

**ZÁPADO ČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh solárního fotovoltaického systému v ostrovním
provozu pro nízkoenergetický rodinný dům se zaměřením
na různé způsoby akumulace elektrické energie**

**vedoucí práce: Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
autor: Eva Gribovová**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva GRIBOVÁ**
Osobní číslo: **E10N0173P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Návrh solárního fotovoltaického systému v ostrovním provozu pro nízkoenergetický rodinný dům se zaměřením na různé způsoby akumulace elektrické energie**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Uveďte problematiku provozu a popis fotovoltaické elektrárny v ostrovním provozu.
2. Navrhněte ostrovní fotovoltaický systém pro nízkoenergetický rodinný dům.
3. Analyzujte různé způsoby akumulace elektrické energie, které jsou aktuálně k dispozici a uveďte jejich výhody a nevýhody.
4. Zhodnoťte ekonomickou návratnost navrženého systému v aktuálních podmínkách roku 2012.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


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

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


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




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

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena zejména na způsob akumulace vyrobené elektrické energie z fotovoltaického systému, který je umístěn na nízkoenergetickém domě. Dále jsou vyjmenovány způsob akumulace vyrobené elektřiny a spotřeba návratnost z daného systému.

Klíčová slova

Fotovoltaický panel, akumulace, akumulátor

Abstract

Designing a solar photovoltaic system in island operation for low-energy house with a focus on different ways of energy accumulation

This thesis is focused on ways to accumulation of electric energy from the photovoltaic system, which is located at the low energy house. Then list the ways of accumulation electricity and shows the calculated rates of return of the the system.

Key words

Photovoltaic panel, storage, battery

Prohlášení

Prohlašuji tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

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

V Plzni dne 5.5.2012

Eva Gribovová

Podkování

Tímto bych ráda podkovoala vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěla podkovat firmu INTERSEKCE s.r.o., především panu Ing. Ledvinovi za vstřícnost, ochotu, odborné znalosti a poskytnuté materiály.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOL	10
1 ÚVE TE PROBLEMATIKU PROVOZU A POPIS FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY V OSTROVNÍM PROVOZU	11
1.1 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	11
2 NAVRHN TE OSTROVNÍ FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM PRO NÍZKOENERGETICKÝ RODINNÝ D M	16
2.1 POPIS NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU	16
2.2 RO NÍ ODHAD VÝROBY SOLÁRNÍ ELEKT INY.....	19
2.3 NÁVRH OSTROVNÍHO SYSTÉMU.....	21
1) Požadavky na FV ostrovní systém.....	21
2) Návrh fotovoltaického systému	21
3) Cenová kalkulace.....	21
3 ANALYZUJTE R ZNÉ ZP SOBY AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE, KTERÉ JSOU AKTUÁLN K DISPOZICI A ÚVE TE JEJICH VÝHODY A NEVÝHODY	22
3.1 CHEMICKÝ PRINCIP AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE	23
3.1.1. Olov né akumulátory	23
3.1.2. Ni-Cd (Nikl Kadmiové) akumulátory	26
3.1.3. Ni-MH (Nikl Metal Hydridové) akumulátory.....	27
3.1.4. Li-ion akumulátory.....	28
3.1.5 Superkapacitory	28
3.1.6. Pr tokové baterie (VRB, Vanadium Redox Battery).....	29
3.1.7 Na-S baterie (Sodium - Sulfur).....	31
3.2 GRAFICKÁ ZNÁZORN NÍ MOŽNOSTÍ AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE	32
4 ZHODNO TE EKONOMICKOU NÁVRATNOST NAVRŽENÉHO SYSTÉMU V AKTUÁLNÍCH PODMÍNKÁCH ROKU 2012	33
4.1 NÁVRATNOST OSTROVNÍHO SYSTÉMU	33
4.2. NÁVRATNOST SYSTÉMU V ZAPOJENÍ PP A ZB	35
5 ZÁV R	39
POUŽITÁ LITERATURA	40
P ÍLOHY	1

úvod

P edkladana diplomová práce je zamena na vyrodu elektrické energie z fotovoltaického systému a p edevším její zp osoby akumulace v ostrovním provozu.

Práce je rozd elena do tý astı, kde prvnı ast uvádí problematiku fotovoltaického systému a nízkoenergetického domu, ast druhá uvádí samotný návrh fotovoltaického systému na nízkoenergetický rodinný dům, ve t etí asti jsou vyjmenovány a popsány dostupné zp osoby akumulace elektrické energie z fotovoltaického systému a poslední, tvrta ast hodnotí ekonomickou návratnost takového projektu a podmínky pro fotovoltaické systémy v ostrovním provozu pro rok 2012.

Seznam symbol

OS - Ostrovní systém

PP - P ímý prodej

ZB - Zelený bonus

W_p - Jednotka špi kového výkonu fotovoltaického systému

FVE - fotovoltaická elektrárna

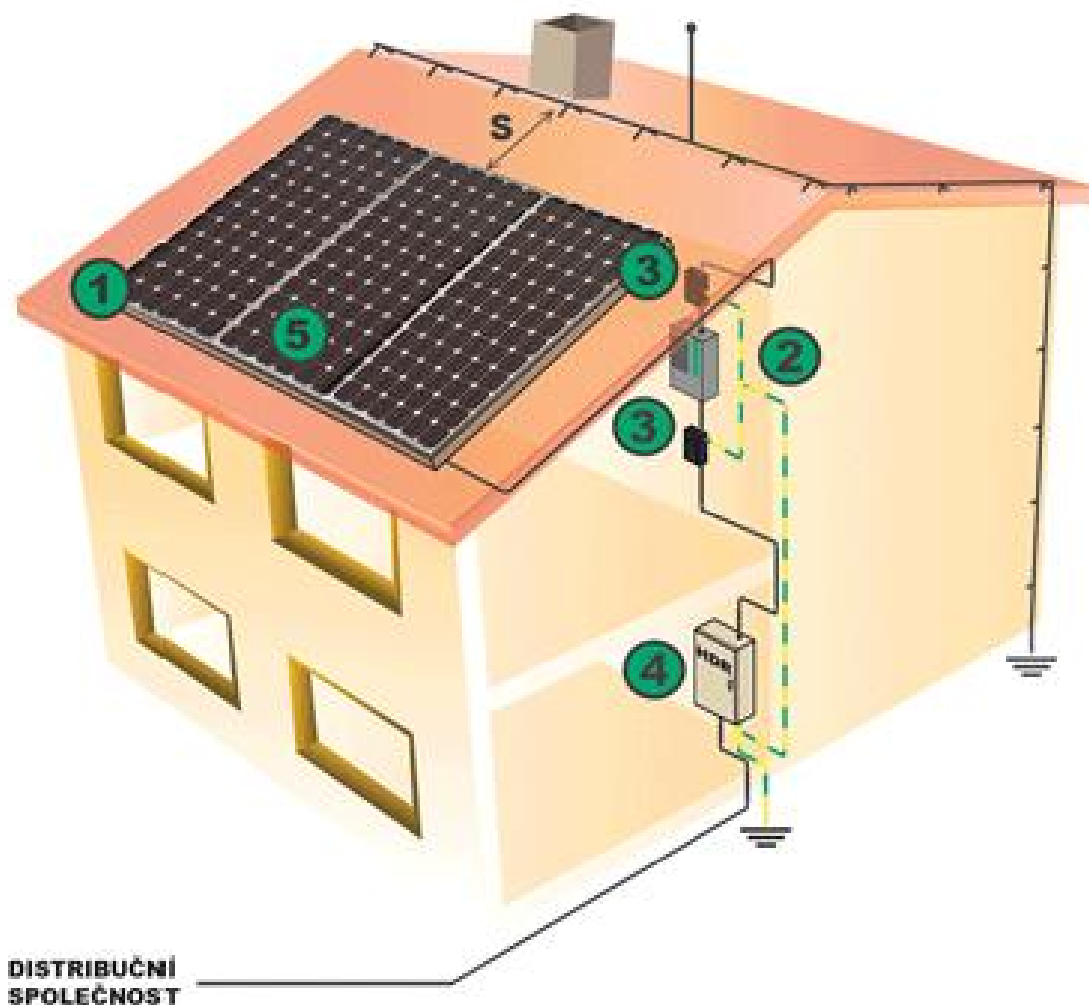
ŽP - Životní prostředí

1 Uve te problematiku provozu a popis fotovoltaické elektrárny v ostrovním provozu

1.1 Fotovoltaická elektrárna

Fotovoltaická elektrárna (dále jen FVE) je zařízení, které dokáže za využití fotovoltaického jevu přeměnit světelný tok na elektrickou energii.

Obr. 1. Schéma fotovoltaické elektrárny



FVE se skládá z n kolika částí:

1. Fotovoltaické články
2. Střídač
3. Přepětíová ochrana
4. Rozvodná skříň
5. Kabely, střešní háky, konstrukční prvky

1) Fotovoltaické články

Jsou polovodičové součástky, které, jak již bylo řečeno, dokážou přeměnit světelný tok na elektrickou energii. Hlavním prvkem pro články je křemík. Různými způsoby zpracování křemíku můžeme vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfní fotovoltaické články. Při němž monokrystalické panely jsou nejužitečnější při orientaci přímo na jih, jsou citlivější na zastínění a jsou dražší, než ostatní typy, jejich účinnost je 13-17%. Polykrystalické panely jsou levnější než monokrystalické, jejich účinnost se pohybuje kolem 13-15%. Amorfní panely nejsou citlivé na nasmlouvání, úhel a sklon, mohou zpracovat i širší spektrum záření, jako je například difúzní spektrum. Jejich účinnost je 6-9%, abychom s tímto panely dosáhli stejného výkonu jako u mono- a polykrystalických panelů, potřebovali bychom 2,5x větší plochu. Celoroční výnos je ovšem o 10% vyšší jak u mono- a polykrystalických panelů. Dalším důležitým faktorem je umístění a sklon panelů. V naší zeměpisné šířce se udává ideální sklon přibližně 30-40° a orientace na jih (+/- 15°). Výkon panelů se měří ve Wp/m^2 . Wp je nejvyšší možný dosažený výkon při ideálních podmínkách (ideální podmínky jsou: světlo o intenzitě 1000 W/m^2 , které dopadá kolmo na panel při teplotě 25°C).

2) Střednice

Důležitá součástka pro přeměnu stejnosměrného proudu na proud střední frekvence pro předepsaných hodnotách 230 V/ 400 V, 50 Hz a dále jeho dodání do distribuční sítě.

3) Přepěťová ochrana

Chrání zařízení před vyšším přepětím.

4) Rozvodná skříň

Místo, odkud se dále rozvádí vyrobená elektřina.

