

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Energetické zásobení domu pomocí ostrovního FV systému**

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**Fakulta elektrotechnická**  
**Akademický rok: 2013/2014**

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

Jméno a příjmení: **Miroslav HLAVÁČEK**  
Osobní číslo: **E11B0444P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Energetické zásobení domu pomocí ostrovního FV systému**  
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

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


1. Stanovte energetické nároky zásobení rodinného domu.
2. Navrhněte ostrovní FV systém umožňující samostatné zásobení elektrinou domu a spolupráci s distribuční sítí.
3. Proveďte ekonomické vyhodnocení navrženého systému.

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


- 1. doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.,**  
**VŠB-TUO, FEI, katedra elektroenergetiky,**  
**Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.,**  
**VŠ-TUO, FEI, katedra elektroenergetiky - Ostrovní napájecí systémy**  
**využívající OZE**

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**

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



  
Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

## **Abstrakt**

Předmětem bakalářské práce „Energetické zásobení domu pomocí ostrovního FV systému“ je vypracování energetických požadavků rodinného domu a především návrh ostrovního fotovoltaického systému pro tento objekt. Úvodní část se zabývá problematikou světelného záření a jeho přeměny na energii. Nedílnou složkou je popis nejrozšířenějších FV článků na trhu, včetně nastínění výroby a účinností. Další část práce popisuje přímo typy ostrovních systémů a možnosti jejich použití. Následně je zde popsán rodinný dům s jeho energetickou náročností, ale i náročnost použitých spotřebičů. Hlavním řešeným problémem je popsání návrhu celého systému včetně cenové kalkulace s hodnocením návratnosti financí při pořizování ostrovního FV systému.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaika, solární systém, obnovitelný zdroj energie, sluneční záření, ostrovní systém, fotoelektrický jev, fotovoltaický článek, spotřeba elektrické energie

## **Abstract**

The objective of bachelor thesis „Energy supply house with the island PV system“ is creation of energy requirements of a house and especially design island photovoltaic system for this object. The introductory part deals with the issue of light and transformation into energy. This thesis contains a description of the most common solar cells on the market including the outline of manufacturing and efficiency of solar cells. Next part describes the types of off-grid systems and their use. Another part describes a family house including energy performance and also used household appliances. An integral part is to describe the system design including costing with assessment acquisition costs of stand-alone system.

## **Key words**

Photovoltaic, solar system, renewable energy resource, solar radiation, stand-alone system, photoelectric effect, photovoltaic cell, electric energy consumption

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/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/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 8.6.2014

Miroslav Hlaváček

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Emilu Dvorskému, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 FYZIKÁLNÍ PODSTATA SVĚTLA</b> .....	<b>11</b>
1.1 SLUNCE .....	11
1.2 SVĚTLO .....	12
<b>2 FOTOVOLTAICKÁ PŘEMĚNA ENERGIE</b> .....	<b>14</b>
2.1 FOTOLEKTRICKÝ JEV .....	14
2.1.1 Fotovodivost .....	14
2.1.2 Fotovoltaický jev .....	15
2.1.3 Fotoemise .....	16
<b>3 FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK</b> .....	<b>16</b>
3.1 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO ČLÁNKU .....	16
3.2 TYPY SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ .....	18
3.2.1 Monokrystalické články .....	18
3.2.2 Polykrystalické články .....	18
3.2.3 Polykrystalické pásové křemíkové články .....	18
3.2.4 Tenkovrstvé solární články .....	19
3.2.5 Amorfni křemíkové články .....	20
3.2.6 Články CIS (Copper-Indium-diSelenid).....	21
<b>4 OSTROVNÍ FV SYSTÉM</b> .....	<b>21</b>
4.1 SYSTÉM S PŘÍMÝM NAPÁJENÍM .....	21
4.2 SYSTÉM S AKUMULACÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	22
4.3 HYBRIDNÍ SYSTÉM .....	22
<b>5 ENERGETICKÉ NÁROKY RODINNÉHO DOMU</b> .....	<b>23</b>
5.1 POPIS OBJEKTU .....	23
5.2 TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ RD .....	25
5.2.1 Vytápění a ohřev teplé vody.....	25
5.2.2 Osvětlení a spotřebiče v RD .....	26
5.3 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI RD .....	27
<b>6 NÁVRH OSTROVNÍHO FV SYSTÉMU</b> .....	<b>30</b>
6.1 OSTROVNÍ FV SYSTÉM VE SPOLUPRÁCI S DISTRIBUČNÍ SÍTÍ .....	32
6.1.1 Počet FV panelů .....	34
6.1.2 Počet akumulátorů .....	34
6.1.3 Střídač .....	35
<b>7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ FV SYSTÉMU</b> .....	<b>35</b>
7.1 NÁVRATNOST FV SYSTÉMU .....	36
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>38</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>40</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>1</b>
PŘÍLOHA A – VÝPOČET NÁVRATNOSTI FV SYSTÉMU .....	1
PŘÍLOHA B – TECHNICKÝ LIST – FV PANEL POLYSOL 250MS .....	2
PŘÍLOHA C – TECHNICKÝ LIST – SUNNY HOME MANAGER .....	4
PŘÍLOHA D – TECHNICKÝ LIST – SUNNY BOY 5000TL .....	5
PŘÍLOHA E – TECHNICKÝ LIST- SUNNY ISLAND 5048 .....	6



## Seznam symbolů a zkratek

AGM	Absorbed glass matt	
Al	Aluminium (Hliník)	
As	Arsen	
B	Bor	
B	Magnetická indukce	[T]
Ca	Vápník	
CIS	Copper-indium-diSelenid (Dvojselenid mědi india)	
ČR	Česká republika	
D	Elektrická indukce	[C/m <sup>2</sup> ]
d	Tloušťka	[m]
DPH	Daň z přidané hodnoty	
E	Intenzita elektrického pole	[V/m]
E <sub>a</sub>	Výstupní práce	[-]
E <sub>p</sub>	Kapacita akumulátoru	[Wh]
EVA	Ethylén vinyl acetát	
FV	Fotovoltaický	
FVE	Fotovoltaická elektrárna	
Ga	Gallium	
H	Intenzita magnetického pole	[A/m]
i	Elektrický proud	[A]
In	Indium	
LED	Light emitting diode (Dioda emitující světlo)	
NPV	Net Present Value	
P	Fosfor	
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System	
RD	Rodinný dům	
Sb	Antimon	
Si	Křemík	
t	čas	[s]
TCO	Transparent conductive oxide	
TV	Teplá voda	
Zn	Zinek	
λ	Tepelný součinitel	[W/mK]
λ	Vlnová délka	[nm]
λ <sub>0</sub>	Mezní hodnota vlnové délky	[nm]
ρ	Objemová hustota	[C/m <sup>3</sup> ]

## Úvod

Hlavním cílem této práce je navrhnout ostrovní fotovoltaický systém, který bude pracovat ve spolupráci s distribuční sítí. Ostrovní FV systémy jsou určeny především pro rekreační objekty, jako jsou chaty, energeticky nenáročné objekty a pro objekty, kde není navedena elektrická rozvodná síť. Jedná se tedy o obnovitelný zdroj energie, který je v poslední době velice vyhledávaný, protože je celkově v dnešní době kladen velký důraz na ohled k životnímu prostředí. V současné době se často využívají hybridní systémy, které jsou kombinací fotovoltaického systému s dalšími zdroji obnovitelné energie, jako například větrné elektrárny. Ekonomicky se tento systém vyplatí hlavně za předpokladu velkých finančních nákladů na výstavbu distribuční sítě, kdy je objekt umístěn na odlehlém místě. Proto jsem si pro tuto práci zvolil menší RD, na který by se ostrovní FV systém dal navrhnout i za předpokladu celoroční spotřeby elektrické energie.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. V první teoretické části je popsána fyzikální podstata světla a Slunce, která navazuje na princip přeměny světla na energii. Dále jsou zde detailněji rozebrány nejrozšířenější typy fotovoltaických článků, jejich princip a technologie výroby. V tomto oddílu je také popsán princip ostrovního FV systému a jeho možnosti výstavby. V aplikační části je posouzena energetická náročnost rodinného domu. Výpočet této náročnosti je brán odhadem, neboť nebyly k dispozici žádná reálná data, ze kterých by se dal celý výpočet realizovat. Z toho vyplývá, že návrh celého systému pro zvolený objekt je pouze orientační a výsledné ekonomické zhodnocení, které je také součástí práce, by se za reálných podmínek pohybovalo v odlišných hodnotách. V návrhu systému jsou popsány i klimatické podmínky v České republice, hlavně pak úhrn dopadajícího slunečního záření.

# 1 Fyzikální podstata světla

## 1.1 Slunce

Slunce se vyskytuje ve vesmíru jako běžná hvězda, avšak pro Zemi je důležitou součástí, nýbrž slouží jako největší zdroj světla ve Sluneční soustavě. V jádru Slunce se uvolňuje jaderná energie, která je způsobena termonukleárními reakcemi. Přesun energie z jádra Slunce k jeho povrchu může trvat i několik set tisíc let. Zde je poté vyzařována elektromagnetickým zářením a nabitých částic známých také pod názvem „sluneční vítr“. Na povrch Země se dostává pouze část záření, protože část je pohlcena atmosférou a část je odražena od atmosféry. Rozhodujícími aspekty při dopadu záření jsou meteorologické podmínky, zeměpisná šířka, roční nebo denní období. Slunce je složeno z několika vrstev (jádro, konduktivní a konvektivní vrstva, atmosféra). [1]

Jádro Slunce uvolňuje energii jednak kinetickou, a jednak i fotony<sup>1</sup> tvrdého záření gama. Energie je získávána pomocí termonukleární syntézy jader, vodíková jádra jsou přeměněna na jádra hélia, dále se šíří do dalších vrstev. Poloměr jádra je přibližně 150 tis. km (150 mil. m) a jeho teplota odpovídá rozmezí 14 až 15 mil. K. V konduktivní vrstvě je srážkami vedena energie, která se dostává až na povrch této vrstvy. Dochází zde k neustálému absorbování a opětovnému vyzařování fotonů, které postupně zmenšují svou energii. Konvektivní vrstva obsahuje vzestupné teplejší proudy a sestupné proudy plazmatu, které tvoří neohraničený a nepevný povrch Slunce. Poslední vrstvou je sluneční atmosféra, jež se rozděluje na tři oblasti (fotosféra, chromosféra, koróna). Fotosféra má největší podíl na vyzařování do prostoru. Chromosféra ovlivňuje spektrum Slunce a Koróna tvoří vnější atmosféru Slunce. [1]

Ve sluneční soustavě se vyskytuje spousta planet vyskytujících se v blízkosti hvězd, které jsou snadno dokazatelné Dopplerovým jevem. Tento jev spočívá v tom, že ze zdroje je vyvoláno vlnění, které postupuje k pozorovateli, ten ale vnímá vlnění o vyšší frekvenci, než bylo vyvoláno zdrojem, až v okamžiku, kdy se vlnění dostává k němu. Při zvětšování vzdálenosti zdroje a pozorovatele, dochází k vnímání vlnění o nižší frekvenci. Stejně tak

---

<sup>1</sup> Foton – Haselhuhn (2010, s. 14): „Foton nebo také světelné kvantum: v kvantové fyzice se tak označuje nejmenší energetické množství elektromagnetického záření.“ [2]

pracuje Dopplerův jev mezi planetami a hvězdami. Je-li v blízkosti hvězdy planeta, která odpovídá rozlohou o velikosti planety Jupitera a více, pak se obě tělesa pohybují periodicky okolo společného středu. Pokud se obě tělesa nachází v blízkosti Země a jsou ve stejné rovině, jsou viditelné obě dráhy v bočním průmětu. Dopplerův posun k rudému okraji vzniká v okamžiku, kdy se planeta blíží k Zemi a hvězda se vzdaluje. Dopplerův posun k fialovému okraji je zapříčiněn opačnou situací, kdy planeta se vzdaluje a hvězda přibližuje. [1]

Záření je úkaz, který člověk dokáže zaznamenat. Je to elektromagnetické záření, jež projde atmosférou, se dělí do tří skupin. Přímé záření směřováno ze slunečního kotouče v úzkém úhlu. Difúzní cirkumsolární záření vlivem rozptylu v atmosféře nesměřováno pouze ze slunečního kotouče ve větším úhlu. A difúzní izotropní záření s nejmenším podílem, protože je v atmosféře rozptýleno do všech směrů se stejnou intenzitou. Záření není jediným úkazem, jsou to i hmotné částice převážně elektricky nabitě, např.: protony, elektrony, jádra lehkých prvků. Tok částic musí být pomalejší než světlo, částicím relativisticky nabývá hmotnost. Jev je viditelný na povrchu Slunce, kdy dochází k vyvrhování výtrysků plazmatu. Tento tok je ovšem nebezpečný pro Zemi, ta je proto chráněna magnetickým polem, jímž částice nemohou projít. Důvodem je důsledek Lorentzovy síly, která je kolmá na směr rychlosti částic, tak i na směr siločar magnetického pole. V oblastech magnetických pólů se dostávají blíže k povrchu Země, koncentrují se a vytvářejí řídké plazma známé pod pojmem polární záře. [1]

