

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra aplikované ekologie**



## **Diplomová práce**

**Vyhodnocení energetické a ekonomické účinnosti  
fotovoltaických elektráren a jejich vlivu na krajinu**

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

Vypracoval: Bc. Jan Trnobranský

© 2015 ČZU v Praze



**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta životního prostředí**  
**Katedra aplikované ekologie**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Autor práce:	Bc. Jan Trnobranský
Studijní program:	Inženýrská ekologie
Obor:	Aplikovaná ekologie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
Název práce:	<b>Vyhodnocení energetické a ekonomické účinnosti fotovoltaických elektráren a jejich vlivu na krajinu</b>
Název anglicky:	<b>Evaluation of energy and economic efficiency of photovoltaic power plants and their effect on landscape</b>
Cíle práce:	Vyhodnocení produkce elektrické energie několika fotovoltaických (PV) instalací (ENKI, o.p.s., ing. Kučeravý) a větší PV elektrárny (např. Ševětín). Vyhodnocení energetických nákladů nutných pro výrobu PV panelů a zjištění energetické návratnosti jednotkové PV elektrárny. Popis komponent a materiálu, z něhož se PV panely skládají a zhodnocení otázky likvidace, případně recyklace odpadu z vysloužilé PV elektrárny. Srovnání energetické účinnosti PV elektrárny s energetickou účinností biomasy (například štěpky, bioplyn). Využití fotovoltaických elektráren v ČR a v zahraničí. Podíl z celkové produkce elektřiny, problematika stability přenosové sítě, ostrovní systémy. Zkušenosti s dotacemi.
Metodika:	Popis a hodnocení konkrétních vlivů fotovoltaické elektrárny na životní prostředí. Popis technologií používaných v projektu a nových technologií. Zmapování situace problematiky a změn v dotacích od předchozí práce na kterou tato navazuje. Zhodnocení efektivity fotovoltaických elektráren v ČR a v zahraničí.
Doporučený rozsah práce:	80 stran, rozsah grafických prací: fotografie a schémata hodnocených fotovoltaických elektráren, schémata PV panelů s důrazem na možnost posouzení způsobu jejich likvidace a recyklace použitých materiálů
Klíčová slova:	fotovoltaické elektrárny, fotovoltaické panely

Doporučené zdroje informací:

1. BERANOVSKÝ, Jiří, MURTINGER, Karel, TOMEŠ, Milan. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. : Era – vydavatelství, 2007. ISBN 978-80-7366-133-5.
2. DRÁBOVÁ, Dana, PAČES, Václav. Perspektivy české energetiky. : NOVELA BOHEMICA, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.
3. KOCOUREK, Martin et al. Fotovoltaika a růst cen elektřiny. : CEP-Centrum pro ekonomiku a politiku, 2010. ISBN 978-80-86547-97-8.
4. LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie. Praha : Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
5. MATUŠKA, Tomáš. Solární soustavy pro bytové domy. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3503-0.
6. MATUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. Praha: Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2009.
7. POKORNÝ, J. 2010, Energie v agroekosystémech. In: Šarapatka, B. a kol: Agroekologie, východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, Olomouc 2010 str. 119 - 138
8. SCHEER, Hermann. Světové sluneční hospodářství. Praha : Eurosolar, 2004. ISBN 80-903248-0-0.

Předběžný termín obhajoby: 2015/06 (červen)

Elektronicky schváleno: 20. 3. 2015  
**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 20. 3. 2015  
**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**  
Děkan

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vyhodnocení energetické a ekonomické účinnosti fotovoltaických elektráren a jejich vlivu na krajinu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2015

---

Bc. Jan Trnobranský

## **Poděkování**

Velice děkuji doc. RNDr. Janu Pokornému, CSc za odborné a trpělivé vedení mé práce. Nemalý dík rovněž patří Ing. Janu Procházkovi, Ph.D., který bezchybně plnil roli externího poradce.