Rozdělení dle způsobu dodávky:

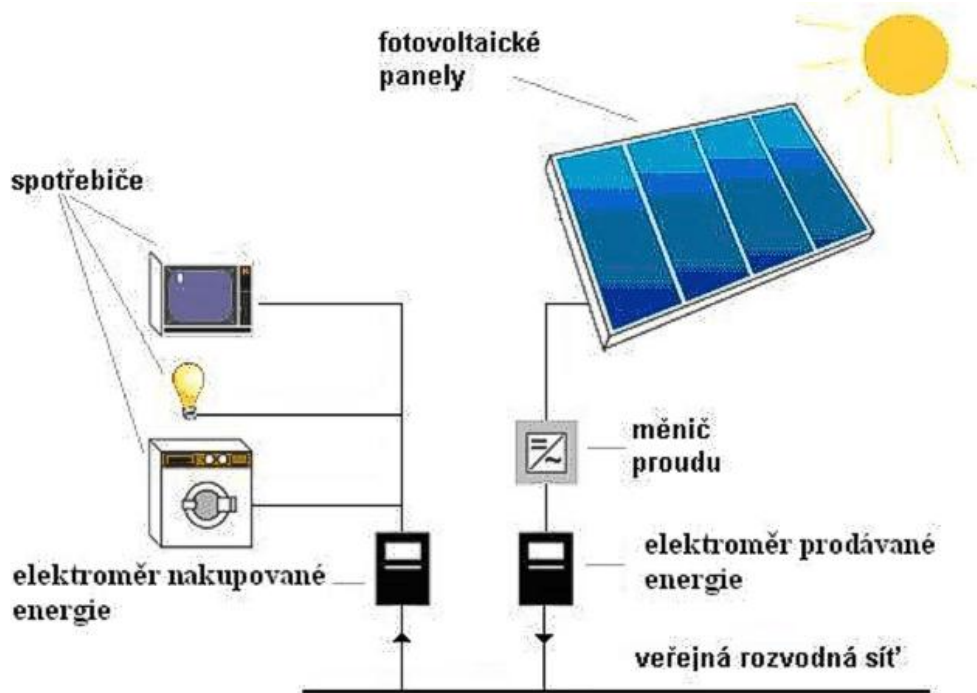
- 1) Připojení na síť samostatnou přípojkou (přímý prodej, dále jen PP)
- 2) Připojení na síť za využití tzv. zeleného bonusu (dále jen ZB)
- 3) Ostrovní systém (dále jen OS, bez připojení na elektrorozvodnou síť)

Připojení na síť samostatnou přípojkou

Uplatňuje se tam, kde se FV systém připojuje rovnou do sítě za účelem prodeje vyrobené elektřiny. Výhodou tohoto připojení je ve vyšší výkupní ceně za jednu dodanou kWh.

Nevýhodou je nutnost pořízení elektrické přípojky. V letošním roce 2012 se připojení povolilo.

Obr. 2 Připojení na síť samostatnou přípojkou



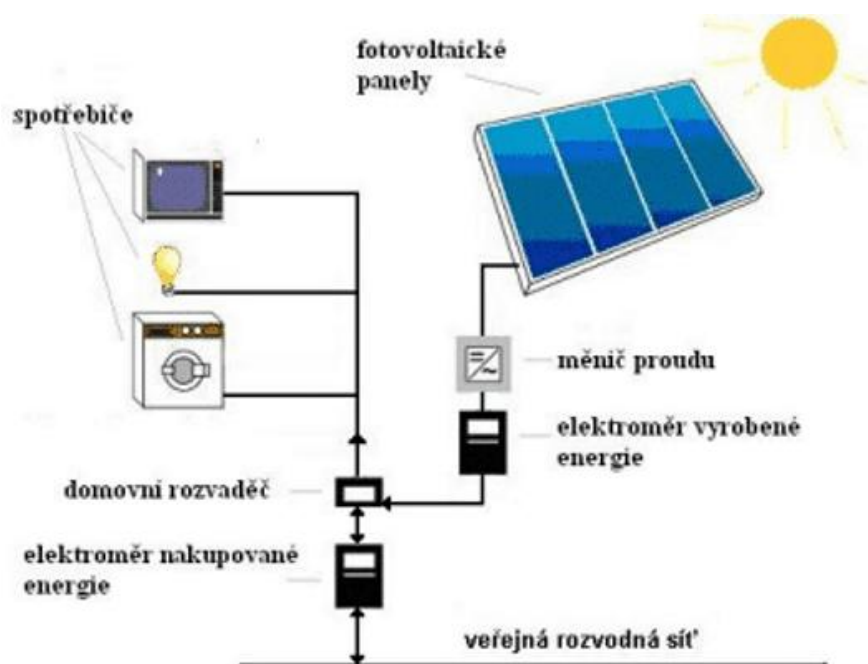
Připojení na síť za využití tzv. zeleného bonusu

Část vyrobené energie si majitel FVE sám spotřebuje a část dodá do veřejné sítě.

Není nutné kupovat novou přípojku, FVE se napojuje rovnou do stávajícího rozvodu.

Při zapojení „zeleného bonusu“ instalujeme 2 elektroměry, jeden hned u zdroje a druhý u přípojky. Druhý elektroměr, tzv. čtyřkvadrantový dokáže počítat v daném místě energii dodanou a spotřebovanou.

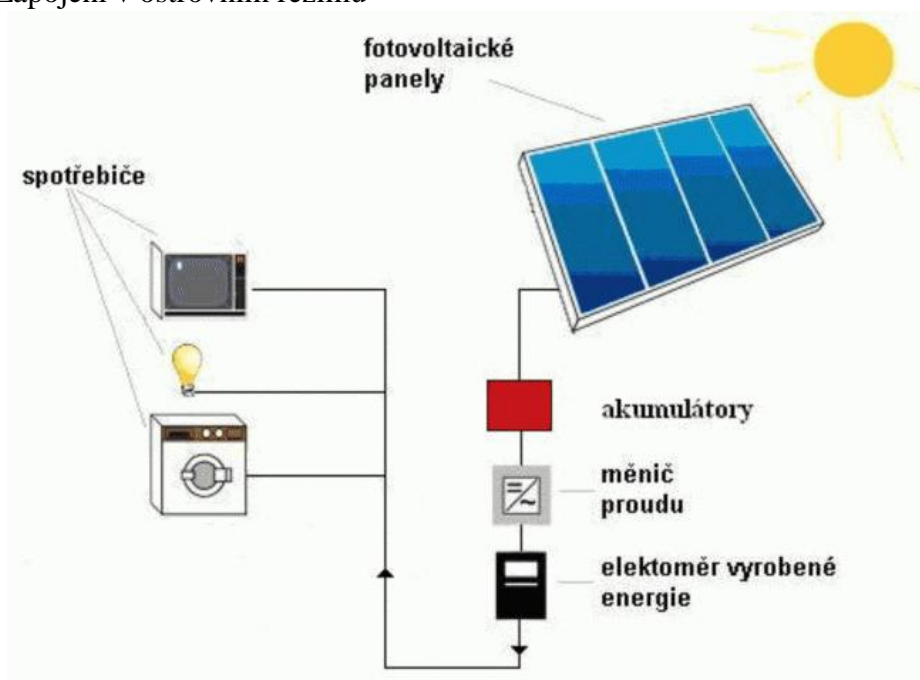
Obr. 3 P ípojení na sí za využití zeleného bonusu



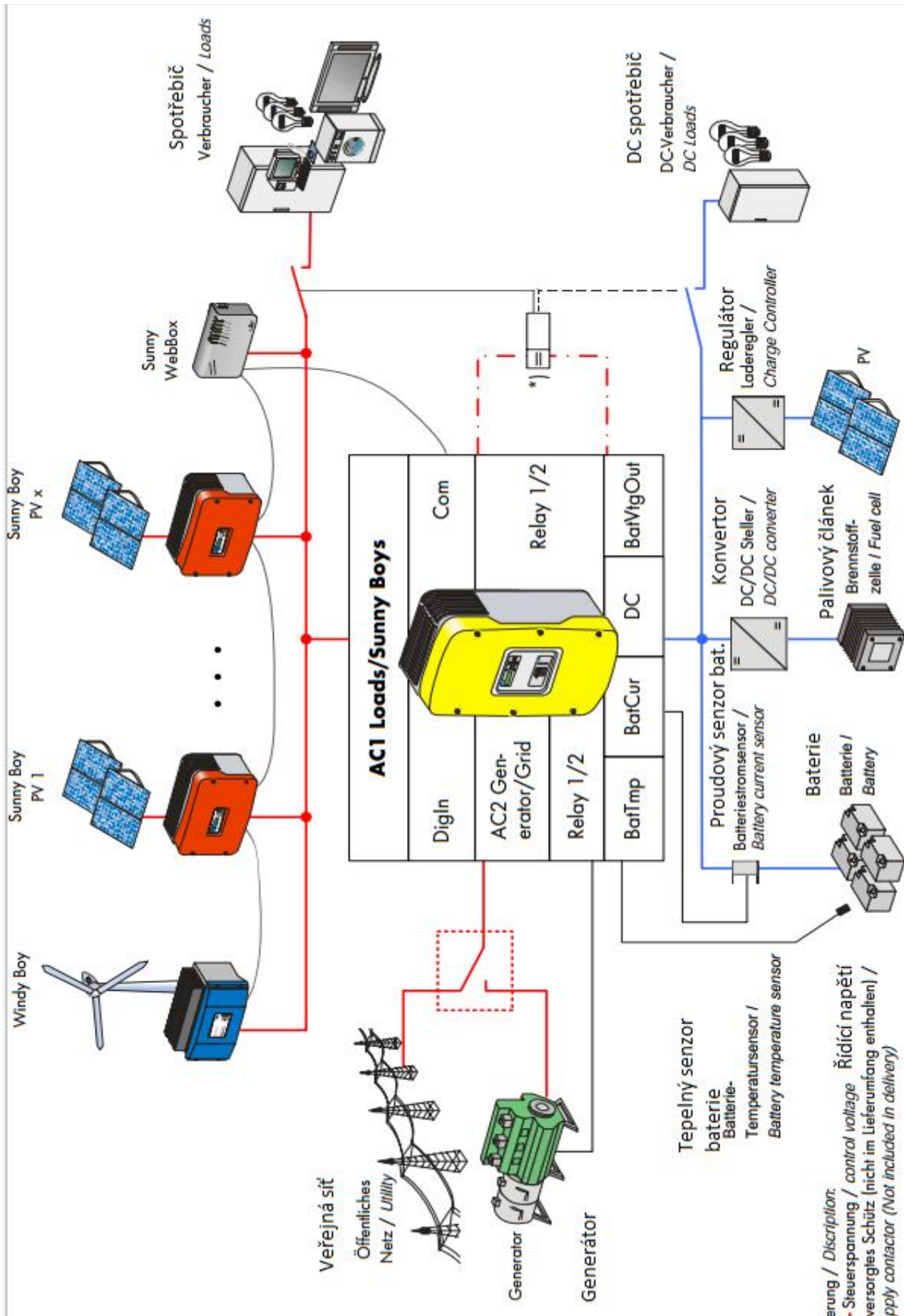
Ostrovní systém (bez p ípojení na elektrorozvodnou sí)

Ostrovní provoz se využívá v místech, kde není možné systém p ípojit do síť nebo není dostupná elektrická p ípojka. Je vhodný i jako zásobník energie v p ípad úplného výpadku energie „black out“. Tento zp sob využití FVE je náro ný a v n kterých p ípadech velice nákladný. Je proto velice d ležitý vhodný výb r FVE, lokalita, a další kritérií, která úzce souvisí se zahájením výstavby FVE v ostrovním provozu. Oproti b žnému zapojení FVE se v tomto provozu musí ešit vhodná akumulace energie.

