

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Katedra: Katedra krajinného managementu

Obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hodnocení vlivu fotovoltaických elektráren na životní prostředí

Autor bakalářské práce:

Marek Krýcha

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lubomír Bodlák

2012

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

Jméno a příjmení: **Marek KRÝCHA**
Osobní číslo: **Z09296**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Hodnocení vlivu fotovoltaických elektráren na životní prostředí**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

EU chce do roku 2020 dosáhnout více jak 20% pokrytí spotřeby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Česká republika se v této souvislosti zavázala k dosažení 13% pokrytí spotřeby elektrické energie. Aby bylo tohoto cíle dosaženo, jsou výrobci energie z obnovitelných zdrojů podporováni dotačními programy na realizaci svých projektů. Zavádění zejména fotovoltaických elektráren do provozu je však provázáno celou řadou negativních dopadů na životní prostředí.

Cílem práce bude zhodnocení kladů a záporů fotovoltaických elektráren ve vztahu k životnímu prostředí a krajině.

1. Vypracování literární rešerše
2. Seznámení s problematikou fotovoltaických elektráren
3. Analýza získaných dat
4. Zpracování zjištěných výsledků, prognózy vývoje, návrh opatření

Rozsah grafických prací: grafy, tabulky, fotografie
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Forman, R. T. T., Godron, M. (1993): Krajinná ekologie. Academia, Praha.
Libra, M., Poulek, V. (2009): Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie. ILSA, Praha.
Löw, J., Míchal, I. (2003): Krajinný ráz. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lubomír Bodlák
Katedra krajinného managementu
Konzultant bakalářské práce: Ing. Kateřina Křováková
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 7. března 2011
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2012


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ①
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. března 2011

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Lubomíru Bodlákovi za jeho odbornou pomoc a rady, které byly nezbytné pro vypracování této práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Aleši Korostenskému z firmy KOROWATT s.r.o. za poskytnutí dat z fotovoltaické elektrárny v Bušanovicích a za odbornou pomoc týkající se problematiky fotovoltaických elektráren.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

12. dubna 2012

.....
Marek Krýcha

Hodnocení vlivu fotovoltaických elektráren na životní prostředí

Abstrakt

Množství provozoven fotovoltaických elektráren v České republice vzrostlo v letech 2009 a 2010 z 249 na 12 861. Tento prudký nárůst byl způsoben výhodnými podmínkami a to vysokou výkupní cenou či zeleným bonusem, které jsou garantovány na 20 let. Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit klady a zápory této technologie ve vztahu k životnímu prostředí.

Pro zhodnocení byla jako modelový příklad použita data z provozu fotovoltaické elektrárny v Bušanovicích. Vyhodnocen byl vývoj cenové dostupnosti fotovoltaické technologie posuzovaný podle investic na výstavbu jednotlivých částí elektrárny, provozních nákladů a výnosů s odhadem konečného stavu po 20 letech provozu a množství snížených emisí CO₂. Bylo zjištěno, že nejpoužívanější výrobní technologie jsou z ekologického hlediska rizikové. Provozem elektrárny nevznikají hlukové emise, ani nejsou produkovány ekologicky nebezpečné látky, provoz elektrárny má minimálními nároky na údržbu. Problémem je u velkoplošných instalací zábor zemědělského půdního fondu, narušení průchodnosti krajiny a narušení krajinného rázu. Dosavadní legislativa neřeší problematiku ekologické likvidace elektráren. Z výsledků je také patrné, že se fotovoltaické technologie stávají stále dostupnějšími.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie; fotovoltaika; fotovoltaická elektrárna; životní prostředí

Evaluation of the impact of solar power plants on the environment

Abstract

The number of solar power plants in the Czech Republic increased from 249 in 2009 to 12 861 in 2010. This rapid growth was caused by subsidies such as so called green bonus and high feed-in tariff with 20 years guarantee. The aim of this thesis was to evaluate positives and negatives of this technology with regard to the environment.

As a model example, the data from the Bušanovice solar power plant were used for evaluation. The price evolution and affordability of photovoltaic technology was evaluated according to the investment and running costs and profit. Estimation of the situation after 20 years of operation and the amount of reduced CO₂ emissions were also included in the evaluation.

It has been found that the most used photovoltaic technologies possess ecological risk. Solar power plant has the minimum maintenance demands and does not produce any noise emissions or the dangerous substances. Problem however is in the agriculture land occupation and disruption in the landscape throughput and landscape character. The current legislation also does not solve the problem of ecological liquidation of the solar power plants. It can also be concluded that the photovoltaic technologies are becoming more affordable.

Keywords: renewable energy; photovoltaics; photovoltaic power; environment

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Literární přehled.....	10
2.1	Legislativa.....	10
2.1.1	Legislativa EU.....	10
2.1.2	Legislativa ČR.....	11
2.2	Obnovitelné zdroje energie	12
2.2.1	Energie vody	12
2.2.2	Energie větru	13
2.2.3	Energie geotermální	14
2.2.4	Energie biomasy.....	15
2.2.5	Energie slunečního záření	16
2.2.6	Elektrická energie v ČR	17
2.3	Fotovoltaická energie	19
2.3.1	Historie.....	19
2.3.2	Fotovoltaický článek, panel	19
2.3.3	Faktory ovlivňující výkon	22
2.3.4	Způsoby provozu fotovoltaických zdrojů	24
2.3.5	Akumulace solární energie.....	25
2.3.6	Likvidace, recyklace fotovoltaických panelů.....	26
2.3.7	Vliv na půdu a krajinu.....	28
2.3.8	Ekonomické faktory	29
2.4	Fotovoltaická elektrárna v Bušanovicích.....	31
3	Materiál a metodika.....	33
4	Výsledky	34
5	Diskuze.....	44
6	Závěr	47
	Literatura	48
	Přílohy	53

1 Úvod

Tak jak se lidstvo vyvíjí a zdokonaluje, zvyšují se i jeho nároky na množství spotřebované energie. Z počátku byly využívány obnovitelné zdroje energie (OZE), ale s postupně narůstající spotřebou energie začaly být využívány neobnovitelné zdroje energie, které naše energetické potřeby dostatečně pokryly. S technickým pokrokem se dále zvyšovalo čerpání neobnovitelných zdrojů a začaly se projevovat první příznaky znečištění životního prostředí spojené s využíváním těchto neobnovitelných zdrojů.

V bakalářské práci se věnuji problematice fotovoltaických elektráren (FVE), které jsou jedním z podporovaných OZE. V České republice (ČR) množství provozoven FVE během let 2009 a 2010 několikanásobně vzrostlo díky výhodné výkupní ceně či zelenému bonusu garantovaných na 20 let.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení kladů a záporů FVE. Byly zhodnoceny náklady a výnosy z pohledu vývoje a dostupnosti nových technologií fotovoltaických panelů. Formou literární rešerše byla zkoumána problematika likvidace fotovoltaických panelů na konci jejich životnosti.

2 Literární přehled

2.1 Legislativa

Jedním z prvních hlasitějších upozornění na vážnost situace s využíváním neobnovitelných zdrojů spojenou s hospodářským růstem byl dokument tzv. Římského klubu s názvem Meze růstu vydaný v roce 1972 a první konference svolaná OSN, konající se ve stejném roce ve Stockholmu. V roce 1979 následovala světová klimatická konference v Ženevě, v roce 1992 Summit Země v Riu de Janeiru, v roce 1997 konference členských států Rámcové úmluvy o změně klimatu v Kjótu a v roce 2002 konference OSN „Světový summit o udržitelném rozvoji“ v Johannesburgu. Na základě Kjótského protokolu se 15 zemí, které byly členskými státy EU v době schválení Kjótského protokolu (tzv. EU-15), zavázalo snížit své společné emise skleníkových plynů v letech 2008–2012 o 8 % ve srovnání s výchozím rokem 1990. Deset z dvanácti členských států, které přistoupily k EU v letech 2004 a 2007, má v rámci Kjótského protokolu individuální závazky na snížení emisí do období 2008–2012 o 6 % nebo o 8 % oproti úrovni výchozího roku. ČR je smluvní stranou Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu a Kjótského protokolu. Kjótský protokol ukládá ČR závazek k redukci agregovaných emisí skleníkových plynů o 8 % v porovnání s výchozím rokem 1990.

2.1.1 Legislativa EU

Evropská unie si už v roce 1992 v Maastrichtské smlouvě dala jako jeden z hlavních cílů dosáhnout udržitelného rozvoje. Pro oblast energie, kterou se zabývá tato práce, je v současné době platná směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z OZE.

Tato směrnice stanoví závazné národní cíle, pokud jde o celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Mimo jiné také stanoví pravidla týkající se správních postupů, informování a vzdělávání a přístupu energie z obnovitelných zdrojů k distribuční soustavě. Jedním z cílů je dosáhnout do roku 2020 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Všechny členské státy měly za povinnost odevzdat Komisi do 30. června 2010 národní akční plány pro energii z obnovitelných zdrojů, kde budou stanoveny

národní cíle členských států pro podíly energie z obnovitelných zdrojů (SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES).

2.1.2 Legislativa ČR

Pro Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů jsou dle směrnice č. 2009/28/ES pro ČR závazné pouze celkové cíle vztažené k roku 2020. Jedná se o závazný cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v ČR ve výši 13 %. Průběžné cíle pro jednotlivé roky a jednotlivé druhy OZE obsažené v Národním akčním plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů jsou pouze orientační.

Zpracovaný Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů navrhuje cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši 13,5 % (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2010).

Ke splnění těchto cílů přispívá Zákon 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Účelem zákona je podpora využití OZE, mimo jiné i energie slunečního záření. Dále je to Zákon 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), Zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Dále pak Vyhláška 140/2009 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen v § 2 odst. 8 stanovuje, že výkupní ceny a zelené bonusy stanovené podle zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů jsou uplatňovány po celou předpokládanou dobu životnosti výroben elektřiny stanovenou vyhláškou a výkupní ceny se meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %. Vyhláška 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů stanovuje v příloze č. 3 dobu předpokládané životnosti nové výroby na 20 let a předpokládaný pokles výkonu panelů o 0,8 % jmenovitého výkonu ročně. Energetický regulační úřad (ERU) vydává každý rok cenové rozhodnutí, ve kterém jsou uvedeny výkupní ceny a zelené bonusy pro provozovny rozdělené do skupin podle roku uvedení do provozu a instalovaného výkonu. Dále je to Vyhláška 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě.

2.2 Obnovitelné zdroje energie

Zákon 17/1992 Sb. o životním prostředí definuje obnovitelné přírodní zdroje jako zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Podle Zákona 180/2005 Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů se obnovitelnými zdroji rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.

Některé se lidstvo naučilo využívat už na samém počátku své historie - energii vody a větru, jiné pak s postupujícím technickým pokrokem - např. geotermální energii.

2.2.1 Energie vody

Voda může být nositelem tří druhů energie. Chemická energie se projevuje především při vzniku solných roztoků. Využití v praxi však brání malá koncentrace této energie. Dále je to vnitřní energie, která je založena na teplotních rozdílech různých vrstev vody, které dosahují různé hustoty. Koloběhem vody v přírodě vzniká mechanická energie (AUGUSTA, 2001).

Mechanická energie vody začala být využívána už v dávné historii. Energie vodního kola byla využívána pro celou řadu lidských činností. Moderní vodní turbíny jsou využívány zejména při výrobě elektřiny. Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína). Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. V malých vodních elektrárnách se převážně využívá malá horizontální turbína Bánkiho spolu s upravenou jednoduchou turbínou Francisovou. Výkon vodních turbín může dosahovat až 700 MW (QUASCHNING, 2010).

Mezi nejznámější typy vodních elektráren patří průtokové, dále pak elektrárny akumulární, které jsou součástí vodních děl. Dalším typem je elektrárna přečerpávací, kterou tvoří dvě výškově rozdílně položené vodní nádrže spojené tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s reverzním chodem. Zvláštní skupinou je kategorie tzv. malých vodních elektráren (instalovaný výkon do 10 MW). Většina jich slouží jako sezónní zdroje, protože průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a silně závislé na počasí a na ročním období.

V ČR nejsou podmínky pro budování vodních energetických děl ideální. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Podíl na celkové výrobě v ČR je poměrně nízký, v roce 2010 činil 4 %. Vodní elektrárny slouží jako doplňkové zdroje a využívá se přitom jejich schopnost rychlého najezení velkého výkonu a tedy operativního vyrovnaní okamžité energetické bilance v rozvodné síti ČR. Potenciál pro stavbu velkých vodních elektráren už je u nás v zásadě vyčerpán (BERANOVSKÝ a kol., 2010).

Z ekologického hlediska představují problém hlavně akumulční vodní elektrárny, kdy se vybudováním nádrže zaplaví rozsáhlá území a změní se ráz krajiny. Změní se i podmínky ve vodním toku a přehrada představuje pro táhnoucí ryby nepřekonatelnou překážku. Proto je třeba stavby takového rozsahu dobře zvážit a udělat taková opatření, aby dopady z ekologického hlediska byly co nejmenší (QUASCHNING, 2010).

2.2.2 Energie větru

Vítr je na Zemi stále přítomný a zemská atmosféra je v neustálém pohybu. Otáčení Země, nerovnoměrným zahříváním vzduchu slunečním zářením, střídáním teplot ve dne a v noci, teplotní rozdíly mezi mořem a pevninou a další komplikované meteorologické prvky, to vše způsobuje proudění vzduchu, které bývá nerovnoměrné s četnými extrémy (AUGUSTA, 2001).

Pro energetické účely se začala masivněji využívat koncem minulého století a za prakticky využitelné se považují větry vanoucí rychlostí 3 - 26 m/s. V 80 letech minulého století se typický výkon větrné elektrárny pohyboval okolo 100 kW a průměr rotoru se pohyboval do 20 m. V roce 2005 byly již vyvinuty elektrárny s výkonem 5 MW a s průměrem rotoru více než 110 m. Tento růst má však své hranice. Kromě problémů s dopravou neúměrně vzrůstají nároky na materiály nosné konstrukce (QUASCHNING, 2010).

