

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Fotovoltaická elektrárna většího výkonu (2MW)

**vedoucí práce: Ing. Jiří Polívka
autor: Michal Rod**

2012

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na techniku získávání elektrické energie ze slunečního záření, dále na stavbu fotovoltaických elektráren a porovnání dvou konkrétních staveb s diametrálním výkonovým rozdílem, efektivity obou projektů. Určení, zhodnocení a porovnání ekologického zatížení u těchto projektů navzájem. Ekonomické řešení projektů a výhodnost stavby, provozu a likvidace jednotlivých výkonových typů fotovoltaických elektráren.

Klíčová slova

Solární, fotovoltaická, elektrárna, výkon, panel, string, střídač, vývoj, náklady, návratnost, recyklace, ekologie.

Abstract

The bachelor work is focused on a technique of obtaining electricity from solar radiation further the construction of photovoltaic power plants and a comparison of two specific buildings with diametrical power difference and efficiency of these two projects. Identification, evaluation and comparison of environmental burdens at each of these projects. Economic resolution of projects and advantage of construction, working and disposal of each type of photovoltaic power plants.

Key words

Solar, photovoltaic, power, performance, panel, string, inverter, development, costs, return, recycling, ecology.

Prohlášení

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

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

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

V Plzni dne 2.6.2012

Michal Rod

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Polívkovi, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	9
ÚVOD	10
1. ELEMENT FOTOVOLTAIKY	11
1.1 PRINCIP PŘEMĚNY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ELEKTRICKOU ENERGIÍ	11
<i>Fyzikální princip</i>	11
1.2 CESTA OD PANELU K ZÁSUVCE	12
1.2.1 <i>Solární panel</i>	12
1.2.2 <i>Subcombiner / controller</i>	13
1.2.3 <i>Střídač napětí a proudu</i>	13
1.2.4 <i>Transformátor/y</i>	14
1.2.5 <i>Vlastní zázemí elektrárny</i>	14
2 POPIS A CENA KONKRÉTNÍCH FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN	15
2.1 FVE HRUŠOVANY	15
2.1.1 <i>Vybrané parametry</i>	15
2.1.2 <i>Instalované komponenty a technické provedení</i>	16
2.1.3 <i>Výpočet nákladů na výstavbu FVE Hrušovany</i>	17
2.1.4 <i>Výpočet návratnosti FVE Hrušovany</i>	18
2.2 FVE RALSKO + MIMOŇ	19
2.2.1 <i>Vybrané parametry</i>	19
2.2.2 <i>Instalované komponenty a technické provedení</i>	20
2.2.3 <i>Výpočet nákladů na výstavbu FVE Ralsko</i>	23
2.2.4 <i>Výpočet návratnosti FVE Ralsko</i>	24
3 DOTACE NA NEPOŘÁDEK	25
3.1 HISTORIE VÝVOJE VÝKUPNÍCH CEN EL. ENERGIE	25
3.2 VÝVOJ CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE	27
3.3 VÝVOJ INSTALOVANÉHO VÝKONU V ČR A POROVNÁNÍ S VÝVOJEM CEN	29
4 EKOLOGIE SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNY	31
<i>Ekologická likvidace</i>	31
5 ZÁVĚR	33
6 POUŽITÁ LITERATURA	34
PŘÍLOHY	1 - 8

Seznam symbolů a zkratek

FVE	-	Fotovoltaická elektrárna
DC, AC	-	Stejnoseměrný, střídavý proud
PN	-	Polovodičový přechod
P, N	-	Typy polovodičového materiálu
Hz, V, KV, A	-	Jednotky el. veličin Hertz, Volt, kilo Volt, Ampér
el.	-	Elektrické, elektrický
kW _p , W, MW	-	Kilowatt špičkový, Watt, Megawatt
atd.	-	A tak dále
h.	-	Hodin, hodina
mil.	-	Milion, milionů
Ha	-	Hektarů
Ks	-	Kus, kusů
vč.	-	Včetně
GmbH	-	Německy s.r.o. (s ručením omezeným)
Kg	-	Kilogram
°C	-	Stupňů Celsia
PWM	-	Druh řízení spínání polovodičových prvků (u střídače)
IGBT	-	Druh tranzistoru

Seznam obrázků a grafů

<i>Název obrázku/grafu</i>		<i>Číslo</i>	<i>Strana</i>
PN přechod	-	1.1	12
Poloha FVE Hrušovany	-	2.1	15
Solární panel CS6P	-	2.2	16
Střídač Fronius IG 500	-	2.3	16
Poloha FVE Ralsko a Mimoň	-	2.4	19
Odpojovač SERW 3SHT-1220	-	2.5	20
Rozvodna ABB ZX-2	-	2.6	21
Satcon SSC	-	2.7	21
Pyranometr	-	2.8	21
Střídač Satcon PowerGate Plus	-	2.9	22
Vývoj výkupních cen el. energie	-	3.1	26
Vývoj cen el. energie	-	3.2	27
Vývoj cen el. energie různých dodavatelů	-	3.3	28
Vývoj instalovaného výkonu a počtu FVE v ČR	-	3.4	29
Porovnání výstavby FVE k nárůstu výkupních cen el. energie pro FVE	-	3.5	30

Úvod

Tato práce je zaměřena na globální problematiku fotovoltaických systémů, využívání obnovitelných zdrojů energie, konkrétně sluneční, popis základních principů získávání elektrické energie ze slunečního záření. Obecné principy a technologie získávání energie slunce byly v minulosti řešeny a vyřešeny, popsány a uvedeny do praxe.

Proto se v první ze tří částí bude práce zabývat popisem základních principů a fyzického provedení přeměny sluneční energie na energii elektrickou. Dále energetickou bilancí jednotlivých panelů a konstrukcí.

Ve druhé části jsou řešeny základní parametry a cena fotovoltaické elektrárny, a to na dvou konkrétních příkladech, FVE Ralsko a FVE Hrušovany. Tyto modely byly vybrány pro diametrální rozdíl dodávaného výkonu do elektrické sítě, ale principiálně stejnou stavbu a užívání. To nabízí možnost srovnání a vyvolává otázky, které nevyplývají z pohledu na FVE jako takovou.

Třetí část se zabývá pohledem na fotovoltaické systémy resp. elektrárny ze dvou hledisek. Prvním je ekonomický resp. finanční pohled a role státu, velkých energetických společností a s touto problematikou souvisejících regulačních úřadů, jejich vliv na výstavbu FVE a průběh výstavby, dále na udržování a likvidaci FVE v době kdy se stanou ekonomicky nevýhodnými, nebo kdy dojde na hranici jejich životnosti. Dnešní trend vyvolává snahu investorů co nejvíce získat za co nejméně, stavby mění své majitele téměř tak často jako automobily a to není z rozmaru, je potřeba zdůraznit jak systém funguje.

Druhým pohledem je vliv výstavby FVE na životní prostředí, integritu přírody jako systému, který stavby svou velkou rozlohou, a nejen tou, jistě narušují. Životnost solárních systémů není v dnešní době tak dlouhá, aby bylo možné ji opomíjet, jak se v případě velkých investorských zájmů děje. To vyvolává otázky, které se týkají budoucnosti a které budou v této části položeny a zodpovězeny.

1. Element fotovoltaiky

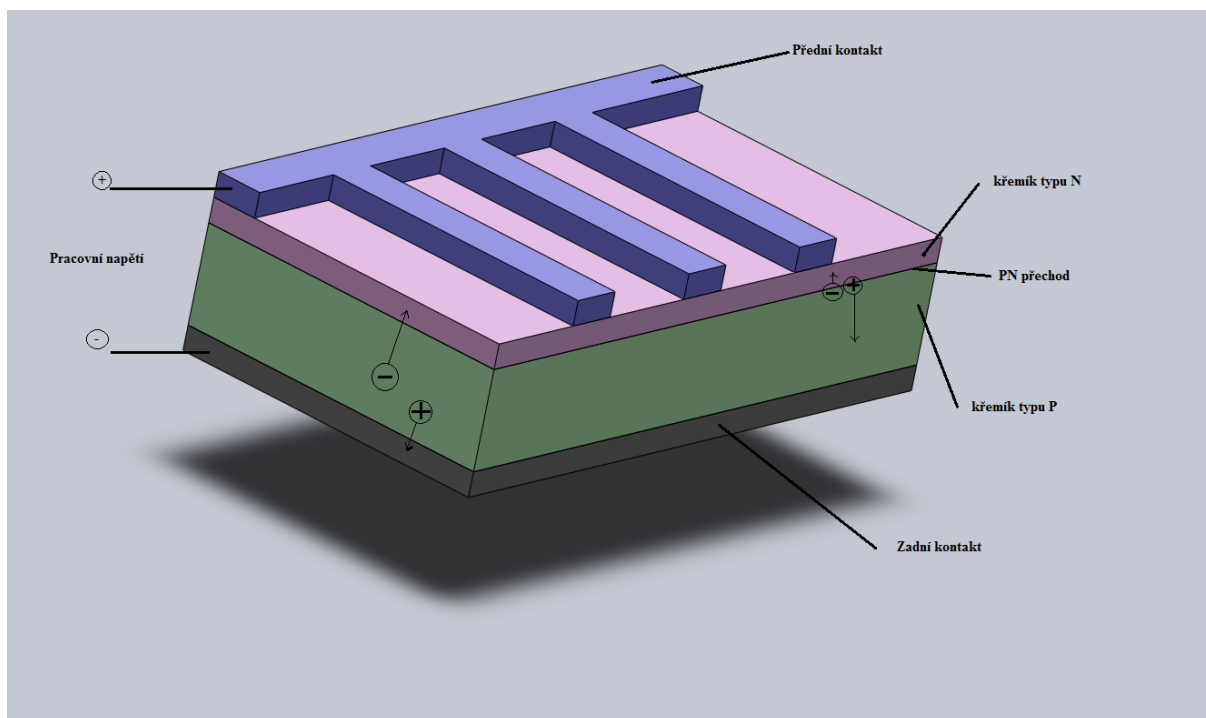
Fotovoltaické systémy nám umožňují přeměnu energie slunečního záření na energii elektrickou. Teoreticky se jedná o nevyčerpatelný zdroj energie, který ovšem nelze využívat jako jediný i navzdory neustálé sluneční aktivitě. Objev principu přeměny sluneční energie na elektrickou a jeho postupná komercializace však umožňují dodávku elektrické energie na místech, kam by byl přívod rozvodnou sítí komplikovaný až nemožný. Ideálním příkladem jsou polární expedice, které v dnešní době využívají vlastní malé elektrárny. Aplikace fotovoltaických elektráren takovýchto rozměrů, určení a výkonů je velmi progresivní, prospěšná a téměř bezproblémová. Elektrárny větších výkonů využívané v elektrických sítích po celém světě plní také bezesporu jen těžko zastupitelné úlohy, ale už s sebou přinášejí technické problémy a komplikace. K upřesnění těchto se postupně dobereme.