Obr. 4 Zapojení v ostrovním režimu



Obr. 5 Podrobnější schéma zapojení s m ni em Sunny Boys



[3]

2 Navrhni te ostrovní fotovoltaický systém pro nízkoenergetický rodinný dům

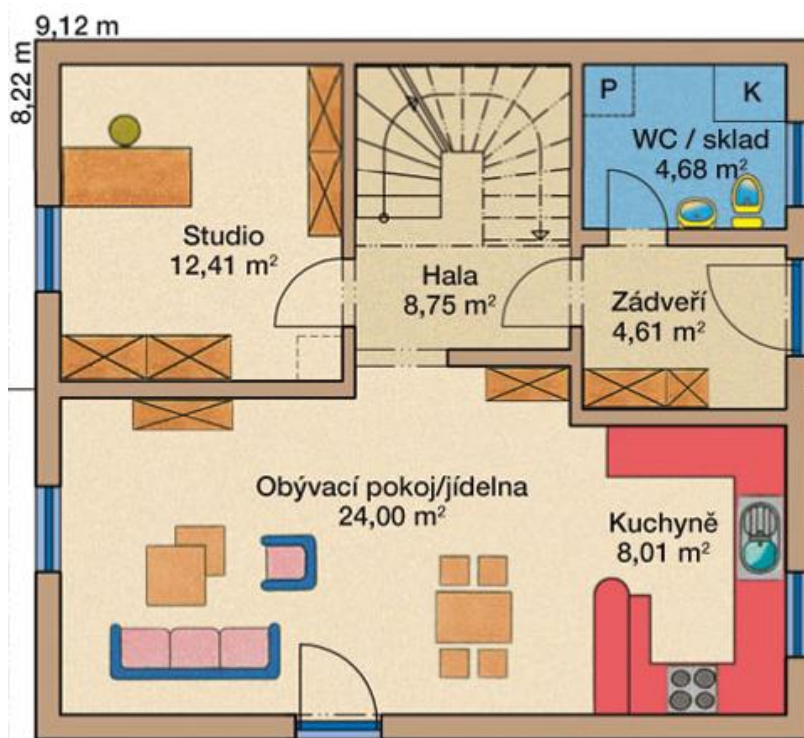
2.1 Popis nízkoenergetického domu

Nízkoenergetický dům (dále jen ND), je jednou z možností staveb, která se v dnešní době využívá. Její základní požadovanou vlastností je, oproti normální stavbě, méně potřeba tepla na vytápění, což je max. 50 kWh/m^2 . Dále jsou také velké nároky na izolaci domu, systém rekuperace (výměna vzduchu v místnosti, bez ztráty tepla) a krytí severní strany domu. Pro návrh nízkoenergetického domu byl vybrán ND firmy HAAS, typ domu HARMONY 2.

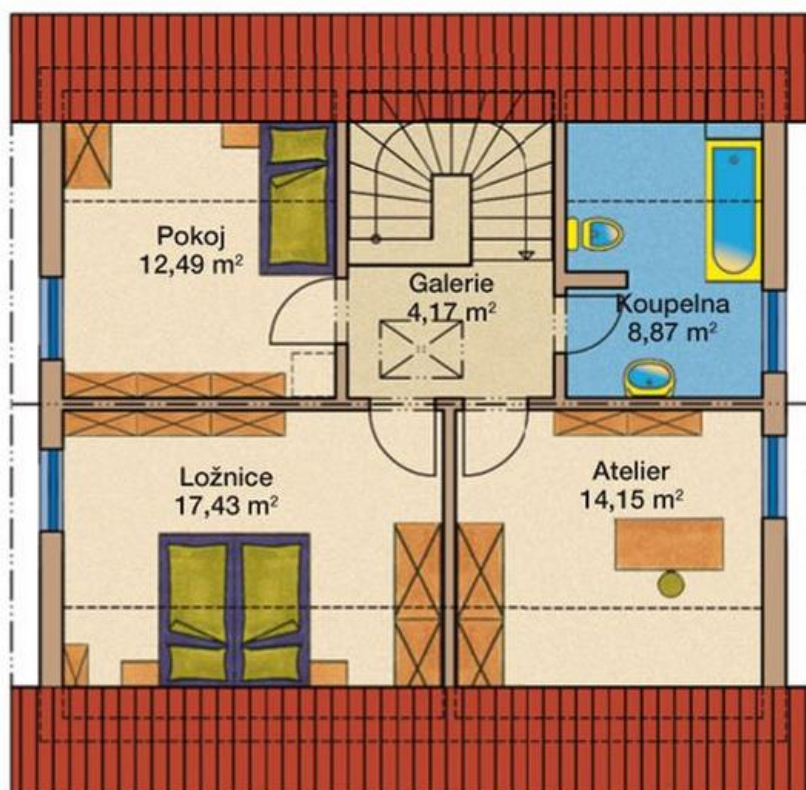
Obr. 6 HARMONY 2



Obr. 7 Pízemí rodinného domu



Obr. 8 Podkroví rodinného domu



ND stojí v Plzeňském kraji, konkrétně v okolí města Horní Bříza. Vchod do domu je na severní straně, stěcha je, právě z důvodu využití fotovoltaických panelů, orientována na jihovýchod. Místnosti jsou v domě rozmístěné podle optimální světelné pohody, místnosti méně obývané jsou umístěny k severní straně a naopak místnosti více obývané jsou umístěny na východ, jih a západ. V rodinném domě se uvažuje plynové vytápění a plynový sporák.

Technické parametry domu:

Tab. 1 technické parametry domu

Typ rodinného domu	Patrový dům
Materiál	Dřevostavba
Počet místností	5 + 1
Zastavěná plocha	74,97 m ²
Užitná plocha přízemí	62,46 m ²
Užitná plocha podkroví	57,11 m ²
Užitná plocha celkem	119,58 m ²
Pozednicová stěna	0,7 m
Typ střechy	Sedlová střecha
Sklon střechy	45°

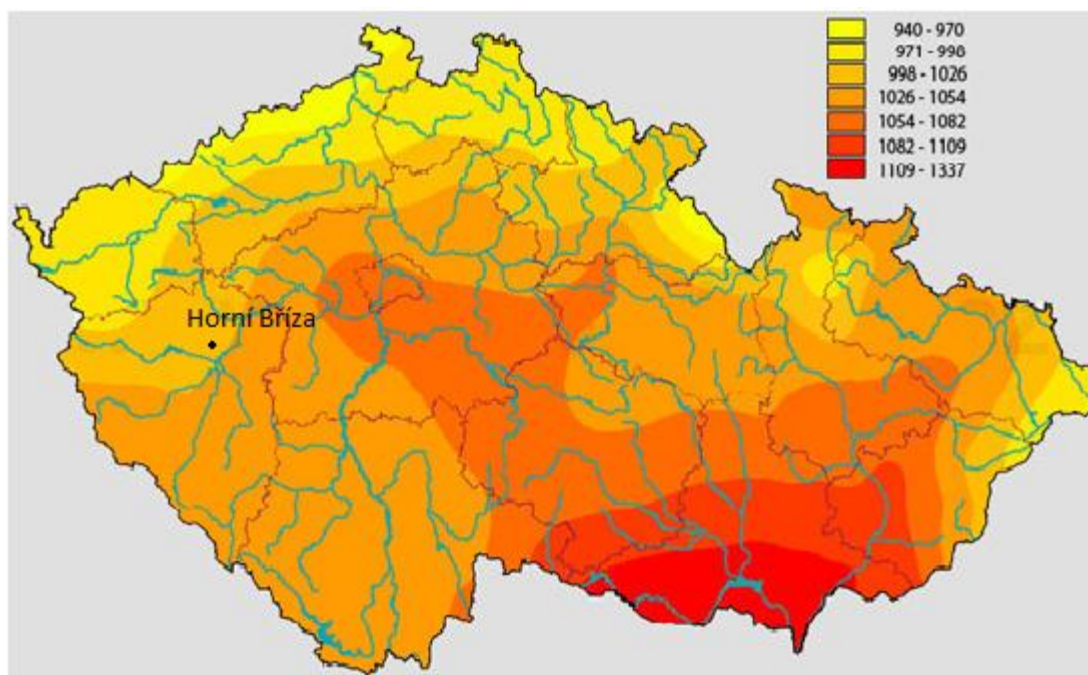
Spotřebiče v domácnosti a jejich spotřeba

Tab. 2 Průměrná denní spotřeba energie

Spotřebič	Výkon [W]	Počet [ks]	Celkem [W]	Hodin [h]	Celkem [Wh]
Kombinovaná lednice (A++)	150	1	150	24	610
Pračka (A++)	2200	1	2200	1	2200
Mikrovlnná trouba	800	1	800	0,2	160
Televize (LED)	37	2	74	5	370
Rádio	20	1	20	4	80
Osvětlení (LED)	2,5	18	45	7	315
Notebook	35	1	35	8	280
PC + LCD monitor	80	1	80	8	640
Rychlovarná konvice	2000	1	2000	0,25	500
Ostatní (nabíječka, fén, ...)	1000	1	1000	0,5	500

Z tabulky je patrné, že celková spotřeba energie za den je: 5 655 Wh = 5,6 kWh/den.

Pro návrh solárního systému zvolíme 5,06 kWh/den. Roční spotřeba energie by poté byla 1 821,6 kWh.

Obr. 9 Roční úhrn průměrného slunečního záření (kWh/m²)

[15]

2.2 Roční odhad výroby solární elektřiny

Obr. 10 Odhady solární elektřiny [4]

PVGIS odhady solární elektřiny

Poloha: 49 ° 50'26 "North, 13 ° 21'19" východní délky, nadmořská výška: 0 m nm,

Jmenovitý výkon FV systému: 5,1 kW (krystalický křemík)
 Odhadované ztráty v důsledku teploty: 12,0% (s použitím místní teploty)
 Odhadovaná ztráta kvůli úhelní odrazivosti účinky: 3,0%
 Další ztráty (kabely, měniče atd.): 8,0%
 kombinovaná FV systému ztráty: 21,5%

Pevný systém: sklon = 45 °, orientace = -45 °

Měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
Leden	4.80	149	1.10	34,0
Února	7.95	223	1.86	52,2
Mar	11.50	358	2.78	86,3
Duben	15.50	466	3.91	117
Květen	17.70	550	4.58	142
Červen	17.10	512	4.46	134
Červenec	18.20	563	4.78	148
Srpen	16.60	514	4.35	135
Září	12.90	387	3.28	98,5
Říjen	9.95	308	2.44	75,7
Listopad	4.50	135	1.07	32,0
Prosinec	3.16	98,1	0.73	22,7
Roční průměr	11,7	355	2.95	89,8
Celkem za rok		4260		1080