V ČR v současné době pracují větrné elektrárny zhruba na stovce lokalit s nominálním výkonem od 300 W pro soukromé využití až po 3 MW u velkých jednotek. V roce 2004 se pohyboval instalovaný výkon něco málo přes 15 MW, v roce 2010 dosahoval okolo 215 MW. Nepravidelnost, nahodilost a nepřesnost předpovědí síly i směru větru způsobují, že zařízení určená k využívání jeho energie jsou schopna pracovat pouze po 10 až 20 % roční doby. Až na výjimky leží vhodné

lokality v horských pohraničních pásmech Krušných hor a Jeseníků, popř. v oblasti Českomoravské vrchoviny (ACTUM S.R.O., 2010).

Větrné elektrárny jsou díky své velikosti dobře viditelné i na velkou vzdálenost, proto jsou chráněné krajinné oblasti a obydlené oblasti pro jejich umístění nevhodné. V kulturní krajině jsou však dopady na ekologii minimální a energie, která je při výrobě spotřebována, je větrnou elektrárnou vyrobena za cca 17 měsíců. Životnost elektrárny se pohybuje okolo 20 let (QUASCHNING, 2010). Akustické emise v okolí elektrárny může způsobovat strojovna (množství hluku závisí na kvalitě výroby jednotlivých technologických částí a na uložení kapotází soustrojí), popř. aerodynamický hluk vznikající interakcí proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzduchových vírů za hranou listů (ACTUM S.R.O., 2010).

2.2.3 Energie geotermální

Množství tepla obsaženého v pouhé 10km mocné horní vrstvě zemské kůry je podle odhadů geologů $7 \cdot 10^4$ větší než energie, kterou by vydaly veškeré zásoby vytěžitelného uhlí. Bohužel 99 % této energie se přímo k zemskému povrchu dostává vedením při mimořádně nízké tepelné hustotě, což vylučuje jakoukoliv možnost jejího přímého využití. Je to desettisíckrát menší hustota, než s jakou na naší planetu dopadá energie slunečního záření (AUGUSTA, 2001).

Geotermální zdroje rozdělujeme do tří skupin. Na tzv. pole suchých par, pole mokrých par a pole nízkoteplotní. První dvě mohou být využita geotermálními elektrárnami, poslední se využívají k vytápění, zejména za pomoci tzv. tepelných čerpadel.

Podíl geotermálních elektráren v rámci celé Evropy je minimální, v některých lokalitách je ale jeho význam značný. Jedná se např. o Island, kde z geotermálních zdrojů pochází většina elektrické energie a kde jsou tyto zdroje využívány i k vytápění domů, ohřevu vody atd. Dále je to Itálie v oblastech s aktivní sopečnou činností (Vesuv, Liparské ostrovy, Sicílie). Geotermální energie je využívána i ve Francii, na Novém Zélandu, v Kalifornii, Japonsku, Mexiku a na Filipínách, avšak v mnohem menší míře. Výstavba geotermální elektrárny je zhruba pětikrát dražší než stavba jaderné elektrárny (ACTUM S.R.O., 2010).

V ČR jsou projekty na případnou výrobu elektrické energie nepřímo z energie geotermální zatím ve stádiu příprav a úvah. Nejdále zatím postoupil projekt využití

geotermální energie v Litoměřicích. Na úspěchu tohoto projektu, kde je počítáno s kombinovanou výrobou elektrické a tepelné energie, nepochybně závisí rozvoj využívání této energie v dalších lokalitách ČR (BUFKA, 2011).

2.2.4 Energie biomasy

Živá hmota – biomasa vzniká přímo nebo nepřímo působením sluneční energie při fotosyntéze. K přibližně 2,5 bilionům tun veškeré hmoty rostlin vegetujících na naší planetě přirůstá každým rokem okolo 170 miliard tun biomasy. Kdybychom je využili pouze pro energetiku spalením, stačilo by toto množství krýt desetinásobek globální potřeby primární energie (AUGUSTA, 2001).

Pod aktuální využití biomasy zahrnujeme i využití některého průmyslového odpadu živého původu, např. chlévské mrvy a kejdy, i komunálního odpadu, např. kaly z čistíren, bioplyn z řízených skládek odpadu, aj. Biomasu lze využít dvěma základními způsoby: termochemické procesy (spalování, zplyňování, pyrolýza) a biochemické přeměny (fermentace a anaerobní vyhnívání) (OCHODEK a kol., 2007).

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je 70 %, u slámy 80 %). Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty, proto je podmínkou dokonalého spalování vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely (ACTUM S.R.O., 2010).

Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však dřevo obsahuje zbytkový obsah vody, asi 12 - 20 % hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 h na 1 kg dřeva (QUASCHNING, 2010).

Při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Ze zemědělských odpadů se v největší míře energeticky využívá kejda, případně i slamnatý hnůj, sláma, zbytky travin, stonky kukuřice, bramborová nať a další. V bioplynovém zařízení se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsném reaktoru. Obvyklá teplota je pro mezofilní bakterie 37 až 43°C, pro termofilní 50 až 60°C (ACTUM S.R.O., 2010). Vzniklý plyn se čistí a odsiřuje a následně používá ve spalovacích motorech. Z kejdy

hovězího dobytka se výtěžnost pohybuje okolo 45 m^3 na tunu, u kukuřičné siláže okolo 200 m^3 na tunu (QUASCHNING, 2010).

Fermentací roztoků cukrů je možné vyprodukovat ethanol (ethylalkohol). Vhodnými materiály jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Cukry mohou být vyrobeny i ze zeleniny nebo celulózy. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého ethanolu, který je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory. Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti, nedostatkem je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru (ACTUM S.R.O., 2010).

Energetické využití biomasy má ve srovnání se spalováním fosilních paliv ekologický přínos. Jedná se o snižování emisí síry, biomasa obsahuje síru v zanedbatelném nebo jen malém množství, a nezvyšování obsahu CO_2 , jehož uvolněné množství rostliny spotřebují při svém růstu (OCHODEK a kol., 2007).

2.2.5 Energie slunečního záření

Na každý 1 m^2 sluncem ozářené plochy naší planety dopadá v podobě tepelných, světelných a ultrafialových paprsků výkon kolem 1 kW. Je to čistá, věčně se obnovující energie, ale zdroje tepla nebo elektřiny využívající slunečního záření trpí pravidelnými (den, noc) i nepravidelnými (oblačnost) výpadky.

Úměrně s celosvětovým zdražováním paliv a energií stále více roste zájem o aktivní způsoby využívání sluneční energie technickými systémy – zejména pomocí fototermických nebo fotovoltaických panelů a systémů (AUGUSTA, 2001).

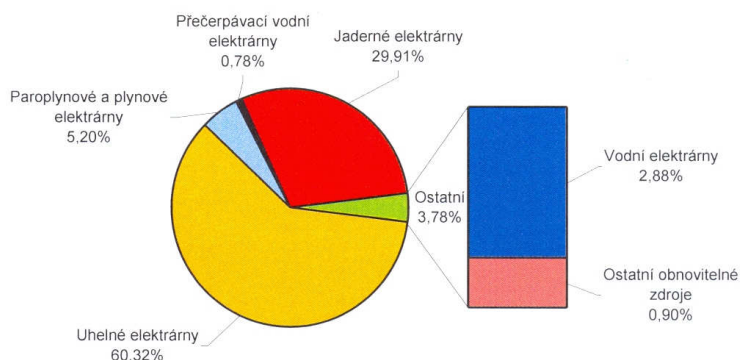
Celosvětový meziroční nárůst výroby solárních panelů se po roce 2000 pohybuje okolo 35 %. Celkový instalovaný výkon slunečních elektráren na světě byl v roce 2010 přes 30 000 MW. Z téměř 90 % se na tomto čísle podílely Německo, Japonsko a Spojené státy. Podíl FVE na celkové produkci elektrické energie ve světě představuje pouze asi 0,01 %. Česká republika se stala koncem roku 2010 třetím největším provozovatelem fotovoltaických elektráren na světě (ACTUM S.R.O., 2010).

Na Zemi je asi 22 milionů km^2 pouští, které nelze využít ani v zemědělství, ani k chovu dobytka (Sahara, Kalahari, Atakama). Jejich obrovské rozlohy však mohou být alespoň zčásti využity k přeměně sluneční energie na elektřinu nebo k rozkladu vody na vodík a kyslík. Pro Evropu je nejbližší Sahara, která má rozlohu

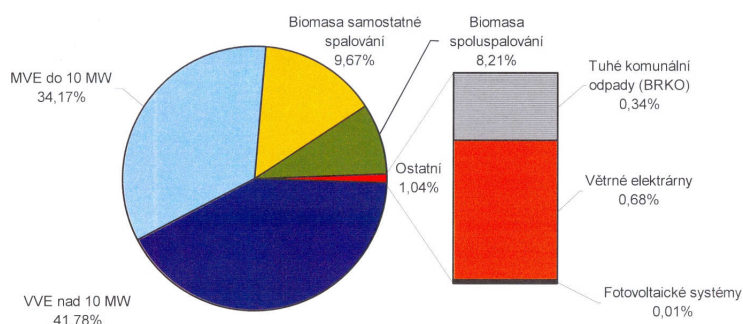
7 milionů km². Z jedné desetiny Sahary by dnešní technikou slunečních elektráren bylo možné získat asi 50 terawattů, což je 5krát více, než lidstvo potřebuje (AUGUSTA, 2001).

2.2.6 Elektrická energie v ČR

Za rok 2005 se v ČR vyrobilo přes 90 TWh elektrické energie. Největší produkce byla přitom z uhelných elektráren jak je patrné z grafu 1. Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů se v roce 2005 podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 4,48 % (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2006). Podíl jednotlivých OZE v roce 2005 je na grafu 2.



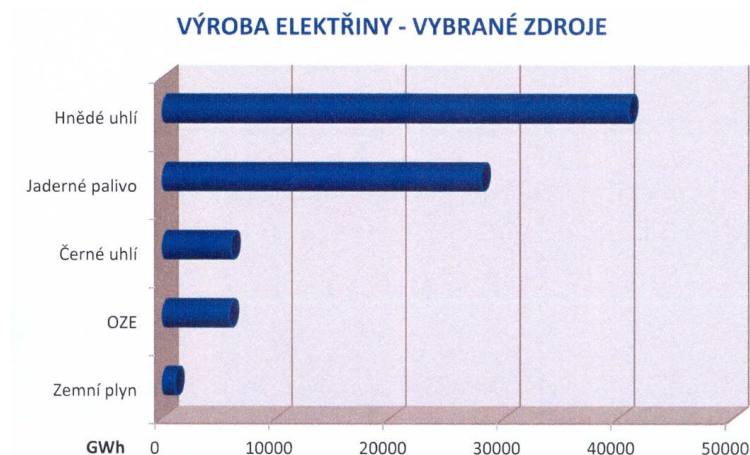
Graf 1 - Výroba elektřiny v ČR podle zdrojů v roce 2005 (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2006)



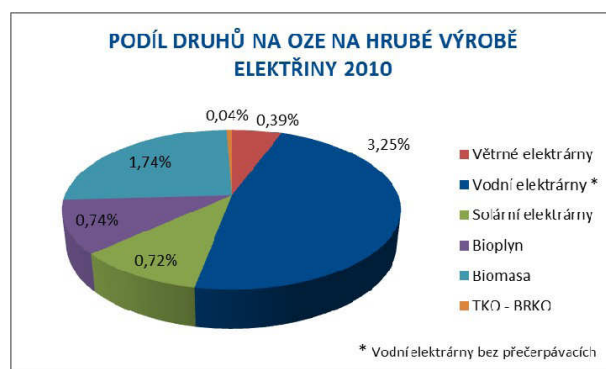
Graf 2 - Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2005 (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2006)

Za rok 2010 se v ČR vyrobilo přes 85 TWh elektrické energie. Největší produkce byla z uhelných elektráren, ve kterých se vyrobilo přes 46 TWh (graf 3). Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů se v roce 2010 podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 8,32 %. Byl tedy splněn 8% podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v České republice v roce 2010 (MINISTERSTVO

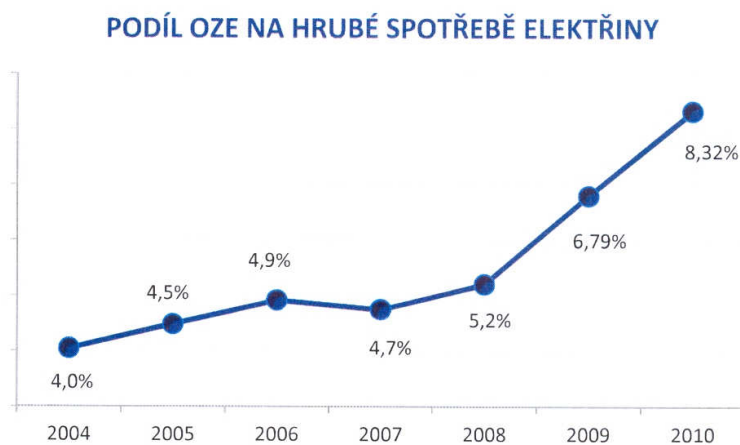
PRŮMYSLU A OBCHODU, 2011). Podíl jednotlivých OZE v roce 2010 je na grafu 4 a na grafu 5 je vývoj podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v České republice od roku 2004 do roku 2010.



Graf 3 - Vývoj skladby hrubé výroby elektřiny podle vybraných paliv a zdrojů v roce 2010 (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2011)



Graf 4 - Podíl jednotlivých druhů OZE na hrubé výrobě elektřiny v roce 2010 (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2011)



Graf 5 - Vývoj podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2011)

2.3 Fotovoltaická energie

2.3.1 Historie

V roce 1839 francouzský fyzik Alexandr Edmond Becquerel při experimentech s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu náhodně zjistil, že při jejich osvětlení začne procházet malý proud (MURTINGER a kol., 2007).

V roce 1869 objevili Smith, Adams a Day fotoelektrický jev v selenu a v roce 1883 předvedl C. E. Fritts v New Yorku první selenový sluneční článek. Frittsovy články měly plochu 30 cm^2 a účinnost okolo 1 %. Vnější fotoelektrický jev objasnil Albert Einstein (FEJFAR, 2006).

