

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

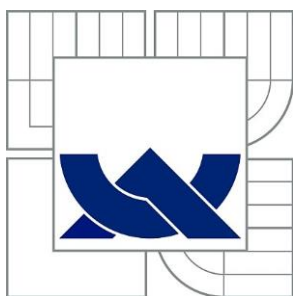
STAV FOTOVOLTAIKY V ČESKÉ REPUBLICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THEISIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

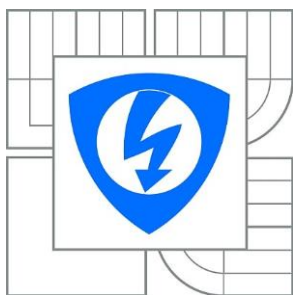
Bc. KAMIL LUKÁŠEK

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

STAV FOTOVOLTAIKY V ČESKÉ REPUBLICE

STATE OF PHOTOVOLTAIC IN THE CZECH REPUBLIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. KAMIL LUKÁŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ VANĚK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektrotechnická výroba a management

Student: Bc. Kamil Lukášek

ID: 106601

Ročník: 2

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Stav fotovoltaiky v České Republice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principy fotovoltaických systémů a jejich komponentů. Nastudujte marketingové nástroje pro průzkum monitorování trhu. Provedte SWOT analýzu budování fotovoltaického systému v současných podmínkách v ČR. Provedte průzkum současného stavu fotovoltaiky v ČR - počet instalací, majitele, servisní organizace, výrobce a dovozce. Vyberte vhodný typ fotovoltaického systému a proveďte návrh tohoto systému.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 10.2.2015

Termín odevzdání: 28.5.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Konzultanti semestrální práce:

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Stav fotovoltaiky v České republice“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujícího autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji za odbornou pomoc a spolupráci vedoucímu diplomové práce panu docentu Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D., dále děkuji za pomoc se studijními materiály a za poskytnuté informace panu Mgr. Robertu Mořkovskému ze společnosti Solární Panely.CZ s.r.o., panu Ing. Martinu Obstovi a panu Ing. Jiřímu Lehockému.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE:

Bibliografická citace práce:

LUKÁŠEK, K. *Stav fotovoltaiky v České Republice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 85 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D..

ABSTRAKT

Fotovoltaika v České republice prodělala v posledních letech veliký rozvoj. V práci je popsán fyzikální princip přeměny sluneční energie na energii elektrickou pomocí fotovoltaických článků. Fotovoltaická elektrárna je souborem technologických prvků zapojených do systému, který je navržen s ohledem na využití vyrobené elektrické energie. Vypracovaný přehled vývoje fotovoltaiky v České republice a seznam největších instalovaných fotovoltaických elektráren představuje důležitá data pro posouzení současného stavu fotovoltaiky v České republice. V kapitole servis a údržba fotovoltaických elektráren jsou shrnuty nejčastější příčiny poruch a diagnostické nástroje servisních opatření. Legislativní změny upřednostnily z ekonomického hlediska výstavbu hybridních fotovoltaických elektráren. Výstavba nové hybridní fotovoltaické elektrárny byla analyticky posouzena pomocí SWOT analýzy, která hodnotí silné a slabé stránky ve vztahu k příležitostem a hrozbám projektu výstavby. Vyhodnocením získaných dat a analýzy je navrhnout další postup pro projekt výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny. První část návrhu hybridní fotovoltaické elektrárny zahrnuje vyhodnocení dat z programu PVGIS, který stanovuje intenzitu slunečního záření v dané lokalitě. Získaná data posloužila v druhé části návrhu ke stanovení vhodných komponentů hybridní fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům. Nakonec je celý navržený systém hybridní fotovoltaické elektrárny posouzen z ekonomického hlediska a návratnosti vynaložených finančních prostředků.

KLÍČOVÁ SLOVA: fotovoltaická elektrárna; fotovoltaický článek; elektrická energie; technologie; systém; střídač; solární akumulátor; solární regulátor; monitoring; hybridní systém; servis; údržba; SWOT analýza; ekonomika, finance; investice; komponenty; soběstačnost, náklady; zisk; návratnost.

ABSTRACT

Photovoltaic in the Czech Republic has gone through significant development during last few years. The thesis describes physical principle of converting solar energy into electrical energy using photovoltaic cells. Photovoltaic power plant is a set of technologic components connected together to utilize solar energy and convert it into electric energy that could be distributed to electric power network. Review of the photovoltaic development in the Czech Republic and the list of the biggest operational photovoltaic power plants present important data for assessment of the current status of photovoltaic technology in the Czech Republic. Chapter operations and maintenance of photovoltaic power plants summarizes the most common causes of failures and presents diagnostic tools for service requests. Due to legislative changes, hybrid photovoltaic power plants construction has been prioritized as it is economically more efficient now. Construction of new hybrid photovoltaic power plant was assessed analytically using SWOT analysis that evaluates strong and weak sides of the projects in comparison with opportunities and threats of construction. After evaluation of obtained data the next steps of the hybrid photovoltaic power plant's construction plan are proposed. The first part of hybrid photovoltaic power plant design contains PVGIS program's data evaluation, which provides sunlight intensity information for specified area. Obtained data were used in the second part of the design to determine proper components selection for family house hybrid photovoltaic power plant. Finally the economic view of the design and return of investments were assessed.

KEY WORDS: photovoltaic power plant; photovoltaic cell; electrical energy; technology; system; inverter; solar battery; solar controller; monitoring; hybrid system; service; maintenance; SWOT analysis; economics, finance; investment; components; self-sufficiency; costs; profit; return.

OBSAH

OBSAH.....	6
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
SEZNAM TABULEK	10
ÚVOD	11
1 FOTOVOLTAIKA A JEJÍ KOMPONENTY	12
1.1 FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK	12
1.1.1 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO ČLÁNKU	12
1.1.2 TECHNOLOGIE FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ	13
1.2 STŘÍDAČ (INVERTOR).....	15
1.3 SOLÁRNÍ AKUMULÁTOR.....	16
1.4 SOLÁRNÍ REGULÁTOR (MPPT REGULÁTOR)	16
1.5 MONITORING.....	16
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	17
2.1 SYSTÉMY NEZÁVISLÉ NA ROZVODNÉ SÍTI (OFF-GRID).....	17
2.1.1 SYSTÉMY OFF-GRID S PŘÍMÍM NAPÁJENÍM.....	17
2.1.2 SYSTÉMY OFF-GRID S AKUMULACÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE	17
2.1.3 HYBRIDNÍ GRID-INTERAKTIV FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	18
2.2 SÍŤOVÉ FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY (ON-GRID)	19
3 FOTOVOLTAIKA V ČR	20
3.1 FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY V ČR.....	20
3.2 SERVIS A ÚDRŽBA FVE	24
3.2.1 TERMOGRAFIE.....	24
3.2.2 MĚŘENÍ V-A CHARAKTERISTIK	25
3.2.3 NEJBĚŽNĚJŠÍ PORUCHY FVE.....	25
3.2.4 ORGANIZACE NABÍZEJÍCÍ SERVIS FVE V ČESKÉ REPUBLICE	26
3.3 VÝROBCI A DODAVATELÉ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ.....	27
4 EKONOMICKÉ ANALYTICKÉ NÁSTROJE.....	29
4.1 DIFERENČNÍ ANALÝZA.....	29
4.2 SWOT ANALÝZA	29
4.3 ŠEST OTÁZEK.....	30
5 SWOT ANALÝZA VÝSTAVBY HYBRIDNÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	31
6 NÁVRH HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM.....	35
6.1 POŽADAVKY NA FUNKCE HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	35
6.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY A DATA NÁVRHU	35
6.2.1 LOKALITA A UMÍSTĚNÍ.....	35
6.2.2 VOLBA FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ	36
6.2.3 ROZMÍSTĚNÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ NA STŘEŠE	38
6.2.4 PREDIKCE PŘEDPOKLÁDANÉ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	39

6.2.5 VÝBĚR HYBRIDNÍHO STŘÍDAČE	41
6.2.6 VÝBĚR SOLÁRNÍHO REGULÁTORU (MPPT REGULÁTOR).....	43
6.2.7 VÝBĚR JEDNOTKY PRO DOHLED A OVLÁDÁNÍ FV SYSTÉMU	44
6.2.8 VÝBĚR AKUMULAČNÍCH BATERÍ	45
6.2.9 VÝBĚR PŘÍSLUŠENSTVÍ	48
6.2.10 VÝBĚR OCHRAN PROTI NADMĚRNÉMU ELEKTRICKÉMU PROUDU A PŘEPĚTÍ.....	49
6.2.11 SCHÉMA ZAPOJENÍ NAVRŽENÉHO FV HYBRIDNÍHO SYSTÉMU.....	52
6.2.12 VÝBĚR PROPOJOVACÍCH VODIČŮ.....	53
7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM.....	54
7.1 ELEKTRICKÁ SOBĚSTAČNOST RODINNÉHO DOMU S NAVRŽENÝM SYSTÉMEM HYBRIDNÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY.....	54
7.2 POŘIZOVACÍ NÁKLADY	58
7.3 NÁKLADY NA PROVOZ A OBMĚNU ZAŘÍZENÍ	59
7.4 ZISKY Z PROVOZU	60
7.5 EKONOMICKÁ NÁVRATNOST	63
8 ZÁVĚR.....	65
8.1 ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS	65
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
POUŽITÁ LITERATURA	68
SEZNAM PŘÍLOH	73
PŘÍLOHA A	74
PŘÍLOHA B.....	75
PŘÍLOHA C	77
PŘÍLOHA D	78
PŘÍLOHA E.....	80
PŘÍLOHA F	81
PŘÍLOHA G	83
PŘÍLOHA H	84

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1-1 Princip fotovoltaického článku (1)	12
Obr. 1.1-2 Monokrystalický, polykrystalický, amorfni panel (2)	13
Obr. 2.1-1 Zapojení systému off-grid s přímým napájením	17
Obr. 2.1-2 Zapojení systému off-grid s akumulací elektrické energie	17
Obr. 2.1-3 Zapojení hybridního systému grid-interaktiv s akumulací energie	18
Obr. 2.2-1 Zapojení síťového systému on-grid.....	19
Obr. 3.1-1 Vývoj počtu fotovoltaických elektráren nad 1 MW v České republice (3).....	20
Obr. 3.1-2 Vývoj počtu fotovoltaických elektráren v České republice (4)	21
Obr. 3.1-3 Vývoj instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren v České republice (4)	21
Obr. 3.1-4 Grafické vyjádření podílů jednotlivých zdrojů FVE na výrobě elektrické energie v listopadu 2014 (4)	22
Obr. 3.1-5 Rozmístění největších fotovoltaických elektráren na území České republiky (10)	24
Obr. 3.2-1 Termografický snímek FVE s vadným panelem (11)	25
Obr. 3.3-1 TOP 10 výrobců fotovoltaických panelů na světě v roce 2014 (12).....	27
Obr. 6.2-1 Situační plán umístění stavby RD (14)	35
Obr. 6.2-2 Jižní pohled na RD k výstavbě HFVE (17)	36
Obr. 6.2-3 - Technický výkres výrobce FV panelu STP6-240W (22).....	37
Obr. 6.2-4 Návrh rozložení FV panelů na střeše RD.....	38
Obr. 6.2-5 Roční průběh dopadající energie slunečního záření a vyrobené elektrické energie HFVE (23),(24),(25).....	41
Obr. 6.2-6 Hybridní střídač XTM 2600-48 (26).....	41
Obr. 6.2-7 Smart-Boost regulace proudu (27)	42
Obr.6.2-8 MPPT solární regulátor VarioTrack VT-65 (32)	43
Obr. 6.2-9 Monitorovací a dálkový ovládací modul RCC-02 (35)	45
Obr. 6.2-10 Akumulátor Banner ENRGY BULL 968 01 (36)	47
Obr. 6.2-11 Monitorovací modul BSP 500 (40).....	48
Obr. 6.2-12 Snímač teploty BTS-01 (41).....	48
Obr. 6.2-13 Schéma zapojení navrženého FV hybridního systému (33)	52
Obr. 6.2-14 Řez solárním vodičem ÖLFLEX SOLAR XLR-R (42).....	53
Obr. 7.1-1 Bilance rozložení elektrické energie pro RD - model č.1	56
Obr. 7.1-2 Elektrická nezávislost RD s navrženou HFVE - model č.1.....	56
Obr. 7.1-3 Bilance rozložení elektrické energie pro RD - model č.2	57
Obr. 7.1-4 Elektrická nezávislost RD s navrženou HFVE - model č.2.....	57

<i>Obr. 7.5-1 Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE bez akumulátorů</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 7.5-2 Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE s akumulátory</i>	<i>64</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1.1-1 Přehled technologií fotovoltaických článků (1)</i>	15
<i>Tab. 3.1-1 Fotovoltaické elektrárny v České republice s instalovaným výkonem nad 5 MW (4), (5), (6), (7), (8), (9)</i>	23
<i>Tab. 3.2-1 Seznam vybraných společností poskytující servis fotovoltaických elektráren</i>	26
<i>Tab. 4.3-1 SWOT analýza výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny</i>	31
<i>Tab. 4.3-2 Vyhodnocení SWOT analýzy výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny</i>	32
<i>Tab. 6.2-1 - Technické parametry a vlastnosti FV panelu STP6-250W (22)</i>	37
<i>Tab. 6.2-2 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření a produkce elektrické energie HFVE 2,25 kWp – Veselice (23),(24),(25)</i>	40
<i>Tab. 6.2-3 Technické parametry a vlastnosti střídače XTM 2600-48 (31)</i>	43
<i>Tab. 6.2-4 Technické parametry a vlastnosti MPPT regulátoru VarioTrack VT-65 (33)</i>	44
<i>Tab. 6.2-5 Technické parametry a vlastnosti akumulátoru Banner ENRGY BULL 968 01 (37)</i> ...	48
<i>Tab. 6.2-6 Technické parametry a vlastnosti vodičů ÖLFLEX SOLAR XLR-R (42)</i>	53
<i>Tab. 7.1-1 Průměrná denní spotřeba elektrické energie typové domácnosti</i>	54
<i>Tab. 7.1-2 Bilance rozložení elektrické energie pro rodinný dům</i>	55
<i>Tab. 7.2-1 Vyčíslení nákladů na komponenty a materiál návrhu HFVE (43, 44, 45)</i>	58
<i>Tab. 7.2-2 Vyčíslení nákladů na projekt a práci návrhu HFVE</i>	59
<i>Tab. 7.3-1 Intervaly obměny komponentů HFVE</i>	60
<i>Tab. 7.4-1 Vyčíslení finančních výnosů z provozu HFVE v jednolitých rocích předpokládaného provozu</i>	62

ÚVOD

Fotovoltaika zažila v České republice největší rozmach (tzv. „fotovoltaický boom“) mezi lety 2008 – 2010, což bylo zapříčiněno nastavením dotačních programů pro podporu obnovitelných zdrojů energie Energetickým regulačním úřadem (ERÚ). Díky této skutečnosti se výroba elektřiny pomocí fotovoltaických článků dostala do podvědomí obyvatel především v negativním smyslu z důvodu velké finanční zátěže, která byla přenesena na obyvatele formou příspěvku na podporu obnovitelných zdrojů energie ve vyúčtování plateb spotřebované elektrické energie. Jelikož rozmach FVE v ČR byl tak rychlý, hrozilo, že přenosová soustava elektrické energie v ČR nebude schopna efektivně řídit a přenášet toky energie. Vzhledem k této skutečnosti rozhodl provozovatel elektroenergetické přenosové soustavy, společnost ČEPS, vyhlásit tzv. „stop stav“, který zamítal připojení veškerých nových zdrojů elektrické energie vyrobené pomocí fotovoltaických panelů. V roce 2012 byl „stop stav“ zrušen, avšak mezitím nabyla platnosti novela zákona č. 330/2010 Sb., kterou bylo do zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, zakotveno ustanovení § 3 odst. 5, které stanovuje, že nárok na podporu má pouze výrobná elektřina ze slunečního záření s instalovaným výkonem do 30 kW_p, která je umístěna na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy, spojené se zemí pevným základem, evidované v katastru nemovitostí. Toto opatření tedy znamenalo, že na získání podpory státu mají ze zákona nárok pouze nové fotovoltaické zdroje malých výkonů. Dále bylo nutné každou žádost o připojení do elektrizační soustavy posoudit a vyhodnotit její vliv na elektrizační soustavu, což celý proces dále značně ztížilo a takřka znemožnilo připojení nových zdrojů o vysokém výkonu i bez nároku na podporu. Během posledních let klesly ceny potřebných komponentů na tak nízkou finanční náročnost, že kalendářním rokem 2014 Energetický regulační úřad zcela ukončil podporu výroby elektrické energie z fotovoltaických článků.

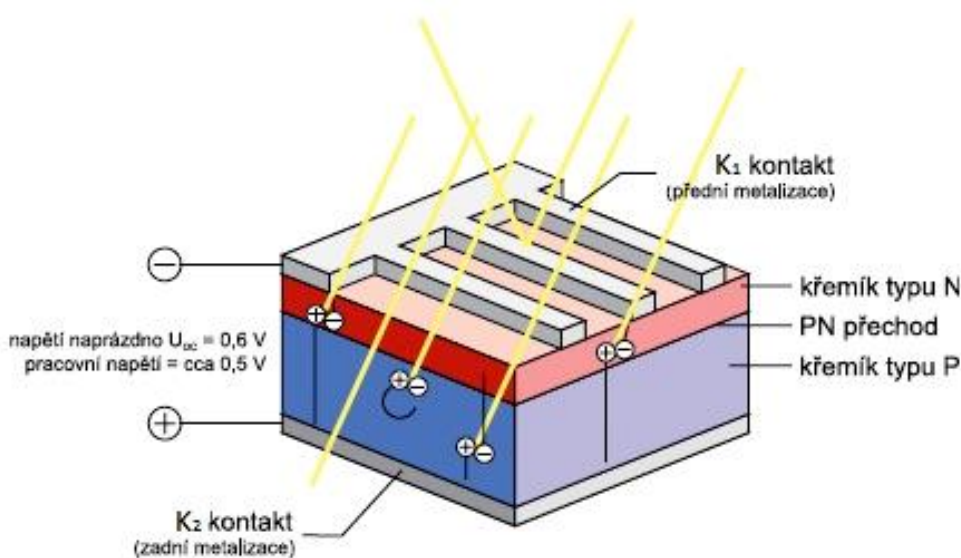
S ukončením podpory fotovoltaiky v České republice se dostává do popředí otázka, zda je ekonomicky rentabilní instalovat malou FVE jako alternativní zdroj pro vlastní spotřebu soukromých osob, případně společností. K zodpovězení dané problematiky shrneme data o současných instalovaných a provozovaných FV zdrojích, zaměříme se na společnosti provádějící instalace a servis, shrneme nejpoužívanější technologie a nejběžnější servisní operace. Získaná data využijeme pro analýzu SWOT, s níž se pokusíme získat základní odpovědi, který z možných systémů zapojení malé FVE by mohl být ekonomicky nejvíce příznivý.

1 FOTOVOLTAIKA A JEJÍ KOMPONENTY

1.1 Fotovoltaický článek

1.1.1 Princip fotovoltaického článku

Fotovoltaika využívá přímé přeměny elektromagnetické sluneční energie na energii elektrickou v polovodičovém prvku, který se nazývá fotovoltaický nebo též solární článek. Fotovoltaický článek ve své podstatě představuje velkoplošnou diodu alespoň s jedním PN přechodem. Dopadající elektromagnetické sluneční záření na fotovoltaický článek generuje elektricky nabitě částice, tedy pár elektron – díra. Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu, což má za následek napěťový rozdíl mezi „vrchním“ K_1 a „spodním“ K_2 kontaktem fotovoltaického článku. Při připojení vnějšího obvodu mezi kontakty K_1 a K_2 začne obvodem protékat stejnosměrný proud, jehož velikost je přímo úměrná ploše fotovoltaického článku a intenzitě dopadajícího elektromagnetického slunečního záření.



Obr. 1.1-1 Princip fotovoltaického článku (1)

Jeden článek generuje napětí o hodnotě přibližně $0,5 \text{ V}$, což je příliš málo k běžnému využití. Pokud však spojíme více článků sériově, jsme schopni získat provozní napětí 12 V , 24 V nebo 48 V , které již umožňuje této sestavě použití v různých typech fotovoltaických systémů. Takto vytvořené sestavy sériově nebo i sériovo-paralelně řazených článků jsou hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů a tvoří výsledný fotovoltaický panel. Jelikož je třeba zaručit dlouhou životnost panelů, předpokládaná životnost panelů je delší než 30 let, přičemž po 25 letech jejich účinnost dosahuje 80% původní účinnosti udávané výrobcem. Většina fotovoltaických panelů je opatřena

předním krycím sklem a samotné fotovoltaické články jsou zalaminovány do struktury plastovou folií. Na fotovoltaické panely jsou vzhledem k jejich plánované životnosti kladeny vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti (teploty, vlhkost, vítr). Krycí materiály proto musí mít vysokou optickou a izolační schopnost.

1.1.2 Technologie fotovoltaických článků

Vývoj fotovoltaických článků vedl k velkému množství různorodých technologií. V současnosti je nejvíce propracovaná technologie založená na krystalickém křemíku, označované jako technologie první generace, jejíž základem je křemíkový plát čtvercového tvaru o standardních rozměrech 200 x 200 mm a tloušťce 0,2 - 0,3 mm s monokrystalickou nebo polykrystalickou křemíkovou strukturou viz obr. 1.2-2 (a) a 1.2-2 (b).



Obr. 1.1-2 Monokrystalický, polykrystalický, amorfní panel (2)

Fotovoltaické panely s monokrystalickými články představují v České republice velmi rozšířený typ především u střešních fotovoltaických zařízení o instalovaném výkonu vyšším jak 1 kW_p. Krystaly křemíku se vyrábí na bázi chemického procesu, tažením roztaveného křemíku, přičemž na konci procesu vzniká monokrystalický křemíkový válec ve formě tyče (ingot) o průměru 125 - 300mm, který se následně opravuje do tvaru hranolu a rozřeže drátovou pilou na pláty. Účinnost monokrystalických fotovoltaických panelů se pohybuje v rozmezí 13% až 17%.

Monokrystalické FV panely dosahují nejvyšší účinnosti při umístění na šikmé střeše s orientací jižním směrem $\pm 5 - 10^\circ$. Tato technologie dosahuje nejlepších hodnot vyrobeného výkonu na m^2 ze tří nejpoužívanějších technologií při přímém slunečním osvitu. Výkon FV panelu se pohybuje v rozmezí 170 – 200 W.

Fotovoltaické panely s polykrystalickými články jsou v České republice nejrozšířenějšími panely instalovanými na současných FVE, jelikož jsou jejich pořizovací náklady nižší oproti monokrystalickým FV panelům. Pokles ceny je zapříčiněn odlišným výrobním procesem. FV články se skládají z většího počtu menších polykrystalů, které vznikají při lisování odřezků křemíku. Díky této skutečnosti klesá pořizovací cena, složitost výroby a zvyšuje se rychlost výrobního procesu. Účinnost polykrystalických fotovoltaických panelů se pohybuje v rozmezí 12% až 14%.

Polykrystalické FV panely nahází uplatnění na střešních kontrakcích a pozemních realizacích. Jelikož dosahují nižší účinnosti je třeba pro dosažení stejného výkonu, jako u monokrystalických FV panelů počítat s větší plochou pro umístění. FV panely mohou být orientovány na jižní, jihovýchodní, východní a západní světovou stranu. I přes tyto výhody však nejsou schopny dosáhnout ideálně výkonu ideálně orientovaných monochromatických FV panelů. Nejvyšší možný dosažitelný výkon jednoho polykrystalického FV panelu může dosahovat až 290 W.

Menší množství FV článků, které jsou v současnosti instalovány na FVE v ČR představují panely vyrobené tenkovrstvou technologií, označované jako technologie druhé generace. FV články včetně jejich propojení jsou vytvořeny přímo na nosné podložce ze skla, fólie nebo plechu, nanesením velmi tenkých vrstev materiálů v jednotkách mikrometrů. Pro aktivní vrstvu je nejpoužívanějším materiálem opět křemík s amorfni nebo mikrokrytalickou strukturou viz obr 1-2 (c). Účinnost tenkovrstvých amorfni křemíkových FV článků se pohybuje v rozmezí 7 – 9% a pro dosažení stejného výkonu jako u monokrystalických či polykrystalických FV panelů je třeba 2,5x větší aktivní plocha. Výhodou panelů je nejvyšší účinnost při přeměně energie z difúzního záření a vzhledem k malému množství využitých prvků pro výrobu také cena. Vhodné využití panely naleznou na místech s velmi nízkým přímým slunečním osvitem a dostatečně velkou plochou pro instalaci FVE. Amorfni panely nedosahují živostností jako panely monokrystalické a polykrystalické. Přes skutečnost, že pro všechny tři uvedené druhy panelů je základní surovinou křemík, tenkovrstvou technologií lze vyrábět panely s odlišnými strukturami např. CdTe, CIS a CIGS (měď, indium, galium, síra, selen viz tabulka Tab. 1.1-1)

Tab. 1.1-1 Přehled technologií fotovoltaických článků (1)

Objemové materiály	Tenkvrstvé materiály	Alternativní materiály
Monokrystalický křemík	Amorfní křemík	Polymerní vrstvy
Polykrystalický křemík	Mikrokrystalický křemík	Články s fotocitlivým barvivem
Polykrystalické plátky Si	CdTe a CdS	
	CuInSE – CIS	
	Amorfní SiGe	
	InGaN	

1.2 Střídač (invertor)

Střídač, též označovaný jako invertor nebo měnič je elektronické zařízení měnící stejnosměrné napětí resp. stejnosměrný proud na střídavé napětí resp. střídavý proud o určité frekvenci, která je použitelná v zařízeních připojených do elektrického obvodu. Solární invertory obsahují speciální funkce pro použití s FV panely včetně sledování maximálního výkonového bodu (MPPT) pro optimalizaci ztrát a výkonnosti instalované FVE. Účinnost střídačů se pohybuje v rozmezí 90 – 97%. Střídač, případně střídače je velice důležité umístit co nejbližší panelům, aby se minimalizovali ztráty vznikající ve vodičích stejnosměrného obvodu FVE. Je však potřeba zvolit klimaticky vhodné prostředí s dobrou cirkulací vzduchu.

Fotovoltaické střídače lze rozdělit do tří základních skupin:

1) Off-grid střídače (ostrovní střídače)

Využívají se v izolovaných ostrovních systémech. Typickým příkladem je napájení běžných spotřebičů (230/50Hz) z akumulátorů v podmínkách mimo dosah elektrické sítě, tedy v systémech (off-grid). Z tohoto důvodu nemusí mít tyto střídače ochranu proti anti-ostrovnímu systému.

2) On-grid střídače

Využívají se v systémech s dodávkou elektrické energie připojených do elektrické distribuční sítě. Splňují parametry sinusové vlny a frekvence, aby bylo možné energii dodávat do distribuční elektrické soustavy. Při výpadku vnějšího napájení se z bezpečnostních důvodů odpojí a nejsou tak schopny pracovat jako záložní zdroj elektrické energie.

3) Grid-interaktiv (hybridní střídače)

Využívají se v systémech v ostrovním režimu (off-grid), v systémech s hybridním režimem, tak i v síťových systémech (on-grid). Hybridní střídače jsou schopny řídit přebytečnou elektrickou energii k nabíjení akumulčních baterií, případně energii dodávat do elektrické sítě nebo jiného systému např. ohřev TUV, klimatizace atd.

Střídač je schopen pracovat při výpadku elektrické energie jako záložní zdroj při umístění akumulátorů do obvodu. Musí být z bezpečnostních důvodů vybaven anti-ostrovním systémem.