## 1.2 Světlo

Elektromagnetické vlnění, které je příčné v úzké oblasti a jeho projevem je současně i tok fotonů. Výzkum v této oblasti začal už ve starověku, ale větší úvahy se začali vyvíjet v 17. století. Samotný výzkum elektřiny byl zahájen až po objevení galvanického článku v roce 1799 Alessandrem Voltou. V roce 1820 zjistil Hans Christian Oersted, že elektrický proud vytváří kolem sebe magnetické pole. Andrien-Marie Ampère, vyjádřil Ampérův zákon, který dokazuje vzájemné silové působení elektrických proudů. Dalším důležitým zákonem je Faradayův a objev elektromagnetické indukce Michaelem Faradayem. Tyto objevy a formulace pomohly Jamesovi Clerkovi Maxwellovi k vytvoření výsledné teorie elektromagnetického pole. Ten vytvořil čtyři rovnice (*Rov. 1.1 – Rov. 1.4*) z poznatků o elektřině a magnetismu. Vlastností těchto rovnic je symetrie dokazující rovnocennost elektrického a magnetického pole. Dojde-li u jednoho z nich k časové změně, vyvolá se tím

pole druhé. Je možné z těchto čtyř vztahů odvodit i jiné vztahy jako jsou zákon zachování energie, vztahy mezi elektrickými vektory a další. [1, 3]

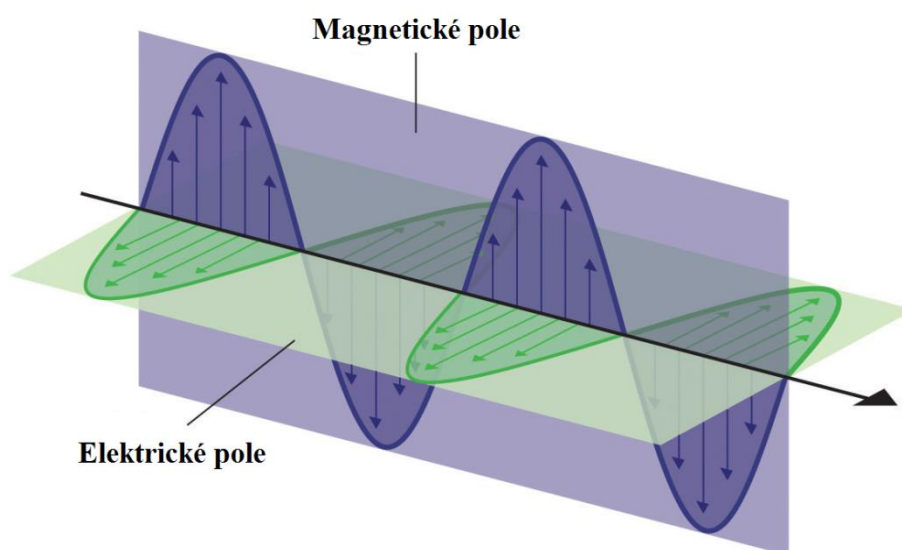
$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho \quad \text{Gaussův zákon} \quad (\text{Rov. 1.1})$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad \text{Bezejmenný zákon} \quad (\text{Rov. 1.2})$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Faradayův zákon} \quad (\text{Rov. 1.3})$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{i} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \text{Amperův zákon} \quad (\text{Rov. 1.4})$$

Dále určil substanci světla, jež spočívá v elektromagnetických vlnách. Pan Maxwell byl tedy velice důležitou osobou v této oblasti. Prokázání Maxwellovi teorie bylo až v roce 1888 Henrichem Rudolfem Hertzem, který pomocí jiskrového výboje a dvěma hrotovými elektrodami detekoval odezvu anténou. Tento úkaz ale stále nenacházel ten správný význam, až s objevem bezdrátové telegrafie Marconim, Teslou a Popovem se dostalo celkovému potvrzení. *Obrázek 1.1* znázorňuje elektromagnetické vlny, které patří do oblasti elektromagnetického pole. Dle pana Libra (2009, s. 13): „U lineárně polarizovaného světla vektory intenzity elektrického pole a magnetické indukce kmitají v navzájem kolmých směrech a navzájem budí jeden druhý.“ [1]



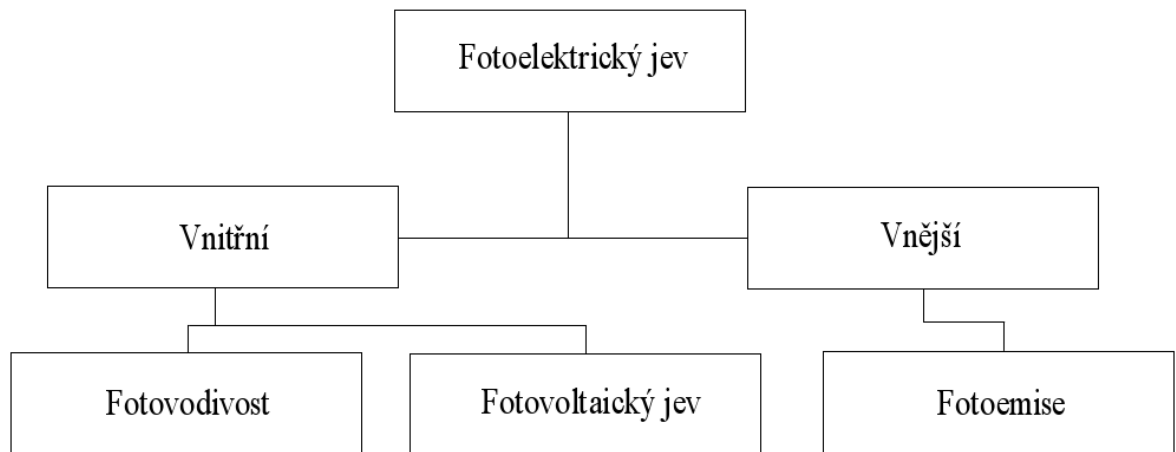
Obr. 1.1 Elektromagnetická vlna

## 2 Fotovoltaická přeměna energie

Základem pro přeměnu slunečního záření na elektrickou energii je polovodičový fotovoltaický (FV) článek, který je v této kapitole podrobněji popsán. Nejběžnější sériově vyráběné FV články jsou na bázi krystalického křemíku.

### 2.1 Fotoelektrický jev

Přeměna sluneční energie na elektrickou energii probíhá pomocí fotoelektrického jevu. Rozdělení jevu je uvedeno na *Obr. 2.1*.



Obr. 2.1 Fotoelektrický jev [4]

Z naznačeného rozdělení fotoelektrického jevu se rozeznává fotoefekt vnitřní a vnější. Vnitřní fotoefekt se dále dělí na dvě formy, kterými jsou fotovodivost a fotovoltaický jev a vnějším fotoefektem je fotoemise. [5]

#### 2.1.1 Fotovodivost

Jedná se o jev, kdy se vázané elektrony v krystalické mřížce pevné látky vybudí do vyšší energetické hladiny, při absorbování určitého množství záření. Elektrony se poté stávají volnými a umožňují vodivost. Vodivost materiálu je závislá na množství absorbovaného elektromagnetického záření, čehož se využívá u fotovoltaických článků. Čistý křemík s malým obsahem příměsí, který se využívá při výrobě polovodičových FV článků obsahuje málo volných elektronů. Při nižších teplotách se křemík chová jako izolant a naopak při zvýšení teploty je elektricky vodivý. Při zvyšování teploty dochází k nárůstu kmitání

atomů v krystalické mřížce, což vede k uvolnění vazeb v mřížce, dále k uvolnění elektronů a po jejich odtržení vznikají kladné díry, které jsou kladnými nosiči náboje. energii volných nábojů získáme pouze tehdy, když je energie elektromagnetického záření dostatečně velká k překonání tzv. zakázaného pásu. Elektron je zde přitahován zpět ke kladné díře, uvolněná energie se mění na teplo a tyto polovodiče se označují jako vlastní. [4, 6]

### 2.1.2 Fotovoltaický jev

Polovodičový materiál, jako je křemík obsahuje málo volných elektronů. Prvek se musí dotovat jinými atomy, aby se zvýšila jeho vodivost. K dotování těchto polovodičů se používají zejména pětimocné nebo trojmocné prvky. Tyto dotované polovodiče jsou závislé na teplotě, z čehož vyplývá, že se jejich vodivost mění při nízkých teplotách. [5]

Dnešní fotovoltaické články jsou nejvíce vyráběny na bázi křemíku, který obsahuje  $10^6$  atomů, přičemž jeden atom obsahuje 14 elektronů. Mřížka v atomu křemíku (Si) tvoří tzv. tetraedry, proto každý atom v mřížce obklopují další čtyři blízké atomy a z toho vyplývá, že křemík má 4 valenční elektrony. Při dotaci se čtyřmocné prvky nahrazují pětimocnými prvky, jako jsou P, As, Sb. Vazba v krystalické mřížce je tvořena 4 elektrony, které jsou vázány k atomům křemíku kovalentní vazbou. Volný elektron je vázán slabě k dotovanému atomu a již při nízké teplotě se volně pohybuje krystalem. Při dodání malé energie přejde volný elektron do vodivostního pásu, kde vytvoří volný záporný nosič náboje. V tomto polovodiči představují majoritní nosiče náboje elektrony a minoritní nosiče náboje kladné díry. Příměs pětimocného prvku dodává volné nosiče do vodivostního pásu a nazývá se donor. Polovodiče s elektronovou vodivostí se označují jako polovodiče typu N. [4, 5]

Při dotování křemíku trojmocnými prvky (B, Al, Ga, In), je tvořena vazba v krystalické mřížce třemi elektrony, tím se obsadí pouze tři vazby se sousedícími atomy křemíku. V této vazbě tedy chybí jeden elektron, který při dodání z valenčního pásu vytvoří díru, která se volně pohybuje krystalem a vytváří tak majoritní nosiče náboje. Minoritními nosiči náboje jsou tedy elektrony. Polovodiče s děrovou vodivostí se označují jako polovodiče typu P. [4, 5]

Při spojení polovodičů N a P vhodnou technologií vzniká v místě rozhraní tenká vrstva, která se označuje jako PN přechod, a propouští proud jen jedním směrem. Volné elektrony

z polovodiče typu N přecházejí do polovodiče typu P, kde v místě PN přechodu rekombinují<sup>2</sup> s volnými dírami. V místě přechodu tak vzniká vyprázdněná (hradlová) oblast. Rekombinace po čase zaniká. Poté v polovodiči typu N zůstávají kladně nabitě náboje a v polovodiči typu P záporně nabitě náboje. Tyto náboje vytváří tzv. difuzní napětí, kterým jsou zbylé volné elektrony a díry odpuzovány. [4, 5, 7]

Při dopadu záření na přechod PN se generují volné díry a elektrony. Elektrické pole PN přechodu oddělí díry a náboje. Poté jsou díry poslány do polovodiče typu P a elektrony do polovodiče typu N. Tímto se stává polovodič N záporným pólem a P kladným. Tímto vzniká fotoelektrické napětí a fotoelektrický proud. [4, 5, 7]

### 2.1.3 Fotoemise

Jedná se o jev, kdy dochází při dopadajícím záření k emisi elektronů z povrchu ozářené látky. Tato látka díky záření vykonává výstupní práci  $E_a$ , která je vztažena k mezní vlnové délce  $\lambda_0$ . Pokud je vlnová délka  $\lambda$  dopadajícího záření menší, než je mezní hodnota  $\lambda_0$ , dochází k uvolnění elektronů. Pokud by byla podmínka naopak, tedy  $\lambda > \lambda_0$ , uvolnění elektronů by nenastalo. Takto uvolněné elektrony dosahují jisté rychlosti, která je také závislá na materiálu ozářené látky. [4, 8]

## 3 Fotovoltaický článek

Solární článek zprostředkovává přímou přeměnu světla na elektrickou energii pomocí fotovoltaického jevu. Tento fotovoltaický jev (*kapitola 2.1.2*), který tuto přeměnu umožňuje, objevil v roce 1839 francouzský fyzik Alexander Bequerel. [2]

### 3.1 Princip fotovoltaického článku

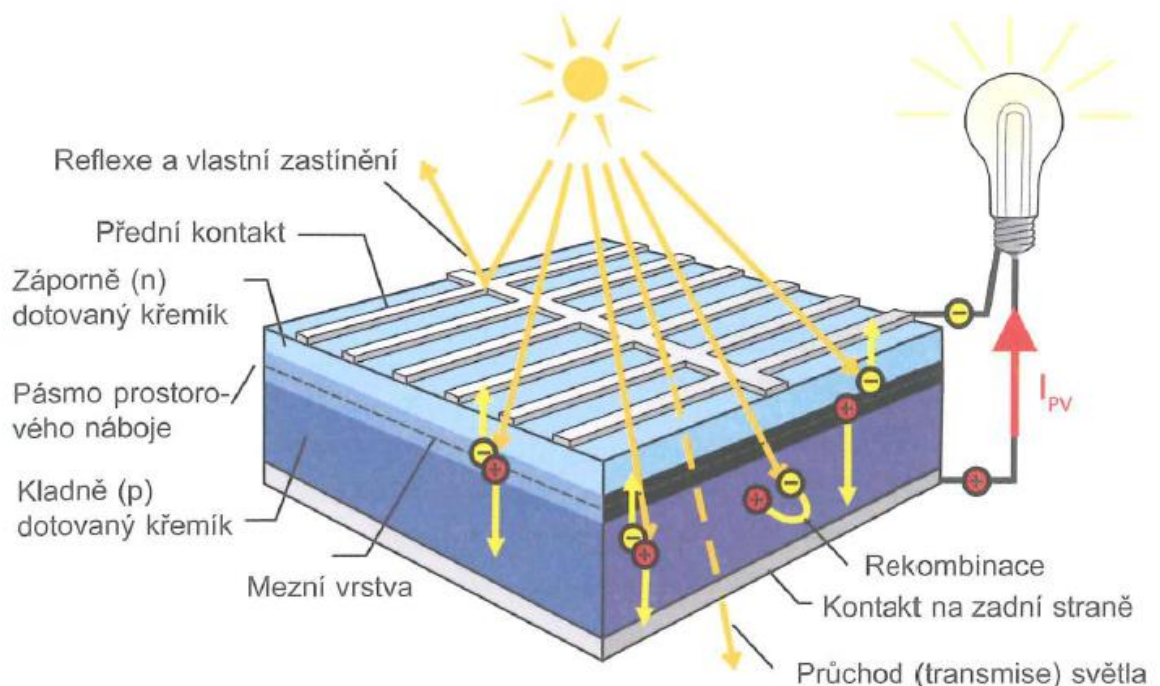
Základem klasického krystalického solárního článku jsou dvě rozdílně dotované křemíkové vrstvy. Strana, na kterou dopadá sluneční záření, je záporně dotována fosforem a kladně dotovaná vrstva bórem je pod ní. Kovové elektrody, které jsou umístěny na přední