Rovněž děkuji Ing. Vladimíru Kučeravému, Solareni s.r.o., za poskytnutí cenných informací k fotovoltaice a FV elektrárně Děbolín, stejně tak děkuji Ing. Miroslavu Kajanovi, BIOPLYN Třeboň spol. s r.o. za údaje o výnosech kukuřice, množství získávaného bioplynu a produkci elektrické energie a tepla a Ing. Hanně Huryně, ENKI, o.p.s. za data o slunečním záření. Chtěl bych dále poděkovat Michalu Novákovi za poskytnutá data z meteostanice Veselí nad Lužnicí.

Za technickou pomoc při zpracování děkuji dále panu Zbyňku Sovovi.

Na závěr bych chtěl ještě poděkovat Heleně Vopatové a Pavlu Vopatovi za formální úpravu textu.

## **Abstrakt**

Práce hodnotí účinnost přeměny sluneční energie ve fotovoltaické elektrárně, v bioplynové stanici zpracovávající kukuřici a při využití dřevní štěpky. Zpracovány jsou údaje z velké fotovoltaické elektrárny Ševětín (o výkonu téměř 30 MWp) s využitím výsledků bakalářské práce) a z malé fotovoltaické elektrárny Děbolín (20,67 kWp).

Pro hodnocení účinnosti využití bioplynu byly využity údaje z bioplynové stanice v Třeboni a pro štěpku údaje z plantáže rychle rostoucích topolů (Chlumská hora). Výsledky byly vyjádřeny jako množství energie vázané v bioplynu resp. v biomase za rok na m<sup>2</sup> a na 1 ha.

Získané výsledky prokázaly řádově vyšší účinnost přeměny sluneční energie fotovoltaickými panely (13 %) ve srovnání s bioplynem a dřevní štěpkou (nejvýše 0,5 %). Pro fotovoltaickou elektrárnu byla vypočtena též její účinnost pro celou využitou plochu území (4 %). Dále byla vyhodnocena účinnost přeměny fotovoltaické elektrárny pro jednotlivé měsíce roku s využitím dat příkonu sluneční energie měřených v regionu.

Bylo zjištěno, že FV panely obsahují recyklovatelné materiály (sklo, čistý křemík, hliník, plasty a měď), z čehož největší hmotnostní zastoupení představuje sklo (60 – 70 %), a proto byl stanoven odhad objemu skla vázaného ve všech FV panelech na území ČR. Množství skla vázaného ve všech fotovoltaických panelech v ČR o celkovém výkonu 2 GWp se pohybuje okolo 100 000 tun a odpovídá přibližně desetina hmoty skla recyklovaného za jeden rok v komunálním odpadu v ČR. Rovněž byl podán přehled současné situace ohledně problematiky státní podpory a dotací OZE. Následně byl nastíněn předpoklad zvyšování využití fotovoltaiky a možný budoucí vývoj v oblasti OZE.

**Klíčová slova:** solární energie, fotovoltaická elektrárna, energie bioplynu, energie dřevní masy, odpadní suroviny

## **Abstract**

### **Evaluation of energy and economic efficiency of photovoltaic power plants and their effect on landscape**

Efficiency of use of solar energy in a photovoltaic power plant (PV), in a biogas power plant using corn and efficiency of woodchips are evaluated. Data on production of electric power both from a large PV plant (Ševětín 30 MWp) and from a small PV power plant Děbolín (20,67 kWp) were elaborated. Data from biogas station Třeboň using mostly corn and data from a plantation Chlumská hora producing fast growing poplar were collected and evaluated in terms of annual energy production per m<sup>2</sup> and per 1 ha.