1.3 Solární akumulátor

Akumulátory pro využití ve fotovoltaickém systému musí mít specifické vlastnosti. Jedná se především o vysoký stupeň cykličnosti, výbornou hustotu výkonu, schopnost regenerace z hlubokého vybití, nízký stupeň samovybití, silné elektrody, atd. Nejvhodnější solární akumulátory se dělí do dvou základních skupin dle použité technologie. První skupinu představují akumulátory na technologii AGM a druhou skupinu představují akumulátory na technologii GEL. Akumulátory AGM (absorbent glass material) obsahují elektrolyt nasáklý v separátorech ze skelného vlákna. Gelové akumulátory obsahují elektrolyt ve formě křemičitého gelu. Oba typy solárních akumulátorů jsou plně bezúdržbové a vyznačují se podobnými vlastnostmi. Baterie založené na technologii GEL mají v porovnání s technologií AGM delší cyklickou životnost přibližně o 25%, ale menší kapacitu přibližně o 15%. Hlavní výhodou baterií na GEL technologii je skutečnost, že umožňují nabíjení od -20°C přičemž AGM akumulátory není vhodné nabíjet při teplotách pod bodem mrazu a musí být tedy umístěny uvnitř budovy.

1.4 Solární regulátor (MPPT regulátor)

Solární regulátor slouží jako stabilizátor napětí a řídí akumulaci přebytkové elektrické energie do solárních akumulátorů. Obsahuje vestavěný vysokofrekvenční měnič DC-DC. To umožňuje na solární regulátor připojit FV panely v sériovém, sérioparalelním nebo paralelním spojení o jakémkoliv výstupním napětí, které solární regulátor zpracuje a přemění na požadované napětí systému, tedy 12 V, 24V nebo 48 V. Hlavní funkcí solárního regulátoru je tedy stabilizovat a snížit / zvýšit napětí z fotovoltaických panelů na napětí optimální pro dobíjení instalovaných akumulátorů, tím dochází k optimalizaci napětí a proudu k docílení bodu MPP. MPPT regulátor také vyhodnocuje napětí FV panelů a při poklesu napětí, které není vhodné k dobíjení akumulátorů, je odpojí. Dále vyhodnocuje aktuální stav akumulátorů a při plném nabití je odpojuje, aby nedocházelo k přebíjení a zkrácení životnosti.

1.5 Monitoring

Pro nepřetržitý přehled a řízení chodu fotovoltaického systému se využívají monitorovací a řídicí moduly. Moduly se připojují, případně montují přímo do rozvaděče. Komunikace s uživatelem probíhá pomocí USB portu, případně dálkově prostřednictvím IP rozhraní a webového prohlížeče.

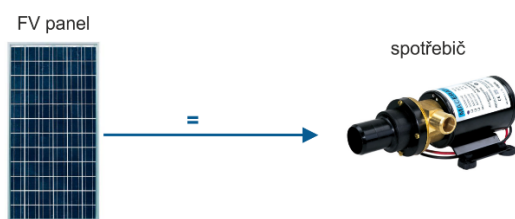
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

2.1 Systémy nezávislé na rozvodné síti (off-grid)

Systémy off-grid tzv. Ostrovní systémy nalézají uplatnění na místech, kde není ekonomické budovat elektrickou přípojku k distribuční síti, jelikož náklady zbudování přípojky značně převyšují náklady na pořízení fotovoltaického systému. Obecně lze říci, že vzdálenost k rozvodné síti přesahuje vzdálenost 500 – 1 000 m. U ostrovních systémů je kladen důraz na minimální ztráty energie a na použití energeticky úsporných spotřebičů.

2.1.1 Systémy off-grid s přímým napájením

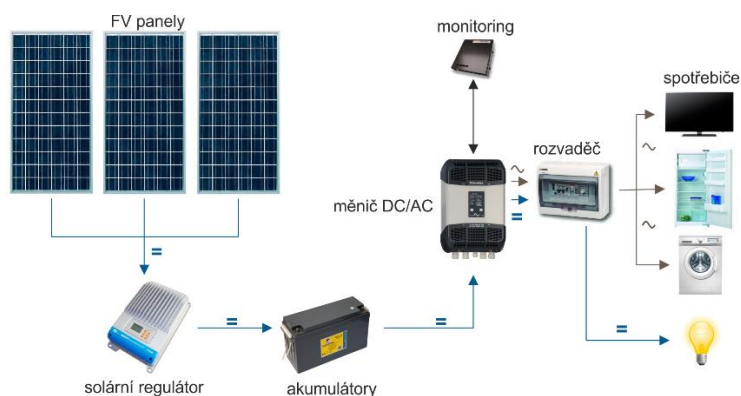
Využití těchto systémů je velmi omezené a je podmíněno skutečností, že připojený elektrický spotřebič pracuje pouze po dobu dostatečného intenzity slunečního záření. Jedná se prostě propojení fotovoltaického panelu a spotřebiče viz obrázek Obr. 2.1-1 Příkladem je pohon čerpadla k zavlažování, napájení ventilátorů pro odvětrávání uzavřených prostor, atd.



Obr. 2.1-1 Zapojení systému off-grid s přímým napájením

2.1.2 Systémy off-grid s akumulací elektrické energie

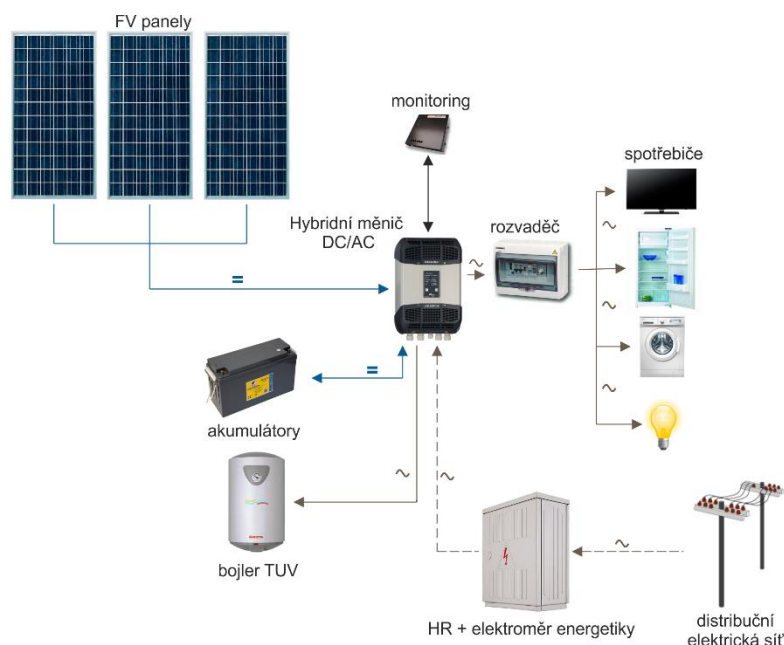
Systémy off-grid s akumulací elektrické energie nacházejí uplatnění v místech, kde je nutné zajistit elektrickou energii i v době bez slunečního záření. Do systému se začlení akumulátorová baterie, která uchovává elektrický náboj nasbíraný v době, kdy na FV panely dopadalo slunečního záření. Optimální dobíjení a vybíjení akumulátorové baterie zajišťuje solární regulátor. K tomuto systému lze připojit jak stejnosměrné spotřebiče, tak spotřebiče na střídavý proud, které jsou napájené přes střídač viz. Obr. 2.1-2 Příkladem využití tohoto systému jsou chaty a rodinné domy bez elektrické přípojky k distribuční síti elektrické energie.



Obr. 2.1-2 Zapojení systému off-grid s akumulací elektrické energie

2.1.3 Hybridní grid-interaktiv fotovoltaické systémy

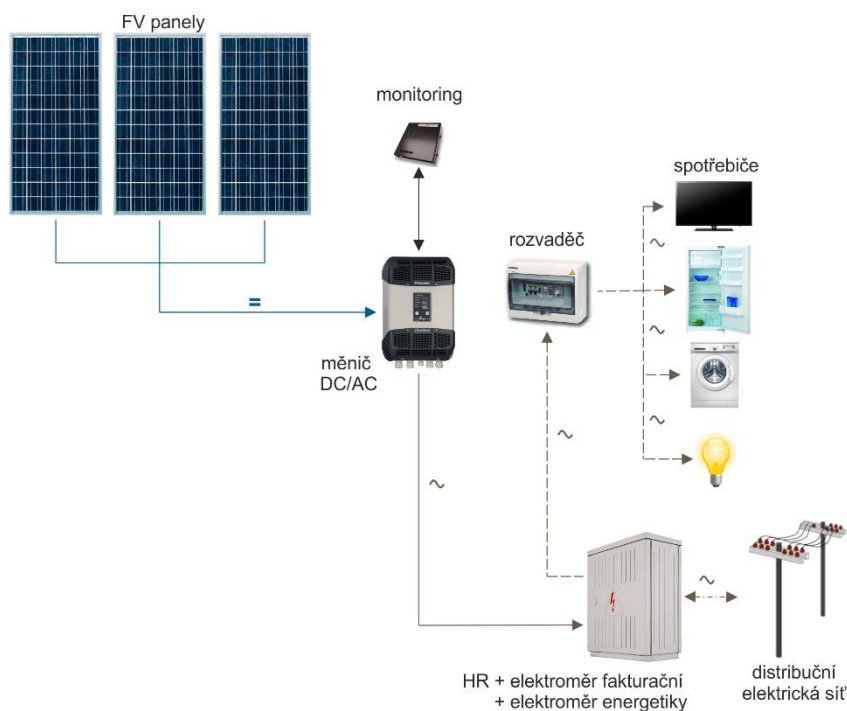
Hybridní fotovoltaické systémy nacházejí uplatnění především v dnešní době, kdy již není možné získat dotace od státu v podobě výkupních cen a zelených bonusů za prodej elektrické energie do distribuční elektrické sítě. Systém je založen na principu výroby vlastní elektrické energie a její následné spotřeby v místě výroby. V případě nedostatku elektrické energie je systém automaticky přepnut na doplňkový zdroj elektrické energie, což může být distribuční elektrická soustava, diesel generátor případně jiný obnovitelný zdroj elektrické energie, který pokryje požadovanou spotřebu v období s nedostatečným slunečním svitem. Hybridní fotovoltaický systém je velice variabilní a pro spotřebu veškeré vlastní vyrobené elektrické energie bývá doplněn komponenty umožňující akumulaci energie. Pod touto akumulací si lze představit klasické elektrické solární akumulátory, ohřev teplé užitkové vody v bojleru (akumulace elektrické energie v tepelné energii vody), pohon klimatizační jednotky (akumulace elektrické energie v tepelné energii vzduchu), atd. Hybridní fotovoltaický systém s akumulátory lze využít jako záložní zdroj při výpadku elektrické energie z distribuční elektrické soustavy, což ještě více umocňuje jeho variabilitu. Příklad zapojení hybridního fotovoltaického systému s akumulací do elektrických akumulátorů a teplé užitkové vody je zobrazen na Obr. 2.1-3.



Obr. 2.1-3 Zapojení hybridního systému grid-interaktiv s akumulací energie

2.2 Síťové fotovoltaické systémy (on-grid)

Systémy on-grid představují v současné době v České republice nejvíce využívaný systém zapojení FVE. Vzhledem k legislativním změnám a vytíženosti přenosové soustavy se již s tímto systémem v krátkém časovém horizontu příliš nekalkuluje. Systém se nejvíce uplatňuje v oblastech s hustou elektrizační sítí. Vyrobená elektrická energie se přes střídač dodává přímo do rozvodné distribuční soustavy. Špičkový výkon on-grid FVE se pohybuje v rozmezí kW až MW. Panely jsou instalovány na volných prostranstvích, případně na střeách rodinných a firemních objektů. Příklad zapojení systému on-grid je zobrazen na obrázku Obr. 2.2-1.

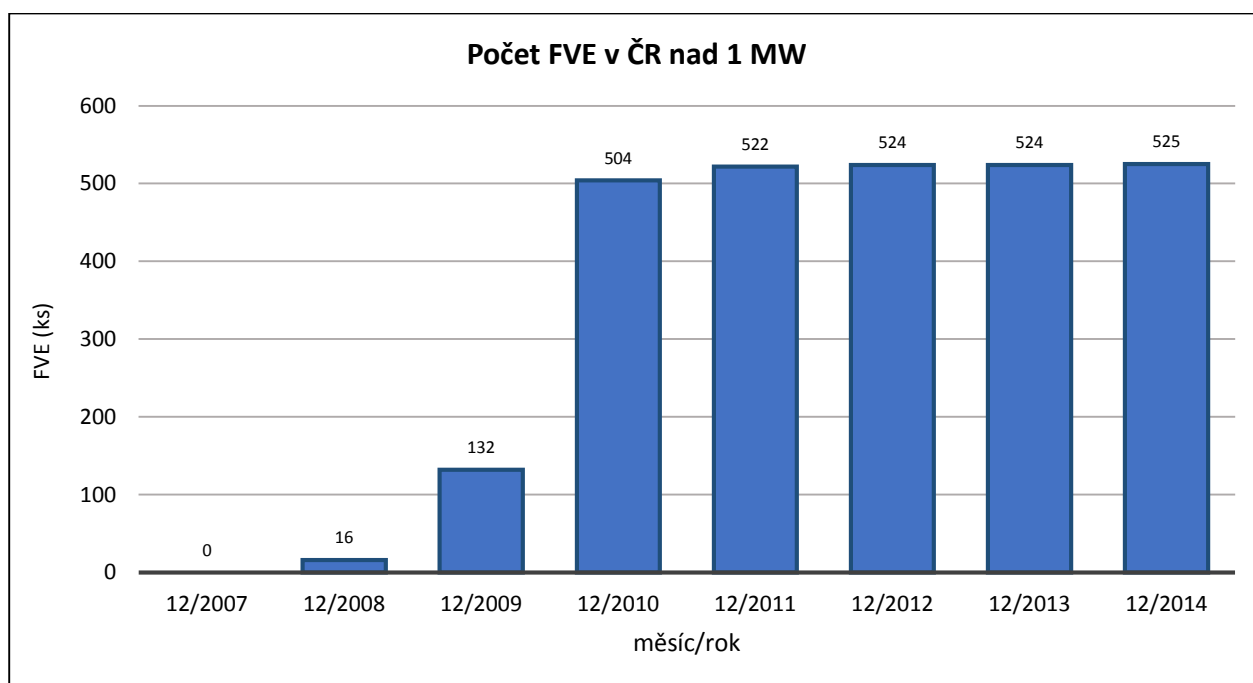


Obr. 2.2-1 Zapojení síťového systému on-grid

3 FOTOVOLTAIKA V ČR

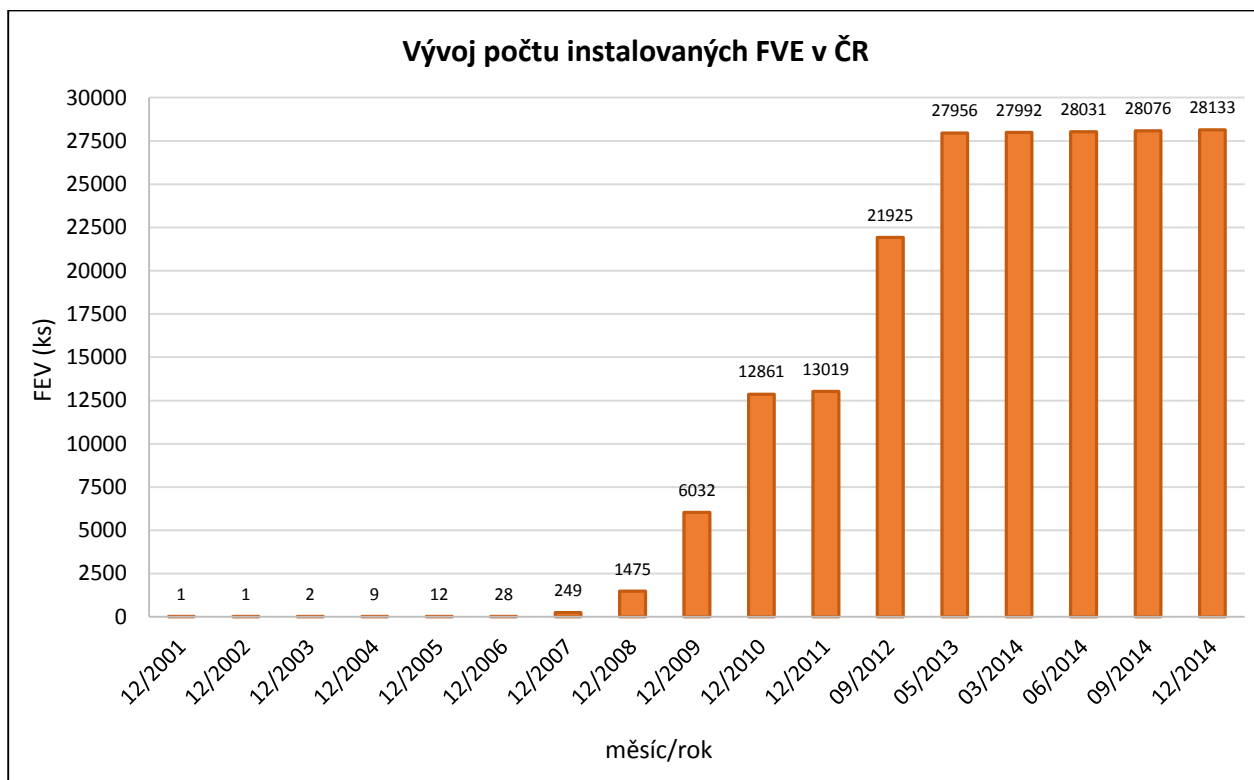
3.1 Fotovoltaické elektrárny v ČR

Vzhledem k podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a velice dobré návratnosti investice do fotovoltaických elektráren o výkonu vyšším jak 1 MW mezi lety 2007 – 2011 bylo postaveno velké množství FVE na principu on-grid, jejichž funkcí je vyrobenou elektrickou energií dodávat do distribuční soustavy. Celkový počet vystavěných FVE mezi lety 2007 až 2011 o výkonu vyšším jak 1 MWp je 504, rozvoj FVE naleznete zobrazen na obrázku Obr. 3.3-1. Tyto elektrárny jsou především instalovány na volných prostranstvích a využívají polykrystalické panely.

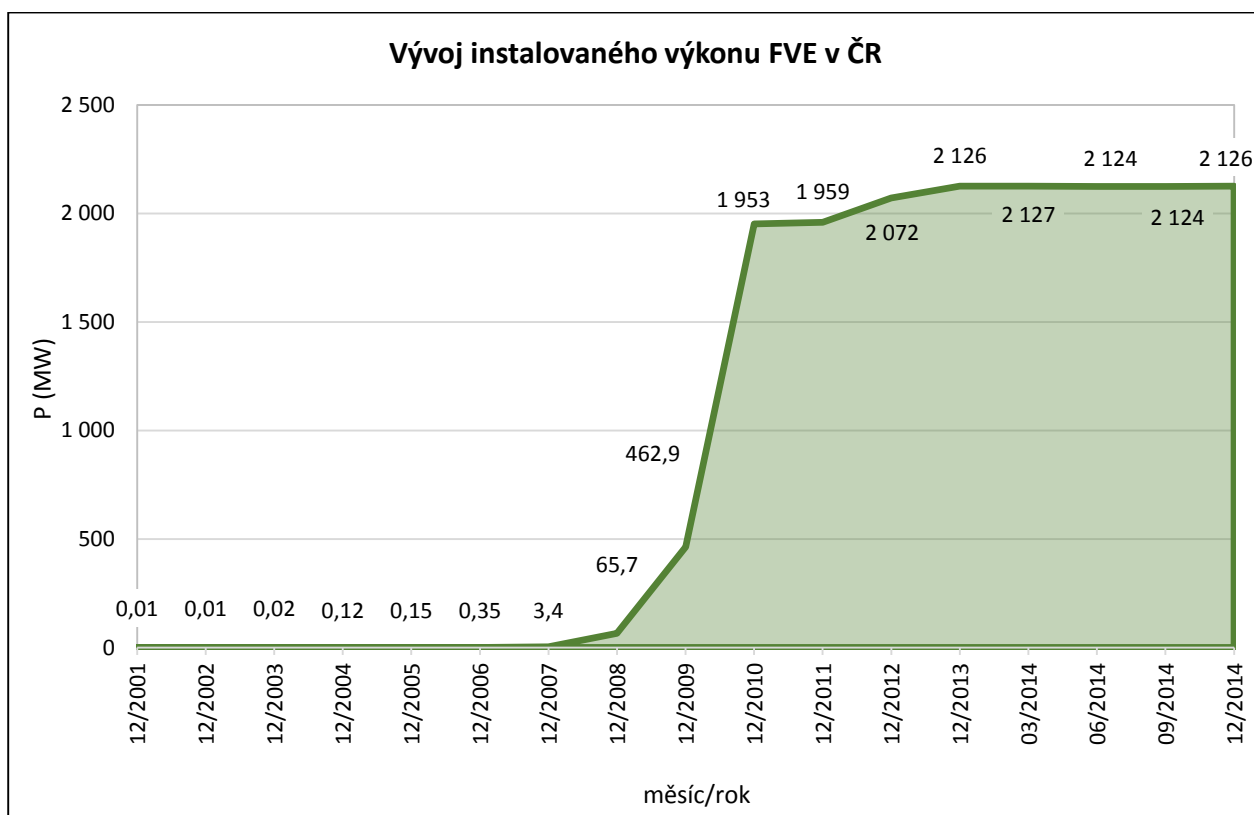


Obr. 3.1-1 Vývoj počtu fotovoltaických elektráren nad 1 MW v České republice (3)

Legislativní změny vlády a ERÚ vedly k situaci, že od roku 2012 bylo možné získat podporu a připojit malou FVE do 30 kWp. Toho především využili malé podniky a fyzické osoby. Množství vystavěných FVE tedy nadále prudce rostl, ale již minimálně rostl celkový instalovaný výkon FVE v ČR. Od roku 2014, kdy podpora FVE úplně skončila se růst nově instalovaných FVE značně stabilizoval. Nejlépe celou situaci popisují obrázky Obr. 3.1-2 a Obr. 3.1-3. V současné situaci připadá v úvahu z ekonomického hlediska výstavba hybridních fotovoltaických elektráren s různým způsobem akumulace vyrobené energie.

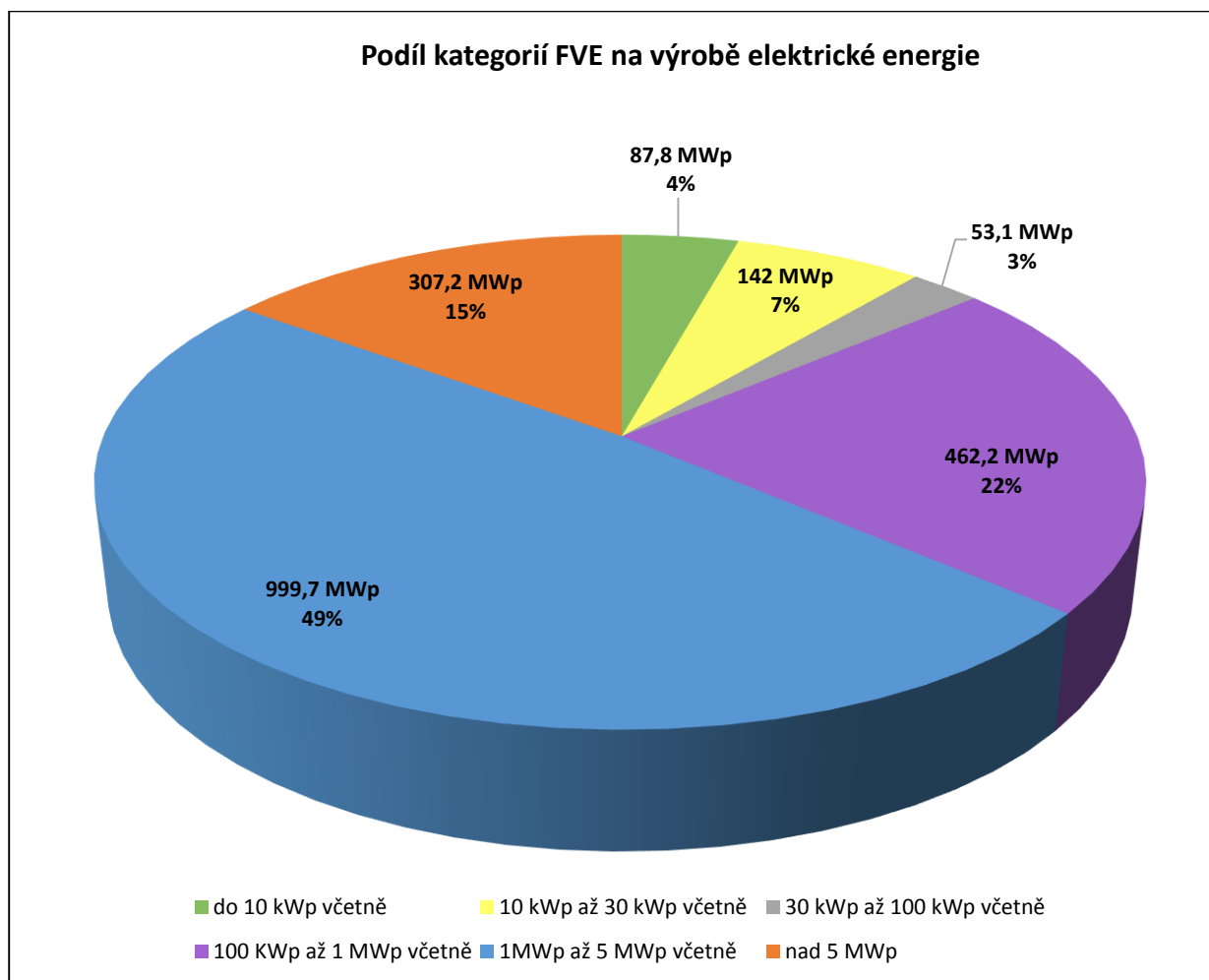


Obr. 3.1-2 Vývoj počtu fotovoltaických elektráren v České republice (4)



Obr. 3.1-3 Vývoj instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren v České republice (4)

Výkonové a podílové rozložení FVE na výrobě elektrické energie v České republice zobrazuje Obr. 3.1-4



Obr. 3.1-4 Grafické vyjádření podílů jednotlivých zdrojů FVE na výrobě elektrické energie v listopadu 2014 (4)

Víše zobrazené grafy (Obr. 3.1-1 až 3.1-4) prezentují instalovaný výkon a počet FVE pouze podporovaných obnovitelných zdrojů elektrické energie (POZE), jejich právní subjekty mají udělenou licenci k podnikání v energetickém odvětví, platnou smlouvu o dodávkách elektrické energie do elektrické sítě a jsou registrovány v systému CS OTE operátora trhu s elektřinou, aby mohli uplatnit nárok na podporu OZE.

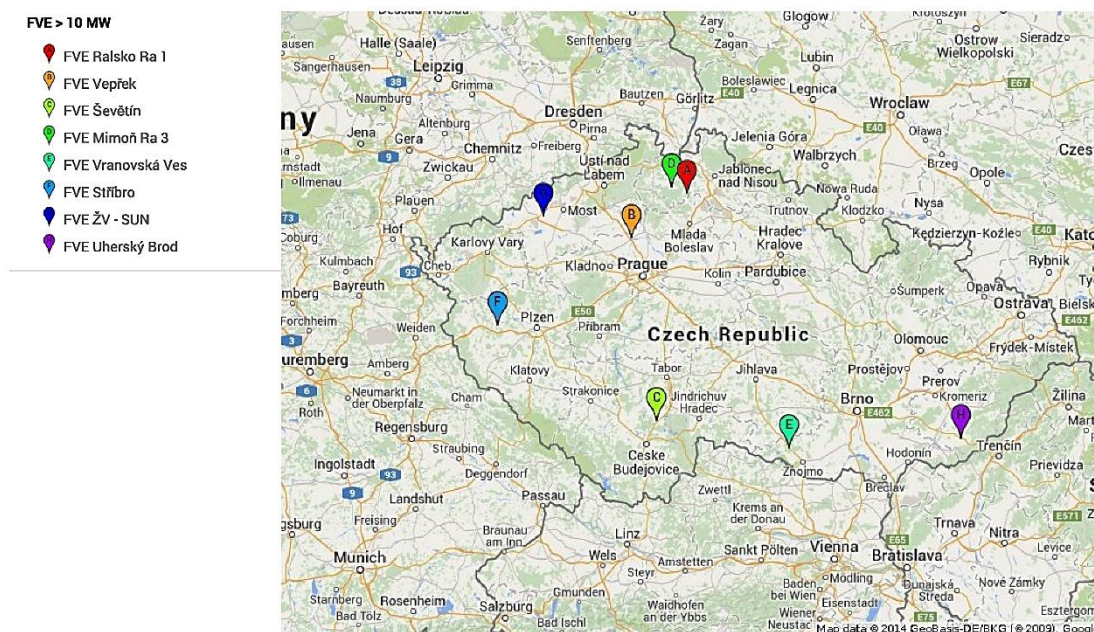
V tabulce 3.1-1 naleznete současný výpis FVE s instalovaným výkonem nad 5 MWp v ČR. FVE s instalovaným výkonem nad 5 MWp nejvíce ovlivňují toky elektrické energie v přenosové / distribuční elektrické soustavě. Je třeba si všimnout skutečnosti, že největší FVE vlastní skupina ČEZ a.s.