---

<sup>2</sup> Rekombinace – Haselhuhn (2010, s. 24): „Rekombinace znamená svázání volného elektronu s atomem, jemuž chybí vnější elektron“ [2]



i zadní straně článku, slouží jako kontakty odebírající proud. Kovová elektroda na přední straně článku musí být sestrojena jako tenká mřížka, aby co nejlépe propouštěla světlo s co nejmenší zakrývací možnou plochou. Naopak zadní strana bývá často tvořena jedním celoplošným plátem, který tvoří elektrodu. Zadní stranu je možné konstruovat také jako vrstvu hliníkové nebo stříbrné pasty. Povrch článku by měl co nejvíce absorbovat fotony a světlo by se mělo co nejméně odrážet. Tohoto se docílí díky antireflexní vrstvě, která se aplikuje na povrch článku. Tato antireflexní vrstva má také za následek zbarvení těchto článků, šedé křemíkové monokrystalické články se stávají černými a polykrystalické články se zbarví na modrou barvu. [2]



Obr. 3.1 Princip křemíkového solárního článku [2]

Při dopadu světelného záření na solární článek dochází k oddělení nábojů a při připojení elektrického zařízení poteče proud. Mřížka, která tvoří přední kontakt, způsobuje ztráty zastíněním. Nejedná se ale o jediné ztráty, které se zde vyskytují. Další ztráty nastávají při rekombinaci nábojů a při odrazu (reflexi) záření. Dlouhovlnné a krátkovlnné záření zůstává také nevyužito. Dlouhovlnné záření prochází (transmise) solárním článkem a nepodílí se na tvorbě nosičů náboje. [2]

## 3.2 Typy solárních článků

Solární články se vyrábějí z různých materiálů, z čehož vyplývají také různé vlastnosti jednotlivých článků. Liší se nejen barvou a tvarem, ale také především svojí výkoností. V této kapitole budou popsány ty nejběžněji používané. Největší zastoupení mají solární články na bázi krystalického křemíku. Na výrobu solárních článků se ve velkém množství používají křemíkové odpady elektrotechnického průmyslu. Pokud je křemík vysoce čistý, vyrábí se z něho různými výrobními procesy monokrystalické a polykrystalické solární články. [2]

### 3.2.1 Monokrystalické články

Jak již napovídá název, materiál článku je složen z jednoho krystalu. Při výrobě se využívá tzv. Czochralského procesu. Proces spočívá v roztavení vysoce čistého křemíku při teplotě 1420 °C. Ponořený zárodek krystalu se z taveniny při velice pomalém otáčení vytahuje. Díky otáčení se získá monokrystalická tyč, která má průměr až 30 cm a délku několik metrů. Tyč se poté upravuje na čtvercový tvar, z něhož se řezají destičky o tloušťce 0,3 mm. Tyto články dosahují účinnosti až 21 %, nicméně průměrově se tato účinnost pohybuje kolem 15 – 17 %. Články pro laboratorní účely dosahují účinnosti až 30 %. [2]

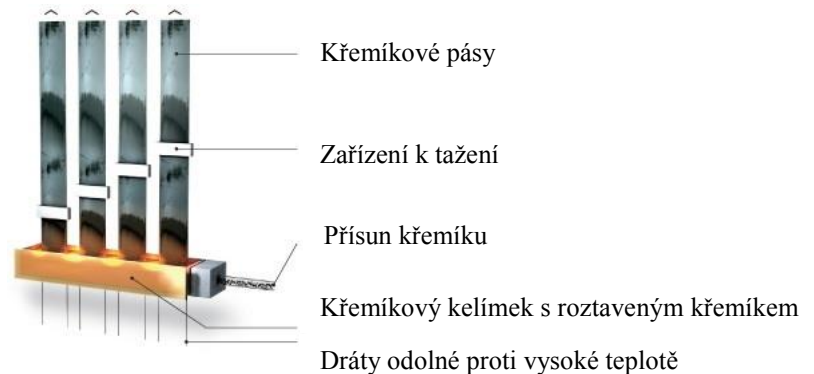
### 3.2.2 Polykrystalické články

Tento typ článku se vyrábí roztavením velmi čistého křemíku při teplotě 1500 °C, který se dále odlévá do grafitových forem, kde se regulovaně ochlazuje. Tímto vznikají polykrystalické bloky čtvercových nebo obdélníkových průřezů, které se poté dále zpracovávají a řezají. Tento typ výroby má za následek zvětšení odporu při styku jednotlivých zrn. Vyprodukovaný odpad při výrobě těchto polykrystalických článků je menší než u výroby monokrystalických. V dnešní době se jedná o nejběžnější typ solárních článků. Jejich účinnost se pohybuje okolo 13 – 16 %. Výhodou je však výroba čtvercových či obdélníkových článků s většími rozměry. Tyto články se dají poznat svou modře třpytící se krystalickou barvou. [2]

### 3.2.3 Polykrystalické pásové křemíkové články

Při tradiční výrobě článků vzniká odpad, který tvoří téměř polovinu materiálu při výrobě. Destičky jsou při této klasické výrobě kvůli mechanickým vlastnostem řezány na tloušťku 0,3 mm. Pro snížení těchto odpadových ztrát materiálu bylo vyvinuto tzv. tažení pásu. Při tomto způsobu výroby má tažený pás tloušťku 0,1 mm, což je tloušťka později žádaných

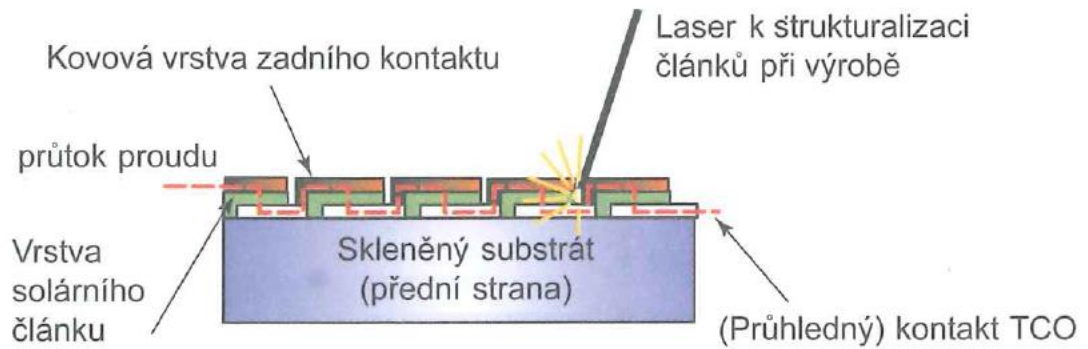
destiček. Grafitový nosič ve tvaru osmiúhelníku je ponořen do křemíkové taveniny a táhne se ven. Vznikají tak osmihranné trubky s metrovou délkou. Destičky se poté řezou pomocí laseru. Při tomto způsobu výroby dosahují tyto články účinnosti 14,5 %. Další výrobní metoda je tzv. string ribbon. Tato metoda spočívá v protahování dvou křemenných vláken křemíkovou taveninou. Mezi těmito dvěma vlákny vzniká křemíkový pás, z něhož se poté vyrábí solární články. [2]



Obr. 3.2 Princip výroby článku typu string ribbon [2]

### 3.2.4 Tenkovrstvé solární články

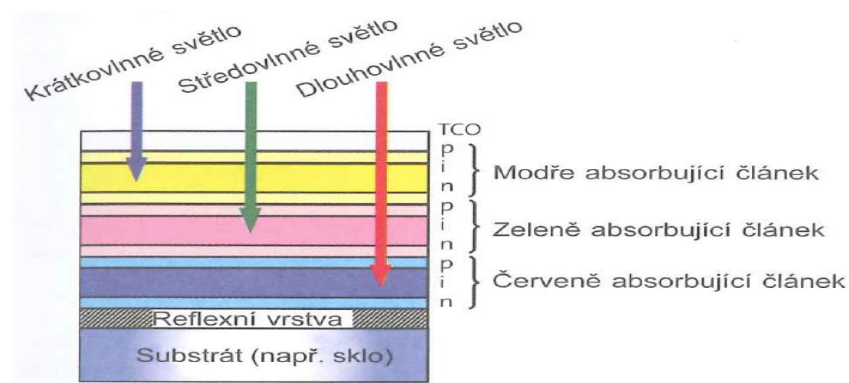
Výroba tenkovrstvých solárních článků, jak již název napovídá, spočívá v nanášení tenké vrstvy o tloušťce několika mikrometrů na nosný materiál, který je tvořen sklem, umělou hmotou nebo kovovou fólií. Hlavní rozdíl od předchozích metod je v teplotě. Pracovní teploty při výrobě se pohybují od 200 °C do 500 °C. Dalším rozdílem je ve spojování článků. Krystalické články se vzájemně propojují pájením. U tenkovrstvých solárních článků jsou přední kontakty tvořeny tzv. TCO (Transparent Conductive Oxide) vrstvou. Tato vrstva je vysoce vodivá a obvyklými materiály pro tuto vrstvu jsou: oxid cínčitý, oxid indium-cínčitý, apod. Tato TCO vrstva je rozhodujícím faktorem při výrobě těchto článků. Jako ochrana se používá kompozitní materiál, do kterého je konstrukce zapouzdřena, jedná se o kopolymér etylén – vinylacetát, který se zkráceně také nazývá EVA. Hlavní nevýhodou těchto tenkých solárních článků je účinnost, která je poloviční oproti krystalickým křemíkovým článkům. Některé nejnovější tenkovrstvé moduly však mohou dosáhnout účinnosti polykrystalických článků. Avšak při dostatečné ploše mohou být tyto tenkovrstvé články energeticky vysoce výkonné. Výroba tenkovrstvých článků je naznačena na obrázku (Obr. 3.3). [2]



Obr. 3.3 Princip výroby tenkovrstvých článků [2]

### 3.2.5 Amorfni křemíkové články

Pro tenkovrstvé výrobní technologie solárních článků je klasickým materiálovým zástupcem amorfni křemík. Pomocí chemického odlučování se získává z plynného silanu. Strukturu amorfniho křemíku tvoří neuspořádaná síť. Mezi vrstvy P a N je vložena nedotovaná vrstva, která zajistí, aby nedocházelo k rychlé rekombinaci, jež je způsobena malou difúzní vzdáleností dotovaného amorfniho křemíku. V nedotované vrstvě dochází k absorpci světla a tvorbě náboje, přičemž vrstvy P a N obstarávají elektrické pole. Elektrické pole odděluje uvolněné nosiče náboje. Takto složená struktura se nazývá PIN. Bohužel u těchto článků dochází k degradaci, která je vyvolána světlem během prvních 6 až 12 měsíců provozu. To vede na nízkou účinnost těchto článků. Pro zvýšení účinnosti článků se začali vyrábět vícevrstvé články. Struktury PIN se umísťují nad sebe. Dvou vrstvé články mají dvě struktury PIN nad sebou. Struktura třívrstvého amorfniho článku je naznačena v obrázku (Obr. 3.4). [2]



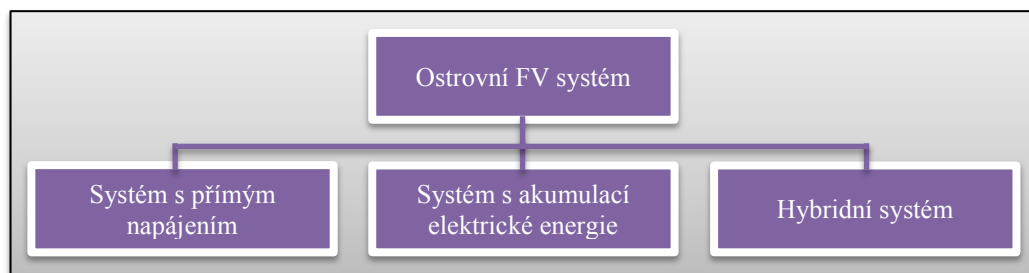
Obr. 3.4 Struktura vrstev amorfniho třívrstvého článku [2]

### 3.2.6 Články CIS (Copper-Indium-diSelenid)

Jak je z názvu již na první pohled vidět, jedná se o články s vrstvou z materiálové sloučeniny dvojselenidu mědi-india. U tenkovrstvých technologií se s těmito články v dnešní době dosahuje nejvyšších účinností. Základem článku je nosné sklo, na které se při teplotě 500 °C nanáší tenká kontaktní vrstva. Poté se nanáší vrstva CIS s vodivostí typu P, která slouží jako absorpční vrstva. Dále se následuje vrstva sulfidu kadmia, která má vodivost typu N a tato vrstva slouží jako nárazníková a snižuje ztráty, které jsou vyvolány chybami v krystalické mřížce. Tyto solární články nepodléhají degradaci, ale vyskytuje se zde problém se stabilitou v horkém nebo vlhkém prostředí. Klade se velký důraz na zapouzdření, které má před touto nestabilitou ochránit. Účinnost těchto tenkovrstvých článků se pohybuje kolem 11 %. [2]

## 4 Ostrovní FV systém

Ostrovní FV systém se používá v oblastech, kde není k dispozici veřejná síť. Solární zařízení, které je určené k výrobě elektrické energie, není spojená s energetickou sítí. Především tento systém využívají rekreační objekty, jako jsou chaty a malé domky. Rozdělení ostrovních fotovoltaických systémů je naznačeno na obrázku (Obr. 4.1).