Přípravu polovodičových monokrystalů křemíku vyvinul polský vědec Czochralski v roce 1918. Fotovoltaický křemíkový článek nechal v roce 1946 patentovat Russell S. Ohl v USA (MURTINGER a kol., 2007).

V Bellových laboratořích D. Chapin, C. Fuller a G. Pearson použili v roce 1953 arsenem dopovanou tenkou křemíkovou destičku, ve které bórem vytvořili p-n přechod. Tento článek měřil 2 cm^2 a s účinností okolo 6 % měl maximálním výkon 10 mW (FEJFAR, 2006).

Díky vysokým výrobním nákladům byly fotovoltaické články používány převážně v kosmickém průmyslu. V sedmdesátých letech cena fotovoltaických článků klesla a začaly se využívat i na zemi pro napájení zařízení, která se nacházela mimo dosah elektrické sítě. Další impuls přinesla ropná krize, kdy vlády investovaly do výzkumu nových technologií pro výrobu energie. Díky masivnímu rozšíření křemíkových polovodičových součástek došlo k navýšení výroby čistého křemíku, které přineslo snížení výrobních nákladů a zvýšení dostupnosti fotovoltaických křemíkových článků (MURTINGER a kol., 2007).

2.3.2 Fotovoltaický článek, panel

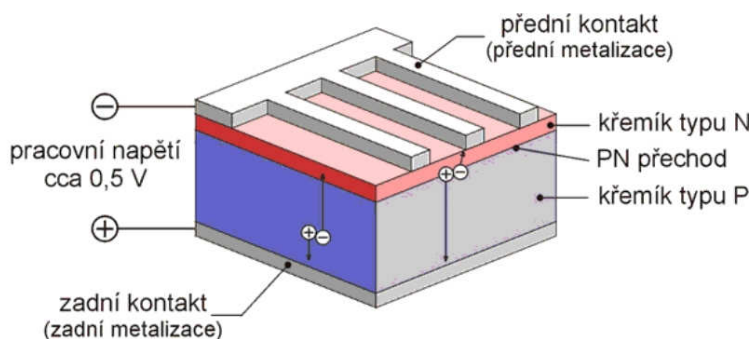
Nejrozšířenější jsou dnes fotovoltaické články na bázi křemíku (monokrystalické, polykrystalické i amorfni na bázi tenkých vrstev), protože křemík má řadu výhod. Je druhým nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře (okolo 26 %) a díky tomu je relativně levný, je snadno dostupný, není jedovatý a je asi i nejlépe prozkoumaným polovodičem (BECHNÍK a kol., 2008). V přírodě se nachází většinou ve formě křemene (oxidu křemičitého - SiO_2).

První fáze výroby čistého křemíku je redukce SiO_2 uhlíkem v obloukové peci, do které se shora kontinuálně vpravují suroviny (písek s mletým karbonizovaným uhlím). Dole v zóně s teplotou cca 2000 °C se hromadí roztavený křemík, který se v pravidelných intervalech odlévá. Takto získaný surový křemík hutní kvality má čistotu 98 až 99 % a jeho cena je okolo 2 USD/kg (MURTINGER a kol., 2007). Zhruba 1 % nečistot tvoří nejvíce příměsi Fe, Al a C.

V druhé fázi výroby se snažíme zbavit zbylého množství nečistot. Existují různé technologie, např. převodem na kapalnou fázi a její destilací lze získat polotovar až čistoty tzv. ppb (nečistoty řádově 10^{-9}), která je potřebná pro výrobu integrovaných obvodů. Pro výrobu fotovoltaických článků postačuje i nižší čistota, tzv. čistota ppm (nečistoty řádově 10^{-6}). Cena vyčištěného křemíku se pohybuje v řádu desítek USD/kg. Nejpoužívanější je dnes technologie Siemens s chlоровým cyklem, která je náročná na spotřebu energie i na ochranu zdraví obsluhy a životního prostředí.

V poslední fázi se z hrudek čistého křemíku vytvoří polykrystalické či monokrystalické ingoty, které se příčně řezou na destičky, které tvoří základ fotovoltaických článků (LIBRA a POULEK, 2009).

Fotovoltaický článek je velkoplošná dioda. Na přední straně bývá antireflexní úprava povrchu kvůli minimalizaci odrazu dopadajícího záření. Proto se články s nejvyšší účinností jeví černé. Zadní kontakt bývá celoplošný, přední kontakt bývá ve tvaru mřížky či hřebínku, aby zakrýval co nejmenší plochu článku pro dopadající světlo. Schéma fotovoltaického článku je na obrázku 1 a polykrystalický fotovoltaický článek je na obrázku 2. Tloušťka polovodičových článků se pohybuje kolem 0,2 mm (SRDEČNÝ a kol., 2010).



Obrázek 1 - Schéma polovodičového fotovoltaického článku (SRDEČNÝ a kol., 2010)



Obrázek 2 - Standardní polovodičový fotovoltaický článek na bázi polykrystalického křemíku (LIBRA a POULEK, 2009)

U oboustranného fotovoltaického článku je na zadní straně místo celoplošného kontaktu stejná struktura jako na přední straně. Jeho účinnost je vyšší díky využití odražené sluneční energie, jejíž množství závisí na odrazivosti materiálu (např. dobře odráží sníh, křemenný písek, beton, hůře pak tráva či hlína a min. černá čedičová skála).

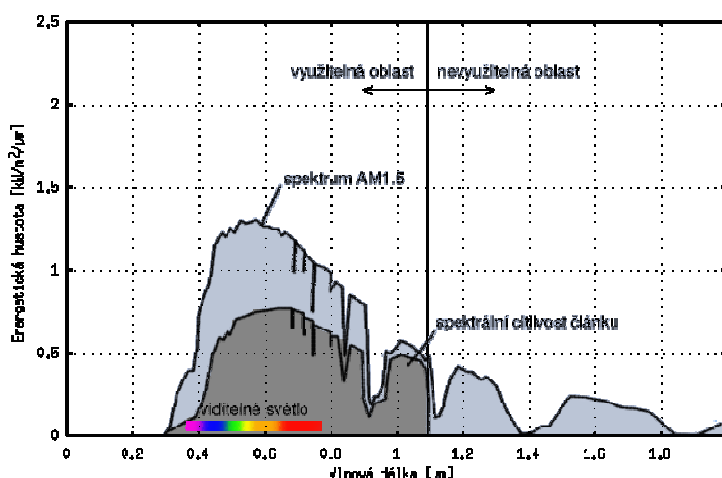
Protože napětí z jednoho článku je příliš malé, zapojuje se jich více do série. Takto zapojené články tvoří fotovoltaický panel, který nám při definovaném osvětlení poskytuje požadované stejnoměrné napětí a výkon. Protože jsou články poměrně citlivé, musíme je ochránit před vnějšími vlivy. Proto se propojené články vkládají mezi plastové EVA (etilvinylacetát) fólie. Přední stranu panelu tvoří temperované (tzv. kalené) sklo, které je odolné proti nárazu, a zadní stranu zpravidla tvoří laminátová kompozice PVF-PET-PVF (polyvinylidenfluorid-polyetyléntereftalát-polyvinylidenfluorid). Po odsátí vzduchu mezi jednotlivými vrstvami se panel zahřeje nad teplotu tání EVA fólie a díky tomu dojde k zalití článků mezi laminátovou kompozicí a temperovaným sklem. Poté se vsadí do hliníkového rámu a utěsní se silikonovým tmelem. Životnost kvalitních fotovoltaických panelů na bázi krystalických polovodičů bývá 20 až 30 let.

U oboustranných fotovoltaických panelů je rozdíl ve výrobní technologii pouze v tom, že na zadní stranu je použit průhledný laminát. Jejich účinnost je vyšší a přitom je cena stejná, nebo se jen málo liší od ceny jednostranných panelů (LIBRA a POULEK, 2009).

2.3.3 Faktory ovlivňující výkon

První z faktorů ovlivňující výkon je účinnost fotovoltaického článku. Každý fotovoltaický článek je schopen přeměnit na energii jen část spektra absorbovaného dopadajícího slunečního záření a jeho rozsah se liší dle druhu použitého materiálu. Rozsah tohoto spektra pro křemíkový fotovoltaický článek je na grafu 6. U článků vyráběných z křemíku, které tvoří přes 90 % z celkového množství komerčně dostupných fotovoltaických článků (FEJFAR, 2006), to jsou:

- články z monokrystalického křemíku, u kterých je v laboratorních podmínkách dosahováno účinnosti okolo 24 %, v reálných podmínkách 14 - 17 %,
- články z polykrystalického křemíku, u kterých je výroba podstatně levnější a rychlejší, dosahují v laboratorních podmínkách účinnosti okolo 18 %, v reálných podmínkách 13 - 15 %,
- články z amorfního křemíku, který má sklovitou strukturu, obsahují jisté procento vodíku a vyrábí se napařováním na vhodný substrát, dosahují v laboratorních podmínkách účinnosti okolo 13 %, v reálných podmínkách 5 - 7 % (MURTINGER a kol., 2005).

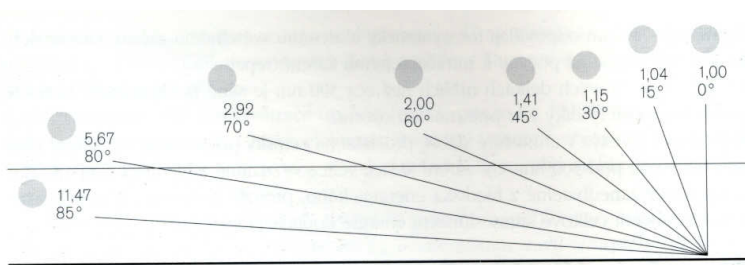


Graf 6 - Část spektra slunečního záření využitelná křemíkovým fotovoltaickým článkem (SOLARTEC, 2012)

Teoretická účinnost křemíkových článků se pohybuje okolo 26 %, např. u článků z galium arseniku je rozsah absorbovaného spektra dopadajícího slunečního záření větší a teoretická účinnost se pohybuje okolo 30 %, ale díky vysoké ceně jsou využívány hlavně pro satelitní techniku (FEJFAR, 2006).

Ve snaze využít co nejširší část spektra slunečního záření a tím dosáhnout i vyšší účinnosti, jsou konstruovány tzv. vícepřechodové struktury, u kterých je schopna každá vrstva přeměnit na energii určitou část spektra slunečního záření a jejich účinnost se může teoreticky pohybovat až kolem 58 %. Jejich cena je však podstatně vyšší než u klasických křemíkových článků (MURTINGER a kol., 2007).

Dalším z faktorů je celkové množství dopadající sluneční energie, která dopadne za jednotku času na jednotku plochy umístěnou kolmo ke směru dopadajících paprsků. V kosmickém prostoru se tato hodnota ve vzdálenosti planety Země od Slunce pohybuje okolo $1,4 \text{ kW/m}^2$ (KRIEG, 1993). Není-li fotovoltaický panel momentálně zastíněn Zemí či jiným tělesem, je množství dopadající energie poměrně stálé. U fotovoltaických panelů umístěných na zemském povrchu nám množství dopadající energie ovlivňuje hned několik aspektů. Nejvýznamnější je průchod zemskou atmosférou, kdy záleží na míře znečištění, tedy na množství aerosolů a tuhých částic, které nám část záření pohltí, odrazí či změní jeho směr. Dále je to pak nadmořská výška a výška slunce nad obzorem a s tím související tloušťka atmosféry (Air Mass – AM faktor), kterou musí sluneční záření projít a v neposlední řadě oblačnost. Jak se AM faktor mění během dne je znázorněno na obrázku 3. Atmosféra nám tedy část záření odrazí, část pohltí a část přemění na difúzní (rozptýlené) záření. Množství přímého záření se v našich zeměpisných šířkách za jasného letního dne pohybuje okolo 1 kW/m^2 (MURTINGER a kol., 2007).



Obrázek 3 - Souvislost AM faktoru a výšky slunce nad obzorem (MURTINGER a kol., 2007)

Mezi další aspekty, které ovlivňují množství dopadající sluneční energie na fotovoltaické panely, které však už můžeme ovlivnit, patří zastínění stavbami či porostem. Zastínění fotovoltaických panelů je nutno se vyvarovat, protože při zastínění pouhých 2 % plochy modulu je výstupní výkon snížen o 70 % (VANĚK a kol., 2006).

Dalším z faktorů je teplota fotovoltaických článků. Při nárůstu teploty o $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází ke snížení výkonu okolo 4 %. Při teplotě vzduchu $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se může teplota

článků za bezvětří pohybovat okolo 80 °C. Při takto vysokých teplotách dochází ke změně elektrických vlastností článku a ztráty vlivem teploty mohou činit až 75 % (BANNERT, 2009).

U faktorů ovlivňujících výkon nesmíme opomenout úhel, pod kterým dopadá sluneční záření na fotovoltaické články. U pevných konstrukcí se fotovoltaické panely montují na střechy, fasády či na různé konstrukce umístěné na vhodných místech. Máme-li možnost volit orientaci a sklon fotovoltaických panelů, pak se přední stranou orientují na jih a sklon volíme tak, aby v poledne dopadalo sluneční záření kolmo k ploše panelů. Pokud nejsou panely montovány na průhlednou stěnu, můžeme množství vyrobené energie navýšit použitím oboustranných panelů. Aby se ztráty vlivem šikmého dopadu minimalizovaly, používají se pohyblivé stojany, které natáčejí fotovoltaické panely tak, aby byly kolmo vůči dopadajícímu záření celý den. Navýšení vyrobené energie vůči pevným stojanům pak činí v podmínkách ČR cca 30 % (LIBRA a POULEK, 2009). Dalšího navýšení lze dosáhnout využitím koncentrátorů záření, které se využívají hlavně u dražších fotovoltaických panelů, ale jednou z nevýhod je přehřívání fotovoltaických článků.

2.3.4 Způsoby provozu fotovoltaických zdrojů

Fotovoltaické systémy můžeme provozovat jako ostrovní nebo síťové.

Ostrovní fotovoltaické systémy (grid off) nejsou napojeny na rozvodnou síť a zásobují jen malou oblast, objekt nebo i jeden spotřebič. Při návrhu takového systému je třeba počítat s průměrnými hodnotami slunečního svitu v dané lokalitě, s účinností fotovoltaického systému a s celkovou spotřebou všech používaných spotřebičů, u kterých se klade důraz na nízkou spotřebu energie (SRDEČNÝ a kol., 2010). Spotřeba elektrické energie je potom limitována množstvím vyrobené elektrické energie fotovoltaickým systémem.