The results obtained show order of magnitude higher efficiency of solar energy use in PV power plant (13 %) in comparison with biogas and woodchips (less than 0.5 %). For PV plant, efficiency of solar energy use was also calculated per land area used (4 %). Seasonal efficiency of solarenergy transfer in PV plant was evaluated for individual months of year using original data on solar energy in come measured in the region. It was found out that PV panels contains recyclable materials (glass, pure silica, aluminium, copper and plastic), the highest mass (60 – 70%) represents glass. Therefore total amount of glass in all PV panels (2 GWp) installed in the Czech Republic was estimated (about 100 000 tons) which corresponds approximately to 10 % of glass amount recycled during one year in municipal selected waste. Overview of policy of state in centives for support of renewable energy is given and future development of renewable energy sources in the Czech Republic is discussed.

**Keywords:** solar energy, photovoltaic power plant, biogas energy, wood chips energy, waste materials

# Obsah

1	Úvod.....	5
2	Literární přehled .....	7
2.1	Princip fotovoltaické elektrárny.....	7
2.2	Historie fotovoltaiky .....	11
2.3	Solární technologie a její druhy .....	12
2.4	FV elektrárny v ČR.....	14
2.5	Bioplyn.....	14
2.5.1	Princip bioplynové stanice .....	15
2.6	Využití dřevní masy na štěpku.....	18
2.7	Energetika v ČR.....	19
2.7.1	Dotační politika ČR v oblasti OZE .....	22
2.7.2	Legislativa OZE .....	25
2.8	Energetika v okolních zemích.....	27
2.8.1	Energetika v Rakousku .....	27
2.8.2	Energetika v Německu.....	28
3	Cíle.....	30
4	Metodika .....	32
5	Výsledky a diskuze .....	40
5.1	Základní parametry FVE Děbolín.....	40
5.2	Základní parametry FVE Ševětín.....	41
5.3	Základní parametry bioplynové stanice Třeboň.....	42
5.4	Účinnost FVE elektráren.....	44
5.4.1	Účinnost FVE Ševětín.....	44
5.4.2	Účinnost FVE Děbolín.....	45
5.5	Vyhodnocení vlivu teploty a vlhkosti vzduchu na účinnost FVE.....	47



5.5.1 Účinnost FVE Děbolín v jednotlivých měsících a průměrné měsíční teploty a vlhkosti vzduchu .....	50
5.6 Účinnost FVE Děbolín vzhledem ke skutečnému přímému dopadu sluneční energie na panely nakloněné efektivně ke slunečnímu svitu.....	51
5.7 Suroviny ve FVE v ČR .....	54
5.7.1 Objem Skla ve FVE .....	54
5.8 Účinnost bioplynové stanice .....	56
5.8.1 Výpočet energetického zisku bioplynové stanice při využití plochy FVE Ševětín.....	57
5.9 Energie dřevní masy.....	57
5.9.1 Účinnost energetické přeměny do dřevní masy .....	58
5.10 Celkové zhodnocení energetických vstupů a výstupů .....	60
5.11 Úskalí výroby energie v OZE a budoucnost .....	61
5.12 Komentář k dosaženým výsledkům .....	64
6 Závěr .....	65
7 Literatura.....	68
8 Přílohy.....	72

# 1 Úvod

Současná situace v oblasti energetiky, a to zejména v její produkci a spotřebě, není dlouhodobě udržitelná. Fosilní paliva, jež jsou dlouhodobě základním zdrojem energetiky, postupně ubývají a zároveň jsou nešetrná vůči lidskému zdraví a životnímu prostředí. Soudobý globální trend však poukazuje na dále se zvyšující potřebu i spotřebu energie způsobenou zejména zvyšující se populací a rozvojem méně rozvinutých a lidnatých území. Celosvětové analýzy varují, že by změny v oblasti energetiky měly přijít nejpozději do konce tohoto století a měly by se týkat především přechodu z fosilních paliv na již existující zdroje, jako jsou vodní energie, jaderná energie, větrná energie, geotermální energie, bioenergie a solární energie. Do budoucna má nesmírný potenciál zejména přímé využití energie solární patřící k obnovitelným zdrojům energie.