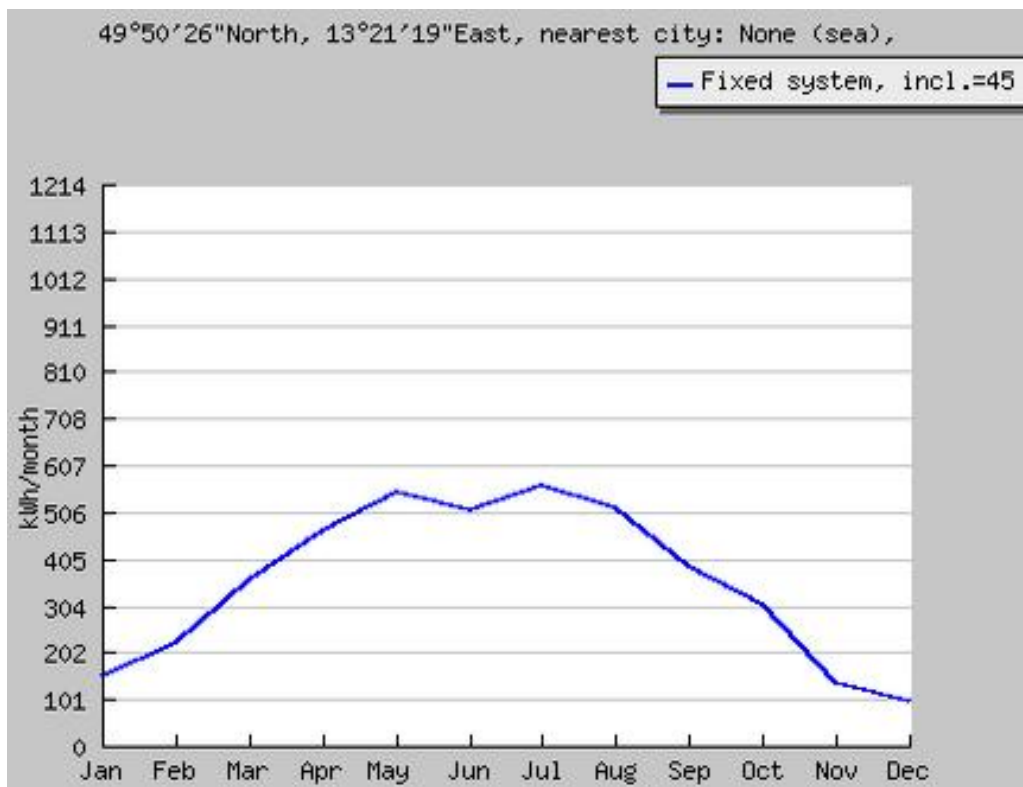
E_d - průměrná denní výroba elektřiny z daného systému [kWh]

E_m - průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému [kWh]

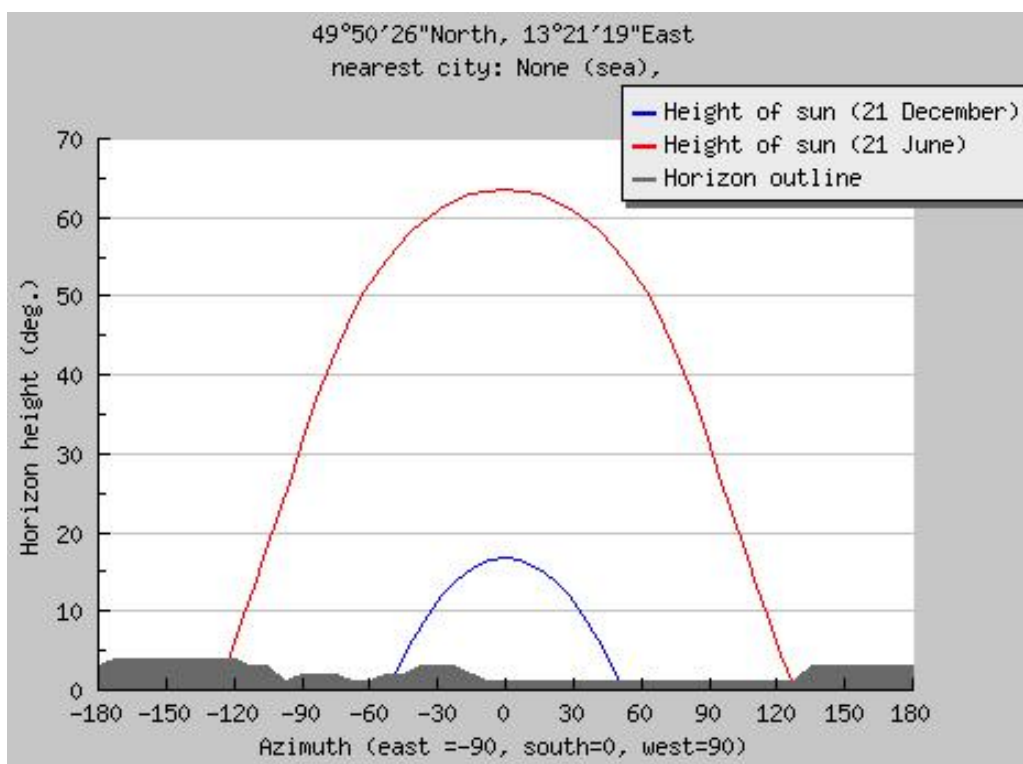
H_d - průměrná denní suma dopadu slunečního záření na metr čtvereční [kWh/m²]

H_m - průměrný úhrn dopadu slunečního záření do modulu [kWh/m²]

Obr. 11 Grafické zobrazení průměrné měsíční výroby z daného systému



Obr. 12 Grafické znázornění orientace panelu



2.3 Návrh ostrovního systému

1) Požadavky na FV ostrovní systém

- Fotovoltaický systém by měl být umístěn na střeše rodinného domu.
- Systém by měl být dimenzovaný na 100% pokrytí běžného elektrického chodu domácnosti, zbytková energie se bude ukládat do baterií, které budou umístěny ve sklepě.
- V zimních měsících bude v rodinném domě k dispozici diesel agregát, jakožto záložní zdroj energie
- V letních měsících se při velkých teplotách bude ohřívát voda

2) Návrh fotovoltaického systému

Dle požadavků a možností bylo navrženo následující:

Tab. 3 Návrh FV systému

Typ modulu	CS6P-230P	monokrystal
Výkon modulu	230	Wp
Výška modulu	1,638	m
Šířka modulu	0,982	m
Plocha modulu	1,609	m ²
Počet modulů	22	ks
Plocha modulů	35,39	m ²
PV maximální výkon	5,06	kWp
Účinnost modulu	14,3	%
Teplotní koeficient	-0,43	%/°C
Účinnost vlivem sklonu a odchylkou od jihu	100	%
Ztráta vlivem teploty	3,87	%
Ztráta reflexí	3	%
Ztráta vedením	2	%
Účinnost modulů	91,38	%
Účinnost měničů	97,7	%

[3]

3) Cenová kalkulace

Tab. 4 Technologie FVE

Položka	Kč/Wp	Cena celkem (Kč)
FV moduly	21,38	108 183
Měniče (invertory)	10	50 600
AL - konstrukce	9	45 540
AC/DC kabely a konektory	1	5 060
Drobný instalační materiál	2	10 120
Cena technologií FVE celkem	43,38	219 503

Tab. 5 Ostatní náklady

Ostatní náklady, které nejsou zahrnuty v ceně technologie	Kč
Montáž FVE , zprovoznění, zkoušky	40 480
Projednání připojení k distribuční síti, prováděcí projektová dokumentace, přípojka mezi střídačem a místem měření, revize	15 180
Cena za ostatní náklady celkem	55 600

Tab. 6 Technologie pro ostrovní systém

Položka	(Kč)
Nabíječe Sunny Island	41 998
Baterie (10x(12 V/60 Ah))	50 600
Cena technologie pro ostrovní povoz celkem	92 598

Celkem za instalaci FVE (bez DPH)	367 761 Kč
--	-------------------

[3]

3 Analyzujte různé způsoby akumulace elektrické energie, které jsou aktuálně k dispozici a uveďte jejich výhody a nevýhody

Dle způsobu uchovávání elektrické energie, můžeme akumulace rozdělit na dvě skupiny:

1) Chemický princip akumulace elektrické energie

- akumulátory
- moderní pracující na principu Lithium-Ion
- superkapacitory
- proukové baterie

2) Fyzikální princip akumulace elektrické energie

- setrvačníky
- pevné vodivé elektrárny
- akumulace založená na stlačeném vzduchu

Tyto metody nejsou vhodné pro akumulaci energie v rodinném domě, proto zde nebude dále rozváděno, jaké jsou jejich výhody i nevýhody.

3.1 Chemický princip akumulace elektrické energie

Obecné požadavky na baterie:

- nízké samovybíjení
- dlouhá životnost
- vysoká akumulace schopnost elektrické energie
- nízký minimální nabíjecí proud
- vysoká účinnost oproti hlubokému vybíjení
- spolehlivost u specifických FV aplikací
- široká provozní teplota
- bezpečnost

Typy akumulátorů :

3.1.1. Olověné akumulátory

Nejstarší, nejvíce využívané ve světě. Svorkové napětí těchto akumulátorů jsou 2 V. Hustota energie je nižší 30-40 Wh/kg, účinnost dobíjení je 70-92%, počet cyklů nabití/vybití je 500-800. Když je olověný akumulátor vybitý (i částecí) a ponechán v tomto stavu delší dobu, dochází na jeho elektrodách k nevratným změnám.

Výhody:

- je schopen dodávat vysoké proudy
- cena

Nevýhody:

- ekologická zátěž (Pb, Cd) = nutná ekologická likvidace
- nižší nabíjecí účinnost
- menší hustota energie na kilogram
- menší počet dobíjecích cyklů

Podle provedení rozdělujeme na dva základní typy:

- 1) Otevřené akumulátory se zaplavenou konstrukcí
- 2) Akumulátory bezúdržbové ventilem řízené (VRLA)

Podle typu elektrod:

- 1) Akumulátory s elektrodami deskovými
- 2) Akumulátory s elektrodami trubkovými

Deskové olověné akumulátory se zaplavenou konstrukcí

Výhody:

- cenově nejvýhodnější
- použití (v rozvojových zemích) pro domácí solární systémy

Nevýhody:

- malá hustota energie na jednotku objemu (50 Wh/dm^3)
- životnost 0,5 - 3 roky, podle způsobu používání
- vyžaduje kontrolu obsluhy
- není možno provozovat v jakékoli poloze

Trubkové olověné akumulátory se zaplavenou konstrukcí

Výhody:

- životnost cca 8 let

Nevýhody:

- vyžaduje kontrolu obsluhy (míchání elektrolytu, dolívání destilované vody)
- není možno provozovat v jakékoli poloze

VRLA akumulátory s deskovým typem elektrod

Tyto akumulátory mají dvojitý typ znehybnění elektrolytu. To je ještě elektrolyt nasáknutý v pórech separátoru ze skelných vláken a elektrolyt ve formě gelu.

Výhody:

- střední doba životnosti (5 let)
- gelové akumulátory mají využití v malých profesionálních FV stanicích (např. telekomunikace)

Nevýhody:

- u baterií se skelným separátorem dochází k teplotnímu zkratu

VRLA akumulátory používající trubkovou konstrukci elektrod

Výhody:

- životnost 8-10 let
- akumulátory s gelovým elektrolytem nevyžadují údržbu po celou dobu života
- nízké vybíjecí rychlosti
- hloubkové vybíjení

Nevýhody:

- vysoká cena
- použití spíše pro profesionální účely zaměřené na spolehlivost a životnost
- akumulátory se skelným separátorem jsou citlivé na teplotu, za vysokých teplot může dojít ke zkratu, kdy se uvolní velké množství kyslíku, který poté vysušuje elektrolyt, vzrůstá vnitřní odpor článku a následné porušení těsnosti nádoby

3.1.2. Ni-Cd (Nikl Kadmiové) akumulátory

Je druh galvanického článku. Vyrábí se se zaplavenými elektrodami i kapalným elektrolytem. Svorkové napětí je 1,2 V, životnost je 500 vybití/nabití. Menší hustota energie 40-60 Wh/kg, nabíjecí účinnost je 66-90%.