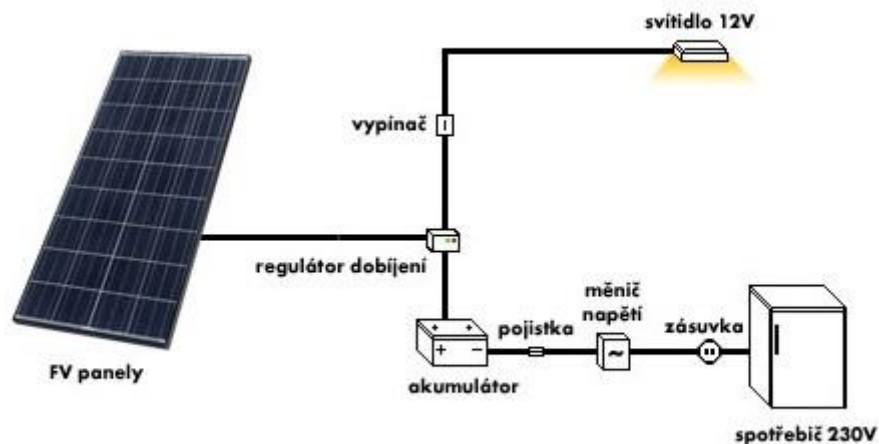
Obr. 4.1 Rozdělení FV ostrovního systému

### 4.1 Systém s přímým napájením

Systém je složen ze solárního zdroje a přímo napájí daný stejnosměrný spotřebič. Jedná se o velice jednoduchou výstavbu, která má jednu velkou přednost a tou je provozní spolehlivost systému. Tento systém se používá v místech, kde není kladen důraz na výpadky systému. [9]

## 4.2 Systém s akumulací elektrické energie

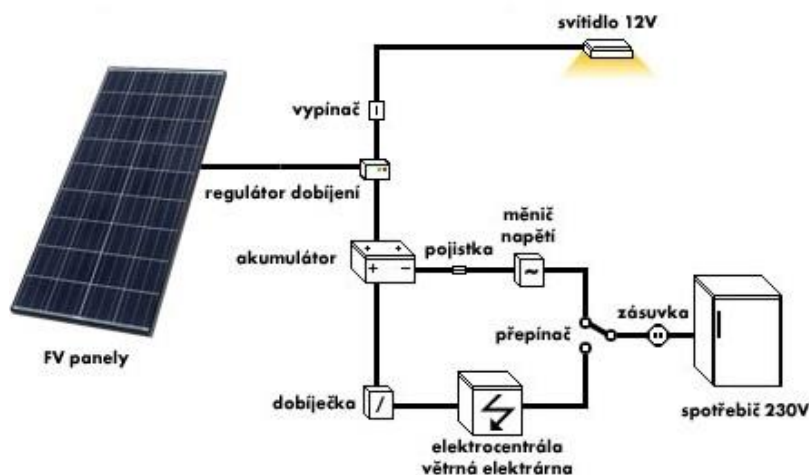
Tento systém obsahuje akumulátorovou baterii, regulátor nabíjení a střídač. Pokud není dostatečná energie ze solárních panelů, spotřebič je napájen z akumulátoru. Pro zlepšení účinnosti celého systému je zde připojen střídač, který převádí stejnosměrné napětí na výstupu FV panelů na střídavé. Z toho také vyplývá, že je k systému možné připojit spotřebiče napájené jak stejnosměrným tak i střídavým proudem. Volená napětí systému bývají 12, 24, 48 někdy i více voltů. Schéma tohoto systému je naznačeno na obrázku (Obr. 4.2). [9, 10]



Obr. 4.2 Ostrovní systém s akumulací energie [11]

## 4.3 Hybridní systém

Systém je určen pro objekty s celoročním provozem a velkým vytížením. Na solární panel v zimních měsících nedopadá tolik slunečního záření a systém potřebuje záložní zdroj. To vede k připojení jiného zdroje energie k systému. To vede k připojení alternativního zdroje energie (větrná elektrárna, elektrocentrála). Pokud je vhodný záložní zdroj připojen k systému, dochází k eliminaci výpadku celého systému. Nevýhodou toho systému je však použití složitějších a tím i dražších regulátorů a řídicích členů. Schéma celého systému je naznačeno v obrázku (Obr. 4.3). [11, 12]



Obr. 4.3 Hybridní systém [11]

## 5 Energetické nároky rodinného domu

### 5.1 Popis objektu

Zvoleným objektem je rodinný dům (dále jen RD), který je postaven jako přízemní dům neboli bungalov, v oblasti Hradiště katastrálního území Písek. RD je situován se vstupem na východní straně a s terasou na straně západní. Jedná se o bytovou jednotku s rozlohou 4 obytných místností s kuchyňským koutem a s 2 neobytnými místnostmi sloužícími jako garážové stání a technická místnost. Materiálové složení obvodového zdiva je specifikováno v tabulce (Tab. 5.1). Střecha je zde zvolena valbová se sklonem  $35^\circ$ . Výška RD po hřeben střechy je 7,19 m. Celkové hodnoty pro zastavěnou plochu činí  $150 \text{ m}^2$ , pro užitkovou plochu  $106,4 \text{ m}^2$  a pro obytnou plochu  $72,4 \text{ m}^2$ . Pohled na RD je přiblížen v obrázku (Obr. 5.1).

Tab. 5.1 Skladba obvodového zdiva [13]

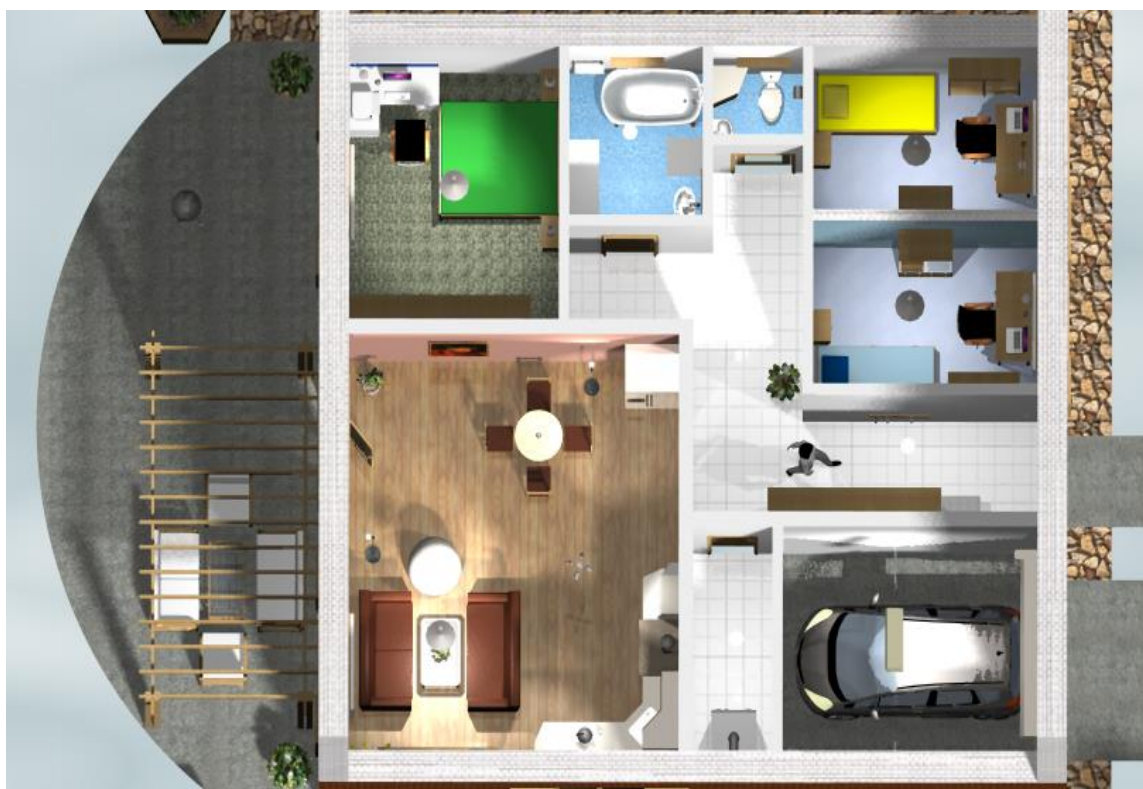
Materiál (Výrobce)	Tloušťka d[m]	Tepelný součinitel $\lambda$ [W/mK]
Omítka vápenná (Maxit)	0,0015	0,880
Nosné zdivo (Porotherm 30 P+D – p15)	0,300	0,250
Mínérální kamenná izolace (Isover NF 333)	0,200	0,041
Omítka perlitová (Porotherm TO)	0,002	0,120





Obr. 5.1 Pohled na RD

Obytné místnosti se skládají z obývacího pokoje, který je současně propojen s jídelnou a s kuchyňským koutem. Obývací pokoj slouží pro vstup na venkovní terasu. Dále se zde nachází dva pokoje a jedna ložnice. RD je vybaven jednou koupelnou a oddělenou toaletou, dále také technickou místností, kde je umístěn kotel na vytápění a ohřev teplé vody v RD. Garážové stání je řešeno uvnitř objektu vedle hlavního vstupu. Půdorys přízemí RD je naznačen v obrázku (Obr. 5.2).



Obr. 5.2 Půdorys RD



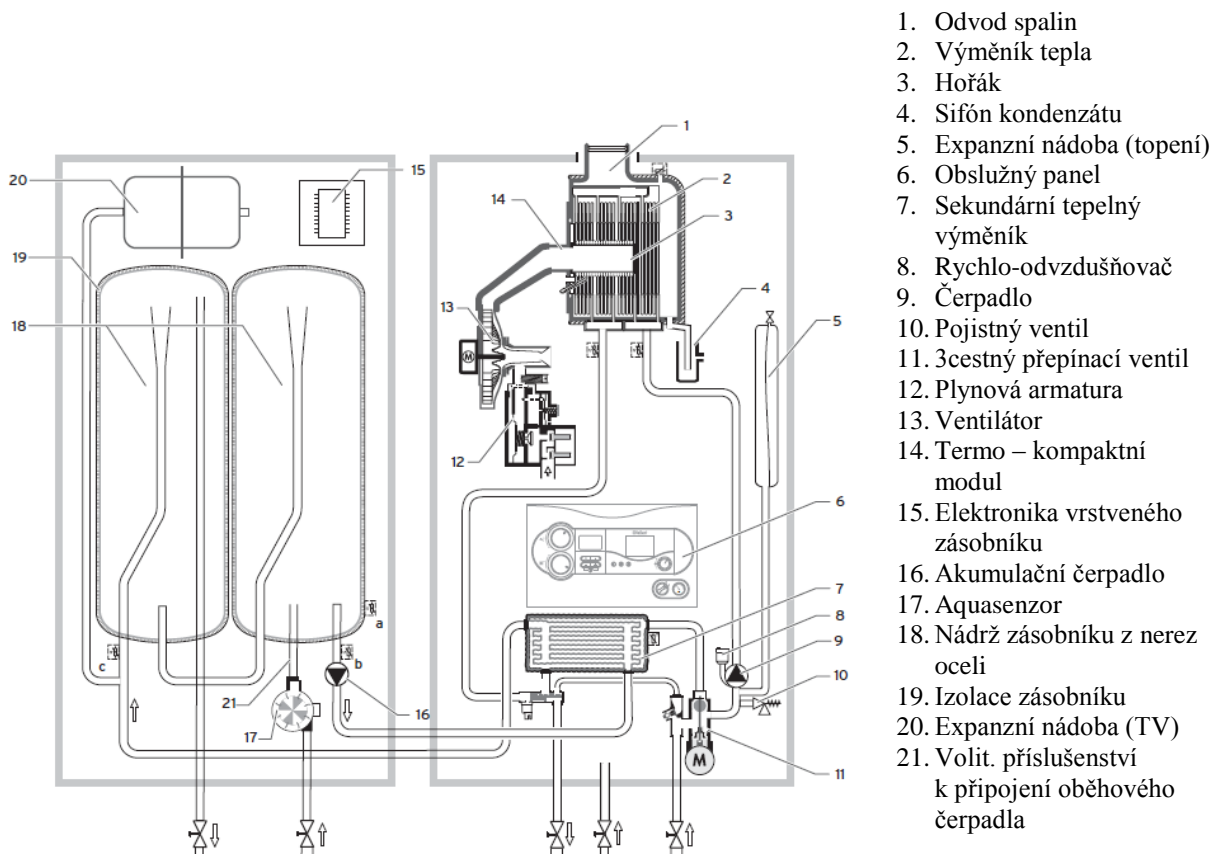
## 5.2 Technické zařízení RD

### 5.2.1 Vytápění a ohřev teplé vody

Hlavním zdrojem pro vytápění a ohřev teplé vody (dále TV) je v RD instalován závěsný plynový kotel Vaillant se zásobníkem VUI ecoTEC plus. Vytápění domu je řešeno pomocí deskových radiátorů RADIK KLASIK Z od společnosti Korado. Pro rozvod TV jsou použity plasto-hliníkové trubky typu PEX-AL-PEX o délce 25 m. Rozvody pro vytápění jsou použity stejného typu v délce 40 m.