Tab. 3.1-1 Fotovoltaické elektrárny v České republice s instalovaným výkonem nad 5 MW (4), (5), (6), (7), (8), (9)

č.	Název FVE	Výkon P (MWp)	Obec umístění	Majitel
1	FVE Ralsko Ra 1	38,269	Ralsko	ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o.
2	FVE Vepřek	35,103	Nová Ves	FVE CZECH NOVUM s.r.o.
3	FVE Ševětín	29,902	Ševětín	ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o.
4	FVE Mimoň Ra 3	17,494	Mimoň	ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o.
5	FVE Vranovská Ves	16,033	Vranovská Ves	ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o.
6	Solar Stříbro	13,608	Stříbro	Solar stříbro s.r.o.
7	FVE ŽV – SUN	12,976	Chomutov	ŽV – SUN s.r.o.
8	Fotovoltaická elektrárna Uherský Brod	10,211	Uherský Brod	Davalia a.s.
9	FVE Klenovka	8,436	Přelouč	FVE Klenovka s.r.o.
10	FVE Brno – letiště Tuřany	8,117	Brno	BS Park I. s.r.o.
11	FVE Oslavany	7,990	Oslavany	EnergoHelis a.s.
12	FVE Tuchlovice	7,781	Tuchlovice	FVE Tuchlovice s.r.o.
13	FVE BS Park II.	7,567	Brno	BS Park II. s.r.o.
14	PAPENO 2	7,519	Sokolice	PAPENO 2 s.r.o.
15	FVE Velké Těšany	7,267	Velké Těšany	REN Power CZ a.s.
16	FVE Zdeněk – sun	7,000	Chomutov	Zdeněk – sun s.r.o.
17	FVE Vlkoš u Kyjova	6,751	Vlkoš	TOP CENTRUM s.r.o.
18	FVE Raková u Konice I. a II.	6,518	Raková u Konice	Rekman s.r.o.
19	FVE CZECH SMÍŘICE I.	6,086	Smiřice	FVE CZECH a.s.
20	FVE Saša – Sun	6,000	Chomutov	Saša – Sun s.r.o.
21	FVE Litobratřice	6,000	Litobratřice	SG ENERGO s.r.o.
22	FVE Triangle	5,997	Žiželice	FVE Triangle s.r.o.
23	FVE ALT Pohledy	5,864	Pohledy	ALT POHLEDY s.r.o.
24	FVE Ledce u Židlochovic	5,851	Ledce	WIS Energo Ledce Sever s.r.o.
25	FVE Veselí nad Moravou Michalka – Sun	5,730	Veselí nad Moravou	Michalka – Sun s.r.o.
26	FVE ŽH – SUN	5,683	Hrádek	ŽH – SUN s.r.o.
27	FVE Břest 5,5	5,640	Břest	TESSERA a.s.
28	Fotovoltaická elektrárna Žabčice	5,600	Žabčice	ČEZ obnovitelné zdroje s.r.o.
29	FVE HK	5,594	Kutná Hora	EC Heat a.s.
30	FVE BSP III 5MW	5,474	Brno	BS Park III. s.r.o.
31	FVE Papeno	5,445	Zakřany	PAPENO s.r.o.
32	FVE Zašová I.	5,280	Zašová	REN Power CZ Solar IX. s.r.o.
33	FVE Břest	5,185	Břest	FVE 15 s.r.o.
34	FVE Ladná	5,168	Břeclav	Greeninvest Energy a.s.
35	Fotovoltaická elektrárna Kameničná	5,100	Kameničná	Solarpark Kameničná s.r.o.
36	FVE Chrudichromy II.	5,027	Chrudichromy	Photon Park s.r.o.
37	FVE Letkov	5,025	Letkov	SPL a.s.
38	FVE Chrudichromy I.	5,019	Chrudichromy	Photon Park s.r.o.
39	FVE Letkov	5,000	Letkov	SPL a.s.
40	FVE APTPOWER	5,000	Krupka	APTPOWER a.s.

Obrázek Obr. 3.1-5 znázorňuje rozmístění největších FVE v České republice s instalovaným výkonem nad 10 MWp. Největší FVE v ČR se vcelku rovnoměrně rozkládají na celém území, což je zvláštní, jelikož nejvyššího počtu slunných dnů v roce dosahuje jih našeho území.

FVE v České republice



Obr. 3.1-5 Rozmístění největších fotovoltaických elektráren na území České republiky (10)

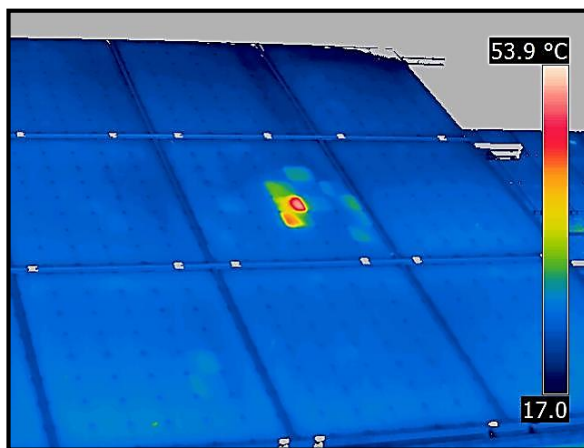
3.2 Servis a údržba FVE

Fotovoltaické systémy představují zařízení, které jsou z velké části celoročně vystaveny vlivům venkovního prostředí a taktéž prudkým klimatickým změnám, což přináší velkou zátěž pro jednotlivé komponenty a spojovací prvky elektrické soustavy FVE. Pro správnou funkci a maximální možnou přeměnu energie je vhodné v pravidelných intervalech provádět servis a údržbu FVE, čímž zajistíme předpokládanou návratnost investice a taktéž ochráníme samotnou investici před poškozením a nefunkčností FVE. Diagnostika instalovaných FV článků je označována jako terénní testy, mezi které se řadí test FVE pomocí termografie a měření Volt-Ampérové charakteristiky jednotlivých FV panelů.

3.2.1 Termografie

Termografie (měření pomocí termokamery) je založeno na tepelné emisivitě povrchů těles v infračerveném spektru elektromagnetického záření. Termokamera umožňuje měřit teplotu povrchu fotovoltaických panelů při jejich zatížení a lze odhalit například defekty elektrických komponentů, jako jsou bypass diody a spojovací skřínky, stejně jako mechanické vady, jako jsou delaminace nebo buněčné poškození. Termografie také pomáhá lokalizovat problémy s pájecími body, což může nakonec způsobit problémy v dlouhodobém horizontu.

Výstupem termografické kamery jsou snímky, které určují spektrum teplot na povrchu měřeného objektu – body se zvýšenou teplotou představují problém a je potřeba na nich provést servis. V podstatě kamera převádí neviditelné infračervené záření do viditelného spektra vlnových délek. Každá barva definuje určitou teplotu viz Obr. 3.2-1.



Obr. 3.2-1 Termografický snímek FVE s vadným panelem (11)

3.2.2 Měření V-A charakteristik

Jedná se o efektivní metodu pro vyhodnocení volt-ampérových charakteristik jednotlivých panelů. Provádí se přímo na konstrukci ve fotovoltaické elektrárně pomocí analyzátoru fotovoltaických panelů s autoscanem. Data se zaznamenávají v reálném čase a následně jsou přenesena do notebooku a zpracována za pomoci specializovaného softwaru. Při analýze je potřeba taktéž změřit hodnotu intenzity osvětlení a teplotu FV panelu.

3.2.3 Nejběžnější poruchy FVE

Praxe v provozování FVE ukazuje, že nejčastější poruchy a snížení výkonu jsou zapříčeny:

- výpadky jisticích prvků (zkrat, přepětí, ...),
- poruchy DC (poškození kabelu DC části FVE, ...),
- poruchy a přehřátí střídačů (poruchy kondenzátorů střídače, zanesení chladiče, ...),
- dílčí vady fotovoltaických panelů odhalitelné pouze termovizním měřením (přechodový odpor v pájeném spoji, přechodový odpor v konektoru, nízký paralelní odpor jednotlivého solárního článku (interní zkrat ve struktuře solárního článku), vadná nebo propustně polovaná překlenovací (bypass) dioda, ...),
- znečišťování fotovoltaických panelů (listí, prach, ptačí trus, ...),
- zanesení panelů sněhem.

3.2.4 Organizace nabízející servis FVE v České republice

Servis fotovoltaických elektráren v České republice poskytuje a nabízí velké množství společností a osob samostatně výdělečně činných. Zvolení vhodné servisní organizace umožňuje předcházet poruchám, včas odhalit již nastalou poruchu, která ovlivňuje celkový výkon provozované FVE a dosáhnout prodloužení životnosti nad plánovou dobu provozu. Společnosti nejčastěji nabízejí služby technické a údržbové.

Mezi technické služby se řadí:

- provádění revizí – NN, VN, bleskosvody
- vizuální prohlídky – kontrola FV panelů, zapojení, jistících prvků, přepěťových ochran, střídačů, solárních regulátorů, atd.,
- technická údržba – kontrola a dotažení propojovacích svorek a konektorů, proměření rozvaděčů, měření a kontrola uzemnění,
- oprava FV panelů – výměna prasklých krycích skel FV panelů, atd.,
- havarijní pohotovost – zajištění havarijní pohotovostní služby 7 dní v týdnu 24 hodin denně.

Mezi údržbové služby se řadí:

- údržba zeleně,
- odklízení sněhu z FV panelů,
- mytí panelů od prachu, pylu a dalších nečistot.

Pro výběr servisní organizace je vhodné se zaměřit na posouzení základních kritérií:

- 1) Historie společnosti
- 2) Doba působení na trhu s FVE
- 3) Uživatelské recenze
- 4) Rozsah nabízených služeb
- 5) Cena za poskytnuté služby

Po vyhodnocení uvedených kritérií byl vyhotoven seznam vybraných organizací poskytujících servis fotovoltaických elektráren v České republice uvedený v tabulce Tab. 3.2-1.

Tab. 3.2-1 Seznam vybraných společností poskytující servis fotovoltaických elektráren

Název organizace:	Sídlo společnosti:	Webové stránky:
PREměření, a.s.	Na Hroudě 19, 100 00 Praha 10	http://www.premereni.cz/
Sollaris, s.r.o.	Hvězdova 1716/2b, 140 00 Praha 4	http://www.sollaris.cz/
EGE, spol. s r.o.	Novohradská 397/34, 370 08 České Budějovice	http://www.ege.cz/
Energy ForEver, s.r.o.	Studenec 372, 512 33 Studenec	http://www.energyforever.cz/
SG CZ, spol. s r.o.	Jižní náměstí 5, 619 00 Brno	http://www.sg-brno.cz/
Actherm servis, a.s.	Dukelská 5779, 430 01 Chomutov	http://www.acthermservis.cz/

3.3 Výrobci a dodavatelé fotovoltaických panelů

V současnosti sídlí největší výrobci fotovoltaických panelů v Čínské lidové republice. Vzhledem k nižším výrobním nákladům se Čína stala jedničkou ve výrobě FV panelů. Do této země přesunuly větší část své výroby i společnosti z Evropy a severní Ameriky. Přední světoví lídři ve výrobě FV panelů představují společnosti založené na právním subjektu korporace s celosvětovou sítí dceřiných závodů a poboček. I nadále se ovšem uplatňují menší výrobci panelů především z Německa, Nizozemí, USA a Kanady. Přehled deseti největších celosvětových výrobců FV panelů v roce 2014 zobrazuje tabulka 3.3-1.

Obr. 3.3-1 TOP 10 výrobců fotovoltaických panelů na světě v roce 2014 (12)

Pořadí:	Společnost:	Objem zakázek (GW)	Sídlo společnosti:
1	Trina Solar Limited, Ltd.	3,61 – 3,66	Čínská lidová republika 
2	Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.	3,30 – 3,35	Čínská lidová republika 
3	JinkoSolar Holdings Co., Ltd. .	2,90 – 3,20	Čínská lidová republika 
4	Canadian Solar, Inc.	2,73 – 2,78	Kanada 
5	JA Solar Holdings Co., Ltd.	2,40 – 2,50	Čínská lidová republika 
6	ReneSola, Ltd.	2,30 – 2,50	Čínská lidová republika 
7	Sharp Corporation	1,90 – 2,00	Japonsko 
8	First Solar, Inc.	1,80 – 1,90	Spojené státy americké 
9	Hanwha Q CELLS Co., Ltd.	1,43 – 1,46	Čínská lidová republika 
10	Wuxi Suntech Power Co., Ltd.	1,30 – 1,50	Čínská lidová republika 

V České republice po krizi fotovoltaického průmyslu v roce 2011, která byla způsobena levnou čínskou konkurencí, změnám vládních dotací do fotovoltaiky a dočasném „stop stavu“ na připojení nových FVE k elektrické síti zbyli pouze dva výrobci fotovoltaických panelů, kteří se stačili přeorientovat na zahraniční trh, zejména na Slovensko, Německo, Itálii a Bulharsko. Díky vývozu svých produktů a realizací staveb FVE na zahraničních trzích se jim podařilo překonat kritické několikaměsíční období mezi lety 2011 a 2012.

První firmou zabývající se výzkumem, prodejem, servisem a diagnostikou FVE s dlouholetou tradicí výroby FV panelů v České republice je firma SOLARTEC HOLDING a.s. sídlící ve městě Rožnov pod Radhoštěm, přičemž výrobu FV panelů provozuje pod svou dceřinou společností Solartec MED s.r.o.

Druhá ze dvou českých výrobců FV panelů je firma LINTECH, spol. s r.o. se svou divizí Lintech Solar Energy sídlící v městysi Klenčí pod Čerchovem. Firma dodává na trh panely pod označením produktových řad LS PREMIUM, LS STANDART a LS MINI.

Závěrem je třeba dodat, že čeští výrobci nakupují jednotlivé FV moduly od asijských výrobců, tedy samotná výroba z ingotů a jejich řez v České republice neprobíhá. Firmy zde provádí jejich zapojení a fixaci do FV panelů s využitím různých podkladových materiálů atd.

- Solartec MED s.r.o. nakupuje přímo v Čínské lidové republice
- Lintech Solar Energy používá materiály z Japonska, Jižní Koreje a Tchaj-wanu.

4 EKONOMICKÉ ANALYTICKÉ NÁSTROJE

Z velice širokého pojmu ekonomických analytických nástrojů je nutné se zaměřit na analytické metody, které představují postup či způsob provedení rozboru řešeného problému, stavu či skutečnosti. Analytické metody nejlépe odpovídají požadavkům k základnímu vyhodnocení záměru výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny, přičemž výsledek analýzy napoví, zda realizace projektu má uplatnění. Základní a v praxi nejpoužívanější analytické metody využívané pro plánování strategie (záměru) jsou shrnuty v následujících podkapitolách.

4.1 Diferenční analýza

Diferenční analýza, taktéž nazývaná jako Gap analýza představuje jednoduchou metodiku (postup) pro rozhodování, kdy dochází k plánování strategie nebo změny.

Diferenční analýza se skládá z následujících kroků:

- > Popis stávajícího stavu,
- > Stanovení cílů (popis cílového stavu),
- > Určení rozdílu (mezery) mezi stávajícím a cílovým stavem,
- > Návrh variant dosažení cílového stavu,
- > Zhodnocení variant a výběr nejvhodnější z nich.

4.2 SWOT analýza

SWOT analýza představuje univerzální analytickou metodu zaměřenou na zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost konkrétního záměru. Název analýzy SWOT je akronym z počátečních písmen anglických názvů jednotlivých faktorů:

- Strengths – silné stránky,
- Weaknesses – slabé stránky,
- Opportunities – příležitosti,
- Threats – hrozby.

Silné a slabé stránky se řadí k vnitřním faktorům. Jsou to prvky definované vnitřními vlivy – v našem případě např.: vyzrálост technologie, cena technologie, dostupnost přírodních zdrojů, zkušenost s provozem, atd.

Příležitosti a hrozby jsou řazeny mezi vnější faktory. Jsou to prvky definované vnějšími vlivy – v našem případě např.: zúročení kapitálu, živelné katastrofy, poruchy, atd.

Podstatou SWOT analýzy je tedy identifikovat klíčové silné a slabé stránky technologie a klíčové příležitosti a hrozby vnějšího prostředí pro realizaci záměru.

4.3 Šest otázek

Šest otázek (Six Questions) je jednou z nejobecnějších a přitom nejúčinnějších analytických technik. V angličtině je někdy označována jako 5W + 1H (who, what, where, when, why, how). Princip analýzy je založen na šesti základních otázkách, jejímž zodpovězením dokážeme analyzovat záměr, strategii, atd.

Existuje několik obměn formulací otázek – například:

- > Kdo - určení dotčených subjektů,
- > Co - určení dotčených objektů, předmětů, entit apod.,
- > Kdy - určení časových aspektů,
- > Kde - prostorová lokalizace problému, prostorové aspekty,
- > Jak - určení dějů, procesů, mechanismů, způsobů fungování apod.,
- > Proč - určení příčin, důvodů, účelů apod.

5 SWOT ANALÝZA VÝSTAVBY HYBRIDNÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

Základ SWOT analýzy spočívá v kvalifikaci a ohodnocení jednotlivých faktorů, které jsou rozděleny do 4 základních skupin. Vzájemnou interakcí faktorů silných a slabých stránek na jedné straně vůči příležitostem a hrozbám na straně druhé lze docílit nové kvalitativní informace, které charakterizují a hodnotí úroveň jejich vzájemného střetu.

(13)

Pomocí vlastností SWOT analýzy bude hodnocen záměr výstavby nové hybridní fotovoltaické elektrárny, přičemž výsledky budou sloužit jako podklad k optimálnímu návrhu projektu výstavby HFVE.

SWOT analýza byla provedena pro projektovaný rodinný dům, který je limitovaný rozlohou, sklonem a orientací střechy. Je uvažováno, že navrhovatel disponuje vlastním kapitálem, přičemž podporuje ekologické aktivity pro udržitelný rozvoj lidské populace. Navrhovatel si uvědomuje možné rizika, která plynou až z absurdních ekologických aktivit.

Tab. 4.3-1 SWOT analýza výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny

SWOT analýza	„Příznivé“	„Škodlivé“
VNITŘNÍ FAKTORY	Silné stránky [S]	Slabé stránky [W]
	- znalost technologie - ekologický trend - princip udržitelného rozvoje - záložní zdroj elektrické energie - vlastní návrh zapojení - vlastní kapitál	- výkonost HFVE založena na teoretickém modelu - zkušenosti z provozem - výběr vhodných komponentů - správa a monitoring
VNĚJŠÍ FAKTORY	Příležitosti [O]	Hrozby [T]
	- velké množství montážních firem - zajištěný servis - růst cen elektrické energie - propracovanost komponentů - pořizovací cena	- zlevnění současné technologie - nepříznivé klimatické prostředí - návratnost investice - pokles cen elektrické energie - živelné katastrofy - poruchovost komponentů - životnost akumulátorů

K vyhodnocení nejdůležitějších položek, na které je nutné se zaměřit při návrhu HFVE, využijeme klasifikační a váhové činitele. U položek nacházejících se v kategorii - Silné stránky [S] a Příležitosti [O] byla využita kladná klasifikační stupnice od 1 do 5, kde 5 představuje nejvyšší spokojenost a 1 nejnižší spokojenost. U položek nacházejících se v kategorii - Slabé stránky [W] a Hrozby [T] byla využita záporná klasifikační stupnice od -1 do -5, kde -1 představuje nejnižší nespokojenost a -5 nejvyšší nespokojenost. SWOT analýzu byla doplněna váhovým koeficientem, který vyjadřuje důležitost jednotlivých položek v dané kategorii v procentuálním vyjádření.

Tab. 4.3-2 Vyhodnocení SWOT analýzy výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny

Vyhodnocení položek SWOT analýzy výstavby HFVE			
Silné stránky	Váha [%]	Hodnocení [-]	Koeficient [-]
- znalost technologie	5	3	0,15
- ekologický trend	10	4	0,40
- princip udržitelného rozvoje	5	3	0,15
- záložní zdroj elektrické energie	25	5	1,25
- vlastní návrh zapojení	15	4	0,60
- vlastní kapitál	40	5	2,00
Slabé stránky	Váha [%]	Hodnocení [-]	Koeficient [-]
- výkonost HFVE založena na teoretickém modelu	40	-3	-1,20
- zkušenosti z provozem	20	-3	-0,60
- výběr vhodných komponentů	30	-4	-1,20
- správa a monitoring	10	-1	-0,10
Příležitosti	Váha [%]	Hodnocení [-]	Koeficient [-]
- velké množství montážních firem	15	3	0,45
- zajištěný servis	15	3	0,45
- růst cen elektrické energie	30	5	1,50
- zpracovanost komponentů	10	4	0,40
- pořizovací cena	30	5	1,50
Hrozby	Váha [%]	Hodnocení [-]	Koeficient [-]
- zlevnění současné technologie	25	-4	-1,00
- nepříznivé klimatické prostředí	20	-5	-1,00
- návratnost investice	30	-5	-1,50
- pokles cen elektrické energie	5	-5	-0,25
- živelné katastrofy	5	-5	-0,25
- poruchovost komponentů	5	-3	-0,15
- životnost akumulátorů	10	-4	-0,40
Vnitřní faktory suma koeficientů:		1,45	
Vnější faktory suma koeficientů:		- 0,25	
Koeficient celková bilance:		1,20	

Koeficient celkové bilance SWOT analýzy dopadl v kladných číslech, což naznačuje dobrý potenciál zkoumaného projektu výstavby HFVE. V tabulce Tab. 4.3-2 byly označeny koeficienty dosahující hodnoty vyšší než 1. Faktory dosahující hodnoty koeficientu vyšší než 1 jsou klíčové pro řešený projekt. Vyhodnocení označených koeficientů pomůže předejít největším potencionálním slabým stránkám hodnoceného projektu výstavby HFVE.

Vyhodnocení „příznivých“ položek SWOT analýzy:

1) *záložní zdroj elektrické energie*

Představuje pozitivní vedlejší produkt HFVE při „uložení“ elektrické energie do akumulátorových baterií. Navýšení váhy této položky lze docílit dostatečným počtem akumulátorů pro možnost „uložení“ veškeré nadpotřebné vyrobené elektrické energie

2) *vlastní kapitál*

Investice vlastního kapitálu do HFVE představuje jednu z potencionálně zajímavých investic mimo finanční trhy. Investice není ohrožena devalvací měny a nečekanými změnami trhu. Riziko znehodnocení investice je nižší, než na kapitálových trzích.

3) *růst cen elektrické energie*

Růst cen elektrické energie lze označit ve střednědobém hledisku za nevyhnutelný vzhledem ke stále zvyšujícím se energetickým nárokům evropské civilizace a vyčerpávání neobnovitelných zdrojů paliv k výrobě elektrické energie.

4) *pořizovací cena*

V současné době se pořizovací cena komponentů a FV panelů pohybuje na nízkých hodnotách oproti minulosti. Nelze již předpokládat veliký propad cen současných FV panelů a komponentů na stavbu HFVE, pokud vyloučíme zavedení zcela nové technologie.

Vyhodnocení „škodlivých“ položek SWOT analýzy:

1) *výkonost HFVE založena na teoretickém modelu*

Výpočet výkonosti projektované HFVE založený na teoretickém modelu výkonnosti dopadajícího slunečního záření a dlouhodobé vyhodnocení meteorologických údajů pro dané umístění představuje jedinou relevantní ekonomickou možnost pro posouzení výkonosti budoucí HFVE. Lze provést dlouhodobá měření v dané lokalitě pro získání skutečných dat, ovšem ekonomické náklady pro pořízení a vyhodnocení dat budou vyšší, než ekonomické náklady na chybu způsobenou teoretickým modelem. Tuto položku nelze ovlivnit výběrem co nejpřesnějších výchozích dat pro dané umístění.

2) *výběr vhodných komponentů*

Při předcházení budoucím poruchám je vhodné se zaměřit na kvalitní a vhodné komponenty. Položku lze ovlivnit konzultací zamýšlených komponentů s experty firem provádějící montážní činnost.

3) *zlevnění současné technologie*

Položka zlevnění současné technologie spadá do vnějších vlivů a lze ji ovlivnit sledování aktuálních trendů a prognóz v oblasti fotovoltaických systémů.

4) *nepříznivé klimatické prostředí*

Dlouhodobé klimatické podmínky nelze ovlivnit. Při výpočtu výkonnosti HFVE lze věnovat zvýšenou pozornost dlouhodobým meteorologickým pozorováním a získání co nejpřesnějších a ověřených dat.

5) *návratnost investice*

Jedná se o klíčovou položku celého návrhu výstavby HFVE. Zvolená konfigurace zapojení HFVE ve většině případů vychází z výpočtu návratnosti investice. Této položce bude věnována další část projektu.

6 NÁVRH HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM

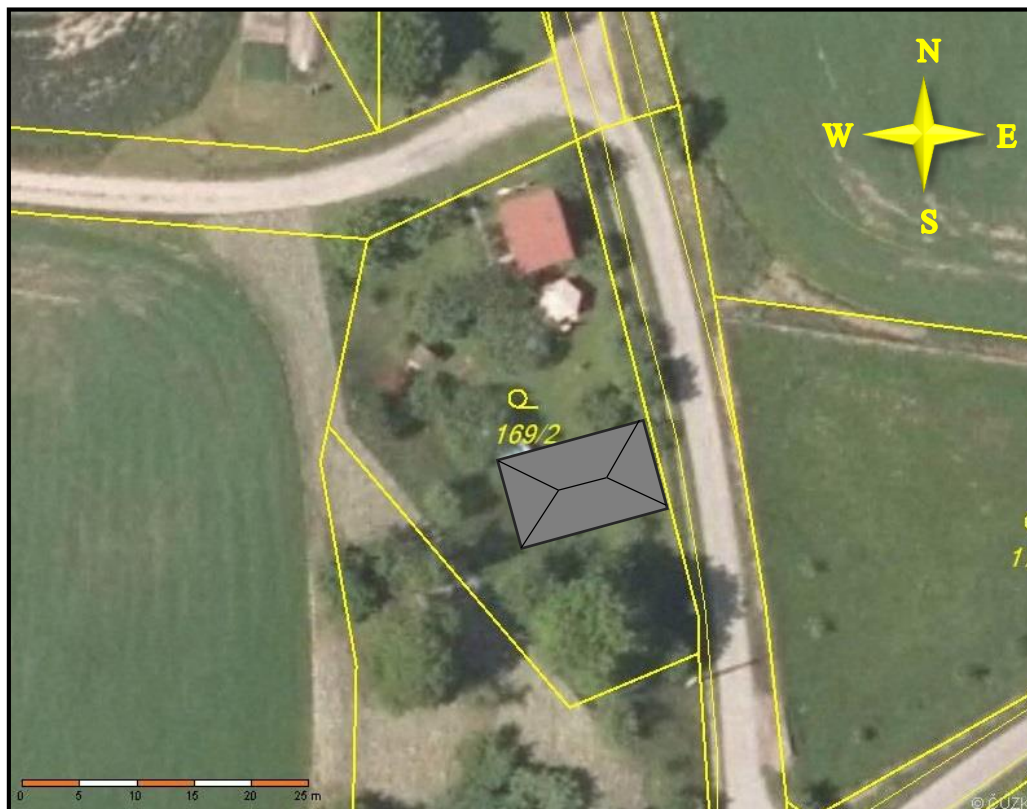
6.1 Požadavky na funkce hybridního fotovoltaického systému

- Síťová fotovoltaická elektrárna v režimu spotřeby veškeré vyrobené elektrické energie
- Schopnost provozu i bez přítomnosti veřejné elektrické sítě (off-grid)
- Akumulace přebytků elektrické energie do baterií a její následné využití v dobách s nedostatečnou produkcí elektrické energie z FVE
- Inteligentní řízení akumulace přebytků elektrické energie
- Inteligentní řízení spotřeby elektrické energie vyrobené z FVE a dodávané z veřejné distribuční elektrické sítě

6.2 Základní parametry a data návrhu

6.2.1 Lokalita a umístění

Rodinný dům bude vystavěn v Královéhradeckém kraji v přidružené části obce Velká Jesenice - Veselice na parcele číslo: 169/2 v katastrálním území Veselice nad Metují (okres Náchod); 778427. GPS souřadnice umístění domu: 50°20'59.57"N, 16°01'08.50"E. Malý situační plán zobrazuje obrázek Obr. 6 2-1, velký situační plán se nachází v příloze A.