Výhody:

- spolehlivost za extrémních provozních stav
- odolnost vůči hloubkovému vybití
- vysoká hustota energie na jednotku hmotnosti i objemu (100Wh/dm³)
- malé samovybití
- odolnost proti zvýšeným teplotám

Nevýhody:

- vyšší cena (6-8x více), než adekvátní baterie VRLA (ventilem regulovaná kyselinová baterie)
- baterie jsou citlivé na tzv. „paměťový efekt“
- možnost ohrožení životního prostředí a zdraví člověka při výrobě a recyklaci
- nižší hustota energie
- nižší nabíjecí účinnost

Obr. 13 Ni-Cd akumulátor



3.1.3. Ni-MH (Nikl Metal Hydridové) akumulátory

Také druh galvanického článku, oproti NiCd má asi dvojnásobnou kapacitu. Je jedním z nejčastěji používaných akumulátorů. Svorkové napětí je 1,2 V a životnost 500 cyklů nabití/vybití. Hustota energie 30-80 Wh/kg, nabíjecí účinnost je 66%.

Výhody:

- výborná objemová koncentrace energie
- dodává vysoké proudy
- dlouhá životnost
- malé provozní náklady

Nevýhody:

- vysoká cena, vlivem složité technologie výroby a drahých kovů
- vysoké samovybití
- problematické určení úplného nabití
- citlivé na nízké teploty
- nižší hustota energie
- nízká nabíjecí účinnost

Obr. 14 Ni-MH akumulátor



3.1.4. Li-ion akumulátory

Je typ nabíjecí baterie, ve kterém se lithium-ionty pohybují mezi anodou a katodou. Vysoká hustota se vzhledem k objemu hodí pro přenosná zařízení. Svorkové napětí je 3 - 6 V, podle druhu použitého materiálu. Hustota energie je 160 Wh/kg, nabíjecí účinnost je 80-90%, počet nabíjecích cyklů je až 1000. [6]

Výhody:

- velmi vysoká hustota energie (200 Wh/kg)
- téměř žádné samovybití
- nemá „paměťový efekt“
- jednoduché nabíjení
- dobrá nabíjecí účinnost

Nevýhody:

- při dlouhodobém vybití se baterie může vybit až pod přípustnou hodnotu
- vyšší cena
- nebezpečí výbuchu nebo vznícení
- vyšší rychlost stárnutí, a používání i nepoužívaná

3.1.5 Superkapacitory

Principem uchování energie jsou tato zařízení na rozhraní mezi bateriemi a klasickými kondenzátory. Elektrický náboj se uchovává elektrostatickou silou na povrchu elektrod. Elektrolyt je na vodné bázi nebo je tvořen bezvodným organickým rozpouštědlem. Svorkové napětí je 1 - 1,2 V ve vodném a 2,5 - 3 V u bezvodného elektrolytu. Vysoká účinnost akumulace energie až 95%, nízká hustota energie 1-10 Wh/kg. Cyklovatelnost je 500 000 u nových typů až 1 000 000 cyklů.

Výhody:

- mohou přijmout vysoké množství energie za dobu několika málo sekund
- vysoká cyklovatelnost
- použití u krátkodobého pokrytí špičkových proudů
- pracují i při velmi nízkých teplotách (-40°C)
- vysoká účinnost nabíjení

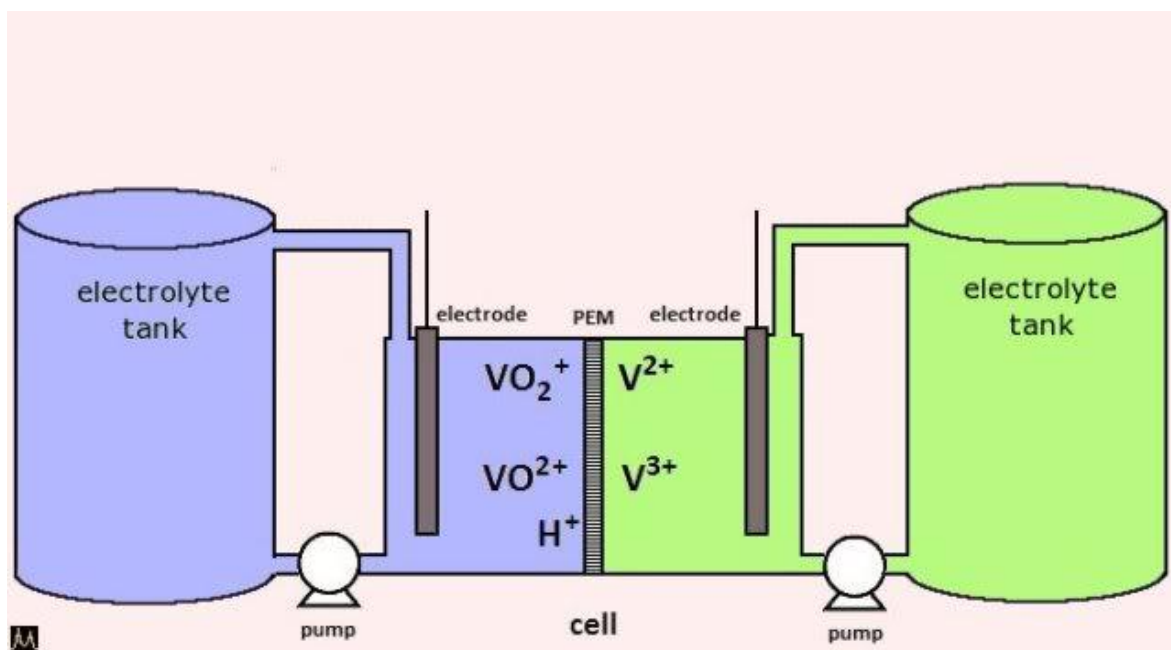
Nevýhody:

- samovybíjení
- nižší hustota energie

3.1.6. Prtokové baterie (VRB, Vanadium Redox Battery)

Prtkové baterie (dále jen VRB) se skládají ze dvou rezervoárů naplněných elektrolytem proudícím elektrochemickým článkem. Hustota energie těchto baterií je dána množstvím elektrolytu v rezervoárech, zatímco hustota výkonu je ovlivněna chemickými reakcemi probíhajícími na elektrodách. [7]

Obr. 15 Schéma VRB



Tato baterie používá jako elektroaktivní látku Vanad, protože právě tato látka existuje ve čtyřech oxidačních stavech: vanadyl (VO^{2+}), dioxovanadium (V) (VO_2^+), vanad (II) a vanad (III). Používají se dvě elektrody a každá z nich obsahuje redox pár dvou zmíněných vanadových tvarů rozpustných ve zředěné kyselině sírové. Svorkové napětí je 1,41 V, hustota energie je 25 Wh/kg. [5]

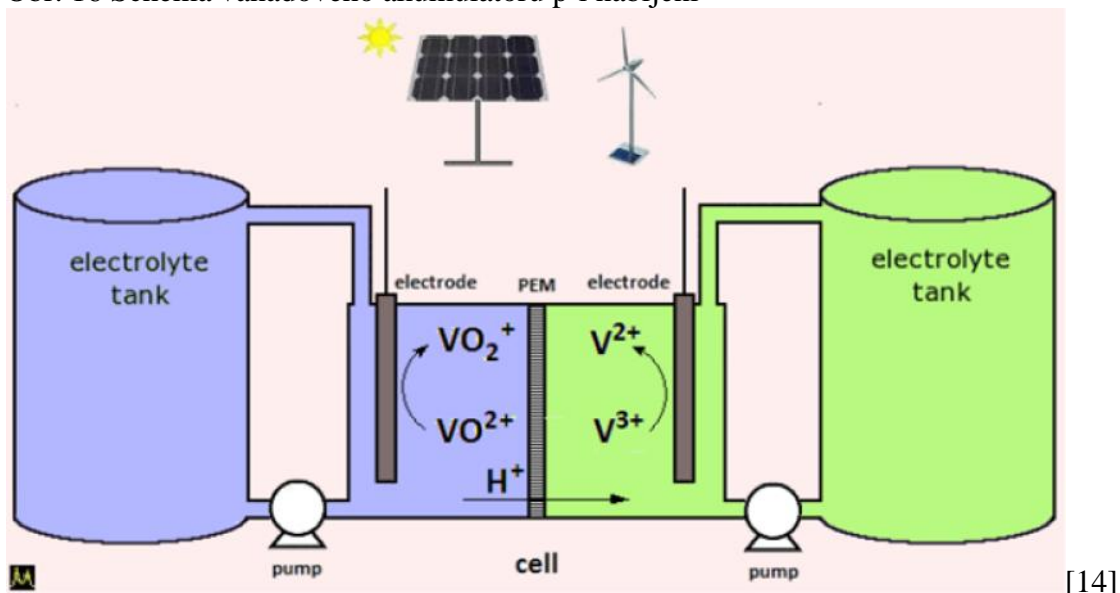
Výhody:

- lze nechat dlouhodobě stát při vybití
- možnost velmi rychlého nabíjení
- malý dopad na životní prostředí
- zdravotně nezávadná
- při náhodném promíchání elektrolytu žádné vážné následky
- bez paměťového efektu

Nevýhody:

- nižší hustota energie
- vyšší složitost systému

Obr. 16 Schéma vanadového akumulátoru při nabíjení



[14]

3.1.7 Na-S baterie (Sodium - Sulfur)

Funguje na principu kapalina-kov. Akumulátory musí pracovat o teplotě přibližně 300°C, aby sodík a síra byly v kapalném stavu. Na a S jsou od sebe odděleny Al_2O_3 (Korund - vysoce chemicky odolný materiál). Při vybíjení přechází ionty elektrolytem od záporného ke kladnému pólu a při nabíjení nastává opačný proces. Jako vodivá složka, namísto síry, slouží grafitová plst, která je spojena s kovovou kostrou a slouží jako kladný pól. Svorkové napětí je 2 V, počet nabíjecích cyklů je 1500, vysoká účinnost akumulace energie (89-92%).

