water heating. The fifth chapter is focused on comparison of photovoltaic power plant and photovoltaic island system. The next chapter is deals with legislation. In the last chapter is summary of results and my own opinion of this topic.

## **Key words**

Photovoltaic cell, solar collector, the Sun, solar energy, legislation, fotovoltaic system, photothermic systém.

## Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 8.6.2017

Petr Švehla

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl velice poděkovat paní Doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. za její cenné rady, připomínky a konzultace, které mi pomohly při vypracování této bakalářské práce.

## Obsah

<b>OBSAH</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b>	<b>11</b>
<b>1 SLUNCE A SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ</b>	<b>12</b>
1.1 SLUNCE	12
1.2 PŮVOD ENERGIE	12
1.3 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	13
1.4 PŘÍMÉ A DIFUZNÍ ZÁŘENÍ	14
1.5 MNOŽSTVÍ ENERGIE ZE SLUNCE	15
1.6 PODMÍNKY PRO FOTOVOLTAIKU V ČR	15
<b>2 FOTOVOLTAIKA</b>	<b>18</b>
2.1 OBJEV A HISTORICKÝ VÝVOJ	18
2.2 VÝVOJ FOTOVOLTAIKY V ČR	18
2.3 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO ČLÁNKU	20
2.4 FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK	21
2.5 TYPY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ	22
2.5.1 <i>Monokrystalické články</i>	22
2.5.2 <i>Polykrystalické články</i>	23
2.5.3 <i>Polykrystalické pásové křemíkové články</i>	23
2.5.4 <i>Tenkvrstvé články</i>	24
2.5.5 <i>Amorfní křemíkové články</i>	25
2.5.6 <i>Články CIS</i>	25
2.5.7 <i>Články na bázi teluridu kademnatého</i>	26
2.6 TYPY FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ	26
2.6.1 <i>Ostrovní systém</i>	26
2.6.2 <i>Systém s přímým napájením</i>	27
2.6.3 <i>Systémy s akumulací elektrické energie</i>	28



2.6.4	<i>Hybridní fotovoltaický ostrovní systém</i> .....	28
2.6.5	<i>Systémy připojené na síť</i> .....	30
2.6.6	<i>Systém pro výhradní prodej elektrické energie do sítě</i> .....	31
2.6.7	<i>Solární parky</i> .....	31
2.6.8	<i>Fotovoltaické solární systémy s pohyblivým stojanem</i> .....	35
2.7	PŘÍKLAD INSTALACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY NA RODINNÝ DŮM .....	35
2.7.1	<i>Výpočet energií FVE na rodinném domě</i> .....	37
<b>3</b>	<b>FOTOTERMIKA</b> .....	<b>39</b>
3.1	HISTORICKÝ VÝVOJ SOLÁRNÍCH (TERMICKÝCH) KOLEKTORŮ .....	39
3.2	HISTORIE A VÝVOJ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ NA ÚZEMÍ ČR.....	39
3.3	PRINCIP SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ .....	40
3.4	KONSTRUKCE SOLÁRNÍHO KOLEKTORU .....	41
3.5	ROZDĚLENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ .....	44
3.6	TYPY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ.....	44
3.6.1	<i>Nekryté (nezasklené) kolektory</i> .....	44
3.6.2	<i>Ploché atmosférické kolektory</i> .....	45
3.6.3	<i>Ploché vakuové kolektory</i> .....	46
3.6.4	<i>Trubkové vakuové kolektory</i> .....	47
3.6.5	<i>Trubkové kolektory s jedностěnnou trubkou</i> .....	47
3.6.6	<i>Trubkové kolektory s dvoustěnnou trubkou (Sydney)</i> .....	48
3.6.7	<i>Koncentrační kolektory</i> .....	49
3.6.8	<i>Koncentrační kolektory s Fresnellovou lineární čočkou</i> .....	49
3.7	TYPY SOLÁRNÍCH TERMICKÝCH SOUSTAV .....	49
3.7.1	<i>Aktivní soustavy pro celoroční provoz v ČR</i> .....	50
3.7.2	<i>Pasivní soustavy (gravitační)</i> .....	50
3.8	ROZDĚLENÍ PODLE POČTU OKRUHŮ .....	50
3.9	PŘÍKLAD INSTALACE SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ NA RODINNÝ DŮM .....	51
3.9.1	<i>Popis solárního kolektoru EuroSol-K02</i> .....	52

3.9.2	<i>Výhody solárního kolektoru EuroSol-K02</i> .....	52
3.9.3	<i>Konstrukce solárního systému pro ohřev vody</i> .....	53
<b>4</b>	<b>POROVNÁNÍ FV PANELŮ A SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ KOHŘEVU TUV ...</b>	<b>54</b>
4.1	ÚČINNOST SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ .....	54
4.2	VÝNOS ENERGIE .....	54
4.3	ŽIVOTNOST FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ A SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ .....	54
4.4	VLIV ZIMNÍHO OBDOBÍ NA SOLÁRNÍ SYSTÉM .....	54
4.5	SHRNUTÍ .....	55
<b>5</b>	<b>VÝHODY A NEVÝHODY FVE A OSTROVNÍHO SYSTÉMU</b> .....	<b>56</b>
5.1	FVE OBECNĚ .....	56
5.2	FVE PŘIPOJENÁ NA SÍŤ .....	57
5.3	MALÉ OSTROVNÍHO ŘEŠENÍ, BEZ ZÁLOHOVÁNÍ ZE SÍŤE .....	58
<b>6</b>	<b>PODPORA A LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ V ČR</b> .....	<b>59</b>
6.1	LEGISLATIVA .....	59
6.2	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM .....	60
	6.2.1 <i>Kdo může o podporu požádat</i> .....	62
	6.2.2 <i>Způsob podání žádosti</i> .....	62
	6.2.3 <i>Základní pravidla</i> .....	62
6.3	PODMÍNKY PODPORY FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY NA RODINNÝ DŮM .....	63
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>68</b>

## Úvod

Přestože byly principy využití slunečního záření pro výrobu elektrické a tepelné energie pospány již v minulosti, až v současné době nám úroveň technologií umožňuje využívat tyto systémy efektivně.

Každý den na povrch Země dopadá velké množství slunečního záření, tato energie je čistá a zcela zdarma, proto je logické jí využít.

Cílem této práce bude popis fotovoltaických a solárních (termických) systémů k ohřevu vody v podmínkách ČR. Dále bude posuzovat výhody a nevýhody situací, kdy se uživatel spoléhá na sluneční záření, jako na hlavní zdroj elektrické energie. Poté se práce zaměří na platnou legislativu v ČR. Na závěr přijde shrnutí výsledků z předešlých kapitol.

Pro vypracování své bakalářské práce jsem používal především internetové zdroje, protože technologie, legislativa a ceny se rok od roku mění. V bakalářské práci jsem se převážně soustředil na fotovoltaiku a výrobu elektrické energie.

Téma bakalářské práce jsem si vybral, protože je stále aktuální, vyvíjí se a poskytuje zajímavé možnosti, jak být energeticky soběstačný.

# 1 Slunce a sluneční záření

## 1.1 Slunce

Země je součástí planetární soustavy, v jejímž středu se nachází Slunce. Slunce je nejbližší hvězda vůči Zemi, je vzdálená zhruba 150 miliónů kilometrů. Pro život na Zemi představuje nejdůležitější hvězdu, neboť je trvalým zdrojem veškeré energie pro naši planetu. Slunce má tvar koule o poloměru 1,39 miliónů kilometrů a hmotnost je  $2 \cdot 10^{30}$  kg. [1]

## 1.2 Původ energie

Slunce je složeno převážně z atomárního vodíku (70 %), helia (28 %) a z nepatrného množství zbývajících prvků periodické soustavy (2 %). Všechny tyto prvky jsou ve hmotě Slunce obsaženy ve skupenství plazmy. V centrální oblasti Slunce dochází k přeměně lehčích jader vodíku na těžší jádro hélia, jedná se o termonukleární reakci (jaderná fúze). Tato přeměna probíhá při teplotách desítek miliónů K a tlacích desítek miliard MPa za stavu, při němž jsou všechny atomy zcela ionizovány. Při takovýchto podmínkách do sebe protony vrážejí takovou rychlostí, že překonávají svou elektrickou odpudivost. Během srážek se k sobě dostávají tak blízko, že vlivem vysoké jaderné přitažlivosti jádra atomů, splynou. Každou vteřinou se přemění 564 miliónů tun vodíku na 560 miliónů tun hélia. Hmotnost vzniklého jádra hélia je menší, než hmotnost čtyř protonů vodíku vstupujících do reakce. Rozdíl hmoty se při reakci přemění na energii. Vyčíslením vznikajícího výkonu lze dospět k hodnotě  $3,6 \cdot 10^{26}$  W. Světlo ze Slunce na Zem doletí za 8 minut a 20 s. Stáří se odhaduje na 5 miliard let a předpokládá se, že jaderná fúze bude pokračovat dalších 5 až 10 miliard let. Z lidské perspektivy se tedy energie vyzařovaná Sluncem považuje za nevyčerpatelný zdroj energie. Z celkového výkonu vyzařovaného Sluncem dopadá na Zemi jen zlomek mezi 170 a 180 tisíci TW. Podobně malá část je zachycena ostatními planetami a zbytek slunečního záření mizí v kosmu. [1], [4]

### 1.3 Sluneční záření

Sluneční světlo je viditelná část elektromagnetického záření, které vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce, na povrch se dostává prostřednictvím proudění, absorpce a emise. Rozsah vlnových délek je 390 - 760 nm. Světlo, které dopadá na povrch Země, je filtrováno zemskou atmosférou.

Sluneční konstanta je hustota zářivého toku sluneční energie a jednotka plochy kolmé ke směru šíření záření, které dopadá při střední vzdálenosti Slunce od Země na vnější povrch zemské atmosféry. Po dlouhodobých družicových měřeních se dospělo k hodnotě  $1367 \text{ W/m}^2$ . Změny sluneční konstanty jsou 0,1 %, to znamená že, na hranici atmosféry každoročně dopadá stejné množství energie bez výrazných výkyvů.

Sluneční konstanta bývá uváděna jako jediná střední hodnota. Avšak hustota toku slunečního záření dopadajícího kolmo na vnější povrch zemské atmosféry v průběhu roku konstantní není. Dráha, po které Země obíhá okolo Slunce, má tvar elipsy a Slunce je v jednom z ohnisek. Vzdálenost mezi Sluncem a zemí se v průběhu roku mění pouze o  $\pm 1,7\%$ . Tak malá změna je způsobena tím, že eliptická oběžná dráha je velmi blízká dráze kruhové. Se změnou vzdálenosti se mění i hustota toku slunečního záření o cca  $\pm 3,3\%$ . V zimě povrch atmosféry paradoxně přijímá více slunečního záření než v létě, vzhledem ke skutečnosti, že Slunce je k Zemi blíže než v létě. [1], [5]

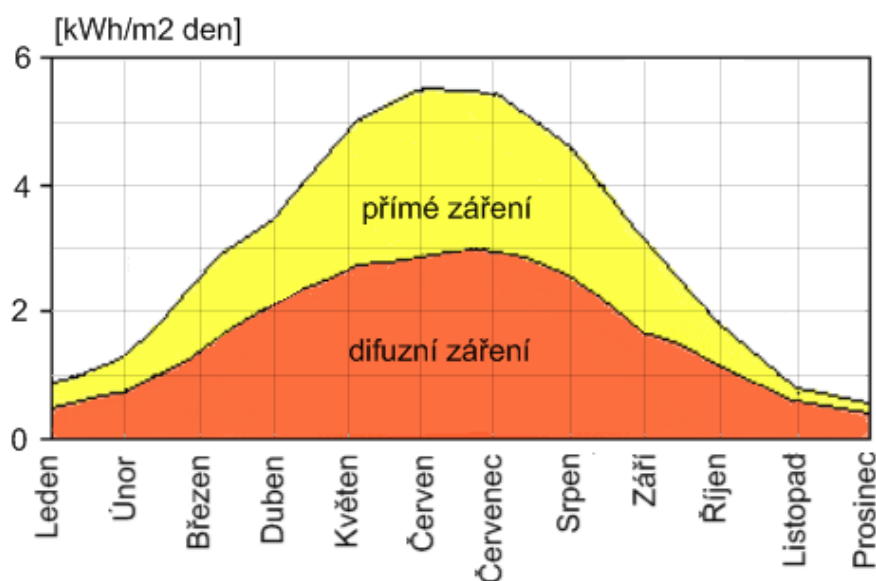
Druh záření	Vlnová délka	Podíl z celkového záření
<b>Ultrafialové záření (UV)</b>	290 - 380 nm	0-4 %.
<b>Viditelné záření</b>	380 - 710 nm	21 – 46 %.
<b>Infračervené záření – IR</b>	710 - 4000 nm	50 - 79 %
<b>Dlouhovlnné záření</b>	4 000 - 100 000 nm	50 - 79 %

Tab. 1 Jednotlivé druhy spektra slunečního záření [6]

#### 1.4 Přímé a difuzní záření

Na vnější povrch atmosféry Země dopadá sluneční záření v čisté nerozptýlené formě, které si lze představit jako paprsky přicházející přímo ze Slunce. Když paprsky světla procházejí zemskou atmosférou, dochází k rozptylu kvůli částicím prachu, krystalkám ledu, nebo kapičkám vody. Část zářivého toku pak z nebe přichází ve formě rozptýleného difuzního slunečního záření, jenž nemá směrový charakter, šíří se do všech směrů a přichází ze všech směrů se stejnou intenzitou. Naopak sluneční záření, které se nerozptýlilo, se nazývá přímé sluneční záření a má výrazně směrový charakter. Dá se říct, že pokud je na obloze vidět sluneční kotouč, pak dopadající paprsky mají charakter přímého slunečního záření. Výkonová hustota přímého slunečního záření je oproti difuznímu záření závislá na úhlu dopadu. K difuznímu záření se počítá i záření odražená od okolních ploch, především od terénu. Předpokládá se, že naprostá většina povrchů v přírodě jsou povrchy difuzní, to znamená, že i přímé úhlové závislé sluneční záření dopadající na takový povrch se odrazí všesměrově. Ve městech s velkou četností lesklých ploch tento předpoklad platí jen omezeně. Rozlišují se dvě základní veličiny popisující obsah slunečního záření:

- **Sluneční ozáření  $G$  [ $W/m^2$ ]**, které vyjadřuje výkonovou hustotu zářivého toku slunečního záření
- **Dávka slunečního ozáření  $H$  [ $kWh/m^2$ ]**, která vyjadřuje hustotu dopadající energie za časový úsek. [1]



Obr. 1 Přímé a difuzní záření v průběhu roku [7]

### 1.5 Množství energie ze Slunce

Výkon ozáření Sluncem a roční energie ozáření (energie = výkon · čas) se vztahují na osluněnou plochu a normují se na čtvereční metr. Solární konstanta je  $1367 \text{ W/m}^2$ . Průchodem slunečního záření atmosférou se výkon zmenšuje. Při slunečném počasí dosahuje intenzita záření na povrchu země kolem poledne špičkové hodnoty  $1000 \text{ W/m}^2$ . Tato hodnota ozáření se používá jako referenční hodnota k určení jmenovitého výkonu solárních modulů. Pro hrubou orientaci při stanovení jmenovitého výkonu modulů nutného k pokrytí požadované energetické potřeby může posloužit pravidlo, že z  $1 \text{ kW}$  instalovaného výkonu lze za rok získat 800 až 1100 kWh elektrické energie.

Při špatném počasí může intenzita záření klesnout na hodnoty pod  $1000 \text{ W/m}^2$ . Intenzita a složení slunečního záření jsou ovlivňovány počasím, roční dobou, denní dobou a zeměpisnou šířkou. Solární zařízení využívají přímého i difuzního slunečního světla.

Po sečtení energetického obsahu přímého a difuzního slunečního záření všech slunečních hodin v roce, vyjde roční ozáření Sluncem (úhrn), tedy celkové ozáření v kilowatthodinách na  $1 \text{ m}^2$  plochy za rok. Tato hodnota je pro každý region velmi rozdílná a udává se pro horizontální plochu. V horkých pouštních oblastech dosahuje tato hodnota až  $2500 \text{ kWh/m}^2$  za rok, naproti tomu v České republice je 950 až  $1340 \text{ kWh/m}^2$ . V našich zeměpisných šířkách připadají více než tři čtvrtiny dopadající zářivé sluneční energie na letní polovinu roku od dubna do září. [2]

### 1.6 Podmínky pro fotovoltaiku v ČR

Přestože Česká republika leží na severní polokouli zhruba ve středu evropského kontinentu, kde z hlediska slunečního záření nejsou tak příhodné podmínky jako v oblasti rovníku, i zde je možné vyrábět elektrickou energii přeměnou ze slunečního záření.

