

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131- Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hodnocení stavby a provozu fotovoltaické elektrárny Ševětín
na okolní krajinu

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Procházka, Ph.D.

Autor: Jan Trnobranský

České Budějovice, 13. dubna 2012

Prohlášení:

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.

V Českých Budějovicích dne 13. 4. 2012

.....

Jan Trnobranský

Poděkování:

Velice děkuji Ing. Janu Procházkovi, Ph.D. za odborné a trpělivé vedení mé práce. Nemalý dík rovněž patří Ing. Davidu Sochrovi a Ing. Zuzaně Musilové za poskytnutí cenných informací k fotovoltaice a FV elektrárně Ševětín, stejně tak děkuji i panu Romanu Štěchovi za informace k zemědělské výrobě. Za technickou pomoc při zpracování děkuji dále Ing. Zbyňku Koblíhovi a panu Zbyňku Sovovi a starostce města Sedlec-Prčice paní Miroslavě Jeřábkové za informace o výkupu surovin.

Mimo jiné bych chtěl ještě poděkovat Heleně Vopatové a Pavlu Vopatovi za formální úpravu textu.

Abstrakt

Práce se zabývá hodnocením stavby a provozu fotovoltaické elektrárny Ševětín a podmínkami pro provoz FV elektrárny v rámci ČR. FV elektrárna Ševětín je součástí projektu společnosti ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. s celkovým výkonem téměř 30 MWp a s plánovanou životností 20 let. Bylo zjištěno, že FV panely obsahují recyklovatelné materiály (sklo, hliník, plasty a měď), které by při demontáži na jednotlivé komponenty mohly být vykoupeny v běžných sběrných dvorech za cenu v součtu přesahující 20 milionů korun. Výpočtem energetické návratnosti bylo zjištěno, že v případě fotovoltaických panelů bude návratnost 2,3 roku. Pokud by se FV elektrárna Ševětín nestavěla, bude při běžném zemědělském využití dotčených pozemků hrubý finanční zisk téměř 150 krát menší než při provozu FV elektrárny. Po ukončení provozu a demontáži recyklovatelných materiálů bude možné na většině pozemků opět zemědělsky hospodařit.

Klíčová slova: fotovoltaická elektrárna, solární energie, energetická návratnost, zemědělské hospodaření

Abstract

This thesis is concerned with the evaluation of the construction and operation of the Ševětín photovoltaic power plant and with the conditions for such power plant's operation within the area of the Czech Republic in general. The Ševětín photovoltaic power plant is a part of a project of the company ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. (CEZ Renewable Resources, Ltd.) with total power reaching up to 30 MWh and with planned lifespan of 20 years. The research showed that the photovoltaic panels contain recyclable materials (glass, aluminium, plastic and copper) which could be sold for recycling in scrapyards at a price exceeding CZK 20 million (in current prices of recyclable materials that are believed to be constantly rising) in case of its dismantlement. The calculations showed that the energy return regarding the particular type of photovoltaic panels totals 2,3 years. If the Ševětín photovoltaic power plant was not built, the gross financial profit on a regular cultivation of the particular land used for its construction would be less than 150 times lower than on the operation of the power plant. Most of the land will be suitable for farming after the termination of the power plant's operation and dismantling of its recyclable parts.

Keywords: photovoltaic power plant, solar energy, energy return, farming

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Literární přehled	10
2.1	Sluneční energie a její přeměna na energii elektrickou a tepelnou.....	10
2.2	Historie solární energetiky	16
2.3	Obnovitelné zdroje a solární energetika v ČR.....	17
2.4	Dotace pro fotovoltaickou elektrárnu a legislativa.....	20
2.5	Skupina ČEZ a obnovitelné zdroje.....	24
2.6	Recyklace a likvidace solárních panelů.....	27
3	Cíle.....	34
4	Metodika.....	35
5	Výsledky a diskuze	39
5.1	Základní parametry FVE Ševětín.....	39
5.2	Materiálové složení FV panelů v Ševětíně a výkupní ceny.....	41
5.3	Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách ČR.....	44
5.3.1	Problematika návratnosti FV ve světě a v podmínkách ČR	45
5.3.2	Analýza energetické návratnosti FV elektrárny Ševětín	47
5.4	Zhodnocení využití dotčených pozemků.....	49
5.4.1	Zhodnocení využití pro provoz FV elektrárny Ševětín	49
5.4.2	Zhodnocení využití pro zemědělskou výrobu.....	51
5.4.3	Shrnutí výsledků a doporučení pro optimalizaci využití pozemku v průběhu a po ukončení provozu FVE.....	53
6	Závěr	56
7	Literatura	57
8	Přílohy	60

1 Úvod

Česká republika, umístěná v samém srdci Evropy, je zemí s uhelnou industriální minulostí, ale kráčející směrem k využívání obnovitelných zdrojů energie. Od Sametové revoluce v roce 1989 a pádu komunistického režimu se země změnila nejen politicky a společensky, ale též v oblasti environmentální. Nové technologie přinesly alternativní způsoby, jak získávat potřebnou energii pro zemi a její znečištěná města. Ve Spojených státech jsou podobné inovativní projekty obnovitelné energie důležitou částí národního zaměření na čistou energii. Jak naše městská centra na obou kontinentech rostou, čistá a obnovitelná energie se stává klíčovou strategií a nedílnou součástí našeho života.

Energetika je jednou z nejpodstatnějších součástí moderní a vyspělé společnosti a bez elektrické energie si lze současný život jen těžko představit. Bohužel je však výroba elektrické energie jedním z největších znečišťovatelů životního prostředí, a proto je především ve vyspělém světě snaha vyrábět energii „čistším“ způsobem. Jednou z možností je využívání solární energie.

Fosilní charakter světového hospodářství a z toho plynoucí programové ruiny společných základů života naléhavě vyžadují naši zásadní reorientaci na sluneční energetické zdroje. A to nejenom proto, aby fosilní (a s nimi také atomové) energie doplnily, ale aby je nahradily. Světové hospodářství vděčí za svůj úspěch fosilní energetické základně, ale současně je jí dnes také ničeno. (Scheer, 2004)

V České republice došlo v posledních letech k velkému rozmachu využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) způsobeným snahou Evropské unie a ČR o přispění k trvalé udržitelnosti hospodaření a k zachování „přirozeného“ životního prostředí budoucím generacím. Do tohoto portfolia možností využití OZE patří mimo jiné i fotovoltaika, která často bývá trnem v oku tam, kde dříve po mnoho generací bujně rašily lány polí. Tato rychlá změna prostředí nezřídka kdy vyvolá hlavně mezi obyvatelstvem žijícím v okolí těchto staveb negativní odezvy. Logicky jsou pokládány otázky týkající se těchto projektů a jejich energetické návratnosti, recyklace a likvidace, ekonomické návratnosti, výkupních cen pro OZE, vlivu na životní prostředí aj. Právě proto, a i z hlediska kontroverznosti názorů na

fotovoltaické elektrárny, jsem si vybral toto téma a pokusil se jej vyhodnotit na konkrétním příkladu FV elektrárny Ševětín.

2 Literární přehled

2.1 Sluneční energie a její přeměna na energii elektrickou a tepelnou

Sluneční energie je základní podmínkou života na Zemi. (Beranovský, Truxa et al., 2004) Slunce je největší zdroj energie ve sluneční soustavě a veškerá energie na Zemi, snad jen s výjimkou jaderné energie, pochází z tohoto zdroje. V jádru Slunce se uvolňuje energie zejména termonukleární syntézou jader vodíku na jádra hélia, poté řádově stovky tisíc let trvá, než se tato energie dostane k povrchu Slunce a odtud se vyzařuje ve formě elektromagnetického záření a nabitých částic, kterým se říká „sluneční vítr“. (Beranovský, Truxa et al., 2004) Zatímco energie elektrická může být chápána jako energie elektrostatického a magnetického pole, které vzniká v okolí pohybujících se nábojů. (Vrtek, 2002)

Za dobu, než se sluneční záření prodralo nitrem k povrchu, se zatím člověk vyvinul v inteligentní bytost moderní doby. (Jirka, 1999)

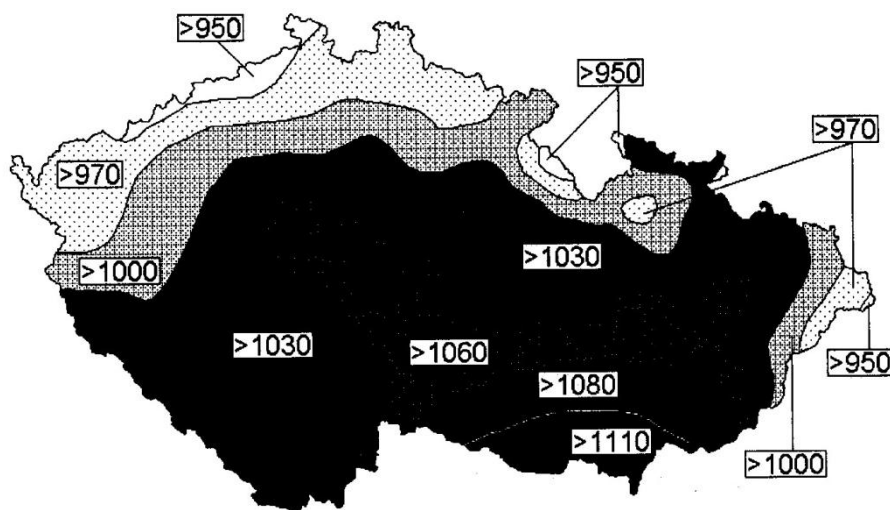
Sluneční záření se skládá ze spektra několika druhů záření odlišných svojí vlnovou délkou. Ultrafialové záření (vlnová délka 290 - 380 nm) tvoří 0 – 4 % z celkového spektra, záření infračervené (710 - 4000 nm) 50 – 79 % z celkového spektra, dlouhovlnné záření (4 000 – 100 000 nm) 50 – 79 % z celkového spektra a záření viditelné (380 – 710 nm), které je pro fotovoltaiku nejpodstatnější, tvoří asi jen 21 - 46 % z celkového spektra. (Sluneční záření [online], 2012)

Na zemský povrch dopadá jen určitá část této energie. Část energie se odráží od atmosféry a část se v atmosféře pohlcuje. Na povrch Země tedy dopadá o něco méně energie v závislosti na zeměpisné šířce, meteorologických podmínkách a denní či roční době (Libra, Poulek, 2009).

Sluneční záření (viditelná část spektra) dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá z přímého a z rozptýleného (difuzního) záření. Přímé sluneční záření je záření od slunečního disku, které tvoří vzhledem k velké vzdálenosti svazek prakticky rovnoběžných paprsků. (Beranovský, Truxa et al., 2004) Rozptýlené sluneční záření vzniká v důsledku rozptylu přímých slunečních paprsků na molekulách plynných složek vzduchu, vodních kapkách a ledových krystalcích a na různých aerosolových částicích (Beranovský, Truxa et al., 2004). Maximální intenzita záření na povrchu Země je zhruba $I_{\max} = 1100 \text{ W/m}^2$ (Libra, Poulek, 2009).

Průměr pro celou Českou republiku je přibližně 1081 Wh/m^2 (Beranovský, Truxa et al., 2004). Na obr. 1 můžeme vidět rozložení slunečního svitu dopadajícího na území České republiky. Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1460 h/rok (od 1400 do 1700 h/rok). Nejmenší počet má severozápad území. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá.

Roční výroba slunečních kolektorů v našich podmínkách dosahuje přibližně $400 - 500 \text{ kWh/m}^2$ za rok. Pro reálné odhady hrubé výroby energie v průměrných solárních zařízeních v podmínkách ČR lze uvažovat o průměrné roční výrobě $380 - 420 \text{ kWh/m}^2$ za rok. Tyto hodnoty neplatí pro oblasti se silně znečištěnou atmosférou, kde je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5 - 10 %, někdy až 15 - 20 %. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2000 m. n. m. je nutné počítat s 5% nárůstem globálního záření. (Beranovský, Truxa et al., 2004)



Obr. 1 Izokřivky průměrné roční solární energie dopadající na jednotku plochy povrchu Země skloněné k jihu pod úhlem odpovídajícím zeměpisné šířce v České republice (Libra, Poulek, 2009)

Z této energie jsme schopni využívat dvě části; tepelnou (termickou) a světelnou (fotonickou). Sluneční záření lze přímo využívat k výrobě tepla, chladu a elektřiny (Beranovský, Truxa et al., 2004).

Fotovoltaický systém využívá pro výrobu elektrické energie světelnou část sluneční energie (tzv. světlo). Světlo jsou příčné elektromagnetické vlny v poměrně úzké oblasti vlnových délek ($380 - 760 \text{ nm}$) a zároveň se projevuje jako tok fotonů.

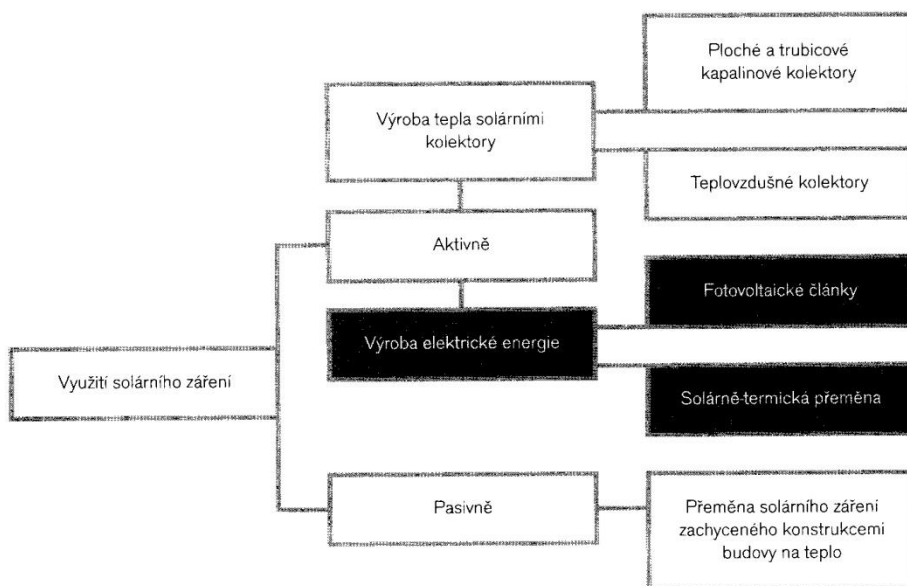
Světlo je složeno ze spojitého spektra všech barev, které přecházejí se vzrůstající vlnovou délkou od fialové přes modrou, zelenou a žlutou až k červené. Lidské oko vnímá toto spektrum jako bílé (Libra, Poulek, 2009).