1.1 Princip přeměny slunečního záření na elektrickou energii

Základní otázkou je, jak získat elektrickou energii ze slunce. K tomu slouží dva druhy koncového zařízení, a to solární panely a solární kolektory. Kolektor využívá principu ohřevu média a následného předání energie v podobě tepla, to se využívá pro ohřev vody do bazénů kupříkladu, ale v elektrotechnice to velké využití nemá. Solární panel je konstruován na principu reakce fotonů s pevnou polovodivou látkou. V současnosti jsou nejrozšířenější panely na bázi křemíku pro jeho velký výskyt v přírodě, jedná se o jeden z nejrozšířenějších prvků. To s sebou přináší i poměrně levnou cenu v porovnání s jinými vhodnými prvky, např. galiem. Cena, četnost a využívání křemíku vedly k velkému prozkoumání tohoto prvku. Křemík není jedovatý, to je v době zásadních ekologických otázek a objevů velmi důležité, a to v neposlední řadě.

Fyzikální princip

Nejjednodušším fotovoltaickým elementem je PN přechod se dvěma elektrodami. Tato problematika je ve své podstatě zkoumání jinak složitá, proto se zde budeme zabývat jen základním principem a ukázkou. Fotony dopadající na přechod PN, dodávají energii elektronům k jejich uvolnění a následné rekombinaci jinde, vzhledem k vyčerpané oblasti na přechodu. To celé způsobuje urychlení elektronů do oblasti typu N a děr do oblasti typu P a vzniká tak elektrická energie.



Obr. 1.1 PN přechod

1.2 Cesta od panelu k zásuvce

V této kapitole je potřeba probrat základní bloky a části fotovoltaické elektrárny, schéma jejich zapojení a stručný popis funkce jednotlivých částí, které ji v celku tvoří.

1.2.1 Solární panel

Na trhu je k dispozici velké množství výrobců a produktů, jak už bylo zmíněno v předešlé kapitole. Nejpoužívanějšími panely jsou křemíkové monokrystalické, ty spolu s polykrystalickými patří do skupiny technologie tlustých vrstev, panel je konstruován z křemíkových plátů, ať už mono nebo polykrystalických. Dalšími skupinami jsou technologie tenkých vrstev, ty jsou tvořeny nosnou plochou (např. textilií, sklem, atd.), na níž jsou napařeny velmi tenké vrstvy mikrokrystalického nebo amorfního křemíku. Množství použitého křemíku je nižší než u tlustovrstvých, ale životnost a účinnost panelů je nižší. Nekřemíkové technologie jsou převážně ve stádiu vývoje. Nefungují na principu klasického PN přechodu, ale různých organických sloučenin a polymerů. Solární panel je složen co do plochy z cca 10cm velkých tlustovrstvých křemíkových krystalů. Jejich počet v jednom panelu se liší s rozměry a výkonem celé jednotky, největší vyráběné výkony jsou až 280W, v panelu výkonu 200W je přibližně 72 krystalů a panely tohoto výkonu $\pm 15\%$ jsou nejčastěji

instalovány. V případě potřeby většího napětí se řadí panely do takzvaných stringů sériově, panely jsou kategorizovány dle výstupního napětí 12V, 24V a 32V. Např. na FVE Ralsko jsou instalovány panely s napětím 32V a ve stringu je řazeno v sérii 8 panelů. Stringy jsou dále spojovány paralelně do tzv. polí, pro získání požadovaného výkonu, množství stringů v poli není teoreticky omezeno, prakticky situačními možnostmi, vstupním výkonem střídače a efektivitou zapojení.

1.2.2 Subcombiner / controller

Jedná se zařízení, která je zapojeno k příslušnému řazení panelů, tedy ke každému stringu. Toto zařízení získává hodnoty měřených veličin a přenáší je datovými linkami k dalšímu zpracování do řídicího místa. Měří se teplota panelů, procházející proud a zajišťuje komunikace a chybová hlášení. U systémů s uchováním energie v bateriích řídí jejich vybíjecí a dobíjecí cykly, tedy tok energie na straně stejnosměrného napětí. Elektrárny velkých výkonů toto nevyužívají z technologických důvodů, vzhledem k náročnosti a neefektivitě uchování elektrické energie v bateriích. Ani samotné controllery nejsou u velkých fotovoltaických elektráren fyzicky umístěné u každého stringu, jsou obvykle součástí zapouzdřeného střídače.

1.2.3 Střídač napětí a proudu

Je to nejzásadnější část celé elektrárny. Doposud jsme se zabývali výrobou elektrické energie a kontrolou prvotních stavů této energie, ale elektrická síť resp. energie v elektrické síti je přenášena na napěťových hladinách s kmitočtem 50Hz a na hladině 400/230V 50Hz také v naprosté většině případů spotřebovávána. Střídač je jedním ze dvou měničů elektrické energie, které jsou používány ve fotovoltaických elektrárnách, tím druhým je transformátor (viz další bod). Tento měnič převádí stejnosměrné napětí a proud na střídavé s kmitočtem 50Hz. Třífázový napěťový střídač je mimo řídicích obvodů resp. bloků, obvodů pro měření a příp. komunikačních bloků, které zde nebudou uvažovány pro svou vlastní složitost, složen z dvanácti polovodičových prvků, jedná se o šest vypínatelných součástí (např. tranzistory IGBT) a šest diod tzv. zpětných. Spínáním jednotlivých prvků, to je zajištěno šířkově pulsně modulovaným řízením (PWM), dojde k rozstřídání stejnosměrné energie na výstupu ze střídače. I tato problematika je složitá a popsána v mnoha publikacích, proto zde nebude důkladněji zkoumána. Více je u příkladů jednotlivých elektráren v kapitole 2.

1.2.4 Transformátor/y

Transformátor slouží k přeměně parametrů elektrické energie mezi jednotlivými napěťovými hladinami. Je to elektrický netočivý stroj, který umožňuje změnu parametrů střídavé elektrické energie na principu elektromagnetické indukce. Transformátor se skládá nejčastěji ze dvou vinutí, a to primárního a sekundárního, dále z magnetického obvodu různých tvarů, na němž jsou vinutí umístěna. U třífázových transformátorů se vinutí primáru a sekundáru spojují do hvězdy, trojúhelníka, lomené hvězdy a dalších. Proud procházející primárním vinutím indukuje do magnetického obvodu tok, který v sekundárním vinutí indukuje sekundární napětí. Dle počtu závitů jednotlivých vinutí se upravují parametry výstupní energie. Jako u střídače lze o principu a okolnostech transformace popsat mnoho, proto to zde nebude dále rozváděno. U fotovoltaické elektrárny dochází k prvotní transformaci za střídačem z výstupní hodnoty napětí střídačena napětí určené k dalšímu transformování nebo zpracování. V příkladu FVE Ralsko je to 265V AC na 35 kV AC. K dalším transformacím potom dochází na výstupu z elektrárny do rozvodné (přenosové) sítě na příslušné napěťové hladiny.

1.2.5 Vlastní zázemí elektrárny

K provozu neuživatelských elektráren je samozřejmě zapotřebí tak jako v každé jiné elektrárně určité zázemí. Jedná se o odbočky vlastní spotřeby pro monitorovací, řídicí a zabezpečovací systémy. Budovy se zázemím pro obsluhu a ostrahu elektrárny. Diesel-generátory, které zajišťují dodávku energie do okruhů zabezpečení a bezpečného odpojení zařízení v případě poruchy. Pro představu vlastní zázemí u malých FVE je uloženo v jedné stavební buňce, u větších FVE se počet stavebních buněk zvětší, případně jsou postaveny malé domky. Není to nijak náročná stavební část elektrárny ani nijak notně velká, vzhledem k tomu, že řízení elektráren je povětšinou dálkové z dispečinku.

Blokové schéma rozložení jednotlivých částí FVE, viz příloha A.

2 Popis a cena konkrétních fotovoltaických elektráren

2.1 FVE Hrušovany

Prvním vhodným realizovaným projektem pro srovnání je Fotovoltaická elektrárna Hrušovany, je zvolena pro svůj instalovaný výkon, velikost, datum uvedení do provozu a umístění na téměř dokonalém území v rámci české republiky, viz příloha B.



Obr. 2.1 Poloha FVE Hrušovany

2.1.1 Vybrané parametry

- *Rok uvedení do provozu:* **listopad/2009**
- *Instalovaný výkon:* **3,73 MW**
- *Průměrná roční výroba:* **3,7 mil. kWh**
(1100 domácností)
- *Průměrný roční úhrn slunečního záření:* **1125 kW/m²**
- *Průměrná roční doba slunečního záření:* **1810 h**
- *Roční průměrný počet bezoblačných dní:* **66 dní**
- *Zastavěná plocha:* **7 Ha**
- *Počet panelů:* **17 000 ks**

2.1.2 Instalované komponenty a technické provedení

Solární panely

Jako zdroj energie byly instalovány na fotovoltaické elektrárně Hrušovany panely kanadského výrobce, společnosti Canadian Solar Inc., s modelovým označením ClearPower CS6P. Tento výrobce vlastní, jako jeden z mála, i vlastní výrobu křemíkových destiček montovaných ve svých panelech. Panel CS6P je polykrystalický, fixně upevněný panel. Výkon instalovaných panelů je 220 - 230 Wp na jeden panel. Optimální pracovní napětí jednotky je $29,4 \pm 0,2$ V a hodnota optimálního pracovního proudu je $7,65 \pm 0,13$ A. Z maximálních hodnot je pro napětí určeno výrobcem $36,7 \pm 0,1$ V a pro proud $8,19 \pm 0,11$ A. Pracovní teplota panelu je -40 až +85 °C, optimální pracovní teplota panelu je 45 ± 2 °C a s odchylkou od této hodnoty klesá účinnost panelu o $0,43\% / ^\circ\text{C}$. Z mechanických vlastností stojí za zmínku váha panelu, která činí 20 Kg, a tloušťka ochranného skla, která je 3,2 mm. Panely jsou montovány na hliníkovou nosnou konstrukci německého výrobce Schletter, usazenou na pozinkovaných ocelových zarážených pilotách. Více katalogový list výrobce, příloha D.



Obr. 2.2 Solární panel CS6P

Střídače



Obr. 2.3 Střídač Fronius IG 500

K přeměně elektrické energie jsou na fotovoltaické elektrárně Hrušovany instalovány centrální střídače rakouské společnosti Fronius International GmbH s typovým označením Fronius IG 500, které jsou při venkovním použití umístěny do technologických kontejnerů. Rozsah vstupního napětí je 210 – 420 V a maximální hodnota je 530 V. Maximální vstupní proud je 205 A. Z výstupních údajů, jmenovitý výkon 40 kW, maximální účinnost je 94,3%, Euro účinnost je 93,5%, účinník udávaný výrobcem je 1. Z mechanických údajů je zajímavá váha měniče, a to 265 Kg, a rozsah pracovních teplot okolí -20 - +50 °C.