#### 5.2.1.1 Závěsný plynový kotel Vaillant se zásobníkem VUI ecoTEC plus

Použitá sestava k ohřevu TV a vytápění RD se skládá z plynového kotle VUW 306/5-5 a zásobníku actoSTOR VIH CL 20 S. Princip kotle spočívá ve vrstveném ukládání teplé vody v zásobníku, která se ohřívá v externím sekundárním výměníku kotle. Pomocí čerpadla je voda dopravena a uložena v takzvaných vrstvách v zásobníku. Teplá voda je k dispozici ihned po zahájení ohřevu, což je velikou výhodou. Technické parametry závěsného plynového kotle se zásobníkem jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.2). Konkrétní zapojení je popsáno v obrázku (Obr. 5.3). [14]



Obr. 5.3 Schéma sestavy na ohřev TV a vytápění RD [14]

Tab. 5.2 Technické parametry sestavy VUI ecoTEC plus [14]

Parametry	Jednotky	Číselný výstup
Elektrické napětí	V	230V, 50 Hz
Průměrný el. příkon	W	10
Účinnost 30%	%	108
Max. provozní teplota otopné vody	°C	58
Max. provozní teplota teplé vody	°C	65
Tepelný výkon	kW	30
Průtočné množství teplé vody	l/min	17,1
Jmenovitý tep. výkon pro TV	kW	30
Jmenovitý tep. výkon pro vytápění	kW	25,5
Tlaková ztráta zásobníku	kPa	40

### 5.2.2 Osvětlení a spotřebiče v RD

Osvětlení pro RD je řešeno pomocí LED žárovek s příkonem 5W (Obr. 5.4). Do celkového počtu 42 kusů žárovek je zahrnuto jak hlavní osvětlení místností, tak i pomocné osvětlení jako jsou lampy. Pomocí těchto žárovek je také osvětlena garáž a technická místnost. Na příjezdovou cestu je instalováno solární sloupové osvětlení, které nebude započítáno do celkové energetické náročnosti domu.



Obr. 5.4 LED žárovka 230V/5W [15]

Celkové zařízení RD je pojato moderně, z toho vyplívají nároky elektrických spotřebičů, které jsou uvedeny i se spotřebou v tabulce v následující kapitole (Tab. 5.3. a 5.4).

### 5.3 Výpočet energetické náročnosti RD

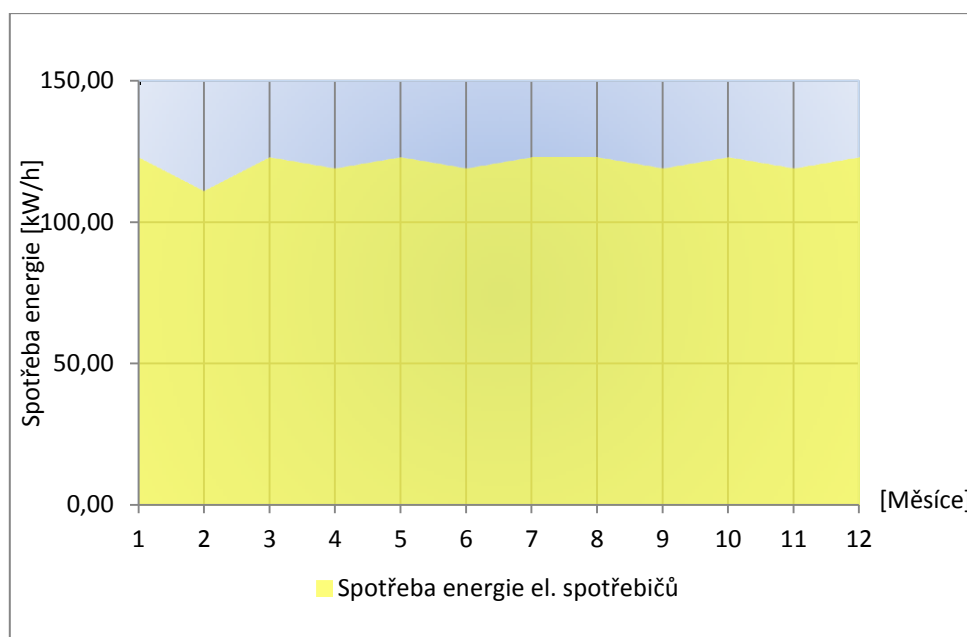
Pro uvažovaný RD jsou zvolené spotřebiče uvedené v tabulce (Tab. 5.3). Jedná se o typické spotřebiče v každé domácnosti. U energetické náročnosti RD vycházím z odhadovaných hodnot, jelikož jsem neměl k dispozici žádné reálné výpočtové hodnoty, ze kterých bych mohl vycházet. V tabulce je u některých spotřebičů uvedeno roční množství spotřebované elektrické energie, které je pouze odhadované a vychází z technických listů. U ostatních spotřebičů, kde nebyla známa odhadovaná roční spotřeba el. energie, jsem výpočet realizoval pomocí příkonů těchto spotřebičů. Počet hodin, po který spotřebiče čerpají elektrickou energii, byly stanoveny dle osobního uvážení. Pouze pro grafické znázornění, je do grafu vynesena roční spotřeba elektrické energie spotřebičů (Graf 5.1).

Tab. 5.3 Odhadovaná spotřeba elektrické energie spotřebičů

Spotřebič	Spotřeba el. energie [kWh/rok]	Spotřeba el. energie [kWh]	Hodiny [h]	Spotřeba el. energie [kWh/den]
Komb. chladnička (A++)	185	-	24	0,506
Myčka nádobí	270	-	2	0,061
El. sporák (A)	-	0,89	2	1,780
Mikrovllnná trouba	-	1	0,15	0,150
Pračka (A++)	185	-	1,5	0,031
Varná konvice	-	2,2	0,25	0,550
TV (1 ks)	69	-	6	0,047
PC + Monitor (1 ks)	-	0,009	6	0,054
Notebook (2 ks)	-	0,006	6	0,036
Plynový kotel	-	0,001	24	0,024
Ostatní (fén, nabíječka...)	-	0,15	2	0,300
Celková spotřeba el. spotřebičů [kWh/den]				3,962

Tab. 5.4 Odhadovaná měsíční spotřeba elektrické energie spotřebičů

Leden [kWh/měsíc]	Únor [kWh/měsíc]	Březen [kWh/měsíc]	Duben [kWh/měsíc]	Květen [kWh/měsíc]	Červen [kWh/měsíc]
122,82	110,94	122,82	118,86	122,82	118,86
Červenec [kWh/měsíc]	Srpen [kWh/měsíc]	Září [kWh/měsíc]	Říjen [kWh/měsíc]	Listopad [kWh/měsíc]	Prosinec [kWh/měsíc]
122,82	122,82	118,86	122,82	118,86	122,82



Graf 5.1 Spotřeba el. energie spotřebičů

K osvětlení, jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole (*kapitola 5.2.2*), byly použity nízkoenergetické LED žárovky s příkonem 5W. Vytápění a ohřev teplé vody v domě je realizován pomocí plynového kotle, který je detailněji popsán v kapitole (*kapitola 5.2.1.1*). Pro výpočet potřeby energie na vytápění, ohřev vody a osvětlení byl použit nástroj určený pro zpracování průkazu energetické náročnosti budov, podle požadavků zákona 406/200 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky 78/2013 Sb. Tento program poskytl fakulta stavební, ČVUT v Praze a je zdarma po registraci ke stažení na stránkách: <http://nkn.fst.svut.cz>. Princip tohoto výpočetního softwaru je založen v porovnání referenčního objektu s hodnoceným. Dle vyhlášky 78/2013 Sb. představuje referenční budova: „Výpočtově definovanou budovu téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“. Tabulky (*Tab. 5.1 a 5.2*) jsou velice důležité pro výpočty, které jsou provedeny v tomto programu. Spotřeba elektrické energie na osvětlení RD je uvedena v měsících v tabulce (*Tab. 5.5*).

Potřeba energie na vytápění RD a ohřevu teplé vody je uvedena v tabulkách (*Tab. 5.6 a 5.7*). Výpočet spotřeby teplé vody je realizován za předpokladu, že se tato roční spotřeba pohybuje kolem 108 m<sup>3</sup>. Předpokladem po tuto hodnotu jsou 3 osoby v RD, přičemž

spotřeba na 1 osobu činí 36 m<sup>3</sup> včetně používání vody ve venkovních prostorách domu. Grafické znázornění spotřeby energie na vytápění, ohřev vody a osvětlení je uvedeno v grafu (Graf 5.2). Při navrhování FV systému není potřeba uvažovat energii spotřebovanou na ohřev TV a vytápění RD, právě kvůli použitému plynovému kotli. Pokud by byl v objektu použitý jiný systém na ohřev TV a vytápění, dal by se tento postup použít, ale jednalo by se o odhadované hodnoty.

Tab. 5.5 Spotřeba energie osvětlení RD

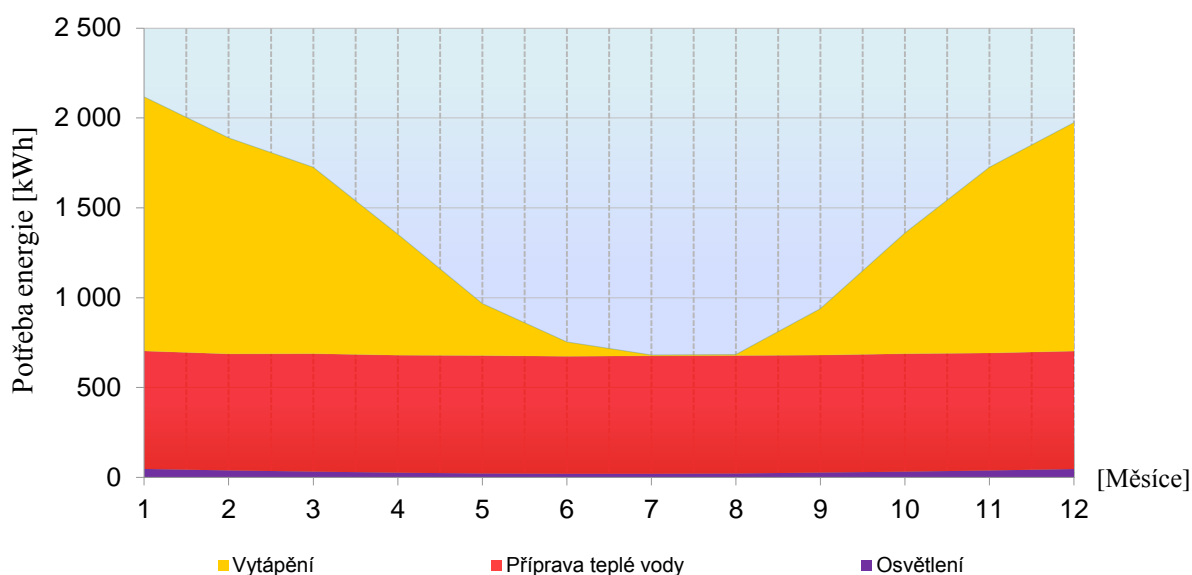
<b>Leden</b> [kWh]	<b>Únor</b> [kWh]	<b>Březen</b> [kWh]	<b>Duben</b> [kWh]	<b>Květen</b> [kWh]	<b>Červen</b> [kWh]
47	39	32	26	22	20
<b>Červenec</b> [kWh]	<b>Srpen</b> [kWh]	<b>Září</b> [kWh]	<b>Říjen</b> [kWh]	<b>Listopad</b> [kWh]	<b>Prosinec</b> [kWh]
20	22	27	32	38	46

Tab. 5.6 Spotřeba energie na vytápění RD

<b>Leden</b> [kWh]	<b>Únor</b> [kWh]	<b>Březen</b> [kWh]	<b>Duben</b> [kWh]	<b>Květen</b> [kWh]	<b>Červen</b> [kWh]
1414	1202	1037	673	290	80
<b>Červenec</b> [kWh]	<b>Srpen</b> [kWh]	<b>Září</b> [kWh]	<b>Říjen</b> [kWh]	<b>Listopad</b> [kWh]	<b>Prosinec</b> [kWh]
5	6	258	672	1034	1272

Tab. 5.7 Spotřeba energie na ohřev TV v RD

<b>Leden</b> [kWh]	<b>Únor</b> [kWh]	<b>Březen</b> [kWh]	<b>Duben</b> [kWh]	<b>Květen</b> [kWh]	<b>Červen</b> [kWh]
657	649	657	654	657	654
<b>Červenec</b> [kWh]	<b>Srpen</b> [kWh]	<b>Září</b> [kWh]	<b>Říjen</b> [kWh]	<b>Listopad</b> [kWh]	<b>Prosinec</b> [kWh]
657	657	654	657	654	657



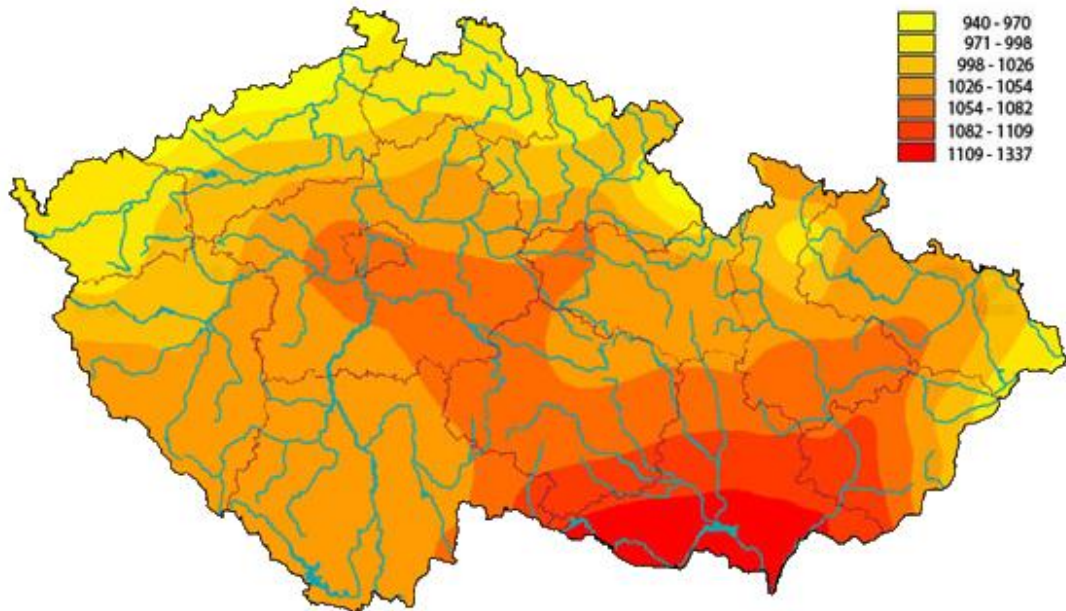
Graf 5.2 Roční spotřeba energie v RD [16]

Z grafu i z tabulek lze vyčíst spotřebu na vytápění RD, která je značně vysoká. Celková potřeba energie na ohřev vody, vytápění a osvětlení činí 16174 kWh/rok. Díky LED žárovkám je spotřeba energie osvětlení velice malá, celková suma této energie činí 372 kWh/rok, to je v průměru 1,02 kWh/den. Roční spotřeba energie na vytápění RD se přibližně pohybuje kolem 7942 kWh/rok. Pro ohřev TV pomocí plynového kotle byla stanovena celková spotřeba energie 7860 kWh/rok. Jak je vidět, spotřeba energie na vytápění RD je téměř stejná jako u spotřeby na ohřev TV. Celková odhadovaná energie spotřebovaná el. spotřebiči činí 1446,13 kWh/rok. Jak bylo již více uvedeno, pro navrhování FV systému budou použity hodnoty spotřeby el. energie spotřebičů a osvětlení.