Přeměna světelného záření na teplo (fototermální přeměna) může být pasivní (pomocí pasivních solárních prvků budov – prosklené fasády, zimní zahrady) nebo aktivní (pomocí přídavných technických zařízení – sluneční sběrače – kolektory). (Beranovský, Truxa et al., 2004) Na obr. 2 lze vidět schéma rozdělení možností využití solární energie. Teplou energii ze slunečního záření lze dlouhodobě (v zásobnících vodních, štěrkových aj.) i krátkodobě (např. otopné systémy) akumulovat (Beranovský, Truxa et al., 2004).

K zachycení obou druhů energie se používají nejběžněji kolektory (tzv. panely) rozdílných technologií dle druhu využití (termické a fotovoltaické), které se umístí na vhodné místo, jež je dostatečně osvětleno nejdelší část dne (u domácností se volí zejména umístění na střešní konstrukci).

Termické panely jsou více používány domácnostmi (například pro ohřev vody, vytápění atd.).

Nejběžněji jsou používány polovodičové fotovoltaické (dále jen FV) panely, které slouží pro výrobu elektřiny přímou přeměnou solární energie na energii elektrickou (pro domácnost tzv. ostrovní systémy nebo pro distribuci do veřejné sítě).

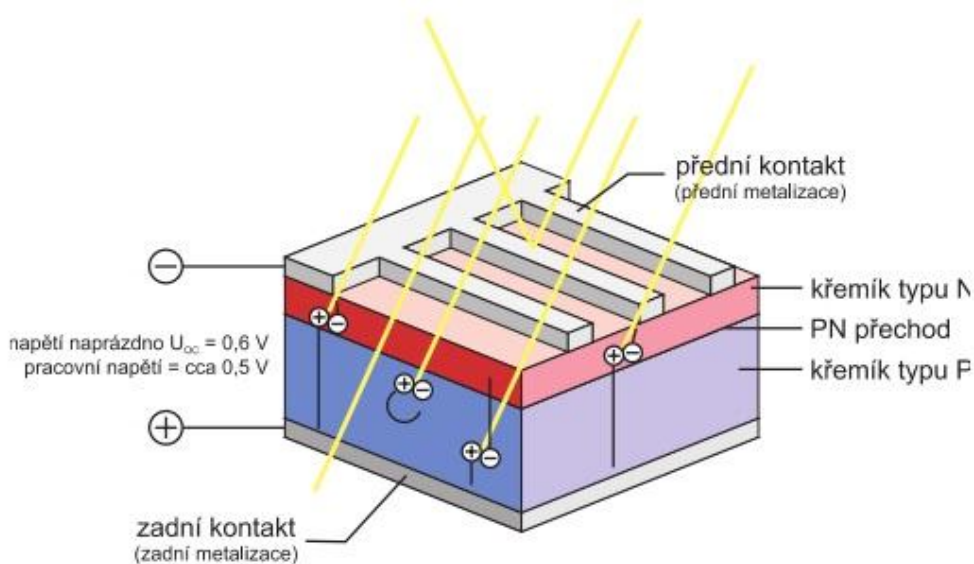


Obr. 2 Schéma rozdělení možností využití solární energie (Beranovský, Truxa et al., 2004)

Fotovoltaický článek

Fotovoltaický (FV) článek je velkoplošná polovodičová součástka schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii. Využívá při tom fotoelektrický jev. Skládá se z monokrystalické nebo polykrystalické destičky a z vodivých kontaktů.

Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. (Motlík et al., 2007) PN přechod je rozhraní mezi polovodiči typu P a N a vzniká difuzí polovodiče typu P do polovodiče typu N za teploty okolo 600 °C. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabitě částice (pár elektron – díra). Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnější obvodem zapojeným mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jenž je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření. Napětí jednoho článku s hodnotou přibližně 0,5 V je příliš nízké pro další běžné využití. Sériovým propojením více článků získáme napětí, které je již použitelné v různých typech fotovoltaických systémů. Standardně jsou používány sestavy pro jmenovité provozní napětí 12 V a 24 V (Motlík et al., 2007). Princip činnosti solárního článku je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Princip činnosti solárního článku (Motlík et al., 2007)

Fotoelektrický jev

Fotoelektrický jev či fotoefekt je fyzikální jev, při němž jsou elektrony uvolňovány (vyzařovány, emitovány) z látky (nejčastěji z kovu) v důsledku absorpce elektromagnetického záření (např. rentgenového záření nebo viditelného světla) látkou. Emitované elektrony jsou pak označovány jako fotoelektrony a jejich uvolňování se označuje jako fotoelektrická emise (fotoemise).

Pokud jev probíhá na povrchu látky, tzn., že působením vnějšího elektromagnetického záření se elektrony uvolňují do okolí látky, hovoří se o vnějším fotoelektrickém jevu. Fotoelektrický jev však může probíhat i uvnitř látky, kdy uvolněné elektrony látku neopouští, ale zůstávají v ní jako vodivostní elektrony. V takovém případě se hovoří o vnitřním fotoelektrickém jevu.

Pokud na látku dopadají elektrony, které způsobují vyzařování fotonů, mluví se o inverzním (obráceném) fotoelektrickém jevu. (Fotoelektrický jev [online], 2012)

Za objev fotoelektrického jevu obdržel Nobelovu cenu Albert Einstein (1879-1955) v roce 1921. (Libra, Poulek, 2009)

Sluneční kolektory (fototermální přeměna)

Sluneční kolektory slouží pro přeměnu slunečního záření na tepelnou energii. Základním stavebním prvkem slunečního kolektoru (solárního tepelného jímáče) je absorbér. Absorbér je obvykle plochá deska s neodrazivým (tmavým) povrchem, na níž jsou uchyceny trubice pro odvod ohřátého teplotnosného media. Z hlediska teplotnosného media dělíme kolektory na kapalinové a vzduchové, resp. kombinované. Tepelné energie z teplotnosného media se přenáší potrubím do solárního zásobníku, kde slouží pro přípravu teplé vody a doplňkově se může ohřívat energií z ústředního vytápění a při nedostatku slunečního záření elektrinou. (Beranovský, Truxa et al., 2004)

Sluneční kolektory (fotovoltaická přeměna)

Sluneční kolektor (tzv. panel) je zařízení pro přeměnu světelné energie v elektrickou. Je složen z (fotovoltaických) článků, které jsou tvořeny polovodičovými nebo organickými prvky. Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření solární panel.

(Beranovský, Truxa et al., 2004). Jsou známy různé typy kolektorů (monokrystalické, polykrystalické a amorfni).

FV panely s monokrystalickými články

Solární panely s monokrystalickými články jsou v našich podmínkách používány nejvíce. (Fotovoltaické solární kolektory [online], 2012). Tyto články jsou vyrobeny z krystalického křemíku a jejich zastoupení v ČR je až 88 %. (Beranovský, Truxa et al., 2004) Krystaly křemíku jsou větší než 10 cm a vyrábí se na bázi chemického procesu - tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky, tzv. podložky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17 %. (Fotovoltaické solární kolektory [online], 2012)

FV panely s polykrystalickými články

Základem je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemíková podložka, s tím rozdílem, že solární články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje od 12 do 14 % (výjimečně až 16 %). Jejich výroba je ale v porovnání s monokrystalickými panely mnohem jednodušší, tedy i levnější a rychlejší. (Fotovoltaické solární kolektory [online], 2012)

FV panely s amorfními články

Základem amorfních slunečních panelů je napařovaná křemíková vrstva, ta je v tenké vrstvě nanosená na sklo nebo fólii. Účinnost těchto článků je poněkud nižší, pohybuje se v rozmezí 7 až 9 %. Pro dosažení daného výkonu je potřeba 2,5krát větší plochy, než kolik by bylo potřeba při použití mono nebo polykrystalických modulů. Celoroční výnos je ovšem o 10 % vyšší. Tyto typy článků patří dnes na trhu k nejlevnějším a výhodné jsou především tam, kde investor není omezen prostorem. (Fotovoltaické solární kolektory [online], 2012)

Jejich zastoupení v našich podmínkách je pouze okolo 6,4 % (Beranovský, Truxa et al., 2004)

Solární články nové technologie

Ve fázi vývoje jsou mimo jiné i solární články na bázi organických materiálů a nebo fullerenů. (Beranovský, Truxa et al., 2004)

Fulleren je molekulou sférického tvaru složení C_{60} rovněž s trigonálně hybridizovanými atomy uhlíku, které vytvářejí síť pěti- až šestičlenných kruhů. Díky své struktuře může podléhat chemickým reakcím. (Jursík, 2001).

2.2 Historie solární energetiky

Historie solárních tepelných zařízení

Solární tepelná zařízení mají velký význam pro ochranu životního prostředí a jsou dnes již neodmyslitelnou součástí některých domácností a dalších objektů. (Struška, 2001) Tato technologie je rozšířena zejména v Rakousku, kde bylo již koncem roku 1999 instalováno u více než 100 000 domácností a firem okolo 2 milionů m^2 slunečních kolektorů. To řadí tuto zemi v přepočtu na počet obyvatel na druhé místo v Evropě za Řecko. Avšak rakouská a evropská historie solární tepelné techniky se datuje teprve od roku 1973. V této době došlo k relativně malému zdražení ropy, které ale bylo politiky a médií zdramatizováno pod pojmem „olejová krize“ (ropná krize), a tím došlo k hektickému hledání technických alternativ. O pár let později byly na trhu představeny první soupravy. Byly však drahé, technicky nedokonalé a neefektivní. Že byly termické solární systémy vynalezeny ve Spojených státech amerických už na konci 19. století, zůstalo rakouským vědcům utajeno. První patent na světě v tomto průmyslovém odvětví získala továrna na kovové výrobky pana Clarence M. Kempa v Baltimore roku 1891. (Struška, 2001)

Historie fotovoltaických systémů

Prvním krokem k přeměně sluneční energie na elektrickou byl objev fotovoltaického jevu, o nějž se zasloužil Francouz Antoin César Becquerel v roce 1839. Při pokusech s dvěma kovovými elektrodami umístěnými v elektrovedivém roztoku zjistil, že při osvětlení zařízení vzrostlo na elektrodách napětí. V roce 1877

došlo k objevu fotovoltaického efektu na selenu (W. G. Adams a R. E. Day) a byl vyroben první článek.

Důležitým krokem v historii byl objev polského vědce J. Czochralského, který v r. 1918 objevil způsob růstu monokrystalu křemíku. Ačkoliv byl fotovoltaický efekt postupně objeven i u jiných látek (sulfid kadmia, oxid mědi), křemík se ukázal jako nejvýhodnější. Za vynálezce solárního článku na bázi křemíku bývá označován Američan Russel Ohl (1941). Avšak patent na “převaděč solární energie” dostali 5. března 1954 D. M. Chapin, C. S. Fuller a G. L. Pearson, kteří následující měsíc předvedli křemíkové solární články s účinností 4,5 % a později 6 %. Tento článek se do dnešní doby zdokonaluje. Výrobci se snaží o jeho zlevnění a zvýšení účinnosti.

S rozvojem kosmického výzkumu došlo i k výraznému pokroku v oblasti fotovoltaiky, zejména jako vhodného zdroje energie pro vesmírné družice. Například na Mezinárodní vesmírné stanici (ISS) byli instalovány FV panely (rozpětí 73 metrů, hmotnost 17 tun, cena 600 milionů dolarů), které by na zemi vyrobily dostatek energie pro 30 domů. (Skácel, 2001) Ropná krize roku 1973 napomohla rychlému rozvoji FV systému jako potenciálního zdroje nejjistší energie pro Zemi.

Dnešní doba poskytuje nové efektivnější technologie a s tím roste i účinnost FV systémů, která se nyní pohybuje v rozmezí 10 až 15 %. Z toho vyplývá, že je možné vyrobit z jednoho metru čtverečního aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie ročně. Účinnost těch nejlepších monokrystalických FV panelů používaných na družicích a orbitálních stanicích dnes přesahuje 25 %. Pořízení takových FV panelů je však velmi nákladné. (Mach, 2008 a Sluneční termika, chlazení a fotovoltaika, ECCB)

2.3 Obnovitelné zdroje a solární energetika v ČR

Pojem obnovitelný zdroj energie bývá často nesprávně zaměňován s pojmem alternativní energie. Jako **alternativní zdroj** můžeme označit takový typ zdroje nebo technologii (může se jednat i o nové využití klasických zdrojů), který je vůči majoritně využívaným zdrojům a technologiím v menšině (alternativou). Mezi tyto zdroje patří fosilní paliva, atomová energie, vodní energie aj. (Belica et al., 2006)

Pod pojmem **obnovitelný zdroj energie** chápeme takový zdroj, který se může samovolně obnovit (přírodními procesy) a z hlediska života člověka je nevyčerpatelný. (Belica et al., 2006)

Základní typy **alternativních zdrojů** a technologií:

- 1) **Sluneční energie**
 - pasivní faktory
 - termické panely
 - využití fotoelektrického jevu
- 2) **Energie biomasy**
 - nejčastěji používaná v základní formě pro běžné spalování
 - zplynovací technologie
- 3) **Větrná energie**
- 4) **Alternativní technologie**
 - tepelná čerpadla (geotermální potenciál, energie prostředí)
 - kogenerační jednotky (zemní plyn, bioplyn, skládkový plyn aj.)
- 5) **Vodík**
 - palivový článek
 - spalování

Z výše uvedených můžeme mezi **obnovitelné zdroje** zařadit:

- 1) **Sluneční energie**
- 2) **Energie biomasy**
- 3) **Větrná energie**
- 4) **Vodní energie**
- 5) **Geotermální energie**

(Belica et al., 2006)

EU chce do roku 2020 vyrábět 20 % své energie z obnovitelných zdrojů, Česká republika má dosáhnout 13 %. V ČR mají hlavní podíl na výrobě elektrické energie tepelné elektrárny (cca 60 %). Podíl obnovitelných zdrojů v ČR přesahuje

zhruba 10 % z toho 83 % je výroba energie pomocí vodní energie. Z celkového objemu vyrobené elektřiny je pouze necelé 1 % vyrobeno solárními elektrárnami (Tabulka 1).