Obr. 6.2-1 Situační plán umístění stavby RD (14)

Lokalita umístění domu se nachází ve sněhové oblasti III. zatížení sněhem 1,5 kPa (15) a větrné oblasti II. zatížení větrem 25 m/s (16).

Sedlová střecha domu bude orientována téměř jižním směrem s azimutem 160° od severního pólu, bez zastínění a sklonem střechy 23°. Jižní pohled na RD k umístění FV panelů zobrazuje obrázek Obr. 6 2-2.



Obr. 6.2-2 Jižní pohled na RD k výstavbě HFVE (17)

6.2.2 Volba fotovoltaických panelů

Pro zvolený typ střechy o sklonu 23°, malé celkové využitelné ploše jižní strany střechy a lepším vlastnostem přeměny dopadajícího difuzního slunečního záření je vhodné zvolit polykrystalický typ fotovoltaických panelů. Výrobce panelů je vhodné volit s ohledem na poměr cena/výkon, přičemž se doporučuje přihlížet také k životnosti, spolehlivosti, odolnosti ke klimatickým podmínkám, dosažitelného elektrického výkonu při nízkých hodnotách ozáření a vysokých teplotách.

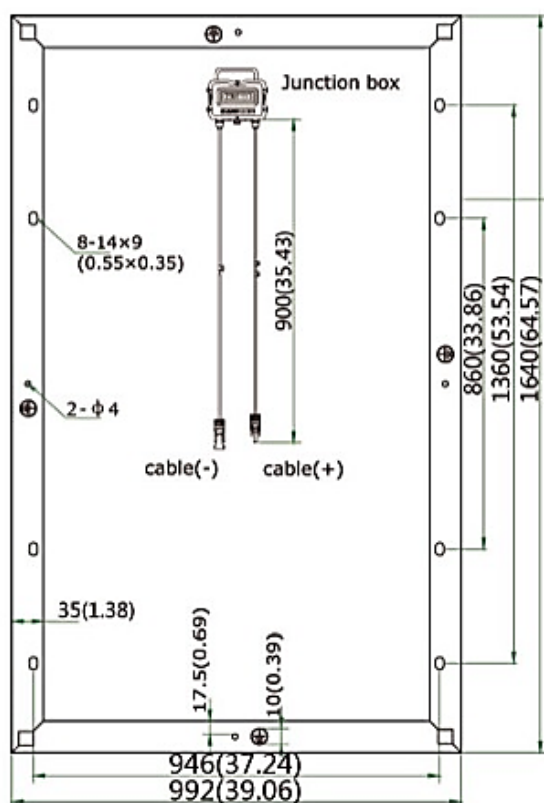
Výše uvedeným parametrům vhodně vyhovuje FV panel STP6-250/60 společnosti Schutten Solar Co. Ltd. Panel se vyznačuje ideálním poměrem cena/výkon s dobrými provozními vlastnostmi. Elektrické, mechanické a teplotní vlastnosti panelu jsou uvedeny v tabulce Tab. 6.2-1. Okótovaný technický výkres je zobrazen na obrázku Obr. 6.2-2. Kompletní katalogový list FV panelu STP6-250/60 je uveden v příloze B.

Průměrná pořizovací cena z prověřených internetových e-schopů panelu Schutten Solar STP6-250/60 činí 5 550 Kč/ks s DPH. Cena stanovena v dubnu 2015.

(18), (19), (20), (21)

Tab. 6.2-1 - Technické parametry a vlastnosti FV panelu STP6-250W (22)

Elektrické vlastnosti		Mechanické vlastnosti	
Jmenovitý výkon (P_{mp}) (STC)*	250,00 Wp	Počet článků ve FV panelu	60 ks
Tolerance výkonu	0 +5 %	Délka	1 640 mm
MPP napětí (V_{mp})	29,90 V	Šířka	992 mm
MPP proud (I_{mp})	8,35 A	Výška	40 mm
Napětí naprázdno (V_{oc})	37,10 V	Hmotnost	19,00 kg
Zkratový proud (I_{sc})	8,92 A	Krytí	IP65/IP67
Přípustné systémové napětí	1000 V	Konektor	MC4
Účinnost FV panelu (η_c)	17,7 – 18,0 %	Maximální zatížení sněhem	550 kg/m ²
Minimální účinnost FV panelu (η_m)	15,4 – 15,7 %	Maximální zatížení větrem	200 km/h
Všeobecné vlastnosti		Odolnost proti kroupám	25mm ledová koule o rychlosti 80 km/h
Technologie FV článku	Polykrystalický	Teplné vlastnosti	
Certifikace	EU	Provozní teplota	- 40 ~ +85 °C
Záruka	10 let	Teplotní koeficient maximálního výkonu	-0,47 %/°C
Garance deklarovaného výkonu při 25°C	90% 10 let 80% 25 let		
		Teplotní koeficient napětí naprázdno	-0,32 %/°C
		Teplotní koeficient proudu nakrátko	+ 0,04 %/°C
		Jmenovitá provozní teplota	45 ± 2 °C



Obr. 6.2-3 - Technický výkres výrobce FV panelu STP6-240W (22)

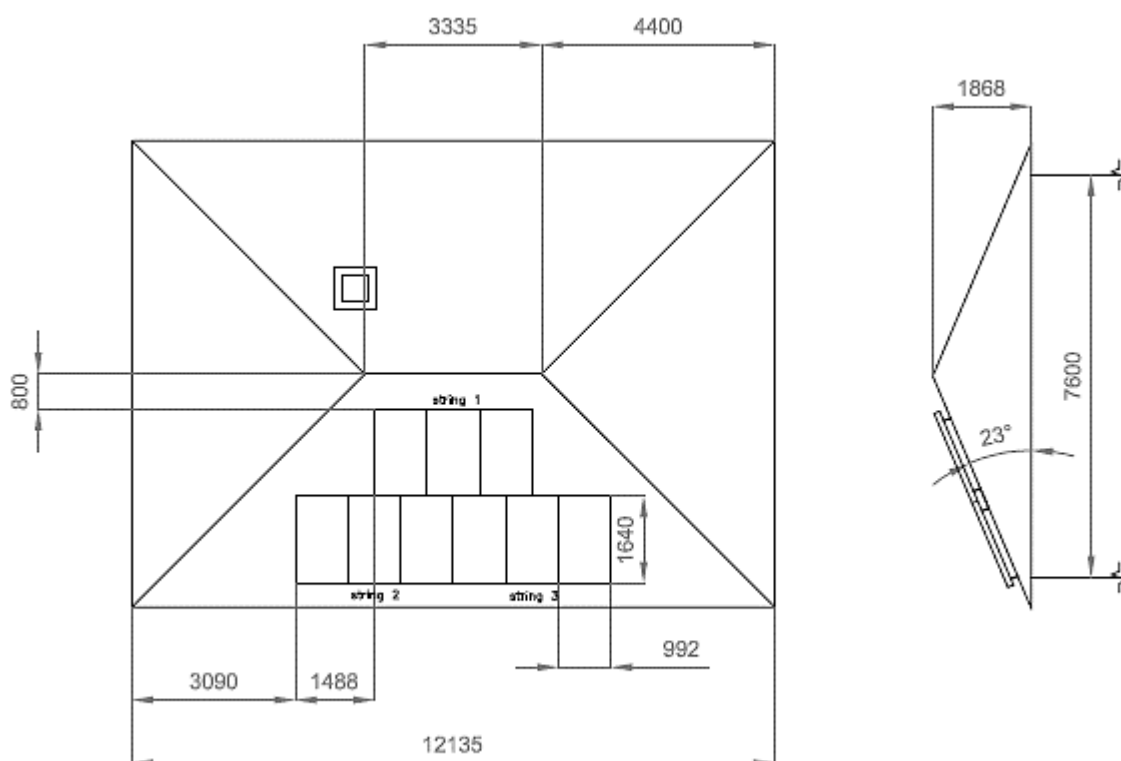
Panely vyhovují svými parametry dle tabulky Tab. 6.2-1 sněhové a větrné oblasti lokalitě umístění FV panelů.

* STC – Standartní testovací podmínky:

- ozáření 1000 W/m²,
- teplota panelu 25° C,
- spektrum záření AM 1,5

6.2.3 Rozmístění fotovoltaických panelů na střeše

Pokud vypočteme plochu FV panelu pomocí šířky a délky z obrázku Obr. 6.2-3 vychází nám, že jeden panel zabírá prostor o obsahu přibližně $1,63 \text{ m}^2$. Celková plocha jižní strany střechy je přibližně 34 m^2 . Využitelná plocha střechy po odečtení minimálních vzdáleností a technologické rezervě (např. hřebeny, svod bleskosvodu, atd.) vychází přibližně 25 m^2 . Při předpokládaném plném využití plochy, by na střechu šlo umístit až 15 kusů panelů. Vzhledem k lichoběžníkovému profilu střechy, je nutné provést grafický projekt s předpokládaným rozložením panelů po využitelné ploše střechy a stanovit počet umístěných panelů graficky. Pomocí grafického rozmístění bylo stanoveno, že konečný počet FV panelů umístěných na jižní straně střechy bude 9 kusů. Rozložení panelů je zobrazeno na obrázku Obr. 6.2-4. Výkres grafického rozmístění FV panelů na střeše RD je součástí projektové dokumentace nacházející se v příloze C.



Obr. 6.2-4 Návrh rozložení FV panelů na střeše RD

Při zapojení 9 kusů FV panelů bude možno dosáhnout při ideálních podmínkách jmenovitého špičkového výkonu $P_{mp} = 2,25 \text{ kWp}$ navrhovaného systému. Z možných zapojení se nejvhodněji jeví sérioparalelní spojení, abychom dosáhli přiměřeného napětí a proudu, jež budou přivedeny na MPPT solární regulátor. FV panely budou zapojeny do tří paralelních stringů, přičemž jeden string bude obsahovat tři kusy sériově spojených FV panelů. Maximální napětí naprázdno navrženého systému odpovídá přibližně 120 V DC a maximální proud nakrátko přibližně 27 A DC.

6.2.4 Predikce předpokládané výroby elektrické energie

K predikci předpokládané produkce elektrické energie navrhovaného systému HFVE bylo využito geografického informačního systému Evropské unie (EU) – Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) k podpoře projektu EU pro zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů.

- Využitá databáze slunečního záření: PVGIS-CMSAF
- Lokalita: 50°20'59"N, 16°1'8"E
- Nadmořská výška: 274 m n.m.
- Jmenovitý výkon systému: 2,2 kW
- Použitá technologie FV panelů: krystalický křemík
- Odhadované ztráty v důsledku teploty a nízké intenzitě záření: 7,5 %
- Odhadované ztráty v důsledku úhlových účinků odrazivosti: 3,2 %
- Ostatní ztráty (vodiče, měnič, regulátor, atd.): 14 %
- Ztráty v hybridním systému (akumulace, atd.): 23,1 %

Pomocí vyhodnocení zadaných dat do internetové aplikace PVGIS byly získány orientační data o intenzitě dopadajícího slunečního záření na metr čtverečný v dané lokalitě a produkci elektrické energie navrhovaného systému HFVE. Získaná data zobrazuje tabulka Tab. 6.2-2. Pro možnost porovnání získaných dat bylo dopočteno, jakou celkovou plochu S_p zabírají fotovoltaické články jednotlivých FV panelů. Pomocí rovnice 6.1 je možné stanovit skutečnou „pracovní“ plochu k přeměně energie. Data rozměrů FV panelu jsou převzata z Obr. 6.2-3, přičemž bylo uvažováno, že neokótovaný hliníkový rám FV panelu má šířku 4 cm.

$$S_p = (a - 2 \cdot x) \cdot (b - 2 \cdot x) \quad [m^2; m, m, m] \quad (6.1)$$

$$S_p = (0,992 - 2 \cdot 0,040) \cdot (1,640 - 2 \cdot 0,040) \approx 1,423 \, m^2 \quad (6.2)$$

kde: S_p – plocha FV článků na panelu,
 a – šířka panelu,
 b – délka panelu,
 x – šířka rámu panelu.

K získání celkové „pracovní“ plochy systému HFVE byla vynásobena plocha jednoho panelu počtem panelů navrhovaného systému. K získání dat o celkovém měsíčním dopadajícím výkonu slunečního záření na navrhovaný systém využijeme vzorec 6.2, který byl aplikován na jednotlivé měsíce. Příklad výpočtu je vztažen k měsíci lednu.

$$H_{m_sys} = S_{sys} \cdot H_m \quad [Wh; m^2, Wh \cdot m^{-2}] \quad (6.3)$$

$$H_{m_sys} = 12,81 \cdot 28,30 \cdot 10^3 \cong 362 \cdot 10^3 Wh \quad (6.4)$$

kde: H_{m_sys} – průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na plochu modulů daného systému,

S_{sys} – celková plocha FV článků systému HFVE

H_m – průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému

Tab. 6.2-2 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření a produkce elektrické energie HFVE 2,25 kWp – Veselice (23),(24),(25)

Pevný systém: sklon = 23°, orientace = -20° od jihu					
Měsíc	E_d (kWh)	E_m (kWh)	H_d (kWh · m ⁻²)	H_m (kWh · m ⁻²)	H_{m_sys} (kWh)
Leden	1,72	53,3	0,91	28,3	362
Únor	3,16	88,5	1,69	47,4	607
Březen	6,32	196	3,47	108	1 383
Duben	8,68	260	4,97	149	1 908
Květen	9,14	283	5,39	167	2 139
Červen	9,40	282	5,63	169	2 164
Červenec	9,03	280	5,46	169	2 164
Srpen	8,42	261	5,04	156	1 998
Září	6,55	196	3,79	114	1 460
Říjen	4,27	132	2,39	74,2	950
Listopad	2,15	64,5	1,18	35,3	452
Prosinec	1,40	43,5	0,75	23,2	297
Roční průměr:	5,87	178	3,40	103	1 324
Celkem za rok:	2 140		1 240		15 886

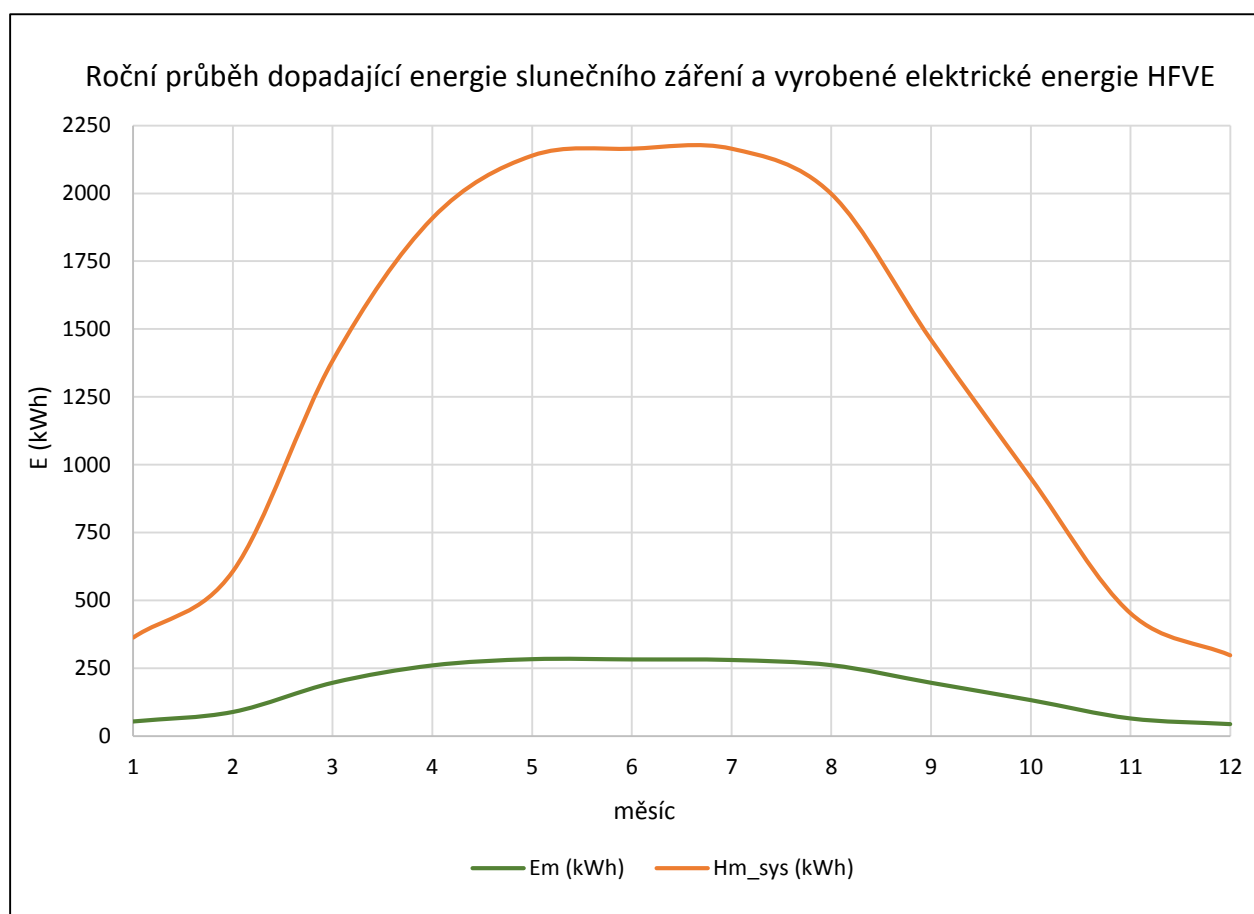
kde: E_d – průměrná denní produkce elektrické energie daného systému,

E_m – průměrná měsíční produkce elektrické energie daného systému,

H_d – průměrná denní intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému,

H_m – průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému,

H_{m_sys} – průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na plochu modulů daného systému.



Obr. 6.2-5 Roční průběh dopadající energie slunečního záření a vyrobené elektrické energie HFVE (23),(24),(25)

Výstupní dokument internetové aplikace PVGIS je uveden v příloze D.

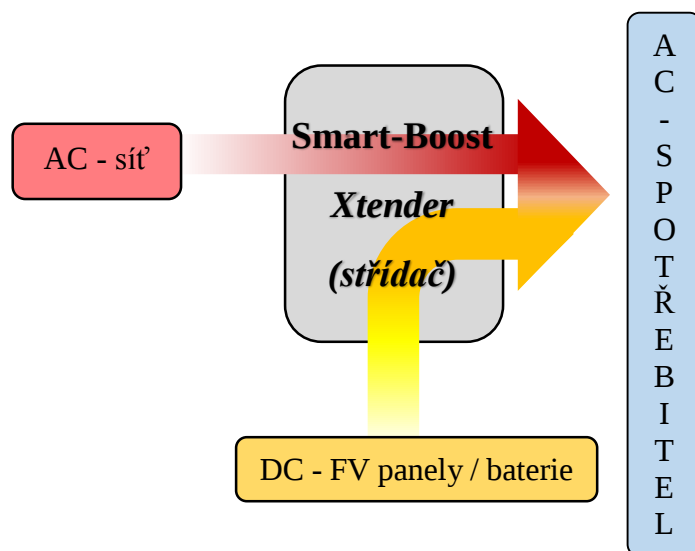
6.2.5 Výběr hybridního střídače

Střídač představuje hlavní část celého hybridního fotovoltaického systému. Hlavní parametry pro zvolení vhodného střídače představují celkový špičkový výkon instalovaných FV panelů a jim odpovídající výkon střídače, pořizovací cena, spolehlivost, životnost, počet fází k dodávkám energie, účinnost přeměny DC/AC, systém provozu HFVE, doplňkové funkce střídače. S ohledem na uvedená kritéria byl zvolen střídač XTM 2600-48 vyráběný švýcarskou společností Studer Innotec SA viz obrázek Obr. 6.2-6.



Obr. 6.2-6 Hybridní střídač XTM 2600-48 (26)

Hlavními výhodami zvoleného střídače jsou integrované základní vlastnosti, které spojují funkce střídače, nabíječe baterií, inteligentní jednotky řízení zdroje elektrické energie pro spotřebu uživatele - FV panely / baterie / elektrická síť, rychlá regulace spotřebovávaného proudu pomocí funkce Smart-Boost, která umožňuje při velké spotřebě elektrické energie uživatelem posilování vyrobené energie energií z elektrické sítě, viz Obr. 6.2-7.



Obr. 6.2-7 Smart-Boost regulace proudu (27)

Ve výrobní řadě střídačů XTM byl zvolen model 2600-48, jelikož projektované FV panely jsou schopny v ideálních podmínkách vyrobit špičkový výkon o velikosti 2,25 kWp. Zvolený hybridní střídač deklaruje trvalý výkon 2 000 VA při 25°C, krátkodobý výkon 2 600 VA při 25°C o délce trvání 30 minut a je schopen po dobu 5-ti sekund vydržet přetížení 6,5 kVA při 25°C. Uvedené hodnoty jsou pro náš systém dostačující, jelikož vzhledem k geografickým podmínkám a vlastnostem umístění na střešní konstrukci není předpoklad, že FV panely budou v ideálních podmínkách pracovat po dobu delší než 30 minut. Další nespornou výhodou je možnost využití v třífázovém systému a funkce elektronické ochrany proti přehřátí a přetížení, zkratu, přepólování pomocí vnitřní pojistky, úplnému vybití baterií, přepětí baterií.

Vlastnosti hybridního střídače XTM 2600-48 jsou uvedeny v tabulce Tab. 6.2-3. Kompletní katalogový list je uveden v příloze E.

Průměrná pořizovací cena z prověřených internetových e-schopů hybridního střídače XTM 2600-48 činí 58 532 Kč/ks s DPH. Cena stanovena v dubnu 2015.

(28), (29), (30)

Tab. 6.2-3 Technické parametry a vlastnosti střídače XTM 2600-48 (31)

Popis měniče		Nabíječ baterie	
Nominální napětí baterie	48 V DC	Max. nabíjecí proud	30 A
Rozpětí vstupního napětí	38 – 68 V DC	Všeobecné vlastnosti	
Stálý výkon při 25 °C	2 000 VA	Vstupní rozpětí AC napětí *	150 až 256 V AC
Výkon 30 min. při 25 °C	2 600 VA	Výstupní frekvence	45 až 65 Hz
Výkon 5 sec. Při 25 °C	6 kVA	Max. vstupní proud	50 A AC; DC
Maximální zátěž	Až do zkratu	Max výstupní proud	56 A AC
Maximální stálé zatížení	Až do $P_{cont.}$	Doba odezvy	< 15 ms
Detekce zatížení (stand by)	Od 2 do 25 W	Hmotnost	16,2 kg
$\cos \varphi$	0,1 – 1	Rozměry d/š/v	466/322/133 mm
Maximální účinnost	96 %	Krytí	IP 20
Vlastní spotřeba OFF/Stand-by/ON	1,8 W/2 W/10 W	Rozsah provozních teplot	-20 až 55 °C
Výstupní napětí *	Čistá sinusovka 230 V AC ($\pm 2\%$)	Relativní vlhkost v provozu	95% bez kondenzace
Výstupní frekvence *	45 – 60 Hz ($\pm 0,05\%$)	Hlučnost	< 40 dB
Harmonické zkreslení	< 2 %	Záruka	5 let

* Nastavitelné s použitím ovládacího panelu RCC-02/-03

6.2.6 Výběr solárního regulátoru (MPPT regulátor)

Pro správnou komunikaci mezi jednotlivými komponenty, bezproblémovou funkci navrhovaného FV systému a možnostem využití rozšířených funkcí hybridního střídače je vhodné volit MPPT regulátor od stejného výrobce, jako byl zvolen střídač. Volba vhodného MPPT solárního regulátoru byla provedena s ohledem na napětí připojených baterií, napětí sérioparalelně



spojených FV panelů (120 V) a dodávaný výkon FV panely (2 250 Wp). Pomocí uvedených kritérií bylo vyhodnoceno, že nejlépe odpovídá MPPT solární regulátor VarioTrack VT-65, viz obrázek Obr. 6.2-8, vyráběný společností Studer Innotec SA, tedy shodnou s výrobcem zvoleného střídače. Výhodami zvoleného MPPT regulátoru jsou především vysoká účinnost přeměny > 99 %, 6-ti krokový nabíjecí cyklus pro zajištění delší životnosti baterií a nízká spotřeba v nočním režimu. Vlastnosti MPPT regulátoru VT-65 uvádí tabulka Tab. 6.2-4. Kompletní katalogový list je uveden v příloze F.

Obr.6.2-8 MPPT solární regulátor VarioTrack VT-65 (32)

Tab. 6.2-4 Technické parametry a vlastnosti MPPT regulátoru VarioTrack VT-65 (33)

Elektrická charakteristika FV pole panelů		Všeobecné vlastnosti	
Max. doporučený výkon *	4 000 W	Účinnost přeměny (při 48V systém)	> 99%
Max. napětí naprázdno	150 V DC	Max. Stand-by spotřeba (48V systém)	1,2 W
Max. provozní napětí	145 V DC	Počet kroků nabíjení	6
Minimální provozní napětí	dle napětí baterie (48 V)	Rozsah provozních teplot	-22 až 55 °C
Elektrická charakteristika pole baterií		Hmotnost	5,2 kg
Max. výstupní proud	65 A	Krytí	IP 54
Jmenovité napětí baterie	Automatické nastavení / ruční 48 V	Rozměry d/š/v	310/220/120 mm
Pracovní napětí baterie	Dle napětí baterie	Relativní vlhkost v provozu	100 %
		Záruka	5 let

* STC – Standartní testovací podmínky

Požizovací cena z prověřeného internetového e-schopu MPPT regulátoru VarioTrack VT-65 činí 15 004 Kč/ks s DPH. Cena stanovena v dubnu 2015.

(34)

6.2.7 Výběr jednotky pro dohled a ovládání FV systému

K zajištění maximálního využití všech funkcí střídače a MPPT regulátoru je nutné zvolit monitorovací jednotku a ovládání. Pro docílení kompatibility a správné implementaci dat byl zvolen monitorovací a dálkový ovládací modul RCC-02 taktéž vyráběný společností Studer Innotec SA. Monitorovací a dálkový ovládací jednotka umožňuje:

- zobrazení funkce přehledu
- zobrazení naměřených provozních hodnot (proud / napětí / výkon, atd.)
- aktualizace softwaru či implementace software na zakázku
- nahrání / stažení parametrů měniče
- aktualizace parametrů měniče
- protokolování chybových zpráv
- získávání dat z měniče XTENDER a dalších účastníků napojených na komunikační sběrnici jako BSP (senzor teploty baterie) a / nebo MPPT solární regulátor

Modul RCC-02 je zobrazen na obrázku Obr. 6.2-9. Aktualizace parametrů nastavení a ukládání sledovaných dat se provádí pomocí vložené SD karty. Komunikace mezi periferiemi (měnič / MPPT regulátor / senzor teploty) je provedena pomocí CAN sběrnice. Rozměry modulu (d/š/v) 168/170/43,5 mm.