Síťové fotovoltaické systémy (grid on) jsou napojeny na rozvodnou síť, do které v době přebytku výkonu dodávají energii a naopak v době nedostatku výkonu energii ze sítě odebírají.

2.3.5 Akumulace solární energie

Hlavní nevýhodou solární energie je nestálost slunečního svitu. Nejvíce energie bychom potřebovali v nočních hodinách, kdy nám však fotovoltaické zdroje energii nedodávají. Proto je vhodné energii v době jejího přebytku akumulovat pro její pozdější využití v době nedostatku.

Jednou z možností by mohlo být použití kondenzátorů, avšak tento způsob má jen malý význam, protože i poměrně velký kondenzátor pojme jen malé množství energie. Vyvíjeny jsou však superkapacitory, které jsou schopné pojmout větší množství energie. Výhodou je poměrně vysoká účinnost akumulace (až 95 %) (MAREŠ a kol., 2011).

Dále máme možnost využití elektrochemických akumulátorů či akumulátorových baterií různých velikostí a provedení, v kterých se při nabíjení přeměňuje elektrická energie na energii chemickou, která se v době vybíjení opět mění na energii elektrickou (KRIEG, 1993).

Další možností je využití energie vody v přečerpávacích elektrárnách. Pomocí reverzních turbín čerpáme v době přebytku vodu do výše položené nádrže a v době nedostatku pak vodou poháníme turbínu, která je propojená s elektrickým generátorem.

Do budoucna se jako perspektivní jeví akumulace energie do vodíku vyráběného elektrolýzou vody. Za posledních deset let bylo uvedeno do provozu již několik pilotních projektů vodíkového akumulačního systému (MOLDŘÍK a CHVÁLEK, 2011). Výhodou vodíku jako paliva je nevyšší výhřevnost ze všech paliv, spalováním vodíku vzniká vodní pára a menší množství oxidu dusíku, nevznikají oxidy uhlíku a síry ani jiné škodliviny. Nevýhodou vodíku je, že je prudce výbušný, což klade vyšší nároky na konstrukci zařízení z hlediska bezpečnosti. Dále je lehký, má nízkou hustotu, proto nádrže na kapalný vodík musí být zhruba 3x větší než nádrže na benzín se stejným obsahem energie. Na konstrukce se musí používat speciální oceli a jiné materiály, protože vodík může difundovat do kovů, což způsobuje křehnutí (LIBRA a POULEK, 2009). Energie akumulovaná do vodíku může být zpět přeměněna na elektrickou energii v palivových článcích řízenou elektrochemickou reakcí, tzv. studenou oxidací vodíku neboli studeným spalováním (MAREŠ a kol., 2011).

2.3.6 Likvidace, recyklace fotovoltaických panelů

Protože životnost fotovoltaických panelů je delší, než je tomu u běžného spotřebního zboží a množství k recyklaci bylo doposud nízké, v rámci celé EU několik stovek tun ročně (BECHNÍK a kol., 2008), nebyla tomuto problému věnována větší pozornost.

V ČR výrazně převažují křemíkové panely, u kterých většinu hmotnosti tvoří sklo a hliník, u tenkovrstvých je to přes 95 % (BECHNÍK, 2011a). Podíl materiálů na konstrukci fotovoltaického panelu a výtěžnost těchto materiálů při recyklaci je v tabulce 1.

Tabulka 1 – Materiálové složení panelů z krystalického křemíku (BECHNÍK, 2011a)

Materiál	Složení panelů (kg/kWp)	Podíl (%)	Výtěžnost recyklace (%)
Sklo	60	67	>95
Hliník	16	18	100
Plasty	10	11	-
Křemík	3	3	85
Junction box	2	2	-
Měď	1	1	80

Sklo je základním konstrukčním dílem téměř všech druhů panelů. Přídavkem recyklovaného skla můžeme snížit spotřebu energie na výrobu skla o 40 %.

Hliník, který je využíván hlavně na rámy panelů a v malém množství na kontakty článků, představuje asi 8 % spotřebované energie na výrobu panelu. Při jeho výrobě ze surovin je spotřebováno okolo 200 MJ/kg, při recyklaci se jeho výtěžnost blíží 100 % a spotřeba energie je okolo 8 MJ/kg.

Plastové komponenty a přípojovací skříňka (junction box) vlivem klimatických podmínek většinou degradují, a proto se v praxi spíše využívá tepelná energie, která se uvolní při jejich spálení.

Fotovoltaické články představují u klasické krystalické technologie množství pohybující se v jednotkách procent, u novějších panelů se tento podíl výrazně snižuje díky používání tenkých destiček. Jejich podíl na celkové spotřebě energie na výrobu panelu představuje až 80 % a na konci životnosti jsou v podstatě nezměněny. Na jejich recyklaci je spotřebováno okolo 30 % energie z energie potřebné při výrobě z primárních surovin (HÖRSTMANN-JUNGEMANN, 2010). Články vyrobené moderní technologií na recyklovaných deskách mají vyšší účinnost než články, z nichž byly desky při recyklaci získány (BECHNÍK, 2011a).

Kovy obsažené ve fotovoltaických panelech se množstvím pohybují v desetinách promile a jsou zanedbatelnými položkami z hlediska spotřeby energie na výrobu panelů. Finanční náročnost jejich recyklace je srovnatelná s výrobou z primárních surovin, ale protože se jedná o těžké kovy, je jejich recyklace nutná, aby se nedostávaly toxické látky do životního prostředí (HÖRSTMANN-JUNGEMANN, 2010).

Pro recyklaci panelů bylo navrženo několik metod, z nichž některé jsou univerzální, jiné pak vhodné pro určité typy panelů. Výstupem jsou ve většině případů drcené suroviny, pouze termická recyklace umožňuje získat použitelné polotovary.

Nejpokročilejší termickou metodu současnosti navrhla a odzkoušela firma Deutsche solar AG. Panely jsou umístěny do speciální pece, kde jsou vystaveny teplotě 500°C. Vlivem teploty dojde k odpaření plastových materiálů, které jsou následně v jiné komoře řízeně spáleny. Uvolněné krystalické články a ostatní materiály jsou separovány ručně. U nepoškozených panelů lze vytěžit až 85 % článků pro nové použití a díky tomu se sníží spotřeba energie na výrobu nových panelů o 70 % (MÜLLER a kol., 2005).

U mechanicko chemických metod je nejdříve demontován hliníkový rám. Po následném drcení a třídění frakcí se za použití separačních metod (fluidní a mokré splavy a elektrodynamická separace) oddělí jednotlivé materiály. Stříbro a další kovy jsou získávány chemicky a pyrometalurgicky. Podíl ruční práce oproti termické metodě je nižší, ale výsledkem jsou pouze drcené suroviny. Tato metoda je použitelná spíše pro tenkovrstvé panely, u nichž nelze polovodičové materiály získat jiným způsobem.

V ČR žádná specializovaná linka na recyklaci fotovoltaických panelů v současnosti není. Využití univerzálních recyklačních metod, respektive zařízení, nezaručuje efektivní využití speciálních fotovoltaických materiálů. Výstavba specializované recyklační linky je rentabilní pro množství kolem 20 tis. tun panelů ročně. Takové množství panelů lze očekávat až po roce 2040. V současné době by proto pro ČR bylo nejvýhodnější přistoupení k systému PV Cycle a recyklace panelů na stávajících linkách v Německu (BECHNÍK, 2011).

2.3.7 Vliv na půdu a krajinu

Fotovoltaické elektrárny jsou umístovány nejen na budovy, ale také na hospodářskou půdu, kde zabírají plochu až několik hektarů. Po dobu provozu fotovoltaické elektrárny na těchto plochách nalezneme ve většině případů travní porost, který lze udržovat následujícími způsoby:

Sečení se provádí 1 - 3x ročně. První seč se provádí koncem května a v červnu, další seč následuje obvykle po 6 - 8 týdnech. Sečení ve většině případů zajišťuje uchování druhové pestrosti porostů. Dlouhodobé sečení bez dodatečného hnojení však způsobuje ochuzování půdy o živiny s postupnou změnou druhové skladby porostu (MLÁDEK a kol., 2006).

Mulčování je přirozená součást koloběhu živin. Při dodržení zásad technologie mulčování nedochází k narušení agroenvironmentálních kritérií ekologické stability travních porostů (botanické složení, akumulace nadzemní rostlinné biomasy, kvalita podzemní vody). Doporučit lze technologický postup tří mulčování (25.5., 15.7., 25.9.), který přispívá k tvorbě botanického obrazu a protierozním účinkům (FIALA, 2007).

Pastva je nejstarší způsob obhospodařování travních porostů. Při celosezónní pastvě se většina živin (80 – 90 %) vrací ve formě tekutých a tuhých výkalů zpět do půdy (MLÁDEK a kol., 2006).

Tyto velkoplošné FVE mají také vliv na krajinný ráz dané oblasti. Dle principů krajinné ekologie chápeme krajinu jako část zemského povrchu s charakteristickým reliéfem, tvořenou souborem funkčně propojených ekosystémů a strukturu krajiny chápeme jako prostorové uspořádání krajinných složek a prvků a jejich vzájemné vztahy (FORMAN a GODRON, 1993).

Krajinným rázem se zabývá zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Krajinný ráz je v něm definován jako přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti. Zásahy do krajinného rázu, zejména umístování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonického měřítko a vztahů v krajině.

Realizace velkoplošné FVE představuje zásah do krajinného rázu. Z vizuálního hlediska je nejvýznamnějším znakem plocha pokrytá fotovoltaickými panely. Území

nevhodná pro umístění FVE jsou zvláště chráněná území, přírodní park nebo ochranná pásma vizuálního vlivu zvláště chráněných území. Toto pásmo je pro fotovoltaické elektrárny 1 km u NP a CHKO (1 – 3 zóna) a 0,5 km pro národní přírodní rezervace a památky, a pro přírodní rezervace a památky (SKLENÍČKA a VOREL, 2009). Typy území z hlediska vhodnosti pro výstavbu FVE jsou v tabulce 2.

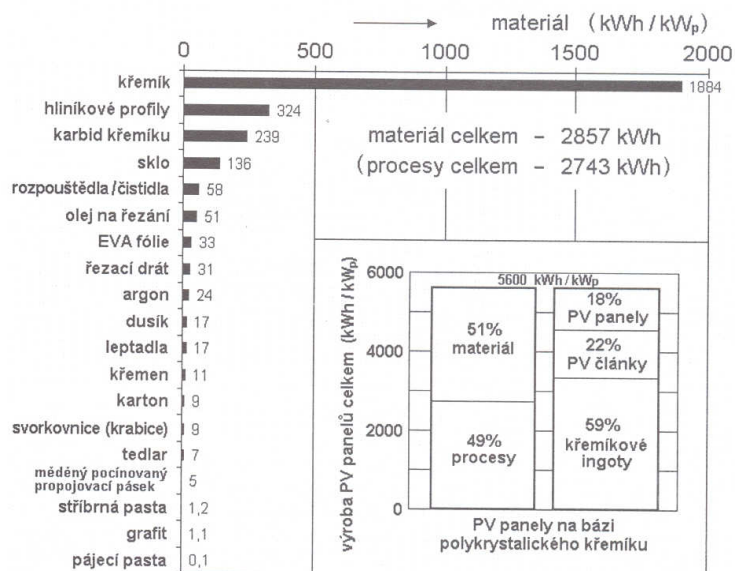
Tabulka 2 - Typy území z hlediska vhodnosti pro výstavbu FVE (SKLENÍČKA a VOREL, 2009)

Zóna	Typy území z hlediska vhodnosti pro výstavbu FVE	Aspekty ochrany
1	ÚZEMÍ NEVHODNÁ PRO VÝSTAVBU	Zvláště chráněná území (NP, CHKO)
		Zvláště chráněná území (NPR, NPP, PR, PP)
		Přírodní parky
		Skladebné části územního systému ekologické stability nadregionálního a regionálního významu – biocentra a biokoridory
		Významné krajinné prvky registrované podle § 6, zákona 114/1992 Sb.
		Plochy soustavy NATURA
		Území významná z ornitologického hlediska a pro společenstva netopýrů
2	ÚZEMÍ SPÍŠE NEVHODNÁ PRO VÝSTAVBU	Ochranná pásma dle příslušných zákonů, ochranná pásma vizuálního vlivu ZCHÚ a lesy s pásmem 150 m od okraje lesa,
		Území se zvýšenou hodnotou krajinného rázu
		Významné krajinné prvky podle § 3, zákona 114/1992 Sb.
3	ÚZEMÍ PODMÍNĚNĚ VHODNÁ PRO VÝSTAVBU	Území mimo zóny 1 a 2 a území s rysy degradace krajinného rázu

2.3.8 Ekonomické faktory

Výroba fotovoltaických systémů je značně nákladná. Největší část nákladů připadá na výrobu fotovoltaických panelů. U křemíkových fotovoltaických panelů připadá nejvíce nákladů na výrobu křemíkových článků (obrázek 4). Pokud bychom panely na bázi polykrystalického křemíku s max. výkonem 1 kWp (Watt peak je jednotkou špičkového výkonu dodávaného solárním zařízením za ideálních podmínek, jde tedy přibližně o výkon dodávaný panelem nebo systémem za běžného bezoblačného letního dne) nainstalovali na pevné stojany na místě s ideálními slunečními podmínkami, pak energii spotřebovanou při jejich výrobě mohou vyrobit za cca 4 roky (LIBRA a POULEK, 2009). Pokud bychom použili pohyblivé stojany či

koncentrátory, pak se tato doba ještě zkrátí. Díky jejich dlouhé životnosti je tedy zisk energie značný. Pokud budou do výroby zavedeny úspornější technologie a bude se využívat recyklovaného materiálu z vyřazených panelů, pak se výrobní náklady podstatně sníží a cena panelů bude také podstatně nižší.