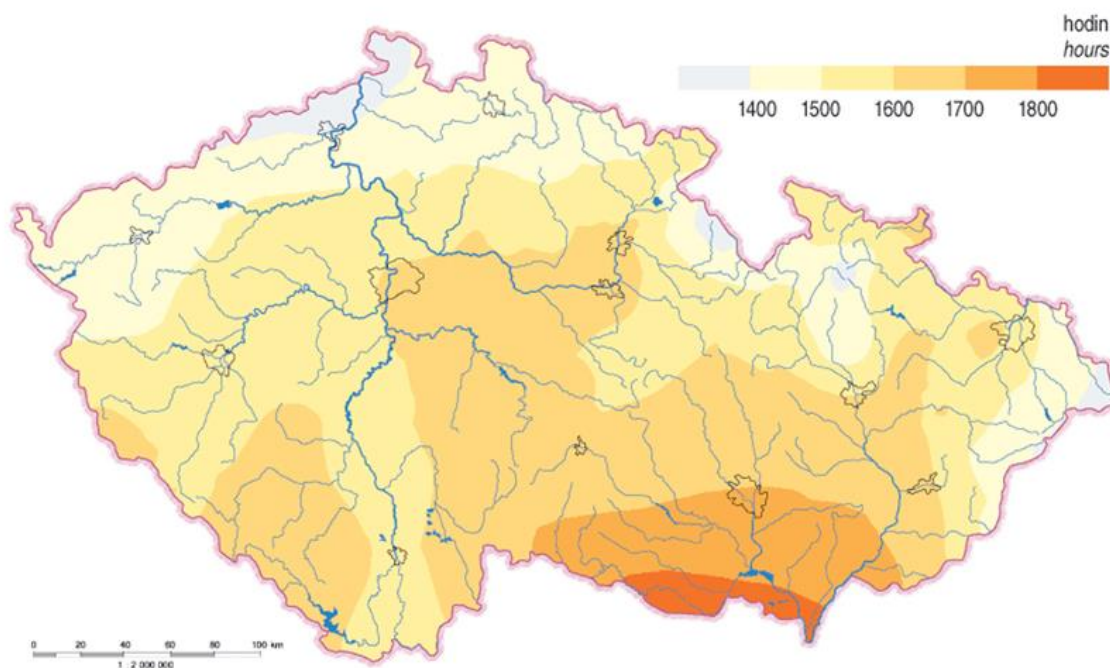
Celkový roční úhrn dopadající energie na danou oblast ovlivňuje především zeměpisná poloha, orientace fotovoltaického systému ke slunci, celková doba slunečního svitu, nadmořská výška a čistota ovzduší.

Podmínky pro využívání sluneční energie na území České republiky jsou poměrně dobré. Celková doba slunečního svitu (při jasné obloze) je od 1400 do 1700 hodin za rok (Obr. 2).

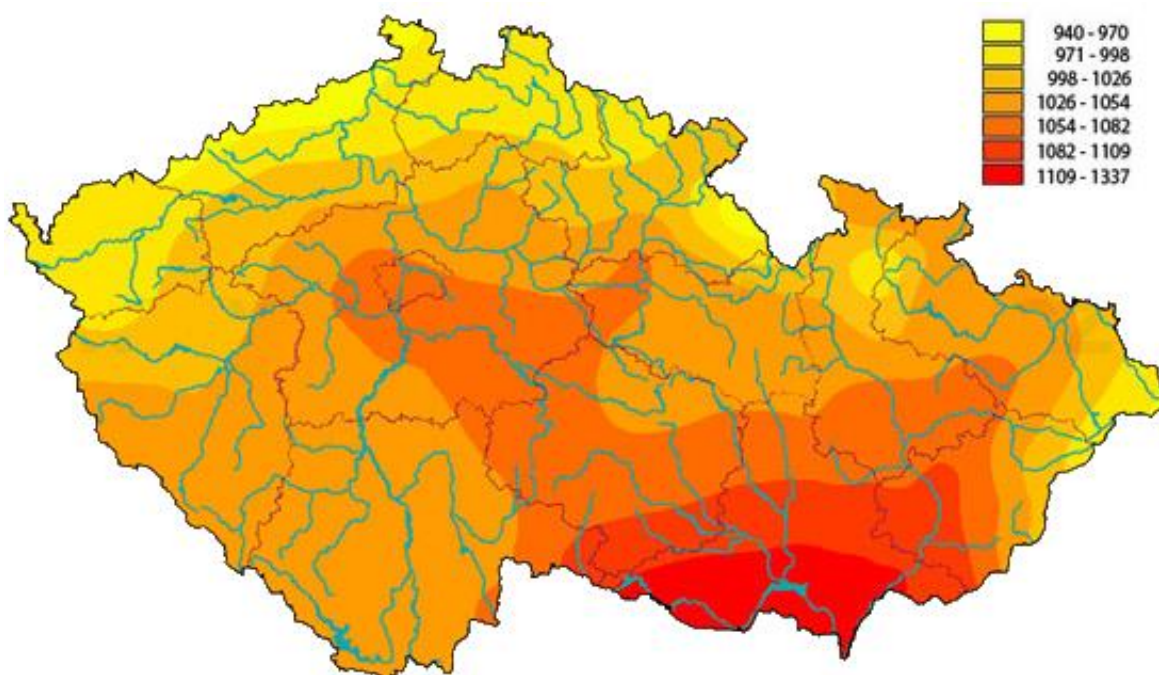
Z mapy ročního úhrnu globálního slunečního záření v České republice (Obr. 3) je zřejmé, které lokality jsou pro využití sluneční energie nejvýhodnější. Tato mapa vychází

z dlouhodobého meteorologického měření. Jak již bylo zmíněno, v podmínkách České republiky dopadá na 1 m<sup>2</sup> přibližně 950 až 1340 kWh sluneční energie, přičemž největší část připadá na letní období (75 %). Hodnoty ročního úhrnu globálního záření jsou důležité pro výpočty budoucí energetické bilance fotovoltaického systému a tedy i návratnosti investic. Když vycházíme ze znalosti množství slunečního záření ročně dopadajícího na 1 m<sup>2</sup> fotovoltaického systému a konverzní účinnost fotovoltaického panelu, která je přibližně 14 %, získáme z této plochy asi 133 až 188 kWh energie za rok. [2], [8]





Obr. 2 Mapa trvání slunečního svitu v ČR [8]



Obr. 3 Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [ $W/m^2$ ] [8]

## 2 Fotovoltaika

### 2.1 Objev a historický vývoj

V roce 1839 objevil francouzský fyzik, Alexander Edmond Becquerel, fotovoltaický jev shodou okolností, když prováděl pokus v laboratoři s elektrodami ponořenými do elektrolytu a pozoroval, že při osvětlení elektrod slunečním světlem vzniká slabý proud.

V roce 1873 Willoughby Smith, jenž pracoval jako elektroinženýr, studoval zařízení pro podmořské kabely. K svým pokusům užíval tyčinky vyrobené ze selenu a i on si všiml, že na jejich vodivost má vliv intenzita procházejícího slunečního záření.

Dále v roce 1879 profesor William Gryll Adams a jeho student Richard Evans Day objevili, že přechod mezi dvěma materiály, konkrétně platinou a selenem, při působení slunečního záření vytváří elektrický proud.

Následně se v roce 1905 začal zabývat fotovoltaikou i Albert Einstein, který jako první popsal fotovoltaický jev, za což dostal Nobelovu cenu.

Poté v roce 1918 vyvinul polský vědec Jan Czocharski metodu, jak vyrábět monokrystalický křemík. To představovalo velký průlom, protože tento materiál je základem pro výrobu fotovoltaických článků.

Přestože už existoval postup jak vyrábět monokrystalický křemík, k opravdovému posunu na poli fotovoltaiky došlo až v roce 1954 v Bellových laboratořích, kde působil výzkum kosmonautiky. Avšak články, které se zde vyrobily, měly účinnost pouhých 6 %. Tyto články byly použity na vesmírnou sondu Vanguard I.

Následně se fotovoltaické články dostaly od používání ve vesmíru zpět na zem, z velké části díky ropným společnostem, působícím v Mexickém zálivu. Na automatických ropných plošinách je elektrická energie potřeba k osvětlení (majáky). Fotovoltaické články zcela vytlačily do té doby používané primární články elektrické energie. [2], [9]

### 2.2 Vývoj fotovoltaiky v ČR

V letech 1997 až 2002 byla uvedena do provozu první fotovoltaická elektrárna na území České republiky s výkonem 10 kW, nedaleko hory Mravenečník. Následně byla přesunuta do areálu jaderné elektrárny Dukovany, kde se stala součástí informačního střediska a je určena ke studijním a demonstračním účelům. Další fotovoltaické elektrárny začaly vznikat v letech 2006 až 2007, ale skutečný rozmach fotovoltaických elektráren

začal až v letech 2008 a 2009, díky státním dotacím a podpoře energie z přírodních obnovitelných zdrojů. [10]

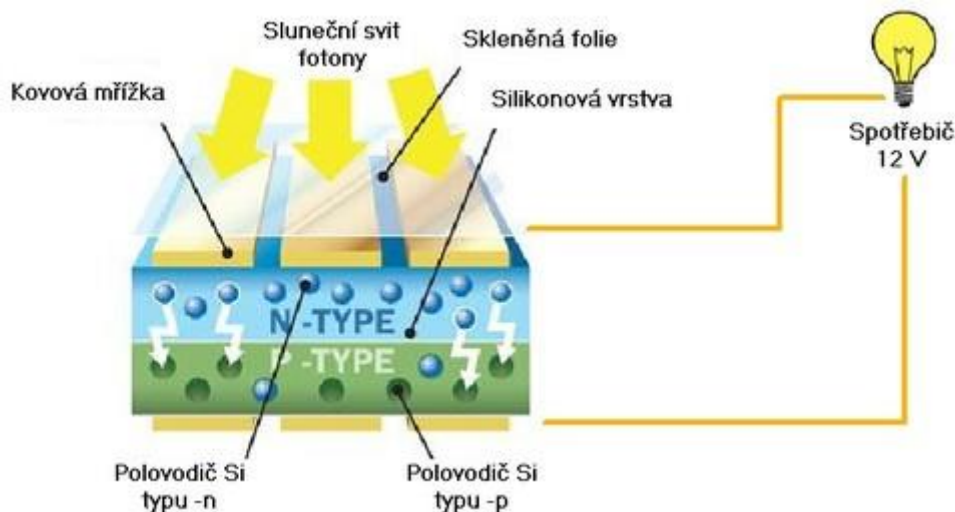
Příznivé dotační podmínky vedly zejména v 2009 až 2010 k strmému nárůstu budování solárních elektráren od malých až po velkoplošné. Díky nebývalému nárůstu počtu fotovoltaických elektráren hrozilo zdražení elektrické energie pro odběratele ve státě o desítky procent. Tato situace donutila vládu k tomu, že nechala v režimu legislativní nouze v září 2010 schválit novelu zákona, jenž pro další nově postavené fotovoltaické elektrárny, především velkoplošné, tuto podporu omezuje. Avšak elektrárny, které byly postaveny do konce roku 2010, mají zaručené zvýhodněné výkupní ceny elektřiny po dobu dvaceti let. Zákon č. 180/2005 Sb. byl následně 1. ledna 2013 nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie. Od té doby se výstavba velkých solárních elektráren (solárních parků) zastavila. V roce 2015 byla vyhlášena potřetí tzv. „Nová zelená úsporám“, která umožňuje čerpat dotace na fotovoltaické elektrárny na střechu, ale i solární kolektory pro rodinné domy až do roku 2021. [11]

### 2.3 Princip fotovoltaického článku

Slovo „fotovoltaický“ je odvozeno z řeckého slova photo (světlo) a jednotky elektrického napětí (Volt). V solárním článku dochází k přímé přeměně světla na elektrickou energii. Tato transformace spočívá ve fyzikálním jevu, jenž probíhá nehlukně bez spotřeby látek a bez emisí v solárně aktivních materiálech. Základem solárních článků jsou polovodiče, ve většině případů jsou články zhotoveny z křemíku. Polovodiče jsou látky, jejichž elektrická vodivost leží mezi vodivostí kovu a dielektrika. Pokud do polovodičů dodáme energii, můžou se stát vodivými. Čtyři vnější elektrony atomu křemíku tvoří vazby elektronových pářů se sousedními atomy. U krystalických solárních článků při tom vzniká pravidelná krystalická mřížka. Ve fotovoltaickém článku spolu hraničí dvě elektricky odlišně dotované a tím rozdílně vodivé polovodičové oblasti. Dotování je umělé dodání atomů jiného prvku do polovodiče z důvodu úmyslné změny jeho elektrické vodivosti a vlastností. Mezi oblastmi P (kladně dotovaná) a N (záporně dotovaná) vzniká vnitřní elektrické pole, které je způsobeno difuzí přebytečných elektronů z polovodiče N do polovodiče P v oblasti PN přechodu. Tím vzniká oblast s malým počtem volných nosičů náboje, tzv. vrstva prostorového náboje. V oblasti vrstvy N prostorového náboje zůstávají kladné, v oblasti P naopak záporně nabitě atomy dotujícího prvku. Díky tomu vzniká elektrické pole, které je orientováno proti směru pohybu nosičů náboje, tudíž difuze elektronů nemůže pokračovat do nekonečna.

V případě, že na solární článek dopadne světlo, může zářivá energie fotonů uvolňovat elektrony z jejich vazeb v atomové mřížce. Fotony jsou během toho absorbovány. Záporně nabitě elektrony, které jsou uvolněny, jsou pak volně pohyblivé a na svém předchozím místě zanechávají kladný náboj, takzvanou díru. Oba elektrické náboje (elektrony a díry) jsou následně přitahovány do opačných směrů, což je zapříčiněno vnitřním elektrickým polem. Náboje putují odlišnými cestami: záporné náboje putují k přední straně článku, kdežto kladné k zadní. Následkem takto vznikající opačné polaritě přední a zadní strany mezi nimi vzniká rozdíl potenciálů, který je možné měřit jako elektrické napětí. Toto napětí naprázdno leží u krystalických solárních článků obvykle v rozmezí 0,6 až 0,7 V. Když se uzavře elektrický obvod, poteče přes spotřebič proud. Část elektronů se nedostane až na kontakty, ale rekombinují se. Rekombinace je jev, kdy dochází ke svázání volného elektronu s atomem s chybějícím vnějším elektronem. Vázaný elektron nemůže přispívat k průtoku elektrického proudu.

Napětí na solárním článku vzniká pomocí difuze nosičů náboje k elektrickým kontaktům. [2], [4]



Obr. 4 Přeměna energie v krystalickém křemíkové článku [12]

## 2.4 Fotovoltaický článek

Krystalický solární článek je složen ze dvou rozdílně dotovaných křemíkových vrstev. Strana, která je obrácená směrem ke slunečnímu světlu, je záporně dotovaná fosforem, vrstva ležící pod ní je kladně dotována bórem. Na přední i zadní straně jsou umístěny elektrody sloužící jako kontakty, které umožňují odebírat proud. Na zadní straně je to většinou provedeno jako celoplošná elektroda. Naopak na přední straně musí být elektroda vyrobena z tenké mřížky tak, aby co nejvíce propouštěla světlo. Na zadní straně je možné umístění celoplošné kontaktní vrstvy pomocí hliníkové, nebo stříbrné pasty. Elektrody se většinou umísťují sítotiskovou metodou. Aby se absorbovalo co největší množství fotonů světla, instaluje se na povrch článku antireflexní vrstva, která dává šedým křemíkovým článkům jejich typickou černou barvu u monokrystalických článků, popřípadě modrou barvu u polykrystalických článků (viz Obr. 5).

Ke ztrátám na solárním článku dochází zejména rekombinací, odrazem (reflexí) a zastíněním předními kontakty. Nejvíce energie se ztrácí ve formě dlouhovlnného, nebo krátkovlnného záření, které nemůže být využito. Například dlouhovlnné záření článkem prochází (transmise) a nepřispívá k vytváření nosičů náboje. Solární články mohou v důsledku materiálně technických vlastností využívat jen část spektra slunečního záření. Část nevyužitá energie se pohltí a mění v teplo.