Výhody:

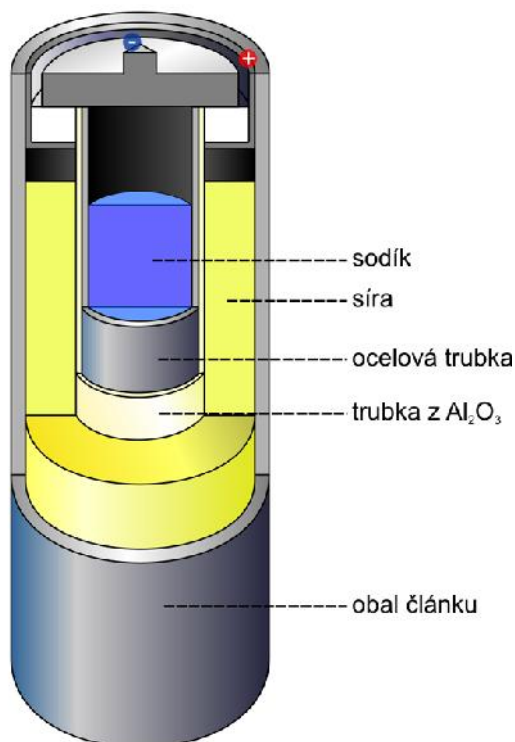
- vysoká hustota energie
- dlouhá životnost (až 15 let)
- vysoká účinnost nabíjení
- neohrožuje ŽP

Nevýhody:

- provozní teplota 300-350°C
- použití Na - nebezpečná látka

Obr. 17 Na-S články

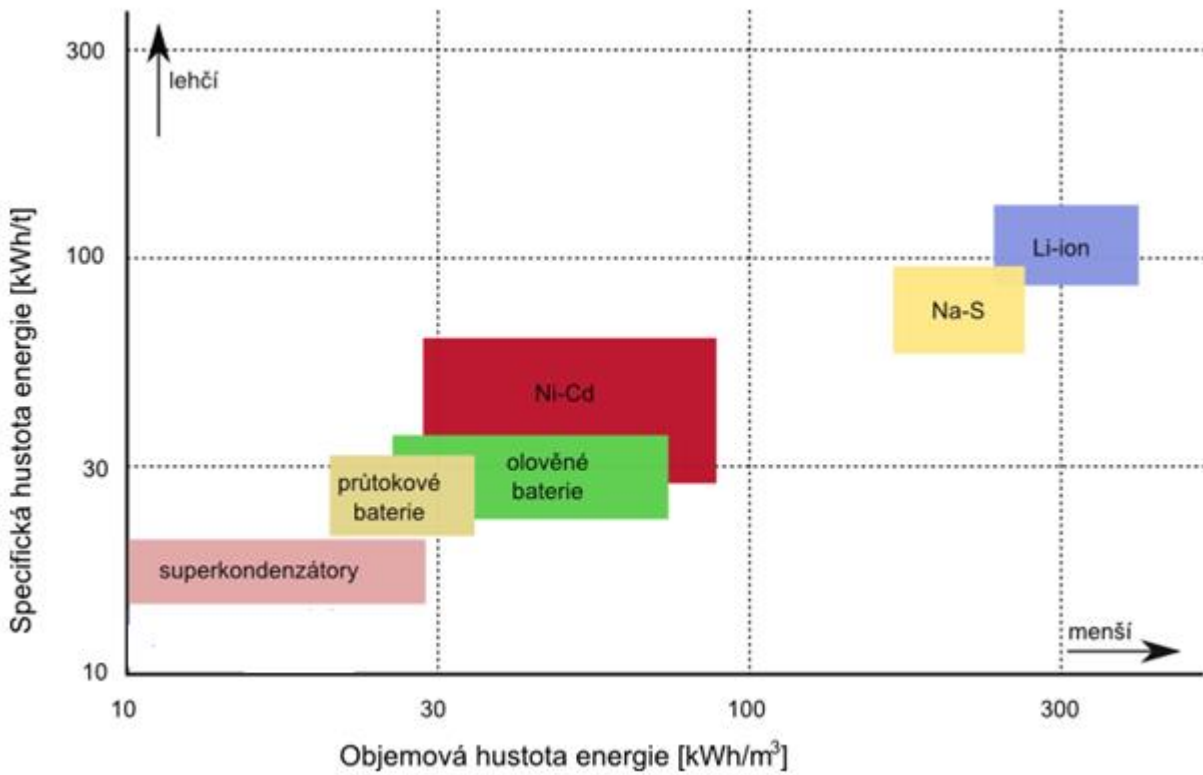
Článek NaS



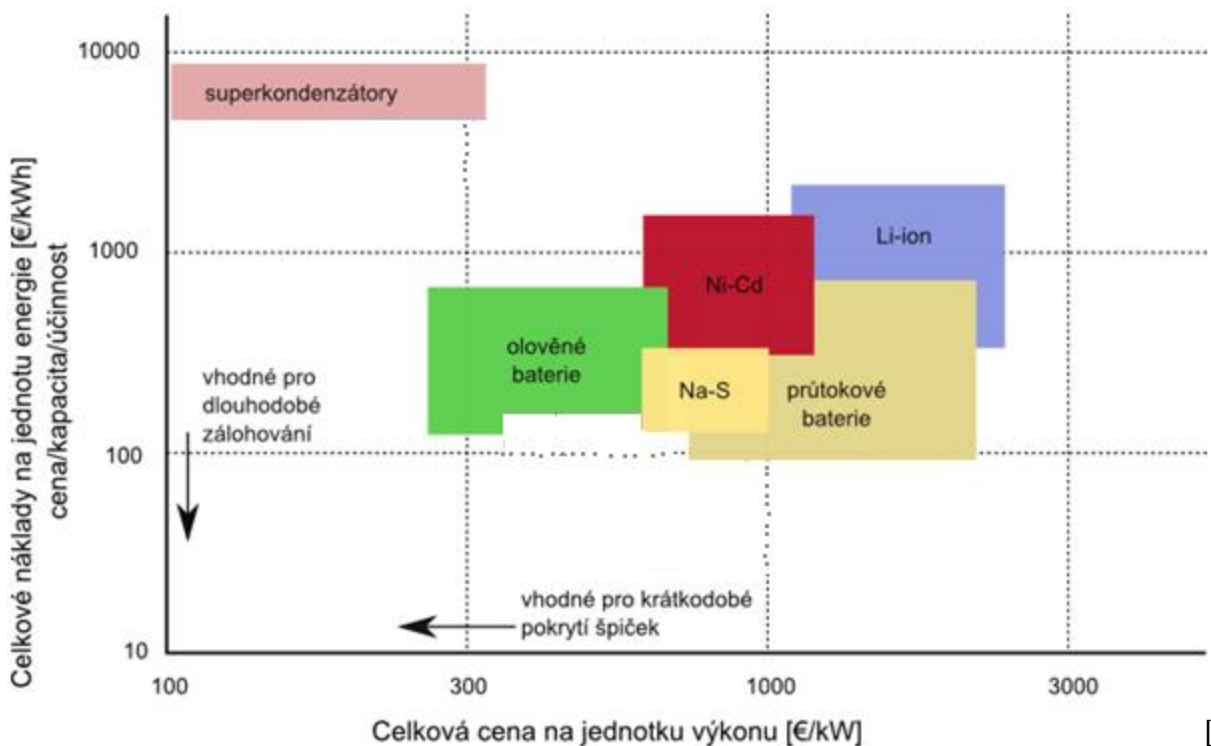
[14]

3.2 Grafická znázornění možností akumulace elektrické energie

Obr. 18 Graf zobrazující objemovou hustotu energie závislou na specifické hustotě energie

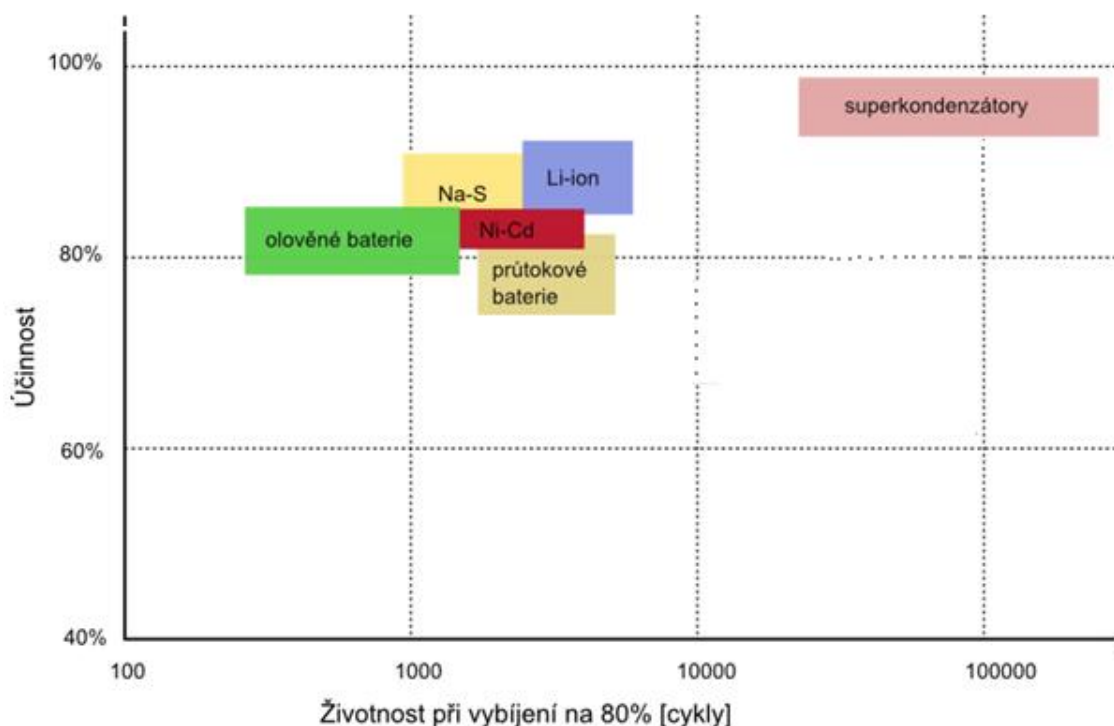


Obr. 19 Náklady na jednotku energie



[14]

Obr. 20 Závislost životnosti na účinnosti



4 Zhodnotení ekonomické návratnosti navrženého systému v aktuálních podmínkách roku 2012

4.1 Návratnost ostrovního systému

Bylo navrženo:

Tab. 7 Návrh FV systému

Typ modulu	CS6P-230P	monokrystal
Výkon modulu	230	Wp
Výška modulu	1,638	m
Šířka modulu	0,982	m
Plocha modulu	1,609	m ²
Počet modulů	22	ks
Plocha modulů	35,39	m ²
PV maximální výkon	5,06	kWp
Účinnost modulu	14,3	%
Teplotní koeficient	-0,43	%/°C
Účinnost vlivem sklonu a odchylkou od jihu	100	%
Ztráta vlivem teploty	3,87	%
Ztráta reflexí	3	%
Ztráta vedením	2	%
Účinnost modulů	91,38	%
Účinnost měničů	97,7	%

Globální záření pro Plzeňský kraj = 1156,63 kWh/m².rok.