2.1.3 Výpočet nákladů na výstavbu FVE Hrušovany

Výpočet nákladů na realizaci takového projektu je v této práci pouze přesným odhadem. Cenu takové zakázky určuje mnoho faktorů, na které má vliv konkrétní jednání investorů s dodavateli stavby potažmo dodavateli komponentů a práce na stavbě. Výsledná cena je určena jako průměr cen různých stavebních firem zabývajících se výstavbou fotovoltaických elektráren.

První určení ceny je z nabídky velké společnosti Sollaris s.r.o., která nabízí výstavbu fotovoltaických elektráren „na klíč“ za cenu 37 000 Kč na 1 kWp. Lze předpokládat, že na elektrárně velikosti Hrušovany vznikne množstevní sleva a konkurenční boj, to sníží cenu na 1kWp o 20% (to je obdobné u jednotlivých dodavatelů). Ceno pro tuto kalkulaci je tedy 29 600 Kč na 1 kWp. Do celkové ceny se přičte 30% vypočtené ceny, to zahrne náklady na prvky, které je nutné pořídit k elektrárně takového rozsahu.

<i>Počet kWp</i>	<i>Cena na jeden kWp</i>	<i>Cena</i>
3 730	29 600 Kč	110 408 000 Kč
		<i>Celková cena</i>
	+30%	143 530 400 Kč

Druhou metodou určení ceny celého zařízení je výpočet z průměrné ceny na jeden panel, ve které je zahrnuta i cena konstrukčních prvků, kabelových vedení a ostatního zařízení elektrárny. Cena na jeden panel je 11 000 Kč, dle firmy Alter-eco s.r.o., po zohlednění 20 % slevy na množství a započtení ostatních potřebných komponent.

<i>Počet panelů</i>	<i>Cena jednoho panelu</i>	<i>Celková cena</i>
17 000	11 200 Kč	190 400 000 Kč

Celková orientační cena FVE Hrušovany je určena průměrem těchto dvou vypočtených cen, což pro pozdější potřebu postačí.

Celková orientační cena FVE Hrušovany je **166 965 200 Kč**.

2.1.4 Výpočet návratnosti FVE Hrušovany

Stejně jako výpočet nákladů na výstavbu této elektrárny je i výpočet návratnosti jen odhadem s určitou přesností. V této problematice hraje roli mnoho faktorů, z nichž některé jsou v době tvorby této práce v řešení s nejasným závěrem. Dvěma největšími jsou výkupní cena elektrické energie a životnost fotovoltaické elektrárny resp. solárních panelů. Výkupní cenu garantuje stát resp. Energetický Regulační Úřad na 20 let od připojení dané elektrárny do sítě. Garantovaná životnost panelů většinou výrobců je min. 20 let a udávaná 20 – 30 let. Toto je v celku jasné a jednoduché, ale na výkupní cenu a její garanci je momentálně uvalena srážková daň, tou se stát snaží snížit i cenu elektrické energie u koncového zákazníka (to bude probíráno dále). Tato daň nebude ve výpočtech uvažována, protože je skrze ni v přípravě mezinárodní arbitráž na Českou Republiku ze strany IPVIC (International PhotoVoltaic Investors Club) a městský soud ji již v minulosti označil za protiprávní. Pro úplnost, srážková daň činí aktuálně 26% z příjmů solárních elektráren. Započtená daň je 15% jako u ostatních příjmů v daňovém systému ČR a DPH se nezapočítává, protože je přidána k ceně za 1kWh a následně odvedena finančnímu úřadu ve zdaňovacím období.

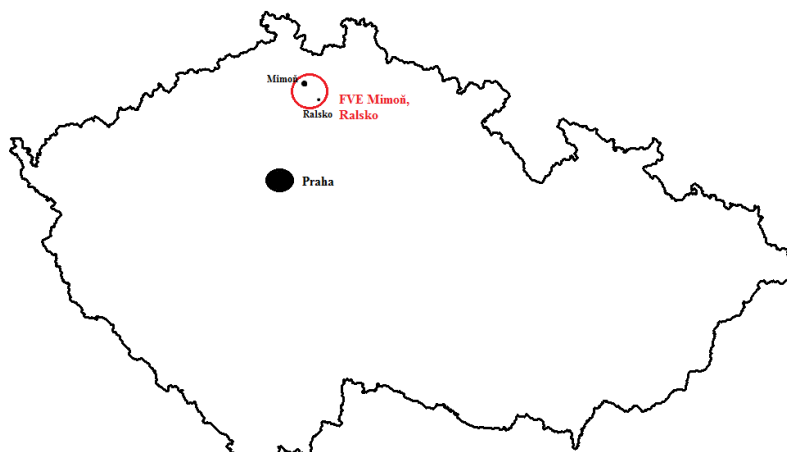
Výkupní cena za 1kWh je pro elektrárnu Hrušovany vzhledem k datu uvedení do provozu a velikosti elektrárny 12,65 Kč. Uvažujeme-li garanci na 20 let bez srážkové daně, bude návratnost takováto:

<i>Výroba energie za 1rok</i>		3,7 mil. kWh
<i>Příjem FVE za 1 rok</i>	3 700 000 * 12,65	46 805 000 Kč
<i>Odečet daně z příjmu</i>	46 805 000-15%	39 784 250 Kč
<i>Výroba energie za 20 let</i>	3 700 000 * 20	74 000 000 kWh
<i>Příjem FVE za 20 let</i>	39 784 250 * 20	795 685 000 Kč
<i>Kontrolní výpočet</i>	74 000 000 * 12,65	936 100 000 Kč
<i>Odečet daně z příjmu</i>	936 100 000-15%	795 685 000 Kč
<i>(zisk během udané životnosti</i>	795 685 000-166 965 200	628 719 800 Kč)
<i>Návratnost FVE Hrušovany</i>	166 965 200 / 39 784 250	4,2 roků

Nelze předpokládat, že bude množství vyrobené energie po dvaceti letech odpovídat vypočtené hodnotě, záleží to na počasí a krátkodobém stavu podnebí. Návratnost čtyři roky a přibližně dva měsíce je pravděpodobně nadsazená, významní investoři se řídí pravidlem, že investice s návratností deset let je dobrá investice. I kdyby to pro FVE bylo reálně až 6 let, je to pořád velmi dobrá investice.

2.2 FVE Ralsko + Mimoň

Druhým vhodným realizovaným projektem pro srovnání je Fotovoltaická elektrárna Ralsko, je taktéž zvolena pro svůj instalovaný výkon, velikost, datum uvedení do provozu a umístění na ne zrovna vhodném místě v rámci české republiky, viz příloha B.



Obr. 2.4 Poloha FVE Ralsko

2.2.1 Vybrané parametry

- | | |
|--|---|
| • Rok uvedení do provozu: | konec r. 2010 |
| • Instalovaný výkon: | 38,269 + 17,494 MW |
| • Průměrná roční výroba: | 33,64 + 15,38 mil. kWh
(10 + 4,5 tis. domácností) |
| • Průměrný roční úhrn slunečního záření: | 990 kW/m² |
| • Průměrná roční doba slunečního záření: | 1445 h |
| • Roční průměrný počet bezoblačných dní: | 34 dní |
| • Zastavěná plocha: | 160 Ha |
| • Počet panelů: | 260 000 ks celkem |

Pozn.:

Vlastník elektrárny oficiálně neudává velikost zastavěné plochy této elektrárny, její velikost srovnává pouze s plochou 280 fotbalových hřišť (cca 160 Ha).

2.2.2 Instalované komponenty a technické provedení

Solární panely

Na dodávce komponent pro fotovoltaické elektrárny velikosti FVE Ralsko a Mimoň se podílí mnoho dodavatelů vzhledem k množství solárních panelů a rychlosti výstavby elektrárny, proto nejsou použity panely jednoho výrobce, typu ani výkonu. Jak bylo již popsáno u FVE Hrušovany a v 1. kapitole, solární panely nejsou z hlediska FVE Ralsko nijak zajímavé mimo jejich množství, elektrárna čítá 260 758 panelů.

Seznam výrobců, typů a výkonů je v příloze E této práce.

Rozvodna - Noviny pod Ralskem

FVE Ralsko je připojena do sítě prostřednictvím rozvodny Noviny pod Ralskem R110kV. O to se zaslouhuje dvojice transformátorů z Plzně, výrobce ETD, typové označení ETR33M-0 s převodem napětí 110/35/(6,3) KV a výkonem 40 MVA. Druhým je transformátor ETR35M-0 s převodem napětí 110/35/(6,3) KV a výkonem 63 MVA.

Na rozvodně jsou instalovány vypínače Německého výrobce Siemens 2x110KV typového označení 3AP1FG-123 KV, které výrobce na svých oficiálních webových stránkách neuvádí.

Dva odpojovače 110KV výrobce Serw s typovým označením 3SHT-1220, jmenovitým napětím 123 KV a jmenovitým proudem 2 – 2,5 KA. Mezi další parametry patří jmenovitý krátkodobý proud (1s) který je 40 KA a jmenovitý dynamický proud 100 KA. Hodnoty izolačních napětí proti zemi 550 KV (230KV – krátkodobé výdržné napětí) a v odpojovací dráze 630 KV (265 KV - krátkodobé výdržné napětí). Garantovaná životnost odpojovače je 3000 spínacích cyklů.



Obr. 2.5 Odpojovač SERW 3SHT-1220

Část rozvodny na straně 35 KV byla dodána jako celek společností ABB s typovým označením ZX-2. Jedná se o zapouzdřenou rozvodnu se jmenovitým napětím až 40,5 KV a jmenovitým proudem přípojníc 4000 A. Hodnotu jmenovitého zkratového vypínacího proudu udává výrobce 40 KA. Rozvodna je určena k umístění do 1000 m. n. m. a teplotě okolí do 40°C.



Obr. 2.6 rozvodna ABB ZX-2

DC rozvaděč

Pro FVE Ralsko a Mimoň dodala DC rozvaděče společnost Satcon v počtu celkem 1363 kusů a firma Spálovský a.s. v počtu celkem 105 kusů, které jsou nadřazené rozvaděčům Satcon a jejich počet je shodný s počtem střídačů.

Satcon smart sub combiner (ssc), rozsah vstupního napětí do rozvaděče je 100 – 1000 V (DC), maximální vstupní proud je 10 A (DC) pro jeden string s možností připojení 12 stringů, tedy celkový vstupní maximální proud je 120 A (DC). Vlastní spotřeba ssc nepřesahuje 50W. Tyto rozvaděče slouží jako slučovače vyráběných proudů pro přenos k dalším částem soustavy elektrárny.