**Další ztráty krystalického křemíkového článku jsou:**

- Reflexe a zastínění předními kontakty.
- Příliš malá energie fotonů dlouhovlnného záření.
- Nadměrná energie fotonů krátkovlnného záření.
- Rekombinace.
- Spád potenciálu především v pásmu prostorového náboje. [2]

**2.5 Typy fotovoltaických článků****2.5.1 Monokrystalické články**

Jsou z jediného krystalu, bývají čtvercové, nebo čtvercové se zaoblenými rohy. Délka hrany je 10, 12,5 a 15 cm. Sběrnice článku tvoří tři vodivé pásy. Vyrábějí se i v oblé verzi, která je vhodná například pro instalaci v modulech do budov, kvůli propustnosti světla, nebo esteticce. Při výrobě těchto oblých článků se ušetří více materiálu, protože se jednotlivé články řezou z kulatých tyčí, proto nevzniká tolik odřezků, jako u čtvercových typů článků.

Povrch článku má černou až tmavomodrou barvu (viz. Obr.5). Tyto články mohou dosahovat účinnosti přes 21 %, avšak průměrná účinnost je 15 % až 17 %. Výroba probíhá pomocí Czochralského procesu, kdy se zárodek krystalu ponořený ve vysoce čisté křemíkové tavenině pomalu otáčí a vytahuje se z něj kulatá tyč, která má 30 cm v průměru a délku několika metrů. Nejprve se musí křemík roztavit v kotli při teplotě 1420 °C. Z tyče se pak řezou tenké destičky (wafers), které mají tloušťku 0,3 mm. Tyto destičky jsou dotovány příměsí typu P a na ně se napařuje tenká vrstva, která je dotována difuzí fosforu. Aby byly solární články kompletní, musí se nejprve nainstalovat zadní kontaktní vrstvy, kontaktní palec a antireflexní vrstvy. Antireflexní vrstva zde minimalizuje možnost odrazu slunečního záření od povrchu článku, díky tomu lze využít více světla k výrobě energie. Často jsou povrchy článků opatřovány malými strukturami na mikroskopické úrovni pomocí laseru, nebo mechanickým či chemickým zpracováním, kdy se vytvářejí malé struktury ve tvaru rýh nebo pyramid. Tyto struktury fungují jako pohlcovače světla, které výrazně snižují odrazivost světla ve srovnání s dielektrickými antireflexními vrstvami. [1]



Obr. 5 Vlevo monokrystalický a vpravo polykrystalický fotovoltaický článek [13]

### 2.5.2 Polykrystalické články

Polykrystalické články se skládají z více krystalů. Jsou modré barvy s třpytící se krystalickou strukturou (viz Obr. 5). Polykrystalické články mají čtvercový tvar o délce strany 10, 12,5, 15, 15,6 nebo 21 cm. Účinnost bývá od 13 do 16 %.

Polykrystalický křemík má výhodu oproti monokrystalickému, protože jeho výroba je jednodušší a levnější. K výrobě se používá metoda blokového lití. Ve vakuu se zahřeje křemík na teplotu 1500 °C a v grafitovém kelímku se řízeně ochlazuje až do blízkosti bodu tání, a tím vznikají polykrystalické křemíkové bloky 40 x 40 cm o výšce 30 cm. Tyto bloky se v první řadě rozřezou na tyče a ty následně na jednotlivé destičky. V porovnání s monokrystalickými články je množství odpadu při řezání menší. Výrobní postup je dále stejný jako u monokrystalických článků. Pomocí metody blokového lití vznikají krystaly s rozdílnou orientací. [2]

### 2.5.3 Polykrystalické pásové křemíkové články

Během klasické výroby článků přijde zhruba polovina křemíku nazmar jako odpad, který vznikne při jejich řezání. Metoda tažení pásů snižuje ztráty materiálu a zvyšuje jeho využití. Přímo z křemíkové taveniny se vytahují tenké fólie o tloušťce až 0,1 mm, toto je výsledná tloušťka článků, které už stačí jen nařezat, což se provádí pomocí laseru. Přičemž běžné destičky mají tloušťku 0,3 mm. Tato metoda je ve srovnání s metodou blokového lití lepší, jelikož šetří energii i materiál a snižuje výrobní náklady.

V polovině devadesátých let, firma ASE vyvinula metodu, kdy se osmiúhelný tvarovací nosič z grafitu ponoří do křemíkové taveniny a vytahuje se ven. Tím vznikají metrové osmihranné trubky, jenž mají délku hrany 12,5 cm a tloušťku 0,28 mm. Ze všech

osmi stran se pak vyřezávají čtvercové, nebo obdélníkové destičky. Ztráty materiálu jsou menší než 10 %. Rozměry článků jsou 10 cm na 10 cm, 10 cm na 12,5 cm, nebo 12,5 cm na 12,5 cm. Účinnost článků je 14,5 %. [2]

#### 2.5.4 Tenkovrstvé články

Mají nižší výrobně-technické náklady i spotřebu materiálu a energie. Dále mají nižší citlivost na teplotu a zastínění, jsou flexibilní, lépe využívají spektrum slunečního záření, mohou být průhledné, mají homogenní vzhled a mohou využívat umělé světlo.

Materiál tenkovrstvých článků se nanáší v tenoučké vrstvě několika mikrometrů na sklo, umělou hmotu, nebo kovové fólie (viz Obr. 6). Tato metoda nanášení potřebuje teploty jen mezi 200 °C a 500 °C. Elektrické propojení tenkovrstvých článků je již od výroby integrováno. Kontakty na přední straně jsou vytvořeny z vysoce vodivé průhledné vrstvy oxidu kovu, tzn. TCO (transparent conductive oxide). Během výroby článků se provádí elektrické oddělení a připojení článků strukturálními kroky, které jsou součástí výrobního procesu. Jeden článek má podobu 1 cm širokého polovodičového proužku. Kvůli ochraně se konstrukce vybaví tabulí ze skla a zapouzdří se kompozitním materiálem (kopolymér etylén – vinylacetát, zkráceně EVA).

Nevýhodou těchto článků je jejich malá účinnost, která je v porovnání s krystalickými křemíkovými články zhruba poloviční. Pouze ty nejvýkonnější dosahují účinnosti běžných polykrystalických modulů. [2]



Obr. 6 Tenkovrstvý fotovoltaický článek [14]



### 2.5.5 Amorfnní křemíkové články

Používají se v kalkulačkách, hodinkách a podobně. Amorfnní křemík (a-Si) nemá pravidelnou krystalickou strukturu, ale tvoří neuspořádanou síť. Výroba se provádí chemickým odlučováním při teplotách 200 °C z plynného silanu. Dotovaný amorfnní křemík má velice krátkou difuzní vzdálenost, to znamená, že volné nosiče náboje by okamžitě znovu rekombinovaly, čímž by výroba proudu nebyla efektivní. Tomu zabraňuje vestavěná intristická (nedotovaná) vrstva, umístěná mezi vrstvy P a N, ve které je životnost nosičů náboje mnohem větší. V této části dochází k absorpci světla a tvorbě náboje, kdežto vrstvy P a N vyrábějí elektrické pole, oddělující uvolněné nosiče náboje. Jedná se o strukturu typu PIN.

Nevýhoda amorfnních článků je jejich malá účinnost, která kvůli stárnutí materiálu způsobeného světlem, během prvních šesti až dvanácti měsíců dokonce ještě klesá, potom se účinnost ustálí. Jedná se o Staeblerův-Wronského jev.

Výrobce udává hodnotu počáteční degradace jako jmenovitý výkon, to znamená, že amorfnní moduly jsou prodávány s vyšším výkonem a to zhruba o 15 %, než je jmenovitý. Během vývoje vícevrstvých článků se zvýšila jejich účinnost. U tandemových článků se aplikují dvě, u trojitých článků tři nad sebou položené PIN struktury.

Každý jednotlivý článek je navržen pro jinou barvu slunečního spektra, což zaručuje větší účinnost. Tyto články nemají krycí sklo a jsou ve flurové polymerové sloučenině a sloučenině EVA. Články z amorfnního křemíku jsou aplikovány na ohebné fólie, takže se přizpůsobí různým tvarům povrchu. Rozměry bývají 34 cm na 12 cm. Tyto články mají lepší toleranci k zastínění modulů díky propojení pomocí obtokových diod a separací jednotlivých polí článků. Amorfnní křemíkové články jsou lehké, proto se mohou instalovat na střechy lehkých konstrukcí. [2]

### 2.5.6 Články CIS

Články CIS (Copper-Indium-diSelenid, dvojselenid mědi-india) jsou tmavošedé barvy. Mají nejvyšší účinnost mezi tenkovrstvými články (11 %). Během výroby se nosné sklo pokryje tenkou kontaktní vrstvou, na níž se aplikuje absorpční vrstva CIS s vodivostí P. To vše se děje ve vakuové komoře za teploty 500 °C. Vrstva ze sulfidu kadmia, která má vodivost N, slouží jako nárazníková vrstva, jenž snižuje ztráty způsobené chybami v krystalové mřížce. Tyto články, na rozdíl od amorfnního křemíku, nedegradují vlivem

světla. Avšak mají problémy se stabilitou v horkém a vlhkém prostředí. Je nutné dobré zapouzdření proti vlhkosti. [2]

### 2.5.7 Články na bázi teluridu kadmennatého

Články na bázi teluridu kadmennatého (CdTe), mají tmavě-zelenou, nebo černou lesknoucí se barvu a účinnost (11 %). Polovodičové vrstvy se vylučují za teploty 700 °C pomocí vakuové metody. Často se používají na velké projekty díky svému maximálnímu systémovému napětí až 1000V. [2]

## 2.6 Typy fotovoltaických systémů

### 2.6.1 Ostrovní systém

Ostrovní fotovoltaický systém (off-grid) má oproti ostatním solárním systémům dvě důležité odlišnosti, není napojen na elektrickou síť a obsahuje akumulátory pro uchování vyrobené energie. Ostrovní systémy jsou instalovány v místech, kde neexistuje přístup k rozvodné síti, nebo tam, kde by zřízení elektrické přípojky bylo velice nákladné. Zástupce nejmenších ostrovních systémů lze vidět například na dopravních značkách. Složitější ostrovní systémy mohou napájet budovu, nebo celé vesnice v odlehlých oblastech, kde není zavedena elektřina. [15]

### Základní části ostrovního systému

FV panel je zapojený do regulátoru dobíjení, který je připojen na baterii, nebo sestavu několika baterií. Dobíjecí napětí a proud přichází ze solárního panelu, který řídí regulátor, aby vyhovoval doporučeným hodnotám nabíjení baterie. Na regulátor jsou připojeny i spotřebiče pracující na stejnoměrný proud na napěťové hladině 12 V nebo 24 V. Regulátor dobíjení sleduje kapacitu akumulátorů, pokud by hrozilo přebití baterie, odpojí regulátor baterii od panelu. V opačném případě, pokud by mělo dojít k hlubokému vybití baterie, odpojí regulátor spotřebiče a zátěž. Regulátor je velice důležitým prvkem v ostrovním systému, neboť jsou na něj připojeny všechny ostatní komponenty a zároveň řídí přísun a výdej energie. [15]

### Systémové napětí ostrovního systému

Systémové napětí udává napětí baterie nebo sestavy baterií. Běžná systémová napětí jsou 12 V, 24 V, a 48 V. Požadované systémové napětí je lze získat vhodným zapojením jednotlivých článků. Systémovému napětí musí odpovídat hlavně regulátor

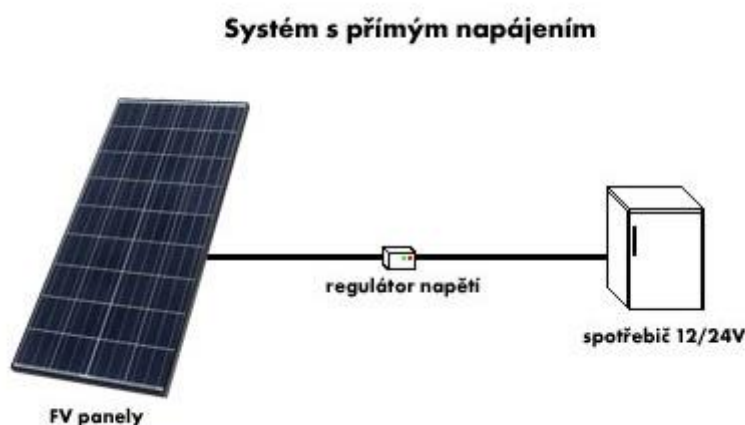
dobíjení a spotřebiče, které jsou na něj připojeny. [15]

### Funkce střídače v ostrovním systému

Střídač (měnič) je nadstavbou pro ostrovní systémy, které běžně pracují pouze se stejnosměrným proudem. V některých případech potřebuje uživatel napájet spotřebiče střídavým napětím a proudem, například mobil, nebo notebook. Střídač umožňuje uživateli ostrovního systému využívat běžné spotřebiče z domácnosti, které pracují se střídavým proudem a napětím o 230 V. Střídač musí zvládat fungovat na systémovém napětí ostrovního systému, při výběrání střídače je nutné dbát na to, aby zvládl pracovat na 12 V, 24 V případně 48 V. Střídače se různí podle maximálního příkonu spotřebičů, jenž lze na střídač připojit. Střídač je nutné dimenzovat s dostatečnou rezervou v řádu desítek procent, z toho důvodu je nutné mít předem rozmyšleno, kolik spotřebičů musí najednou zvládnout a jaký je jejich celkový příkon. [15]

### 2.6.2 Systém s přímým napájením

Tato možnost se provádí v případech, kdy je připojené elektrické zařízení funkční jenom po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se o případ, kdy je propojen solární modul a spotřebič přes regulátor napětí (viz Obr. 7). Toto řešení se využívá například k čerpání vody pro zalévání, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, pohon protislunečních clon nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů. [16], [17]

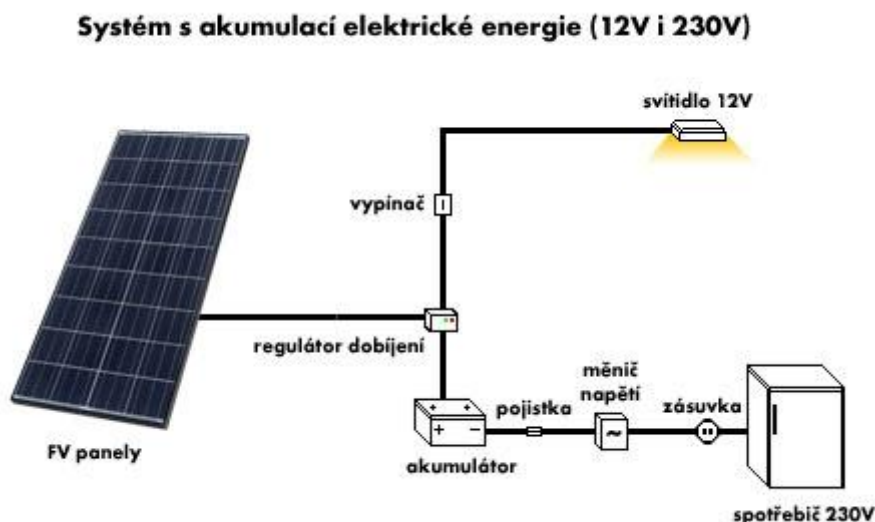


Obr. 7 Schéma fotovoltického systému s přímým napájením [17]

### 2.6.3 Systémy s akumulací elektrické energie

Tento typ se používá v případech, kdy je potřeba elektrické energie, ale v době kdy není přísun slunečního záření na fotovoltaické panely (zatažená obloha, noc). Proto jsou tyto systémy vybaveny speciálními akumulátorovými bateriemi, které jsou navrženy na pomalé nabíjení a vybíjení (viz Obr. 8). Užití automobilových akumulátorů je v tomto případě nevhodné, protože jsou konstruovány na vysoký proud za krátký časový interval. Správné nabíjení a vybíjení akumulátorů zajišťuje regulátor dobíjení. K ostrovnímu systému je možné připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí bývá 12 nebo 24 V), případně běžné síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz, které jsou napájeny napěťovým střídačem.