## 6 Návrh ostrovního FV systému

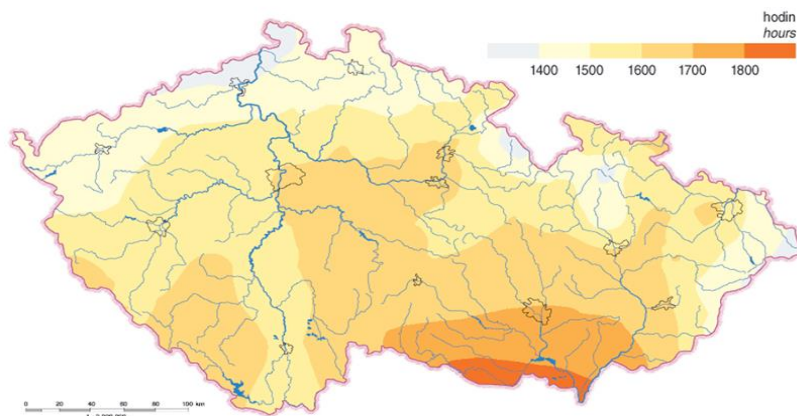
Návrh FV systému je závislý na množství dopadajícího slunečního záření v dané oblasti, kde je objekt umístěn. Pro ČR se roční příkon sluneční energie pohybuje od 940 do 1337 kWh/m<sup>2</sup>. Globální záření na území ČR je znázorněno na obrázku (Obr. 6.1). Tento příkon sluneční energie je však také závislý na nadmořské výšce, ve které je objekt umístěn a nesmí se zapomenout na množství dopadajícího slunečního záření v letním a zimním období roku, kdy je v zimě intenzita slunečního záření menší. Rodinný dům,

pro který bude ostrovní FV systém navržen se nachází v pásmu, kdy se průměrný úhrn slunečního záření pohybuje mezi hodnotami 1026 – 1054 kWh/m<sup>2</sup>. Nadmořská výška území, kde je objekt umístěn je 378 m.n.m. [17]



Obr. 6.1 Roční průměrný úhrn slunečního záření v kWh/m<sup>2</sup> [17]

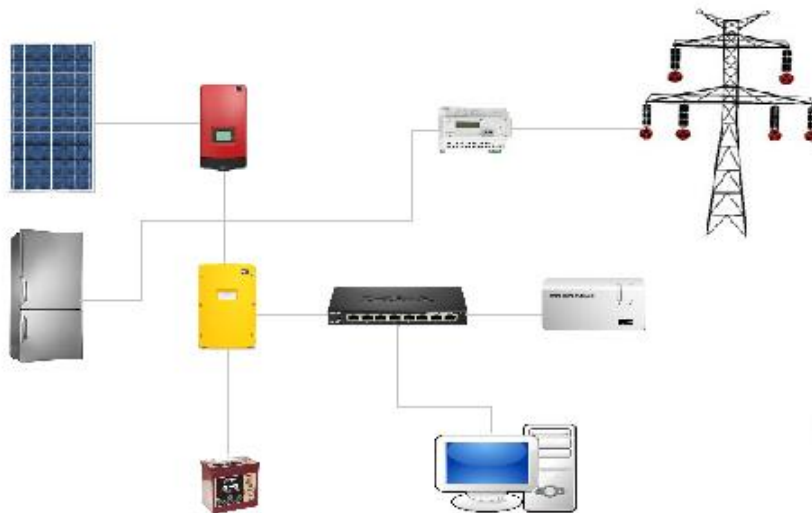
Optimální sklon FV panelu navrhuje výrobci v rozmezí 35° až 49°. Střecha řešeného objektu má sklon 35°, proto je potřeba použít při montáži panelů takovou nosnou konstrukci, aby byl zajištěn optimální sklon. V tomto případě byl zvolen optimální sklon panelů 45°, tím se docílí vyrovnání zisků a ztrát v zimním a letním období. V zimním období takto nakloněnými panely získáme o 1 % vyšší výkon a v letním naopak o 1 % nižší. [18]



Obr. 6.2 Doba slunečního svitu v hodinách [19]

## 6.1 Ostrovní FV systém ve spolupráci s distribuční sítí

Při řešení projektu jsem si zvolil ostrovní FV systém s použitými komponenty od firmy SMA Solar Technology, která díky svým programovatelným invertorům instalovaných v systému umožňují připojení distribuční sítě. Dále jsem při návrhu postupoval dle technických listů firmy. Odhadovaný výpočet energetické výnosnosti panelů byl realizován pomocí webové aplikace **PVGIS** neboli interaktivní mapy Evropy.



Obr. 6.3 Schéma ostrovního FV systému ve spolupráci s distrib. sítí

Fotovoltaické panely jsou polykrystalické od firmy IBC Solar, konkrétně typ PolySol 250MS s výkonem 250Wp. Rozměry jednoho panelu jsou 1654 x 995 x 45 mm, což činí 1,64 m<sup>2</sup> s hmotností 19 kg. V této aplikaci jsem si pomocí mapy vyhledal město, ve kterém je objekt umístěn (Písek – konkrétně: 49°18'6" North, 14°7'52" East) a zadal jsem vstupní informace. Položku PV technology jsem zvolil krystalický křemík. Pro špičkový instalovaný výkon jsem zadal hodnotu 0,25 kWp. Sklon panelů jsem zvolil 45° s orientací 0°, protože jedna strana sedlové střechy je orientována na jih, což je pro instalaci FV panelů nejideálnější. Po zadání všech těchto hodnot aplikace stanovila údaje o měsíčním a ročním odhadu dodané elektrické energie z FV panelů s výkonem 250 Wp, přičemž aplikace počítá s těmito ztrátami uvedenými v tabulce (Tab. 6.1).



Tab. 6.1 Ztráty se kterými počítá aplikace PVGIS

Odhadované ztráty vlivem teploty	11,6 %
Odhadované ztráty vlivem úhlové odrazivosti	3,0 %
Celkové ztráty systému	14,3 %

Navrhovaný ostrovní FV systém je určen pro celoroční provoz. Celkový potřebný výkon a počet panelů jsem určil pomocí tabulky z aplikace (Tab. 6.2), ve které je vidět, v jakém měsíci je nejnižší produkce FV panelu za den, která činí 0,270 kWh.

Tab. 6.2 Odhad solární elektřiny vypočtené v aplikaci PVGIS

Měsíc	$E_d$ [kWh]	$E_m$ [kWh]	$H_d$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$H_m$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Leden	0,29	9,06	1,23	38,0
Únor	0,53	14,8	2,29	64,0
Březen	0,81	25,1	3,63	113
Duben	1,11	33,2	5,17	155
Květen	1,08	33,6	5,21	162
Červen	1,11	33,4	5,41	162
Červenec	1,06	32,8	5,22	162
Srpen	1,01	31,4	4,95	154
Září	0,82	24,6	3,87	116
Říjen	0,58	18,0	2,63	81,5
Listopad	0,34	10,2	1,48	44,3
Prosinec	0,27	8,46	1,16	35,9
Rok	0,75	22,9	3,52	107

$E_d$  – průměrná denní produkce daného systému

$E_m$  – průměrná měsíční produkce daného systému

$H_d$  – průměrná denní suma dopadu slunečního záření na metr čtvereční

$H_m$  – průměrný úhrn dopadu slunečního záření do modulu

### 6.1.1 Počet FV panelů

- **Energeticky nejslabší měsíc je prosinec:** 270 Wh/den
- **Vyrobení 1 Wp FV panelem:**  $270/250 = 1,08$  Wh
- **Celková spotřeba el. energie s osvětlením :**  $3962 + 1020 = 4712$  Wh/den
- **Výkon panelů potřebný pro systém:**  $4712/1,08 = 4363$  Wp

Díky těmto výpočtům, které vycházejí z tabulky (Tab. 6.2), lze stanovit potřebu výkonu FV panelů, která činí 4363 Wp/den, aby se pokryla celoroční spotřeba el. energie na svícení a celková spotřeba el. spotřebičů v RD, která je 4712 Wh/den. Z důvodu velkého výkonu celého systému, který zákonitě vede na velké proudy, jsem zvolil napětí FV systému 48 V. Proto je v něm umístěn ostrovní střídač na 48 V Sunny Island 5048, který zároveň plní úlohu při nabíjení akumulátorů.

- **Počet potřebných fotovoltaických panelů:**  $4363/250 = 17,45 \Rightarrow 18$  FV panelů

### 6.1.2 Počet akumulátorů

V tomto FV ostrovním systému budou použity uzavřené bezúdržbové akumulátory s vysokou cyklickou odolností 1700 cyklů při 40% vybití. Jedná se o baterie pro fotovoltaické systémy značky Hoppecke, konkrétně Solar Bloc 105Ah, 12V – AGM. Elektrolyt je fixován ve skelném vlákne, který slouží jako separátor. S životností až 12, kdy splňují normy EUROBAT, patří tyto akumulátory do třídy „Long Life“. Pro tento systém bude instalováno osm těchto akumulátorů.

- **Výpočet kapacity akumulátoru pro celoroční provoz:**  
 $E_p = \text{počet dnů zálohy} * \text{denní spotřeba el. energie}$   
 $E_p = 7 * 4712 = 32984$  Wh
- **Převod Wh na Ah:**  
elektrická energie / zvolené napětí FV systému  
 $32984 / 48 = 688 \Rightarrow 700$  Ah

### 6.1.3 Střídač

Aby tento systém plně fungoval je zapotřebí připojit střídač od firmy SMA Solar Technology. Jedná se o typ Sunny Boy 5000TL. V níže uvedené tabulce je naznačeno, zdali se splňují kritéria na daný systém (Tab. 6.3). Více informací o tomto střídači je možné nalézt v technickém listu, který je součástí přílohy.

Tab. 6.3 Porovnání kritérií FV systému

SB 5000TL 2 nezávislé vstupy			Panel PolySol 250MS	
Max. DC výkon	5,3 kW	OK	4,5 kWp	Špičkový výkon
Max. DC napětí (střídač)	550 V	OK	547,2 V	Max. FV napětí
Max. DC proud	15 A / 15 A	OK	8,23A	Max. proud FV generátoru

## 7 Ekonomické zhodnocení FV systému

Komponenty navrženého FV systému a jejich cenové údaje jsou pro přehlednost rozepsány v tabulce použitých komponent (Tab. 7.1). Ceny slouží jako orientační, protože se cena liší podle typu nakupujícího, nicméně vycházejí z platných ceníků firmy SMA Solar Technology.

Tab. 7.1 Komponenty navrženého ostrovního FV systému

Název	Typ	Počet [ks]	Cena bez DPH [Kč/ks]	Cena včetně DPH [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
<b>FV panely</b>	PolySol 250MS	18	4 699	5 686	102 348
<b>Ostrovní střídač</b>	Sunny Island 5048	1	70 708,16	89 504	89 504
<b>Střídač</b>	Sunny Boy 5000TL	1	44 466,89	56 291	56 291
<b>Baterie</b>	Solar Bloc 105Ah	8	5 983	7 573	60 584
<b>Monitoring</b>	S. Home Manager	1	8 001,91	10 129	10 129
<b>Kabely</b>	150 m / 4mm <sup>2</sup>	1	5 724	6 926	6 926,00
<b>Lišta</b>	TS3 Standart 4,15m	12	627	758,67	9 104,04
<b>Spojka lišty</b>	TS3 Standart	8	58,3	70,54	564,34
<b>Podpěra lišty</b>	FP 8/55/110	72	398,2	481,82	34 691,04
<b>Modulový držák</b>	TS3 45mm	72	69,3	83,85	6 037,42
<b>Spojovací materiál</b>	Šrouby Spax	500	11	13,31	6 655,00
<b>Celková cena systému (DPH 21 %)</b>					<b>382 833,8</b>

Celková cena celého systému činí **382 833,8 Kč**, ve které ale nejsou zahrnuty náklady na montáž celého systému. Pracovní náklady zde nejsou započítány z toho důvodu, protože

pro posouzení o nákladech na výstavbu by se muselo jednat o reálný objekt, kde by se daly tyto náklady vyčíslit. Popisky nejdůležitějších uvedených komponent jsou specifikovány v technických listech, které jsou součástí příloh této práce.