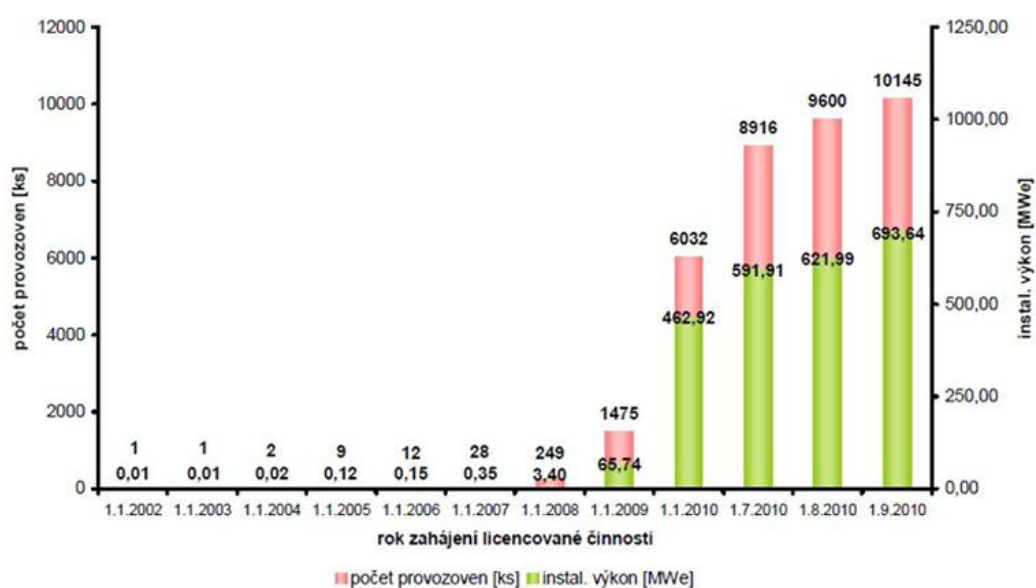
Počet solárních elektráren v ČR přesáhl 10 000 a stále stoupá. Výkupní ceny u solárních elektráren činí v roce 2010 až 12,25 Kč za MWh, což je desetkrát více než u tepelných či jaderných elektráren. Stát garantuje cenu solárním elektrárnám na 20 let dopředu. Výši výkupní ceny stanoví ERÚ (energetický regulační úřad). (Cudlínová, 2011)

Tabulka 1 Výroba elektřiny z vody, větru, slunečního záření a biomasy v zařízeních Skupiny ČEZ v ČR (v GWh) (Energie z obnovitelných zdrojů. [online], 2012)

	rok 2008	rok 2009	rok 2010
Vodní, sluneční a větrné elektrárny	1548	2104	2353
Spalování biomasy	327	327	335
Obnovitelné zdroje energie celkem	1875	2431	2688

Výkon solárních elektráren v ČR

K 1. 9. 2010 registruje ERÚ v 10 145 elektrárnách připojených k síti celkem 693,6 MWp solární kapacity. Z toho 107 MWp patří ČEZ. (Cudlínová, 2011). Počet slunečních elektráren v ČR výrazně vzrostl po roce 2009 (Graf 1).



Graf 1 Změny v počtu FV elektráren od 1. 1. 2002 do 1. 9. 2010 (Cudlínová, 2011)

2.4 Dotace pro fotovoltaickou elektrárnu a legislativa

Vláda České republiky podporuje získávání energií z obnovitelných zdrojů formou dotací, které mají za cíl zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na trhu elektřiny. Fotovoltaika v ČR je podporována prostřednictvím zeleného bonusu a garantované výkupní ceny elektřiny. (Dotace na fotovoltaiku [online], 2012)

Zelený bonus

Tato forma státní dotace je vyplácena jak za elektřinu, kterou výrobce spotřebuje, tak za tu, kterou dodá do sítě, tedy za veškerou vyrobenou energii. Za energii, která je vyrobena a spotřebována výrobcem, výrobce neplatí.

Nevýhodou je, že si výrobce energie musí sám sehnat odběratele, který od něj přebytečnou elektřinu odkoupí. Její cena není regulována a záleží tedy na dohodě mezi ním a odběratelem. Ať už nespotebovanou elektřinu prodá komukoliv, zelený bonus inkasuje od provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy. (Dotace na fotovoltaiku [online], 2012)

Výkupní ceny elektřiny a dotace formou „zeleného bonusu“ jsou závislé na instalovaném výkonu zařízení a datu uvedení do provozu (Tabulka 2 a 3).

Tabulka 2 Výkupní cena elektřiny a zelený bonus pro fotovoltaiku na rok 2011 (Eru.cz [online], 2012)

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7500	6500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5900	4900
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5500	4500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12500	11500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12400	11400
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13420	12420
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13320	12320
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14300	13300
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14660	13660
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	6990	5990

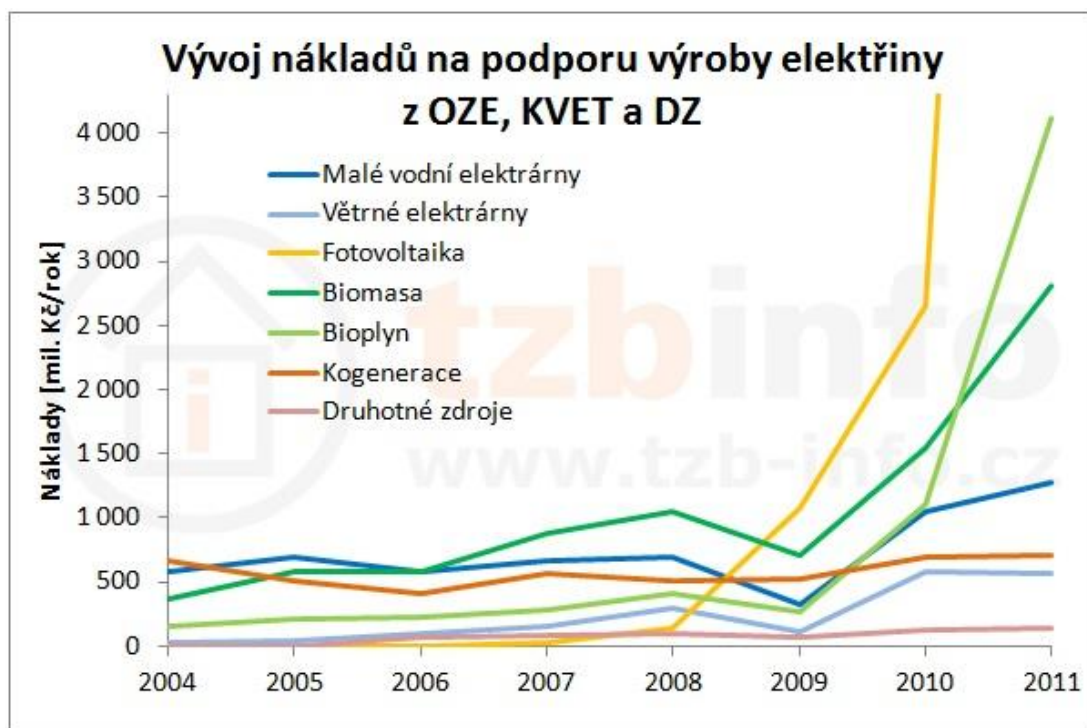
Tabulka 3 Výkupní cena elektřiny a zelený bonus pro fotovoltaiku na rok 2012 (Eru.cz [online], 2012)

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedení do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012	6160	5080
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedení do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7650	6570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedení do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	6020	4940
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedení do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5610	4530
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedení do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12750	11670
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedení do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12650	11570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedení do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13690	12610
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedení do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13590	12510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14590	13510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14960	13880
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	7130	6050

Náklady na podporu OZE, KVET a DZ

Energetický regulační úřad každoročně zveřejňuje odhad nákladů na podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE), kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET) a druhotných energetických zdrojů (DZ). Analýza těchto nákladů ukazuje u všech zdrojů s výjimkou fotovoltaiky překvapivý pokles v roce 2009 následovaný výrazným růstem v následujícím roce (Graf 2). Pokles nákladů v roce 2009 může být důsledkem spekulativního růstu cen elektřiny v roce 2008. (Bechník [online], 2012)

Až do roku 2009 byly náklady na podporu OZE, KVET a DZ zanedbatelné, pohybovaly se v jednotkách haléřů z každé spotřebované kilowatthodiny. Mezi roky 2004 a 2009 přitom cena elektřiny vzrostla o 1,32 Kč/kWh. V roce 2010 se příspěvek na OZE, KVET a DZ zvýšil o více než 10 haléřů na kWh a pro rok 2011 byla výše příspěvku vyčíslena na téměř 0,58 Kč/kWh. Díky solární dani a dalším odvodům mohla být výše příspěvku snížena na 0,37 Kč/kWh a pro rok 2012 na 0,42 Kč/kWh. (Bechník [online], 2012)



Graf 2 Vývoj nákladů na podporu obnovitelných zdrojů [data podle ERÚ] v období 2004 až 2011 (Bechník [online], 2012)

Legislativa

Právní úprava v oblasti energetiky je tvořena třemi hlavními zákonnými předpisy - zákonem č. **458/2000 Sb.** o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích (též energetický zákon), který upravuje základní podmínky pro podnikání a státní regulaci v elektroenergetice, plynárenství a teplárenství, dále zákonem č. **406/2000 Sb.** o hospodaření energií, jenž určuje pravidla pro efektivní a šetrné využívání energií a energetických zdrojů a nakonec zákonem č. **180/2005 Sb.** o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Tyto zákony do českého právního řádu zavádí celou řadu požadavků práva Evropských společenství. Dílčí ustanovení těchto zákonů dále upřesňuje několik desítek prováděcích vyhlášek a vládních nařízení. (Legislativa [online], 2012)

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) upravuje podmínky pro výrobu, přenos a distribuci elektřiny a plynu a obchodování s těmito komoditami, a také podmínky pro výrobu a rozvod tepelné energie. Toto

podnikání v energetických odvětvích podle energetického zákona podmíněno udělením licence Energetickým regulačním úřadem. Zákon dále definuje podmínky trhu s elektřinou a plynem a práva a povinnosti jejich účastníků - výrobců, provozovatelů přenosové, přepravní a distribučních soustav a také zákazníků. Podobně upravuje práva a povinnosti výrobců a spotřebitelů tepla. Zákon č. 458/2000 Sb. rovněž **definuje obnovitelné zdroje energie**, kombinovanou výrobu elektřiny a tepla a povinný výkup těchto energií. Výkonem státní správy v energetických odvětvích pověřuje Ministerstvo průmyslu a obchodu, Energetický regulační úřad a jako kontrolní orgán Státní energetickou inspekci. (Legislativa [online], 2012)

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií stanovuje **opatření pro zvyšování hospodárnosti využití energie** a práva a povinnosti při nakládání s energií a energetickými zdroji. Jako základní koncepce pro efektivní využívání energie určuje **Státní energetickou koncepci**, územní energetické koncepce a **Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie**. Zákon dále stanovuje minimální energetickou účinnost pro výrobu energie, ukazatele pro energetickou náročnost budov, vytápění a přípravu teplé vody a zavádí povinnost provedení energetického auditu pro větší spotřebitele energie a také zpracování průkazů energetické náročnosti budov pro všechny novostavby a opravy větších budov. Elektrospotřebiče jsou podle tohoto zákona povinně označovány energetickými štítky a jejich konstrukce podléhá požadavkům na ekodesign. (Legislativa [online], 2012)

Zákon č.180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a o změně některých zákonů (též zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) upravuje pravidla podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE), tedy energie větru, slunečního záření, vody, půdy, vzduchu, biomasy a bioplynu, geotermální energie, energie skládkového a kalového plynu. Cílem zákona je podpora výroby elektřiny z OZE a zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů tak, aby bylo dosaženo indikativního cíle podílu elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % do roku 2010. Podpora výroby elektřiny z OZE je stanovena jednak **formou přednostního připojení těchto zdrojů k přenosové soustavě**, a jednak **prostřednictvím minimálních výkupních cen** garantujících patnáctiletou dobu návratnosti investice,

případně formou zeleného bonusu k tržní ceně elektřiny. Cenová podpora je stanovena odlišně podle druhu a velikosti zdroje, v případě biomasy také podle kvality paliva. Minimální výkupní ceny jsou každoročně vyhlašovány Energetickým regulačním úřadem, který se při stanovení ceny řídí pravidly určenými tímto zákonem. (Legislativa [online], 2012)

Dle sekretářky České fotovoltaické průmyslové asociace Ing. Zuzany Musilové je v současné době připraven zákon o podporovaných zdrojích energie, který byl v březnu vetován prezidentem ČR Václavem Klausem a v dubnu jej znovu projedná poslanecká sněmovna. Pokud bude schválen, začne platit od 1. 1. 2013.

2.5 Skupina ČEZ a obnovitelné zdroje

V České republice je nejběžnější, že se podnikatelé strukturalizují, soustředí se jen na určitý druh OZE a sdružují se do spolků a asociací (např.: CZEPHO - zaměřena na fotovoltaiku nebo CZ Biom – České sdružení pro biomasu aj.). Existuje však i poměrně velká řada menších subjektů (např.: SPOZE, společnost pro obnovitelné zdroje energie s. r. o., OZE Production s. r. o. aj.) zabývajících se hospodařením s obnovitelnými zdroji energie v širším spektru. Společnost ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. má však v tomto směru výsadní postavení.