Aplikace těchto systémů je široká, lze je uplatnit jako zdroj energie pro chaty, objekty mimo civilizaci, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení, monitorovacích přístrojů v terénu, nebo pro osvětlení zahrad. [16], [17]



Obr. 8 Schéma fotovoltického systému s akumulací elektrické energie [17]

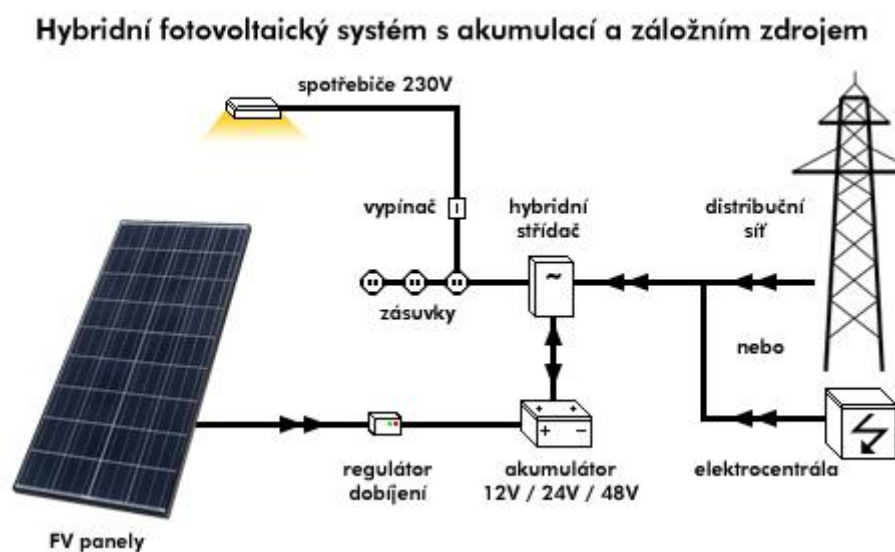
### 2.6.4 Hybridní fotovoltický ostrovní systém

Tento druh systému se používá v místech, na kterých je nutný celoroční provoz a kde se občas používá zařízení, jenž má vysoký příkon, avšak v zimním období je získané množství elektrické energie podstatně menší než v létě. Proto by bylo nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což ale způsobí zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení investičních nákladů. Proto se jeví jako lepší řešení, rozšířit systém

o doplňkový zdroj elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích, kdy je sluneční záření nedostatečné, nebo při provozu se zařízením, které má vysoký příkon. Variantami doplňkového zdroje elektřiny může být například větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka (viz Obr. 9).

Výhoda hybridních fotovoltaických systémů je, že v České republice na jejich instalaci není nutné povolení od distributora, ani licence (oproti klasickým FVE), jelikož je galvanicky oddělena od distribuční sítě. Další výhodou je, že tento systém dokáže využít 100 % energie vyrobené ve fotovoltaických panelech k vlastní spotřebě, dále pak investor ušetří za plyn, neboť je možné systém kombinovat s ohřevem teplé užitkové vody a topné vody pomocí zásobníku s topnými spirálami. Také je možné naistalovat nižší výkon ve fotovoltaických panelech a následně přidávat další panely a tím zvyšovat výkon. Je také možné na začátek instalovat jednofázový systém a později rozšířit hybridní fotovoltaickou elektrárnu na dvoufázový, nebo třífázový hybridní fotovoltaický systém.

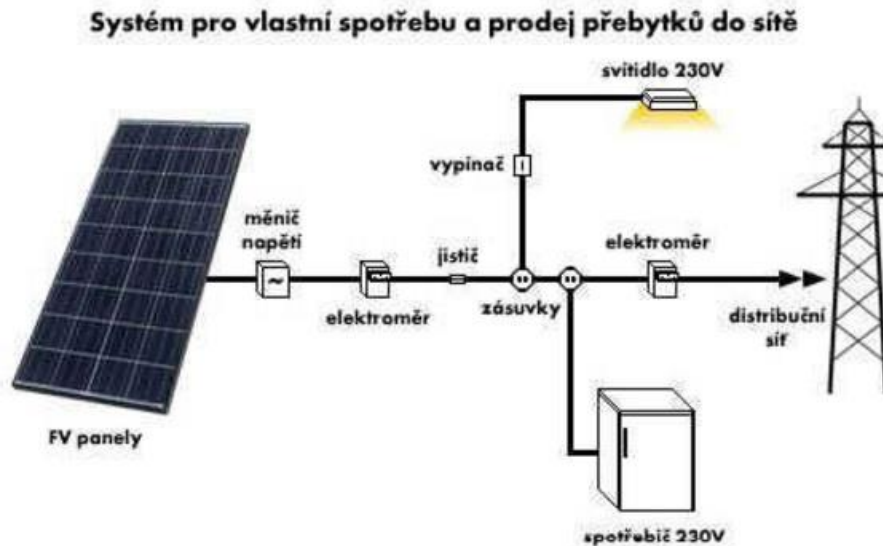
Tyto hybridní fotovoltaické elektrárny se hodí i pro firmy, jenž potřebují využít maximální výkon pro vlastní spotřebu a zároveň mít spolehlivý záložní zdroj pro případ výpadku elektrické energie. Firmě ale i rodinnému domu hybridní fotovoltaická elektrárna sníží náklady na elektřinu, zaručí větší energetickou nezávislost a bezpečnost. Navíc, pokud je baterie plná, a systém je připojen do elektrizační soustavy, lze přebytek energie, dodávat distributorovi do sítě za výkupní cenu. V opačném případě je možné snížit výkon systému panelů na pokrytí aktuální spotřeby. [17], [18]



Obr. 9 Schéma hybridního FV systému s akumulací a záložním zdrojem [18]

### 2.6.5 Systémy připojené na síť

Fotovoltaické systémy připojené k rozvodné síti (grid-connected), nejsou vzhledem k relativně dobré energetické síti a stálosti dodávek elektřiny vytvářeny kvůli nedostatku elektrické energie, jako tomu je u ostrovních systémů. Tyto zdroje jsou budovány jako posílení stávajících zdrojů v rozvodné soustavě o ekologické zdroje elektřiny (viz Obr. 10). Důvody pro instalaci jsou tyto: při výrobě elektřiny nevzniká oxid uhličitý, možné úspory energie, případně zisk. Systémy, které jsou připojeny na síť, bývají většinou umístovány na rodinných domech, nebo v průmyslových objektech. Energie, která se zde vyrobí, se buď spotřebuje na místě a případné přebytky se prodají do distribuční sítě, nebo je systém navržen pouze k výrobě a dodávání za výkupní cenu do distribuční sítě, to znamená bez žádné vlastní spotřeby. Pokud je elektrická energie spotřebována přímo v místě výroby (rodinný dům, výrobní podnik), ušetří investor za nákup a distribuci elektrické energie, kterou by musel nakoupit od obchodníka s elektřinou. Za vyrobenou a spotřebovanou elektřinu má podle zákona 180/2005 Sb. nárok na tzv. zelený bonus, což je příplatek k tržní ceně elektřiny pro ekonomickou udržitelnost obnovitelného zdroje energie. Vztahuje se na FVE připojené do konce roku 2013 po dobu dvaceti let. [19]



Obr. 10 Schéma systému pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě [20]

### 2.6.6 Systém pro výhradní prodej elektrické energie do sítě

Systém se skládá pouze z fotovoltaických panelů připojených na napěťový měnič a elektroměr, který slouží k odečtu energie vyrobené panely (viz Obr. 11). Tento okruh je připojen přes jistič a přepět'ovou ochranu ještě před hlavní elektroměr v daném objektu. To znamená, že všechna energie je dodávána do distribuční sítě za výkupní cenu. Vzhledem k výkupní ceně za energii se tento systém pro rodinný dům dnes nevyplácí. [16], [20]



Obr. 11 Schéma systému pro výhradní prodej elektrické energie do sítě [20]

### 2.6.7 Solární parky

Jedná se o fotovoltaické elektrárny, které nejsou umístěny na střeše, nebo fasádě domu, ale na volném prostoru, například na louce (viz Obr. 12). Tyto systémy jsou většinou rozsáhlé a pokrývají stovky metrů čtverečních a jejich výkony jsou v řádech stovek kWp až MWp, jediné co je omezuje je velikost a charakter dané oblasti a také dispozice dostatečné kapacitní elektrické přípojky pro dodávání energie do rozvodné sítě. Aby si panely vzájemně nestínily, navrhuje se plocha pozemku na 2,7 násobek plochy panelů. Panely jsou orientovány na jih. Fotovoltaickou elektrárnu je nutné oplotit z důvodu zabránění vniknutí neoprávněných osob.

Lokace pozemku se vybírá podle blízkosti vysokonapěťového vedení 22 kV, pokud není v dosahu žádné vedení, je nutné vybudovat samostatné vedení přímo k rozvodně. Sousedství fotovoltaické elektrárny v blízkosti obytné čtvrti nepředstavuje pro lidi žádný problém, protože provoz elektrárny je bezhlučný a nevypouští žádné emise. [16]

### Fotovoltaické panely

Každý panel se skládá z fotovoltaických článků, které jsou zapojeny sérioparalelně. Následně je celá elektrárna tvořena sérioparalelní kombinací panelů. Výkon panelů se uvádí v jednotkách Wp (Watt peak) to znamená, že se jedná o maximální hodnotu výkonu za ideálních podmínek, které jsou: nezastíněný panel, sluneční světlo dopadající kolmo na panel, ideální teplota, povrch panelu bez nečistot. Když je polojasno, klesá výkon zhruba na 35 %, při zatažené obloze až na 10 % udávaného maximálního výkonu. Běžné napětí panelů je 12, nebo 24V, zřídka 48V.

Panely bývají běžně vybaveny ochranným hliníkovým nebo duralovým rámem a jsou kryty speciálním tvrzeným sklem, které chrání panel před povětrnostními podmínkami (vítr, kroupy, údery větví). Mezi samotnými články a tvrzeným sklem se nachází další vrstva, která chrání články před mechanickým poškozením, může to být například světlopropustný gel Ethylen-vinyl acetát (EVA). Zadní stranu panelu chrání laminátová deska. Životnost panelů bývá udávána výrobcem na 25 let se zárukou, že účinnost po 10 letech neklesne pod 90 % a po 25 letech pod 80 %. [21]

### Regulátor resp. MTTP měnič

Vzhledem k tomu, že výroba energie fotovoltaickými elektrárnami závisí na počasí, které se mění a sním i napětí na výstupu panelů je nutno toto napětí regulovat. To má na starost solární regulátor. Běžné regulátory mají účinnost okolo 80%. Další alternativou je využití moderních typů regulátorů s vestavěným DC/DC měničem označované jako MTTP (maximum power point tracking) měniče. Jejich účinnost je kolem 95 až 98 %. V porovnání s klasickými regulátory jsou ovšem podstatně dražší. [21]

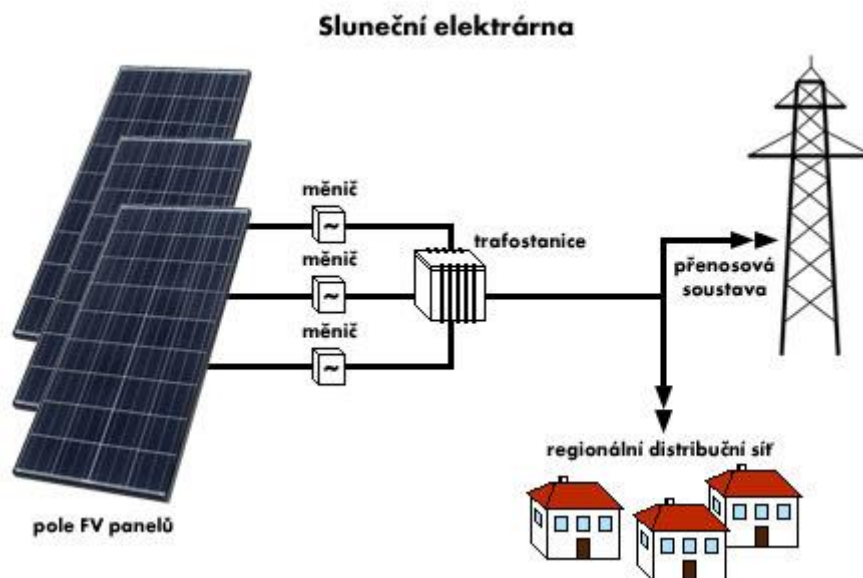
### Střídač

Měnič napětí neboli střídač, slouží k přeměně stejnosměrného napětí na střídavé. [21]



## Ochranné prvky

Jako ochrana proti zkratu se u větších systémů používají jističe. A jako ochrana proti přepětí, například úder blesku, se používají napěťové svodiče. [21]



Obr. 12 Schéma fotovoltaičné elektrárny [22]

## Deset největších fotovoltaičných elektráren v České republice

Podle Energetického regulačního úřadu bylo v České republice k 30. 9. 2016 v provozu 28 341 fotovoltaičných elektráren s celkovým instalovaným výkonem 2 127,1 MW. Téměř polovina uvedeného instalovaného výkonu je tvořena zdroji s instalovaným výkonem od 1 do 5 MW. V roce 2015 vyrobily České fotovoltaičné elektrárny 2,26 TWh elektřiny, což představuje přibližně 2,7 % celkového brutto výroby elektřiny v České republice. V tabulce je uvedeno deset největších fotovoltaičných elektráren v České republice. Největší fotovoltaičnou elektrárnou je FVE Ralsko (viz Obr. 2), která zahrnuje skupinu fotovoltaičných elektráren v lokalitách Ralsko a Mimoň. Soubor pěti elektráren vzdálených od sebe jednotky kilometrů zahrnuje FVE s instalovanými výkony 17,49 MW, 14,27 MW, 12,87 MW, 6,61 MW a 4,52 MW, celkový instalovaný výkon FVE Ralsko tedy činí 55,76 MW. FVE Ralsko byla uvedena do provozu v roce 2010 a jejím provozovatelem je společnost ČEZ Obnovitelné zdroje, s.r.o. [21]

Název provozovny	Instalovaný výkon (MW)	Obec	Kraj	Držitel licence
FVE Ralsko	55,76	Ralsko	Liberecký	ČEZ Obnovitelné zdroje s.r.o.
FVE CZECH VEPŘEK	35,10	Nová Ves	Středočeský	FVE CZECH NOVUM s.r.o.
FVE Ševětín	29,90	Ševětín	Jihočeský	ČEZ Obnovitelné zdroje s.r.o.
FVE Vranovská ves	16,03	Vranovská Ves	Jihomoravský	ČEZ Obnovitelné zdroje s.r.o.
Solar Stříbro s.r.o.	13,61	Stříbro	Plzeňský	Solar Stříbro s.r.o.
FVE ŽV – SUN s.r.o.	12,98	Chomutov	Ústecký	ŽV – SUN, s.r.o.
Fotovoltaická elektrárna Uherský Brod	10,21	Uherský Brod	Zlínský	Divalia a.s.
FVE Klenovka	8,43	Přelouč	Pardubický	FVE Klenovka s.r.o.
FVE Brno – Letiště Tuřany	8,12	Brno	Jihomoravský	BS Park I. S.r.o.
FVE Oslavany	7,99	Oslavany	Jihomoravský	REN Power CZ a.s.

Tab. 2 Přehled deseti největších fotovoltaických elektráren v ČR ( 2016 ) [21]

### 2.6.8 Fotovoltaické solární systémy s pohyblivým stojanem

Velmi zajímavým konstrukčním řešením je umístění fotovoltaických panelů na otočné zařízení, jenž má koncentrátory záření, kterými zvyšuje účinnost energetického zdroje až o 80 %. Díky otočnému zařízení se mohou fotovoltaické panely natáčet za Sluncem a tím zlepšovat svou efektivitu, jenž je největší pokud dopadá sluneční světlo kolmo na panel. Výhodou tohoto řešení je rychlá návratnost pořizovacích nákladů, které se rychle vyrovnají navýšením energetického výkonu soustavy. Další výhodou je, že systém pracuje automaticky a nepotřebuje neustálý dozor. Také zde není třeba externích zdrojů energie pro pohon otáčení, neboť se využívá energie slunečního záření vyrobená fotovoltaickými panely a vlastnosti použitých materiálů.

Je zřejmé, že výnosy energií klasicky instalovaných fotovoltaických systémů v České Republice se nemohou rovnat systémům umístěným na vysoce položených náhorních plošinách centrální Asie a Jižní Ameriky. Avšak díky nejrůznějším úpravám můžeme výnosy na našem území maximalizovat. [16]

### 2.7 Příklad instalace fotovoltaické elektrárny na rodinný dům

Pro uvedení reálných cen a hodnot je zde uvedena ukázka od společnosti ČEZ, která dodává řešení pro rodinný dům v podobě instalace 3 kWp a 5 kWp, pro využití energie na chod domácnosti a prodej přebytků do sítě. Byl zvolen instalovaný výkon 5 kWp s 20 panely typu Canadian Solar CS6P-255P pro střechy běžného rodinného domu. Společnost ČEZ uvádí, že návratnost investic je zhruba 10 let (viz Tab. 3).