Obr. 2.7 Satcon SSC

V případě DC rozvaděče Astra se jedná rozvaděčové skříně českého výrobce Spálovský a.s., které slouží ke sloučení výstupů z ssc do jednoho výstupu pro připojení ke střídači.

Oba DC rozvaděče jsou vybaveny mimo svorkovnic s v proudových drahách zapojenými pojistkami i monitorovací technikou stavu pojistek a provozu, to zjednodušuje dohledávání poruch.

Pyranometr

Další ze zařízení sloužících k bezporuchovému a v tomto případě spíše efektivnímu chodu fotovoltaické elektrárny jsou pyranometry, jedná se o zařízení, které měří globální radiaci slunečního záření, ta je zaznamenávána ve wattech na m².



Obr. 2.8 Pyranometr

Střídač



Obr. 2.9 střídač Satcon PowerGate Plus

Střídače dodala pro FVE Ralsko společnost Satcon stejně tak jako první stupeň DC rozvaděčů. Tyto střídače se vyznačují mnoha integrovanými schopnostmi a není tedy zapotřebí jiných zařízení, například si střídač řeší sám problematiku přifázování do sítě a reaguje na polohu a velikost napětí v síti, samočinnou úpravou řídicího úhlu a dalších parametrů k nastavení ideální hodnoty střídavého napětí na výstupu. Samozřejmostí je jako u všech zařízení na této FVE i datová komunikace s velínem, měření základních parametrů a odesílání těchto parametrů, popřípadě chybových hlášení k dalšímu zpracování. Celkem je na inkriminovaných elektrárnách 105 kusů těchto střídačů ve dvou výkonových provedeních. Pro Ralsko části RA1a,b,c,jih a Mimoň RA3 je to 70 a 33 kusů o výkonu 500kW a Ralsko RA1b,c 2 kusy o výkonu 250 kW. Za zmínku stojí, že tyto střídače se vyrábějí ve výkonových třídách 100, 250, 500, 625 a 1000 kW. Bližší technické parametry tohoto střídače jsou uvedeny v datasheetu, který je součástí této práce v příloze F (na straně č. 7).

Střídače dodala pro FVE Ralsko společnost Satcon stejně tak jako první stupeň DC rozvaděčů. Tyto střídače se vyznačují mnoha integrovanými schopnostmi a není tedy zapotřebí jiných zařízení, například si střídač řeší sám problematiku přifázování do sítě a reaguje na polohu a velikost napětí

2.2.3 Výpočet nákladů na výstavbu FVE Ralsko

Vzhledem k současné realizaci FVE Ralsko a FVE Mimoň jedním investorem, a to nejmenovanou společností, následném prodeji společnosti ČEZ jako jednoho celku, bude výpočet ceny pro obě elektrárny sloučený. Při realizaci projektu této velikosti se liší ceny na 1 kWp v procentuální slevě a následnému navýšení ceny. To tak, že sleva na množství činí 30 % výše uvedené ceny (str. 14) a následné zahrnutí ostatních nákladů tvoří 40 % vypočtené ceny. Cena na 1 kWp je po slevě 25 900 Kč. Cena je stanovena ze stejného zdroje jako v případě FVE Hrušovany.

<i>Počet kWp</i>	<i>Cena na 1 kWp</i>	<i>Cena</i>
55 763	25 900	1 444 261 700 Kč
		<i>Celková cena</i>
	+40%	2 021 966 380 Kč

Ve druhé metodě výpočtu je taktéž nutno zohlednit množství dodávaného zařízení a velikost realizované zakázky, a to slevou 11% na jeden panel, tato hodnota je určena ze zdroje, který nemůže být v této práci uveden, proto bude pro účely práce považována za axióm. Cena jednoho panelu se tedy sníží na hodnotu 9 790 Kč/ks.

<i>Počet panelů</i>	<i>Cena jednoho panelu</i>	<i>Celková cena</i>
260 000	9 790 Kč	2 545 400 000 Kč

Celková orientační cena FVE Ralsko a FVE Mimoň je jako v předchozím případě určena průměrem obou vypočtených cen, to je opět pro potřeby práce dostačující.

Celková orientační cena FVE Ralsko a FVE Mimoň je **2 283 683 190 Kč.**

Ověření správnosti cen je provedeno na základě porovnání výsledných hodnot obou elektráren s náklady uváděnými v tiskových zprávách investorů. Určitý rozdíl mezi vypočtenou a reálnou cenou obou elektráren existuje, je však zanedbatelný a těžko konkretizovatelný. V tomto ohledu chrání investoři své zájmy a přesné náklady nezveřejňují ani jinak nesdělují.

2.2.4 Výpočet návratnosti FVE Ralsko

Metoda a okolnosti výpočtu návratnosti fotovoltaické elektrárny jsou popsány u výpočtu návratnosti fotovoltaické elektrárny Hrušovany v kapitole 2.1.4 na straně 18. Vzhledem k tomu, že elektrárna Ralsko a Mimoň byly uvedeny do provozu na konci roku 2010, je pro ně výkupní cena elektrické energie stanovena taktéž na 12,65 Kč na 1kWh. Při tomto výpočtu by bylo vhodné vzít v úvahu situovanost FVE Ralsko a Mimoň, která je oproti FVE Hrušovany v horší poloze vzhledem k ročním průměrným hodnotám doby slunečního záření, bezoblačných dní a dopadající sluneční energie. To částečně zohledňuje provozovatelem udávaná roční výroba energie a ze zbylé části to bude zanedbáno, protože vlastní zkoumání dlouhodobého vlivu počasí na produkci elektrické energie u konkrétní elektrárny takovéto rozlohy by bylo velmi obsáhlé, náročné a pro tuto práci není nutné. I pro FVE Ralsko a Mimoň platí garance výkupní ceny energie na 20 let. A stejně tak i okolnosti kolem srážkové daně, která bude i zde zanedbána a započítána daň z příjmu ve výši 15%.

<i>Výroba energie za 1rok</i>		49,02 mil. kWh
<i>Příjem FVE za 1 rok</i>	49 020 000 * 12,65	620 103 000 Kč
<i>Odečet daně z příjmu</i>	620 103 000-15%	527 087 550 Kč
<i>Výroba energie za 20 let</i>	49 020 000 * 20	980 400 000 kWh
<i>Příjem FVE za 20 let</i>	527 087 550 * 20	10 541 751 000 Kč
<i>Kontrolní výpočet</i>	980 400 000 * 12,65	12 402 060 000 Kč
<i>Odečet daně z příjmu</i>	12 402 060 000-15%	10 541 751 000 Kč
<i>(zisk během udané životnosti</i>	10 541 751 000- 2 283 683 190	8 258 067 810 Kč)
<i>Návratnost FVE Hrušovany</i>	2 283 683 190 / 527 087 550	4,33 ~ 4,5 roky

I u tohoto projektu a výpočtu doby návratnosti platí jako v prvním případě, že stanovená doba je orientační a pro účely této práce postačující. Zde lze také předpokládat reálnou návratnost projektu 6 až 7 let vzhledem k vlivům dlouhodobého vývoje počasí a zohlednění inflace měny.

Vliv na dobu návratnosti celé investice do elektrárny má i pokles účinnosti panelů během doby jejich životnosti, to se nepatrně liší u jednotlivých typů panelů, resp. různých výrobců, a oproti vlivu počasí bude vliv poklesu účinnosti v celkové době návratnosti téměř nerozeznatelný. Proto je ve výpočtech zanedbán. Průměrný pokles účinnosti solárního panelu je $0,68 \pm 0,03\%$ za rok, při době provozu článku 25 let.

3 Dotace na nepořádek

Výstavba fotovoltaických elektráren s sebou nese mnoho elektrotechnických i konstrukčních problémů, které jsou nejen v rámci výstavby na území ČR, ale i ve světě, řešeny a vyřešeny. O problematice přeměny sluneční energie na energii elektrickou je napsáno mnoho titulů, které probírají problematiku tak hluboce, že není namístě to opakovat.

Zde bude zmíněn jeden příklad, se kterým se při provozu FVE a její výstavbě dá setkat, ne pro jeho složitost, ale pro jeho neřešitelnost. Obecně známý fakt je, že myši a jim podobní hlodavci si libují v ohlodávání izolace kabelů všech druhů, možná pro jejich chuť, možná pro jejich vůni, ale jsou i na toto řešení v podobě různých chemických přípravků které hlodavce odradí. Kupříkladu na elektrárně velikosti FVE Ralsko jsou stovky kilometrů kabelu, na ploše velikosti 280 fotbalových hřišť, to může vypadat jako pozvánka na hostinu pro velkou spoustu hlodavců. Vzniklé škody jsou nezanedbatelné jak z pohledu časové náročnosti na jejich opravu, tak i ceny oprav.

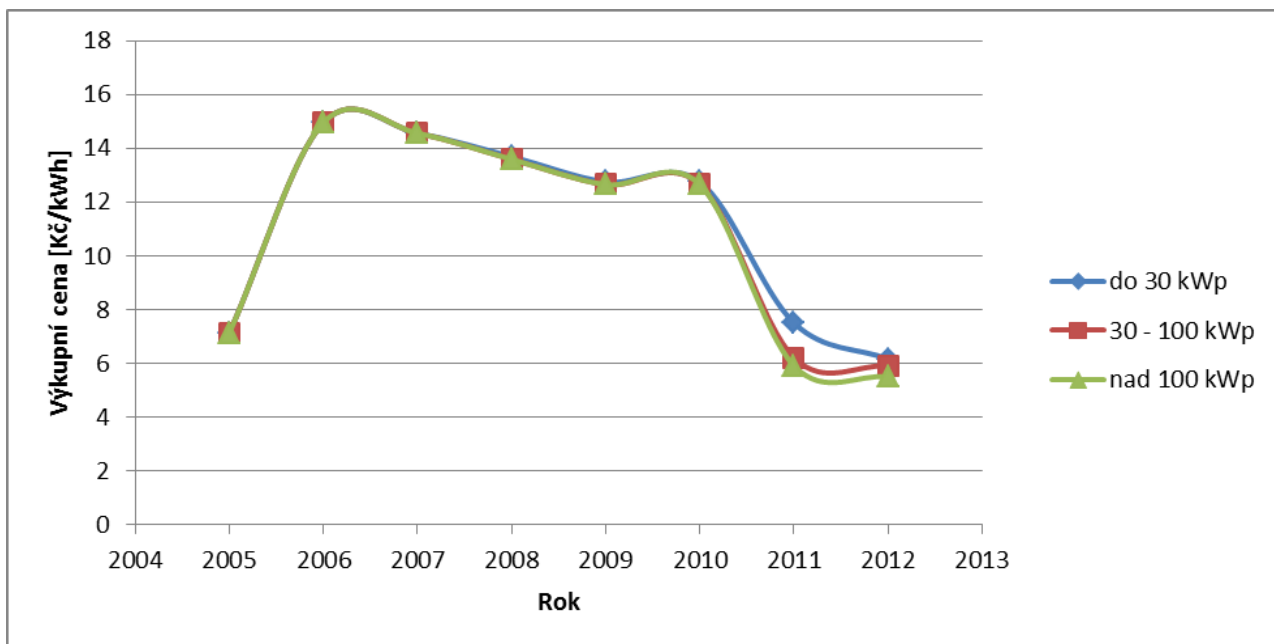
3.1 Historie vývoje výkupních cen el. energie

V této stati je stručně shrnut v bodech vývoj výkupních cen elektrické energie a dotací na energii z obnovitelných zdrojů, zejména pak energii vyrobenou fotovoltaickými elektrárnami. To bude v další podkapitole řešeno a je nutné transparentním způsobem připomenout jejich vývoj.