Akciová společnost ČEZ, a. s. byla založena v roce 1992 Fondem národního majetku. Hlavním akcionářem je Česká republika, pro kterou vykonává správu jejího akciového podílu Ministerstvo financí České republiky. Hlavním předmětem činnosti ČEZ, a. s., je výroba a prodej elektřiny a s tím související podpora elektrizační soustavy. Zároveň se zabývá výrobou, rozvodem a prodejem tepla. Skupina ČEZ patří do evropské desítky největších energetických koncernů a je nejsilnějším subjektem na domácím trhu s elektřinou. V České republice je Skupina ČEZ největším výrobcem elektřiny a tepla, na většině území provozovatelem distribuční soustavy a nejsilnějším subjektem na velkoobchodním i maloobchodním trhu s elektřinou. (Skupina ČEZ [online], 2012) Logo ČEZ, a. s. viz obr. 4.



Obr. 4 Logo ČEZ, a. s. (Skupina ČEZ [online], 2012)

V portfoliu energetických zdrojů, které využívá Skupina ČEZ, mají své nezastupitelné místo i obnovitelné zdroje. Z hlediska výroby elektrické energie sice nehrají rozhodující roli, jejich význam však spočívá v šetrném přístupu k životnímu prostředí a eventuálním možnostem budoucího využití ve větším rozsahu.

K obnovitelným zdrojům energie se v podmínkách ČR řadí využití energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu, energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. Obnovitelným zdrojem s největším energetickým potenciálem využívaným Skupinou ČEZ je vodní energetika, největší šance z hlediska dalšího rozvoje se dává spalování biomasy, především dřevní štěpky a dalších rostlinných produktů lesního a zemědělského původu.

Většiny vybraných a zpravidla teplárensky zaměřených výroben Skupiny ČEZ umožňují poměrně úspěšně spalovat biomasu ve směsi s uhlím. V běžném provozu už funguje spalování čisté biomasy. Větší uplatnění čeká v rámci rozvojových záměrů Skupiny ČEZ využití energie větru a slunečního záření. (Energie z obnovitelných zdrojů. [online], 2012)

Akční plán snižování emisí CO₂

V březnu 2007 představila Skupina ČEZ veřejnosti Akční plán snižování emisí CO₂. Ten počítá do roku 2020 se ztrojnásobením výroby z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Výroba elektřiny z OZE by podle plánu měla v roce 2020 dosáhnout 5,1 TWh, což je třikrát více, než Skupina ČEZ vyrobila v roce 2005 (1,7 TWh).

K dalším cílům patří snížit intenzitu emisí skleníkových plynů o 15 %, přispět ke splnění národního cíle snížení energetické náročnosti o 23 TWh ročně a investovat v zahraničí do projektů, které povedou k úspoře nejméně 30 milionů tun CO₂. Plánovaná opatření si do roku 2012 vyžádají dodatečné výdaje v souhrnu více než 17 miliard Kč. (Energie z obnovitelných zdrojů. [online], 2012)

Cíle a opatření akčního plánu jsou rozděleny na 4 hlavní oblasti:

1. obnovitelné zdroje energie,
2. snižování intenzity emisí zdrojů ČEZ,
3. úspory energie
4. zahraniční projekty na snižování emisí

(Energie z obnovitelných zdrojů. [online], 2012)

ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. (dceřiná společnost ČEZ)

Využívání obnovitelných zdrojů energie – s výjimkou velkých vodních elektráren a velkých zdrojů spalujících biomasu – se ve skupině ČEZ věnuje dceřiná společnost ČEZ obnovitelné zdroje, s. r. o. Tato společnost provozuje na dvacet vodních elektráren, více než deset fotovoltaických elektráren a dvojici větrných farem a bioplynových stanic. (Informace se vztahují k roku 2009.) Hlavním záměrem je připravit a vybudovat další zařízení využívající obnovitelné zdroje, která by přispěla ke splnění platných závazků České republiky vůči evropské unii ohledně zvyšování podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě. (Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ, ČEZ, a. s.)

Skupina ČEZ nerozvíjela své projekty FV elektráren, pouze nakupovala projekty připravené od jiných developerských společností. (Sochr [online], 2012)

Záměry do budoucna

Skupina ČEZ má na racionální využívání obnovitelných zdrojů dlouhodobý zájem. Zaměření mateřské společnosti ČEZ, a. s. a z větší části i ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. se z hlediska výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů i nadále soustředí na využití vodní energie, energie ze spalování biomasy, energie větru, slunce a bioplynu. Současně se v hydroelektrárnách a malých vodních elektrárnách přistupuje k uplatňování programu zvyšování účinnosti zpracování hydropotenciálu. Do roku 2022 by mělo dojít k navýšení výroby elektřiny z vodních elektráren minimálně o 60 GWh ročně. V blízké budoucnosti lze očekávat zejména:

- vyšší využití zařízení instalovaných v rámci ekologizace výroby elektřiny na konci 90. let 20. století (rozšíření spalování biomasy fluidní technologií)

- dosažení konkrétních výsledků synergického působení v rámci Skupiny ČEZ jako důsledku sloučení subjektů zabývajících se obdobnými aktivitami
- celkové zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny ve zdrojích skupiny ČEZ s cílem pomoci naplnit dosavadní ambiciózní cíle indikované ČR vůči EU

(Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ, ČEZ, a. s.)

2.6 Recyklace a likvidace solárních panelů

Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti

Životnost fotovoltaických panelů je v současnosti odhadována na minimálně 30 let, v ideálním případě však může být až dvojnásobná. Panely jsou přitom zdrojem cenných surovin. Přestože FV panely nespádají pod působnost evropské direktivy o odpadech, výrobci a dodavatelé vytvořili dobrovolný program PV Cycle. (Bechník, 2011)

Životnost fotovoltaických panelů

Životnost fotovoltaického panelu je definována poklesem výkonu o 20 %. Téměř všichni výrobci běžně dostupných krystalických a tenkovrstvých panelů garantují maximální pokles účinnosti o 10 % za 10 nebo 12 let a 20 % za 25 let. V praxi se na nejstarších instalacích pokles účinnosti po 25 letech pohybuje kolem 6 až 8 %. Skutečná životnost proto bude výrazně delší.

V současnosti se předpokládá, že životnost definovaná poklesem účinnosti o 20 % bude u kvalitních panelů minimálně 30 až 40 let od jejich instalace. Panely však mohou být funkční i po této době, pouze jejich účinnost bude postupně dále klesat. Investor může zvážit, zda je pro něj výhodnější vyrábět elektřinu s nižší účinností, nebo investovat do nových panelů. Staré panely ani v tom případě nemusí být zlikvidovány, ale mohou být nabídnuty zájemcům, pro něž je nízká cena panelů důležitější než jejich účinnost. Podobným způsobem se v současnosti nakládá například s trakčními akumulátory. Životnost panelů se tím může významně prodloužit, podle současných odhadů pravděpodobně až k horizontu 50 i více let.

(Bechník, 2011)

Důvody vyřazení panelů

V loňském roce bylo hlavním důvodem pro vyřazení panelu jeho mechanické poškození při dopravě nebo instalaci. Je však nutno upozornit, že mechanická odolnost panelů je vysoká. Panely jsou při standardním testování mimo jiné ostřelovány kroupami o velikosti 25 mm rychlostí 100 km/h.

V prvních měsících a letech se mohou projevit skryté vady materiálu, které neodhalila výstupní kontrola ve výrobním závodě. Podíl takových závad je u kvalitních panelů nízký, obvykle hluboko pod 1 % objemu dodávek.

U méně kvalitních panelů se mohou projevit výrobní chyby, případně použití nekvalitních materiálů. Hlavním problémem je delaminace - sendvičová struktura panelu se vlivem teploty a UV záření "rozlepi". Pokud k takové závadě dojde, týká se obvykle celé výrobní série. Přesnější informace o množství takových panelů v České republice chybí. (Bechník, 2011)

Co panely jsou a co nejsou

Považovat fotovoltaické panely za elektronická zařízení je sporné. Morální životnost například LCD televizorů se pohybuje kolem 5 až 10 let. Fyzická životnost je pravděpodobně delší, sotva však bude dosahovat několika desítek let, což je na druhou stranu hodnota běžná u fotovoltaických panelů. Morální i fyzická životnost ostatní spotřební elektroniky je obvykle ještě kratší.

Některé typy tenkovrstvých fotovoltaických panelů se sice vyrábějí podobnou technologií jako LCD obrazovky, fyzickou životností a charakterem použití se však podobají spíše prvkům prosklených fasád. Jedná se proto spíše o stavební prvky než spotřební elektroniku. Nařídít recyklační poplatek za prosklené fasády nebo jiné stavební prvky dosud nikoho nenapadlo.

Fotovoltaické panely nespádají pod směrnici 2002/95/ES o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (RoHS) ani pod směrnici 2002/96/ES o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). Obě směrnice budou revidovány a o zahrnutí fotovoltaických panelů se diskutuje, v současné verzi RoHS jsou panely explicitně vyjmuty.

(Bechník, 2011)

Metody recyklace

Pro recyklaci panelů bylo navrženo několik metod. Některé jsou univerzální, jiné jsou vhodné jen pro určité typy panelů. (Bechník, 2011)

Termická recyklace

V současnosti zřejmě nejpokročilejší metodu recyklace panelů navrhla a odzkoušela firma Deutsche solar AG. Celé panely jsou zavezeny do speciální pece, kde jsou zahřívány na teplotu nad 500 °C. Při této teplotě se plastové materiály odpaří, následně jsou v další komoře řízeně spalovány. Ostatní materiály jsou separovány ručně. Jsou-li panely nepoškozené, lze vytěžit až 85 % článků pro nové použití. Spotřebu energie na výrobu nových panelů je díky tomu možno snížit až o 70 %. Metoda je použitelná pro všechny stávající konstrukce panelů z krystalických článků. (Bechník, 2011). Termické recyklační zařízení je zobrazeno na obr. 5. Jaké je materiálové složení krystalických panelů uvádí tabulka 4.



Obr. 5 Recyklační zařízení pro krystalické panely (Bechník, 2011)

Tabulka 4 Materiálové složení krystalických panelů (Bechník, 2011)

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

Mechanicko-chemická metoda

Pro likvidaci panelů je navrhován podobný postup jako při recyklaci LCD televizorů. Na začátku se ručně demontuje hliníkový rám. Následuje drcení a třídění velikostních frakcí. K oddělení jednotlivých materiálů slouží separační metody - fluidní a mokré splavy a elektrodynamická separace. Stříbro a další zájmové kovy jsou získávány chemicky a pyrometalurgicky. Získané kovy mohou být použity jako surovina v metalurgickém průmyslu, plasty budou pravděpodobně likvidovány spálením s možností využít teplo. Ve srovnání s termickou recyklací je u této metody nižší podíl ruční práce. Výsledkem jsou však pouze drcené suroviny. Metoda je použitelná spíše pro tenkovrstvé panely, u nichž nelze polovodičové materiály získat jiným způsobem. (Bechník, 2011) Obr. 6 znázorňuje recyklační linku pro tenkovrstvé panely. Tabulka 5 obsahuje materiálové složení tenkovrstvých panelů.

Tabulka 5 Materiálové složení tenkovrstvých panelů (Bechník, 2011)

Materiál	Složení panelů (kg/kWp)	Podíl (%)	Výtěžnost recyklace (%)
Sklo	150	84	> 95
Hliník	20	12	100
Plasty	5	3	-
Ostatní	2	1	cca 90



Obr. 6 Recyklační zařízení pro tenkovrstvé panely (Bechník, 2011)

Množství panelů k recyklaci

V nejbližších 10 až 20 letech lze očekávat, že množství panelů vyřazených z provozu bude velmi nízké. Bude se většinou jednat o panely poškozené při nehodách a živelních pohromách. Odhady se pohybují od několika set do 1000 tun ročně. Ve srovnání s celkovou produkcí odpadů v České republice (přes 20 mil. tun) se jedná o zlomky promile. Kvalitní panely instalované v letech 2009 až 2011 budou vyřazovány z provozu ve větších objemech pravděpodobně až po roce 2040.

Panely nižší kvality zřejmě budou vyřazovány dříve, jejich množství je však obtížné odhadnout. Na konci roku 2010 v horečné snaze dokončit projekty velkých fotovoltaických elektráren za každou cenu byli investoři ochotni koupit v podstatě cokoli. Vysoké odhady - 30 i více procent - pocházejí od zástupců firem, které dodávají kvalitní produkci, může se proto jednat o reklamní tah. Importu výrobků nízké kvality se snažily zabránit banky tím, že si vytvářely seznamy doporučených typů panelů respektive dodavatelů. Ani nekvalitní panely však nemusí být vyřazeny z provozu. Nejčastějším problémem je nižší výkon nebo rychlejší pokles účinnosti. Několik reklamací tohoto typu již proběhlo, ve všech případech však prozatím investor přistoupil na vrácení části kupní ceny.

Za ekonomicky rentabilní je považována kapacita recyklační linky kolem 20 tisíc tun panelů ročně. Taková množství panelů lze očekávat až po roce 2040. Do té doby bude výstavba specializované recyklační linky nerentabilní. Využití univerzálních recyklačních metod respektive zařízení na druhou stranu nezaručuje efektivní využití speciálních fotovoltaických materiálů. Z uvedených důvodů by vhodným řešením minimálně do roku 2030 bylo přistoupení České republiky k systému PV Cycle a recyklace panelů na stávajících linkách v Německu.

Systém PV Cycle je financován výrobcí panelů respektive dodavateli na evropský trh. V současnosti zahrnuje přes 85 % dodaných panelů. (Bechník, 2011)

PV Cycle

PV Cycle vznikla iniciativou evropského sdružení fotovoltaických panelů (EPIA).

Asociace PV Cycle byla založena výrobcí fotovoltaických komponent pro zajištění zpětného odběru a recyklace vysloužilých fotovoltaických modulů v Evropě. Tímto zajištěním recyklace cenných surovin, především křemíku a hliníku, fotovoltaický průmysl plní závazky udržitelného rozvoje.

Zpětný odběr modulů lze provést více způsoby. Využitím sběrných bodů rozmístěných po Evropě (pro jižní Čechy – Terms a.s. Planá 67, 370 01 České Budějovice). V každém sběrném bodě jsou umístěny 2 kontejnery na fotovoltaické panely. Jeden kontejner je určen na krystalické křemíkové panely, druhý na panely tenkovrstvé. Dále využitím kontejnerů PV Cycle dočasně umístěných v místech velkých fotovoltaických projektů. Nebo lze domluvit přímý odběr s asociací PV Cycle.