Obrázek 4 - Bilance energie potřebné k výrobě fotovoltaických panelů na bázi polykrystalického křemíku s max. výkonem 1 kWp (LIBRA a POULEK, 2009)

Celkové investiční náklady na výstavbu fotovoltaické elektrárny tvoří nejen panely, ale ještě další dílčí komponenty (tabulka 3), a pokud by nám poklesla cena panelů např. o 25 %, pak celkové investiční náklady se sníží o necelých 15 % (NOVÁK a kol., 2010).

Tabulka 3 – Tabulka investičních nákladů na statické FVE při použití čtyř nejpoužívanějších typů fotovoltaických panelů – všechny ceny jsou vztaženy na 1 Wp a jsou uvedeny v Kč bez DPH pro rok 2010 (NOVÁK a kol., 2010)

Typ fotovoltaických panelů (účinnost)	Tenkovrstvé (8%)	Polykrystalické (14%)	Monokrystalické (19%)	Vícevrstvé (40%)
Pozemek *	18,-	9,-	9,-	5,-
Transformátor	2,-	2,-	2,-	2,-
Zázemí pro obsluhu	2,70	2,70	2,70	2,70
Mechanické konstrukce	9,-	6,-	6,-	6,-
Kabeláž a elektrické rozvody	5,-	5,-	5,-	5,-
Fotovoltaické panely **	50,-	66,-	70,-	200,-
Měniče	10,-	10,-	10,-	10,-
Stavební práce	14,-	9,-	9,-	9,-
Zabezpečovací zařízení	2,-	2,-	2,-	2,-
Základní pojištění	0,30	0,30	0,30	0,30
Celková investice za 1 Wp	113,-	112,-	116,-	242,-

* při uvažované průměrné ceně pozemku 300 Kč/m² (tj. přibližně 6-12 Kč/Wp), bez majetkových daní

** ceny fotovoltaických panelů platné pro červen 2010 bez DPH

V ČR byly poskytovány na podporu rozvoje FVE následující výhody:

1.1.2000 – vyhlášení programu „Slunce do škol“ - pro malé systémy na základní a střední školy,

1.1.2001 - 5% DPH pro fotovoltaické systémy a komponenty

1.1.2001 - reformulace programu „Slunce do škol“ - pro systémy až do 20 kW na VŠ,

1.1.2003 - 30% podpora investic pro fotovoltaické systémy připojené k rozvodné síti – do 2 kW výkonu pro fyzické osoby, do 20 kW výkonu pro právnické osoby.

Největší zásluhu na rozmachu fotovoltaických elektráren má výkupní cena, která je garantovaná od 1.6.2002, kdy bylo garantováno 6 Kč/kWh na dobu životnosti fotovoltaického systému, která byla stanovena vyhláškou na 15 let. Od 1.1.2008 vešla v účinnost vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 364/07 Sb., která dobu životnosti zvyšuje na 20 let. Výše výkupní ceny je stanovena podle data uvedení do provozu s meziročním zvýšením o 2 - 4 % podle indexu PPI (Cenový index průmyslové výroby). Od 1.1.2011 se podpora vztahuje pouze na elektřinu vyrobenou ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výrobní do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí (ZÁKON 330/2010 Sb.). Výši výkupních cen stanovuje každoročně ERU v cenovém rozhodnutí.

Další možnost podpory je tzv. zelený bonus, o který se navyšuje tržní cena elektřiny. Tento systém je pro investory, kteří budou vyrobenou elektřinu využívat pro vlastní potřebu a do distribuční sítě dodávají pouze přebytky. Výrobce si na trhu musí najít obchodníka, kterému elektřinu prodá za tržní cenu. Od provozovatele distribuční soustavy získá tzv. zelený bonus, jehož výše je stanovena ERU.

2.4 Fotovoltaická elektrárna v Bušanovicích

FVE v Bušanovicích byla budována ve třech fázích – Bušanovice I, Bušanovice II a Bušanovice III. Elektrárna se nachází na jižním svahu kopce Na Podvinní u cesty spojující obec Bušanovice a Předslavice, cca 200 m od hranic obce Bušanovice.

Daná lokalita byla zvolena nejen kvůli orientaci a sklonu pozemku, ale i díky množství dopadající sluneční energie, které je dle údajů PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) jednou z nejlepších oblastí v ČR. Napomáhá tomu skutečnost, že daná lokalita se nachází ve srážkovém stínu kopce Boubín vysokého 1362 m a vzdáleného od dané lokality cca 16,5 km (KOROSTENSKÝ, 2012).

Bušanovice I a II se nachází na pozemcích o sklonu cca 13°, které byly před stavbou elektrárny využívány jako trvalý travní porost (Katastrální úřad v Prachaticích, 2012). Bušanovice III se nachází na pozemcích se sklonem cca 3° - 10°, které byly před stavbou elektrárny využívány jako orná půda (Katastrální úřad v Prachaticích, 2012).

FVE Bušanovice I byla uvedena do trvalého provozu 1.2.2007 s instalovaným výkonem 693 kWp. Fotovoltaické panely (Mitsubishi PV-MF 130EA 2L) v množství 5320 kusů tvořící plochu 6170 m², jsou upevněny na pevnou dřevěnou konstrukci se sklonem 30°. Použity jsou dva centrální invertory (SolarMax 300C). Celkové investiční náklady činily 85 mil. Kč, z toho dotace z fondu operačního programu průmyslu a podnikání (OPPP) činila 29 200 tis. Kč.

FVE Bušanovice II byla uvedena do trvalého provozu 1.2.2008 s instalovaným výkonem 668 kWp. Fotovoltaické panely (Solarfun SF160-24-M175) v množství 3816 kusů tvořící plochu 4871 m², jsou upevněny na pevnou dřevěnou konstrukci se sklonem 30°. Použito je 78 ks 8kW invertorů (Sunny mini central SMC 8000TL) a 3 ks 4kW invertorů (Sunny mini central SMC 4000TL). Celkové investiční náklady činily 77 mil. Kč.

FVE Bušanovice III byla uvedena do trvalého provozu 1.2.2011 s instalovaným výkonem 655 kWp. Fotovoltaické panely (Trinasolar TSM-1080DC01) v množství 3744 kusů tvořící plochu 4785 m², jsou upevněny na pevnou dřevěnou konstrukci se sklonem 30°. Použito je 30 ks 11kW invertorů (SMA Sunny mini central 11000TL) a 27 ks 10kW invertorů (SMA Sunny mini central 10000TL). Celkové investiční náklady činily 72 mil. Kč.

3 Materiál a metodika

Data o použitých technologiích byla zjišťována z projektových dokumentací k elektrárnám Bušanovice I, Bušanovice II, Bušanovice III.

Pro zhodnocení kladů a záporů byla použita data z FVE v Bušanovicích provozované firmou KOROWATT s.r.o. Grafy denních průběhů byly získány z programu Solar park, kterým je monitorován provoz elektrárny Bušanovice I s měsíční historií.

Údaje o měsíčních výkonech dodaných do rozvodné sítě byly zjištěny z údajů o dodávkách zasílaných firmě KOROWATT s.r.o. firmou E.ON Česká republika, s.r.o.

Odhadované náklady po 20 letech provozu jednotlivých částí FVE byly vypočteny z aktuálních dat, ke kterým jsou dopočteny provozní náklady zvyšující se o inflaci, jejíž míra byla určena z průměru inflace za roky 1996-2011.

Odhadované výnosy po 20 letech provozu jednotlivých částí FVE byly vypočteny z aktuálních dat, ke kterým je dopočten zbývajících počet let z průměrného ročního výkonu sníženého každý rok o 0,8 % (předpokládaný pokles výkonu z vyhlášky 475/2005 Sb.) a z výkupní ceny stanovené ERU pro rok 2012 každoročně zvýšenou o 2 % (min. zvýšení dle vyhlášky č. 364/2007 Sb.). Celkové výnosy s DPH jsou počítány do roku 2009 s 19% sazbou DPH, od roku 2010 s 20 % sazbou DPH.

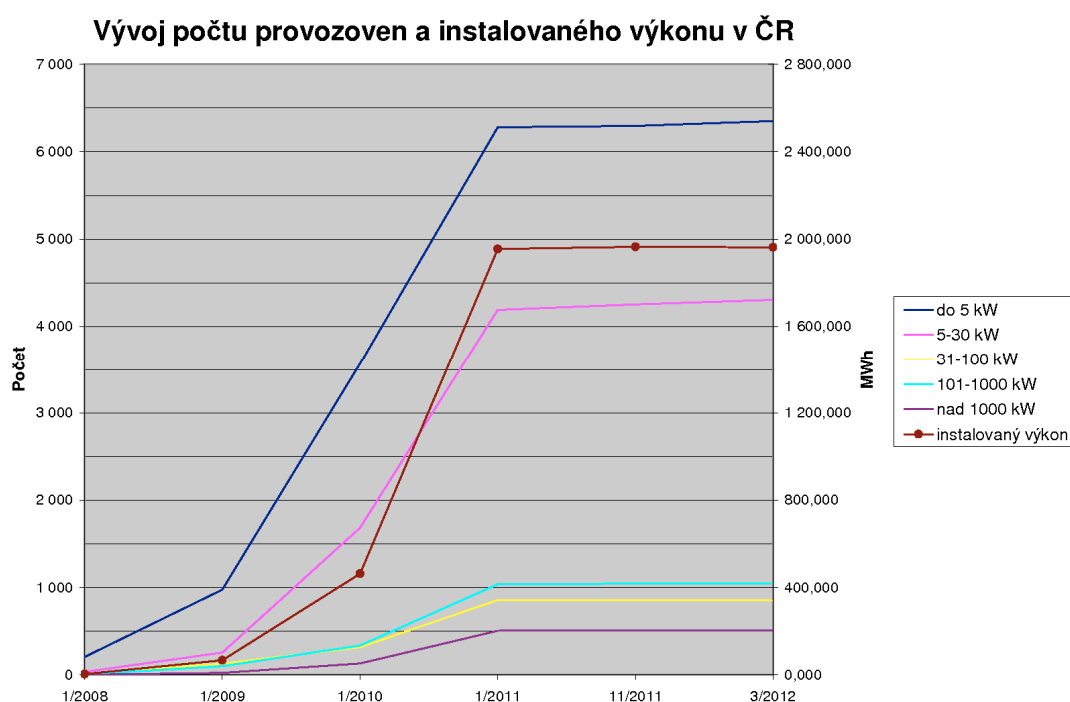
Pro výpočet úspor CO₂ je použit emisní faktor 1,17 t/MWh, zveřejněný na stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu a aktuální roční výkony. Pro stanovení předpokládané úspory po 20 letech provozu jednotlivých částí FVE, byl použit průměrný roční výkon každoročně snížený o 0,8 % (předpokládaný pokles výkonu z vyhlášky 475/2005 Sb.).

Údaje o počtu provozoven FVE v ČR za období 1.1.2008 až 1.3.2012 poskytl Energetický regulační úřad.

Data pro vytváření grafů byly zpracována v programu Excel 2003, který je součástí Microsoft Office 2003.

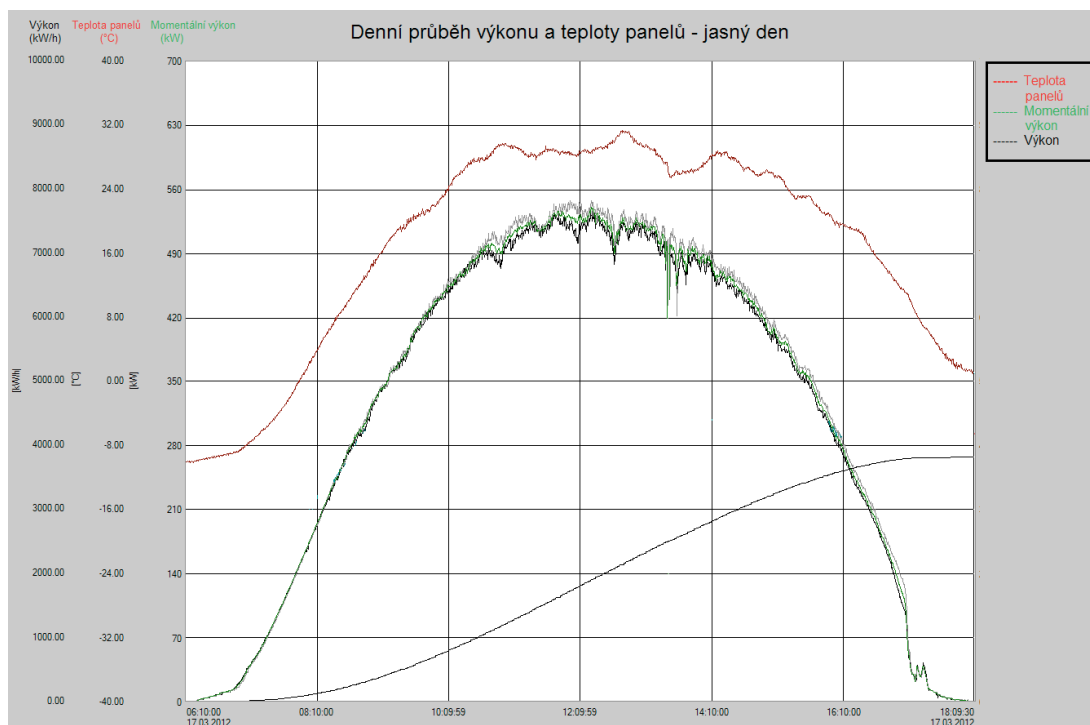
4 Výsledky

Na grafu 7 je znázorněn vývoj počtu provozoven FVE od 1.1.2008 do 1.3.2012. Rapidní nárůst provozoven v roce 2009 a 2010 byl způsoben výhodnými podmínkami ve formě výkupních cen garantovaných na 20 let a oznámením o plánovaném snížení výkupních cen, které vešlo v platnost 1.1.2011. Od tohoto data můžeme na grafu pozorovat jen minimální nárůst provozoven. Celkový instalovaný výkon v ČR dosahoval k 1.1.2009 65,74 MWh a k 1.1.2011 1954,91 MWh. V tomto období se celkový instalovaný výkon téměř třicetinásobně zvýšil.