Obr. 6.2-9 Monitorovací a dálkový ovládací modul RCC-02 (35)

6.2.8 Výběr akumulčních baterií

Při výběru akumulátorů pro FV systém byla zvolena technologie trakční kyselinové baterie, která svými vlastnostmi umožňuje vyšší počet cyklů nabíjení - vybíjení a její provoz je téměř bezúdržbový. Vzhledem ke skutečnosti, že byl zvolen střídač s nominálním napětím baterií o velikosti 48V DC, je nutné spojit do série čtyři kusy totožných baterií o napětí 12 V DC. Pro zajištění správné funkce, životnosti a kapacity systému akumulace elektrické energie, je nutné do systému použít akumulátory od shodného výrobce, se shodnou kapacitou a nejlépe i totožnou šarží výroby. Při samotném návrhu je nutné počítat se skutečností, že použitelná kapacita akumulátorů je přibližně 80%, při hlubším vybíjení by se zkracoval celkový počet cyklů nabití - vybití a pokud by akumulátor byl zcela vybit a ponechán ve vybitém stavu delší dobu, mohl by degradovat a ztratit svoje akumulční vlastnosti. Tento jev je označován jako sulfatace a jeho příčinou je postupný a nevratný vznik krystalů síranu olovnatého (PbSO_4) na elektrodách. Proto je nutné volit vhodnou kapacitu mezi možnostmi FV systému docílit plně nabitého stavu v letních a zimních měsících.

Hybridní systém nám umožňuje využívat kombinaci více zdrojů elektrické energie. V navrženém systému bude využívána elektrická energie z FV panelů a z veřejné distribuční elektrické sítě. Do akumulátorů budeme ukládat v době přebytku energie z FV panelů. Nejvíce energie a tedy i přebytků bude vyrobeno v letním období, ale systém bude využit celoročně a není proto vhodné systém příliš předimenzovat, jelikož by kapacita akumulátorů nebyla v zimním období téměř využita.

Výchozí hodnotou pro určení kapacity akumulátorů byla použita vypočtená hodnota odhadovaného ročního průměru denní produkce elektrické energie daného systému z tabulky Tab. 6.2-2.

$$E_{d_rok} = 5\,870\,Wh \quad (6.5)$$

kde: E_{d_rok} – roční průměrná denní produkce elektrické energie daného systému.

Kapacita akumulátorů Q je obecně udávána v měrné jednotce elektrického náboje Ah . Elektrický náboj je fyzikální veličina s jednotkou v soustavě SI Coulomb $[C]$. Ampérhodina představuje odvozenou jednotku a platí pro ní vztah:

$$1\,[Ah] = 3\,600\,[C] \quad (6.6)$$

Pro převod z jednotek elektrického výkonu Wh do jednotek elektrického náboje Ah využijeme Ohmův zákon.

$$Q_{bat} = \frac{E_{d_rok}}{U_{bat}} \quad [Ah; Wh, V] \quad (6.7)$$

$$Q_{bat} = \frac{E_{d_rok}}{U_{bat}} = \frac{5\,870}{48} = 122,3\,Ah \quad (6.8)$$

kde: Q_{bat} – kapacita baterií (akumulátorů),
 E_{d_rok} – roční průměrná denní produkce elektrické energie daného systému,
 U_{bat} – napětí baterií (akumulátorů).

K ochraně výrobních vlastností akumulátorů, nebude systém v běžném provozu vybíjen pod úroveň 80-ti procent nominální kapacity akumulátorů. Je tedy třeba celkovou kapacitu podělit procentuálním vyjádřením běžně použitelné provozní kapacity akumulátorů. Dále je zde skutečnost, že meteorologické podnebí v ČR ovlivňuje frontální systémy, které s sebou přináší většinou dvou až čtyřdenní cykly projevu počasí a lze předpokládat, že v těchto cyklech se po daný interval počasí projevuje stejnorodě, tedy svítí slunce, polojasno, zataženo, déšť, sníh atd. Během slunných dnů by nebylo možno vyrobenou přebytečnou energii ukládat z důvodů plné kapacity akumulátorů a při deštivých dnech bez přímého slunečního záření by scházela. Proto celkovou kapacitu akumulátorů vynásobíme počtem dní, po které chceme veškerou vyrobenou energii ukládat v návaznosti na frontální meteorologické projevy počasí, čímž zajistíme dostatek kapacity pro uložení přebytečné energie ze slunečných dnů a její využití během dnů bez dostatečného slunečního svitu.

$$Q_{bat_c} = \left(\frac{Q_{bat}}{\frac{Q_{\%}}{100}} \right) \cdot d \quad [Ah; Ah, \%, den] \quad (6.9)$$

Finanční pořizovací náročnost a předpoklad, že přebytek vyrobené elektrické energie z FV panelů, kterou bude nutné ukládat do akumulátorů, nebude po většinu roku dosahovat maximálních ročních průměrných denních hodnot po dobu delší, než dva dny umožňuje, aby bylo počítáno s celkovou denní kapacitou akumulátorů 1,5 dne.

$$Q_{bat_c} = \left(\frac{Q_{bat}}{\frac{Q_{\%}}{100}} \right) \cdot d = \left(\frac{122,3}{\frac{80}{100}} \right) \cdot 1,5 = 229,31 \text{ Ah} \quad (6.10)$$

- kde: Q_{bat_c} – celková požadovaná kapacita baterií (akumulátorů),
 Q_{bat} – kapacita baterií (akumulátorů),
 $Q_{\%}$ – procentuální využití kapacity baterií (akumulátorů),
 d – počet dní celkové denní akumulace kapacity.

Solární akumulátory nebo trakční akumulátory jsou vyráběny v daných řadách akumulčních kapacit. Z výpočtu pomocí vzorce 6.10 by měla být docílena hodnota přibližně 229 Ah kapacity akumulátorů pro navrhovaný hybridní fotovoltaický systém. Jelikož návrh obsahuje střídač s nominálním napětím akumulátorů 48 V, je nutné zapojit do série čtyři kusy dvanácti voltových akumulátorů o stejné kapacitě. Z možných výrobních řad solárních akumulátorů požadavkům nejlépe odpovídají baterie o napětí 12V a kapacitě 230 Ah.

Z dostupných solárních akumulátorů, které vyhovují uvedeným parametrům, byl zvolen akumulátor Banner ENRGY BULL 968 01, viz obrázek Obr. 6.2-6., který vyrábí rakouská společnost Banner GmbH. Vlastnosti akumulátoru Banner ENRGY BULL 968 01 uvádí tabulka Tab. 6.2-5. Kompletní katalogový list je uveden v příloze G.



Obr. 6.2-10 Akumulátor Banner ENRGY BULL 968 01 (36)

Tab. 6.2-5 Technické parametry a vlastnosti akumulátoru Banner ENRGY BULL 968 01 (37)

Všeobecné vlastnosti		Elektrické vlastnosti	
Typ technologie	VRLA GEL	Pracovní napětí	12 V
Konstrukční životnost v solárním systému	7 let	Kapacita Ah/5h	180
Hmotnost	61,5 kg	Kapacita Ah/20h	230
Rozměry d/š/v	517/273/240	Kapacita Ah/100h	250
Svorky	plus Ø 19,5mm mínus Ø 17,9 mm	Samovybíjení	9% za měsíc
Záruka	2 roky	Nabíjecí proud	2,3 A
		Nabíjecí napětí	max. 13,8 V

Průměrná pořizovací cena z prověřených internetových e-shopů akumulátoru Banner ENRGY BULL 968 01 činí 7 060 Kč/ks s DPH. Cena stanovena v dubnu 2015.

(36, 38, 39)

6.2.9 Výběr příslušenství

Životnost akumulátorů představuje velmi důležitý ekonomický aspekt, vzhledem k degradaci akumulátorů při nevhodném nabíjení. K docílení správného nabíjení trakčních akumulátorů byl do systému navržen monitorovací modul stavu baterií BSP 500 a snímač teploty akumulátorů BTS-01. BSP modul zajišťuje velmi přesné měření pomocí efektivního algoritmu, který vyhodnocuje stav nabití akumulátorů. Při propojení se snímačem teploty BTS-01 lze vyhodnocovat aktuální teplotu akumulátorů a přizpůsobovat prahové hodnoty koncentrace náboje v akumulátorech vzhledem k teplotě. Pomocí propojení s řídícím modulem RCC-2 umožňuje zobrazovat informace o stavu nabití, napětí, proudu, průchodu energie, atd. Sběr informací z monitorovacího modulu lze efektivně využít k programování měniče XTM 2600-48 a docílit tak co nejdelší životnosti akumulátorů. Monitorovací modul BSP zobrazuje obrázek Obr. 6.2-11 a snímač teploty BTS-01 zobrazuje obrázek Obr. 9.2-12.



Obr. 6.2-11 Monitorovací modul BSP 500 (40)



Obr. 6.2-12 Snímač teploty BTS-01 (41)

Do systému HFVE byl dále jako příslušenství přidán dálkový ovládací modul RCM-10, který umožňuje dálkově zapínat a vypínat měnič XTM 2600-48.

Z důvodu kompatibility je nutné veškeré příslušenství volit od výrobce střídače, tedy společnosti Studer Innotec SA.

6.2.10 Výběr ochran proti nadměrnému elektrickému proudu a přepětí

Ochrana zařízení před účinky „nadproudu“ a před přepětím vzniklým na straně distribuční elektrické sítě nebo na straně HFVE je důležitá součástí návrhu. Nadměrný elektrický proud vzniká v obvodu většinou z důvodu zkratu nebo přetížení. Přepětí v elektrickém rozvodu je většinou způsobeno nepřímým úderem blesku a indukci bleskových proudů.

6.2.10.1 Ochrana pojistkami

Stejnoseměrný (DC) úsek obvodu:

První část ochran umístěných na DC straně systému tvoří pojistky. Pojistky jsou umístěny na každý string kladného a záporného vodiče, přičemž musí dosahovat vybavovací hodnoty proudu, která je nejbližší vyšší nebo rovna vypočítané hodnotě proudu pomocí vzorce 6.11.

$$I_n = 1,5 \cdot I_{SC} \quad [A; A] \quad (6.11)$$

$$I_n = 1,5 \cdot I_{SC} = 1,5 \cdot 8,92 = 13,37 \text{ A} \quad (6.12)$$

kde: I_n – jmenovitá hodnota proudu pojistky,

I_{SC} – zkratový proud panelu.

Napětí, na které lze pojistky použít musí být vyšší nebo rovno hodnotě vypočtené pomocí vzorce 6.13.

$$U_n = 1,2 \cdot U_{oc} \cdot n \quad [V; V, -] \quad (6.13)$$

$$U_n = 1,2 \cdot 37,10 \cdot 3 = 133,56 \text{ V} \quad (6.14)$$

kde: U_n – nejmenší možná jmenovitá hodnota napětí pojistky,

U_{oc} – napětí panelu naprázdno,

n – počet panelů ve stringu (řetězci)

S využitím výpočtů ze vzorců 6.12 a 6.14 byly zvoleny válcové pojistky EATON ASFLC10-16A-gPV-SOL pro fotovoltaické aplikace o jmenovité hodnotě proudu 16 A DC, napětí 1 000 V DC. Pojistky budou umístěny do dvoupólových pojistkových odpínačů EATON FCFDC10DI-2L-SOL se signalizací vybavení o jmenovité hodnotě proudu 25 A DC a jmenovitém napětí 1 000 V DC. Optická signalizace je zajištěna blikáním při napětí 50 - 400 V a trvalým svitem při napětí 400 – 1 000 V. Pojistkové odpojovače budou sloužit k jištění každého FV stringu.

6.2.10.2 Ochrana jističi

Stejnoseměrný (DC) úsek obvodu:

K jištění stejnosměrné části bude v podružném rozvaděči HFVE použit dvoupólový jistič s vybavovací charakteristikou typu C a vypínací schopností 10kA dle ČSN EN 60947-2. Pro volbu typové řady bylo použito vzorce 6.14 pro výpočet napětí a 6.16 pro výpočet zkratového proudu FVE.

$$I_n = I_{SC} \cdot s \quad [A; A, -] \quad (6.15)$$

$$I_n = 8,92 \cdot 3 = 26,76 \text{ A} \quad (6.16)$$

kde: I_n – jmenovitá hodnota proudu jističe,

I_{SC} – zkratový proud panelu,

s – počet stringů (řetězců) FVE.

K jištění obvodu od FV panelů byl z nabízených typových řad vybrán jistič EATON PL7-C32/2-DC o jmenovité hodnotě proudu 32 A DC, jmenovitým napětím 250 V DC a signalizací vypnuto - zapnuto. MPPT regulátor je schopen zpracovávat na vstupu proud o hodnotě až 80 A DC a střídač 50 A DC. Jištění 32 A DC jističem splňuje podmínku ochrany uvedených komponentů.

K jištění obvodu od akumulátorů byl vybrán jistič, který svou vybavovací schopností ochrání hodnotu maximálního nabíjecího proudu střídače. Z nabízených typových řad vybrán jistič EATON PL7-C25/2-DC o jmenovité hodnotě proudu 25 A DC, jmenovitým napětím 250 V DC a signalizací vypnuto - zapnuto.

Střídavý (AC) úsek obvodu:

K jištění přívodu střídavého obvodu z distribuční elektrické sítě bude použit jednopólový jistič EATON PL6-C32/1 o jmenovité hodnotě proudu 32 A, vypínací schopnosti 6 kA, vypínací charakteristikou typu C, jmenovitým napětím 230/400 V AC a signalizací vypnuto – zapnuto umístěný v podružném rozvaděči HFVE. Přívod z distribuční elektrické sítě je jištěn hlavním třípólovým jističem 3x40 A o vypínací schopnosti 10 kA, který je umístěn v hlavním rozvaděči.

Návrh jištění světelných, zásuvkových a výkonových obvodů RD není předmětem návrhu HFVE.

6.2.10.3 Ochrana svodiči přepětí

Stejnoseměrný (DC) úsek obvodu:

Při ochraně elektrického rozvodu pomocí svodičů přepětí na DC části instalace uvažujeme svodiče přepětí třídy T2 (II, C), které se využívají pro ochranu spotřebičů proti přepětím vyvolaným vzdálenými úderem blesku nebo spínacími procesy. Přímý úder blesku není uvažován, vzhledem k ochraně RD pomocí bleskosvodů. Pro ochranu FV panelů pomocí bleskosvodů je nutné uvažovat umístění bleskosvodů na střeše, přesněji jejich vzdálenost od FV panelů. Pokud nejsme schopni dodržet vzdálenost menší než 1 m mezi bleskosvodem a rámem FV panelu, je nutné zajistit galvanické spojení. Pro návrh vhodných svodičů přepětí pro DC stranu obvodu je nutné stanovit maximální možné napětí panelů naprázdno dle vzorce 6.14.

K jištění DC obvodu pomocí svodičů přepětí byl z nabízených typových řad vybrán svodič přepětí pro fotovoltaické aplikace EATON SPPT2PA-600-2PE, pro napěťovou soustavu do 600 V DC, jmenovitým výbojovým proudem 15 kA (8/20 ns) a použití v uzemněném systému.

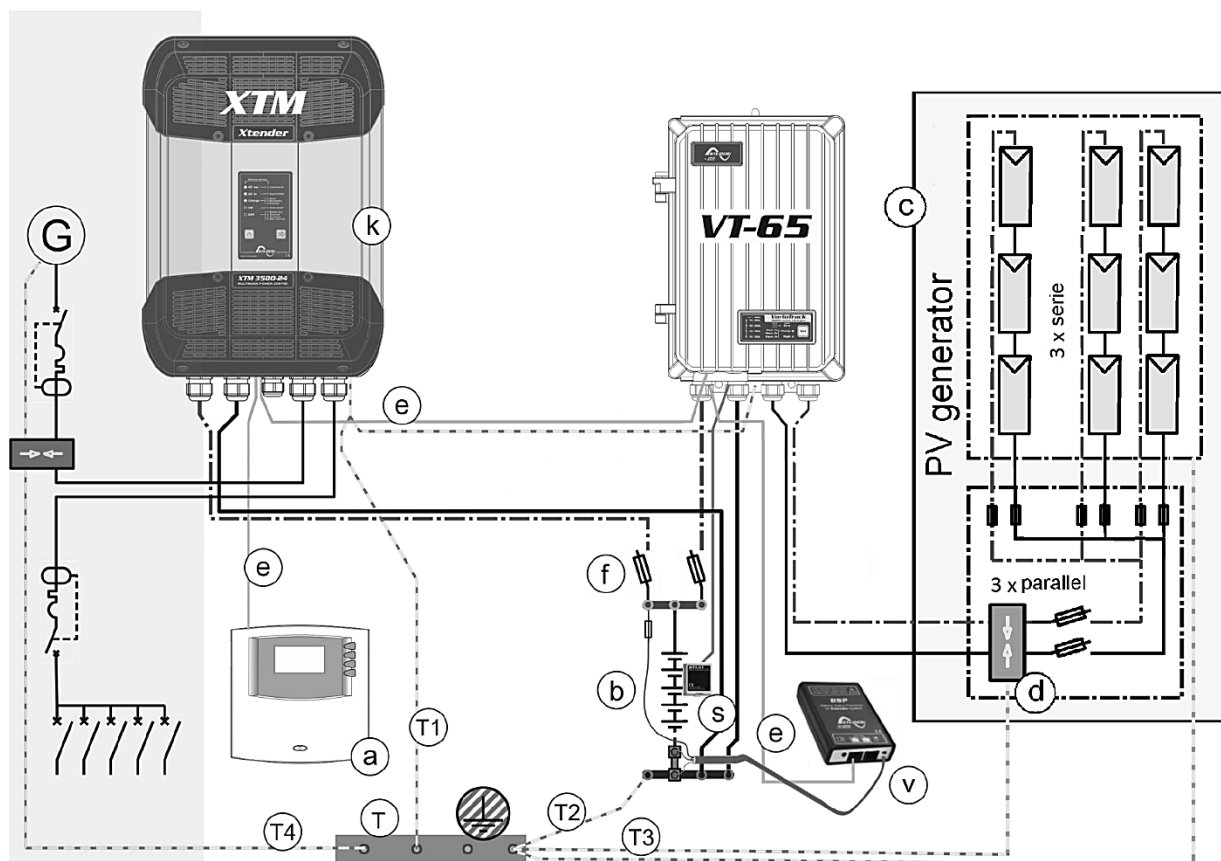
Střídavý (AC) úsek obvodu:

Při ochraně elektrického rozvodu pomocí svodičů přepětí na AC části instalace uvažujeme svodiče přepětí třídy T1 (I, B) pro ochranu instalace proti přepětím vyvolaným přímým úderem blesku do venkovního vedení nebo zařízení a třídy T2 (II, C), které je využito pro ochranu spotřebičů proti přepětím vyvolaným vzdálenými úderem blesku nebo spínacími procesy.

K jištění AC obvodu pomocí svodičů přepětí byl z nabízených typových řad vybrána montovaná sada svodičů přepětí třídy T1+T2 EATON SP-B+C/3+1, pro napěťovou soustavu do 460 V AC, pro síť TN-S, modul T1 jmenovitým impulzním proudem 35 kA (10/350 ns) se sčítacím jiskřištěm o impulzním proudu 100 kA (10/350 ns), modul T2 jmenovitým impulzním proudem 3x20 kA (8/20 ns).

6.2.11 Schéma zapojení navrženého FV hybridního systému

Obrázek Obr. 6.2-11 zobrazuje kompletní propojení komponentů a jisticích prvků navrženého hybridního fotovoltaického systému.



Obr. 6.2-13 Schéma zapojení navrženého FV hybridního systému (33)

Vysvětlivky k obrázku Obr. 6.2-11:

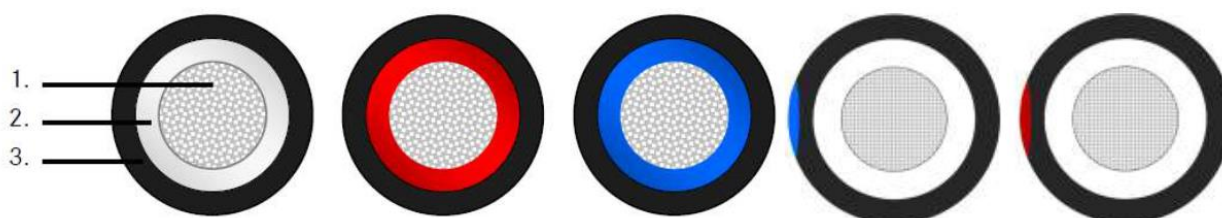
- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| (a) Modul dálkového ovládání | (T) Hlavní zemnicí svorkovnice |
| (b) Akumulátory | (T1) Ochranný vodič zařízení |
| (c) Fotovoltaický zdroj (panely) | (T2) Ochranný vodič akumulátorů |
| (d) Přepěťová ochrana | (T3) Ochranný vodič FV panelů |
| (e) Komunikační kabel | (T4) Ochranný vodič sítě TN-S |
| (f) Jištění DC rozvodu | |
| (G) Distribuční elektrická síť | |
| (k) Střídač | |
| (s) Bateriový snímač teploty | |
| (v) Bateriový monitorovací modul | |

6.2.12 Výběr propojovacích vodičů

Propojení jednotlivých panelů, jisticích prvků a komponentů bude zajištěno vodiči určenými pro solární aplikace. Z dostupných vodičů byly zvoleny vodiče ÖLFLEX SOLAR XLR-R německé společnosti LAPPKABEL. Tyto laněné dvouplášťové vodiče se vyznačují svými specifickými vlastnostmi, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 6.2-6. Řez solárním vodičem a možné barevné kombinace zobrazuje obrázek Obr. 6.2-12. Kompletní katalogový list je uveden v příloze H.

Tab. 6.2-6 Technické parametry a vlastnosti vodičů ÖLFLEX SOLAR XLR-R (42)

Elektrické vlastnosti		Mechanické vlastnosti	
Jmenovité napětí	600/100 V AC 900/1500 V DC	Min. poloměr ohybu	15x průměr vodiče – pohyblivé uložení
Testovací napětí	6,5 kV AC		5x průměr vodiče – pevné uložení
Tepelné vlastnosti			
Teplotní rozsah	-40°C až +120°C		
Teplota pokládky	Flexibilní, max. -25°C		



Obr. 6.2-14 Řez solárním vodičem ÖLFLEX SOLAR XLR-R (42)

1. Vodič: drátěná pocínovaná měděná lana dle IEC 60228, třída 5
2. Izolace jádra: elektronovým svazkem síťovaný polyolefin co-polymer,
Barva vnitřní izolace – bílá, červená, modrá
3. Vnější plášť: elektronovým svazkem zesílený polyolefin co-polymer
Barva vnějšího pláště – černá, černá s červeným nebo modrým pruhem

Pro kladný vodič (+) bylo zvoleno značení vnější izolace červeným pruhem, pro záporný vodič (-) modrým pruhem. O výběru vhodného průřezu vodiče rozhoduje proudové zatížení, které dosahuje mezi svorkovnicí podružného rozvaděče a jednotlivými stringy maximálně 9 A. K propojení tedy vyhovuje solární vodič o průřezu 2,5 mm². Propojení mezi dalšími součástmi systému (MPPT regulátor, akumulátory, střídač) bude použit lankový měděný vodič H07V-K o průřezu 16 mm² v červené a modré barvě. Spojení se zemnicím bodem bude provedeno zeleno-žlutým vodičem H07V-K 16 mm², kromě propojení fotovoltaických panelů, které bude provedeno zeleno-žlutým vodičem H07V-K 2,5 mm².

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM

7.1 Elektrická soběstačnost rodinného domu s navrženým systémem hybridní fotovoltaické elektrárny

K určení elektrické nezávislosti rodinného domu s navrženou HFVE je nutné stanovit průměrnou denní spotřebu elektrické energie domácnosti. Jelikož je každá domácnost vybavena spotřebiči s rozdílnou energetickou náročností a uživatelé daných spotřebičů mají rozdílné návyky a potřeby v jejich užívání, byla spotřeba elektrické energie domácnosti stanovena dle provozu vlastní domácnosti o třech osobách. Průměrnou denní spotřebu elektrické energie definované typové domácnosti je uvedena v tabulce Tab. 7.1-1. Pro stanovení elektrické soběstačnosti bylo uvažováno dvou modelů. První model počítá s ohřevem teplé užitkové vody pomocí elektrického bojleru o objemu 100 litrů, přičemž ohřev celého objemu z 20°C na 60°C zabere časový úsek o délce 2,5 hodiny. Druhý model počítá s ohřevem teplé užitkové vody pomocí jiného zdroje energie, například s využitím plynové karmy. V modelech není uveden případ využití elektrické energie k vytápění, vzhledem k nutnosti vytápění objektu v zimních měsících, kdy HFVE není schopno dosáhnout požadovaného výkonu.

Tab. 7.1-1 Průměrná denní spotřeba elektrické energie typové domácnosti

Spotřebič:	Výkon:	Doba provozu:	Spotřeba:
	P (kW)	t (h)	E_s (kWh)
Elektrický bojler 100 l (TUV)	1,80	4,0	7,20
LCD televize 70"	0,10	3,0	0,30
LCD televize 42"	0,06	1,0	0,06
Indukční deska	1,10	1,0	1,10
Chladnička s mrazničkou	0,15	24,0	3,60
Myčka	0,75	1,0	0,75
Pračka	0,70	1,0	0,70
Mikrovlnná trouba	0,80	0,2	0,16
PC + kancelářská technika	0,25	4,0	1,00
Osvětlení	0,10	4,0	0,40
Celková orientační denní spotřeba domácnosti s ohřevem TUV:			15,07 kWh
Celková orientační denní spotřeba domácnosti bez ohřevu TUV:			8,07 kWh

Tabulka Tab. 7.1-2 zobrazuje porovnání dat z matematického modelu PVGIS o výrobě elektrické energie z navržené HFVE, vypočtené měsíční průměrné spotřebě typové domácnosti pro oba modely a odběru elektrické energie z distribuční elektrické sítě.