Vzorec pro roční energetický zisk:

$$Plocha \cdot modul \cdot \cos(\alpha) \cdot \eta_{modul} \cdot \eta_{PV} = 5226 \text{ kWh} \quad [3]$$

Poměr ročního energetického zisku a instalovaného výkonu = 1032,71 kWh/kWp

Celkové náklady za instalaci FVE = 367 761 Kč (bez DPH)

Tab. 8 Ekonomická kalkulace

Roční energetický zisk	5226	kWh	cena
Celkové náklady	367 000	Kč	
Provozní náklady	1000	Kč	
Finanční výnos z PP	32 189	Kč	6,16 Kč/kWh
Finanční výnos z OS	23 515	Kč	4,50 Kč/kWh

* 4,50 Kč - cena nakupované elektřiny

Valorizace ceny: 3%

Valorizace zelených bonusů: 1%

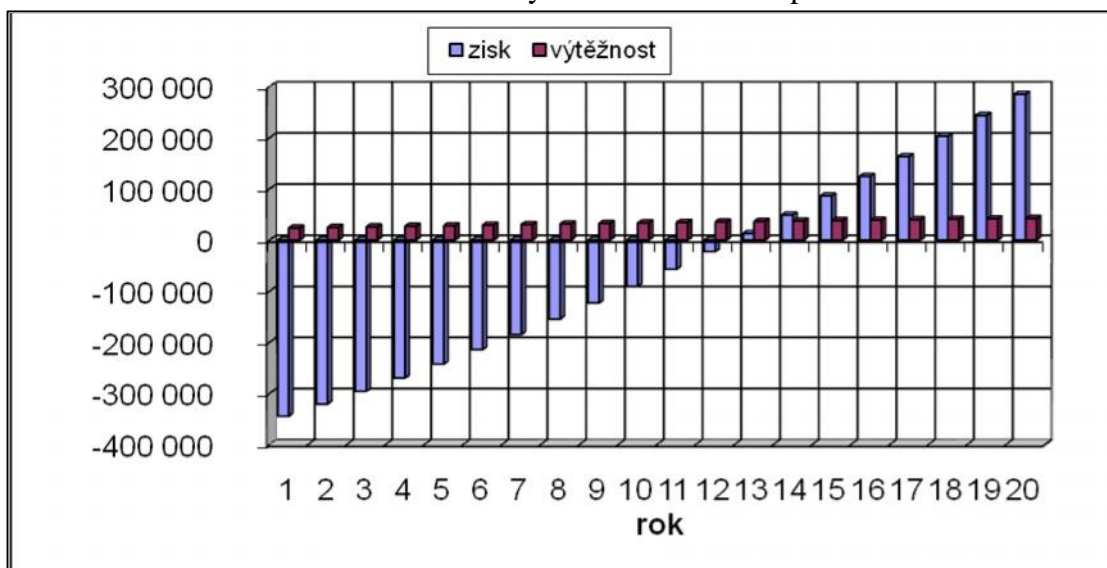
Zvýšení ceny nakupované elektřiny: 6%

Tab. 9 Pohled finančních toků, pro ostrovní provoz, v horizontu 20 let

rok (ode dne spuštění)	* výtěžnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	23 515	-368 000	-344 485	-344 485
2	24 718	-1 000	23 718	-320 767
3	25 898	-1 000	24 898	-295 869
4	27 054	-1 000	26 054	-269 816
5	28 186	-1 000	27 186	-242 629
6	29 296	-1 000	28 296	-214 333
7	30 381	-1 000	29 381	-184 952
8	31 443	-1 000	30 443	-154 509
9	32 482	-1 000	31 482	-123 027
10	33 497	-1 000	32 497	-90 530
11	34 488	-1 000	33 488	-57 042
12	35 457	-1 000	34 457	-22 585
13	36 401	-1 000	35 401	12 816
14	37 322	-1 000	36 322	49 138
15	38 220	-1 000	37 220	86 357
16	39 093	-1 000	38 093	124 451
17	39 944	-1 000	38 944	163 395
18	40 771	-1 000	39 771	203 166
19	41 574	-1 000	40 574	243 740
20	42 354	-1 000	41 354	285 094

* je započteno průměrné měřené stárnutí článků (max. 1%) a průměrná valorizace zelených bonusů, dále také měřené zvyšování ceny odebírané elektřiny

Obr. 21 Grafické znázornění návratnosti systému v ostrovním provozu



Z výpočtu a grafu je patrné, že návratnost ostrovního provozu nastane, v podmínkách roku 2012, za 12 let. Pro soběstačný provoz, v místech kde není možné připojení, je tato návratnost přijatelná.

4.2. Návratnost systému v zapojení PP a ZB

Pro srovnání zde bude uvedena návratnost, kdyby byl systém zapojen jako Pírný prodej a Zelený bonus.

Celkové náklady za instalaci FVE se nám sníží o komponenty pro ostrovní provoz (baterie, nabíječe Sunny Island), tzn. o 92 598 Kč. Celkové náklady pro Zelený bonus a Pírný prodej pak budou = 275 163 Kč. Bez DPH = 261 405 Kč.

Výkupní cena je garantována státem po dobu 20 let (z. 180/2005 Sb., vyhl. 150/2007 Sb.)

Regulovaná výkupní cena pro rok 2012 je pro zelený bonus pro FVE do 30 kWp (včetně) stanovena ve výši 5,08 Kč.

Regulovaná výkupní cena pro rok 2012 je pro Pírný prodej pro FVE do 30 kWp (včetně) stanovena ve výši 6,16 Kč.

Tab. 10 Ekonomická kalkulace

Roční energetický zisk	5 226	kWh	
Celkové náklady	261 405	Kč	
Provozní náklady	1000	Kč	
Finanční výnos z PP	32 189	Kč	6,16 Kč/kWh
Finanční výnos ze ZB (samospotřeba 0%)	26 546	Kč	5,08 Kč/kWh
Finanční výnos ze ZB (samospotřeba 30%)	35 168	Kč	5,50 Kč/kWh

Valorizace výkupní ceny: 3%

Valorizace zelených bonusů: 1%

Zvýšení ceny nakupované elektřiny: 6%

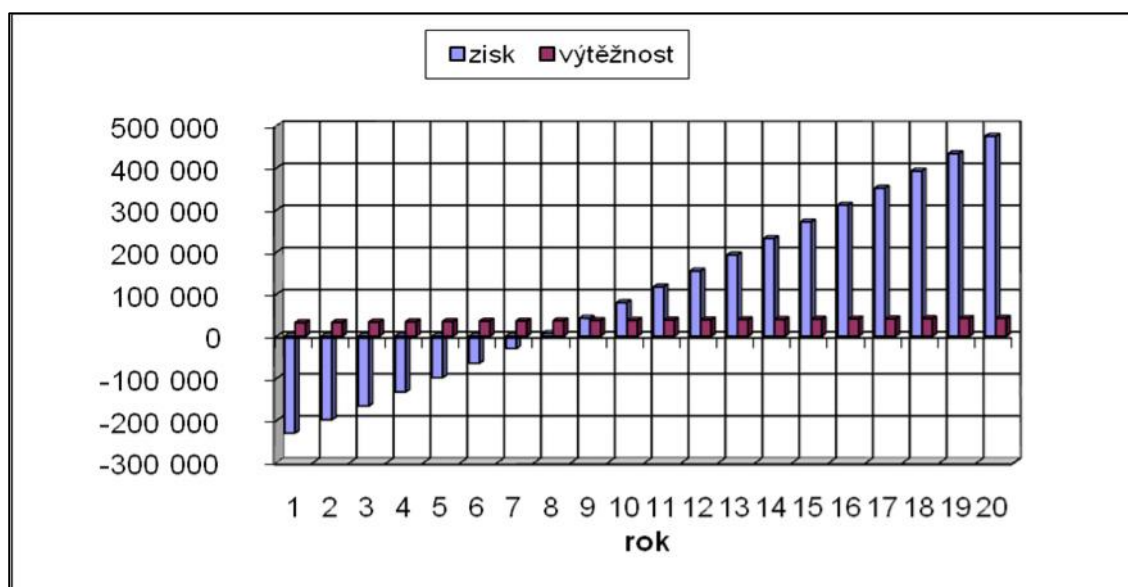
Návratnost u p ímého prodeje

Tab. 11 P ehled finan ních tok v horizontu 20 let

rok (ode dne spušt ní)	* výt žnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	32 189	-262 405	-230 215	-230 215
2	32 879	-1 000	31 879	-198 337
3	33 552	-1 000	32 552	-165 785
4	34 209	-1 000	33 209	-132 576
5	34 850	-1 000	33 850	-98 726
6	35 475	-1 000	34 475	-64 250
7	36 084	-1 000	35 084	-29 166
8	36 677	-1 000	35 677	6 511
9	37 254	-1 000	36 254	42 764
10	37 814	-1 000	36 814	79 579
11	38 359	-1 000	37 359	116 938
12	38 887	-1 000	37 887	154 825
13	39 400	-1 000	38 400	193 224
14	39 896	-1 000	38 896	232 120
15	40 376	-1 000	39 376	271 496
16	40 840	-1 000	39 840	311 337
17	41 288	-1 000	40 288	351 625
18	41 720	-1 000	40 720	392 345
19	42 136	-1 000	41 136	433 480
20	42 535	-1 000	41 535	475 016

*je zapo teno pr m rné meziró ní stárnutí lánk (max. 1%) a pr m rná valorizace výkupní ceny

Obr. 22 Grafické znázorn ní návratnosti z p ímého prodeje



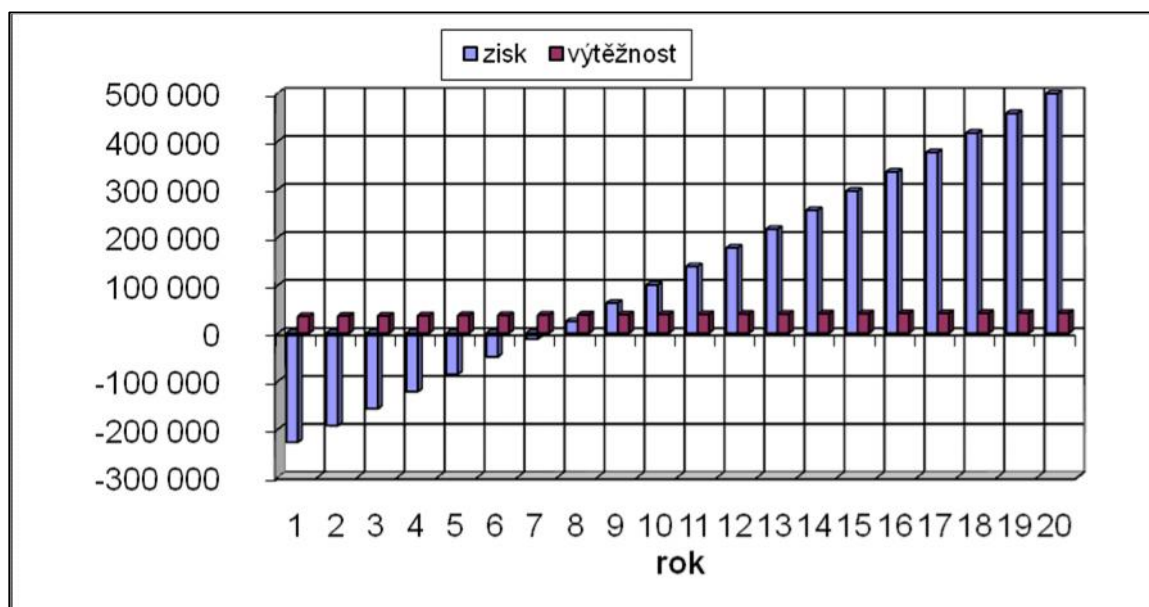
Z grafu p ímého prodeje vidíme, že oproti ostrovnímu provozu, zisku dosáhneme již po osmi letech.