Výkupní cenu elektrické energie z fotovoltaických zdrojů určuje Energetický regulační úřad, který ji fixuje na dobu 20 let a cena se navíc každý rok valorizuje o min 2%. V zákoně 180/2005 Sb. jsou stanoveny dva druhy výkupu elektrické energie a to takto:

- *Zelený bonus*, je zmíněn pro úplnost, týká se fotovoltaických systémů, které slouží pro vlastní spotřebu, obvykle velmi malé FVE, které dlouhodobě nepokryjí spotřebu zařízení, ke kterému jsou přistavěny (Rodinný dům, atd.) a formou této dotace stát přispívá na pořízení těchto malých privátních elektráren. Více tento bod není nutné rozebírat, protože velké FVE jsou zřizovány pro dodávku veškeré vyrobené energie do rozvodné sítě.

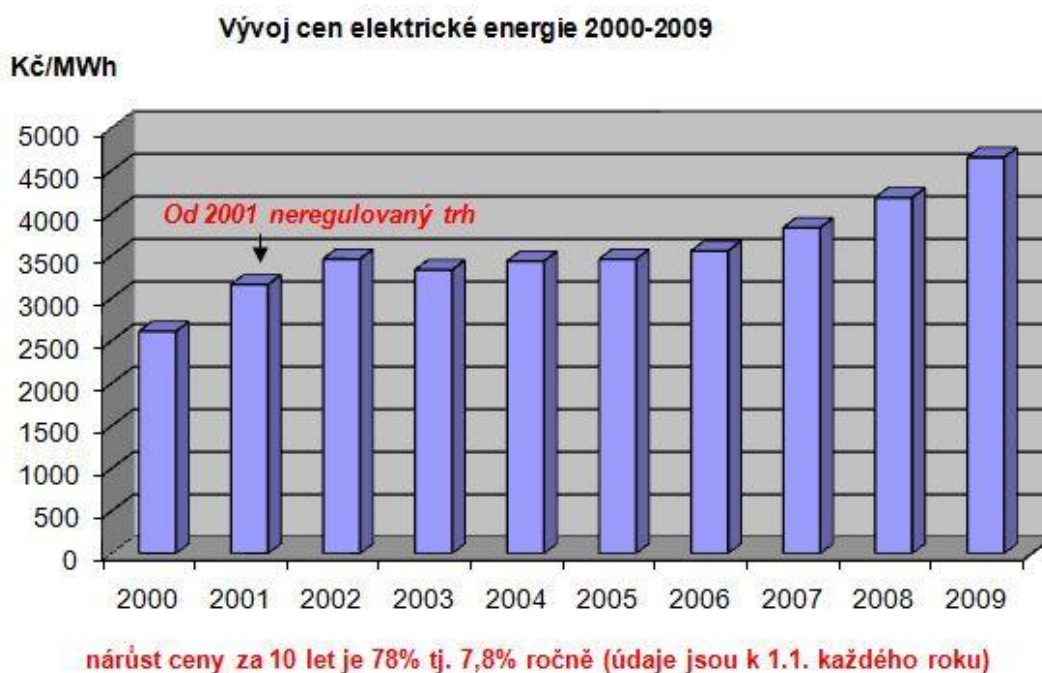
- *Garantovaná výkupní cena*, která závisí na výkonu elektrárny a v letech
 - r. 2006/7/8 dosahovala k hranici 15 Kč/kWh.
 - r. 2009/10 byla pro zdroje menší než 30 kWp stanovena na 12,75 Kč/kWh, pro zdroje větší potom 12,65 Kč/kWh.
 - r. 2011, k 1. lednu, byla cena stanovena ve třech kategoriích instalovaného výkonu do 30 kWp (vč.) ty bylo 7,5 Kč/kWh, 30 – 100 kWp – 6,2 Kč/kWh a nad 100 kWp – 5,9 Kč/kWh.
 - r. 2012 je cena do instalovaného výkonu 30 kWp – 6,16 Kč/kWh, 30 – 100 kWp – 5,9 Kč/kWh a nad 100 kWp – 5,5 Kč/kWh. [4]



Graf 3.1 Vývoj výkupních cen el. energie pro fotovoltaické elektrárny v letech 2005 - 2012

3.2 Vývoj cen elektrické energie

Tato podkapitola se zabývá vývojem cen elektrické energie v ČR za posledních deset let, zelený bonus resp. garantovaná výkupní cena elektrické energie se projevují v grafu výrazným zvýšením ceny energie pro koncového zákazníka, které je patrné od roku 2008, kdy začal i onen boom výstavby fotovoltaických elektráren resp. jejich připojování do sítě. Logicky je při množství připojovaných elektráren potřeba najít zdroje na pokrytí dvacetiletých finančních závazků ze strany státu vůči investorům a provozovatelům elektráren, toto způsobuje nárůst cen elektrické energie a v dnešní době, kdy si to uvědomil i Energetický regulační úřad, je již schválená daň z příjmu ze solárních elektráren ve výši 26%. To částečně zreguluje tento neúnosný finanční úlet a znechutí, společně se snížením výkupní ceny za 1 kWh, ostatní potencionální investory. Nutno podotknout, že ona navýšená daňová sazba se týká jen elektráren výkonu většího než 30 kWp včetně.

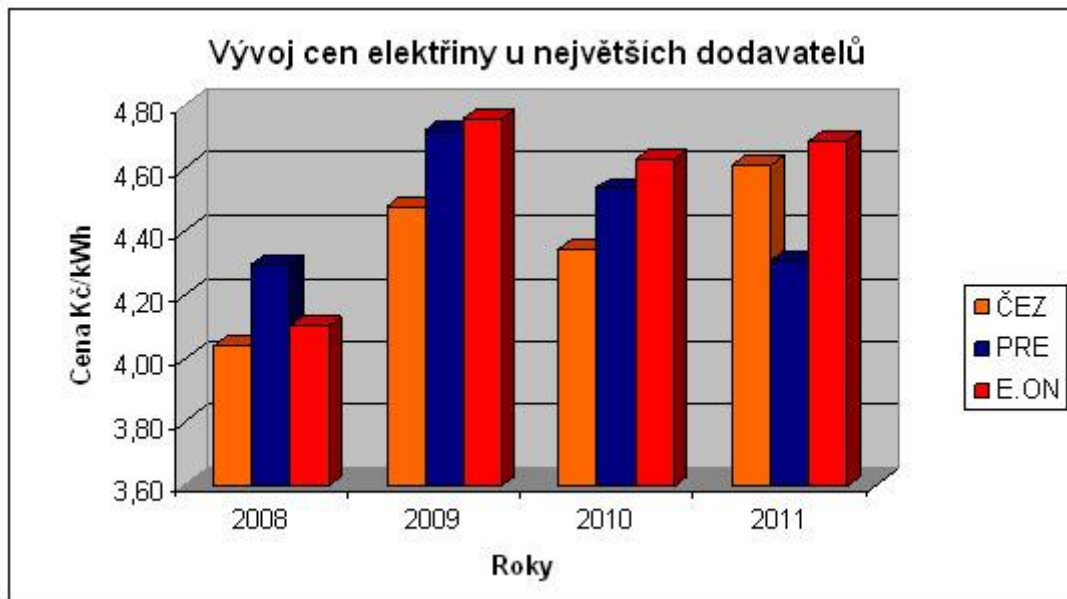


Graf 3.2 Vývoj cen elektrické energie 2000-09

(převzato z: http://www.sto.cz/57798_CZ-Investo%C5%99i-V%C3%BDvoj_cen_energi%C3%AD.htm)

Pro doplnění obr. 3.2 je nutno dodat, že ceny elektrické energie v letech 2010 a 2011 se pohybují kolem hodnoty 4,4 Kč/kWh, tedy 4400 Kč/MWh. Oproti roku 2009 došlo k mírnému poklesu v roční průměrné ceně elektrické energie a lze předpokládat sestupnou tendenci vývoje těchto cen i do dalších let díky zvýšené daňové sazbě na zisk z prodeje solární energie.

Vývoj koncových cen u spotřebitele je ovšem velmi individuální záležitostí, jež závisí na druhu odběru, u domácností na velikosti hlavního jističe a na zvoleném dodavateli resp. tarifu. Pro názornost je v *obr. 3.3* srovnání vývoje cen tří hlavních dodavatelů elektrické energie mezi lety 2008 až 2011, z toho je patrný i vliv konkurenčního boje mezi dodavateli, kdy se snaží jeden rok nalákat zákazníky na nízké ceny, které v dalších či předchozích letech vykompenzují poddražením.