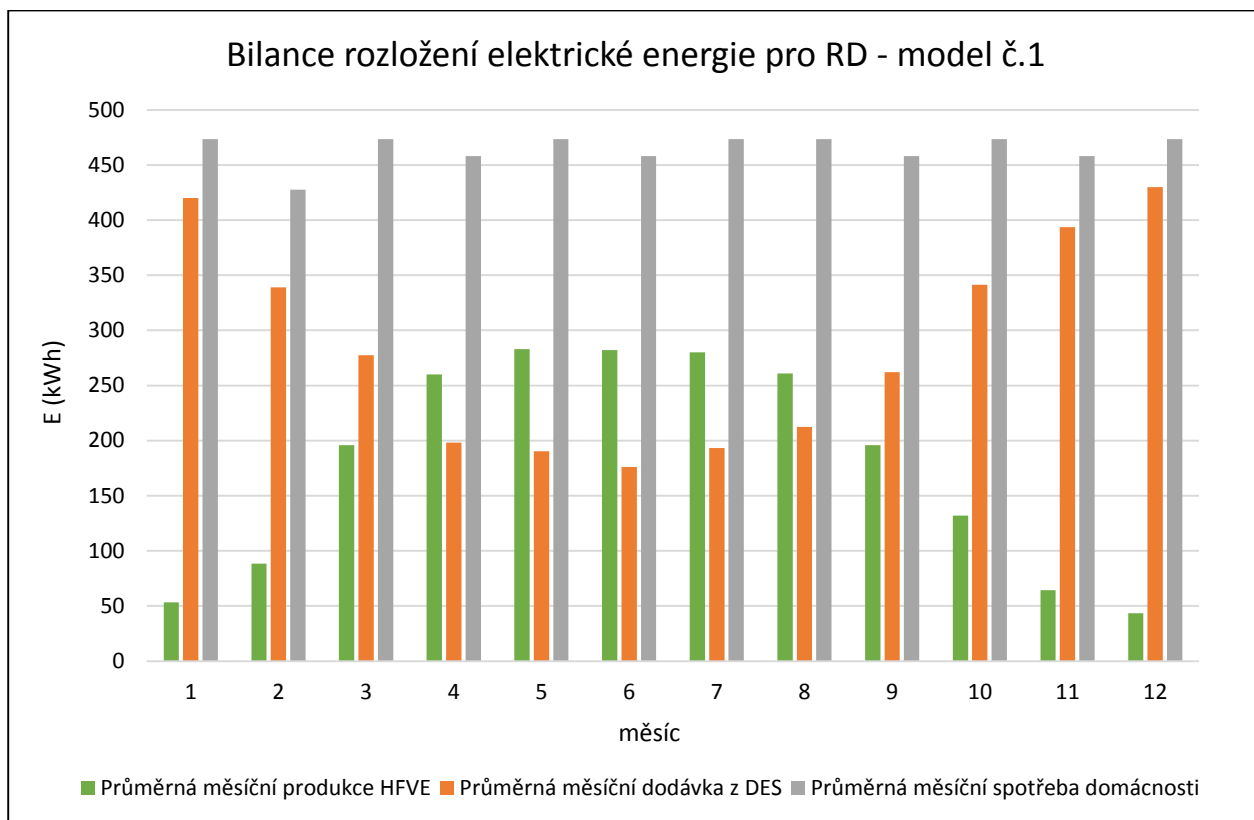
Tab. 7.1-2 Bilance rozložení elektrické energie pro rodinný dům

Měsíc	E_{m_p} (kWh)	Model s ohřevem TUV		Model bez ohřevu TUV	
		E_{m_s} (kWh)	E_{m_o} (kWh)	E_{m_s} (kWh)	E_{m_o} (kWh)
Leden	53,3	473	420	250	197
Únor	88,5	428	339	226	137
Březen	196	473	277	250	54,2
Duben	260	458	198	242	0
Květen	283	473	190	250	0
Červen	282	458	176	242	0
Červenec	280	473	193	250	0
Srpen	261	473	212	250	0
Září	196	458	262	242	46,1
Říjen	132	473	341	250	118
Listopad	64,5	458	394	242	178
Prosinec	43,5	473	430	250	207
Celkem za rok:	2 140	5 574	3 434	2 946	937

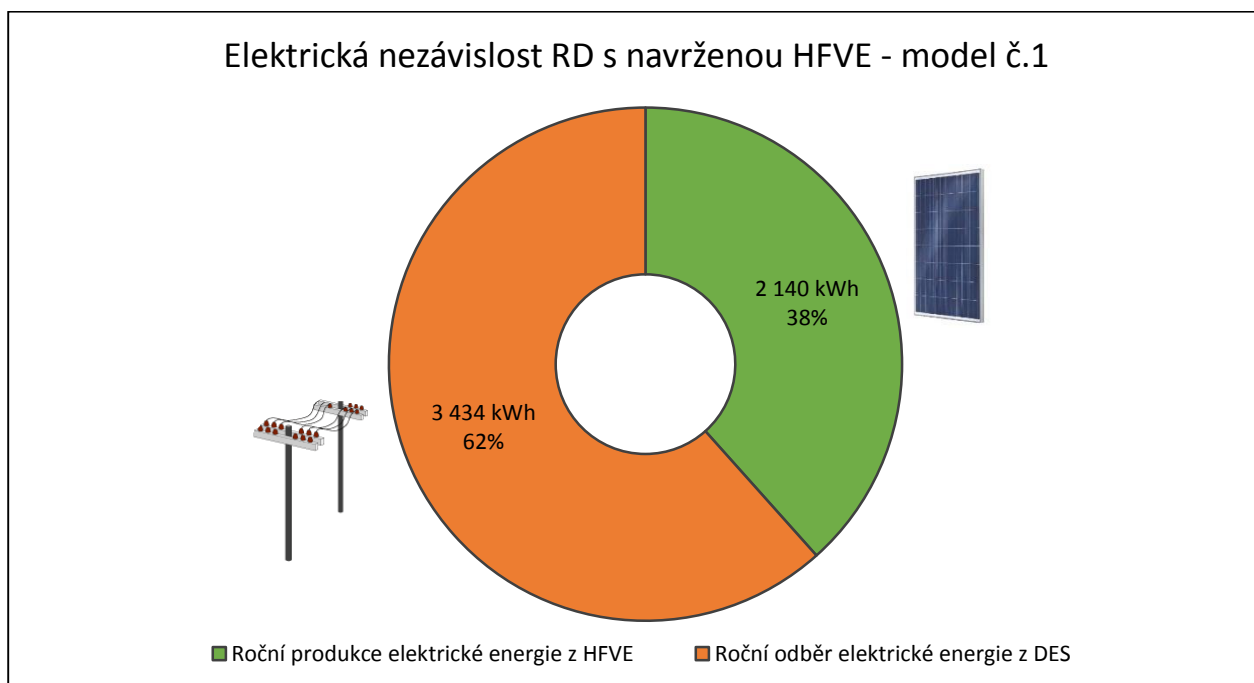
kde: E_{m_p} – průměrná měsíční produkce elektrické energie HFVE,
 E_{m_s} – průměrná měsíční spotřeba elektrické energie typové domácnosti,
 E_{m_o} – průměrný měsíční odběr elektrické energie z distribuční elektrické sítě.

Grafické zobrazení hodnot z tabulky Tab. 7.1-2 a posouzení soběstačnosti rodinného domu na elektrické energii pro první model s využitím energie na ohřev TUV zobrazují grafy na obrázcích Obr. 7.1-1 a Obr. 7.1-2. Pro druhý model bez využití elektrické energie na ohřev TUV zobrazují grafy na obrázcích Obr. 7.1-3 a Obr. 7.1-4.

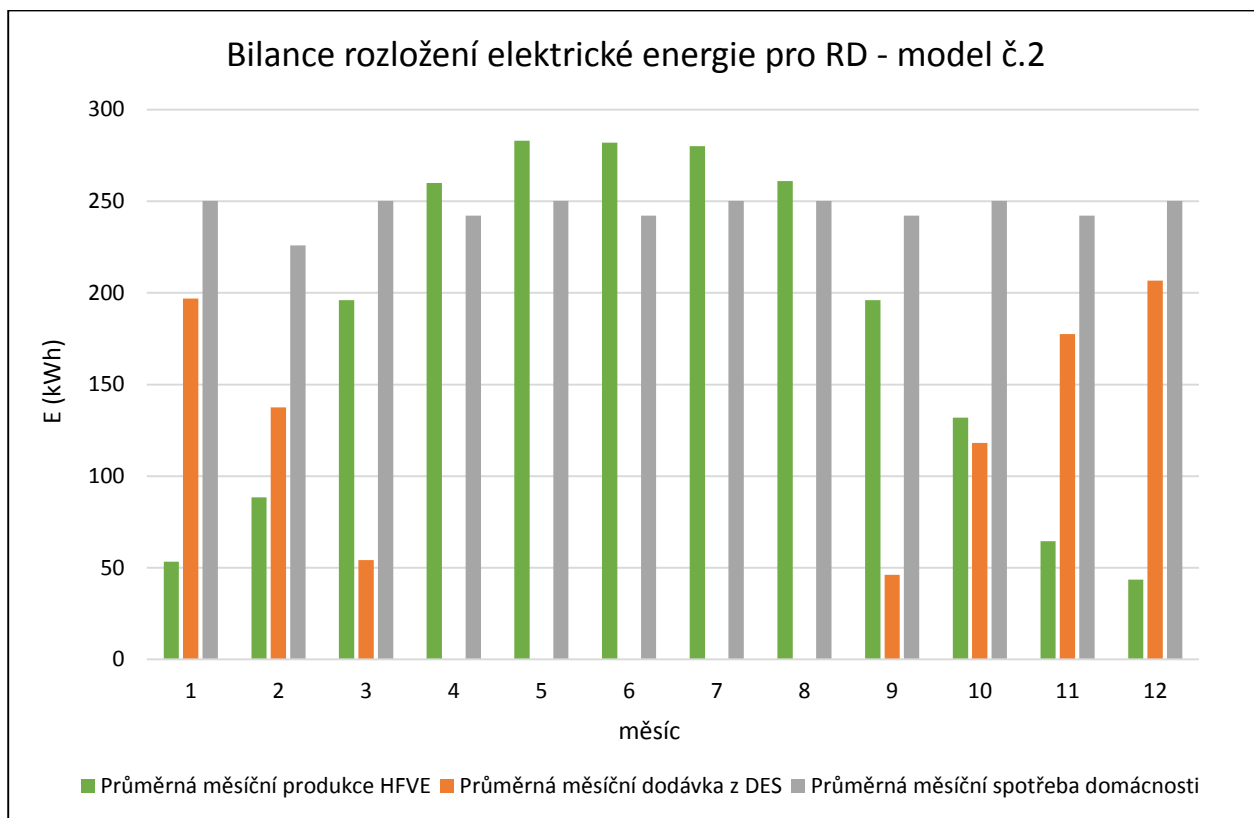
Při posouzení bilancí rozložení elektrické energie pro rodinný dům z tabulky Tab. 7.1-2 a grafů na obrázcích Obr. 7.1-1, Obr. 7.1-2, Obr. 7.1-3 a Obr. 7.1-4, je patrné, že pokud je cílem návrhu dosažení nezávislosti na elektrické energii z distribuční elektrické sítě, lépe vyhovuje model číslo dvě, při kterém musí být jako energetický zdroj pro ohřev teplé užitkové vody zvolen odlišný zdroj energie. V modelu č. 2 bylo dosaženo elektrické soběstačnosti 70%, oproti modelu č. 1 s elektrickou soběstačností 38%.



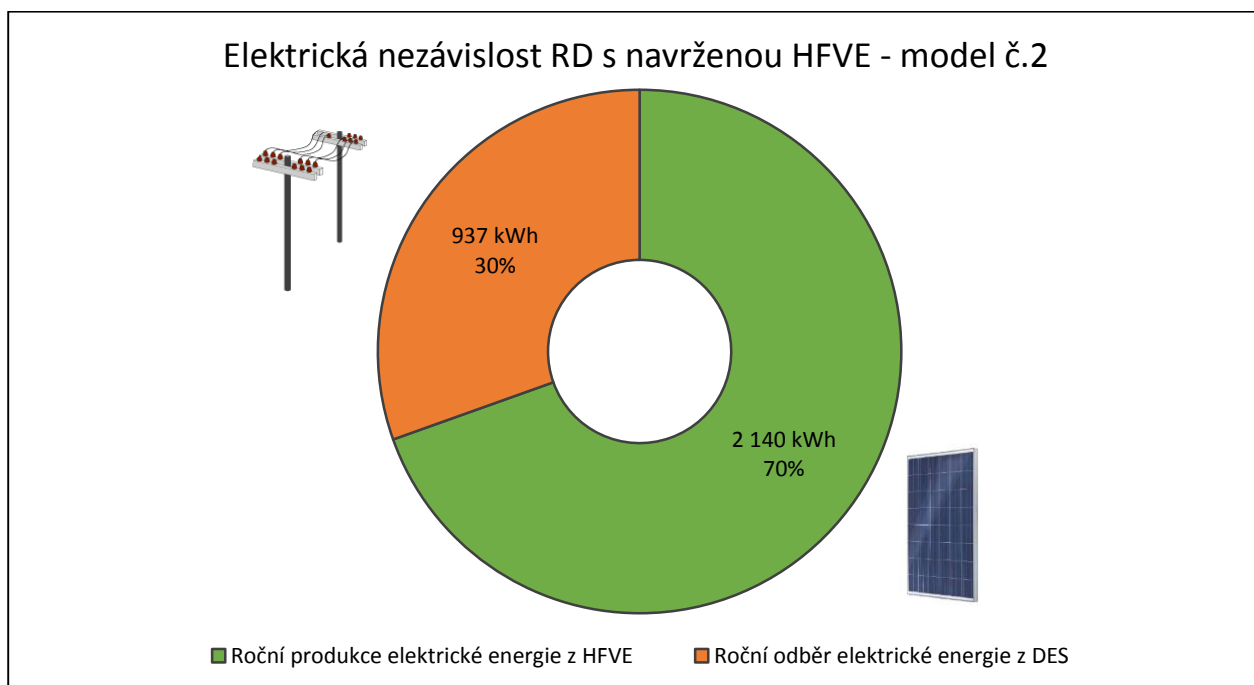
Obr. 7.1-1 Bilance rozložení elektrické energie pro RD - model č.1



Obr. 7.1-2 Elektrická nezávislost RD s navrženou HFVE - model č.1



Obr. 7.1-3 Bilance rozložení elektrické energie pro RD - model č.2



Obr. 7.1-4 Elektrická nezávislost RD s navrženou HFVE - model č.2

7.2 Pořizovací náklady

Náklady na zbudování HFVE uvedené v tabulce Tab. 7.2-1 a Tab. 7.2-2, tvoří základní finanční položky celého rozpočtu na vybudování HFVE pro rodinný dům. Veškeré uvedené ceny jsou čerpány z internetových e-schopů. U položek, které mají zásadní vliv na tvorbu cenové kalkulace, je cena tvořena průměrem prodejních cen od většího množství prodejců. Tím je dosaženo výsledné celkové orientační nákupní ceny. Ceny stanoveny v dubnu 2015.

Tab. 7.2-1 Vyčíslení nákladů na komponenty a materiál návrhu HFVE (43, 44, 45)

Název	Typové označení	Množství	Cena za jednotku s DPH	Cena celkem s DPH
Fotovoltaické panely	STP6-250/60	9 ks	5 550 Kč	49 950 Kč
Solární regulátor	VT-65	1 ks	15 004 Kč	15 004 Kč
Akumulátory	ENERGY BULL 968 01	4 ks	7 060 Kč	28 240 Kč
Střídač	XTM 2600-48	1 ks	58 532 Kč	58 532 Kč
Ovládací modul	RCC-02	1 ks	8 349 Kč	8 349 Kč
Monitoring baterií	BSP 500	1 ks	16 086 Kč	16 086 Kč
Snímač teploty baterií	BTS-01	1 ks		
Dálkové odpojení	RCM-10	1 ks		
Vodič DC	ÖLFLEX SOLAR XLR-R	30 m	25 Kč	750 Kč
Vodič AC	H07V-K 16 černá	60 m	45 Kč	2 700 Kč
	H07V-K 16 světle modrá	60 m	45 Kč	2 700 Kč
Vodič PE	H07V-K 16 zeleno-žlutý	50 m	45 Kč	2 250 Kč
	H07V-K 2,5 zeleno-žlutý	30 m	7 Kč	210 Kč
Rozvodnice	KLV-24UPS-F	1 ks	820 Kč	820 Kč
DC pojistkové odpínače	FCFDC10DI-2L-SOL	3 ks	1 350 Kč	4 050 Kč
DC pojistky	ASFLC10-16A-gPV-SOL	6 ks	450 Kč	2 700 Kč
DC jistič	PL7-C32/2-DC	1 ks	750 Kč	750 Kč
	PL7-C25/2-DC	1 ks	740 Kč	740 Kč
DC svodič přepětí	SPPT2PA-600-2PE	1 ks	2 950 Kč	2 950 Kč
AC jistič	PL6-C32/1	1 ks	130 Kč	130 Kč
AC svodič přepětí	SP-B+C/3+1	1 ks	19 725 Kč	19 725 Kč
Komunikační vodič	FTP CAT6	30 m	11 Kč	330 Kč
Konektory	MC4	18 ks	55 Kč	990 Kč
Hliníkový profil	SOLAR SH 3,15m	6 ks	590 Kč	3 540 Kč
Střešní hák	SOLAR HZ1	12 ks	250 Kč	3 000 Kč
Vrut do dřeva	SOLAR ŠHV	48 ks	5 Kč	240 Kč
Šroub s plochou hlavou	SOLAR T10	12 ks	19 Kč	228 Kč
Přírubová matice	SOLAR ML10	12 ks	7 Kč	84 Kč
Krajní úchyt	SOLAR KU50	8 ks	39 Kč	312 Kč
Středový úchyt	SOLAR SU70	16 ks	29 Kč	464 Kč
Šroub s válcovou hlavou	SOLAR I 8/35	24 ks	8 Kč	192 Kč
Čtyřhranná matice	SOLAR MČ8	24 ks	5 Kč	120 Kč
Dodatečný materiál:				2 500 Kč
Celková cena za komponenty a materiál HFVE:				220 287 Kč

V tabulce Tab. 7.2-2 jsou uvedeny položky týkající se montáže, projektu atd., které tvoří druhou část pořizovacích nákladů. Ceny stanoveny v dubnu 2015.

Tab. 7.2-2 Vyčíslení nákladů na projekt a práci návrhu HFVE

Název	Množství	Cena za jednotku s DPH	Cena celkem s DPH
Montážní, elektroinstalační práce	48 h	250 Kč	12 000 Kč
Revize elektroinstalace	-----	3 000 Kč	3 000 Kč
Projekt (5% z nákladů na materiál)	-----	11 014 Kč	11 014 Kč
Inženýring (2% z nákladů na materiál)	-----	4 406 Kč	4 406 Kč
Celková cena za práci a projekt:			30 420 Kč

Při součtu obou vyčíslených nákladů získáme celkové pořizovací náklady, které dosahují orientační částky 250 707 Kč s DPH.

7.3 Náklady na provoz a obměnu zařízení

Náklady na obměnu zařízení tvoří nezanedbatelnou ekonomickou položku pro výpočet návratnosti celého návrhu HFVE pro rodinný dům. Provoz zařízení vyžaduje zanedbatelné investiční náklady, které spočívají ve vlastní spotřebě elektronických zařízení odpovídající jednotkám Wattů. Uživatel taktéž bývá proškolen a seznámen s návodem k ovládání řídicího panelu RCC-2, aby mohl funkce systému HFVE upravovat dle vlastních potřeb, čímž jsou eliminovány náklady na externí servisní obsluhu.

Vyčíslitelné náklady tvoří především obměna jednotlivých komponentů HFVE po uplynutí jejich konstrukční životnosti, tedy do neopravitelné poruchy. Při návrhu obměn bylo vycházeno ze záručních dob jednotlivých komponentů, případně z deklarovaných výrobních parametrů. Životnosti FV panelů 30 let, přičemž záruka na FV panely je 10 let, vzhledem k technologii výroby a samotné povaze FV panelu bylo předpokládáno, že výrobní závada se projeví v prvních deseti letech užívání a následně bude pouze snížen deklarovaný výkon, dle hodnot uvedených v katalogu výrobce. Bylo uvažováno, že FV panely budou sloužit minimálně po dobu životnosti tedy 30 let, tedy 3 krát delší dobu než je záruční doba. Střídač a solární regulátor obsahují velké množství elektronických zařízení a jsou náchylnější na provoz. Záruka na střídač a solární regulátor je pěti-letá, přičemž bylo stejně jako u FV panelů předpokládáno, že doba životnosti 3 krát delší, než záruční doba, tedy 15 let. V teoretickém průběhu mezi 10 až 20 lety lze předpokládat nutnost výměny zařízení. Akumulátory mají omezenou záruční dobu, ale jsou konstruovány na určitý počet cyklů při využití dané kapacity. V návrhu je počítáno s využitím kapacity až 80%, při které lze akumulátor bez degradace využít až po dobu sedmi let. Nelze přesně určit a definovat, do jaké hloubky vybití a jak často za rok budou akumulátory podstupovat jednotlivé cykly nabíjení - vybíjení.

Pokud vyjdeme ze zkušeností z dosud provozovaných FVE na principu ostrovního systému, lze přepokládat životnost akumulátorů okolo 5-ti let. Po této době je nutné akumulátory vyměnit. K docílení správné funkce sériového zapojení akumulátorů je nutné provést výměnu všech akumulátorů v jeden okamžik.

Orientační intervaly výměn jednotlivých komponentů navržené HFVE uvádí tabulka Tab. 7.3-1. Vzhledem ke skutečnosti, že výměna komponentů probíhá v budoucím časovém intervalu, není možné stanovit cenu a technické provedení obměny. Pro možnost provedení ekonomického zhodnocení jsou použity technologie a ceny, které byly stanoveny při návrhu HFVE. Ceny stanoveny v dubnu 2015.

Tab. 7.3-1 Intervaly obměny komponentů HFVE

Název	Typové označení	Interval obměny	Množství	Počet obměn	Cena za jednotku s DPH	Cena celkem s DPH
Fotovoltaické panely	STP6-250/60	30 let	9 ks	0x	5 550 Kč	0 Kč
Solární regulátor	VT-65	15 let	1 ks	1x	15 004 Kč	15 004 Kč
Akumulátory	ENERGY BULL 968 01	5 let	4 ks	5x	7 060 Kč	141 200 Kč
Střídač	XTM 2600-48	15 let	1 ks	1x	58 532 Kč	58 532 Kč
Celkové náklady na obměnu zařízení v průběhu 30 let plánovaného provozu:					214 736 Kč	

7.4 Zisky z provozu

Ke stanovení zisků, tedy finančních prostředků, které budou výstavbou HFVE ušetřeny v souvislosti s nižším množstvím nakoupené elektrické energie z distribuční elektrické sítě, je nutné vypočítat průměrné procentuální zvýšení cen elektrické energie. Ke stanovení dlouhodobého výhledu byl stanoven průměrný procentuální nárůst cen elektrické energie za období patnácti let.

Ceny za kWh odebrané elektrické energie byly stanoveny pro vysoký tarif a sazbu D02d. Sazba D02d představuje objekt, který nevyužívá elektrickou energii k topení, ani ohřevu vody, což odpovídá navrhnutému modelu č. 2. Nízký tarif pro sazbu D02d není stanoven. Distribuci elektrické energie v odběrném místě zajišťuje ČEZ Distribuce a.s. Jako dodavatel elektrické energie byla zvolena společnost ČEZ Prodej a.s.

V roce 2000 patřila elektrická energie mezi zboží s regulovanou cenou, jejíž maximální hodnotu stanovovalo Ministerstvo financí České republiky. Maximální cena elektrické energie pro sazbu B (nyní D02d) v roce 2000 činila $2,61 \text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$. (46)

V roce 2015 je celková prodejní cena elektrické energie od dodavatele ČEZ Prodej a.s. rovna $4,24 \text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$ (47).

S využitím vzorce 7.1 pro výpočet složeného úročení a pomocí jeho následné modifikace na vzorec 7.2 byla získána hodnota průměrného procentuálního nárůstu cen elektrické energie za sledované období.

$$C_n = C_0 \cdot \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \quad [Kč; Kč, \%, rok] \quad (7.1)$$

kde: C_n – cena na konci n-tého období,
 C_0 – cena na začátku období,
 r – procentuální zvýšení ceny,
 n – délka období.

Matematickou úpravou byl získán vzorec:

$$r = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{C_n}{C_0}} \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad [\% \cdot rok^{-1}; rok, Kč, Kč] \quad (7.2)$$

$$r = \left[\left(\sqrt[15]{\frac{4,24}{2,61}} \right) - 1 \right] \cdot 100 = 3,29 \% \cdot rok^{-1} \quad (7.3)$$

Ve zkoumaném období patnácti let rostla průměrně cena elektrické energie o 3,29% za rok. Ve výpočtu zisků bylo uvažováno, že tento trend bude dále pokračovat v následujících třiceti letech provozu HFVE. Zisky z provozu navrženého systému jsou tedy každý rok násobeny hodnotou 3,29% o které průměrně stoupá cena elektrické energie, čímž se zvyšují uspořené finanční prostředky za elektrickou energii odebranou z distribuční elektrické sítě.

Při výpočtu ušetřených finančních prostředků za nakoupenou elektrickou energii z distribuční elektrické sítě byl využit výpočet roční předpokládané vyrobené elektrické energie pomocí programu PVGIS, který byl vynásoben deklarovanou procentuální výkonností FV panelů. Výsledný zisk byl dále vynásoben průměrným ročním procentuálním nárůstem cen elektrické energie. Vzorec pro výpočet ziskovosti za rok je uveden ve vzorci 7.4.

$$Z_n = \left[\left(E_r \cdot \frac{\eta}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{r}{100} \right)^{n-1} \right] \cdot C_0 \quad [Kč; kWh \cdot rok^{-1}, \%, \%, rok, Kč \cdot kWh^{-1}] \quad (7.4)$$

kde: Z_n – zisk v n-tém roce,

E_r – průměrná roční produkce elektrické energie daného systému,

η – účinnost FV panelů k deklarovanému výkonu,

C_0 – cena elektrické energie na začátku období,

r – procentuální zvýšení ceny,

n – délka období.

Přehled uspořené finanční prostředků za dobu předpokládané životnosti HFVE zobrazuje tabulka Tab. 7.4-1. Příklad výpočtu pro první rok je uveden ve vzorci 7.5.

$$Z_1 = \left[\left(E_r \cdot \frac{\eta}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{r}{100} \right)^{n-1} \right] \cdot C_0 = \left[\left(2\,140 \cdot \frac{100\%}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{3,29\%}{100} \right)^{1-1} \right] \cdot 4,24 =$$

$$Z_1 = 9\,074 \text{ Kč} \quad (7.5)$$

Tab. 7.4-1 Vyčíslení finančních výnosů z provozu HFVE v jednotlivých rocích předpokládaného provozu

$E_r = 2\,140 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$				$r = 3,29 \%$		$C_0 = 4,24 \text{ Kč}$		
$n [\text{rok}]$	$\eta [\%]$	$Z_n [\text{Kč}]$	$n [\text{rok}]$	$\eta [\%]$	$Z_n [\text{Kč}]$	$n [\text{rok}]$	$\eta [\%]$	$Z_n [\text{Kč}]$
1	100	9 074	11	80	10 033	21	80	13 869
2	100	9 372	12	80	10 364	22	80	14 325
3	100	9 680	13	80	10 705	23	80	14 796
4	100	9 999	14	80	11 057	24	80	15 283
5	100	10 328	15	80	11 421	25	80	15 786
6	90	9 601	16	80	11 796	26	75	15 286
7	90	9 917	17	80	12 184	27	75	15 789
8	90	10 243	18	80	12 585	28	75	16 309
9	90	10 580	19	80	12 999	29	75	16 845
10	90	10 928	20	80	13 427	30	75	17 399
Celkový finanční výnos za 30 let plánovaného provozu:							371 980 Kč	

kde: E_r – průměrná roční produkce elektrické energie daného systému,

r – procentuální zvýšení ceny,

C_0 – cena elektrické energie na začátku období,

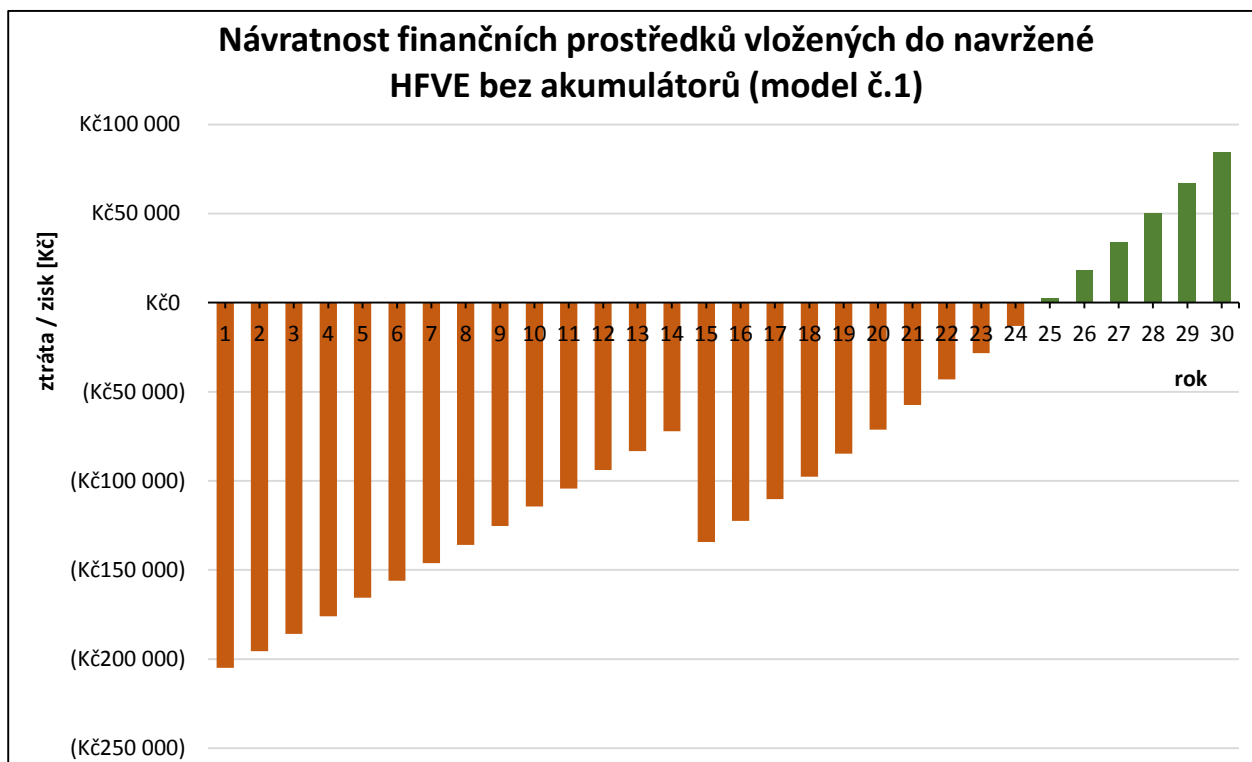
n – délka období,

η – účinnost FV panelů k deklarovanému výkonu,

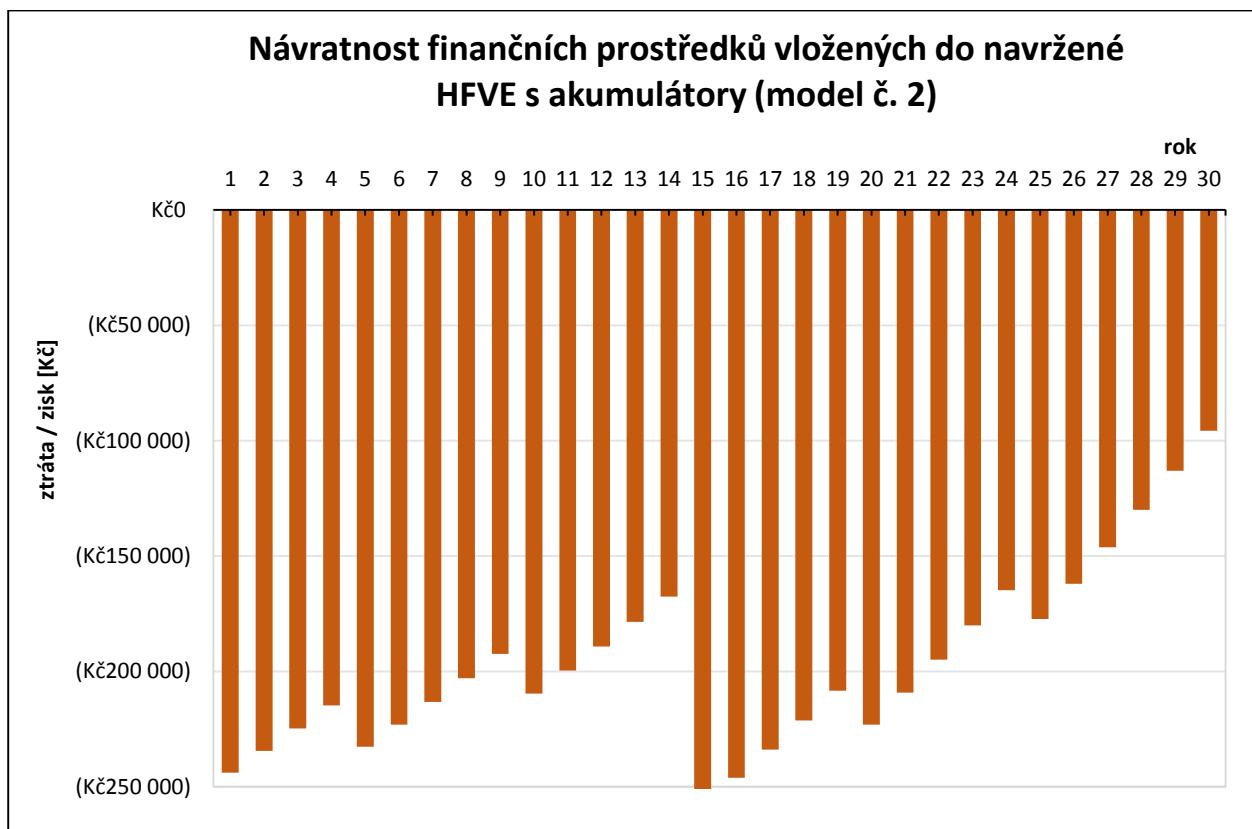
Z_n – zisk v n-tém roce.