Návratnost u zeleného bonusu s p ímou spot ebou

Tab. 12 P ehled finan ních tok v horizontu 20 let

rok (ode dne spušt ní)	* výt žnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	35 168	-262 405	-227 237	-227 237
2	35 651	-1 000	34 651	-192 586
3	36 121	-1 000	35 121	-157 465
4	36 578	-1 000	35 578	-121 887
5	37 022	-1 000	36 022	-85 864
6	37 453	-1 000	36 453	-49 411
7	37 871	-1 000	36 871	-12 540
8	38 276	-1 000	37 276	24 736
9	38 668	-1 000	37 668	62 405
10	39 047	-1 000	38 047	100 451
11	39 413	-1 000	38 413	138 864
12	39 765	-1 000	38 765	177 629
13	40 105	-1 000	39 105	216 735
14	40 432	-1 000	39 432	256 166
15	40 745	-1 000	39 745	295 912
16	41 046	-1 000	40 046	335 957
17	41 333	-1 000	40 333	376 291
18	41 608	-1 000	40 608	416 899
19	41 869	-1 000	40 869	457 768
20	42 118	-1 000	41 118	498 885

Obr. 23 Grafické znázorn ní návratnosti zeleného bonusu s p ímou spot ebou



[3]

Z výpo tu pro zelený bonus s p ímou spot ebou vidíme, že návratnost je p íbližn 8 let. Oproti p ímému p ípojení jsou zde vyšší zisky.

5 Závěr

V první části této práce jsem popsala fotovoltaický systém a vyjmenovala všechny způsoby zapojení. V další části jsem navrhla ostrovní systém, který se umístil na vzorový nízkoenergetický dům stojící v Plzeňském kraji, přesněji v městě Horní Bříza. Pro toto území byl spotřeba roční odhad solární výroby. Dále se pak spočetla roční elektrická spotřeba domácnosti (bez vytápění, to je realizováno formou plynového vytápění). Následně jsem navrhla solární systém, který zabezpečí samostatný elektrický chod domácnosti. Byly stanoveny letní i zimní varianty přebytku a nedostatku energie.

Ve zbytkové části této práce jsem podrobně popsala chemické způsoby akumulace elektrické energie. Především jejich výhody a nevýhody. Zjistili jsme, že nejpoužívanější jsou olověné akumulátory, následně pak Ni-Cd akumulátory. Zajímavou a novou variantou je akumulace energie v podobě proukových baterií, které jsou v současné době již dostupné.

Poslední část této práce se zaměřuje na ekonomickou návratnost z takového systému. Dle výpočtů by se investice vrátila za 13 let. Pro srovnání jsem zde uvedla i návratnost téhož systému, ale v zapojení přímého prodeje a zapojení zeleného bonusu se samospotřebou (tato zapojení jsou odpořtena od nákladů na ostrovní provoz - baterie, nabíječe). Na základě výpočtů možno konstatovat, že návratnost systému v zapojení přímého prodeje je 8 let a zapojení zeleného bonusu je také 8 let, ovšem s většími ročními zisky.

Na obhajobu ostrovního provozu je třeba říci, že systém je plně samostatný, co si vyrobí to sám spotřebuje a uloží do akumulátorů. Při nedostatku energie je připraven diesel agregát. Proud a směr energie idí vysoce kvalitní měniči Sunny Island, který vás přepne na potřebnou zálohu energie.

Použitá literatura

- [1] HENZE, A. - HILLENRAND, W.:Elektrický proud ze slunce. Nakladatelství HEL, 2000. ISBN 80-86167-12-7.
- [2] SRDE NÝ, K. - TRUXA, J.:Obnovitelné zdroje energie v jižních echách a Horním Rakousku. Vydáno. Praha: EkoWATT, 2000.
- [3] Odborné rady od firmy INTERSEKCE s.r.o.
- [4] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- [5] <http://www.scienceandtrade.com/cz/uskladneni-energie/technologie/2-vanadovy-akumulator>
- [6] <http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech/li-ion-akumulatory>
- [7] <http://oze.tzb-info.cz/7435-akumulace-elekriny>
- [8] <http://wolfsolar.webnode.cz/fotovoltaika/>
- [9] <http://www.electroworld.cz>
- [10] <http://www.haas-fertigbau.cz/katalog-rodinne-domy/rodinny-dum/harmony-2/>
- [11] <http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2007/11/Krivak.pdf>
- [12] http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_popis_tehnologie.php
- [13] MEDEK, F.: Netradi ní zdroje energie a architektura. VUT, 2000. ISBN 80-01-01198-4
- [14] <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elekriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elekraren.aspx>
- [15] <http://www.trubicove-kolektory.cz/mapa.html>

P ílohy

P íloha A - technický list použitého solárního panelu



CS6P

220/225/230/235/240/245/250M



Key Features

- 6 years product warranty (materials and workmanship); 25 years module power output warranty
- Industry leading plus only power tolerance: +5W (+2%)
- Strong framed module, passing mechanical load test of 5400Pa to withstand heavier snow load
- The 1st manufacturer in the PV industry certified for ISO:TS16949 (The automotive quality management system) in module production since 2003
- ISO17025 qualified manufacturer owned testing lab, fully complying to IEC, TUV, UL testing standards

On-grid Module

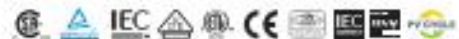
CS6P is a robust solar module with 60 solar cells. These modules can be used for on-grid solar applications. Our meticulous design and production techniques ensure a high-yield, long-term performance for every module produced. Our rigorous quality control and in-house testing facilities guarantee Canadian Solar's modules meet the highest quality standards possible.

Applications

- On-grid residential roof-tops
- On-grid commercial/industrial roof-tops
- Solar power stations
- Other on-grid applications

Quality Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, CE
- ISO9001: 2008: Standards for quality management systems
- ISO/TS16949:2009: The automotive quality management system
- QC080000 HSPM: The Certification for Hazardous Substances Regulations



www.canadiansolar.com

CS6P-220/225/230/235/240/245/250M

Electrical Data

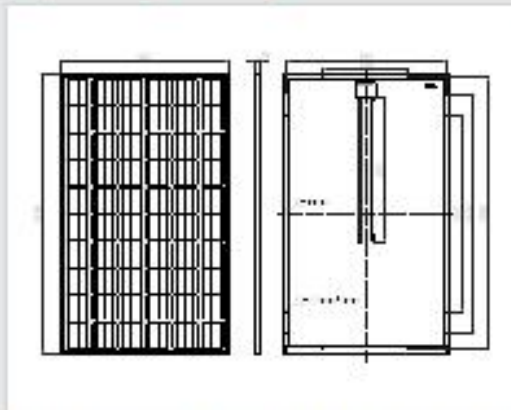
	CS6P-220M	CS6P-225M	CS6P-230M	CS6P-235M	CS6P-240M	CS6P-245M	CS6P-250M
Nominal Maximum Power at STC (Pmax)	220W	225W	230W	235W	240W	245W	250W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.5V	29.7V	29.9V	30.1V	30.2V	30.3V	30.4V
Optimum Operating Current (Imp)	7.45A	7.58A	7.70A	7.82A	7.95A	8.09A	8.22A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Short Circuit Current (Isc)	7.97A	8.07A	8.22A	8.34A	8.46A	8.61A	8.74A
Operating Temperature	-40°C~+85°C						
Maximum System Voltage	1,000V (IEC) /600V (UL)						
Maximum Series Fuse Rating	15A						
Power Tolerance	+5W						
Temperature Coefficient	Pmax	-0.45%/°C					
	Voc	-0.35%/°C					
	Isc	0.060%/°C					
	NOCT	45°C					

Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C

Mechanical Data

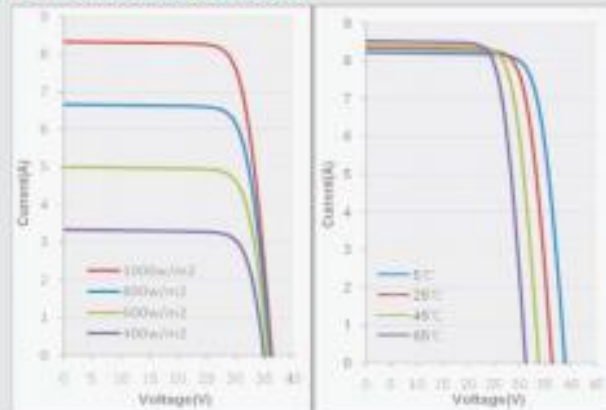
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	60 (6 x 10)
Dimensions	1638 x 982 x 40mm (64.5 x 38.7 x 1.57in)
Weight	20kg (44.1 lbs)
Front Cover	Tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
Standard Packaging (Modules per Pallet)	20pcs

Engineering Drawings



*Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice.

I-V Curves (CS6P-250M)



Model no. CS6P Copyright © 2011 IEC used is not able to a

About Canadian Solar

Canadian Solar Inc. is one of the world's largest solar companies. As a leading vertically-integrated manufacturer of ingots, wafers, cells, solar modules and solar systems. Canadian Solar delivers solar power products of uncompromising quality to worldwide customers. Canadian Solar's world class team of professionals works closely with our customers to provide them with solutions for all their solar needs.

Canadian Solar was founded in Canada in 2001 and was successfully listed on NASDAQ Exchange (symbol: CSIQ) in November 2006. Canadian Solar is on track to expand cell capacity to 700MW and module capacity to 1.3GW in 2010.

Headquarters | 650 Riverbend Drive, Suite B
 Kitchener, Ontario | Canada N2K 3S2
 Tel: +1-519-954-2057
 Fax: +1-519-578-2097
 Inquire.ca@canadiansolar.com
 www.canadiansolar.com



25-Year Insurance Backed Warranty

In addition to our comprehensive Standard Warranty, Canadian Solar has purchased product warranty insurance to “back-stop” our product warranty. This insurance applies to our warranty against workmanship and material defects and our performance warranty. Our standard warranty is as follows: 10-year warranty for material and workmanship, and a linear power performance warranty that guarantees the actual power output of its modules will be no less than 97% of the labeled power output during the first year, and will decline by no more than 0.7% annually so that by the end of year 25 the actual power output will be no less than 80% of the module’s labeled power output.

This insurance policy, purchased through PowerGuard Specialty Insurance Services, is underwritten by the following three reputable investment grade insurance carriers:

Companion Property Casualty Insurance Company (A.M. Best Credit Rating: A VIII)
www.companiongroup.com

International Insurance Company of Hannover Limited (A.M. Best Credit Rating: A XV)
www.inter-hannover.com

RSUI Indemnity Company (A.M. Best Credit Rating: A XII)
www.rsui.com

Canadian Solar’s customers, whose panels have been registered by Canadian Solar, will enjoy a global, irrevocable, immediate coverage based warranty which provides third-party rights to the policy in case of insolvency or bankruptcy.

Highlights:

- Immediate coverage (no waiting period)
- 25-year non-cancellable term (even if Canadian Solar becomes insolvent or bankrupt)
- A.M. Best rated “A” VIII or better investment grade insurance underwriters (enhanced bankability)
- Insurance Program fully insures the Comprehensive Canadian Solar Warranty including design defect, workmanship and power output coverage
- Allowing Third-Party policy rights (satisfies investors/bankers requirements)

Please contact Canadian Solar’s Customer Service should you have any questions. In the unlikely event that Canadian Solar is insolvent, please call Mike McMullen, Managing Principal, PowerGuard Specialty Insurance Services at the following number: +1-949-224-1325 or e-mail to csiclaims@powerguardins.com