(Drábová, Pačes et al., 2014)

Moderní svět a zejména společnost potřebuje vzhledem ke svému neustále se zvyšujícím energetickým a materiálním nárokům pro svoji bezproblémovou existenci mimo jiné i moderní a vyspělé technologie. Člověk žije na planetě jen pouhý zlomek z celkového času existence Země, ale i přesto již stačil pozměnit prakticky celý ekosystém. Jestli jde o změny pozitivní či negativní lze pozorovat již na prudce se měnícím vzorci počasí.

Pro přežití celého lidstva je zásadní pochopení problematiky všedního žití a jeho přímých a nepřímých negativních vlivů na životní prostředí. Za naprosto klíčové by se dalo považovat inteligentní uchopení problému využívání zdrojů, materiálů a energie. Zde ve velké míře a mnoha případech dochází k pověstnému „řezání si větve pod vlastníma nohama“ s možnými nevratnými změnami.

Řešení bude možné pouze změnou cílů, způsobu uvažování a využíváním rozumných a enviromentálně šetrných technologií.

Mezi takové technologie můžeme zařadit právě obnovitelné zdroje, jako jsou například vodní elektrárny, větrné elektrárny, bioplynové stanice a také solární technologie využívající energii ze Slunce. Tyto technologie mají velkou budoucnost, avšak využívat by se měly s rozumem a v rozumné míře.

Při současné úrovni poznání zatím takové technologie nemohou zcela nahradit klasické zdroje, ale o to více je třeba pracovat na jejich vývoji a zvyšování jejich podílů na výrobě energie a ne pouze nečinně čekat, až dojdou zdroje jiné, zejména fosilní. Poté bude již pozdě. (Drábová, Pačes et al., 2014)

V České republice se roční výroba elektrické energie postupně přibližuje hranici 90 000 GWh, z toho většina energie pochází ze spalování fosilních paliv (cca 50 – 60 %), dále z jaderných elektráren (cca 35 %) a obnovitelných zdrojů energie (přes 10 %). Státní koncepce počítá s plným využitím fosilních zdrojů, avšak zatím se nepočítá s prolomením těžebních limitů. Pro zajištění dostupnosti energie se předpokládá zvyšování podílu výroby v jaderných elektrárnách a růst využití obnovitelných zdrojů.

(Výroba elektřiny a tepla. [online], 2015)

Tato práce je zaměřena především na solární energetiku, která je v současné době nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím obnovitelných zdrojů a navazuje na bakalářskou práci obhájenou v roce 2012. Pokud chceme solární zdroje využívat efektivně a s nejmenším možným vlivem na životní prostředí, je nutné uvažovat o jejich účinnosti, ekonomickém vlivu, složení, energetické návratnosti, nákladech při likvidaci a možnosti recyklace použitých materiálů.aj.

## 2 Literární přehled

„Těžařské a obchodní společnosti zabývající se primárním fosilním energetickým hospodářstvím zmizí krok za krokem z obrazu, až se jednou plošně rozšíří obnovitelné zdroje. Funkce podniků pro těžbu ropy, zemního plynu, uhlí nebo uranu se stejně jako v případě jejich dodavatelů bez náhrady rozplyne, budou-li tyto energie nahrazeny slunečním teplem, slunečním světlem, větrem, vlnami nebo tekoucí vodou.“

(Scheer, 2004)

Myšlenka na úplné osvobození od fosilních zdrojů je však doposud vzdálená a je závislá na zásobách fosilních paliv, cenách za jejich získávání a je postavena v kontrast s cenami za výrobu energie v OZE (obnovitelné zdroje energie) a technologickému pokroku.