7.5 Ekonomická návratnost

K vyjádření ekonomické návratnosti navržené HFVE byly využity vypočtené investiční náklady, náklady na obměnu zařízení v jednotlivých letech a zisky v daném roce z provozu HFVE. Při posouzení soběstačnosti RD na elektrické energii byly navrženy dva modely. Model číslo jedna počítá s připojením elektrického bojleru na fázi, která je zásobena elektrickým proudem před hybridní střídač, tedy ze sítě a FV panelů. Druhý model počítá s využitím elektrické energie pouze pro napájení domácích spotřebičů s nižší spotřebou elektrické energie. Oba modely byly dále využity i k hodnocení ekonomické návratnosti investice do HFVE pro specifikovaný RD. Model číslo jedna počítá s okamžitou spotřebou 100% vyrobené elektrické energie pro ohřev teplé užitkové vody pomocí elektrického bojleru, provozu klimatizačního zařízení a napájení ostatních domácích spotřebičů. Takto navržený systém dokáže spotřebovat okamžitě vyrobenou elektrickou energii a je navržen bez akumulčních baterií, čímž bylo docíleno úspory na nákladech. V modelu číslo dvě není počítáno s připojením elektrického bojleru na ohřev teplé užitkové vody. Systém není schopen okamžitě spotřebovávat veškerou vyrobenou elektrickou energii a její přebytek je ukládán do akumulátorů. Ke spotřebě uložené elektrické energie dochází v době, kdy HFVE neposkytuje dostatečný výkon k uspokojení celkové spotřeby. Model číslo dvě je finančně náročnější vzhledem k ukládání vyrobené elektrické energie do akumulátorů. Grafické zobrazení návratnosti finančních prostředků do výstavby HFVE RD pro oba uvedené modely spotřeby elektrické energie je zobrazeno v obrázcích Obr. 7.5-1 a Obr. 7.5-2



Obr. 7.5-1 Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE bez akumulátorů



Obr. 7.5-2 Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE s akumulátory

Z ekonomického zhodnocení návratnosti finančních prostředků pro HFVE bez akumulátorů v obrázku Obr. 7.5-1 lze vypočítat, že investice do HFVE pro daný RD by přinesla ke konci životnosti ekonomický zisk, při akceptaci veškerých uvedených predikcí vývoje cen a životnosti komponentů HFVE. Pro správnou funkci uvedeného modelu je však nutné zajistit okamžitou spotřebu veškeré vyrobené elektrické energie z FV panelů, což představuje problém, který lze částečně řešit spotřebou v elektrickém bojleru pro ohřev TUV a provozu klimatizační jednotky. Oba uvedené spotřebiče mají dostatečně veliký odběr a mohou se doplňovat v případě, kdy je již např. TUV ohřátá na dostatečnou teplotu, lze spustit klimatizační zařízení, nebo HFVE zcela odpojit. Při stanoveném předpokládaném vývoji cena a životnosti zařízení lze uvažovat ziskovost po 24-ti letech provozu. Na konci uvažované životnosti 30-ti let lze předpokládat zisk přibližně 85 000 Kč.

Při posouzení zhodnocení návratnosti finančních prostředků pro HFVE s akumulátory v obrázku Obr. 7.5-2 je patrné, že při předpokladu životnosti akumulátorů a jejich současné prodejní hodnotě se investice finančních prostředků do takto navrženého modelu pro daný RD dostatečně nezhodnotí a na konci uvažované životnosti 30-ti let lze předpokládat ztrátu přibližně 96 000 Kč.

8 ZÁVĚR

8.1 Závěry práce a její přínos

Práce přináší přehled dostupných technologií přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Zabývá se specifikací nejdůležitějších komponentů, které obsahují současné typy fotovoltaických elektráren. Shrnuje možnosti zapojení a způsobu provozu fotovoltaických elektráren. Pomocí zpracování dostupných dat znázorňuje graficky přehled vývoje celkového počtu instalovaných fotovoltaických elektráren v České republice a s tím související vývoj celkového instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren od roku 2000 do současnosti. Z vytvořeného grafického zpracování dat, lze pozorovat značný útlum výstavby nových FVE po skončení finanční stimulace státu. Je nutné podotknout, že FVE provozované v ostrovním (off-grid) a hybridním (grid-interaktiv) režimu, nemusí být nikde hlášeny, což zapříčiňuje nemožnost zpracování dat o provozovaném počtu. Práce dále přehledně uvádí nejvýznamnější provozované FVE v ČR jejichž výkon přesahuje 5 MW. Pomocí vytvořené mapy rozmístění největších FVE o výkonu přesahujícím 10 MW lze pozorovat, že rozprostření největších FVE po ČR je téměř stejnoměrné až na oblast severovýchodu, kde se žádná velká provozovaná FVE nenachází. Práce taktéž shrnuje největší světové výrobce FV panelů a uvádí přehled zvolených servisních organizací, které nabízejí v ČR údržbové a servisní operace.

K volbě, zda je vhodné v současné době uvažovat o výstavbě FVE pro rodinný dům byly shrnuty jednoduché základní použitelné ekonomické analytické nástroje. Pomocí zvolené SWOT analýzy bylo vytvořeno vyhodnocení silných – slabých stránek, vnitřních faktorů a příležitostí - hrozeb vnějších faktorů, přičemž u položek dosahujících mezních hodnot hodnocení, byl proveden podrobný rozbor zaměřený na eliminaci slabých stránek a hrozeb. Z výsledků SWOT analýzy vyplynulo, že je vhodné provést návrh HFVE.

Návrh je tvořen specifikací lokality umístění a výběrem komponentů pro zapojení HFVE v provozu grid-interaktiv. Navrhnuté komponenty jsou voleny od značkových výrobců, což zapříčiňuje vyšší pořizovací cenu. Závěrem je provedena ekonomická analýza návratnosti investice do navržené hybridní fotovoltaické elektrárny. Byly využity dva modely provozu. První model počítá s okamžitou spotřebou veškeré vyrobené elektrické energie, čímž je docíleno finančních úspor za pořízení a obnovu akumulátorů. Druhý model počítá s ukládáním přebytečné energie do trakčních akumulátorů. To má za následek celkový nárůst finančních prostředků, které je nutné vynaložit na pořízení a provoz navržené hybridní fotovoltaické elektrárny. Ekonomické zhodnocení přineslo zajímavé výsledky.

První model provozu se stává ekonomicky zajímavý až po 25-ti letech provozu při předpokladu 30-ti leté životnosti celého návrhu. Tento model neposkytuje výhodu v podobě záložního zdroje elektrické energie v případě výpadku veřejné distribuční sítě a je podmíněn využitím energeticky

náročných spotřebičů v rodinném domě. Vzhledem době, kdy FVE vyrábí nejvíce elektrické energie a životnímu cyklu většiny obyvatelstva není příliš efektivní vyrobenou elektrickou energii spotřebovávat na ohřev TUV. Pro docílení vyšší elektivnosti je vhodnější využít přímý ohřev v solárních kolektorech, případně využívat tepelné čerpadlo. I před ekonomickou návratností není tento návrh vhodný k realizaci, vzhledem k velké rizikovosti investice.

Druhý model provozu se za dobu plánované životnosti navržené hybridní fotovoltaické elektrárny nestává ekonomicky ziskový, což je jasným ukazatelem, že realizace navrženého projektu nemá opodstatnění.

Závěrem je nutné podotknout, že návrh hybridní fotovoltaické elektrárny je vztažen na danou lokalitu, využitelnou plochu středy, typ spotřeby elektrické energie rodinného domu, atd. Pro docílení ekonomické ziskovosti je možné například zvýšit počet instalovaných fotovoltaických panelů, změnit vybrané komponenty, případně se zaměřit na kombinaci HFVE a tepelného čerpadla, kdy vyrobená elektrická energie slouží jako zdroj energie pro tepelné čerpadlo. Malé hybridní fotovoltaické systémy, které jsou navrženy bez využití tepelného čerpadla a celkové energetické bilance domu nejsou schopny při současných podmínkách dosáhnout ekonomické rentability.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

- AC – Alternating Current (střídavý proud)
- AMG – Absorbent Glass Material (absorpční skleněný materiál)
- CAN – Controller Area Network (typ sériové datové sběrnice)
- ČR – Česká republika
- DC – Direct Current (stejnoseměrný proud)
- DES – distribuční elektrická síť
- DPH – daň z přidané hodnoty
- ERÚ – energetický regulační úřad
- EU – European union (Evropská unie)
- FV – fotovoltaika
- FVE – fotovoltaická elektrárna
- GPS – Global Positioning System (globální poziční systém)
- HFVE – hybridní fotovoltaická elektrárna
- MPP – Maximum Power Point (bod maximálního výkonu)
- MPPT – Maximum Power Point Tracking (sledování bodu maximálního výkonu)
- PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System
(Fotovoltaický geografický informační systém)
- RD – rodinný dům
- SD – Secure Digital (typ paměťových karet)
- SI – Le Système International d'Unités (mezinárodní soustava jednotek fyzikálních veličin)
- STC – Standard Test Conditions (standardní testovací podmínky)
- SWOT – Strengths; Weaknesses; Opportunities; Threats
(silné stránky; slabé stránky; příležitosti; hrozby)
- TUV – teplá užitková voda
- USB – Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)
- VRLA - Valve Regulated Lead Acid (olověné baterie řízené ventilem)

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) MOTLÍK, Jan, Libor ŠAMÁNEK, Josef ŠTEKL, Tomáš PAŘÍZEK, Ladislav BÉBAR, Martin LISÝ, Martin PAVLAS, Radim BAŘINKA, Petr KLIMEK, Jaroslav KNÁPEK a Jiří VAŠÍČEK. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR* [online]. Praha: ČEZ, a. s., 2007 [cit. 2014-12-14].
Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>
- (2) Solární fotovoltaické panely. ISOLAR S.R.O. *ISolar* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14].
Dostupné z: <http://www.isolar.cz/solarni-panely.html>
- (3) Grafy solárních elektráren. JV PROJECT. *ELEKTRÁRNÝ.PRO* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.elektrarny.pro/grafy.php>
- (4) *Energetický regulační úřad* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14].
Dostupné z: <http://www.eru.cz/>
- (5) MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU ČESKÉ REPUBLIKY. *Živnostenský rejstřík* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.rzp.cz/>
- (6) MINISTERSTVO SPRÁVEDLNOSTI ČESKÉ REPUBLIKY. *Veřejný rejstřík a Sbírka listin* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Verze aplikace: 3.50.1.
Dostupné z: <http://www.justice.cz/or/>
- (7) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Verze aplikace: 5.1.0 build 1.
Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- (8) Seznam největších fotovoltaických elektráren v Česku. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 20. 6. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_nejv%C4%9Bt%C5%A1%C3%ADch_fotovoltaick%C3%BDch_elektr%C3%A1ren_v_%C4%8Cesku#cite_note-36
- (9) Skupina ČEZ. ČEZ, a. s. *Provozované fotovoltaické elektrárny* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/slunce/provozovane-fotovoltaicke-elektrarny.html>
- (10) GOOGLE, Inc. *Mapy Google* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>
- (11) Termokamera.cz. *Přehled aplikací* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14].
Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/prehled-aplikaci-termokamer/>
- (12) OSBORNE, Mark. Trina Solar to be crowned leading PV manufacturer in 2014, surpassing Yingli Green. *PV-TECH* [online]. 2014 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.pv-tech.org/editors_blog/trina_solar_to_be_crowned_leading_pv_manufacturer_in_2014_surpassing_yingli
- (13) SWOT. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2. 6. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SWOT>

- (14) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
- (15) ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. 2006
- (16) ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. 2007
- (17) SPIRAX S.R.O. *Jaspis 083* [online]. 2013 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.spirax.cz/projekty-rodinnych-domu-24/projekty-jaspis-71/jaspis-083-na-klic-do-156-mil-16/1/>
- (18) ESKUTR.CZ. *SOLÁRNÍ PANEL 250WP SCHUTTEN POLY* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://eskuotr.cz/cs/fotovoltaiicke-panely/472-solarni-panel-schutten-poly-250wp-60-cells-mppt-30v-eufree-.html>
- (19) KOLAŘÍK, Martin. *Fotovoltaiický panel 250Wp Schutten poly* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.ostrovni-elektrarny.cz/index.php?category=fotovoltaiicke-panely&detail=MTAwMDE3&detail_name=fotovoltaiicky-panel-250wp-schutten-poly
- (20) OBCHODSOLAR. *Schutten Solar STP6 - 250Wp* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.obchodsolar.cz/fotovoltaiicke-panely/Schutten-Solar-STP6-250Wp>
- (21) SOLAR ECONOMIC. *GWL/Power Solární panel SCHUTTEN Poly 250Wp 60 cells (MPPT 30V) EUFREE* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.solareconomic.cz/solarec/eshop/5-1-Fotovoltaiika/2-2-Fotovoltaiicke-a-solarni-panely/5/502-GWL-Power-Solarni-panel-SCHUTTEN-Poly-250Wp-60-cells-MPPT-30V-EUFREE>
- (22) SCHUTTEN SOLAR. *Poly-crystalline modules* [online]. 2013 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.schutten-solar.com/product.php?cid=19#>
- (23) PVGIS © EUROPEAN COMMUNITIES. *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps* [online]. 2012 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- (24) Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. *Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries*. *Solar Energy*, 81, 1295–1305.
- (25) Huld T., Müller R. and Gambardella A., 2012. *A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa*. *Solar Energy*, 86, 1803-1815.
- (26) STUDER INNOTEK SA. *Xtender Series* [online]. 2012 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.studer-innotec.com/?cat=sine_wave_inverters-chargers&id=432&tab=1
- (27) MOIX, Pierre-Olivier. *New Trends in Hybrid Systems with Battery Inverter* [online]. Sion, 2012 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.studer-innotec.com/upload/folders/1136.pdf>
- (28) 1ALPHASOLAR.CZ. *STUDER/STECA XTM 2600-48 - 48 V / 2000 W ISLAND INVERTER, BATTERY CHARGER, TRANSFERSYSTEM* [online]. 2011 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://1alphasolar.cz/produkt-123-studer%7Csteca-xtm-2600-48---48-v-%7C-2000-w-island-inverter,-battery-charger,-transfersystem>

- (29) SOLARPARTNER. *Strídač / nabíječ Studer XTM 2600-48* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/stridac-nabijec-studer-xtm-2600-48>
- (30) SOLÁRNÍ PANELY. *Hybridní měnič napětí Studer Innotec XTM 2600-48, 2600W - 48V* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/hybridni-menice-napeti/hybridni-menic-napeti-studer-innotec-xtm-2600-48-2600w-48v>
- (31) STUDER INNOTEK SA. *Xtender, Unit combining inverter, battery charger and transfer system* [online]. Sion, 2015 [cit. 2015-04-06]. V4.6.0. Dostupné z: <http://www.studer-innotec.com/upload/folders/2869.pdf>
- (32) STUDER INNOTEK SA. *MPPT solar charge controller VarioTrack* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.studer-innotec.com/?cat=mppt_solar_charge_controller&id=2094&tab=1
- (33) STUDER INNOTEK SA. *VarioTrack MPPT solar charge regulator* [online]. Sion, 2014 [cit. 2015-04-06]. V3.2.0. Dostupné z: <http://www.studer-innotec.com/upload/folders/2844.pdf>
- (34) SOLÁRNÍ PANELY. *Regulátor nabíjení VarioTrack VT 65* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/studer-innotec/regulator-nabijeni-variortrack-vt-65a>
- (35) STUDER INNOTEK SA. *RCC-02 Remote Control and Programming Centre* [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.studer-innotec.com/?cat=sine_wave_inverter-chargers&id=432&aId=178&tab=4
- (36) BATTERYEXPERT. *Trakční baterie Banner Energy Bull 968 01, 230Ah, 12V (96801)* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.battery.cz/trakcni-baterie-banner-energy-bull-968-01-230ah-12v-96801.html?utm_source=google_merchant&utm_medium=product&gclid=CjwKEAajw0-epBRDOp7f7lOG0zl4SJABxJg9qJMKkbHERU1AsFYcwARslh1KjmymSW-bhiPVR2LARaRoC4CXw_wcB
- (37) BANNER GMBH. *Energy Bull* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.bannerbatterien.com/banner/produkte/batterien/energy_bull/energy_bull/index2_cz.php
- (38) PARTNER BANNER BATERIE ČR. *Autobaterie Banner Energy bull 12V 230Ah 968 01* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.mechanol.cz/mechanol/eshop/1-1-Autobaterie-Banner/0/5/60-Autobaterie-Banner-Energy-bull-12V-230Ah-968-01>
- (39) NEJLEVNĚJŠÍ AUTOBATERIE.CZ. *Trakční baterie Banner Energy Bull 968 01, 230Ah, 12V (96801)* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.nejlevnejsiautobaterie.cz/index.php?main_page=product_info&products_id=7162
- (40) STUDER INNOTEK SA. *Battery Status Processor BSP* [online]. 2012 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: http://www.studer-innotec.com/?cat=sine_wave_inverter-chargers&id=432&aId=1419&tab=4
- (41) STUDER INNOTEK SA. *BTS-01 Battery Temperature Sensor* [online]. 2012 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.studer-innotec.com/?cat=&id=2094&aId=181&tab=4>

- (42) LAPPKABEL. *ÖLFLEX® SOLAR XLR-R* [online]. 2011 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://edgecdn.lappgroup.com/fileadmin/documents/technische_doku/datenblaetter/oelflex/DB0023175EN.pdf
- (43) KAMAT SPOL. S R.O. *Kamat e-schop* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://obchod.kamat.cz/>
- (44) KOLAŘÍK, Martin. *Ostrovni-elektrarny.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.ostrovni-elektrarny.cz/index.php?page=uvod>
- (45) ROBERT MOŘKOVSKÝ, Robert. *Solarni-panely.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/>
- (46) MINISTERSTVO FINANCÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Informace o vydání seznamu zboží s regulovanými cenami pro rok 2000* [online]. 1999 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.mfcr.cz/cs/aktualne/tiskove-zpravy/1999/1999-12-08-tiskova-zprava-6556-informace-6556>
- (47) ČEZ PRODEJ, s.r.o. *CENÍK ELEKTRINY SKUPINY ČEZ*. 2015. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2015/cez_cz_ele_cenikmoo_2015-01-01_comfort.pdf
- (48) Solární panely. SOLÁRNÍ PANELY. *Vyplatí se ještě fotovoltaická elektrárna na RD v roce 2014?* [online]. 2007 - 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/solarni-novinky/vyplati-se-jeste-fotovoltaicka-elektrarna-na-rd-v-roce-2014>
- (49) Fotovoltaický článek. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 10. 10. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaick%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek
- (50) KOSMÁK, František. Princip fotovoltaického článku. *Elektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>
- (51) ŠŤASTNÝ, Martin. Fotovoltaika dnes. *ELEKTRO: časopis pro elektrotechniku* [online]. 2011, roč. 2011, ELEKTRO 10/2011 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/44515.pdf>
- (52) Solární panely. SOLÁRNÍ PANELY. *Hybridní fotovoltaika v roce 2014? To jsou úspory, nezávislost a lepší ekonomika!* [online]. 2007 - 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/solarni-novinky/hybridni-fotovoltaika-v-roce-2014-to-jsou-uspory-nezavislost-a-lepsi-ekonomika>
- (53) MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČESKÉ REPUBLIKY. *FOTOVOLTAIKA: metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj k umisťování, povolování a užívání fotovoltaických staveb a zařízení* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://www.mmr.cz/getmedia/b4a94988-32fd-4b69-a548-82a288467769/FVE-web_01_2014.pdf
- (54) ČEPS, a.s., posoudila vliv OZE na elektrizační soustavu. ČEPS, a.s. *ČEPS* [online]. 2011 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://www.ceps.cz/CZE/Media/Tiskove-zpravy/Stranky/CEPS_posoudila_vliv_na_el_soustavu.aspx
- (55) Zrušen stop stav pro připojování nových fve. ABOT-FOTOVOLTAICKÁ ZAŘÍZENÍ S.R.O. *Abot* [online]. 2012 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.abot.cz/aktuality/zrusen-stop-stav-pro-pripojovani-novych-fve>

- (56) HNILICA, Pavel. SOLARNIMODULY.CZ. *Solarnimoduly* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz/>
- (57) ŘEHÁK, Jaromír, Jiří BÁRTEK a Radim BAŘINKA. Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování. [online]. s. 64 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf
- (58) FEJFAR, Antonín. Fotovoltaika druhé a třetí generace. *Tbzinfo* [online]. 2008 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3506-fotovoltaika-druhe-a-treti-generace>
- (59) Solar inverter. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 31.10.2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_inverter
- (60) SLEZÁK, P. Regulace provozu autonomních solárních systémů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 60s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.
- (61) Maximum power point tracking. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 13.12.2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking
- (62) VOCÍLKA, Tomáš. *Hybridní fotovoltaický systém* [online]. 2012 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.renerga.cz/content/file/Hybridni%20fotovoltaicky%20system.pdf>
- (63) Proč se vyplatí investovat do servisu Vaší fotovoltaické elektrárny?. SOLARNINOVINKY.CZ. *SolarniNovinky.cz* [online]. 2011 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?optimalizace/2013030705/expert-proc-se-vyplati-investovat-do-servisu-vasi-fotovoltaicke-elektrarny>
- (64) *BusinessVize: Kde se vzala a k čemu všemu je vlastně SWOT analýza* [online]. Praha: Nitana, 2010- [cit. 2014-12-14]. ISSN 18050263. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/planovani/kde-se-vzala-a-k-cemu-vsemu-je-vlastne-swot-analyza>
- (65) *Series of management: Analytické techniky* [online]. 2013 [cit. 2014-12-14]. ISSN 23273658. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/analyzy-analyticke-techniky>
- (66) ČERVINKA, P. *Porovnání výkonnosti fotovoltaických panelů v podmínkách ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 66 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Pléha.
- (67) Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2013. *Energetický regulační věstník*. 2013, roč. 2013, č. 7, s. 14.
- (68) MASTNÝ, Petr, Zuzana MASTNÁ a Lukáš RADIL. *A12 - Navrhování systémů s využitím obnovitelných zdrojů energie pro budovy dle principů trvale udržitelné výstavby*. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012, 89 s. ISBN 978-80-87665-11-4
- (69) WOLF, Petr. *Komponenty a funkce FV systémů*. 2011. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/prezentace_04_1104_3.pdf
- (70) SKLENÁŘ, Oldřich. *Fotovoltaika v České republice v roce 2014* [online]. 2014 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/12162-fotovoltaika-v-ceske-republice-v-roce-2014>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Situační plán výstavby hybridní fotovoltaické elektrárny

Příloha B – Katalogový list fotovoltaických panelů Schutten Solar STP6-250/60 Series

Příloha C – Výkres rozmístění fotovoltaických panelů na střeše rodinného domu

Příloha D – Výstupní zpráva fotovoltaického geografického informačního systému

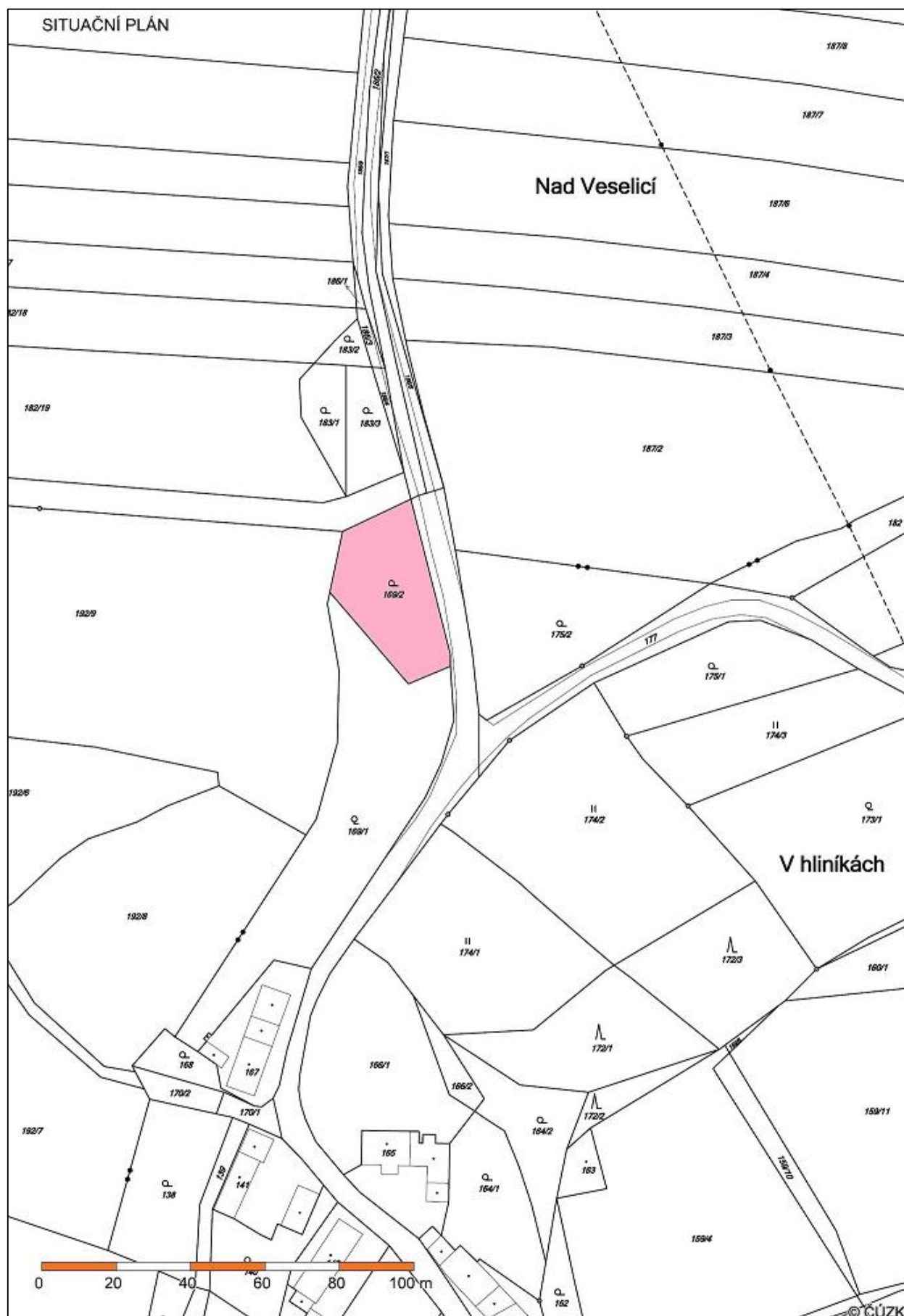
Příloha E – Katalogový list hybridního střídače Studer Xtender XTM 2600-48 Series