Graf 3.3 Vývoj cen elektrické energie různých dodavatelů

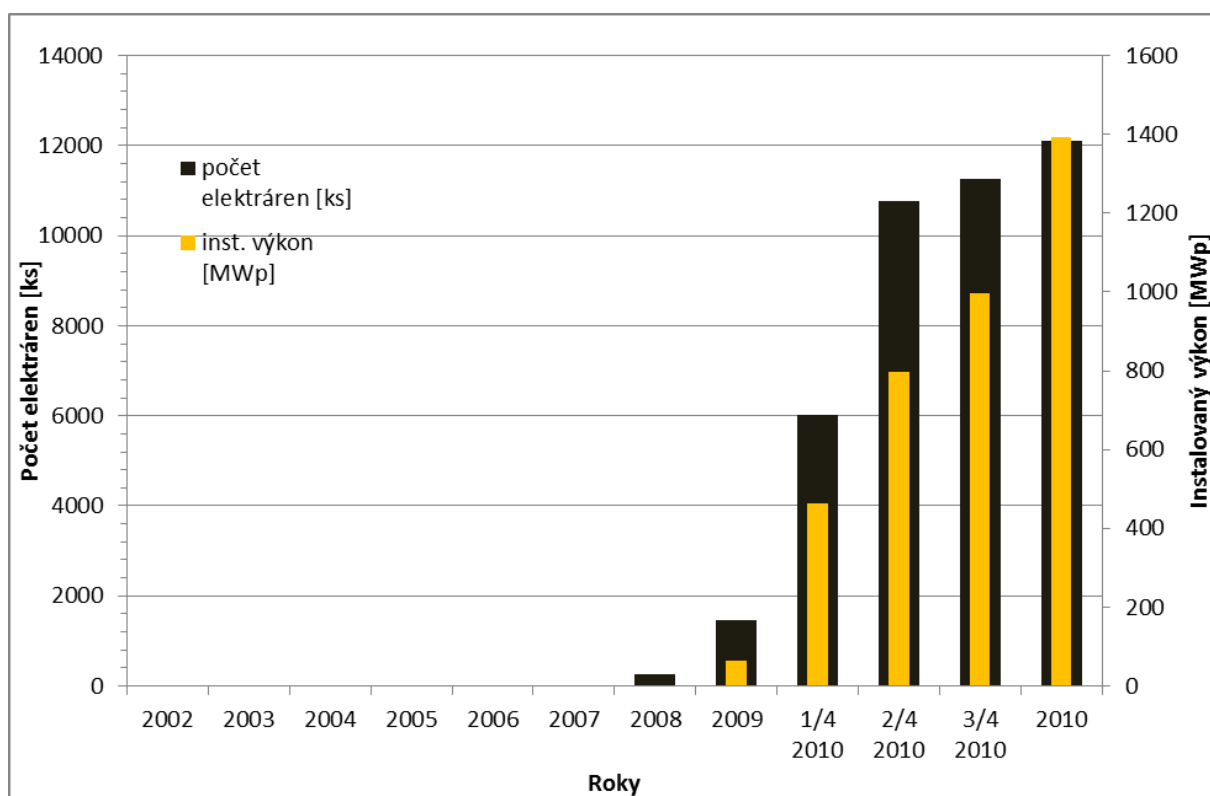
(převzato z: <http://www.chytryodberatel.cz/elektrina/jaky-je-vyvoj-cen-elekriny.aspx>)

Tyto kalkulace jsou založeny na základě cen silové elektřiny u základních tarifů jednotlivých dodavatelů.

3.3 Vývoj instalovaného výkonu v ČR a porovnání s vývojem cen

Zdroj dat: Energetický regulační úřad, stav k 1. 12. 2010

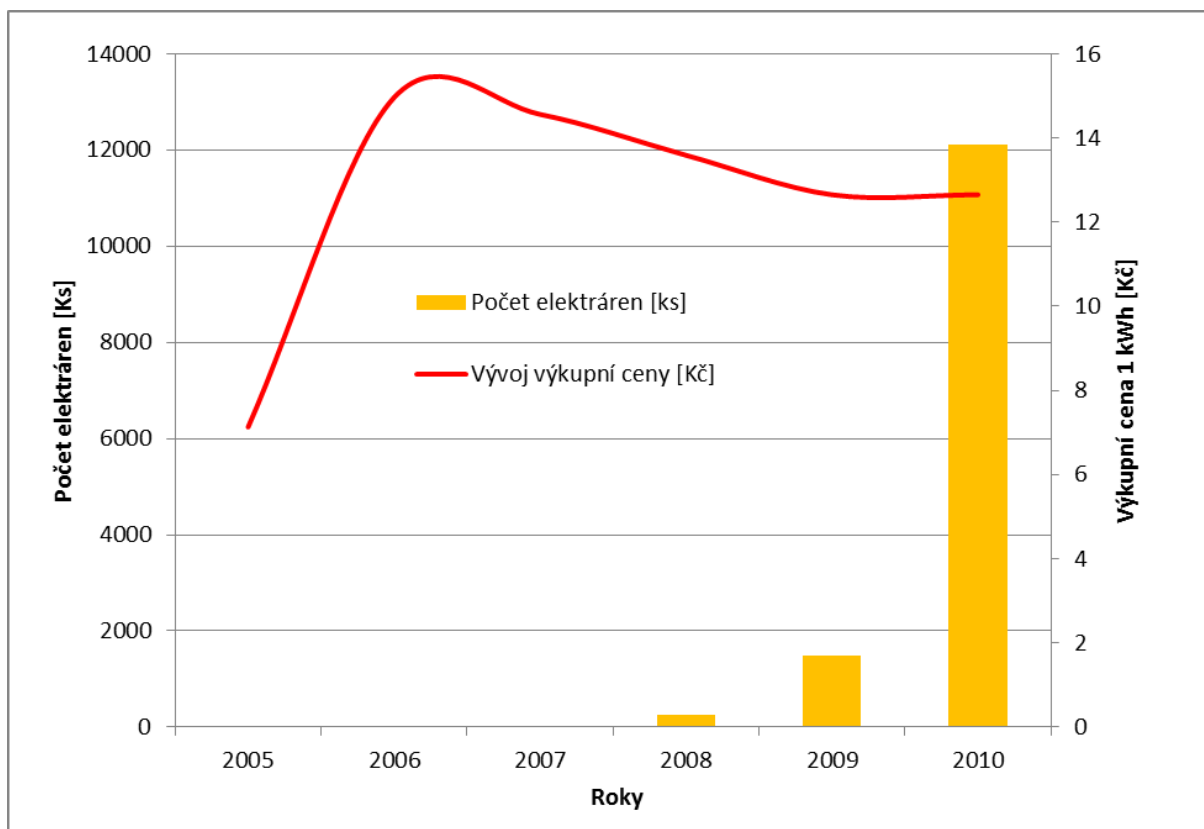
Roky	Instalovaný výkon [MWp]	Počet elektráren [ks]
2002	0,01	1
2003	0,01	1
2004	0,02	2
2005	0,12	9
2006	0,15	12
2007	0,35	28
2008	3,4	249
2009	65,74	1475
1/4 2010	462,92	6032
2/4 2010	795,9	10760
3/4 2010	997,94	11251
Konec 2010	1393,86	12109



Graf 3.4 Vývoj instalovaného výkonu a počtu elektráren v ČR

V grafu 3.4 je vidět prudký nárůst počtu připojených fotovoltaických elektráren v roce 2009 a zejména pak v roce 2010, kdy byl mezi první a čtvrtým kvartálem roku rozdíl připojených solárních elektráren do sítě téměř dvojnásobný.

V posledním grafu je porovnán vývoj ceny elektrické energie s množstvím připojených elektráren do sítě. Z grafu je patrné zpoždění mezi počtem vystavěných resp. připojených elektráren do sítě a maximem výkupní ceny. To bylo samozřejmě způsobeno stavebním zpožděním i cenou například panelu, která klesala až s postupným nárůstem přísunu solárních panelů na trh.



Graf 3.5 Porovnání výstavby FVE k nárůstu výkupní ceny elektřiny pro FVE.

4 Ekologie solární elektrárny

Solární elektrárny jsou vskutku téměř bezúdržbový a neemisní zdroj elektrické energie, je-li elektrárna vystavěna, jediným problémem v ekologické otázce je zastavěná plocha. To s sebou přináší narušení vegetačních zvyků jednotlivých zvířecích druhů dané lokality, kde elektrárna stojí. Bavíme-li se o solárních elektrárnách větších výkonů, jako je například výše zmíněná elektrárna Ralsko se svou zastavěnou plochou 160 Ha, která je oplocená, vymezuje poměrně velký nepřístupný prostor v přírodě. Tuto problematiku by nemělo smysl řešit v případě pár vystavěných elektráren, snad ani v současném stavu na území ČR, ale není to jen o aktuální situaci, je předpokládán další vývoj ve výstavbě solárních elektráren, nebude tak markantní jako v letech 2009 a 2010, ale nebude zanedbatelný. Zejména pohledem na celou Evropu, která propadla trendu získávání ekologické energie v podobě výstavby fotovoltaických elektráren, a kde je trend výstavby stále rychlý.

V naší zemi mají solární elektrárny, které jsou v provozu, jeden negativní dopad na životní prostředí, nepřímo ovlivňují výrobu elektráren, které je musejí zálohovat, protože v Česku nepatří solární elektrárny ke stabilním zdrojům elektřiny. To je na první pohled poměrně neekologické a znamená to, že čím více vyrobíme ekologické „zelené“ elektřiny ze solárních panelů, tím více musíme vyrobit té neekologické např. z uhelných elektráren.

Posledním záporem fotovoltaických polí, který ani tak nesouvisí s ekologií jako s estetikou, je vzhled elektráren. V široké veřejnosti proběhlo mnoho průzkumů týkajících se této otázky, a ať byly jejich výsledky jakékoli, kdo z obyvatel by chtěl mít místo lesa a louky za domem dvě pole se solárními panely.

Ekologická likvidace

Nabízí se jedna prostá a velmi logická otázka, co se stane s množstvím fotovoltaických panelů, až dojdou konce životnosti? Touto otázkou se jako první začaly zabývat firmy AEG, Siemens Solar, Solar Cells (dnes First Solar), BP Solar a další, které už roku 1990 započaly výzkum likvidace solárních panelů resp. jejich recyklace. To se pochopitelně podařilo vyřešit, a i když to v dnešní době není aktuální ani nijak vytížené, recyklace solárních panelů probíhá a technologie jsou připraveny na větší nárůst likvidovaného množství panelů, který je odhadovaný za 10 – 15 let.

V minulosti probíhala recyklace panelů rozebíráním solárních článků na jednotlivé buňky, ty byly přepracovány leptáním a opětovně použity v novém modulu bez zjevných ztrát

výkonu. Tyto moduly se téměř nelišily kvalitou a vlastnostmi od nerecyklovaných panelů. Dnes je ale nárok na ekologickou likvidaci a trend v likvidaci materiálů odlišný díky rozvoji tenkých křemíkových panelů (tzv. tenkovrstvé), pro které jsou původní recyklované buňky nepoužitelné.

Je tedy kladen důraz na získání surových materiálů, ze kterých byl panel vyroben, a zejména pak křemík. Tohoto se dosahuje na principu technologií tepelného zpracování a odlučování materiálů s různými tepelnými vlastnostmi, panely resp. křemíkové buňky jsou v celku nebo drcené před tepelným zpracováním. Po tepelném oddělení prochází křemíkové buňky nebo štěpky leptáním, kdy dojde k odstranění vrstev metalizace a antireflexních vrstev. Dále proces elektrolytického oddělení stříbra a zpracování ingotů a konstrukčních prvků k opětovnému použití. I tato technologie recyklace panelů je již zvládnuta a od roku 2003 praktikována. [5]

Poslední úvahou je výhodnost výroby elektrické energie z fotovoltaických systémů. To je velmi individuální s ohledem na konkrétní typ a uzpůsobení elektrárny. Nabízí se otázka, je-li energeticky výhodné vyrábět nárazově elektřinu prostředkem, který je sám na výrobu a likvidaci energeticky velmi náročný, s relativně krátkou dobou životnosti. Při bližším zkoumání této problematiky se zabředne do investičních a politických záměrů jednotlivých firem, států, a to celé je zaštitěné evropskou unií. Prakticky není možné v současné době tuto otázku zodpovědně a neomylně. Proto zde není konkrétní stanovisko, jen námět k úvaze čtenáři této práce.