Fotovoltaická elektrárna o výkonu 5 kWp je navržena pro střechy běžných rodinných domů s vytápěním na elektřinu. Z ekonomického hlediska je důležité spotřebovat maximum vyrobené elektřiny přímo v objektu. Při spotřebě energie v objektu lze ušetřit náklady v hodnotě od 2,5 do 4,0 Kč/kWh. Elektřina dodávaná do distribuční sítě se vykupuje za minimální cenu. Výhodou je že pro instalaci této elektrárny není od 1. 1. 2016 třeba licence ERÚ. [23]

Cena za elektrárnu	241 379 Kč (s 15% DPH)
Cena za elektrárnu s akumulací do vody (400 l)	327 112 Kč (s 15% DPH)
Cena za elektrárnu s akumulací do baterií (7,5 kWh)	471 500 Kč (s 15% DPH)
Instalovaný výkon	5 kWp
Výstupní napětí	400 V/ ~ 50 Hz / 3fáze
Panely	20 ks Canadian Solar CS6P-250P
Měnič napětí	1 x Fronius Symo 5.0-3-M
Montážní konstrukce	Schletter
Ukotvení modulů	všechny krytiny
Celková váha instalace	454 Kg
Životnost systému	až 30 let
Záruka na dílo	5 let
Výrobková záruka na měniče	5 let
Záruka na výkon panelů	25 let na 80 % výkonu panelů
Úspora na nákladech za elektřinu	až 53 %
Úspora CO <sub>2</sub> dle vyhlášky č. 425/2004 Sb.	3,72 t
Za dobu životnosti elektrárny ušetříte životnímu prostředí množství CO <sub>2</sub> , které odpovídá	cca 68 t hnědého uhlí

*Tab. 3 ČEZ nabídka FV elektrárny na rodinný dům [23]*

### 2.7.1 Výpočet energií FVE na rodinném domě

Pro instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny 5 kWp, je potřeba 20 kusů fotovoltaických panelů, které zaberou 32,7 m<sup>2</sup> plochy střechy a budou mít hmotnost 454 kg. Budeme brát v úvahu, že střecha s panely je orientovaná na jih a dům obývá čtyřčlenná rodina (viz Tab. 4). Přebytky energie z panelů se budou jednak ukládat do baterií a také používat k ohřevu vody. Je zde snaha co nejvíce spotřebovat elektrickou energii. Uvedené hodnoty byly vypočítány online programem z webové stránky:

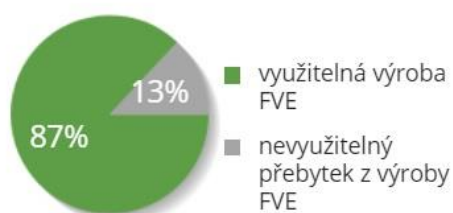
➤ <https://www.bydlimesfilipem.cz/cs/kalkulacky/kalkulacka-fotovoltaika> [24]

Orientace střechy:	jih
Počet osob v domácnosti:	4
Využít přebytky k ohřevu vody:	ano
Ukládat elektřinu do baterií:	ano
Spotřebič elektřiny, který určuje její sazbu:	bojler

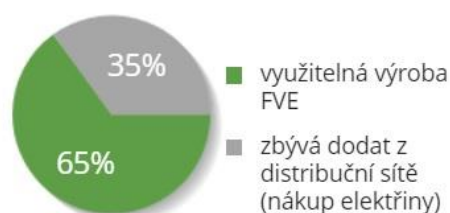
Tab. 4 základní údaje o rodinném domě [24]

## Základní přehled výsledků

### Využití FVE



### Úspora z nákupu energie



Obr. 13 Využití FVE a úspora z nákupu energie [24]

<b>Provozní náklady</b>	
Cena za nakoupenou elektřinu před instalací FVE	17 931 Kč/rok
Cena za nakoupenou elektřinu po instalaci FVE	6 358 Kč/rok
Úspora na nakoupené elektřině pomocí FVE	11 574 Kč/rok

Tab. 5 Provozní náklady FVE [24]

<b>Energetické parametry provozu fotovoltaické elektrárny</b>	
Celková hrubá výroba fotovoltaické elektrárny	4 872 kWh/rok
Z toho využitelná výroba FVE	4 216 kWh/rok
Podíl z celkové výroby	87%
Z toho nevyužitelný přebytek FVE	656 kWh/rok
Podíl z hrubé výroby	13%
Pokrytí roční spotřeby domácnosti pomocí FVE	65%
Zbývající energie, kterou je třeba nakoupit	2 316 kWh/rok
Podíl ze spotřeby budovy	35%

Tab. 6 Energetické parametry provozu FVE [24]

<b>Předpokládaná spotřeba domácnosti, kterou lze pokrýt z fotovoltaiky</b>	
Domácí spotřebiče	3 068 kWh/rok
Ohřev vody	3 464 kWh/rok
Celková roční spotřeba domácnosti	6 532 kWh/rok

Tab. 7 Předpokládaná spotřeba domácnosti [24]

### 3 Fototermika

#### 3.1 Historický vývoj solárních (termických) kolektorů

První prototyp plochého kolektoru patentoval v roce 1891 pan Clarenc M. Kemp, jenž byl majitelem továrny na kovové výrobky v Baltimore, USA. Tento vynález pojmenoval jako „Aparát pro využití slunečních paprsků pro ohřev vody“. Firma CM Kemp Manufactory působí dodnes.

Americký astrofyzik Charles Abbot poprvé patentoval v roce 1930 vakuové solární trubice, zkoumal sluneční konstantu a vynalezl také solární vařič.

Harry Zvi Tabor byl izraelský vědec a fyzik, který se zasloužil o vylepšení vlastností absorberu plochých i trubicových slunečních kolektorů. V roce 1955 vyvinul způsob, jak výrazně zvýšit účinnost tehdejších primitivních solárních kolektorů. Jde o spektrálně selektivní vrstvu na absorberu, která se užívá dodnes. [25]

#### 3.2 Historie a vývoj solárních kolektorů na území ČR

Přestože byl princip solárního (termického) kolektoru již dávno znám, započal intenzivní vývoj a používání tohoto systému západoevropskými státy až po roce 1973, kdy došlo k první světové ropné krizi. Avšak u nás se začalo, až v druhé polovině 70. let. Rozmach těchto systémů pak trval celá 80. léta. Pro rodinné domy se žádné systémy nenavrhovaly, jelikož návratnost investic vycházela zhruba na 50 až 70 let (elektrická energie a paliva byly dotované), přesto se navrhovala velká solární zařízení pro zemědělství a průmysl, protože tyto instituce měly nařízenou povinnost šetřit předepsané množství paliv a energií. Často se tato situace řešila, aniž by se zasáhlo do stávajících energetických zařízení (pracovaly stále s nízkou účinností), ale vybudoval se nový solární zdroj pro přípravu teplé vody a vypočítaly se fyzické úspory, které pak ministerstvo přijalo a prezentovalo. Další oblastí využití byly autokempy, koupaliště a podobně.

Naproti tomu se dnes solární kolektory běžně instalují na střechy rodinných domů k ohřevu teplé užitkové vody, nebo pro ohřev bazény atd. [25]

### 3.3 Princip solárních kolektorů

Základem slunečního kolektoru (solárního tepelného jímače) je absorbér, jedná se o plochou desku s neodrazivým (tmavým) povrchem, na níž jsou uchyceny trubice pro odvod ohřátého teplotnosného média (směs vody a nemrznoucí směsi). Uložením absorbéru do uzavřené skříně, která má jednu stěnu prosklenou, vznikne sluneční kolektor, který využívá „skleníkového efektu“. Za horších meteorologických podmínek a v zimním období má solární kolektor nižší výkon.

Podle teplotnosného média dělíme kolektory na kapalinové (viz Obr. 14) a vzduchové, respektive kombinované. Sluneční absorbéry přeměňují dlouhovlnné sluneční záření na tepelnou energii. Ta je buď odváděna pomocí teplotnosného média (kapalina, vzduch) proudícího trubicemi absorbéru do místa okamžité spotřeby, anebo akumulována v zásobníku.

Kolektory dělíme podle tvaru na ploché a trubicové (mají absorbér zataven ve vakuové trubici). Vakuum snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při dosažení vyšších výstupních teplot; používá se i u plochých kolektorů.

Kvalitní solární kolektory mají absorbér opatřený spektrálně selektivní vrstvou (speciální černá barva, nebo galvanické pokovení), mají vyšší účinnost a dokáží mnohem lépe zpracovat i difuzní záření.

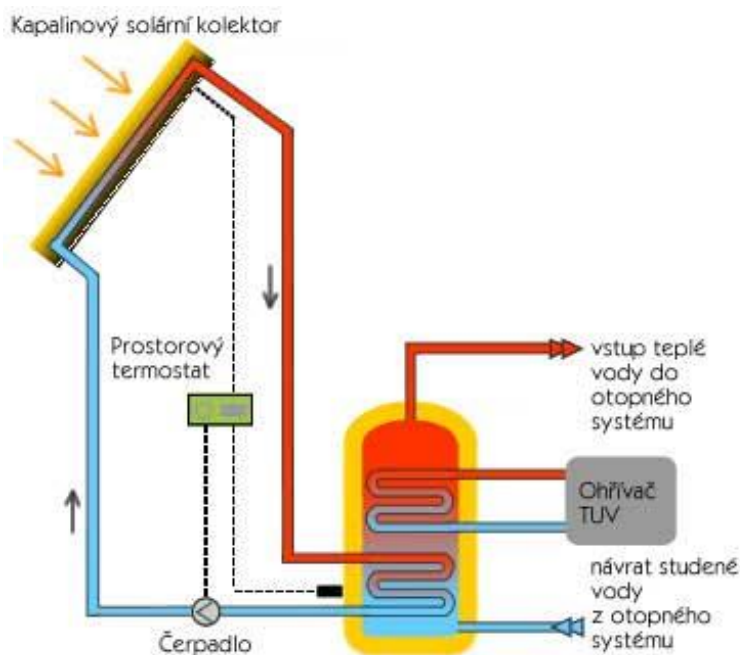
Solární zásobník slouží pro přípravu teplé vody, doplňkově se ohřívá tepelnou energií z ústředního vytápění a při nedostatku sluneční energie, elektřinou. Objem zásobníku musí odpovídat ploše kolektorů, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Z hygienických důvodů je žádoucí alespoň jednou týdně ohřát obsah zásobníku na 72 °C, neboť při provozu za nízkých teplot a malém odběru se mohou rozmnožit nežádoucí mikroorganismy.

Solární výměník tepla je v zásobníku umístěn co nejnižší, nad ním je výměník okruhu ústředního vytápění a nejdříve je elektrické topné těleso. Plochy výměníků musí být navrženy s ohledem na materiál, z něhož jsou vyrobeny, na teplotu kapaliny v solárním okruhu a dále na průtok a objem zásobníku.

Přívodní potrubí by mělo být co nejkratší s kvalitní tepelnou izolací, navržené na odpovídající požadovaný průtok, teplotu a tlak teplotnosné kapaliny v solárním okruhu. Oběhové čerpadlo zajišťuje cirkulaci teplotnosné kapaliny.



Armatury zabezpečují správnou funkci z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti včetně kontroly a regulace (manometr, teploměr, zpětný ventil). Vyrovnávání tlaku vlivem značného kolísání teploty zajišťuje expanzní nádoba, jejíž konstrukce a umístění musí odpovídat předpokládané maximální teplotě, objemu a tepelné roztažnosti teplotnosné kapaliny. Jako ochrana proti extrémnímu zvýšení tlaku při výpadku elektřiny se instaluje pojistný ventil. Automatická regulace zabezpečuje optimální výkon systému, chrání ho před poškozením a umožňuje potřebnou regulaci tepla mezi spotřebiči. [1], [3]



Obr. 14 Princip solárního ohřevu vody dvouokruhový systémem [26]

### 3.4 Konstrukce solárního kolektoru

#### Fototermický článek

Fototermický článek je zařízení sloužící k přímé přeměně sluneční energie na teplo. Základem je solární kolektor (solární sběrač), který slouží k pohlcování, shromažďování a přeměně slunečního záření na teplo (ohřev vody), které je odváděno pomocí kapaliny, nebo vzduchu k místu využití, nebo uložení. [1], [3]

#### Pouzdro kolektoru

Jedná se o základ solárního systému, je složen z izolované ocelové vany, absorbéru, trubkového registru a solárního skla. Sluneční záření dopadá na plochu kolektoru a více než 90 % proniká speciálním solárním sklem a předává svou energii absorbéru kolektoru, tepelná energie získaná absorbérem se přenáší do trubkového registru, ve kterém obíhá

teplonosná kapalia (voda, nebo směs vody a propylenglykolu), která je tímto teplem velmi rychle ohřátá. Takto ohřátá kapalina vystupuje z kolektorové jednotky, vstupuje do výměníku přes čerpadlo a jde opět zpět do kolektoru. [1], [3]

### **Solární sklo**

Sklo má největší vliv na ztráty prostupem a odrazem. Kvalitní skla bývají bezbarvá, s prostupností slunečního záření více jak 92 %. Z bezpečnostních důvodů se skla vyrábějí jako kalená tloušťky 3,2 až 4 mm. Pevnost skla se navrhuje tak, aby bylo odolné proti rozbití například od krupobití, úderu větví a podobně. Sklo je v případě rozbití konstruováno tak, aby se rozpadlo na malé tupé částečky. [1], [3]

### **Absorbér kolektoru**

Absorbér (jímací plocha) slouží k přeměně dopadajícího slunečního záření na využitelné teplo, jež převádí do trubkového registru, který je naplněn solární kapalinou (viz Obr. 15). Přijímá přímé i difuzní záření. Solárním sklem prochází více než 90 % sluneční energie, která se dále předává absorbéru. Absorbér je vytvořen nejčastěji ze speciálních hliníkových, nebo měděných lamel, nebo měděného plátu, které jsou pokryty vysoce selektivním spektrálním nánosem (speciální černá barva s příměsí skla, nebo jiných krystalických látek) charakterizovaným vysokou absorptivitou a minimální emisivitou. Díky této vrstvě může kolektor přijímat přímé i difuzní záření. Absorbér a trubkový registr musí být tepelně vodivě spojeny, aby mohlo docházet k předávání tepla. [1], [3]

### **Trubkový registr**

Jedná se o měděné trubky ve tvaru H, U, nebo zakroucené do různých meandrů. Trubkový registr a absorbér se spojují nalisováním, přitlačení pružnými spojkami, přivařením nebo opláštěním absorbéru. [1], [3]

### **Solární zásobník**

V solárním zásobníku se získaná tepelná energie předává a ohřívá se tak TUV (teplá užitková voda). V letních měsících je výkon systému dostatečný a TUV je dostatek, avšak v přechodném období a zimně je vhodné k ohřevu TUV použít topná tělesa. [1], [3]

### **Solární hnací jednotka**

Solární hnací jednotka zajišťuje cirkulaci teplonosné solární kapaliny systémem. [1], [3]

### Solární kapalina

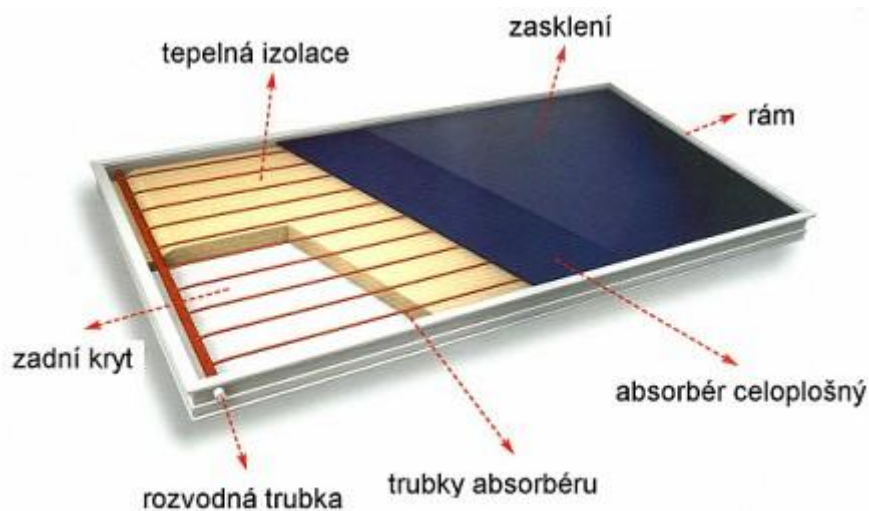
Solární kapalina je nositelem tepla, musí mít dobrou tepelnou vodivost. Požaduje se od ní rychlé ohřátí v kolektoru a rychlé předání naakumulovaného tepla ve výměníku. Důležitým požadavkem je, aby kapalina měla bod tuhnutí minimálně  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kvůli užívání v zimních měsících. Dále se také vyžaduje ochrana proti korozi. Teplonosná kapalina se vyrábí na bázi manopropilenglykolu, který má modrou nebo zelenou barvu. [1], [3]