Systém je otevřený pro každého kdo potřebuje zlikvidovat fotovoltaické moduly po demolici nebo přestavbě systému. Mezi možnými uživateli jsou instalační firmy, maloobchodníci, velkoobchodníci, koneční uživatelé, výrobci a demoliční společnosti. (Bechník, 2011)

Systém zpětného odběru

V roce 2008 došlo k podepsání dobrovolného prohlášení členy EPIA, v němž se zavázali k odběru 65 % FV panelů instalovaných v Evropě po roce 1990. Z těchto

FV panelů chtějí recyklovat až 85 % materiálů použitých k jejich výrobě. Dopravu (tenkovrstvých a krystalických) FV panelů do sběrných míst si hradí sám provozovatel, avšak jejich samotné předání a recyklace jsou bezplatné. To se týká všech FV panelů uvedených do provozu před 1. 1. 2010. U FV panelů uvedených do provozu po tomto datu se to týká pouze těch, u kterých má jejich provozovatel podepsanou smlouvu s výše zmíněnou iniciativou PV Cycle. Od roku 2010 se ke každému prodanému FV panelu připočítává recyklační poplatek. (Pačesová [online], 2011)

3 Cíle

Hlavním cílem práce bylo vyhodnotit stavbu a provoz konkrétní fotovoltaické elektrárny, v tomto případě FVE Ševětín.

Dílčími cíli pak bylo shromáždit a vyhodnotit dostupné údaje o fotovoltaice v ČR a postoji společnosti ČEZ, a. s. k obnovitelným zdrojům, vyhodnotit možné způsoby nakládání s materiálem po uplynutí doby životnosti zařízení, posoudit alternativní možnosti využití pozemku a doporučit opatření ve vztahu k životnímu prostředí.

4 Metodika

Charakteristika oblasti

FV elektrárna Ševětín se nachází v jižních Čechách cca 17 km severně od Českých Budějovic mezi obcemi Ševětín a Neplachov. (Obr. 7)

Oblast leží na severozápadním okraji rovinaté Třeboňské pánve, která je známa také svými rybníky. V této lokalitě je nejznámější Dubenský rybník s velkou chatovou oblastí. Dále je zde kamenolom, kde se těží žula granodiorit. V okolí Ševětína jsou rozsáhlé převážně borové lesy bohaté na lesní plody. Z národopisného hlediska patří ševětínský katastr do oblasti Pšeničných Blat. Oblast Ševětínska, má stejně jako celé jižní Čechy nízké procento osídlení a charakteristické je pro tuto oblast zemědělství.

Místní klima je přechodného střeoevropského typu, patří do mírně teplé a mírně vlhké oblasti. Průměrný roční úhrn srážek se dle územního plánu obce Ševětín pohybuje v rozmezí 650 - 750 mm. (Územní plán Ševětín [online], 2012) Nejteplejším měsícem bývá červenec, jehož teplotní průměr dosahuje 17 - 18 °C. Maximální teploty téměř každoročně překračují 30 °C, výjimečně i 35 °C. (Klima v jižních Čechách [online], 2012)

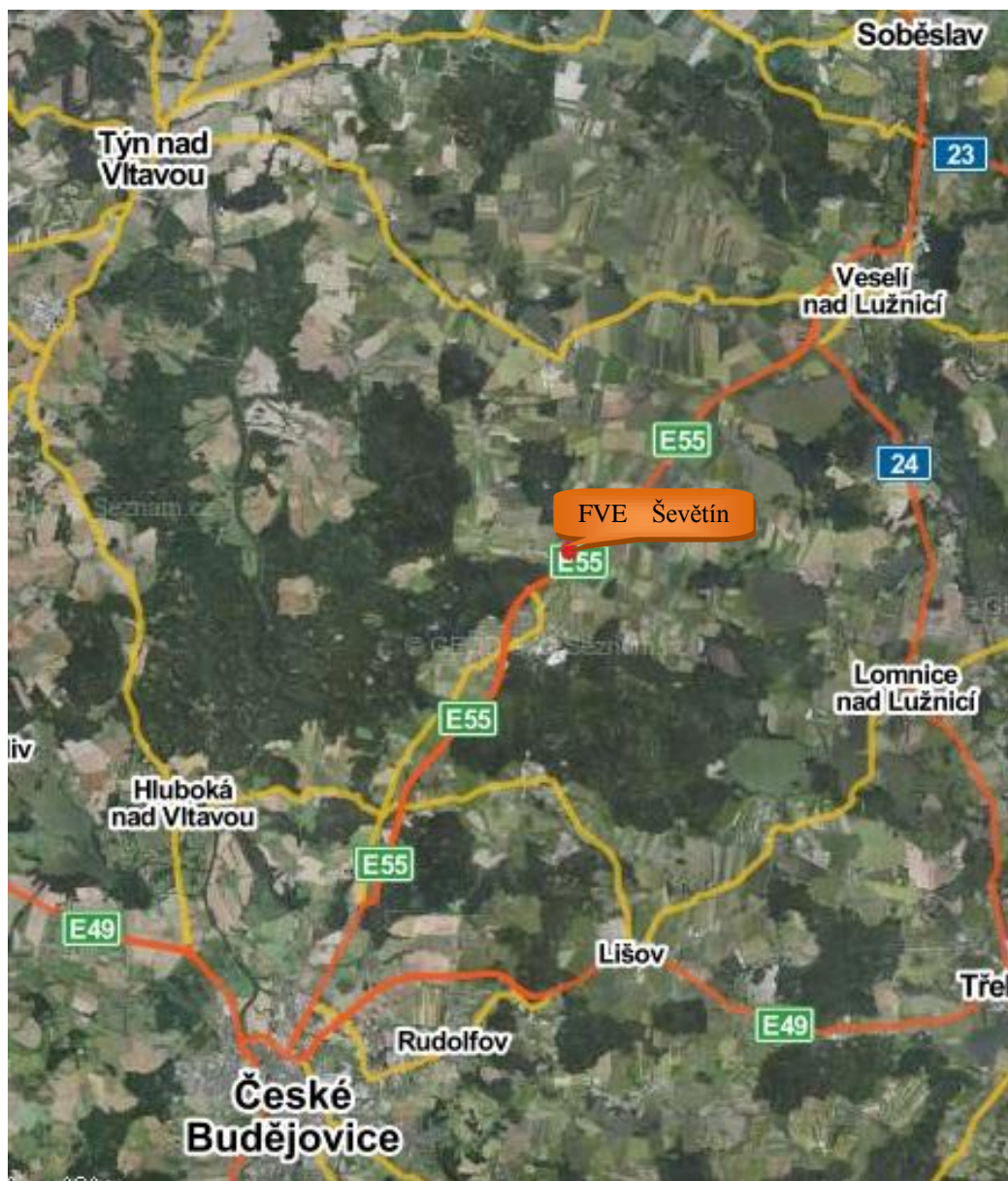
V Ševětíně žije necelých 1500 obyvatel. Lidé, kteří nejsou zaměstnáni přímo v lokalitě obce, dojíždí za prací do nedalekých Českých Budějovic.

Z firem působících v Ševětíně patří k nejvýznamnějším Biogena CB, s .r. o. – výroba ovocných čajů, Kámen a písek, s. r. o. Český Krumlov – těžba a zpracování kamene pro stavební účely, Phoenix a. s. - lékárenský velkoobchod, Ardeapharma a. s. – výroba infuzních roztoků, a Agra Ševětín – zemědělská činnost. (Ševětín [online], 2012 a Klima v Jižních Čechách [online], 2012)

Lokalizace FVE Ševětín

FVE Ševětín se skládá ze dvou bloků, z východního a západního. Mezi oběma bloky prochází mezinárodní silnice E55, dále je zde několik stavení osady Švamberk a vede tudy 4. tranzitní železniční koridor spojující Prahu a Linz. Východní blok je o něco menší a obsahuje pouze fotovoltaické panely a příjezdové komunikace. Západní blok je o něco větší a leží v těsné blízkosti rybníku Stojčín. Nachází se zde transformační stanice a „centrála“ pro celou FVE Ševětín, ke které se

přijede po nově vybudované příjezdové komunikaci ze silnice E55. Oba bloky jsou zcela oploceny a v součtu mají 68 ha.



Obr. 7 Mapa s lokalizací FVE Ševětín (Mapy.cz [online], 2012)

Získávání podkladů

Pro svoji práci jsem čerpal zejména technické základy pro literární řešerši z odborných publikací, internetových portálů pro stavebnictví, technické zařízení budov a úspory energií. Podklady a informace mi poskytli v energetickém centru Českých Budějovic, kde jsem osobně využil bezplatného poradenství. Pro část výsledků, která se týkala energetické návratnosti FV systémů, jsem použil studii Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách ČR, která vyšla

v odborném časopise. Informace o legislativě a potřebné údaje mi poskytla generální sekretářka České fotovoltaické průmyslové asociace Ing. Zuzana Musilová. Na konkrétní dotazy týkající se provozu a technických detailů FVE Ševětín mi buď osobně, nebo jinou formou (emailem) odpovídal manažer rozvoje ČEZ Obnovitelné zdroje, s.r.o. Ing. David Sochr. O předchozím zemědělském využití pozemku, na kterém FVE Ševětín leží, jsem jednal se soukromým zemědělcem panem Romanem Štěchou, který na ploše, na níž se nyní rozkládá FV elektrárna, dříve hospodařil. Dále jsem využíval webové stránky Energetického regulačního úřadu a zejména internetový portál společnosti ČEZ a.s.

Postup hodnocení

Ve své práci jsem se soustředil na několik bodů. V prvním bodě jsem získával informace o stavbě a provozu FV elektrárny Ševětín. V druhém bodě jsem se zabýval nakládáním s odpady a recyklací FV panelů. K tomu jsem použil článek internetového portálu pro stavebnictví, technická zařízení budov a úspory energií TZB-info.cz, který se touto problematikou zabýval. Řešil jsem zde materiálové složení FV panelů a výkupní ceny jednotlivých použitých materiálů, které jsem zjistil v technických službách v místě mého bydliště ve středních Čechách (Služby Sedlec-Prčice, s. r. o. a Sedlčanské technické služby, s. r. o.). Dle procentuálního zastoupení na hmotnosti panelu tohoto typu (to jsem zjistil ve výše zmíněném článku), kdy jsem použil hmotnost panelu instalovaného ve FV elektrárně Ševětín, jsem vyčíslil hodnotu, kterou lze získat zpětným prodejem jednotlivých použitých surovin. V důsledku toho jsem také zjistil hmotnost celkového odpadu, který vznikne při likvidaci elektrárny. V třetím bodě jsem se zaměřil na energetickou návratnost FV systémů v ČR, kde jsem použil informace obsažené v článku časopisu Alternativní energie (Wortner, 2008), který se zabýval veškerými studii energetické návratnosti vyššími po roce 2000 a zahrnoval také výpočty. Údaje z tohoto článku týkající se České republiky jsem následně uvedl do kontextu s daty týkajícími se konkrétně ševětínské elektrárny. K tomu jsem dospěl výpočtem z průměrné energetické hodnoty na výrobu jednoho monokrystalického FV panelu a dále jsem zjistil, za jakou dobu tuto energii vyrobí panel typu, který je použit v naší sledované elektrárně, čímž jsem došel k energetické návratnosti celé FV elektrárny Ševětín. V propočtech jsem vycházel z osvitů naměřeného přímo v elektrárně. V dalším bodě

se má práce věnuje úvaze nad alternativním využitím pozemku, na kterém se FV elektrárna Ševětín nachází. V posledním bodě jsem se snažil porovnat ekonomickou výtěžnost pozemku od roku 2010 do roku 2030 při stávajícím využití a využitím pro zemědělskou činnost. Pro porovnání obou způsobů využití pozemku (FV elektrárna nebo zemědělská produkce) jsem vykalkuloval hypotetický hrubý zisk za dobu 20 let (doba provozu elektrárny 2010 – 2030) při použití ceny výkupu elektrické energie z obnovitelných zdrojů pro rok 2010 (uvedení do provozu), výkonu FV elektrárny na plochu, průměrného osvitu naměřeného ve FV elektrárně a účinnosti FV panelů. Od toho jsem odečetl cenu za nákup elektrárny a tím vypočetl hrubý zisk FV elektrárny Ševětín po dobu 20 let, který jsem porovnal s výsledky výtěžnosti pozemků zemědělskou činností. K jejich výpočtu jsem použil údaje získané přímo od soukromého zemědělce, který zde dříve hospodařil. Dle osevního postupu, výnosu z 1ha, výkupních cen plodin dříve zde pěstovaných a dotací, které lze čerpat pro danou lokalitu jsem vypočítal sumu, která by šla utržit za prodej zde vypěstované produkce. Poté jsem odečetl náklady na obhospodařování této plochy (palivo do strojů, hnojiva aj.) a získal jsem hrubý odhad výdělku, který by si soukromý zemědělec zde hospodařící mohl vydělat za dobu 20 let užívání plochy při současném stavu legislativy, dotací pro zemědělství, výkupních cen plodin a cen paliva. Hrubé zisky z obou typů využití plochy jsem porovnal a vyjádřil se k nim. Dle všech informací získaných při práci jsem navrhl opatření pro zlepšení stávajícího stavu.

5 Výsledky a diskuze

5.1 Základní parametry FVE Ševětín

Na ploše FVE Ševětín stojí celkem 155 000 monokrystalických FV panelů Brisbane, každý o výkonu průměrně 190 Wp (Watt-peak - jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny). Celkový výkon FV elektrárny Ševětín činí 29,9 MWp.

Hlavní budova („centrála“) elektrárny má tyto souřadnice 49° 7' 9.8489508" s. š. a 14° 34' 59.6452332" v. d. (Mapy.cz [online], 2012)

FV elektrárna Ševětín je dočasná stavba s plánovanou dobou provozu 20 let, poté by měla být recyklována.