## 7.1 Návratnost FV systému

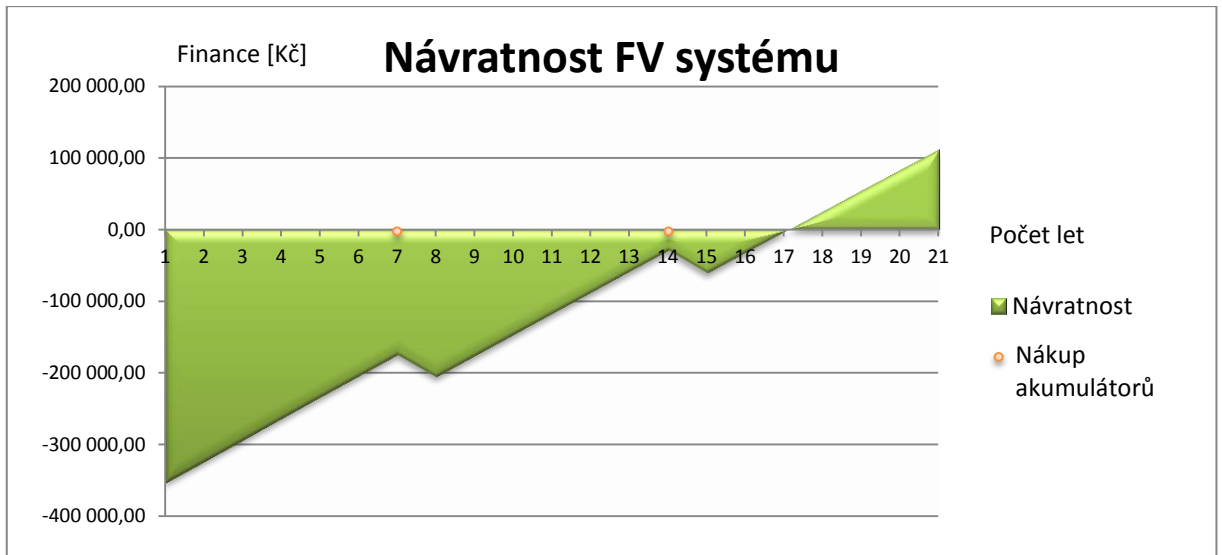
Hlavním cílem instalování FV systému je zbavit se celkově nebo alespoň částečně finančních nákladů za odběr elektrické energie z distribuční sítě. Pro výpočet celkové návratnosti systému byla použita metoda NPV (Net Present Value), neboli čistá současná hodnota. Vztah pro tento výpočet je naznačen v rovnici (Rov. 7.1). Jedná se tedy o finanční veličinu, která vyčíslí celkovou současnou hodnotu všech finančních toků spjatých s investovaným projektem.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^{-t}} \quad \begin{array}{l} CF_t - \text{peněžní toky v jednotlivých letech} \\ i - \text{diskontní úroková míra} \\ t - \text{doba životnosti projektu} \end{array} \quad (\text{Rov. 7.1})$$

Veškeré hodnoty, které souvisí s výpočtem finanční návratnosti FV systému jsou uvedeny v tabulce, která je pro svou obsáhlost součástí příloh (Příloha A). V tabulce vstupních veličin (Tab. 7.2) jsou uvedeny potřebné hodnoty, bez kterých by se nemohl výpočet realizovat. Návratnost finančních prostředků pro tento systém činí 17 let. Při určení doby návratnosti je zohledněn nákup nových fotovoltaických baterií v ceně 60 584 Kč, které je nutné znovu dokoupit po 7 letech provozu. Tato investice má v průběhu návratnosti finančních prostředků za následek jasně zřetelný výkyv, který je viditelný na grafu návratnosti (Graf. 7.1). Výsledek výpočtové metody je zapsán v tabulce výsledku NPV (Tab. 7.3).

Tab. 7.2 Vstupní veličiny pro stanovení návratnosti

Úroková míra pro rok 2014 (ČNB)	0,05	%
Cena výkupu – Zelený bonus k 31.12.13 (TZB - Info)	3,05	Kč/kWh
Průměrný výkon FV systému (PVGIS)	4950	kWh/rok
Cena elektřiny (E.ON)	4,68	Kč/kWh
Růst ceny elektřiny (E.ON)	2,91	%
Počáteční investice	382 833,80	Kč
Průměrná vlastní spotřeba energie	45	%
Průměrný růst Zeleného bonusu	2	%



Graf 7.1 Graf návratnosti ostrovního FV systému

Tab. 7.3 Výsledek NPV

Suma výtěžku	494 976,16	<b>Kč</b>
Pořizovací cena	382 833,80	<b>Kč</b>
NPV	112 142,36	<b>Kč</b>

## Závěr

Z energetické náročnosti RD, kdy pro výpočet byl použit tzv. Národní kalkulační nástroj sloužící ke stanovení energetických štítků budov v různých odvětvích, byla stanovena přibližná spotřeba energie v měsících pro osvětlení, vytápění a ohřev teplé vody. Z těchto údajů jsem použil hodnoty spotřebované energie na osvětlení, neboť ohřev TV a vytápění je řešeno pomocí plynového kotle. Po stanovení přibližné celkové spotřeby el. energie spotřebičů, které byly zvoleny s ohledem na současné využití spotřebičů v běžných domácnostech, jsem mohl začít navrhopvat fotovoltaický systém. Po prozkoumání nabídky ostrovních fotovoltaických systémů, jsem si zvolil použití komponent, které nabízí firma SMA Solar Technology., se kterou jsem měl možnost konzultovat a zjišťovat alternativy. Jelikož má tento navrhnutý systém spolupracovat s distribuční sítí, vybral jsem jako nejvhodnější střídač typu Sunny Boy 5000TL. Ten lze naprogramovat tak, aby při nedostatečné energii akumulátorů upřednostnil záložní zdroj, kterým je zde právě distribuční síť. Z energetické náročnosti vyplývá, že k pokrytí energetické náročnosti postačí jeden střídač. Protože se jedná o ostrovní systém, nesmí zde chybět ostrovní střídač Sunny Island 5048. Pro pokrytí spotřeby energie jsou zde umístěny již výše zmíněné akumulátory, které se starají o dodávání energie do systému při nízké fotovoltaické energii s celkovou kapacitou 840Ah. Dohled nad celým systémem zajišťuje Sunny Home Manager, jež nám umožňuje nahlédnout například do denní výroby energie z FV systému. O dodání energie se stará 18 FV panelů v sériovém zapojení s výkonem 250 Wp jednoho panelu a jsou umístěny na jižní straně střechy, kdy při určení potřebné fotovoltaické energie byl použit výpočetní program PVGIS, který zohledňuje klimatické podmínky pro umístěný objekt.

Tento návrh ostrovního FV systému ve spolupráci s elektrickou distribuční sítí finančně vychází na 382 833,8 Kč s návratností 17 let. Teoretická životnost akumulátorů je 10 až 12 let. Při počítání návratnosti systému jsem použil spíše praktických 7 let životnosti. Tato doba životnosti má za následek nákup akumulátorů minimálně dvakrát za životnost FV panelů. I po započítání těchto nákladů vychází návratnost systému v kladných hodnotách. K výpočtu ekonomické návratnosti systému byla použita metoda NPV. Námí vypočítaná hodnota vyšla kladná, což znamená, že na investici ještě vyděláme. Jak vyplývá, pokud by tato hodnota byla záporná, systém by se finančně nevyplatil.

Z mého návrhu plyne závěr, že tento ostrovní FV ve spolupráci s distribuční elektrickou sítí je ekonomicky vhodný pro celoročně používanou budovu. Pokud by ovšem nebyla k dispozici možnost odkupu přebytečné energie, hodnota NPV by dosáhla záporné hodnoty a systém by již nebyl zcela ekonomický. Jiná situace by nastala, pokud by byl objekt umístěn daleko od možnosti připojení na distribuční síť a náklady na její vybudování by přesáhly investice na vybudování a provoz ostrovního FV systému. V případě velkých investic na vyprojektování el. distribuční sítě je nejlepší alternativou hybridní ostrovní systém, který kombinuje různé možnosti napojení dalších obnovitelných zdrojů energie.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] LIBRA M., POULEK V.: **Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární**, Praha: ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [2] HASELHUHN R.: **Fotovoltaika - Budovy jako zdroj proudu**, Ostrava: HEL, 2010. 175 s. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [3] RUSŇÁK K. **Elektromagnetické pole** [online]. 2005 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.kfy.zcu.cz/dokumenty/FYA2/elmg.pole.pdf>
- [4] BROŽ K., ŠOUREK B.: **Alternativní zdroje energie**, Praha: ČVUT, 2003. 213 s. ISBN 80-01-02-802-X.
- [5] KARAMANOLIS, S.: **Sluneční energie, východisko z ekologicko-energetické krize**, Praha: MAC, 1996. 238 s. ISBN 80-860-150-25.
- [6] LIBRA M., POULEK V.: **Solární energie - Fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti**, 2. vyd. Praha: ČZU, 2006. 149 s. ISBN 80-213-1488-5.
- [7] DIVIŠ J.: **Nelineární polovodičové součástky - PN přechod** [online]. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/pn.htm>
- [8] BRABEC P., BARTŮNĚK F.: **Fotoemise: Vnější fotoelektrický jev** [online]. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/fyzika-mikrosveta/vnejsi-fotoelektricky-jev>
- [9] SCHRACK TECHNIK: **Ostrovní fotovoltaické systémy** [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: [http://image.schrack.com/produktkataloge/w\\_ostrovnisystemy12\\_cs.pdf](http://image.schrack.com/produktkataloge/w_ostrovnisystemy12_cs.pdf)
- [10] ENERFIN PLUS: **Ostrovní systémy** [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.enerfinplus.cz/ostrovní-systemy.html>
- [11] ELG – ELECTRIC: **Fotovoltaické elektrárny a ostrovní systémy** [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.elgelectric.com/oblast-cinnosti/slaboproude-technologie/fotovoltaicke-elektrarny-a-ostrovní-systemy>
- [12] ČESKÁ AGENTURA PRO OBNOVITELNÉ ZDROJE: **Fotovoltaické systémy** [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druh-yoze/fotovoltaika#syst2>
- [13] REINBERK Z.: **Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí** [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [14] VAILLANT: **Technický list – Plynový kotel se zásobníkem** [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.vaillant.cz/projekcni-podklady-vu-a-vuw-ecotec-pro-plus-5-3-5-5-s1694.pdf>



- [15] HOMESOLAR: **Žárovka LED 12V/5W** [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://eshop.homesolar.cz/7/51/led-zarovka-5w-led-12v.html>
- [16] KABELE K.: **Národní kalkulační nástroj II** [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/download-nkn>
- [17] SOLARENVI: **Sluneční energie** [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/slunecni-energie/#>
- [18] HNILICA P.: **Fotovoltaické panely** [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz/jake-fotovoltaicke-panely.html>
- [19] ISOFENERGY: **Fotovoltaika v podmínkách České republiky** [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

## Přílohy

## Příloha A – Výpočet návratnosti FV systému

Rok	Účinnost modulů (-0,7 %/rok)	Získaná elektřina (kWh/rok)	Zelený bonus (Kč/kWh)	Výnos (Kč)	Spotřeba vyrobené energie cca 45% [kWh]	Přebytek energie [kWh/rok]	Prodej přebytků [Kč]	Sazba D01d [Kč/kWh]	Úspora elektr. energie [Kč]	Cash flow [Kč]	Pomocné výpočty NPV [Kč]	Návratnost [Kč]
2014	97,00%	4801,50	2,45	11 763,7	2160,68	2640,83	8 054,52	4,69	10 133,57	29 951,76	29 966,73	-352 867,07
2015	96,30%	4766,85	2,47	11 774,1	2145,08	2621,77	7 996,39	4,72	10 122,86	29 893,37	29 923,27	-322 943,80
2016	95,60%	4732,20	2,49	11 783,2	2129,49	2602,71	7 938,27	4,75	10 111,24	29 832,69	29 877,46	-293 066,34
2017	94,90%	4697,55	2,51	11 790,9	2113,90	2583,65	7 880,14	4,78	10 098,72	29 769,71	29 829,30	-263 237,04
2018	94,20%	4662,90	2,53	11 797,1	2098,31	2564,60	7 822,01	4,81	10 085,29	29 704,44	29 763,90	-233 473,14
2019	93,50%	4628,25	2,55	11 802,0	2082,71	2545,54	7 763,89	4,84	10 070,96	29 636,88	29 711,05	-203 762,09
2020	92,80%	4593,60	2,57	11 805,6	2067,12	2526,48	7 705,76	4,86	10 055,71	29 567,03	29 655,84	-174 106,25
2021	92,10%	4558,95	2,59	11 807,7	2051,53	2507,42	7 647,64	4,89	10 039,56	29 494,88	-31 198,10	-205 304,35
2022	91,40%	4524,30	2,61	11 808,4	2035,94	2488,37	7 589,51	4,92	10 022,50	29 420,44	29 538,32	-175 766,02
2023	90,70%	4489,65	2,63	11 807,8	2020,34	2469,31	7 531,39	4,95	10 004,53	29 343,70	29 476,01	-146 290,01
2024	90,00%	4455,00	2,65	11 805,8	2004,75	2450,25	7 473,26	4,98	9 985,66	29 264,67	29 411,33	-116 878,69
2025	89,30%	4420,35	2,67	11 802,3	1989,16	2431,19	7 415,14	5,01	9 965,88	29 183,35	29 344,26	-87 534,43
2026	88,60%	4385,70	2,69	11 797,5	1973,57	2412,14	7 357,01	5,04	9 945,19	29 099,73	29 274,81	-58 259,61
2027	87,90%	4351,05	2,71	11 791,3	1957,97	2393,08	7 298,89	5,07	9 923,59	29 013,82	29 202,98	-29 056,63
2028	87,20%	4316,40	2,73	11 783,8	1942,38	2374,02	7 240,76	5,10	9 901,09	28 925,62	-31 880,71	-60 937,34
2029	86,50%	4281,75	2,75	11 774,8	1926,79	2354,96	7 182,64	5,13	9 877,68	28 835,12	29 052,15	-31 885,20
2030	85,80%	4247,10	2,77	11 764,5	1911,20	2335,91	7 124,51	5,16	9 853,36	28 742,33	28 973,14	-2 912,06
2031	85,10%	4212,45	2,79	11 752,7	1895,60	2316,85	7 066,38	5,18	9 828,13	28 647,25	28 891,73	25 979,67
2032	84,40%	4177,80	2,81	11 739,6	1880,01	2297,79	7 008,26	5,21	9 802,00	28 549,87	28 807,92	54 787,59
2033	83,70%	4143,15	2,83	11 725,1	1864,42	2278,73	6 950,13	5,24	9 774,95	28 450,20	28 721,70	83 509,29
2034	83,00%	4108,50	2,85	11 709,2	1848,83	2259,68	6 892,01	5,27	9 747,01	28 348,24	28 633,07	112 142,36