### 2.1 Princip fotovoltaické elektrárny

#### Sluneční energie

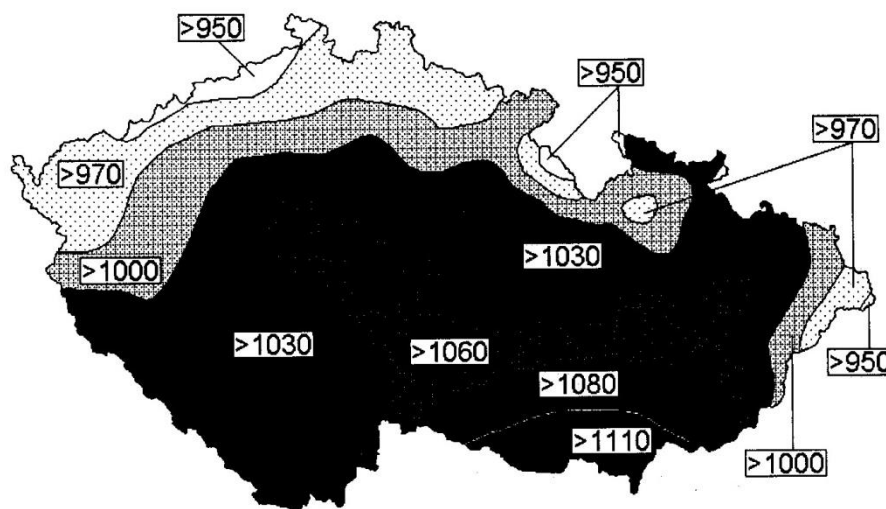
Sluneční záření je tvořeno spektrem několika druhů záření odlišujících se od sebe svojí vlnovou délkou. Ultrafialové záření (vlnová délka 290 - 380 nm) tvoří 0 – 4 % z celkového spektra, záření infračervené (710 - 4000 nm) 50 – 79 % z celkového spektra, dlouhovlnné záření (4 000 – 100 000 nm) 50 – 79 % 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 nedopadá celkové množství této energie. Určité procento energie se odráží od atmosféry a další poměrná 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. Rozptýlené sluneční záření vzniká v důsledku rozptylu přímých slunečních paprsků na molekulách plyných 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 kWh/m<sup>2</sup>** (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 elektřiny ze slunečních fotovoltaických kolektorů v našich podmínkách dosahuje přibližně 400 – 500 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Pro reálné odhady hrubé výroby energie v průměrných solárních zařízeních v podmínkách ČR lze uvažovat o průměrné roční výrobě 380 – 420 kWh/m<sup>2</sup> 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 naopak 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 v kWh/m<sup>2</sup> (Libra, Poulek, 2009)

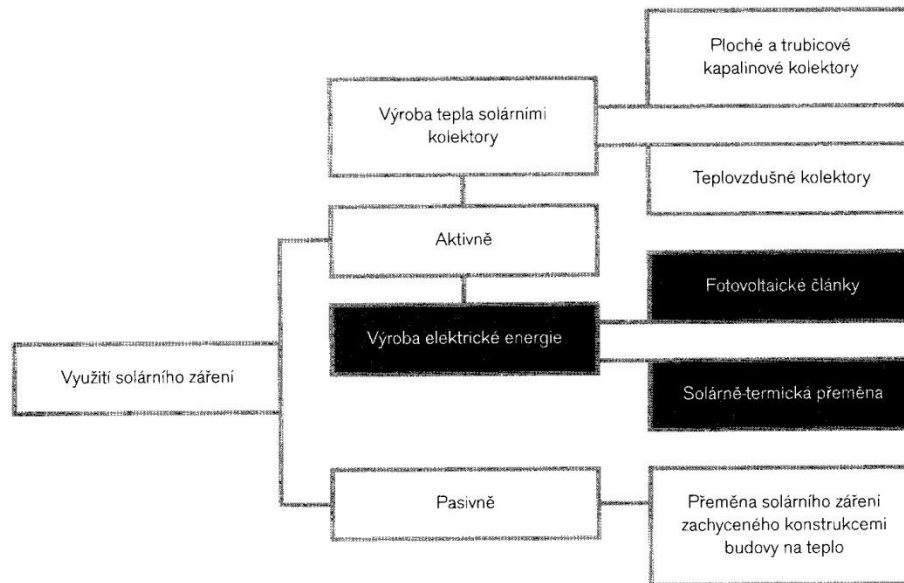
Z této energie jsme schopni získávat dvě složky; tepelnou (termickou) a světelnou (fotonickou). Sluneční záření lze přímo využívat k výrobě tepla, chladu a elektřiny (Beranovský, Truxa et al., 2004).