Jak to bylo v mnoha případech v minulosti a mnohokrát bude i v budoucnu v České Republice funguje vše trochu specifičtěji než v sousedních zemích, zejména pak, když mají investoři likvidovat nebezpečný odpad, který je předmětem jejich podnikání resp. zákonného obohacování. I s ohledem na tyto mnohdy šedé praktiky vyvstávají otázky, na které se odpovědi dočká veřejnost až s pokročením času. Budou opravdu všechny elektrárny po užitné době zlikvidovány, nebo rekonstruovány? Co zbyde na jejich místě? Kdo bude likvidovat vysloužilé elektrárny tzv. bez majitelů? Snad na tuto jedinou otázku lze odpovědět precedentem z minulosti, bude to stát a daňový poplatníci.

5 Závěr

Składbou této práce z různých odborných i méně odborných částí a hledáním informací obecně známých z technických i netechnických pohledů jsem docílil uskupení zdánlivě nesouvisejících teorií, odhadů a faktů do jednoho celku. Popis elementárních principů fotovoltaických systémů a procesů je stručný, samotná problematika by vydala na rozsáhlé dílo, stejně tak jako zařízení a návrh jedné solární elektrárny. Smyslem zde je uvést do problematiky fotovoltaiky a připomenout součásti pro další kapitoly. Na dvou projektech jsem popsal uzpůsobení dvou elektráren fungujících na stejném principu, konstrukčně však rozdílných. Všechny výpočty cen a návratností elektráren se v rámci možností shodují s reálným stavem a pro posouzení těch projektů jsou dostačující. Role státu a Energetického regulačního úřadu jsou nemalé na trhu s obnovitelnými zdroji, srážková zpětná daň 26% na zisk z fotovoltaické energie je ovšem minimálně nerovným jednáním těchto subjektů. Rozmach výstavby fotovoltaických elektráren logicky způsobil pokles výkupních cen a přispěl k nárůstu cen pro koncového odběratele. Po ekologické stránce v dnešní době nepředstavuje velké zatížení, podle předpokladu a úvah v této práci si myslím, že konkrétně na území ČR bude likvidace solárních elektráren problematická a zdlouhavá v horizontu deseti až dvaceti let.

Tuto práci jsem pojal jako shrnutí problematiky okolo solárních elektráren, v některých bodech se liší od zadání, to je způsobeno špatným přístupem k citlivým informacím investorů a majitelů elektráren. Proto jsou projekty popsány jen velmi skromně a ceny vytvářeny náhradními metodami, které jsem volil tak, aby co nejvíce odpovídaly realitě, kterou jsem konzultoval s osobami jež se touto problematikou zabývali. V práci jsem se udržel svých představ a osobitého pojetí, které mě samotného zajímalo ze studijního a odborného hlediska. Nepodařilo se mi do práce začlenit rozbor vlivu počasí a jeho historii nad uvedenými příklady z důvodu neochoty a dlouhých prodlev v komunikaci s ČHMI.

Do budoucna bych viděl smysl ve zkoumání recyklace a likvidace panelů, stavbě elektráren na fasádách domů z panelů druhé generace a studiu vlivu počasí nad územím ČR na účinnost, hospodárnost a efektivitu výstavby elektráren.

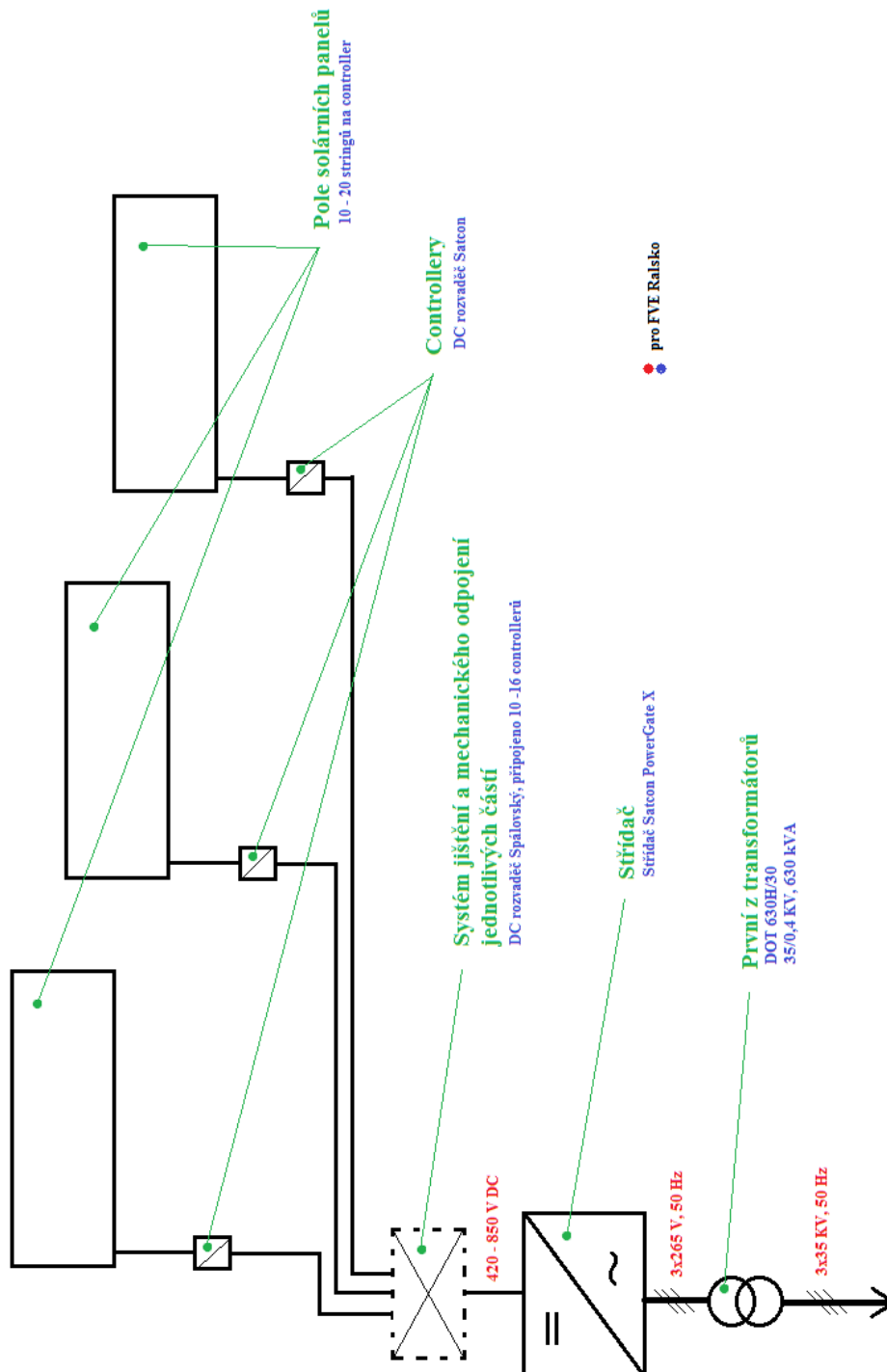
6 Použitá literatura

- [1] <http://www.chmi.cz>
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_největších_fotovoltaických_elektraren_v_Česku
<http://licence.eru.cz/index.php?>
- [3] <http://aktualne.centrum.cz/zahranici/amerika/clanek.phtml?id=679082>
<http://www.1000nej.cz/nejvetsi-solarni-elektrarna-sveta.html>
<http://byznys.ihned.cz/c1-47509020-kalifornske-urady-schvalily-vystavbu-nejvetsi-slunecni-elektrarny-na-svete>
- [4] http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2011/ER%20CR%207_2011OZEKVETDZ.pdf
- [5] <http://www.nazeleno.cz/fotovoltaicke-panely-jsou-skutecne-ekologicke.aspx>
- [6] Fotovoltaika - Libra Martin, Poulek Vladislav
- [7] Fotovoltaické systémy – Salfický Petr

Ke zpracování této práce byly použity materiály poskytnuté společností ČEZ, konzultace s techniky podílejícími se na realizaci a provozu konkrétních elektráren. Dále znalosti a zkušenosti nabyté při studiu na FEL ZČU v Plzni, proto s ohledem na záměr práce nebyla použita literatura konkrétních problematik.

Přílohy

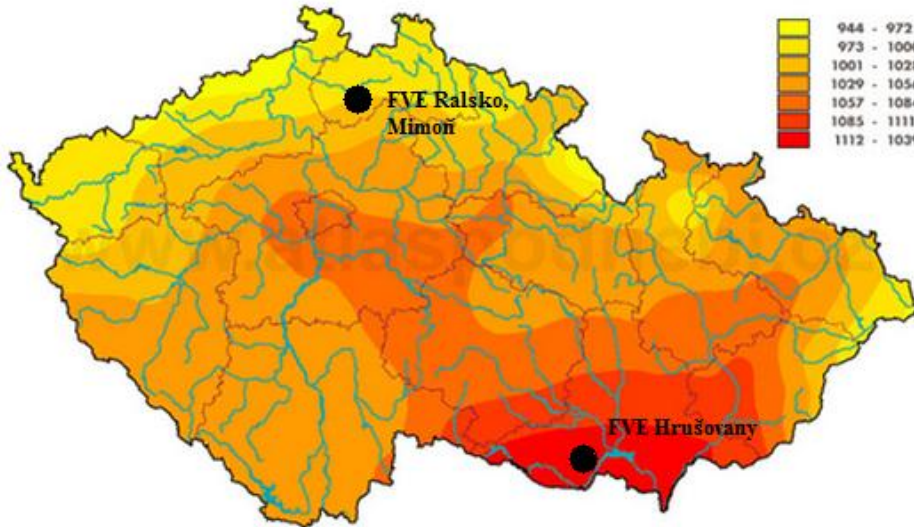
Příloha A – Blokové schéma uspořádání fotovoltaické elektrárny



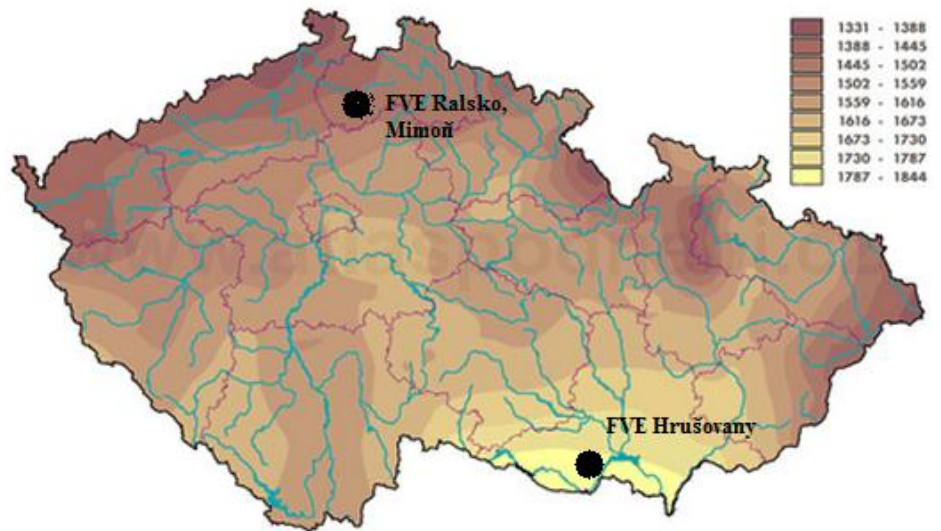
Příloha B – Sluneční energie na území ČR