### Solární regulace

Automaticky řídí chod celé soustavy, pomocí teplotních čidel vyhodnocuje rozdíl teplot v zásobníku a na výstupu kolektoru, dle nastavené diference zabezpečuje spínání, nebo mění otáčky oběhového čerpadla. U levnějších regulátorů bývají diference pevně nastaveny a uživatel nemá možnost do regulace dál vstupovat. U dražších je možné programovatelné řízení a zákazník si jej může pomocí PC nastavit. [1], [3]

### Pojistný ventil

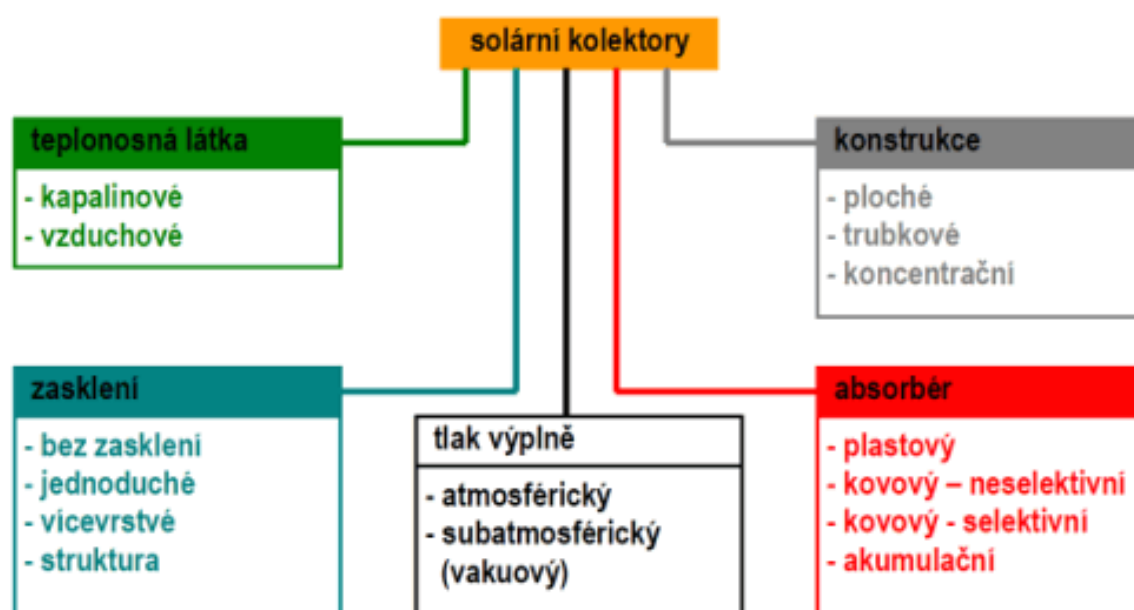
Slouží jako pojistka proti extrémnímu zvýšení tlaku pokud dojde k výpadku energie. [1]



Obr. 15 Řez solárním kolektorem [27]

### 3.5 Rozdělení solárních kolektorů

Základní rozdělení solárních kolektorů je uvedeno v diagramu (Obr. 16). Jednotlivé solární kolektory se rozlišují podle druhu použité teplotnosné látky. Drtivá většina použitých solárních kolektorů v ČR, využívá jako teplotnosnou látku vodu, konkrétně nemrznoucí směs vody a propylenglykolu. U kapalinových kolektorů je absorber tvořen trubkami protékajícími teplotnosnou kapalinou, jež odvádí teplo z povrchu absorberu. Naopak vzduchové kolektory jsou v ČR používány zřídka. [1]



Obr. 16 Rozdělení solárních kolektorů [28]

### 3.6 Typy solárních kolektorů

#### 3.6.1 Nekryté (nezasklené) kolektory

Díky tomu, že tyto kolektory nemají kryt (zasklení), nedochází ke ztrátám při odrazu na skle jako u zasklených verzí, nevýhodou jsou velké tepelné ztráty. Zasklené kolektory mají mezi krytem a absorberem vzduchovou mezeru, která snižuje tepelné ztráty absorberu do okolí (sáláním, konvencí), avšak u nezasklených jsou výkon a účinnost kolektoru velmi ovlivněny okolním prostředím. Z důvodu zvyšující se rychlosti větru rostou tepelné ztráty a výkon kolektoru prudce klesá. Proto jsou nezasklené kolektory vhodné spíše k nízkoteplotnímu ohřevu vody pro bazény, nebo předehřevu studené vody.

Nekryté absorbery se vyrábějí většinou z plastu, který dokáže odolat ultrafialovému záření (polypropylen), avšak nevýhodou užití těchto plastů pro solární kolektory je horší odolnost v extrémních podmínkách a snížení jejich celkové životnosti. Řešením těchto nedostatků mohou být kovové nezasklené absorbery z nerezů s trvanlivými vysoce pohltivými povlaky, které jsou někdy kombinovány s nízkoemisními vrstvami (selektivní povlaky). [1]

### 3.6.2 Ploché atmosférické kolektory

Tyto kolektory mají ploché zasklení a plochý absorber. Dnes jsou běžné ploché kolektory s jednoduchým zasklením solárním sklem v čirém nebo texturovaném provedení a se selektivním povrchem absorberu na bázi keramicko-kovových vrstev, nebo galvanických povlaků (viz Obr. 17). Tepelně vodivý absorber může být tvořeným jedním celoplošným, nebo děleným do lamel. Absorpční plocha je navařena na trubkovém registru, skrze který proudí kapalina a odvádí teplo. Kolektorová skříň je zhotovena buď z jednoho výlisku, nebo ze složených profilů a vyplněna tepelnou izolací. Lisovaná skříň je utěsněna čímž chrání vnitřní části před degradací vlhkem. Skříň složená z profilů je netěsná a musí mít větrací otvory pro odvod vlhkosti a zamezení rosení na skle kolektoru. Ploché solární kolektory s jednoduchým zasklením jsou nejrozšířenějšími kolektory pro přípravu teplé vody, nebo přitápění, tvoří zhruba 80 % trhu. To je způsobeno poměrem výkonu a ceny. [1]



Obr. 17 Plochý atmosférický kolektor [29]

### 3.6.3 Ploché vakuové kolektory

Využívají sníženého tlaku v prostoru těsné skříně kolektoru, aby dosáhly nízké tepelné ztráty kolektoru tak, že omezí volné proudění vzduchu mezi absorberem a zasklením, nebo zadní stěnou kolektoru (kolektorová skříně nemá izolaci). Skříně kolektoru musí mít dobrou těsnost, z toho důvodu se lisuje jako bezešvá vana, která je vepředu uzavřena solárním sklem, které je napojeno na vanu se speciálním tepelně odolným těsněním. Aby sklo neprasklo z důvodu působení vnějšího atmosférického přetlaku, nebo úderem předmětu je vyztuženo rastrově uspořádanými nerezovými elementy, které slouží k podpoře (viz Obr. 18).

Pro ploché vakuové kolektory je důležité, aby byla zajištěna jejich těsnost vnitřního prostoru a také možnost opětovně vakuovat kolektor. Tyto kolektory jsou většinou provozovány za podmínek mírného vakua. Pomocí vývěvy se vytváří tlak od 1 do 10 kPa. Kolektor je vyráběn z takových materiálů, které fungují jako samotěsnící, pod tlakem se více svírají a utěsňují. Skříně kolektoru je vybavena ventilem pro připojení k vývěvě, jestliže je nezbytné vnitřní prostor opět vakuovat. Pro indikaci ztráty vakua a výšení tlaku v kolektoru slouží manometr. Zbytkový vzduch se může nahradit vzácným plynem, například argonem, který má nižší tepelnou vodivost. [1]



Obr. 18 Plochý vakuový kolektor [29]

### 3.6.4 Trubkové vakuové kolektory

Trubkové vakuové kolektory mají válcové zasklení, prostor mezi absorbérem a zasklením je vakuován na velice nízký tlak, pod 1 mPa (viz Obr. 19). Vysoké vakuum díky téměř dokonalé absenci molekul plynů minimalizuje přenos tepla vedením a konvekcí ve vakuovém prostoru a přenos tepla mezi absorbérem a zasklením má za následek sálání. Aby se ve vakuovém prostoru trubky nenacházely další plyny, používají se tzv. getry, které pohlcují molekuly plynů. Během výroby je po odsání vnitřního prostoru getrová vložka indukčně zahřáta na vysokou teplotu, tím se báriem odpaří a následně se usadí na dně skleněné trubky jako stříbrná vrstva. Getr stále pokračuje v pohlcování molekul, které se tam mohou dostat během provozu a udržuje tak stabilní vakuum. Pokud dojde k průrazu vakuové trubky a dovnitř se dostane vzduch, getrová usazenina změní během reakce s plyny barvu (zhnědne, zbledá) a tím indikuje poruchu. [1]



Obr. 19 Solární trubkový vakuový kolektor [30]

### 3.6.5 Trubkové kolektory s jednostěnnou trubkou

Klasický druh vakuových kolektorů pracuje na principu jednostěnné uzavřené skleněné trubky, v níž je umístěna plochá lamela absorbéru, která má selektivní povrch. Odvod tepla z absorbéru zajišťuje tepelná trubice skrze protékající registr tvaru U, nebo přímo protékáním koncentračním potrubím. Uvnitř trubky je vakuum o tlaku 1 mPa. Jednostěnné trubky se vyrábějí v průměrech od 40 do 150 mm z boritokřemičitého skla, které má vysokou pevnost a odolnost proti změnám teplot. Kvalitní jednostěnné trubky mají antireflexní povlak, který zlepšuje propustnost slunečního záření (až 96 %). Kolektory vybavené jednostěnnou trubkou a plochým absorbérem mají velice dobrý přestup tepla z absorbéru na výparník tepelné trubice, nebo kapalinu přímo protékající potrubím.

Aby tento druh kolektorů mohl správně a efektivně fungovat, je nutné pečlivě utěsnit prostup tepelné trubice. Pro takovýto případ se používá slitina niklu a železa, která má stejný součinitel tepelné roztažnosti jako použité boritokřemičité sklo. [1]

### 3.6.6 Trubkové kolektory s dvoustěnnou trubkou (Sydney)

Sydney trubka je v provedení dvojitěnné koncentrační celoskleněné trubky (jako termoska), přičemž vnitřní skleněná trubka slouží jako válcový absorbér k zachycení slunečního záření a jeho následné přeměně na teplo, vnější krycí trubka slouží jako zasklení k ochraně absorbéru před nepříznivým počasím. Prostor mezi trubkami je během výroby zataven a vakuován na tlak menší než 1 mPa.

Tyto trubky jsou vyráběny z boritokřemičitého skla s nízkou tepelnou roztažností. Spektrálně selektivní povrch na trubce je tvořen keramicko-kovovým vícevrstevným povlakem na bázi nitridu hliníku (Al-N-Al). Většina těchto trubek je vyráběna v Číně. Sydney trubky mají přímoprotékaný trubkový registr, nebo mají tepelnou trubici. Problémovým místem Sydney kolektorů je přenos tepla z vnitřního povrchu vnitřní absorpční trubky, do teplonosné kapaliny, hlavně napovrch potrubí přímo protékaného U registru nebo na povrch výparníku tepelné trubice. To zajišťuje teplosměrná vodivá lamela, která je vyrobena z hliníku, nebo mědi. Tato lamela by měla mít co nejlepší kontakt jak s vnitřním povrchem absorpční trubky, tak s potrubím pro odvod tepla (U-registr, tepelná trubice). Avšak toto není vždy zajištěno a špatný přenos tepla z absorpčního povrchu do teplonosné kapaliny se projeví nepříznivě na celkové účinnosti kolektoru. U kolektorů se Sydneyho trubkou není problém s utěsněním vakua a prostupů potrubí, jako je tomu u kolektorů s jednostěnnými vakuovanými skleněnými trubkami, který má tvar absorbéru jako ploché lamely.

Kolektory se Sydneyho trubkami je možné osadit odraznými zrcadly (reflektory), které zvýší množství energie, dopadající na absorbér. Tyto kolektory se nehodí do horských oblastí, jelikož velké množství sněhu je může svou vahou poškodit. [1]



### 3.6.7 Koncentrační kolektory

Koncentrační kolektor je typ kolektoru, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k umístění a soustředění přímého slunečního záření, které prochází aperturou kolektoru do ohniska (absorbéru) o mnohem menší ploše, než je plocha apertury. Jako koncentrační kolektory se považují ploché kolektory s vnějším zrcadlem (viz Obr. 20), nebo kolektory s vakuovými Sydney trubkami s reflektory. Základní podmínkou pro účinné použití koncentračních kolektorů je dostatek energie přímého slunečního záření v průběhu roku. [1]



*Obr. 20 Koncentrační solární kolektor [31]*

### 3.6.8 Koncentrační kolektory s Fresnelovou lineární čočkou

Lineární Fresnelova čočka koncentruje přímé sluneční záření do lineárního ohniska, v němž je umístěn absorbér z hliníkového profilu s vyvločkovanou měděnou trubkou, který slouží k přeměně soustředěného slunečního záření na teplo. To je následně z absorbéru odvedeno nosnou kapalinou, která jím prochází do zásobníků TUV. Poloha ohniska Fresnelových čoček se mění v závislosti na poloze Slunce. Proto je rám s absorbéry pohyblivý a řídicí elektronika kolektoru zajišťuje, že se absorbéry budou vždy nacházet v místě s největší intenzitou slunečního záření, tzn. v ohnisku čoček. [1]

## 3.7 Typy solárních termických soustav

Solární termické soustavy se dělí na aktivní, které mají cirkulaci teplotně nosné kapaliny zajištěnou pomocí čerpadla, a pasivní, které využívají samotížnou gravitační cirkulaci kapaliny. Rozdíl mezi těmito soustavami je ve způsobu jakým předávají solární energii získanou z kolektorů do akumulární nádrže sloužící k ohřevu vody. [32]

### 3.7.1 Aktivní soustavy pro celoroční provoz v ČR

Tyto soustavy pracují na principu předávání tepelné energie teplonosné nemrznoucí (nekorodující) solární kapalině, která toto teplo dále předává vodě v zásobníku. Tok kapaliny v oběhu systému zajišťuje malé elektrické čerpadlo, které má minimální spotřebu elektrické energie. V případě malého rodinného domu se tato částka za energii pro čerpadlo pohybuje od 100 do 300 Kč za rok, což je zanedbatelné. Avšak pouze aktivní soustavy jsou vhodné do klimatických podmínek panujících v České republice. [32]

### 3.7.2 Pasivní soustavy (gravitační)

Vzhledem ke klimatu v České republice nejsou tyto systémy vhodným řešením pro celoroční provoz. Důvodem je malá odolnost proti zamrznání a nemožnost v případě zamrznutí odstranit námrazu tím, že by se do trubek vháněla ohřátá voda, která by rozpustila led, protože soustava nemá čerpadlo.

Pracují na fyzikálním principu konvekce, to znamená, že ohřátá voda sama bez pomoci čerpadla stoupá nahoru do zásobníku a studená klesá dolů do solárních kolektorů, kde se ohřívá.