Fotovoltaický systém využívá pro výrobu elektrické energie světelnou složku sluneční energie (tzv. světlo). Světlo jsou příčné elektromagnetické vlny v poměrně úzké oblasti vlnových délek (380 – 760 nm) a zároveň se projevuje jako tok fotonů. 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). Na obr. 2 vidíme schéma rozdělení možností využití solární energie. Teplou energii ze slunečního záření lze akumulovat dlouhodobě (v zásobnících vodních, šterkových aj.) i krátkodobě (např. otopné systémy). (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 po nejdelší část dne dostatečně osvětleno (u domácností se volí zejména umístění na střešní konstrukci).

Zatímco termické panely jsou více používány domácnostmi (například pro ohřev vody, vytápění atd.), polovodičové fotovoltaické (dále jen FV) panely jsou nejběžněji užívány 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)

### Fotoelektrický jev

Pokud hovoříme o výrobě elektrické energie, máme na mysli generování elektrického proudu. Elektrický proud lze v případě generování práce elektrickou energií popsat jako proud elektronů, které se pohybují od záporného pólu přes “zátěž” (spotřebič) až ke kladnému pólu zdroje. K přeměně světelného záření (proudu fotonů) na energii pohybujících se elektronů (elektrický proud) potřebujeme zejména volné elektrony a elektrické pole (elektrický potenciál), které jej uvede v pohyb ze zdroje ke spotřebiči. Volné elektrony jsou obsaženy prakticky v každém kovu, ale problém je v jejich uvedení do pohybu a jejich usměrnění požadovaným směrem. Do pohybu je lze uvést fotony (jak tyto částice nazval Albert Einstein), které jsou součástí slunečního záření. Při ozáření kovu dojde tedy k uvolnění elektronu a ten po sobě zanechá kladný náboj – takzvanou díru. Velmi rychle je však elektron přitahován zpět do díry, kterou vytvořil a vzniká pouze tepelná energie, která v tomto případě není žádoucí. Proto je nutné elektron od díry oddělit a dostat jej do elektrického obvodu a spotřebiče, kde svoji energii přemění v práci. Toho lze docílit tvorbou tzv. p-n přechodu. Pro tento proces je vhodné použití zejména polovodičů, jejichž vlastnosti se pohybují někde mezi kovy a izolanty (tzn., že nemají volné elektrony, ale lze je velmi snadno vytvořit teplem nebo slunečním zářením). Vlastní fotovoltaický článek je složen z plátku křemíku, kde je v malé hloubce vytvořen p-n přechod, který má z obou stran připojeny kovové kontakty. Při dopadu slunečního záření se zde generují volné elektrony a díry, které

jsou p-n přechodem odděleny a poslány na opačné strany. Elektronů do vrstvy typu n (křemík je obohacen fosforem, který má ve valenční vrstvě 5 elektronů), která se tím stane záporným pólem FV článku a díry do vrstvy typu p (zde dojde k obohacení borem, jehož valenční vrstva obsahuje naopak 3 elektrony), která tvoří kladný pól.

Napětí fotovoltaického článku závisí na použitém polovodiči. U křemíku je to asi 0,6 V a zatížením dochází k poklesu. Udává se, že při maximálním výkonu má článek napětí 0,5 V. Proto se v praxi využívá sdružování článků do modulů zpravidla o 36 (18 V) nebo 72 článkách (36 V).