Stavba probíhala od prosince 2009 do listopadu 2010. Elektrárna zaměstnává 4 zaměstnance (2 stálí pracovníci a 2 na dohodu).

ČEZ získal tuto elektrárnu od společnosti Gentley, která byla i majitelem pozemků. Developerská společnost Gentley, a.s. byla založena původními majiteli projektu za jediným účelem, který byl projektová příprava projektu FVE Ševětín. Skupina ČEZ koupila tuto společnost i s projektem FVE, který následně realizovala. Přesná cena FV elektrárny Ševětín bohužel není veřejná, nicméně lze odhadnout z tehdy běžné ceny na trhu, která se pohybovala od 75 do 95 milionů Kč za 1 MWp (cca 2,25 – 2,8 miliardy Kč). Součástí ceny byla i veškerá povolení ke stavbě a provozu. Pro vlastní koupi ani následný provoz FVE nebyly čerpány žádné dotace. (Sochr [online], 2012)



Obr. 8 Letecké foto FV elektrárny Ševětín, autor David Sochr, 5. 3. 2011

Pro informaci ještě v následující tabulce 6 uvádím průměrnou dobu maximálního denního výkonu FV elektrárny Ševětín, která odpovídá době maximálního oslunění za jeden den.

Tabulka 6 Průměrná doba maximálního denního výkonu FV elektrárny Ševětín

Výkon za hodinu (kWh)	29 900,00
Reálná roční výroba (kWh)	39 000 000,00
Průměrný počet dnů v roce	365,25
Výpočet	$365,25 \cdot 29\,900$ / 32 000 000,00
Průměrná doba maximálního výkonu za den	3,41 hod

Výsledná hodnota by měla zhruba platit pro celé území jižních Čech. Ve srovnání s USA, kde je průměr pro celé území 5 slunečných hodin za den (NOVÁK [online], 2001) je zřejmé, že v USA jsou lepší přírodní podmínky pro solární systémy.

5.2 Materiálové složení FV panelů v Ševětíně a výkupní ceny

Vzhledem k plánované dočasnosti elektrárny v Ševětíně a její následné likvidaci se nabízí otázka, co s FV panely po ukončení provozu elektrárny. Ty se totiž stanou po vypršení své životnosti odpady a problém jejich likvidace nebo recyklace bude nutno řešit. I to však může majiteli elektrárny přivést zisk, nebo alespoň snížit náklady na likvidaci. Vytvořil jsem tedy krátkou sondu do systému výkupu sběrných surovin, z nichž jsou vyráběny komponenty pro tvorbu FV panelů.

Recyklovatelné materiály

Největší podíl na hmotnosti krystalických panelů připadá na sklo (60 - 70 %) a hliníkový rám (kolem 20 %). U tenkovrstvých panelů je podíl skla a hliníku přes 95 %. Oba tyto materiály jsou běžně recyklovány z téměř 100 %. Ostatní kovové materiály (např. stříbrné vodiče) jsou ceněnými surovinami, které se vyplatí z odpadu získávat. Plasty lze recyklovat jen částečně nebo vůbec.

Hliník - primární produkce je energeticky náročná - 200 MJ/kg elektřiny a představuje asi 8 % spotřeby energie na výrobu celého panelu. V současnosti jsou proto vyráběny i panely bez rámu. Tato praxe však není nutná, hliník lze snadno recyklovat s velmi nízkou spotřebou - 8 MJ/kg převážně tepelné energie, výtěžnost se u kusového hliníku, kam spadají i rámy fotovoltaických panelů blíží 100 %.

Dle výpočtů by se mohlo nacházet v prostoru FV Ševětín necelých 500 tun hliníku.

Sklo - základní konstrukční díl všech typů fotovoltaických panelů, pouze v některých případech jsou používány plastové materiály. Recyklace skla může snížit spotřebu energie na jeho výrobu asi o 40 %. Recyklace však významně snižuje nároky na těžbu surovin a kapacitu skládek odpadů. Výhodou skla je, že většinu případů lze materiál zrecyklovat na původní výrobek.

Tento materiál je ve FV panelech zastoupen nejvíce, v námi sledované elektrárně by se ho mohlo vyskytovat až 1800 tun.

Plastové komponenty - vlivem klimatických podmínek obvykle degradují, jen vzácně je lze jednoduchými metodami recyklovat na původní výrobek. V praxi se spíše využívá energie, kterou je možno uvolnit jejich spálením.

Z výpočtů vyplývá, že FV elektrárně Ševětín je vázáno v panelech až cca 300 tun plastových komponentů.

Měď- je velmi dobře recyklovatelný kovový prvek. Ve FV panelu je zastoupen jen velmi nízkým procentem, přesto však i malé množství této látky při prodeji do sběrného dvora může přinést prodávajícímu nemalý finanční obnos.

V námi sledované FV elektrárně ho může být přes 25 tun.

Fotovoltaické články - u klasické krystalické technologie se podíl článků na hmotnosti panelů pohybuje v jednotkách procent, v průběhu času se přitom významně snižuje. Krystalické články se však podílejí až 80 % na spotřebě energie na výrobu panelu a zhruba 50 % na jeho ceně. Na konci životnosti jsou přitom články v podstatě nezměněny. S recyklací celých článků nebo desek jsou již první praktické zkušenosti. Podíl funkčních vrstev tenkovrstvých článků na hmotnosti panelů i na nákladech na jejich výrobu je ještě o jeden až dva řády nižší. I v tom případě se však jedná o cenné polovodičové materiály, jejichž zpětné získávání je obvykle výhodnější než ze surovin.

Základem krystalických článků je **křemík**. V přírodě je velmi hojně zastoupen. Je to dokonce druhý nejrozšířenější prvek na zemi. V přírodě se však nachází výhradně ve sloučeninách v podobě křemene (SiO_2). Surový křemík se vyrábí redukcí z písku avšak jeho výroba je velice energeticky náročná. (Bechník, 2011) Vytěžit lze až 85 % křemíkových desek a tím snížit energii na výrobu nového panelu až o 70 %. (Zpětný odběr, 2010)

Těžké kovy - představují z hlediska hmotnosti, ceny i spotřeby energie na výrobu panelů zanedbatelné položky. Podíl jednotlivých kovů na hmotnosti panelů se pohybuje v desetinách promile. Energetická i materiálová náročnost recyklace je srovnatelná s výrobou z primárních surovin. Recyklace je však nutná z jiných důvodů. Těžké kovy jsou toxické a je proto nutno je oddělit od životního prostředí. Mimoto zejména u stříbra je již v blízké budoucnosti očekáváno vyčerpání ekonomicky těžitelných zásob a v důsledku toho růst nákladů na těžbu a tedy i ceny stříbra. Je pravděpodobné, že problém bude vyřešen použitím jiných materiálů. (Bechník, 2011)

FV panel je tvořen materiály výše uvedenými. Fotovoltaické články, jak již bylo napsáno, se buďto recyklují v celku nebo po částech, kdy se využívají polovodičové součástky. Jejich přesné procentní složení není známo a liší se dle výrobce a typu. Nemůžeme tedy kalkulovat o výkupní ceně. Tvoří však pouze několik procent z celého panelu, do kterých spadají i těžké kovy, které ale tvoří

řádově pouze promile z celkové hmotnosti. Něco okolo 90% z celku tvoří sklo a hliník, které lze opět zhodnotit zpětným výkupem pro recyklaci nebo na výrobu energie spálením. Další recyklovatelné materiály jsou plasty a měď. Dle mého názoru lze navíc všechny použité plasty, tedy i ty, které by bylo nutno spálit, výhledově zcela nahradit bioplasty, které budou v přírodě odbouratelné a nebudou tedy zátěží pro přírodní prostředí.

Z údajů o výkupních cenách surovin a procentuálním zastoupením jednotlivých surovin ve FV panelu lze vypočítat sumu financí, kterou jsme schopni získat po zpětném výkupu. Data se týkají pouze likvidace FV panelů, nepočítá se zde s demontáží jiného inventáře v objektu elektrárny (např. kovové konstrukce, oplocení, rozvodna, příjezdová a vnitřní komunikace), který je její přirozenou součástí.

Kalkulace celkového množství materiálů a ceny za výkup

Hmotnost jednoho panelu Brisbane 190 Wp je 17 kg a jejich celkový počet v ševětínské elektrárně je 155 000 ks. Výsledná hmotnost všech panelů v elektrárně je 2635 t. V tabulkách 7 - 8 uvádím celkovou cenu získanou při zpětném odběru materiálů použitých při výrobě panelu a hodnoty, které vedly k výpočtu její výše. K výpočtům jsem použil údaje procentuálního zastoupení obsažených materiálů uvedené v tabulce 4 a výkupní ceny surovin dle Sedlčanských technických služeb, s. r. o. a Služeb Sedlec-Prčice, s. r. o.

Tabulka 7 Recyklovatelné materiály použité na krystalickém FV panelu při přepočtu na hmotnost panelu Brisbane 190 Wp používaném ve FV Ševětín (hmotnost a cena).

	Podíl na hmotnosti panelu (%)	Hmotnost (kg)	Výkupní cena (Kč/kg)	Cena za prodej (Kč)
Plasty	11	1,87	1,50	2,80
Hliník	18	3,06	30,00	91,00
Sklo	67	11,39	3,00	34,17
Měď	1	0,17	50,00	8,50

Zastoupení ostatních nerecyklovatelných materiálů (křemíkové desky aj.) zde činí cca 3 % (což je cca necelých 80 t).

Tabulka 8 Hmotnost a cena za prodej recyklovatelných materiálů obsažených ve všech FV panelech v elektrárně

	Celková hmotnost (t)	Celková cena za prodej (Kč)
Plasty	289,85	434 775
Hliník	475,30	14 199 000
Sklo	1 765,45	5 296 350
Měď	26,35	1 317 500
Celkem	2 556,90	

Celková hmotnost všech recyklovatelných materiálů ve FVE Ševětín je téměř 2 557 t a předpokládaná cena za prodej těchto materiálů je více než 21 mil. Kč.

Pokud by chtěl však majitel elektrárny získat při její likvidaci zmíněnou nemalou finanční částku za prodej recyklovatelných složek z panelů do sběrných surovin, je nutno panely důkladně demontovat na příslušné části, neboť výkup FV panelu jakožto celku není v současné době ve sběrných dvorech možný. Pouze výše jmenovaná společnost PV Cycle provádí likvidaci panelů, ta je však zcela bezplatná. Bylo by tedy jistě vhodné, aby majitel kterékoliv FV elektrárny měl uzavřenou smlouvu s výrobcem nebo dodavatelem panelů o jejich následné likvidaci, jejíž cena je zohledněna v ceně panelu. Společnost ČEZ, a. s., nynější majitel elektrárny v Ševětíně, zvolila v tomto ohledu vyčkávací strategii, která počítá s určitým posunem a vývojem v systému výkupu daných surovin.

5.3 Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách ČR

K hodnocení stavby a provozu FV elektrárny patří i hodnocení tzv. energetické návratnosti zmiňovaného systému. K této problematice existují rozporuplné informace a materiály, zpravidla pak podle toho, kdo je za jakým účelem interpretuje. Zmiňované informace a materiály však často nebývají podložené sofistikovanými daty. V následujícím textu jsem se snažil uvést a diskutovat příslušná data z několika studií.

5.3.1 Problematika návratnosti FV ve světě a v podmínkách ČR

Touto tématikou se plně zabývala studie, kterou jsem našel v časopise Alternativní energie (2008). Od té doby se technologie příliš nezměnila, proto mohu výsledky použít. Studie obsahuje výsledky všech výzkumů energetické návratnosti FV systémů po roce 2000. Je zaměřena na podmínky zejména v ČR, ale obsahuje i výsledky z Evropy a z okolního světa.

Všechny výzkumy, které shrnuje tato studie, pracují s konceptem doby energetické návratnosti (energy pay back time, EBPT), což je energetická analogie ekonomické návratnosti. Definuje čas, za který fotovoltaický panel vyrobí tolik energie, kolik bylo potřeba na jeho výrobu. (Wortner, 2008)

Výpočty jsou stanoveny dle tohoto vztahu:

E návratnosti = E vložená / E uložená

E = energie

E vložená = veškerá energie vstupující do celého životního cyklu panelu (zahrnuje např. energii potřebnou k výrobě, energii nutnou k instalaci, energie spotřebovanou během vlastního provozu, energii potřebnou pro likvidaci panelu)

E uložená = průměrné množství energie vyrobené panelem za rok provozu

Použité studie:

První studie se zabývala dobou energetické návratnosti a emisemi CO₂ u FV systémů. Jejím výsledkem bylo, že doba energetická návratnost systému připojeného na síť ve slunečném klimatu je 2 - 3 roky a prodlužuje se v nepříznivém klimatu na 4 - 6 let.

Přepočteno na podmínky v ČR dle autora článku: 4 - 5 let u střešních a 6 let u pozemních instalací.

Druhá studie hodnotila energetickou náročnost FV systémů v Austrálii ve městě Sydney. Za použití technologie v době studie tedy roku 2000. Výsledná energetická návratnost tohoto systému byla 8,3 roku pro střešní systémy a 11,5 u pozemních instalací. Vzhledem k tomu, že výrobci deklarují životnost těchto systémů až 30 let, je energetická bilance těchto systémů pozitivní. Je však třeba si

uvědomit, že od roku 2000 technologie pokročila, a že energetická návratnost se zkrátila.

Přepočteno na podmínky v ČR dle autora článku: 14 let střešní instalace a 19,3 let pozemní instalace.

Třetí článek zahrnoval Empirickou perspektivu doby energetické návratnosti FV modulů. Byl zaměřen na moduly z monokrystalického křemíku a tenkovrstvé panely z mědi, indiumu a selenidu.

Použita byla především empirická data získaná přímým měřením spotřebované energie, výrobní data, účty za energii a suroviny v továrnách na FV moduly firmy Siemens Solar Industries.

Výsledkem byla doba energetické návratnosti, a to u monokrystalických modulů 3,3 roky a u tenkovrstvých modulů 1,8 let při průměrné roční úhrn slunečního záření 1700 kWh/m^2 . Přepočteno na podmínky v ČR dle autora článku: 5,1 let u monokrystalických modulů a 2,78 let u tenkovrstvých modulů.