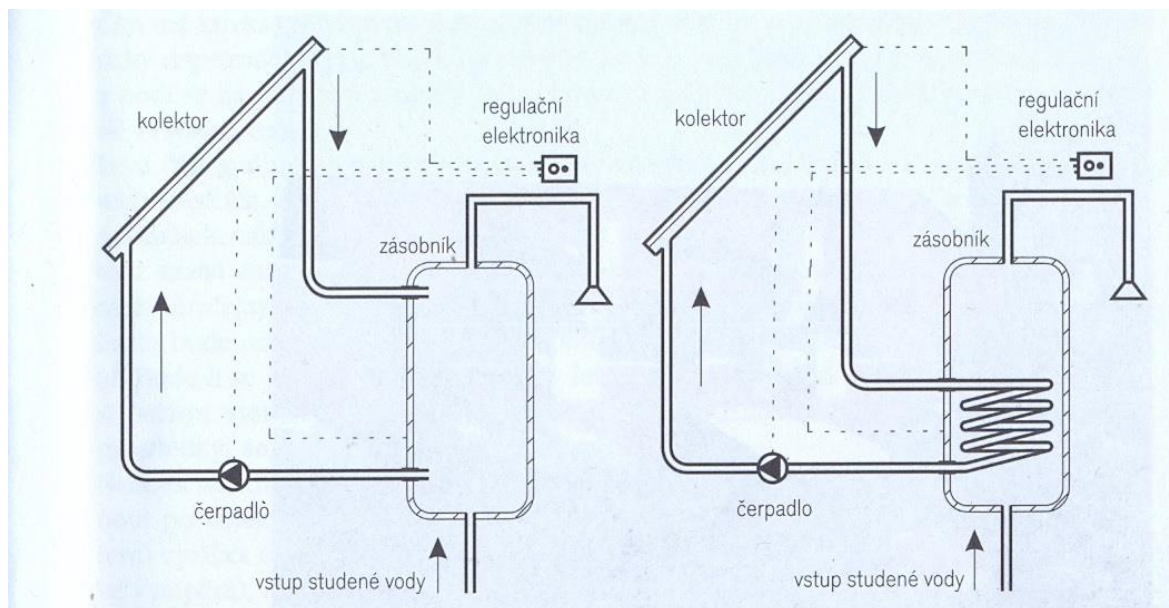
Gravitační soustava je levnější, avšak zisk energie, který z ní můžeme dostat je o 30 % nižší než u soustav, které jsou vybaveny nuceným oběhem. [32]

## 3.8 Rozdělení podle počtu okruhů

Systémy pro ohřev vody se rozdělují podle počtu okruhů na jednookruhové a dvouookruhové (viz Obr. 21).

Jednookruhové systémy nemají výměník tepla a ohřívají vodu přímo, výhodou je vysoká účinnost přenosu tepla, cena a jednoduchost. Avšak slouží pouze pro sezónní provoz, například k ohřevu bazénu. Nevýhody jsou tvorba bakterií a řas v systému, při nízkých teplotách hrozí zamrznutí vody. Kvůli používání neupravené vody z vodovodu se kolektor i systém zanáší a koroduje.

Dvouookruhové systémy mají výměník tepla a dva nezávislé okruhy. V prvním okruhu se voda dostává z kolektorů do tepelného výměníku, kde své teplo předává. Druhý okruh přebírá teplo z výměníku a převádí ho na místo spotřeby, do solárního zásobníku. Nespornou výhodou je možnost celoročního provozu. Nevýhodou je horší účinnost kvůli ztrátám, cena a složitost systému. [3]



Obr. 21 Schéma jednookruhového a dvouokruhového systému [3]

### 3.9 Příklad instalace solárních kolektorů na rodinný dům

Systém pro ohřev vody pomocí solárních kolektorů může u průměrné domácnosti ušetřit až 14 000 Kč ročně. Životnost systému se pohybuje okolo 25 let i více. To znamená, že celková úspora bude 350 000 Kč, není-li brána v úvahu inflace. Běžný systém ohřevu vody solárními kolektory, pro průměrnou domácnost, vychází okolo 49 000 Kč, pokud je k němu schválena dotace 35 000 Kč.

V období od března do října není potřeba žádného záložního zdroje (plynový kotel, elektrická patrona), protože je intenzita slunečního záření dostatečná a kolektory dokážou ohřát vodu sami. Solární kolektory jsou schopny ušetřit až 70 % nákladů za energii na ohřev vody během celého roku.

Pro příklad instalace systému na ohřev vody pomocí solárních kolektorů byla zvolena nabídka od společnosti Schlieger. Tento systém pro rodinný dům je navržen pro čtyři až pět osob.

Firma Schlieger uvádí životnost svých kolektorů 20 až 25 let. Avšak jednou za pět let je nutné vyměnit teplotnosnou kapalinu, protože se často přehřívá na 120 °C nebo i na 150 °C, a tím se snižuje její účinnost.

Průměrná provozní účinnost solárního kolektoru je od 50 % do 60 %. Sklon solárních kolektorů by měl být 45 °. Sklon je efektivní po celý rok. Během zimy je slunce níž, proto je zapotřebí vyšší sklon kolektorů, aby světlo dopadalo kolmo na kolektory.

V létě postačí nižší sklon, světla je dostatek a dochází k tepelným přebytkům. [32]

### 3.9.1 Popis solárního kolektoru EuroSol-K02

Jedná se o vakuový trubicový kolektor s technologií heat pipe. Tato technologie zajišťuje maximální výkon i při nepříznivých podmínkách.

Tento druh kolektoru v sobě kombinuje technologie plochého a trubicového kolektoru. V porovnání s plochým kolektorem má o 30 % větší účinnost a to především v ranních a večerních hodinách. Kolektor je vybaven absorpční vrstvou na bázi tinoxu a dvojitou izolační vrstvou z vakua. Díky tomu je tento kolektor schopný zachovat své výkonnostní hodnoty i hluboko pod bodem mrazu, a proto je vhodný pro celoroční používání. [32]

### 3.9.2 Výhody solárního kolektoru EuroSol-K02

- Vakuové trubice s technologií heat pipe zamezují tepelným ztrátám i při velice nízkých teplotách.
- Mají vysoce selektivní absorber
- Mají dlouhá životnost

<b>Počet trubic</b>	20 ks
<b>Plocha aperatury</b>	2,35 m <sup>2</sup>
<b>Energetický výstup kolektoru</b>	1439 W
<b>Pracovní tlak</b>	0,06 MPa
<b>Pracovní teplota</b>	99 °C
<b>Stagnační teplota</b>	213 °C
<b>Koeficient tepelné ztráty</b>	0,0042 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
<b>Tepelná kapacita</b>	12,1 kJ/m <sup>2</sup> K
<b>Optická účinnost</b>	0,612
<b>Průtokové části sběrače</b>	1,2 mm měď
<b>Izolační vrstva</b>	50 mm polyuretan
<b>Šířka</b>	1640 mm
<b>Výška</b>	2000 mm
<b>Tloušťka</b>	200 mm

Tab. 8 Základní technické údaje o kolektoru EuroSol-K02 [32]

### **3.9.3 Konstrukce solárního systému pro ohřev vody**

- System se skládá z dvou solární vakuových kolektorů Euro K02-20T.
- Zásobník teplé vody na 250 l (s dvěma vnořenými výměníky).
- Dvoustoupačková čerpadlová skupina MEIBES.
- Řídící jednotka pro ovládání solárního systému a bivalentního zdroje.
- Ostatní příslušenství (plnicí a bezpečnostní ventil, teplotní čidla, expanzní nádoba).

Cena systému na klíč se zařízenou dotací 35 000kč včetně instalace vyjde na 58 700 Kč. [32]

## 4 Porovnání FV panelů a solárních kolektorů k ohřevu TUV

Často kladenou otázkou bývá, zda jsou lepší k ohřevu vody solární kolektory či fotovoltaické panely ohřívající vodu v bojleru. Pro ohřev vody je nejdůležitějším faktorem intenzita slunečního záření v daném místě instalace. [33]

### 4.1 Účinnost solárních kolektorů a fotovoltaických panelů

Plocha FV panelů a solárních kolektorů se navrhuje podle velikosti střechy. Díky této informaci je možné vypočítat, kolik lze z instalované plochy získat energie. Za běžných podmínek je účinnost fotovoltaických panelů 5 % u tenkovrstvých a 20 % u nejlepších panelů monokrystalických, což je mnohonásobně méně, než u kvalitních solárních kolektorů, které mají účinnost 40 až 60 %. Avšak zisky solárních kolektorů jsou v zimě nižší. Důvodem je, že jejich účinnost závisí na teplotním rozdílu mezi teplonosnou kapalinou a okolím. Pokud teplota klesne pod bod mrazu, solární kolektory nejsou schopny ohřívat teplonosnou kapalinu na vyšší teplotu. [33]

### 4.2 Výnos energie

Je-li brán v úvahu dopad slunečního záření  $1000 \text{ kW/m}^2$ , pak je možné u fotovoltaických panelů uvažovat výnos 50 až  $200 \text{ kW/m}^2$  elektřiny ročně. Na druhé straně u solárních kolektorů dochází v podmínkách ČR zcela běžně k solárním tepelným výnosům, poskytují okolo  $400 \text{ kW/m}^2$  a více. Z toho důvodu se považují solární kolektory jako lepší alternativa k ohřevu vody, protože jsou mnohem efektivnější. [33]

### 4.3 Životnost fotovoltaických panelů a solárních kolektorů

Odhadovaná životnost fotovoltaických panelů je asi třicet let. Avšak velkou nevýhodou je pokles účinnosti, který běžně bývá až 20 % někdy i více v období životnosti panelů. Nejčastějším případem je degradace funkční vrstvy a laminační fólie. U solární kolektorů je degradace absorpční vrstvy téměř nulová. Tyto systémy mají životnost standardně třicet let a více. [33]

### 4.4 Vliv zimního období na solární systém

Určujícími parametry jsou teplota okolo bodu mrazu, nízké sluneční záření a úhel dopadu na solární panely, nebo kolektory. V případě že intenzita slunečního záření se bude pohybovat okolo  $100 \text{ W/m}^2$  budou oba tyto systémy vykazovat jen minimální zisky. [33]

#### 4.5 Shrnutí

Dokud hodnota účinnosti fotovoltaických panelů nedosáhne alespoň účinnosti solárních kolektorů, bude vždy výhodnější a efektivnější použití solárních kolektorů k ohřevu užitkové vody. Přestože ceny fotovoltaických panelů klesají, stále jsou fotovoltaické systémy ekonomicky nákladnější, než systémy solárních kolektorů. [33]

## 5 Výhody a nevýhody FVE a ostrovního systému

### 5.1 FVE obecně

#### Výhody:

- Výroba energie fotovoltaickými panely probíhá bez emisí a škodlivých látek.
- Zdrojem je Slunce, tedy nevyčerpatelný zdroj energie.
- Provoz je bezhlučný.
- Jednoduchá instalace fotovoltaického systému.
- Provoz zařízení prakticky nevyžaduje obsluhu.
- Snadná elektronická regulace.
- Krátká doba výstavby.
- Zařízení mají vysokou provozní spolehlivost.

#### Nevýhody:

- Výroba energie je proměnlivá (počasí, roční doba).
- Poměrně malá účinnost přeměny energie.
- Vysoké investiční náklady.
- Nutnost podpory dotačními programy od státu.
- Životnost cca 30 let. Avšak účinnost se může po 25 letech snížit až na 80 %.
- V České republice je poměrně nízká intenzita slunečního záření.
- Krátká průměrná roční doba slunečního svitu.
- Nutnost záložního zdroje elektřiny. [34]



## 5.2 FVE připojená na síť

### Výhody:

- Mnoho firem působících na trhu nabízí tzv. řešení na klíč.
- Léty prověřená technologie s minimem provozních závad.
- Výroba je téměř bezúdržbová.
- Technicky jednoduchá konstrukce (FV panely, ochrany a střídač).
- Životnost panelů je cca 30 let, střídačů pak zhruba 5 až 8 let.

### Nevýhody:

- Pracuje pouze, když je připojena k veřejné síti, během výpadku sítě ji není možné využívat.
- Velice závisí na dotační politice ČR, někteří výrobci FVE díky dotačním změnám ukončují činnost.
- Politika cen za, které je energie vykupována, může být v nejhorším případě změněna i pro existující instalaci.
- Je nutné nechat schválit parametry elektrárny a připojení distributorem.
- Není možné zasahovat do již zprovozněné FV elektrárny, protože změna parametrů by vedla ke ztrátě dotací a nutnosti nového schvalování připojení.

### 5.3 Malé ostrovního řešení, bez zálohování ze sítě

#### Výhody:

- Lze dimenzovat od 200 Wp = jeden panel. Jedná se o řešení na balkóny, chaty i rodinné domy.
- Životnost panelu je cca 20 let, regulátorů a střídačů zhruba 5 až 8 let, u baterií záleží na typu cca 2 až 15 let.
- Není nutné nic schvalovat ani dodatečně danit zisky, nebo odebírat dotaci.
- U tohoto systému je možné později měnit, nebo rozšiřovat jeho vlastnosti, a to smí i poučený uživatel.

#### Nevýhody:

- Nepříliš rozšířené řešení, málo zkušeností.
- Životnost baterií je omezená, pokles na 80 % kapacity u olověných 2 až 5 let, ale například LiFeYPO až 20 let.
- Výkon je omezen, záleží na střídači. Nehodí se pro zařízení s vyšší spotřebou, jako jsou bojler, svářečky, větší motory a podobně.
- V zimním období dochází k omezení množství vyrobené energie.
- Nejedná se o zcela bezúdržbové zařízení.
- Návratnost investic více než za 10 let. [34]

## 6 Podpora a legislativní opatření v ČR

### 6.1 Legislativa

Níže je uveden seznam zákonů a vyhlášek týkající se legislativy podporovaných zdrojů energií. Všechny právní předpisy je možné najít na internetových stránkách Ministerstva vnitra České republiky.

*„a) Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, dále jen zákon č. 165/2012 Sb. (od 1. 1. 2013 nahradil zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, ve znění pozdějších předpisů).“*

*„b) Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) ve znění pozdějších předpisů, dále jen energetický zákon.“*

*„c) Vyhláška ERÚ č. 296/2015 Sb., o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech). (Pro předchozí roky příslušné platné verze vyhlášek ERÚ č. 347/2012 Sb. nebo 475/2005 Sb.).“*

*„d) Vyhláška ERÚ č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou (nahradila vyhlášku č. 541/2005 Sb.).“*

*„e) Vyhláška ERÚ č. 9/2016 Sb. o postupech registrace podpor u operátora trhu a provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie (registrační vyhláška) (nahradila vyhlášku č. 346/2012 Sb.).“*

*„f) Vyhláška ERÚ 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě (nahradila vyhlášku č. 51/2006 Sb.).“*

*„g) Vyhláška MPO č. 145/2016 Sb. o vykazování elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie (vyhláška o vykazování energie z podporovaných zdrojů), (nahradila vyhlášku č. 478/2012 Sb.).“*

„h) Vyhláška MPO č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů, způsob využití obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a uchovávání dokumentů o použitém palivu, biologicky rozložitelná část komunálního odpadu, požadavky na kvalitu biometanu a kritéria udržitelnosti pro biokapaliny.“

„i) Vyhláška MPO č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů (nahradila vyhlášku č. 453/2012 Sb.).“

„j) Vyhláška MPO č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny nebo tepelné energie.“

„k) Vyhláška MPO č. 82/2011 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny, ve znění pozdějších předpisů.“

„Cenové rozhodnutí: Energetický regulační úřad zveřejňuje rozsah a výši podpory pro podporované zdroje energie v cenovém rozhodnutí.“

„a) Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 5/2015 a 9/2015, 4/2016, kterými se stanovuje podpora podporovaným zdrojům energie pro rok 2016“ [35]

## 6.2 Nová zelená úsporám

Jedná se o dotaci garantovanou státem na úsporu energií a podporu využívání obnovitelných zdrojů energií pro rodinné a bytové domy. Nyní probíhá již třetí výzva programu pro rodinné domy od 22. 10. 2015 a lze se o ní ucházet až do konce roku 2021. Mimo jiné tato výzva podporuje fotovoltaiku a solární systémy k ohřevu vody. Příspěvek je možné získat jak na fotovoltaickou elektrárnu, tak na solární kolektory, včetně příspěvku na vyhotovení posudku. Program Nová zelená úsporám zahrnuje tyto programy:

**„A. Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů**

- *dotace na zateplení obálky budovy - výměnou oken a dveří, zateplením obvodových stěn, střechy včetně vegetačních \*, stropu, podlahy*
- *podporována dílčí i komplexní opatření“*

**„B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností**

- *dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností a také změna dokončené budovy, která před zahájením změny nesplňuje definici rodinného domu“*

**„C. Efektivní využití zdrojů energie**

- *dotace na výměnu neekologického zdroje tepla (spalující například uhlí, koks, uhelné brikety) za efektivní ekologicky šetrné zdroje (například kotel na biomasu, tepelné čerpadlo s elektrickým či plynovým pohonem \*, plynový kondenzační kotel) nebo napojení na soustavu zásobování teplem s vyšším než 50% podílem OZE*
- *na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem*
- *na instalaci solárních termických a fotovoltaických systémů*
- *na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu*
- *podpora na využití tepla z odpadní vody \**
- *podpora na zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy“*

*„Zahájení příjmu žádostí: 22. října 2015*

*Ukončení příjmu žádostí: vyčerpáním stanovené alokace nebo nejpozději do 31. prosince 2021*

*Alokace finančních prostředků: dle aktuálních výnosů z prodeje emisních povolenek“*

[36]

### 6.2.1 Kdo může o podporu požádat

„Oprávněnými žadateli a příjemci podpory jsou vlastníci nebo stavebníci rodinných domů, a to jak fyzické osoby, tak i právnické osoby. Podporu nelze poskytnout na výměnu kotlů na tuhá paliva ve vlastnictví fyzických osob provedenou po 15. 7. 2015 (včetně), které mají možnost získat podporu v rámci Operačního programu Životní prostředí 2014-2020, Prioritní osy 2, Specifického cíle 2.1 - Snižit emise z lokálního vytápění domácností podílející se na expozici obyvatelstva nadlimitním koncentracím znečišťujících látek. Není-li v Operačním programu Životní prostředí 2014 – 2020, prioritní osa 2, specifický cíl 2.1 – „Snižit emise z lokálního vytápění domácností podílející se na expozici obyvatelstva koncentracím znečišťujících látek“ pro daný kraj, v němž se rodinný dům nachází, stanoveno pozdější rozhodné datum způsobilosti výdajů. V takovém případě se pro posouzení možnosti podání žádosti v tomto Programu použije rozhodné datum způsobilosti stanovené pro příslušný kraj. \*\*“ [36]

### 6.2.2 Způsob podání žádosti

„Žádost o poskytnutí podpory se podává výhradně elektronicky prostřednictvím online formuláře žádosti dostupného na webových stránkách Programu.“ [36]

### 6.2.3 Základní pravidla

„Žádat je možné před zahájením, v průběhu nebo po dokončení realizace podporovaných opatření. Celková výše podpory na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů a je vyplácena až po řádném dokončení realizace podporovaných opatření, tzn. až po vydání Registrace a rozhodnutí. V případě, že jsou naplněny znaky veřejné podpory, je nutné žádat v režimu de minimis nebo tzv. blokové výjimky, podpora je pak omezena také pravidly těchto režimů. Maximální výše podpory pro jednoho žadatele je v rámci této výzvy stanovena na 5 mil. Kč. Rozhodné datum pro stanovení způsobilosti výdajů je max. 24 měsíců před datem zaevidování žádosti do informačního systému a zároveň ne dříve, než 1. 1. 2014. Na jeden rodinný dům lze uplatnit jen jednu žádost, ta ale může obsahovat kombinaci opatření z více podoblastí podpory.