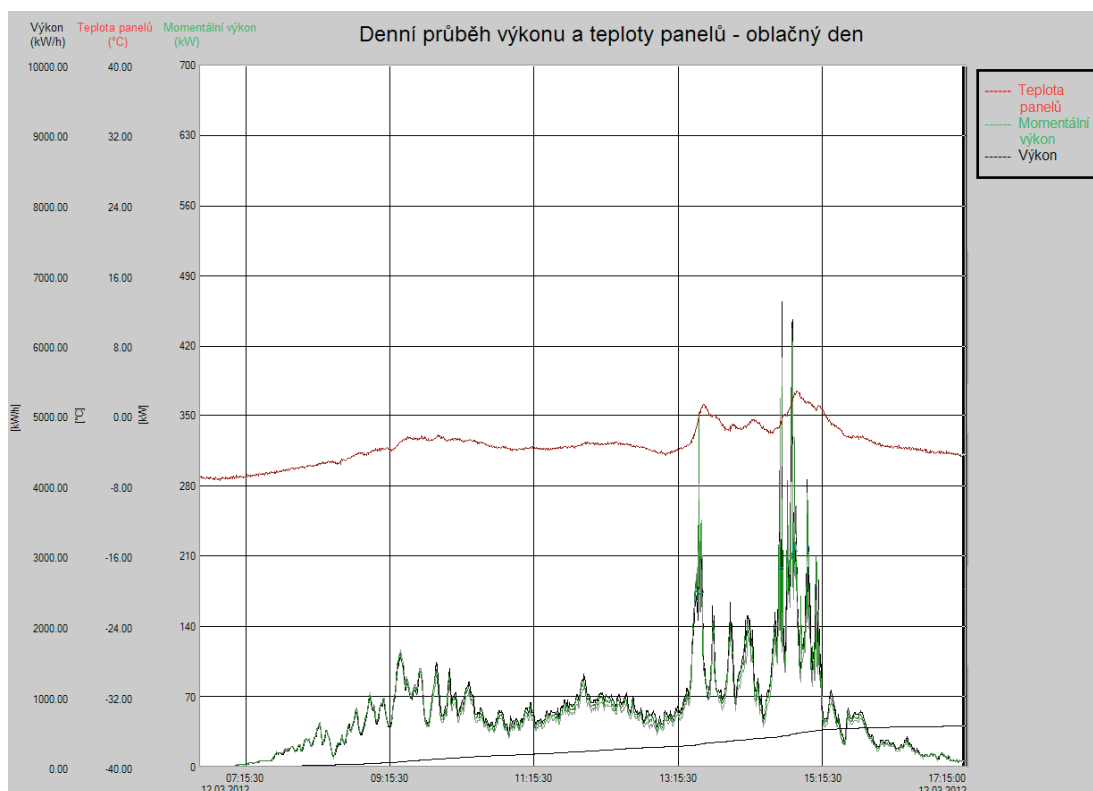
Graf 7– Vývoj počtu provozoven FVE a celkového instalovaného výkonu v ČR od 1.1.2008 do 1.3.2012 členěných do kategorií. Zdroj: ERU

Bušanovice I, II a III jsou FVE s fotovoltaickými panely připevněnými na pevnou dřevěnou konstrukci pod sklonem 30°. Množství dopadající energie je závislé na AM faktoru (mění se v průběhu dne), poloze slunce (mění se v průběhu ročních období) a atmosférických podmínkách, jak bylo popsáno v kapitole 2.3.3. Průběh křivky momentálního výkonu za slunného dne na grafu 8 je pravidelný, bez větších výkyvů. Momentální výkon panelů začíná pomalu narůstat při východu slunce. Po východu slunce (na grafu 8 cca 7:00 hod.) začne momentální výkon stoupat až do poledních hodin, kdy sluneční energie dopadá na plochu panelů nejkolměji, a momentální výkon dosahuje nejvyšších hodnot. Poté se začne opět snižovat tak, jak se slunce blíží k západu. Průběh teploty panelů je podobný, jako u momentálního výkonu. V letních měsících může teplota panelů dosahovat v poledních hodinách až 80 °C. Na křivce výkonu je patrné, kolik výkonu bylo panely dodáno a s jakým průběhem. Nárůst křivky je po celý den plynulý a na konci dne dosáhl hodnoty 3810 kWh. Z grafu 8 také můžeme vyčíst počátek (cca 6:10 hod.) a konec (cca 18:10 hod.) dodávky výkonu. Podle dat ze serveru Českého hydrometeorologického ústavu tyto časy odpovídají východu a západu slunce v měsíci březnu, z kterého graf 8 pochází. To ukazuje na téměř ideální orientaci svahu, na kterém je elektrárna umístěna.



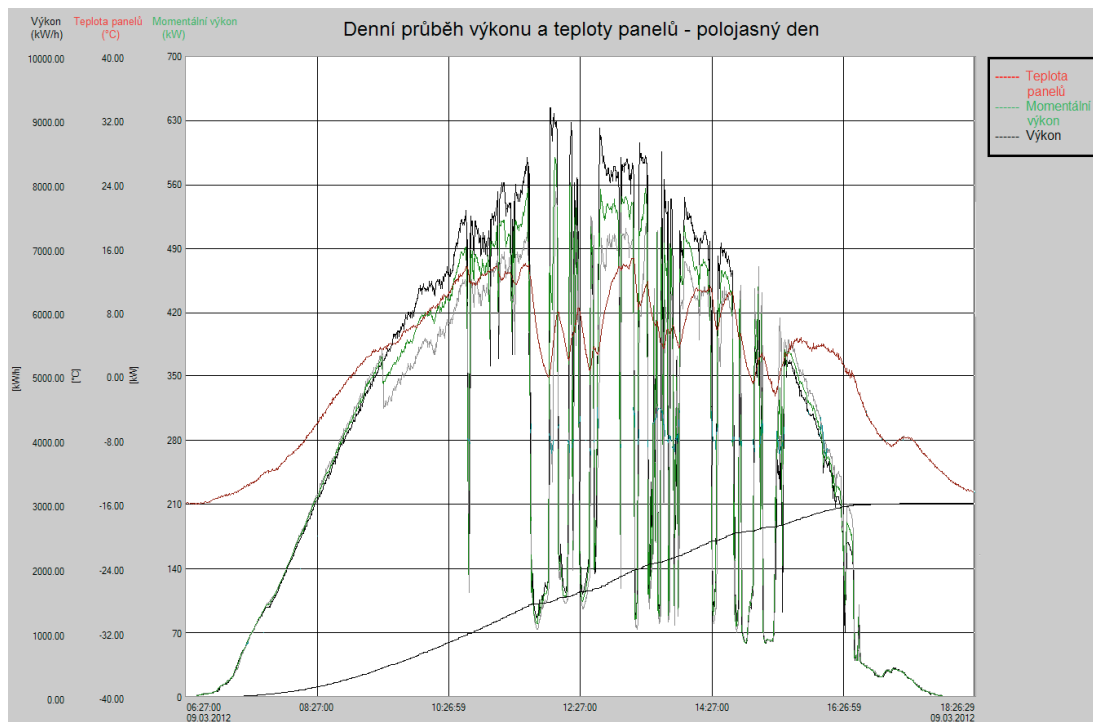
Graf 8 - Denní průběh výkonu a teploty panelů za jasného dne

Průběh křivky během oblačného dne znázorňuje graf 9. Nárůst momentálního výkonu je jen nepatrný. Závisí na tom, kolik záření z rozsahu spektra, který je schopný fotovoltaický článek využít, je oblačností propuštěno. Z grafu 9 můžeme vyčíst, že v čase mezi 13:15 až 15:15 hod. se začala oblačnost protrhávat, podle výkyvů křivky momentálního výkonu. Křivka teploty panelů má opět obdobný průběh jako momentální výkon. Za tento den byl dodán výkon 577 kWh. To je o cca 3200 kWh méně, než u grafu 8 za slunného dne ve stejném měsíci.



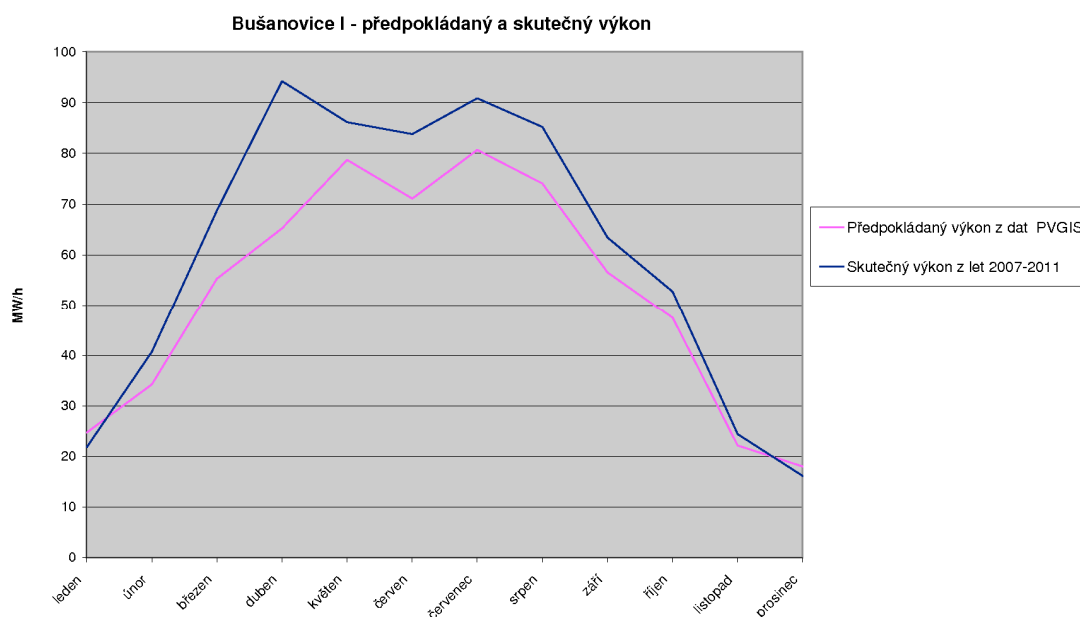
Graf 9 - Denní průběh výkonu a teploty panelů za oblačného dne

Na grafu 10 je den s protrhanou oblačností. Křivka momentálního výkonu dosahuje značných výkyvů tak, jak docházelo k zastínění slunce oblačností. Podobný průběh má křivka teploty panelů. Křivka výkonu mění svůj průběh v závislosti na momentálním výkonu a dodaný výkon dosáhl hodnoty 3016 kWh.



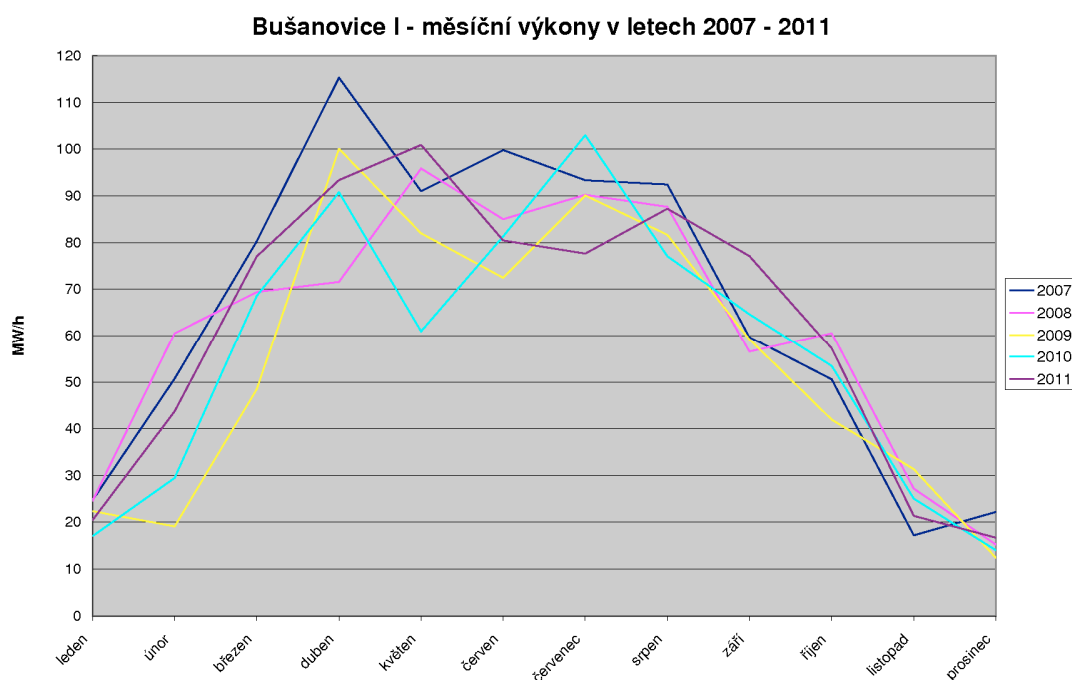
Graf 10 - Denní průběh výkonu a teploty panelů za polojasného dne

Před zahájením realizace části Bušanovice I si firma KOROWATT s.r.o. na serveru PVGIS, který je projektem EU a pracuje s daty o množství dopadající sluneční energie na Zemi z let 1981 až 1990, zjistila předpokládané hodnoty dopadající energie pro danou lokalitu. Na grafu 11 vidíme porovnání těchto hodnot s průměrnými hodnotami Bušanovice I za roky 2007 - 2011. Průměrné hodnoty se v průběhu celého roku pohybují nad předpokládaným odhadem výkonu kromě měsíců leden a prosinec. Největší rozdíl je v měsíci dubnu, kdy odhad z PVGIS se pohybuje okolo 65 MWh, průměrný skutečný výkon dosahuje 94 MWh.