[1]

Roční průměrný úhrn slunečního záření [kW/m²]



Roční průměrná doba slunečního záření [h]



Roční průměrný počet bezoblačných dní



Příloha C – Tabulka vybraných fotovoltaických elektráren v Česku

[2]

Název FVE	Místo	Instalovaný výkon [MW]	Rozloha [Ha]	Spuštění	Vlastník
Ralsko Ra 1	Ralsko	38,3	?	12/2010	ČEZ
Vepřek	Nová Ves - Vepřek	35,1	82,5	5/2010	FVE Czech Novum s.r.o.
Ševetín	Ševetín	29,9	60	2010	ČEZ
Mimoň Ra 3	Mimoň	17,5	?	12/2010	ČEZ
Stříbro	Stříbro	13,6	?	12/2009	Solar Stříbro s.r.o.
Hrušovany	Hrušovany nad Jevišovkou	3,8	7	2009	ČEZ
Tachov III	Oldřichov	3,8	?	2010	Sameco s.r.o.
Rozvadov I	Svatá Kateřina	3,0	?	2010	Solar 3 s.r.o.
Veská	Sezemice	3,0	?	2011	Development – Pardubice s.r.o.

Přehled největších světových fotovoltaických elektráren

[3]

Název elektrárny	Země/místo	Instalovaný výkon	Poznámka
<i>Elektrárna ve výstavbě</i>	Kalifornie, USA	1000 MW	
Agni V	Gudžarát, Indie	600 MW	<i>Momentálně největší na světě</i>
Golmud solar park	Čína	200 MW	
Sarnia	Ontario, Kanada	80 MW	
Olmedilla de Alarcón	Španělsko	60 MW	<i>V roce 2009 největší na světě</i>
Ralsko	Česká Republika	38,3 MW	<i>Největší v ČR</i>

Pozn.:

Rozmach výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů ve světě, zejména pak výstavba fotovoltaických elektráren, je tak prudký, že tyto informace nemusejí být aktuální ani v době tvoření této práce.

Příloha D – Katalogový list výrobce pro panel ClearPower CS6P

CS6P-220/225/230/235/240P

Electrical Data

STC	CS6P-220P	CS6P-225P	CS6P-230P	CS6P-235P	CS6P-240P
Nominal Maximum Power (Pmax)	220W	225W	230W	235W	240W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.2V	29.4V	29.6V	29.8V	29.9V
Optimum Operating Current (Imp)	7.53A	7.65A	7.76A	7.90A	8.03A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V
Short Circuit Current (Isc)	8.09A	8.19A	8.34A	8.46A	8.59A
Module Efficiency	13.66%	13.99%	14.30%	14.61%	14.92%
Operating Temperature	-40°C to +85°C				
Maximum System Voltage	1000V (IEC) / 600V (UL)				
Maximum Series Fuse Rating	15A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ +5W				

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

NOCT	CS6P-220P	CS6P-225P	CS6P-230P	CS6P-235P	CS6P-240P
Nominal Maximum Power (Pmax)	159W	162W	166W	170W	173W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	26.9V	27.1V	27.3V	27.5V	27.5V
Optimum Operating Current (Imp)	5.90A	6.00A	6.09A	6.16A	6.29A
Open Circuit Voltage (Voc)	33.8V	33.9V	34.0V	34.1V	34.2V
Short Circuit Current (Isc)	6.45A	6.53A	6.65A	6.75A	6.85A

Under Normal Operating Cell Temperature, irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, air temperature 20°C, wind speed 1 m/s

ClearPower Temperature Characteristics

Temperature Coefficient	Pmax	-0.43%/°C
	Voc	-0.34%/°C
	Isc	0.065%/°C
Normal Operating Cell Temperature 45±2°C		

Performance at Low Irradiance

Industry leading performance at low irradiation environment, +95.5% module efficiency from irradiance of 1000w/m² to 200w/m² (AM 1.5, 25 °C)

Engineering Drawings

Mechanical Data

Cell Type	Poly-crystalline 156 x 156 mm, 2 or 3 Busbars
Cell Arrangement	60 (6 x 10)
Dimensions	1636 x 982 x 40 mm (64.5 x 38.7 x 1.57 in)
Weight	20kg (44.1 lbs)
Front Cover	3.2mm Tempered glass
Frame Material	Anodized aluminum alloy
J-BOX	IP65, 3 diodes
Cable	4mm ² (IEC) / 2AWG(UL), 1100mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging (Module per Pallet)	24 pcs
Module Pieces per container (40ft. Container)	672 pcs(4.07HQ)

I-V Curves (CS6P-240P)

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

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 has already expanded its module manufacturing capacity to 2.05GW and cell manufacturing capacity to 1.3GW in 2011.

Headquarters | 850 Riverbend Drive, Suite B
 Kitchener, Ontario | Canada N2K3S2
 Tel: +1-519-954-2057
 Fax: +1-519-578-2097
 Inquiry: cs@canadiansolar.com
www.canadiansolar.com

EN Rev 3.30 Copyright © 2011 Canadian Solar Inc.

Příloha E 1/2 – Seznam solárních panelů na FVE Ralsko a Mimoň

	Umístění	Výrobce	Výkon [W]	Počet kusů	Celkem kusů	
FVE Ralsko	RA1A	ORI	275	19368		
	RA1A	RENESOLA	270	1656		
	RA1A	RENESOLA	275	14292		
	RA1A	RENESOLA	280	9864		
	RA1A	FIRE SOLAR	275	864		
	RA1A	FIRE SOLAR	230	720		
	RA1A	XING HUO	275	1512		
	RA1A	XING HUO	280	1512		
	RA1A	JA SOLAR	240	2680		
	RA1B	ORI	230	500		
	RA1B	RENESOLA	230	1360		
	RA1B	RENESOLA	240	20980		
	RA1B	RENESOLA	230	3740		
	RA1B	XING HUO	230	580		
	RA1B	JA SOLAR	240	1720		
	RA1C	JULI	240	4260		
	RA1C	RENESOLA	220	1120		
	RA1C	FIRE SOLAR	225	5540		
	RA1C	FIRE SOLAR	230	5620		
	RA1C	FIRE SOLAR	235	2220		
	RA1 JIH	RENESOLA - JC SOLAR	185	15782		
	RA1 JIH	RENESOLA - JC SOLAR	190	48064		
	RA1 JIH	FIRE SOLAR	185	1998		
	RA1 JIH	FIRE SOLAR	190	1566		
						167518

Příloha E 2/2

	Umístění	Výrobce	Výkon [W]	Počet kusů	Celkem kusů
FVE Mimoň	RA 3	FIRE SOLAR	185	3492	93240
	RA 3	FIRE SOLAR	190	1764	
	RA 3	FIRE SOLAR	185	12906	
	RA 3	FIRE SOLAR	190	14058	
	RA 3	RENESOLA	175	241	
	RA 3	RENESOLA	185	2772	
	RA 3	RENESOLA	190	8237	
	RA 3	EGING	185	5094	
	RA 3	FIRE SOLAR	185	11646	
	RA 3	FIRE SOLAR	190	5832	
	RA 3	JINKO	195	5814	
	RA 3	FIRE SOLAR	185	7416	
	RA 3	FIRE SOLAR	190	6912	
	RA 3	FIRE SOLAR	195	504	
	RA 3	TOPSOLAR	185	6552	

Celkem je na fotovoltaických elektrárnách Ralsko a Mimoň instalováno **260 758** kusů solárních panelů.

Příloha F – Datasheet ke střídači Satcon PowerGate Plus 500 kW CE

PowerGate Plus 500 kW CE

Streamlined Design

With all components enclosed in a single, space-saving enclosure, PowerGate Plus PV inverters are easy to install, operate and maintain.

Rugged Construction

- Engineered for outdoor environments
- Wide thermal operating range, from -20° C to +50° C without derating
- Solar shield attached to exterior of enclosure dissipates solar radiation, reduce heat buildup
- Dual cooling fans
- Single cabinet with small footprint

Easy Maintenance

- Modular components make service efficient
- Convenient access to all components
- Customizable large in-floor cable gland plates make installation of DC and AC cables easy
- Integrated DC two-pole disconnect switch isolates the inverter, with the exception of the GFD (Ground Fault Detection and Interruption) circuit, from the photovoltaic power system to allow inspection and maintenance

Proven Reliability

Rugged and reliable, PowerGate Plus PV Inverters are engineered from the ground up to meet the demands of large-scale installations.

Safety

- UBC seismic Zone 4 compliant
- Built-in DC and AC disconnect switches



Satcon
Utility-Ready Solar Inverters

2

PowerGate Plus 500 kW Specifications		CE
Input Parameters		
Input Voltage Range		420-850 VDC
Maximum Array Input Voltage		900 VDC
Maximum Operating Input Current ¹		1228 ADC
PV Array Configuration	Floating	•
	Negative Ground	•
	Positive Ground	•
DC Input Combiner Options		
Combiner Bus Bar Inputs	•	20
Number of Inputs and Fuses	•	20 x 160A
	•	20 x 125A
	•	20 x 100 A
Transformer		
Integrated Transformer		No
Efficiency		
Maximum ²		97,6%
European – Eta		97,3%
Output Parameters		
Nominal Power		500 kW
Nominal Output Voltage		265 VAC
Output Voltage Range, [-12%/10%]		233-292 VAC
Maximum Output Current/Phase		1000 A
Standby Consumption (tare losses including control power and aux.)		170 W
Nominal Output Frequency, 3-Phase		50 Hz
Harmonic Distortion		<9%
Power Factor, Full Load		>99%
Dynamic Power Factor Control		+/- 0.8
Power Curtailment		0-100%, 1% steps
Environment		
Operating Temperature Range (Nominal Power)		-20° C to +50° C
Storage Temperature Range		-30° C to +70° C
Cooling		Forced Air
Noise Level (Distance of 3 m)		<65 dB(A)
Relative Humidity (Non-Condensing)		Up to 90%
Enclosure		
Dimensions (H x W x D)		235 x 391 x 100 cm
Weight ³		2610 kg
Finish		RAL 7032
Protection Rating		IP44 (Outdoor Rated) IP54 (Option)

Příloha G – Situační plán FVE Ralsko a Mimoň