\*) O tuto podporu je možné žádat až od 9. ledna 2017.

\*\*) Účinné od 9. ledna 2017.“ [36]

### 6.3 Podmínky podpory fotovoltaické elektrárny na rodinný dům

„V rámci oblasti C a podoblastí C.3.3., C.3.4. a C.3.5. je možné požádat o finanční podporu na pořízení fotovoltaického (FVE) systému na vlastní rodinný dům. Jedná se o fotovoltaické elektrárny, systémy na ohřev vody fotovoltaikou a hybridní systémy s akumulátory. Výše podpory může dosáhnout až 100 000 Kč na dům. Kromě investiční podpory je u každého projektu možné požádat o příspěvek na zpracování posudku a dokumentace ve výši 5 000 Kč (podoblast C5). Aby bylo vyhověno požadavkům na získání podpory, musí systém splňovat určité parametry.“ [37]

**„Pro všechny podoblasti, tj. FVE systémy, které mohou získat podporu, je společné, že:**

- Instalovaný výkon FVE nepřesáhne 10 kWp.
- Minimální účinnost panelů je 10 % (tenkovrstvé) a 15 % (mono a polykrystalické.)
- FVE bude umístěna na rodinném domku, nikoli např. na zahradě.
- Pro fotovoltaiku s výkonem do 10 kWp a nesloužící k podnikání (tzn. elektřina z ní není určena na prodej, ale na vlastní spotřebu) není potřeba licence ani živnostenský list. Instalací a provozem takové elektrárny se z uživatele nestává podnikatel.“ [37]

**„Solární fotovoltaický systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem, neboli „boiler napájený fotovoltaikou“ (podoblast C.3.3.)**

- FVE musí být optimalizována v závislosti na zátěži (např. MPP trackerem).
- Celý systém nesmí být propojen s distribuční soustavou.
- Fotovoltaika musí pokrývat minimálně 50 % tepla na přípravu teplé vody.
- Objem zásobníku teplé vody musí být min. 80 litrů na každý instalovaný kWp fotovoltaiky.
- Maximální dotace ve výši 35 000 Kč.“

**„Fotovoltaická elektrárna připojená k síti a se zásobníkem teplé vody (podoblast C.3.4.)**

- Na rozdíl od předchozího systému je zde možné mít elektrárnu připojenou do sítě a elektřinu z ní používat i mimo ohřev vody. Ten zde slouží jako možnost ukládání přebytků, aby nespotřebovaná elektřina zbytečně nepřetékala do sítě.
- Celkový využitelný zisk v budově, tzn. roční množství vyrobené elektřiny použité v domě, dosáhne alespoň 1700 kWh (průměrná měrná roční výroba FVE v ČR je 1000 kWh/1 kWp).
- Celkový využitelný zisk v budově (min. 1700 kWh) zároveň tvoří alespoň 70 % elektřiny vyrobené z FVE. Tzn. maximálně 30 % výroby může přetéct do sítě.
- FVE je připojena k distribuční soustavě a to až po 1. 1. 2016.
- Měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %.
- Objem zásobníku teplé vody musí být min. 80 litrů na každý instalovaný kWp fotovoltaiky.
- Maximální dotace ve výši 55 000 Kč.“

**„Malá fotovoltaická elektrárna připojená k síti, vybavená bateriemi s využitelnou roční výrobou min. 1700 kWh (podoblast C.3.5.)**

- Celkový využitelný zisk v budově, tzn. roční množství vyrobené elektřiny použité v domě, dosáhne alespoň 1700 kWh (průměrná měrná roční výroba FVE v ČR je 1000 kWh/1 kWp)
- Celkový využitelný zisk v budově (min. 1700 kWh) zároveň tvoří alespoň 70 % elektřiny vyrobené z FVE. Tzn. maximálně 30 % výroby může přetéct do sítě.
- FVE je připojena k distribuční soustavě a to až po 1. 1. 2016.
- Měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %.
- Systém musí být vybaven baterií o velikosti 1,75 kWh na každý instalovaný kWp fotovoltaiky.
- Maximální dotace ve výši 70 000 Kč.“



*„Větší fotovoltaická elektrárna připojená k síti, vybavená bateriemi s využitelnou roční výrobou min. 3000 kWh (podoblast C.3.6.)*

- *Celkový využitelný zisk v budově, tzn. roční množství vyrobené elektřiny použité v domě, dosáhne ročně alespoň 3000 kWh (průměrná měrná roční výroba FVE v ČR je 1000 kWh/1 kWp).*
- *Celkový využitelný zisk v budově (min. 3000 kWh) zároveň tvoří alespoň 70 % elektřiny vyrobené z FVE. Tzn. maximálně 30 % výroby může přetéct do sítě.*
- *FVE je připojena k distribuční soustavě a to až po 1. 1. 2016.*
- *Měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %.*
- *System musí být vybaven baterií o velikosti 1,75 kWh na každý instalovaný kWp fotovoltaiky.*
- *Maximální dotace ve výši 100 000 Kč.“ [37]*

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.4	C.3.5	C.3.6
Celkový využitelný zisk v budově	$Q_{FV,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	≥ 1 700	≥ 1 700	≥ 3 000
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	[%]	70	70	70
Akumulace přebytků energie do teplé vody	-	Povinná	Možná	Možná
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulační nádrže	[l·kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup> ]	80 <sup>1)</sup>	-	-
Akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů	-	Možná	Povinná	Povinná
Minimální měrná kapacita akumulátorů	[kWh·kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup> ]	-	1,75/1,25	1,75/1,25

**Poznámka**

<sup>1)</sup> popř. minimálně 120 litrů celkem, viz. podmínky pro podoblast C.3.4

*Obr. 22 Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.4, C.3.5 a C.3.6 [37]*

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč/dům]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přítápění	50 000
C.3.3	Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	100 000

Obr. 23 Výše podpory v podoblasti podpory C.3 [37]

### Podmínky podpory solárního termického systému na rodinný dům

- „Podmínky podoblastí podpory C.3.1 a C.3.2 – solární termické systémy Podporovány jsou systémy na přípravu teplé vody (podoblast podpory C.3.1) a systémy na přípravu teplé vody a přítápění (podoblast podpory C.3.2).“
- „Podporovány jsou pouze solární termické systémy s kolektory splňující minimální hodnotu účinnosti  $\eta_{sk}$  dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie. Podmínkou pro poskytnutí dotace v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2 je dosažení parametrů uvedených na obrázku 24.“ [37]

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	bez požadavku	$\geq 2200$
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	$\geq 350$	$\geq 280$
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50	bez požadavku
Minimální měrný objem akumulačního zásobníku tepla vztahený k celkové ploše apertury	[l.m <sup>-2</sup> ]	45	45

Obr. 24 Výše podpory v oblasti podpory C.4 [37]

## Závěr

Instalace FVE na rodinný dům může v některých případech nahradit většinu dodávek energie z distribuční sítě, například ostrovní systém nebo hybridní FVE. Tyto řešení jsou především vnímány jako možná úspora pro domácnost a částečná energetická soběstačnost. Představa, že by veškeré domácnosti v České republice byly ze dne na den díky těmto systémům nezávislé na dodávkách energie z ostatních typů elektráren, není v dohledné době reálná. Je to dáno vysokými pořizovacími náklady, v případě že by nebyly poskytnuty dotace, účinností FV článků, podnebím a omezenou životností panelů. Přesto má smysl tyto systémy podporovat, protože jsou ekologické, zároveň při svém chodu neznečišťují ovzduší v dané lokalitě a uživatelé těchto systémů ušetří finance za elektrickou energii. Navíc v dnešním světě, kdy se západní velkoměsta potýkají s hrozbou blackoutů (výpadků sítě v důsledku její přetížení) představují obnovitelné zdroje energie alternativu, jak energetické síti odlehčit zatížení a předejít těmto krizím.

V České republice tyto systémy představují možnost, jak ušetřit náklady za energie spojené s chodem rodinného domu, elektřina, ohřívání teplé užitkové vody. Například hybridní fotovoltaický systém s akumulací do baterií dokáže ušetřit až 80 % energie využívané v domácnosti. Přebytečnou energii je možné dodávat do sítě, byť za velmi nízkou cenu. U hybridních FVE s akumulací do baterií se cena pohybuje okolo 250 000 Kč a výš (po odečtení dotace), záleží na typu baterie.

Díky výzkumu nových technologií fotovoltaických článků se zvyšuje jejich účinnost, možnost využití a naopak klesá cena. Čímž se stává tento druh obnovitelného zdroje energie pro průměrného občana ČR dostupnějším, čemuž napomáhají i státní dotace, které pokryjí zhruba polovinu pořizovací ceny.

Další možností, jak ušetřit peníze za energie spojené s chodem domácnosti, je pořízení solárních kolektorů sloužících k ohřevu teplé užitkové vody, nebo bazénu. Jsou levnější než FV panely, mají vyšší účinnost, ale lze je použít pouze na ohřev vody, vytápění, chlazení, nikoliv k výrobě elektřiny.

Z mého pohledu je určitě lepší dotovat lidi, kteří mají o tyto technologie zájem a dobrovolně si je na svůj dům pořídí, než podporovat četné výstavby velkých slunečních elektráren (fotovoltaických parků), jejichž vlastníkům jde pouze o využití lukrativních dotací a co nejvyšší zisk na úkor koncového odběratele elektrické energie, jako se tomu dělo v předešlých letech.

## 7 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 254 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.
- [2] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [3] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. Alternativní energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: EkoWATT ;, ERA, 2003, 125 s. ISBN 80-86517-59-4.
- [4] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. Fotovoltaika, elektřina ze slunce. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, 81 s. 21. století. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [5] Wikipedie – Světlo. [online]. 2017. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo>
- [6] Ivana Ulbrichová – Sluneční záření. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: [http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta\\_EKOL/lesazareni/slunecnizareni.htm](http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/lesazareni/slunecnizareni.htm)
- [7] Isofen Energy – Teorie fotovoltaiky. [online]. 2009. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.elekttrinazestrechy.cz/fotovoltaika.aspx>
- [8] Isofen Energy – Fotovoltaika v podmínkách České republiky. [online]. 2009. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [9] Wikipedie – Fotovoltaika. [online]. 2017. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika>
- [10] Zelená energie – Vývoj fotovoltaiky. [online]. 2016. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.zelena-energie.org/vyvoj-fotovoltaiky/>
- [11] Wikipedia – Fotovoltaika v Česku. [online]. 2016. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika\\_v\\_%C4%8Cesku#Extern.C3.AD\\_odkazy](https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika_v_%C4%8Cesku#Extern.C3.AD_odkazy)
- [12] Tzb-energ – FOTOVOLTAIKA. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>
- [13] Czech RE Agency – Fotovoltaika pro každého. [online]. 2009. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>
- [14] Ekologické bydlení – Efektivnější solární články zachycují větší část slunečního spektra. [online]. 2017. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>

- [15] Solární experti – Jak funguje ostrovní fotovoltaický systém?. [online]. 2015. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovní-off-grid-fotovoltaický-system/>
- [16] Publi.cz – Fotovoltaické solární systémy s pevným stojanem. [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/04.html>
- [17] Elg-electric – Fotovoltaické elektrárny. [online]. 2008. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.elgelectric.com/oblast-cinnosti/slaboproude-technologie/fotovoltaicke-systemy>
- [18] SOLARENVI a.s.. – Hybridní fotovoltaický systém. [online]. 2014. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/a-7-hybridni-fotovoltaický-system.html>
- [19] České slunce – solární systémy. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.ceskeslunce.cz/solarni-systemy.html>
- [20] Bestservis – Fotovoltaika. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://amsself.sweb.cz/fotovoltaika.htm>
- [21] O energetice – Fotovoltaické elektrárny. [online]. 2017. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti/>
- [22] Energia Jarás – SOLÁRNA ENERGIA. [online]. 2010. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.energia-jaras.sk/sk/solarna-energia.html>
- [23] SKUPINA ČEZ – FOTOVOLTAIKA. [online]. 2017. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/fotovoltaika.html>
- [24] Bydlíme s Filipem – Kalkulačka fotovoltaika. [online]. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <https://www.bydlimesfilipem.cz/cs/kalkulacky/kalkulacka-fotovoltaika>
- [25] TOPIN – Topenářství instalace - Historie solárních termických kolektorů a soustav – 1. část. [online]. 2017. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/clanky/historie-solarnich-termicky-kolektoru-a-soustav-1-cast-detail-1038>
- [26] Topenáři EKOMPLEX – Solární vytápění. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni.php>
- [27] Solární energie – Kompletní sestavy solárních systémů (čerpadlo) pro ohřev TUV [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <https://www.solarnienergie.cz/solarni-ohrev-tuv-nuceny-system/>

- [28] TZB-INFO – Typy solárních kolektorů. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [29] JH SOLAR – Ploché kolektory. [online]. 2011. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.jhsolar.cz/e-shop/default.aspx?idkat=45>
- [30] Heat-pipe – Galerie instalací solárních kolektorů Pramen. [online]. 2011. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.heat-pipe.cz/galerie.html>
- [31] TechPark – Nové trendy ve vývoji solárních kolektorů. [online]. 2008. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.techpark.sk/technika-122013/nektere-nove-trendy-ve-vyvoji-solarnich-kolektoru.html>
- [32] THERMO SOLAR Žiar – SOLÁRNÍ ČESKO. [online]. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <https://www.solarnicesko.cz/solarni-kolektory.php?gclid=CKOhqfarmNQCFVRAGwodR6AAPg>
- [32] SCHLIEGER – Solární systém EuroSol XL. [online]. 2015. Dostupné z: <http://www.schlieger.cz/solarni-system-eurosol-xl/>
- [33] Kocián - Solární systémy – Fotovoltaiku nebo solární kolektory. [online]. 2015. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://solarnisystemynaohrevvody.cz/dalsi-clanky/280-fotovoltaiku-nebo-solarni-kolektory>
- [34] KOLAŘÍK, Martin – Porovnání rozdílů a možností jednotlivých fotovoltaických řešení. [online]. [cit 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.ostrovni-elektrarny.cz/index.php?page=porovnani>
- [35] ERÚ – Často kladené dotazy. [online]. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/casto-kladene-dotazy#1>
- [36] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM - 3. výzva pro rodinné domy. [online]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/>
- [37] TZB-INFO – Příspěvek an fotovoltaiku pro rodinné domy v Nové zelené úsporám. [online]. 2015. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/13476-prispevek-na-fotovoltaiku-pro-rodinne-domy-v-nove-zelene-usporam>