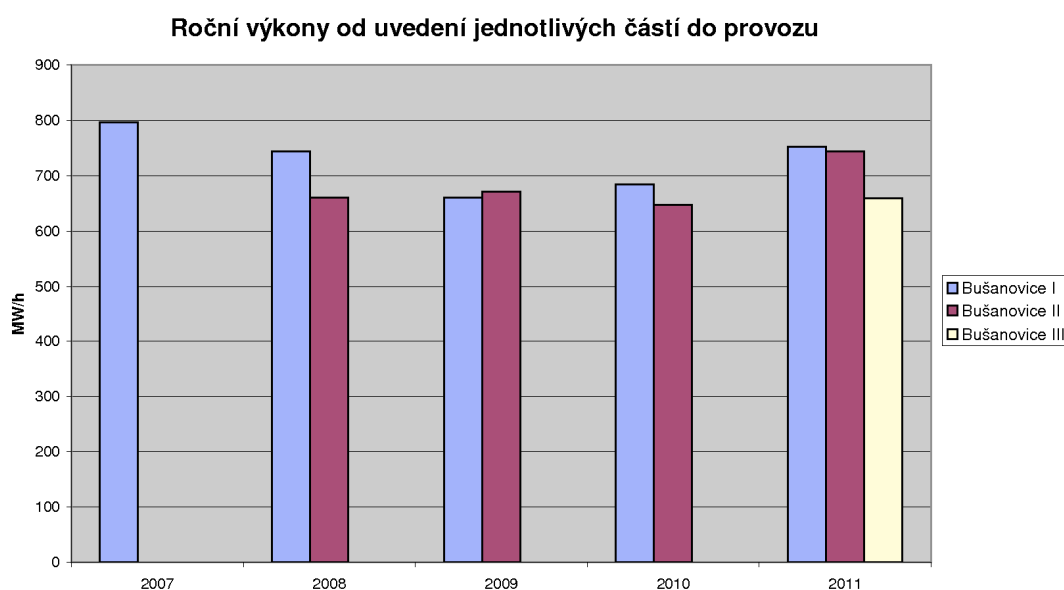
Graf 11 - Roční průběh předpokládaného výkonu ze serveru PVGIS a průměrného výkonu části Bušanovice I z let 2007 - 2011

Na grafu 12 jsou reálné výkony části FVE Bušanovice I z roků 2007 - 2011. Nejnižších výkonů je dosahováno v měsících listopad, prosinec a leden, kdy se měsíční výkon pohybuje v průměru do 25 MWh, v prosinci jen okolo 15 MWh. Je to způsobeno tím, že v těchto měsících je krátký den, vysoká vlhkost vzduchu a slunce se pohybuje nízko nad obzorem. Díky tomu není úhel dopadu slunečních energie na plochu panelu ideální a účinnost článků se tím snižuje. V měsících květen – srpen je dosahováno výkonů v průměru přes 80 MWh. Nejlepšího průměru přes 94 MWh dosahuje měsíc duben, kdy nejsou ještě příliš vysoké teploty vzduchu. Díky tomu nedochází ke snižování účinnosti článků vlivem vysoké teploty panelů. Výkyvy výkonů v jednotlivých měsících jednotlivých let jsou způsobeny atmosférickými podmínkami – tedy počtem oblačných, či slunečných dnů v daném měsíci. Např. v měsíci dubnu v roce 2007 bylo do sítě dodáno přes 115 MWh. Tento dodaný výkon je nejvyšší za dobu provozu Bušanovice I a dá se předpokládat, že tento měsíc byl extrémně slunečný s nízkými teplotami vzduchu. V témže měsíci roku 2008 bylo do sítě dodáno pouze přes 71 MWh, cca 62 % výkonu z roku 2007. Dá se předpokládat, že v roce 2008 byl duben extrémně oblačný. Největších extrémů za měsíce duben – srpen bylo dosaženo v roce 2010. V měsíci květnu bylo dodáno do sítě jen něco málo přes 60 MWh a v červenci téměř 103 MWh.



Graf 12 – Roční průběh výkonů části Bušanovice I z let 2007 - 2011

Na grafu 13 je srovnání celkových ročních výkonů částí Bušanovice I, Bušanovice II a Bušanovice III od jejich uvedení do provozu. Část Bušanovice I byla uvedena do provozu v roce 2007 a následující dva roky měl výkon klesající tendenci. Od roku 2009 dodaný výkon stoupá, a v roce 2011 bylo do sítě dodáno srovnatelné množství elektrické energie jako v roce 2008. Část Bušanovice II byla uvedena do provozu v roce 2008. První tři roky se dodaný výkon pohyboval okolo 660 MWh, v roce 2011 bylo dodáno téměř o 85 MWh více, přes 744 MWh. Část Bušanovice III byla uvedena do provozu v roce 2010 a do sítě bylo dodáno téměř 660 MWh.



Graf 13 - Roční výkony částí Bušanovice I, Bušanovice II a Bušanovice III od jejich uvedení do provozu

V tabulce 4 jsou náklady investované do jednotlivých částí FVE. V prvním sloupci jsou náklady spojené s vybudováním jednotlivých částí. Podle výše investice na 1 kWp výkonu je vidět, že cena od roku 2006, kdy byla část Bušanovice I budována, klesla do roku 2010, kdy byla budována část Bušanovice III, o více jak 12 tis. Kč/kWp. Při nákupu panelů na část Bušanovice I v roce 2006 byla cena cca 141 Kč/Wp, na část Bušanovice II v roce 2007 121 Kč/Wp a na část Bušanovice III v roce 2010 74 Kč/Wp (KOROSTENSKÝ, 2012). Cena klesla během 4 let na polovinu. Na část Bušanovice I byla poskytnuta dotace z dotačního titulu Evropské unie. V provozních nákladech jsou promítnuty náklady za pronájem pozemků, personál, údržbu dřevěné konstrukce, oplocení a údržbu pozemku. V posledním sloupci jsou předpokládané náklady po 20 letech provozu. U části Bušanovice I jsou nižší než u ostatních částí z důvodu poskytnuté dotace, která byla od nákladů odečtena.

Tabulka 4 - Náklady na vybudování a provoz FVE Bušanovice I (B I), Bušanovice II (B II) a Bušanovice III (B III)

Část FVE	Celková investice na vybudování (tis. Kč)	Investice na 1 kWp (tis. Kč)	Dotace (tis. Kč)	Provozní náklady (tis. Kč/rok)	Předpokládané náklady po 20 let. (tis. Kč)
B I	85000	122,665	29200	600	71870
B II	77000	115,269	-	600	92777
B III	72000	109,923	-	600	89501

V tabulce 5 jsou roční výnosy jednotlivých částí FVE od jejich uvedení do provozu. Výkupní cena v roce uvedení do provozu je stanovena cenovým rozhodnutím, které každoročně vydává ERU. Tato cena je každoročně navyšována dle vyhlášky 140/2009 Sb. o 2 - 4 %. Navýšení výkupní ceny pro rok 2008 bylo o 2,5 %, v dalších letech je cena navyšována o minimální 2 %. Tento trend se dá předpokládat i v nadcházejících letech. Nižší výnos po 20 letech u části Bušanovice III je způsoben snížením výkupních cen od 1.1.2011.

Tabulka 5 - Výnosy z FVE Bušanovice I (BI), Bušanovice II (BII) a Bušanovice III (BIII)

Část FVE	2007			2008		
	Dodaný výkon (MWh)	Výkupní cena (Kč/MWh)	Výnos (Kč bez DPH)	Dodaný výkon (MWh)	Výkupní cena (Kč/MWh)	Výnos (Kč bez DPH)
B I	797,014	13460	10 727 808	744,038	13800	10 267 724
B II	-	-	-	661,188	13460	8 899 590
B III	-	-	-	-	-	-

Část FVE	2009			2010		
	Dodaný výkon (MWh)	Výkupní cena (Kč/MWh)	Výnos (Kč bez DPH)	Dodaný výkon (MWh)	Výkupní cena (Kč/MWh)	Výnos (Kč bez DPH)
B I	660,760	14080	9 303 500	685,071	14370	9 844 470
B II	671,950	13730	9 225 873	648,131	14010	9 080 315
B III	-	-	-	-	-	-

Část FVE	2011			Výnos do 31.12.2011 (Kč bez DPH)	Předpokládaný výnos po 20 letech (Kč bez DPH)
	Dodaný výkon (MWh)	Výkupní cena (Kč/MWh)	Výnos (Kč bez DPH)		
B I	753,032	14660	11 039 449	51 182 951	228 801 788
B II	744,277	14300	10 643 161	37 848 939	211 847 931
B III	659,659	5900	3 891 988	3 891 988	87 949 849

V tabulce 6 je předpokládaná bilance po 20 letech provozu jednotlivých částí FVE. Ve sloupci zisku na 1 kWp vyšla nejlépe část Bušanovice I zásluhou dotace na vybudování. Bez dotace by zisk na 1 kWp dosahoval cca 250 tis. Kč. Část Bušanovice III má zisk nejmenší díky snížení výkupní ceny. Je zajímavé i srovnání předpokládané doby provozu jednotlivých částí FVE, za kterou dojde k pokrytí nákladů investice na výstavbu. Opět je patrný vliv poskytnuté dotace a snížené výkupní ceny. V posledním sloupci je doba potřebná na pokrytí investičních nákladů při výkupní ceně systémových elektráren, která je dle ČEZ 1800 Kč/MWh.

Tabulka 6 - Předpokládaná bilance po 20 letech provozu částí FVE Bušanovice I (BI), Bušanovice II (BII) a Bušanovice III (BIII)

Část FVE	Výdaje (tis. Kč)	Výnos (tis. Kč s DPH)	Zisk (tis. Kč)	Zisk na 1 kWp (tis. Kč)	Předpoklad, kolik let provozu bude třeba na zaplacení investice na výstavbu	
					Dotovaná výkupní cena (let)	Bez dotované výkupní ceny (let)
B I	71 870	274 259	202 389	292,047	5	30
B II	92 777	254 036	161 259	241,405	7	41
B III	89 501	105 539	16 038	24,485	15	40

V tabulce 7 je množství uspořených emisí CO₂, které by bylo vyprodukováno v systémových elektrárnách při dodání stejného množství energie, jako bylo vyrobeno FVE v Bušanovicích. V posledním sloupci je předpokládané množství v tunách po 20 letech.

Tabulka 7 - Množství uspořených emisí CO₂ FVE v Bušanovicích, které by bylo vyprodukováno v systémových elektrárnách

	2007 (t)	2008 (t)	2009 (t)	2010 (t)	2011 (t)	Předpoklad po 20 letech (t)
Bušanovice I	933	871	733	802	881	16178
Bušanovice II		774	786	758	871	15128
Bušanovice III					772	14188
celkem	933	1645	1519	1560	2524	45494

5 Diskuze

Umístění velkoplošných FVE by se mělo důkladně zvažovat. Nevhodné jsou lokality s úrodnou zemědělskou půdou a území v zónách 1 a 2 (tabulka 2). Za zvážení stojí umístění na svažitých pozemcích, kde při jejich zemědělském využití dochází ke značné vodní erozi a půda je nadměrně vysoušena díky velké expozici slunečním zářením. Za vhodná území by mohla být označena místa, kde již byl krajinný ráz výrazně narušen (např. bývalé skládky), anebo zemědělská půda, která zůstává ležet ladem bez údržby. Půda je výstavbou FVE konzervována na dobu její životnosti. Pozemky jsou pravidelně udržovány a je zajištěn uzavřený koloběh živin díky mulčování, anebo spásání dobyt看em. Na zkoumané lokalitě jsou část Bušanovice I a Bušanovice II umístěny na pozemcích s trvalým travním porostem (TTP). V minulosti byly plochy využívány jako orná půda, ale díky časté vodní erozi došlo k jejich převodu na TTP. Na pozemcích bylo dosahováno nízkých výnosů díky nadměrným suchům, proto jsou pro zemědělské využití spíše nevhodné (ZÍDEK, 2012). Po vybudování FVE se situace zlepšila, odpar z půdy se snížil díky zastínění půdy panely. Pro údržbu travní plochy bylo zvoleno spásání ovce (KOROSTENSKÝ, 2012).

U provozoven s výkonem nad 100 kW se ve většině případů jedná o velkoplošné FVE na zemědělské půdě, které výrazně narušují krajinný ráz a ve většině případů i průchodnost krajiny. Aby nedocházelo k poranění divoké zvěře, je nutné aplikovat pachové značky, které zvěř odpuzují (JÍROVEC, 2012). Na zkoumané lokalitě v Bušanovicích bylo zaznamenáno podstatné snížení poplachů na zabezpečovacím zařízení, které způsobovaly nárazy zvěře do oplocení, po aplikování těchto pachových značek (KOROSTENSKÝ, 2012).

K minimálnímu narušení krajinného rázu dochází při instalacích FVE na pláštích a střechách budov. K tomu, aby byly v budoucnu realizovány především tyto typy instalací, by měla přispět změna zákona 180/2005 Sb. (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve kterém byla od 1.1.2011 změněna podpora pouze na výroby elektřiny s instalovaným výkonem výroby do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí.

Drtivé procento FVE v ČR využívá články na bázi křemíku. Využíváním křemíku v polovodičových technologiích přispělo ke snížení výrobních nákladů. Dosavadní nejpoužívanější výrobní technologie Siemens s chlоровým cyklem je energeticky náročná a z ekologického hlediska značně riziková. Testování nových výrobních technologií by mělo přinést snížení energetické náročnosti i ekologické zátěže.

Z výsledků zkoumané lokality je zřejmé, že tento zdroj je značně nestabilní. Množství dodané energie je závislé jak na denním cyklu, který je pravidelný a předvídatelný, tak na atmosférických podmínkách, které jsou dlouhodobě nepředvídatelné. Během roku je množství vyrobené energie ovlivněno délkou dne a polohou slunce (výška slunce nad obzorem), která se mění podle ročního období. Nerovnoměrný výkon brání masivnímu nasazení grid on systémů, protože výkyvy v dodávce energie musí být v rozvodné síti vyrovnávány. Nejvhodnější jsou v tomto ohledu vodní elektrárny, které umožňují okamžité najetí či odstavení z provozu. V tomto ohledu však nemá ČR dobré vodní podmínky. Výstavba nových přečerpávacích elektráren, které by byly pro vyrovnávání výkyvů v rozvodné síti ideální, by znamenala příliš velké zásahy do krajinného rázu. U zdrojů grid off se k akumulaci energie využívají akumulátory, jejichž výroba i likvidace představují velkou ekologickou zátěž. Do budoucna se jeví jako nejvýhodnější akumulace energie do vodíku. Spalováním vodíku vzniká jen vodní pára a menší množství oxidu dusíku a energie spotřebovaná při jeho výrobě je získána zpět jen s minimálními ztrátami. Vodík vyrobený z energie FVE by pak mohl být využíván nejen v energetice, ale třeba i v dopravě.