Čtvrtá studie byla Srovnávací studie vybraných environmentálních indikátorů FV elektřiny ve městech OECD (průmyslově vyspělé země). Srovnávala FV systémy architektonicky integrované do budov, připojené na rozvodnou síť a vyrobené z komponentů běžně dostupných na trhu (standardních modulů z polykrystalického křemíku a standardních invertorů připojených na síť).

Výzkum proběhl ve 41 městech 26 států OECD. Jedním z měst byla i Praha, pro kterou výsledná doba energetické návratnosti vyšla na 3,1 let.

Pátá studie se zabývala reálnými environmentálními dopady FV modulů z krystalického křemíku: analýza založená na aktuálních datech výroby.

Výzkum proběhl tak, že společně s devíti americkými a evropskými FV společnostmi sesbírali data životního cyklu, které reprezentují stav výrobní technologie modulů z krystalického křemíku v roce 2004. Data pokrývají všechny procesy od produkce surového křemíku po výrobu finálního modulu.

Doba energetické návratnosti byla vypočtena na 1,5 - 2,5 roku v podmínkách Jižní Evropy (roční úhrn záření 1700 kWh/m^2) a 2,6 - 4,4 let v podmínkách střední Evropy (roční úhrn záření 1100 kWh/m^2).

Šestá studie měla název Environmentální dopady FV výroby elektřiny – kritické srovnání možností energetických zdrojů. Autoři se v ní zabývají využitím

fotovoltaiky jako zdrojem udržitelné energie za použití technologií pro budoucnost málo náročných na uhlík. Dospěli k závěru, že FV energie je v dobré pozici na to, aby byla součástí tohoto portfolia, zvláště pokud se podaří snížit finanční náklady na výrobu panelů.

Přepočet na podmínky v ČR dle autora článku: 2,8 – 3,6 let v závislosti na typu použité technologie.

Poslední sedmá studie byla Analýza životního cyklu FV elektrárny instalované na zemi a připojené na síť: případová studie FV elektrárny Springerville firmy Tucson Electric Power.

„Tato případová analýza životního cyklu zahrnuje výrobu všech komponentů (fotovoltaické panely na bázi článků z multikrystalického křemíku jsou zářámované, výkon 300 Wp), stavbu fotovoltaické elektrárny, administraci, údržbu, bezpečnostní opatření a dokonce i používání vozidla pro zaměstnance, kteří dojíždějí do práce.“ Výpočet byl proveden modelování pomocí systému GREET1.6 a systému pro analýzu životního cyklu LISA.

Výsledná energetická návratnost byla zjištěna 2,8 let při vysokém úhrnu slunečního záření (2100 kWh/m²) a při nižším úhrnu záření (1700 kWh/m² jako v Jižní Evropě) stoupla doba energetické návratnosti na 3,5 let.

Přepočet na podmínky v ČR dle autora článku: 5,4 let
(Wortner, 2008)

Ze sledovaných studií vyplývá, že energie vložená do výroby FV panelů se vrátí ve velmi krátké době z hlediska celkové životnosti systému, která je odhadována až na 30 let. Nepotvrzují se zde některá tvrzení, že by energie potřebná na výrobu těchto panelů převyšovala energii, již jsou schopny vyrobit za dobu své životnosti. Energetická návratnost vypočtená dle těchto studií a přepočtená na podmínky České republiky se pohybuje v rozmezí 2,6 - 6 let. Po uplynutí této doby by měly FV systémy generovat čistý energetický zisk.

5.3.2 Analýza energetické návratnosti FV elektrárny Ševětín

V této podkapitole uvádím množství spotřebované energie na výrobu 1 m² FV panelu (tabulka 9), dále pak odhad celkové energie potřebné pro výrobu všech

panelů použitých ve FV elektrárně Ševětín (tabulka 10) a dobu, za níž FV elektrárna Ševětín vyrobí energii vloženou do výroby její nejdůležitější součásti, tj. právě FV panelů (tabulka 11). Data k výpočtům jsem použil z tabulek 12 a 13 z kapitoly 5.4.1.

Tabulka 9 Energetická bilance na výrobu 1 m² FV panelu (Váša, 2012)

zdroj	množství	cena za jednotku v Kč	cena celkem v Kč
elektřina	282 kWh	4Kč / kWh	1 128,00
zemní plyn	361 MJ (100 kWh)	1000 Kč / MJ = 3,61 Kč / kWh	361,00
nafta	0,05 l	35kč / l	1,80
cena celkem			1 490,80

1 l nafty odpovídá 9,78 kWh (JANDA [online], 2010), což odpovídá 0,489 kWh z 0,05 l nafty.

Tabulka 10 Výrobní energie FV panelů použitých v elektrárně Ševětín

Užitná plocha (m ²)	197 879,2
Energie na výrobu 1 m ² FV panelu (kWh)	382,489
Výpočet	197 879,2 . 382,489
Výrobní energie všech panelů FV elektrárny (kWh)	75 686 617,330

Tabulka 11 Energetická návratnost FV elektrárny Ševětín

Výrobní energie (kWh)	75 686 617,33
Reálná roční výroba FV Elektrárny Ševětín (kWh)	32 000 000,00
Výpočet	75 686 617,33 . 32 000 000
Energetická návratnost FV elektrárny Ševětín (roky)	2,365

Výpočet energetické návratnosti FV elektrárny Ševětín z výše uvedených dat uvádí, že energie vložená do výroby FV panelů samotné panely vyrobí zhruba za více jak 2 roky. V porovnání s průměrnou energetickou návratností (2,6 – 6 let) je tedy tato doba u naší sledované FV elektrárny ještě kratší, ale je nutno podotknout, že je to pouhý odhad a že se týká pouze energetické návratnosti FV panelů. Pokud

bychom však chtěli do výpočtu zahrnout všechny součásti FV elektrárny (kovové stojany na FV panely, elektrické rozvody, budovou el. rozvodny aj.), byla by výsledná energetická návratnost o něco delší.

5.4 Zhodnocení využití dotčených pozemků

Kromě vlastního provozu FVE jsem ve své práci uvažoval nad možností zemědělského využití pozemku pro případ, kdyby se FV elektrárna Ševětín nestavěla, a to zejména z finančního hlediska.

Porovnal jsem tedy využití pozemku jednak pro rostlinnou výrobu a jednak pro provoz FV elektrárny. Nutno samozřejmě podotknout, že se jedná o čistě hypotetický výpočet, neboť zde nejsou započteny výplaty zaměstnanců, případné opravy či náklady na údržbu pozemku a také následná plánovaná likvidace elektrárny v roce 2030. Na druhé straně je pak při výpočtech počítáno se stálými výkupními cenami jednotlivých plodin, pohonných hmot a výšemi dotací, které se ve skutečnosti neustále mění.

5.4.1 Zhodnocení využití pro provoz FV elektrárny Ševětín

V tabulkách 12 - 17 shrnuji data pro výpočet hrubého zisku za dobu dvaceti let provozu elektrárny. Zdrojem těchto dat byly materiály poskytnuté manažerem rozvoje ČEZ, s. r. o. Ing. Davidem Sochrem a výkupní cena energie dle Energetického regulačního úřadu.

Tabulka 12 Užitná plocha

Rozměr panelu (m)	1,58 . 0,808
Počet panelů	155 000
Užitná plocha výpočet	(1,58 . 0,808) . 155 000
Užitná plocha (m ²)	197 879,200

Tabulka 13 Čistá roční výroba panelů

Prům. osvit za rok (2010 – 2012) (kWh/m ²)	1277,0
Účinnost FV panelu (Brisban 190 Wp) (%)	15,7
Roční výroba výpočet	(1277 . 0,157). 197 879,2
Roční výroba (kWh)	39 672 602,9

Dle Ing. Davida Sochra dochází až ke 20% ztrátám (účinná plocha je menší než celková plocha panelu, ztráty v DC a AC kabeláži, ztráty ve střídačích, ztráty na trafecích při transformaci aj.). Proto je při odečtu ztrát počítáno s reálnou roční výrobou **32 000 000 kWh**.

Tabulka 14 Hrubý zisk za rok

Výkupní cena el. energie z OZE (2010) (Kč/kWh)	12,25
Reálná roční výroba (kWh)	32 000 000
Výpočet	32 000 000 . 12,25
Hrubý roční zisk (Kč)	392 000 000

Tabulka 15 Výroba za dobu 20 let

Reálná roční výroba (kWh)	32 000 000
Doba provozu FV elektrárny (roky)	20
Výpočet	32 000 000. 20
Výroba za dobu 20 let (kWh)	640 000 000

Tabulka 16 Hrubý zisk za dobu 20 let

Hrubý zisk za rok (Kč)	392 000 000
Doba provozu FV elektrárny (roky)	20
Výpočet	392 000 000 . 20
Hrubý zisk za dobu 20 let (Kč)	7 840 000 000

Tabulka 17 Hrubý zisk za dobu 20 let po odečtení nákladů na nákup elektrárny (v Kč)

Náklady na nákup elektrárny	2 800 000 000
Hrubý zisk za dobu 20 let	7 840 000 000
Výpočet	7 840 000 000 - 2 800 000 000
Hrubý zisk	5 040 000 000

Pro reálný odhad čistého zisku je dle Ing. Davida Sochra třeba odečíst provozní náklady ve výši 10 – 15 % (pro výpočet použito 12, 5 %), což je 31 500 000 Kč ročně (celkově 630 000 000 Kč). Výsledný čistý zisk po odečtení všech nákladů tedy činí **4 410 000 000 Kč**.

Při výpočtu bylo použito nejvyšší možné hranice nákladů na odkup FV elektrárny Ševětín v roce 2010. Náklady na nákup elektrárny dle tehdy běžné ceny se pohybovaly v rozmezí 75 – 95 milionů Kč za MWp (2,5 – 2,8 miliardy Kč). Dále bylo pro zjednodušení výpočtu bylo počítáno u FV panelů se stálou 15,7% účinností, která ve skutečnosti klesá o 0,8 % ročně (výrobce FV panelu Brisbane 190 Wp uvedeno 12 let záruky na 90 % počátečního výkonu a 25 let záruky na 80 % počátečního výkonu).

5.4.2 Zhodnocení využití pro zemědělskou výrobu

Jelikož je tato oblast svým charakterem a podmínkami vhodná zejména právě pro zemědělství, nabízí se zemědělství logicky jako nejreálnější způsob využití této plochy. Konkrétně jde především o dva možné způsoby hospodaření, a to rostlinná produkce na orné půdě, nebo využití pozemku k zatravnění pro seč a pastvu. Ve své práci jsem se zaměřil na pěstování plodin na orné půdě, protože je v oblasti rozšířenější. Tabulky 18 - 22 uvádí údaje pro výpočet hypotetické zemědělské produkce a následný hrubý zisk z rostlinné výroby po dobu dvaceti let, tzn. po plánovaný čas provozu FV elektrárny. Vycházím zde z informací poskytnutých soukromým zemědělcem panem Romanem Štěchou a z dat o dotacích uvedených Státním zemědělským intervenčním fondem (SZIF).

Tabulka 18 Rostlinná produkce

Rok	Plodina	Výnos t /ha	Výkupní cena Kč/t
2005	Řepka	3,2	6 300
2006	Pšenice	7,3	3 500
2007	Kukuřice	13,5	3 800
2008	Ječmen	5,3	2 850
2009	Řepka	3,75	8 100

Tabulka 19 Výkupní ceny plodin v roce 2012

Plodina	Výkupní cena v roce 2012 (Kč/t)
Řepka	12 000
Kukuřice	3 800
Pšenice	4 500
Ječmen	4 800

Tabulka 20 Průměrná cena a průměrný výnos jednotlivých plodin

Plodina	Průměrný výnos (t/ha)	Průměrná výkupní cena (Kč/t)	Produkce na 68 ha (t)	Průměrný hrubý roční zisk (Kč)
Řepka	3,48	8 800,00	236,6	2 082 080
Kukuřice	13,50	3 800,00	918,0	3 488 400
Obiloviny (pšenice, ječmen)	6,30	3 912,50	428,4	1 671 115

Průměrné roční náklady na jednotku plochy byly vypočteny (podle slov soukromého zemědělce pana Romana Štěchy) na 16 175 Kč/ha, k tomu dotace z programu SAPS byly pro rok 2011 stanoveny na 4 685 Kč/ha

Tabulka 21 Náklady po přičtení dotací (v Kč)

Roční náklady na 68 ha	1 099 900
Roční dotace na 68 ha	318 580
Roční náklady na 68 ha po přičtení dotací	781 321

Tabulka 22 Hrubý zisk z rostlinné výroby po odečtení nákladů (v Kč)

Plodina	za 1 rok	za 20 let
Řepka	1 300 760	6 503 800
Kukuřice	2 707 080	13 535 400
Obiloviny	894 795	8 947 950
Celkem		29 987 150

Počítáno vždy s jednou pěstovanou plodinou ročně na celé výměře (68 ha). Dle osevního postupu jsem jednoduše vypočetl, kolikrát by se pěstování určité plodiny po dobu dvaceti let opakovalo. Výsledným číslem jsem pak vynásobil roční produkci daných plodin a došel jsem tak k hrubému zisku za požadovanou dobu. (Tabulka 22)

Z výše uvedených dat jasně vyplývá, že stávající využití pozemků je výrazným způsobem rentabilnější, nežli jeho využití k zemědělským účelům. Prostor, který by soukromý zemědělec potřeboval k dosažení srovnatelné efektivity, by musel být cca 147krát větší (tzn. asi 10 tisíc ha) nežli je rozměr pozemků stávajících, což je pro lepší představu plocha asi dvakrát větší než katastrální výměra Českých Budějovic. Hlavním faktorem, který ovlivnil výši tohoto rozdílu, je nepochybně výkupní cena elektrické energie z obnovitelných zdrojů, jež je garantovaná státem na celou dobu provozu elektrárny a pro rok uvedení do provozu byla nadprůměrná.