## Příloha B – Technický list – FV panel PolySol 250MS

Smart Systems  
for Solar Power

**IBC EcoLine – For particularly stable output**  
**IBC PolySol 245 MS, 250 MS**

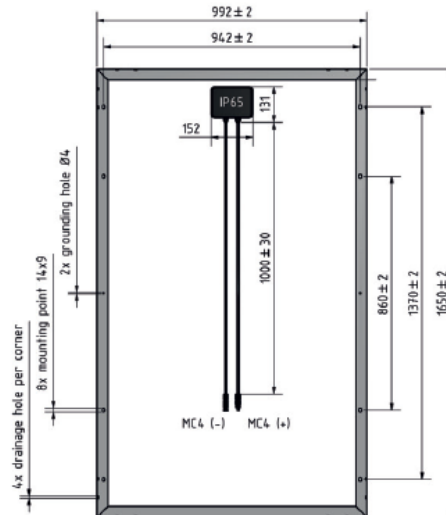
Whether for single family homes, industrial roofs or open spaces – the trusted polycrystalline solar modules, IBC PolySol MS, are perfectly suited for anyone placing high demands on quality and cost efficiency. IBC SOLAR defines the most stringent specifications for components used, ensuring you the best results. Due to anti reflection coated solar glass, the absorption of the light is higher and the outcome of this is a high performance of the module.

**Highlights**

- ❑ 10-year product warranty\*
- ❑ Power warranty\*
  - 12 years (90 %)
  - 25 years (80 %)
- ❑ Positive power tolerance:  $-0/+5$  Wp

- ❑ High efficiency and absorption of light due to anti reflection coated (ARC-glass) solar glass
- ❑ Low-iron solar glass (thickness 3,2 mm) and sturdy hollow-chamber frame
- ❑ Tested according IEC 61215 for snow loads up to 5400 Pa (ca. 550 kg/m<sup>2</sup>)
- ❑ IEC 61730, application class A for system voltages up to 1000 V, protection class II
- ❑ Produced in ISO 9001 and ISO 14001 certified factories
- ❑ SGS TÜV Saar certified manufacturing plant
- ❑ 100% end control with individual registration of the electrical characteristics
- ❑ Quality tested by IBC SOLAR in own laboratory with climate chambers and flasher with integrated electroluminescence measurement





### TECHNICAL DATA

IBC Poly Sol	245 MS	250 MS
STC Power Pmax (Wp)	245	250
SSTC Nominal Voltage Umpp (V)	30.2	30.4
STC Nominal Current Impp (A)	8.12	8.23
STC Open circuit voltage Uoc (V)	37.4	37.6
STC Short circuit current Isc (A)	8.69	8.81
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM1.5 Power Pmax (Wp)	180.7	188
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM1.5 Nominal Voltage Umpp (V)	28.2	28.4
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM1.5 Open Circuit Voltage Uoc (V)	34.4	34.6
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM1.5 Short Circuit Current Isc (A)	7.09	7.17
Rel. efficiency reduction 200 W/m <sup>2</sup> (%)	2.8	2.8
Tempkoeff Isc (%/°C)	+0.04	+0.04
Tempkoeff Uoc (mV/°C)	-122	-122
Tempkoeff Pmpp (%/°C)	-0.48	-0.48
Module Efficiency (%)	15.0	15.3
NOCT (°C)	48	48
Max. System Voltage (V)	1000	1000
Max. Reverse Current Ir (A)	20	20
Current value String fuse (A)	15	15
Fuse protection from parallel strings	4	4
Height (mm)	45	45
Weight (kg)	19	19
Item number	2202800022	2202800023

2013-05-03

Your IBC SOLAR partner:

\* For further information, please refer to the corresponding product and power warranty in accordance with the version of the full warranty conditions received from your specialized IBC SOLAR partner at the time of installation. This warranty is valid only when the product is installed in accordance with the applicable installation instructions. Electrical values under standard test conditions: 1000 W/m<sup>2</sup>; 25 °C, AM1.5, 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT. Specifications according EN 60904-3 (STC). All datas according DIN EN 50380. Subject to modifications that represent progress.

## Příloha C – Technický list – Sunny Home Manager



Technické údaje	Sunny Home Manager	
<b>Komunikace</b>		
Komunikace se střídači	Bluetooth	
Komunikace se Sunny Portal	Ethernet	
<b>Přípoje</b>		
Střídač	Viz Komunikace se střídači	
Ethernet	10 / 100 Mbit, RJ45	
Elektroměr	3* svorka k připojení SO kabelu nebo snímacích hlav DO	
<b>Max. počet přístrojů SMA</b>		
Bluetooth	16	
<b>Max. dosah komunikace</b>		
Bluetooth ve volném poli	Až 100 m (rozšiřitelný pomocí SMA Bluetooth Repeater)	
<b>Zdroj napětí</b>		
Zdroj napětí	Externí konektorový síťový zdroj	
Vstupní napětí	100 V – 240 V AC; 50 / 60 Hz	
Příkon	< 6 W (max. 14,3 W)	
<b>Podmínky prostředí za provozu</b>		
Teplota prostředí	-25 °C ... +60 °C	
Druh krytí (dle EN IEC 60529)	IP20	
Maximální povolená relativní vlhkost, (nekondenzující)	5 % ... 95 %	
<b>Paměť</b>		
Interní	Paměť portálu až 5 dnů	
Denní energetické hodnoty	Až 5 dnů	
<b>Všeobecné údaje</b>		
Rozměry (š / v / h)	170 / 124,5 / 41,5 mm	
Hmotnost	0,22 kg	
Místo instalace	Vnitřní instalace	
Použitelnost	Montáž na montážní lištu, montáž na stěnu	
Ukazatel stavu	LED diody	
Jazyk návodu	čeština, němčina, angličtina, francouzština, řečtina, italština, nizozemština, portugalština, španělština	
<b>Vybavení</b>		
Obsluha	Přes Sunny Portal	
Záruka	5 let	
Certifikáty a schválení	www.SMA-Solar.com	
<b>Příslušenství</b>		
Bezdrátová zásuvka SMA s technologií Bluetooth Wireless Technology	Na automatické řízení spotřebičů	
SMA Bluetooth Repeater	K rozšíření maximálního dosahu Bluetoothkomunikace	
Typové označení	Sunny Home Manager	

## Příloha D – Technický list – Sunny Boy 5000TL

Technické údaje	Sunny Boy 5000TL	
<b>Vstup (DC)</b>		
Max. DC výkon (@ cos φ=1)	5300 W	
Max. vstupní napětí	750 V	
MPP rozsah napětí / jmenovité vstupní napětí	175 V - 500 V / 400 V	
Min. vstupní napětí / spouštěcí vstupní napětí	125 V / 150 V	
Max. vstupní proud Vstup A / Vstup B	15 A / 15 A	
Max. vstupní proud na string Vstup A / Vstup B	15 A / 15 A	
Počet nezávislých MPP vstupů / stringů na MPP vstup	2 / A:2; B:2	
<b>Výstup (AC)</b>		
Jmenovitý výkon (@230 V, 50 Hz)	4600 W	
Max. AC zdánlivý výkon	5000 VA***	
AC jmenovité napětí / rozsah	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	
AC síťová frekvence / rozsah	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	
Jmenovitá síťová frekvence / jmenovité napětí sítě	50 Hz / 230 V	
Max. výstupní proud	22 A	
Účinnost při jmenovitém výkonu	1	
Nastavitelný faktor posunu	0,8 přebuzený ... 0,8 podbuzený	
Fáze napájení / fáze připojení	1 / 1	
<b>Stupeň účinnosti</b>		
Max. účinnost / Evropská účinnost	97% / 96,5%	
<b>Bezpečnostní a monitorovací zařízení</b>		
Odpojovač na vstupní straně	●	
Detekce zkratů / kontrola stavu sítě	● / ●	
DC ochrana typu II lze integrovat do	-	
DC ochrana proti přepólování / Odolnost proti AC zkratu / Galvanické oddělení	● / ● / -	
Jednotka pro sledování chybových proudů u střídavého i stejnosměrného proudu	●	
Stupeň krytí (dle IEC 62103) / kategorie přepětí (dle IEC 60664-1)	I / III	
<b>Všeobecné údaje</b>		
Rozměry (Š / V / H)	490 / 519 / 185 mm (19,3 / 20,5 / 7,3 inch)	
Hmotnost	26 kg / 57,3 lb	
Rozsah provozních teplot	-25 °C ... +60 °C / -13 °F ... +140 °F	
Emise hluku, typicky	25 dB(A)	
Vlastní spotřeba (noc)	1 W	
Topologie	Bez transformátoru	
Princip chlazení	Konvekce	
Stupeň krytí (dle IEC 60529)	IP65	
Stupeň krytí v oblasti připojení (dle IEC 60529)	IP54	
Klimatická třída (dle IEC 60721-3-4)	4K4H	
Maximální přípustná hodnota relativní vlhkosti (bez kondenzace)	100 %	
<b>Vybavení</b>		
DC připojení	SUNCLIX	
AC připojení	Pružinová svorka	
Displej	Grafika	
Rozhraní: RS485 / Bluetooth	○ / ●	
Záruka: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 let	● / ○ / ○ / ○ / ○	
Multifunkční relé	●	
Certifikáty a povolení (další na vyžádání)	CE, VDE0126-1-1, Enel Guida, UTE C15-712-1, C10/11, G83/1-1, G59/2, RD 1663/2000, RD 661/2007, VDE-AR-N 4105, PPC, AS4777, EN 50438*, PPDS	
Typové označení	SB 5000TL-21	

## Příloha E – Technický list- Sunny Island 5048

Technické údaje	Sunny Island 5048	
<b>AC výstup (spotřebič)</b>		
Jmenovité napětí AC / nastavitelné	230 V / 202 V - 253 V	
Jmenovitá frekvence AC / nastavitelná	50 Hz, 60 Hz / 45 Hz ... 65 Hz	
Trvalý výkon AC (při 25 °C / při 45 °C)	5000 W / 4000 W	
Výkon AC při 25 °C po dobu 30 min / 1 min / 3 s	6500 W / 8400 W / 12000 W	
Jmenovitý proud AC / max. proud AC (peak)	21,7 A / 120 A po dobu cca 60 ms	
Harmonické zkreslení výstupního napětí / čísel výkonu při jmenovitém výkonu	3 % / -1 ... +1	
<b>AC vstup (generátor nebo síť)</b>		
Vstupní napětí AC / rozsah	230 V / 172,5 V - 264,5 V	
Vstupní frekvence AC / rozsah	50 Hz, 60 Hz / 40 Hz ... 70 Hz	
Max. vstupní proud / nastavitelný	56 A / 0 A ... 56 A	
Max. vstupní výkon	12,8 kW	
<b>Vstup DC (baterie)</b>		
Napětí baterie / rozsah	48 V / 41 V - 63 V	
Max. nabíjecí proud baterie / trvalý nabíjecí proud při 25 °C	120 A / 100 A	
Typ baterie / kapacita baterie	olovo, NiCd / 100 Ah ... 10000 Ah	
Regulace nabíjení	Metoda IUoU	
<b>Účinnost / vlastní spotřeba</b>		
Max. účinnost	95 %	
Vlastní spotřeba bez zatížení / pohotovostní režim	25 W / 4 W	
<b>Ochranná zařízení</b>		
DC ochrana proti přepólování / DC pojistka	● / ●	
AC zkrat / AC přetížení	● / ●	
Nadměrná teplota / hloubkové vybíjení baterie	● / ●	
<b>Všeobecné údaje</b>		
Rozměry (š / v / h)	467 / 612 / 235 mm	
Hmotnost	63 kg	
Rozsah provozní teploty	-25 °C ... +60 °C	
Druh ochrany (dle IEC 60529)	vnitřní montáž (IP30)	
<b>Vybavení / funkce</b>		
Obsluha a displej / multifunkční relé	interní / 2	
Třířázové systémy / paralelní zapojení	● / ●	
Integrovaný bypass / multiclusterový provoz	- / ●	
Výpočet stavu nabití / plné nabití / vyrovnávací nabití	● / ● / ●	
Integrovaný softstartér / podpora generátoru	● / ●	
Snímač teploty baterie / komunikační kabely	● / ●	
Záruka (5 / 10 / 15 / 20 / 25 let)	● / ○ / ○ / ○ / ○	
Certifikáty a schválení	www.SMA-Solar.com	
<b>Příslušenství</b>		
Vedení baterie / jistič baterie	○ / ○	
Rozhraní (RS485 / Multicluster PB)	○ / ○	
Rozšířený start generátoru „GenMan“	○	
Odlehčovací stykač / externí měření proudu baterie	○ / ○	
● Sériové vybavení ○ Volitelné vybavení – Není k dispozici		
Typové označení	SI 5048	