Výhodou FVE je, že neprodukují škodlivé látky, mají vysokou životnost a vyžadují minimální údržbu. Pouze v zimním období je vhodné odstraňovat sněhovou pokrývku z fotovoltaických panelů.

Velmi diskutované téma je likvidace fotovoltaických panelů na konci jejich životnosti, která by mohla znamenat značnou ekologickou zátěž. V legislativě ČR není tento problém zatím řešen. V jednání je návrh zákona o podporovaných zdrojích energie, v kterém je stanoveno, že provozovatelé slunečních elektráren budou muset mít uzavřenu smlouvu s firmou, která bude provádět likvidaci. Této firmě budou muset během prvních tří let odvádět stanovený poplatek na sběr a likvidaci solárních panelů. Tato smlouva bude muset být uzavřena do 1 měsíce od zahájení provozu, u stávajících FVE, které jsou již v provozu, do stanoveného data. Pravidla pro určení

výše poplatku stanoví Ministerstvo (NÁVRH ZÁKONA o podporovaných zdrojích energie, 2012). Další zajímavou možností může být PV Cycle. Jedná se o celoevropskou aktivitu výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů založenou na dobrovolné zodpovědnosti za výrobek v průběhu celého životního cyklu. Výrobci a dodavatelé se snaží budovat zelený image oboru, ke kterému zodpovědnost za nakládání s odpadem v souladu s rámcovou směrnicí o odpadech 2008/98/ES samozřejmě patří (BECHNÍK, 2011). Panely jsou bezplatně vybírány ve sběrných místech, odkud jsou sváženy k recyklaci.

V ČR došlo k výraznému nárůstu provozoven v průběhu roků 2009 a 2010, který byl způsoben výhodnými podmínkami ve formě výkupních cen a zelených bonusů garantovaných na 20 let. Oznámení o snížení výkupních cen bylo vydáno v druhé polovině roku 2009 s plánovanou platností od 1.1.2010. Investoři s rozpracovanými projekty usilovali o uvedení FVE do provozu do tohoto data. Oznámení o odložení snížení cen na 1.1.2011 způsobilo další vlnu realizací projektů, které nebyly dokončeny do konce roku 2009, i nových projektů.

Po finanční stránce se solární technologie stává stále dostupnější. Investiční náklady se pohybovaly v roce 2008 u velkých systémů okolo 130 Kč/kWp, v roce 2009 to bylo 100 až 110 Kč/kWp (BECHNÍK, 2011). U sledované lokality byly investiční náklady u části Bušanovice I 122 Kč/kWp v roce 2006, u části Bušanovice II 115 Kč/kWp v roce 2007 a u části Bušanovice III 110 Kč/kWp. Díky výhodným výkupním cenám se investice na vybudování u sledované části Bušanovice II zaplatí po 7 letech provozu. U části Bušanovice III se projevilo snížení výkupních cen a investiční náklady se zaplatí po 15 letech provozu. Obě části byly vybudovány bez dotací. Poskytnutá dotace z fondu OPMP na část Bušanovice I posunula zaplacení investic na vybudování o 2 roky, na 5 let. Po 20 letech provozu mohou vybudované elektrárny stále pokračovat v provozu, pokud budou fotovoltaické panely poskytovat stále uspokojivý výkon. Jejich životnost je uváděna výrobcí až na 30 let. Pokud by byla vyrobená energie vykupována za výkupní cenu systémových elektráren, pohybovala by se doba zaplacení investic na vybudování okolo 40 let.

6 Závěr

Elektrická energie z fotovoltaických zdrojů je využívána již řadu let. Na počátku bylo jejich využití hlavně na zařízení provozované ve vesmíru, protože výroba fotovoltaických článků byla příliš nákladná. S pokrokem se tato technologie stala dostupnější a přišlo její masivnější využití. Testují se nové technologie a materiály tak, aby výroba byla co nejlevnější, s co nejmenší ekologickou zátěží a dlouhou životností panelů. Hledají se materiály a postupy, které by umožňovaly co nejsnazší a nejefektivnější recyklaci.

Z výsledků zjištěných na zkoumané lokalitě je patrné, že se tyto technologie stávají stále dostupnější. Zvýhodněné podmínky zajišťují zaplacení investic na vybudování během životnosti fotovoltaických panelů. Bez těchto zvýhodněných podmínek by tato doba byla delší, než je životnost fotovoltaických panelů. Provoz FVE je ekologicky šetrný, nejsou produkovány škodlivé látky ani hlukové emise. Nároky na údržbu jsou jen minimální. Problémem je nerovnoměrný výkon, který se mění v průběhu dne, měsíce i roku. Dalším nepřehlédnutelným problémem je ekologická zátěž, která vzniká při výrobě a likvidaci fotovoltaických panelů.

Likvidace fotovoltaických panelů recyklací je výhodná nejen díky snížení nákladů při následném využití na nové panely, ale zároveň se tím minimalizuje množství odpadů ukládaných na skládky. V systému PV Cycle tuto zodpovědnost na sebe převzali výrobci. Zda se tento způsob likvidace zavede v ČR, anebo jestli budou provozovatelé povinni ze zákona na likvidaci přispívat, ukáže budoucnost.

Vzhledem ke snižujícím se cenám výrobní technologie se dá předpokládat, že se budeme v budoucnu s FVE setkávat stále častěji. Jejich umístění bude třeba pečlivě zvažovat tak, aby nedocházelo k narušení průchodnosti krajiny, migračních tras a krajinného rázu. Vzhledem k vývoji podpory FVE v ČR se v budoucnu budeme pravděpodobně setkávat více s instalacemi na budovách než s velkoplošnými instalacemi v krajině.

Energetická náročnost lidstva stále stoupá. Pokud se podaří vyřešit problémy s kolísáním výkonu vhodnou akumulací např. do vodíku, která přináší minimální ekologickou zátěž, mohla by být fotovoltaická energie jedním z hlavních zdrojů energie budoucnosti.

Literatura

AUGUSTA, Pavel. *Velká kniha o energii.* Editor Soňa Křítková. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001, 583 s. ISBN 80-238-6578-1.

QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií.* 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.

FORMAN, Richard T. T. a Michael GODRON. *Krajinná ekologie.* 1. vyd. Praha: Academia, 1993, 583 s. ISBN 80-200-0464-5.

KRIEG, Bernhard. *Elektřina ze Slunce : fotovoltaika v teorii a praxi.* 1. vydání. Ostrava: HEL, 1993.

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie.* 1. vyd. Praha: ILSA, 2009, 160 s. ISBN 978-809-0431-102.

MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce.* 1. vyd. Brno: ERA, 2007, 81 s. ISBN 978-807-3661-007.

MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům.* 1. vyd. Brno: ERA, 2005, 91 s. ISBN 80-736-6029-6.

Elektronické zdroje

ACTUM S.R.O. *Alternativní zdroje energie* [online]. 2010 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/>

BANNERT, Petr. *Vliv teploty na vlastnosti fotovoltaických článků* [online]. Varnsdorf, 2009 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/487/FVS_008_cviceni/008_vliv_teploty_na_fvc.pdf

BECHNÍK, Bronislav, Radim BAŘINKA a Pavel ČECH. *Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů.* In: *Czech RE Agency* [online]. 2008 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/files/pdf/BechnikBarinkaCech.pdf>

BECHNÍK, Bronislav. *Historie a perspektivy OZE - fotovoltaika, méně rozšířené technologie.* In: *TZBinfo* [online]. 30.3.2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5517-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-mene-rozsirene-technologie>

BECHNÍK, Bronislav. Fotovoltaika: recyklace panelů I - metody recyklace. In: *Czech RE Agency* [online]. 5.9.2011 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z:

<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/fotovoltaika-metody-recyklace-I>

BECHNÍK, Bronislav. Fotovoltaika: recyklace panelů II – recyklované materiály.

In: *Czech RE Agency* [online]. 8.9.2011a [cit. 2012-03-08]. Dostupné z:

<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/fotovoltaika-recyklace-materialy-II>

BERANOVSKÝ, Jiří, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Energie vody. In: *EkoWATT* [online]. MAC, 2010 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z:

http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/energie_vody_web.pdf

BUFKA, Aleš. Obnovitelné zdroje energie v roce 2010. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 26.10.2011 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z:

<http://download.mpo.cz/get/44944/50555/582988/priloha001.pdf>

DOLEŽEL, Jiří. Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie (zákon č. 180/2005 Sb.). In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 16.1.2006 [cit. 2012-01-12]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument6697.html>

FEJFAR, Antonín. *Matematika, fyzika - minulost, současnost: Historie a perspektivy fotovoltaických článků pro využití sluneční energie* [online]. Editor Aleš Trojanek, Jan Novotný, Dag Hrubý. V Brně: VUT IUM, 2006, s. 70-80 [cit. 2012-01-11]. ISBN 80-214-3208-X. Dostupné z:

<http://gvm.vm.cz/people/trojanek/sbornik2004.pdf#page=80>

FIALA, Josef. *Modifikovaná pratotechnika trvalých travních porostů - mulčování* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2007 [cit. 2012-03-15]. ISBN 978-808-7011-249. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-24-9.pdf>

HÖRSTMANN-JUNGEMANN, Petra. Wohin mit ausgedienten Solarmodulen?. In: *Solarenergie-Förderverein Deutschland (SFV)* [online]. 07.07.2010, 15.06.2011 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z:

http://www.sfv.de/artikel/wohin_mit_ausgedienten_solarmodulen.htm

MAREŠ, Jan, Martin LIBRA a Vladislav POULEK. Akumulace elektrické energie. *Elektro* [online]. 2011, č. 2 [cit. 2012-02-07]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42869.pdf>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, Ministerstvo životního prostředí, Energetický regulační úřad. *Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2005* [online]. 2006. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/predpisy/download/zprava-o-vyrobe-elekriny-z-OZE-2005.pdf>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Národní akční plán České republiky pro energii. červenec 2010 [cit. 2012-01-09]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/42577/47632/568798/priloha001.pdf>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, Ministerstvo životního prostředí, Energetický regulační úřad. *Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie za rok 2010* [online]. 2011 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/29807/50655/583501/priloha001.pdf>

MLÁDEK, Jan, Vilém PAVLŮ, Michal HEJCMAN a Jan GAISLER. *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006, 104 s. [cit. 2012-03-15]. ISBN 80-865-5576-3. Dostupné z: http://fle.czu.cz/~hejcmman/pdf/Pastva_prirucka_komprimovana.pdf

MOLDŘÍK, Petr a Roman CHVÁLEK. Akumulace energie z fotovoltaiky do vodíku. *Elektrorevue* [online]. 2011, roč. 2011, č. 39 [cit. 2012-02-07]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/download/akumulace-energie-z-fotovoltaiky-do-vodiku/>

MÜLLER, Anja, Karsten WAMBACH a Erik ALSEMA. Life cycle analysis of a solar module recycling process. *20th European Photovoltaic Solar Energy Conference* [online]. 2005, [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://nws.chem.uu.nl/publica/Publicaties2005/E-2005-81.pdf>

NOVÁK, Tomáš, Jaroslav ŠNOBL a Karel SOKANSKÝ. FVE z pohledu investičních nákladů a návratnosti. *Světlo* [online]. 2010, č. 6 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42562.pdf>

OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Pavel JANÁSEK. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy* [online]. 2007 [cit. 2012-02-14].

Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka1.pdf>

SKLENIČKA, Petr a Ivan VOREL. Metodický návod: Vyhodnocení možností umístění větrných a fotovoltaických elektráren z hlediska ochrany přírody a krajiny. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. září 2009 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/legislativa_metodika_oze/\\$FILE/oued-metodika_umisteni_vetrnych_a_fotovoltackych_elektraren-20100312.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/legislativa_metodika_oze/$FILE/oued-metodika_umisteni_vetrnych_a_fotovoltackych_elektraren-20100312.pdf)

SOLARTEC. Spektrální citlivost solárních článků. In: *Solartec* [online]. 2012 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.solartec.cz/cs/fv-systemy/o-fotovoltace/spektralni-citlivost-clanku.html>

SRDEČNÝ, Karel, Jiří BERANOVSKÝ, František MACHOLDA a Jan TRUXA. *Energie slunce - výroba elektřiny* [online]. EkoWATT, 2010 [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/energie_slunce_web.pdf

Legislativa

Návrh ZÁKONA o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů energie a druhotných energetických zdrojů a z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a o změně některých zákonů (zákon o podporovaných zdrojích energie). 2012. Dostupné z: http://www.spvez.cz/pages/III_Navrh_zakona_o_podporovanych_zdrojich_energie.pdf

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/42621/47689/569222/priloha001.pdf>

VYHLÁŠKA 51/2006 Sb. ze dne 17. února 2006 o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, ve znění pozdějších předpisů

VYHLÁŠKA 140/2009 Sb. ze dne 11. května 2009 o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, ve znění pozdějších předpisů

VYHLÁŠKA 475/2005 Sb. ze dne 30. listopadu 2005, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON 17/1992 Sb. ze dne 5. prosince 1991 o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

ZÁKON 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON 330/2010 Sb. ze dne 3. listopadu 2010, kterým se mění zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů

Ostatní zdroje

Katastrální úřad v Prachaticích. Ústní sdělení. 2012

KOROSTENSKÝ, Aleš. KOROWATT s.r.o. Ústní sdělení. 2012

JÍROVEC, Miloslav. Člen mysliveckého sdružení Štítovina v Bušanovicích – člen lesní stráže. Ústní sdělení. 2012

ZÍDEK, Karel. Soukromý zemědělec – vlastník jednoho z pronajímaných pozemků. Ústní sdělení. 2012

Přílohy

Příloha č. I

Fotodokumentace – Fotovoltaická elektrárna v Bušanovicích

Foto 1 – Pohled z východoseverního svahu kopce Štítovina – vzdálenost cca 500 m



Foto 2 – Pohled z okraje obce Bušanovice z cesty do obce Předslavice – vzdálenost cca 200 m



Foto 3 – Pohled na dřevěnou konstrukci s upevněnými fotovoltaickými panely a na pachovou značku pro odpuzování divoké zvěře aplikovanou na sloupku oplocení



Foto: Marek Krýcha