Příloha F – Katalogový list MPPT solárního regulátoru Studer VarioTrack VT-65 Series

Příloha G – Katalogový list akumulátoru ENERGY BULL 968 01

Příloha H – Katalogový list solárních vodičů Ölflex Solar XLR-R, LAPP Kabel

PŘÍLOHA A



PŘÍLOHA B

Schutten^{solar}
blue sky . green life

STP6-XXX/60 Series

STP6-250W, STP6-245W, STP6-240W, STP6-235W,
STP6-230W



- I GLASS
- II, IV EVA
- III CELL
- V BACKSHEET
- VI FRAME
- VII JUNCTION BOX

Polycrystalline
photovoltaic
Module

Three-Busbar Cell



I GLASS

- High light transmission giving more electricity
- Excellent mechanical loading performance (5400Pascal)
- SPF-UL certified

II, IV EVA

- High light transmission assuring better power performance
- High GEL and peeling strength guarantying strong encapsulation
- Good ultraviolet aging resistance
- TUV/UL certified

III CELL

- Excellent efficiency and long term reliability
- Good performance under high temperature and low irradiance conditions
- 100% In-Line Electroluminescence(EL) tested
- Positive tolerance for each panel
- TUV/UL

V BACKSHEET

- TEDLAR based encapsulation and protection
- Good aging resistance guarantying strong durability performance
- Excellent adhesion and ultraviolet stability
- TUV/UL certified

VI FRAME

- Anodized/Electrophoretic aluminum means durable protection from environment
- Unique designed profile ensuring strong mechanical loading performance
- Silver/Black color available

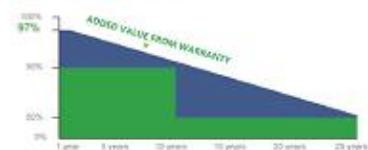
VII JUNCTION BOX

- Reliable by-pass diodes assuring good product protection
- Locking connector working compatible worldwide
- Excellent heat emission performance
- IP65 or IP67 protection
- TUV/UL certified



TEL: +86 25 86816810 FAX: +86 25 86816811
E-MAIL: info@schutten-solar.com WEB: www.schutten-solar.com
ADR: B1-1, 14F, International Business Center, No. 18, Zhongshan East Road,
Baixia District, 210005, Nanjing, Jiangsu, China

Temperature dependence of Isc Voc and Pmax
Irradiance dependence of Isc Voc and Pmax
(cell temperature: 25°C)

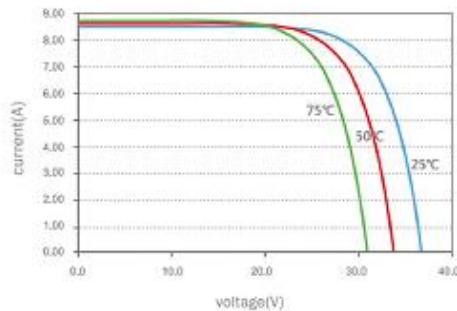
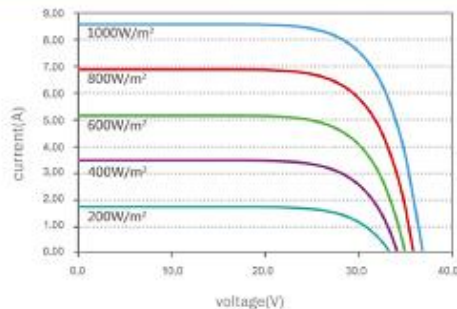


STP6-XXX/60 Series**STP6-250W, STP6-245W, STP6-240W, STP6-235W, STP6-230W****Electrical Characteristics**

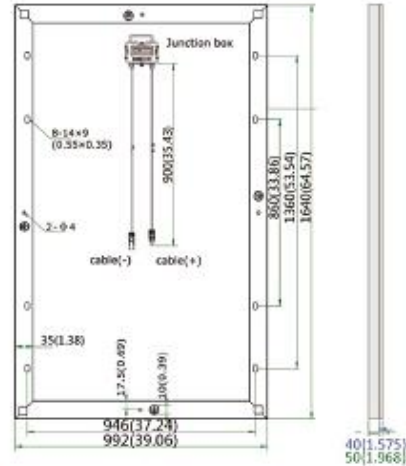
Module Type	Unit	STP6-250/60	STP6-245/60	STP6-240/60	STP6-235/60	STP6-230/60
Rated Power at STC (P _{mp})	W	250	245	240	235	230
Power Tolerance	W	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)
Power Maximum at STC	W	255	250	245	240	235
Cell Efficiency (η _c)	%	17.7-18.0	17.3-17.6	17.0-17.3	16.6-16.9	16.3-16.6
Minimum Module Efficiency (η _m)	%	15.4-15.7	15.0-15.4	14.7-15.0	14.4-14.7	14.1-14.4
Open Circuit Voltage (V _{oc})	V	37.1	37.0	36.9	36.7	36.6
Short Circuit Current (I _{sc})	A	8.92	8.78	8.65	8.53	8.42
Maximum Power Voltage (V _{mp})	V	29.9	29.9	29.8	29.6	29.5
Maximum Power Current (I _{mp})	A	8.35	8.21	8.05	7.94	7.83
Maximum System Voltage	V	1000 (TUV, 600 (UL)				
Maximum Series Fuse Rating	A	15				

STC: Irradiance 1000W/m², module temperature 25°C, AM=1.5;**Temperature Characteristics**

P _{max} Temperature Coefficient	%/°C	-0.47
V _{oc} Temperature Coefficient	%/°C	-0.32
I _{sc} Temperature Coefficient	%/°C	+0.04
Operating Temperature	°C	-40 ~ +85
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	°C	45±2

Current-Voltage & Power-Voltage Curve [STP6-245/60]**Dealer Information:**

© 2013 Schutten Solar Energy Co., Ltd
 Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.



- All Dimensions in mm (inch)
- The above drawing is a graphical representation of the product. For engineering quality drawings please contact **SCHUTTEN**

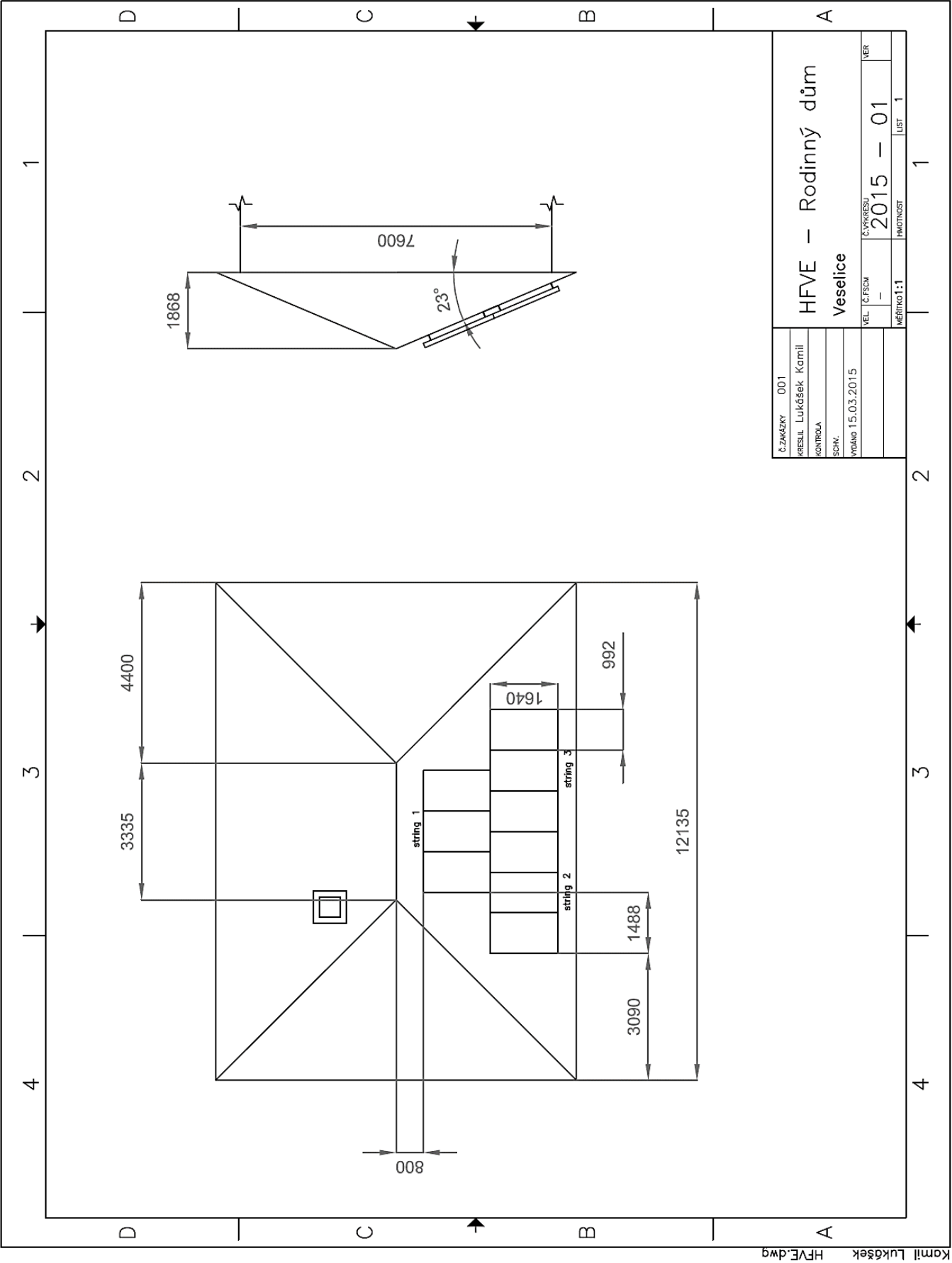
Mechanical Specifications

External Dimensions	1640 × 992 × 40 mm
Weight	19.0kg
Solar Cells	Polycrystalline 156 × 156mm (60pcs)
Front glass	3.2 mm tempered glass, low iron
Frame	Anodized/ Electrophoretic aluminum alloy
Junction Box	IP65 /IP67
Output Cables	4.0 mm ² , symmetrical lengths 900mm
Connector	MC4 Compatible
Maximum Snow Load	550kg/m ²
Maximum Wind Load	200km/h
Hailstone Impact Test	80km/h for 25mm ice ball



Schutten Solar
<http://www.schutten-solar.com>

PŘÍLOHA C



PŘÍLOHA D



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 50°20'59" North, 16°1'8" East, Elevation: 274 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 2.2 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.1%

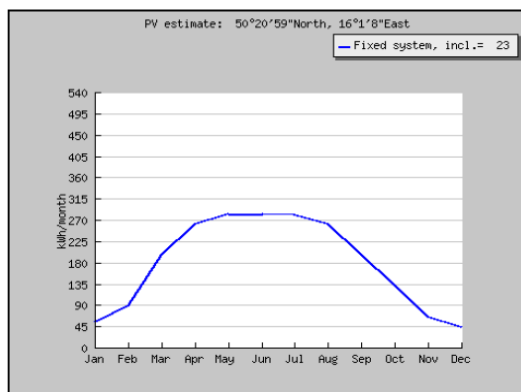
Fixed system: inclination=23 deg., orientation=-20 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.72	53.3	0.91	28.3
Feb	3.16	88.5	1.69	47.4
Mar	6.32	196	3.47	108
Apr	8.68	260	4.97	149
May	9.14	283	5.39	167
Jun	9.40	282	5.63	169
Jul	9.03	280	5.46	169
Aug	8.42	261	5.04	156
Sep	6.55	196	3.79	114
Oct	4.27	132	2.39	74.2
Nov	2.15	64.5	1.18	35.3
Dec	1.40	43.5	0.75	23.2
Year	5.87	178	3.40	103
Total for year		2140		1240

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

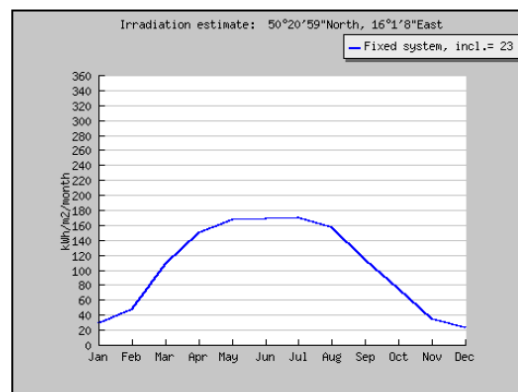
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

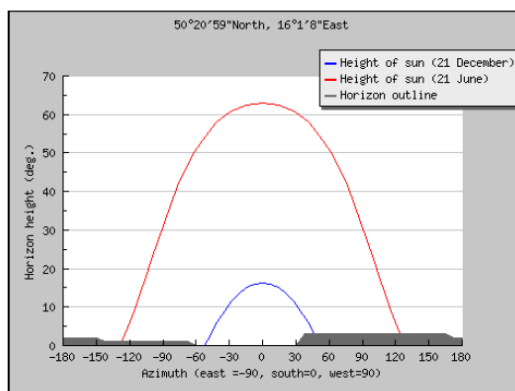
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Xtender series



†† With .01 at the end of the reference means 12V/60Hz. Available for all Xendex except XTH 8000-48.

Data may change without any notice.

PŘÍLOHA F





MPPT solar charge controller

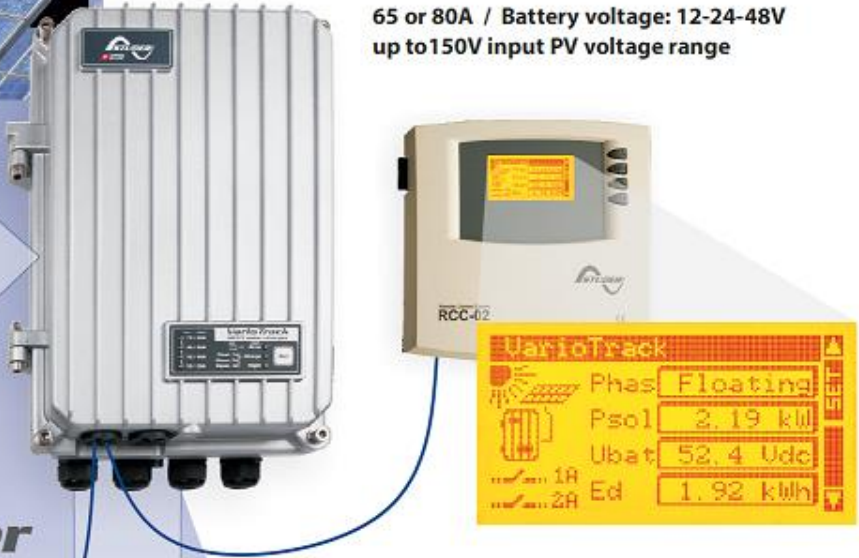
VarioTrack

VT-80
VT-65

Maximize the energy generated from solar panels by adding a **VarioTrack** solar charge controller with maximum power point tracker (MPPT) to any solar installation.

The solar charge controller, **VarioTrack**, contains the MPPT algorithm that continuously tracks the maximum power point and automatically charges the batteries in an optimal way with all the available solar power.

**65 or 80 A / Battery voltage: 12-24-48V
up to 150V input PV voltage range**



Product features

- Easy and safe commissioning with full protection against incorrect wiring
- Rugged and durable, this device is designed to perform in harsh environmental conditions (IP54)
- High conversion efficiency, >99%
- Up to 15 **VarioTrack** in parallel
- 6 step charger for longer battery life
- Low self-consumption : <1W in night time mode
- Display with 7 LEDs showing status and current
- Comprehensive display, programming and datalogging with RCC-02/-03
- Optimal usage in an **Xtender** system with a synchronized battery management





VarioTrack

VT-80 VT-65

	VT-65			VT-80		
Electrical characteristics PV array side						
At nominal battery voltage	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Maximum Solar power recommended (BSC)	1000 W	2000 W	4000 W	1250 W	2500 W	5000 W
Maximum Solar Open Circuit Voltage	80 Vdc	150 Vdc		80 Vdc	150 Vdc	
Maximum Solar functional circuit voltage	75 Vdc	145 Vdc		75 Vdc	145 Vdc	
Minimum Solar functional circuit voltage	above battery voltage					
Electrical characteristics Battery side						
Maximum Output Current	65 A			80 A		
Nominal Battery Voltages	automatic / manual set to 12, 24 or 48 Vdc					
Operating voltage range	above battery voltage, minimum 7 V					
Performances of the device						
Power Conversion Efficiency (in a 48 V typical-system)	>99 %					
Maximum Stand-By Self-consumption (48 V)	25 mA x 1,2 W					
Maximum Stand-By Self-consumption (24 V)	30 mA x 0,8 W					
Maximum Stand-By Self-consumption (12 V)	35 mA x 0,5 W					
Charging stages	6 stages : Bulk, Absorption, Floating, Equalization, reduced floating, periodic absorption					
Battery temperature compensation (available with accessory BTS-01)	-3 mV /°C /cell (25°C ref) default value adjustable -8 to 0 mV /°C					
Electronic protections						
PV reverse polarity	up to -150 Vdc					
Battery reverse polarity	up to -150 Vdc					
Battery overvoltage	up to 150 Vdc					
Over temperature	protected					
Reverse current at night	prevented by relays					
Environment						
Operating Ambient Temperature Range	-20 to 55°C					
Humidity	100 %					
Ingress Protection of enclosures	IP54, IEC/EN 60529:2001					
Mounting location	indoor					
General data						
Warranty	5 years					
Weight	5,2 kg			5,5 kg		
Dimensions h/w/L [mm]	120 / 220 / 310			120 / 220 / 350		
Parallel operation (separated PV arrays)	up to 15 devices					
Max wire size	35 mm ²					
Glands	M 20 x 1,5					
Communication						
Network Cabling	STUDER communication BUS					
Remote Display and Controller	RCC-02/-03 / Xcom-232i					
Menu languages	English / French / German / Spanish					
Data Logging	With RCC-02/03 on SD card - One point every minute					
Accordance to standards						
CE compliant	EMC 2004/108/CE - LV 2006/95/CE - RoHS 2002/95/CE					
Safety	IEC/EN 62109-1:2010					
EMC (Electro Magnetic Compatibility)	IEC/EN 61000-6-3:2011 - IEC/EN 61000-6-1:2005					

Accessories (optional):



RCC-02
Remote control and
programming center
(Wall mounted)



RCC-03
Remote control and
programming center
(Panel mounted)



BTS-01
Battery temperature
sensor



ARM-02
Auxiliary relay
module

PŘÍLOHA G

www.bannerbatteries.com

TECHNICAL DATA SHEET



Type no.	968 01
Article no.	010968010101
Standards	DIN EN 50342, DIN IEC 60095-2
Application	Long-term discharge battery
Electrical data	
Rated voltage	12V
Rated capacity	180 Ah (K5)
Cold start current	
Dimensions and weights	
Box	C
Length max.	517mm
Width max.	273mm
Box height max.	212mm
Total height max.	240mm
Battery weight	Ca. 63,0 kg (+/- 5 %)
Electrolyte density	Approx. 1,28 kg/l
Electrolyte	Diluted sulphuric acid
Items/pallet	18
Pallet ID	Euro palett
Items per layer	6
Features	
Base hold-down	B00
Layout	3
Terminal	1
Separator	PE bag separator with glass nonwoven
Degassing	Battery with single degassing
Flame arrester	Available
Maintenance ¹⁾	
Water consumption	> 4g/Ah
Refill water	Distilled or demineralised (DIN 43530)
Self-discharge	Approx. 9 % per month
Charging current	Approx. 1/10 of the rated capacity
Charging voltage ²⁾	max. 13,8 V



Symbolpicture

¹⁾ All the listed values relate to room temperature +25° C²⁾ Recommendation with an external, voltage-regulated charge

Document DBTBAT00287 prepared on 2013-09-19 ; Rights relating to changes and errors retained.
original

PŘÍLOHA H

U.I. Lapp GmbH	DATA SHEET	
-------------------	-------------------	---

ÖLFLEX® SOLAR XLR-R

DB 0023175EN

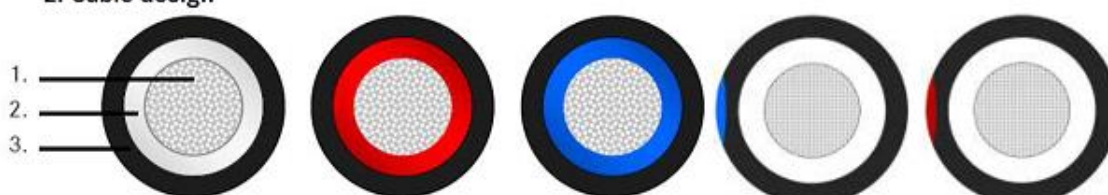
valid from: 05.02.2014



1. Application

ÖLFLEX® SOLAR XLR-R cables are weather-, abrasion- and UV-resistant photovoltaic cables. These cross-linked, halogen free and double insulated solar cables are suitable for permanent outdoor use and especially for the interconnection of grounded and ungrounded photovoltaic power systems. They are applicable for the connection of solar panels among themselves and as extension cable between the individual module strings or the DC/AC inverter. The cable is approved by TÜV Rheinland according to 2 PFG 1169/08.07 (PV1-F).

2. Cable design



1. Conductor:
2. Core insulation:
3. Outer sheath:

Fine wire strands of tinned copper according to IEC 60228, Class 5
 Electron beam cross-linked polyolefin co-polymer
 Colour: white, red or blue
 Electron beam cross-linked polyolefin co-polymer
 Outer sheath colour: black or black with red or blue coloured stripe

3. Electrical properties

Rated voltage U_0/U acc. IEC	AC 600/1000 V DC 900/1500 V
Max. permissible operating voltage 2 PFG 1169/08.07	DC 1800 V (conductor/conductor, non earthed system)
Test voltage	AC 6,5 kV

4. Thermal properties

Temperature range	fixed installation: -40 °C up to +120 °C (max. conductor temperature according to EN 60216-2)
Temperature range according TÜV 2 PFG 1169/08.2007	fixed installation: -40 °C up to +90 °C ambient temperature
Installation temperature	flexible: max. -25 °C
High temperature pressure resistance	according EN 60811-3-1
Damp heat resistance	according EN 60068-2-78 at 85% humidity

5. Mechanical properties

Minimum bending radius	occasional flexing: 15 x cable diameter fixed installation: 5 x cable diameter
Dynamic penetration resistance	according DKE requirement specification PV1-F AK 411.2.3 Annex F
Notch propagation resistance	according DKE requirement specification PV1-F AK 411.2.3 Annex G
Tensile strength and elongation	according EN 60811

6. Chemical Properties

UV and ozone resistance	according to HD 605/A1 and EN 50396
Halogen free	according to EN 50267
Flame retardant	according to IEC 60332-1-2
Acid and alkaline resistance	according to EN 60811-2-1 (Oxal acid and sodium hydroxid)

Originator: A. Terpe / PCM approved: HAPF / PDC	Document: DB0023175EN	page 1 of 2
--	-----------------------	-------------

All deviations from this specification are subject to explicit consent of U.I. Lapp GmbH. All rights reserved acc. to DIN 34.
 PD 0019/2.1_11.09EN

U.I. Lapp GmbH	DATA SHEET	 LAPP KABEL
-------------------	-------------------	---

ÖLFLEX® SOLAR XLR-R
DB 0023175EN
 valid from: 05.02.2014
7. EC Directives

This cable is conform to the EC-Directives 2006/95/EC (Low Voltage Directive) and 2002/95/EC and 2011/65/EC (RoHS, Restriction of the use of certain hazardous substances).

8. Approval

TÜV Rheinland Type approved according 2 PFG 1169/08.2007 (PV1-F)

9. Underground installation

Solar cables can only be routed underground in protective tubing suitable for burial once it has been ensured that no long-term contact with water will occur and that any waterlogging is sure to be drawn away. The underground installation of cables and the correct carrying out of the burial must comply with VDE 0100 Section 520 or comparable standards, in order to prevent damage to the protective tubing and the constant exposure of the cables to penetrating water. Long-term, permanent storage or constant use of the cables in or underwater is not permitted.

10. Versions

Part.No.	Colour insulation	Colour outer sheath	Conductor cross section [mm ²]	Outer diameter approx. [mm]
0023175	white	black	1 x 1.5	4.4
0023176	white	black	1 x 2.5	4.8
0023177	white	black	1 x 4	5.2
0023178	white	black	1 x 6	5.8
0023179	white	black	1 x 10	7.0
0023180	white	black	1 x 16	8.3
0023186	red	black	1 x 1.5	4.4
0023187	red	black	1 x 2.5	4.8
0023188	red	black	1 x 4	5.2
0023189	red	black	1 x 6	5.8
0023190	red	black	1 x 10	7.0
0023191	red	black	1 x 16	8.3
0023192	blue	black	1 x 1.5	4.4
0023193	blue	black	1 x 2.5	4.8
0023194	blue	black	1 x 4	5.2
0023195	blue	black	1 x 6	5.8
0023196	blue	black	1 x 10	7.0
0023197	blue	black	1 x 16	8.3
0023360	white	black + red stripe	1 x 2.5	4.8
0023361	white	black + red stripe	1 x 4	5.2
0023362	white	black + red stripe	1 x 6	5.8
0023363	white	black + red stripe	1 x 10	7.0
0023364	white	black + red stripe	1 x 16	8.3
0023370	white	black + blue stripe	1 x 2.5	4.8
0023371	white	black + blue stripe	1 x 4	5.2
0023372	white	black + blue stripe	1 x 6	5.8
0023373	white	black + blue stripe	1 x 10	7.0
0023374	white	black + blue stripe	1 x 16	8.3
0023375	white	black	1 x 25	10.8
0023376	white	black	1 x 35	12.4
0023377	white	black	1 x 50	14.6
0023378	white	black	1 x 70	16.4
0023379	white	black	1 x 95	18.8
0023380	white	black	1 x 120	20.4
0023381	white	black	1 x 150	22.4
0023382	white	black	1 x 185	25.2
0023383	white	black	1 x 240	28.6
0023384	white	black	1 x 300	32.0

Originator: A. Terpe / PCM approved: HAPF / PDC	Document: DB0023175EN	page 2 of 2
--	-----------------------	-------------

All deviations from this specification are subject to explicit consent of U.I. Lapp GmbH. All rights reserved acc. to DIN 34.
PD 0019/2_1_11.09EN