5.4.3 Shrnutí výsledků a doporučení pro optimalizaci využití pozemku v průběhu a po ukončení provozu FVE

Výsledky dosavadního řešení této práce přinesly orientační přehled o tom, jaké jsou podmínky pro výstavbu a provozování FVE v ČR a jaká je situace v případě konkrétní stavby a provozu FVE Ševětín. Z hodnocení rentability provozu vyplývá, že z hlediska dvacetiletého období, pro které byla rentabilita počítána je finanční zisk z provozu FV elektrárny mnohonásobně vyšší než při zemědělské produkci.

Při úvaze optimálního využití pozemku za současné situace a pro případ, kdy by se elektrárna nestavěla, jsem vycházel z doposud získaných podkladů a zkušeností.

Objekt FV elektrárny se rozprostírá na poměrně velké výměře a samotná FV elektrárna patří k těm největším na území ČR. Přesto však dle mého názoru nepůsobí tak mohutně, a to zejména proto, že je rozdělena do 2 bloků vzdálených od sebe cca 500 metrů. Z tohoto pohledu se FV elektrárna lépe ztrácí v krajině. Díky svému oplocení se nabízí otázka, zda FVE nepředstavuje překážku v propustnosti krajiny především pro volný pohyb zvěře. Částečně zřejmě ano, ale v porovnání s nedalekou vysoce frekventovanou státní silnicí je tento vliv vzhledem k tvaru a velikosti oplocených pozemků zanedbatelný.

V případě FVE Ševětín je použita technologie FV panelů umístěných na stabilních stojanech směřujících bez ohledu na denní či roční dobu stále stejným směrem a pod stejným úhlem na jihovýchod. Zde by se dala technologie určující stabilní pozici panelů vyměnit za automatické pohyblivé stojany směřující FV panely stále kolmo ke slunečnímu svitu, čímž by se zvýšila efektivita výroby. To však otevírá otázky řádového zvýšení financí na výstavbu, a poté i energetické a finanční návratnosti celého projektu.

Po uplynutí dvacetiletého životního cyklu FV elektrárny v roce 2030 mohou nastat dvě situace. První z nich je ta, že dojde k demontáži kompletní technologie a uvedení pozemků, na nichž tato FV elektrárna nyní leží, do původního stavu. Do té doby zajisté pokročí legislativa týkající se této problematiky o velký skok dopředu a mimo jiné pravděpodobně vzniknou nové české společnosti, které se budou likvidací a recyklací fotovoltaiky zabývat. Proto bych se přikláněl ke strategii, jež si zvolila společnost ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o., která s tímto vývojem počítá a vyčkává vzniku těchto nových společností, s nimiž bude poté samotnou likvidaci řešit. Co se týká způsobu likvidace, nemělo by zde dojít k výrazným potížím, a to vzhledem k tomu, že celý prostor FV elektrárny tvoří až na výjimky běžné materiály. Nejprve se zřejmě odstraní FV panely, které by se mohly recyklovat v celku v recyklační lince patřící právě některé z nově vzniklých společností. Strženy budou pak kovové ploty, rozruší se obslužné komunikace a zpevněné plochy, ze země se vyjmou kabely a stojany FV panelů a nakonec dojde k demontáži elektrorozvodny a přilehlé obslužné centrály tvořené takzvanými „buňkami“. Druhou možností je výměna a inovace technologií (které budou zajisté na vyšší úrovni) a zanechání FV elektrárny na stávající ploše. Pokud zde objekt FV elektrárny již stojí, přikláněl bych se k delšímu provozu, než je v tuto chvíli plánováno. Zda dojde k naplnění první nebo

druhé alternativy se bude odvíjet zejména podle budoucí dotační politiky a výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů.

V uzavřených prostorách elektrárny zůstal ještě dostatek volné plochy pro další využití. O těchto plochách se dá uvažovat jako o potenciální pastvině (např. pro ovce) nebo porostu k seči na zelenou píci či seno. Vhodné by bylo zařazení některých krajinných prvků pro podporu biodiverzity, jako například bylinný pás nebo drobná jezírka aj., vzhledem k obklopení prostoru zemědělskými pozemky s monokulturami.

Plocha, na které FV elektrárna Ševětín stojí, by se dala využít i jiným způsobem, pokud by zde FV elektrárna nebyla. Jednou z možností je prostor zalesnit. S ohledem k návaznosti na dopravu, jak silniční, tak železniční, by se tento prostor dal využít pro rekreační účely (výstavba rekreačního zařízení při břehu rybníka Stojčín, dětský tábor aj.). Strategická pozice nedaleko mezistátní komunikace a blízkost Českých Budějovic naskýtá také možnost vybudovat zde například velkokapacitní haly jako mezisklady pro dálkovou dopravu určené zejména k zásobování Českých Budějovic (také vzhledem k tomu, že pár set metrů odtud v budoucnu povede dálnice D3). Rozparcelování a vznik takzvaných satelitních městeček, která jsou v dnešní době tak populární, v této lokalitě není umožněno z hlediska blízkosti čistírny odpadních vod a chybějící infrastruktury.

Vzhledem k postupu řešení této práce jsem se v průběhu zpracovávání více tematicky zaměřil na výpočty návratnosti a otázky kolem recyklace materiálů. Dále jsem se pokusil vyhodnotit alternativu využití pozemku, kdyby se FVE nestavěla, v podobě zemědělského využití a pěstování rostlin na orné půdě. Z těchto důvodů již nezbylo mnoho prostoru na analýzu širších souvislostí kolem vlivu výstavby a provozu FVE na okolní krajinu z pohledu ochrany životního prostředí. Tímto bych se rád zabýval a tematicky navázal v případě řešení diplomové práce v dalším průběhu studia, kdy bude možné k dosavadním výsledkům doplnit a vyhodnotit další informace i ve vztahu k okolní krajině.

6 Závěr

Z uvedených výsledků je patrné, že energie i finance vložené do výstavby fotovoltaických projektů se rentují již ve velmi blízkém časovém horizontu. Odpady vzniklé při možné následující demontáži jsou z více než 90 % recyklovatelné a při recyklaci v celku na recyklační lince mohou posloužit k následné výrobě nových FV panelů, a tím ještě snížit energetickou náročnost jejich výroby.

Kdyby se po uplynutí dvacetileté doby provozu všechny FV panely instalované ve FV elektrárně Ševětín demontovaly na jednotlivé součásti a materiály, dalo by se prodejem těchto materiálů do běžného sběrného dvora utřít částku převyšující 20 milionů korun. Doba energetické návratnosti u FV elektrárny Ševětín vychází z uvedených hodnot na 2,3 roku. Pořizovací cena FV elektrárny Ševětín byla dle dostupných zdrojů 2,8 miliard Kč, celkové provozní náklady odhadnuty na 630 mil. Kč a čistý dvacetiletý zisk byl vyčíslen na 4 410 mil. Kč. V případě, že by se FVE Ševětín nestavěla a na dotčených pozemcích (68 ha) se běžně zemědělsky hospodařilo, byl by schopen za současných podmínek zemědělec generovat zisk za 20 let výroby necelých 30 mil. Kč. Jiné způsoby využití hodnoceného území se za současných podmínek (lokalita, infrastruktura, územní plán apod.) nejeví realistické, proto s nimi zatím nebylo v této práci počítáno.

Z výše uvedeného vyplývá, že v případě stavby a provozu FV elektrárny Ševětín i FV v ČR obecně jasně převažují klady finančního hlediska. Z pohledu životního prostředí nejsou negativa tak evidentní, jak se mnohdy prezentuje, a dá se předpokládat, že se budou dále spíše snižovat. Jednou z alternativ snížení negativ do budoucna je i větší využití střešních konstrukcí, kde by FV panely nemusely zabírat místo na orné půdě, ale byly např. povinnou součástí plánovací dokumentace při výstavbě obchodních a průmyslových center, sídlišť, parkovacích ploch apod. Další řešení jistě přinese technologický pokrok a snad i rozumné rozhodování. I proto vidím světovou energetickou budoucnost mimo jiné právě ve fotovoltaiice.

7 Literatura

- BELICA, Petr et al. *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*. Valašské Meziříčí : Regionální energetické centrum, o. p. s., 2006. 87 s. ISBN 80-903680-1-8.
- BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. Šlapanice : ERA group spol. s r. o., 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6.
- JIRKA, Vladimír. *Sluneční energie: Využití ve skleníku s optickými rastry*. Třeboň : GAČR, 1999.
- JURSÍK, František. *Anorganická chemie nekovů*. Praha : VŠCHT, 2001. ISBN 80-7080-417-3.
- LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. *Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie*. Praha : Ilsa, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2.
- MACH, Jiří. *Využití solární energie*. Praha, 2008. Česká zemědělská univerzita v Praze. Provozně ekonomická fakulta. Katedra systémového inženýrství.
- MOTLÍK, Jan et al. *Publikace o obnovitelných zdrojích energie a možnostech jejich využití v České republice*. Praha : ČEZ, a. s., 2007.
- SCHEER, Hermann. *Světové sluneční hospodářství*. Praha : Eurosolar, 2004. 318 s. ISBN 80-903248-0-0.
- SKÁCEL, Dalibor. *Mezinárodní kosmická stanice – ISS má nové fotovoltaické panely*. *Alternativní energie*. 2001, roč 4, č 1.
- STRUŠKA, Ján. *Kdo vlastně vynalezl solární zařízení?* *Alternativní energie*. 2001, roč. 4, č. 6.
- VRTEK, Mojmír. *Energie a její transformace*. *Alternativní energie*. 2002, roč. 5, č.1.
- WORTNER, Václav. *Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky*. *Alternativní energie*. 2008, roč. 11, č. 2.
- Zpětný odběr: magazín společnosti ASEKOL*. Praha: Asekol s. r. o., 2010, č. 2.

Internetové zdroje:

BECHNÍK, Bronislav. *Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti*.

[online]. 2011 [cit. 2012-03-01]. Dostupné z <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>.

BECHNÍK, Bronislav. *Z čeho se skládá cena elektřiny*. [online]. 2012 [cit. 2012-02-28] Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/8306-z-ceho-se-sklada-cena-elektriny>.

JANDA, Pavel. *Čas elektromobilů ještě nepřišel*. [online]. 2010 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z <http://www.autorevue.cz/cas-elektromobilu-jeste-neprisel>.

NOVÁK, Radek. *Vyrobí solární panely energii spotřebovanou ke své výrobě?* [online]. 2001 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z <http://stastnedomy.cz/330-vyrobi-solarni-panely-energie-spotrebovanou-ke-sve-vyrobe.html>.

PAČESOVÁ, Terezie. *Zpětný odběr fotovoltaických panelů se v Evropě už prosazuje*. [online]. 2011 [cit. 2012-02-11]. Dostupné z <http://www.enviweb.cz/clanek/recykl/85442/zpetny-odber-fotovoltaickych-panelu-se-v-evrope-uz-prosazuje>.

Dotace na fotovoltaiku: Zelený bonus. [online]. [cit. 2012-02-22]. Dostupné z <http://www.fotovoltaika-panely.com/dotace-fotovoltaika-zeleny-bonus/>.

ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Eru.cz* [online]. 2009. [cit. 2012-02-24] Dostupné z <http://www.eru.cz>.

Energie z obnovitelných zdrojů. [online]. 2012 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje.html>

Fotoelektrický jev [online]. [cit. 2012-02-10]. Dostupné z http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotoelektrick%C3%BD_jev.

Fotovoltaičné solární kolektory (panely). [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupné z <http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>.

Historie solární energie. [online]. [cit. 2012-01-17]. Dostupné z <http://www.mella.estranky.cz/clanky/referaty/historie-solarni-energie.html>.

Klima v Jižních Čechách. [online]. c2003-2009 [cit. 2012-03-25].

<http://www.jiznicechy.cz/cs-CZ/jizni-cechy/o-kraji/klima.html>.

Legislativa. [online]. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z [http://www.mpo-](http://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa)

[efekt.cz/cz/legislativa](http://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa).

Mapy.cz [online]. [cit. 2012-03-18]. Dostupné z www.mapy.cz.

Obnovitelné zdroje energie a Skupina ČEZ. Informační brožura. Praha : ČEZ, a. s.

SKUPINA ČEZ. *Skupina ČEZ* [online]. 2012 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z <http://www.cez.cz>.

Sluneční termika, chlazení a fotovoltaika. Informační leták Energy Centre České Budějovice.

Sluneční záření. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z

http://fle.czu.cz/~ulbrichova/skripta_ekol/lesazareni/slunecnizareni.htm.

Ševětín. [online]. [cit. 2012-03-25]. Dostupné z

http://www.sevetin.cz/index.php?html_id=400&menu_id=40.

Územní plán Ševětín. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z

<http://www.sevetin.cz/dokumenty/ostatni/OOP%20-%20UP%20Sevetin.pdf>.

Písemné a osobní sdělení:

CUDLÍNOVÁ, Eva. *Přednášky z předmětu Environmentální ekonomika*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Školní rok 2011/2012.

E-mailová korespondence s Davidem Sochrem, manažerem vývoje ČEZ Obnovitelné zdroje, s. r. o. [online], 1. 4. 2012, david.sochr@cez.cz.

E-mailová korespondence se Zuzanou Musilovou, generální sekretářkou České fotovoltaické průmyslové asociace. [online], 2. 4. 2012, zuzana.musilova@czepho.cz.

Osobní rozhovor s Romanem Štěchou. Ševětín, 31. 3. 2012.

VÁŠA, Miroslav. *Energetická náročnost na výrobu 1 m² Monokrystalického panelu*. Praha, 2012. Nepublikováno.

8 Přílohy



Obr. 8 FV panel Briban 190 wp (FV elektrárna Ševětín – západní blok), autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 9 Stojan s FV panely (FV elektrárna Ševětín – západní blok), autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 10 Elektrorozvodna FV elektrárny Ševětín (západní blok) , autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 11 Hlavní vjezd a příjezdová komunikace do FV elektrárny Ševětín, autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 12 Západní blok FV elektrárny Ševětín v pozadí Stojčinského rybníku, autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 13 Severní část východního bloku FV elektrárny Ševětín, autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



Obr. 14 Letecká fotografie východního bloku FV elektrárny Ševětín, autor David Sochr, 5. 3. 2011



Obr. 15 Západní blok FV elektrárny Ševětín s el. rozvodnou, autor David Sochr, 5. 3. 2011