(Beranovský et al., 2007)

## 2.2 Historie fotovoltaiky

Vše začalo rokem 1839, kdy se podařilo v té době teprve devatenáctiletému francouzskému fyzikovi Alexandru Edmondu Becquerelovi náhodným pokusem odhalit zajímavý objev. Zásadním zjištěním bylo, že při ponoření elektrod do elektrolytu a jejich následném osvětlení dochází k průchodu elektrického proudu. První fotovoltaický článek byl sestaven v roce 1877 Adamsem a Dayem. Roku 1883 došlo k významnému posunu, kdy Fritts odhalil potenciál ukrytý v této nové technologii, když jeho fotovoltaický článek dosáhl účinnosti 1 %. Vývoj byl dále poněkud omezen zejména cenou a používanými látkami (např. selen, měď, olovo aj.). Dosud také nebyl znám princip vzniku elektrického proudu v článku. Pro další rozvoj byl rozhodující vývoj monokrystalického křemíku, který vyvinul Jan Czochralski. První křemíkový fotovoltaický článek byl patentován až v roce 1946 v USA zásluhou Russella S. Ohla. V roce 1954 došlo díky Bellovým laboratořím k výraznému posunu účinnosti, která již dosahovala 6 %, a to učinilo tuto technologii vhodnou i pro praktické a komerční využití. Většímu rozšíření však stále bránila příliš vysoká cena a proto bylo využití spojeno zejména s napájením umělých družic (telekomunikačních aj.), kde cena nebyla rozhodující. Zájem o použití na zemském povrchu vzrostl až s ropnou krizí v sedmdesátých letech. Masivní rozvoj technologie a vzrůst potenciálu je otázkou teprve posledních 10 až 15 let.

(Beranovský et al., 2007)



## 2.3 Solární technologie a její druhy

### Solární kolektory

Energie ze slunce dopadající na zemský povrch se dá využít různými způsoby. Jednou z možností je výroba elektrické energie. Další a jednodušší možnost je přeměna sluneční energie na tepelnou procesem tzv. fototermální přeměny, kde se teplo dále využije k ohřevu vody, vzduchu nebo k vytápění.

Fototermální přeměna využívá vlastnosti tuhých a kapalných látek, kdy dochází ke směně energie fotonů za teplo (pohyb molekul). K absorpci sluneční energie slouží absorpční plocha, tzv. kolektor, která se po dopadu slunečních paprsků ohřívá. Zde je teplo akumulováno a předáno nosiči (nejčastěji voda, nemrznoucí směs nebo i vzduch), který teplo odvede a uchová. Kolektory se tedy mohou dělit na vzduchové či kapalinové.

Dále se dají solární kolektory dělit dle tvaru, přístupu vzduchu aj. na ploché, trubkové, vakuové a další. Nejčastěji se v praxi setkáváme s plochými kapalinovými kolektory připojenými k trubkovému absorbéru.

Účinnost solárních kolektroř lze stanovit poměrem mezi teplem odvedeným z kolektoru oproti slunečnímu záření dopadlým na vztážnou plochu.

(Matuška, 2009)

### Fotovoltaické články

Technologie pro využití slunečních paprsků, ať již fototermální nebo fotovoltaickou přeměnou, využívají na první pohled velice podobná zařízení (solární kolektor a fotovoltaický panel), kde je hlavním prvkem absorpční plocha. Velmi často dochází laickou veřejností k záměně těchto výrazů.

FV články můžeme dělit do 4 základních skupin dle generací.

První generace (obr. 3) se vyrábí z monokrystalického křemíku a je tvořena velkoplošným p-n přechodem. Články této generace mají dobrou účinnost a velkou stabilitu a až do současnosti je to nejvíce rozšířený FV panel. Tento typ je však známý relativně velkou spotřebou čistého křemíku během výroby.

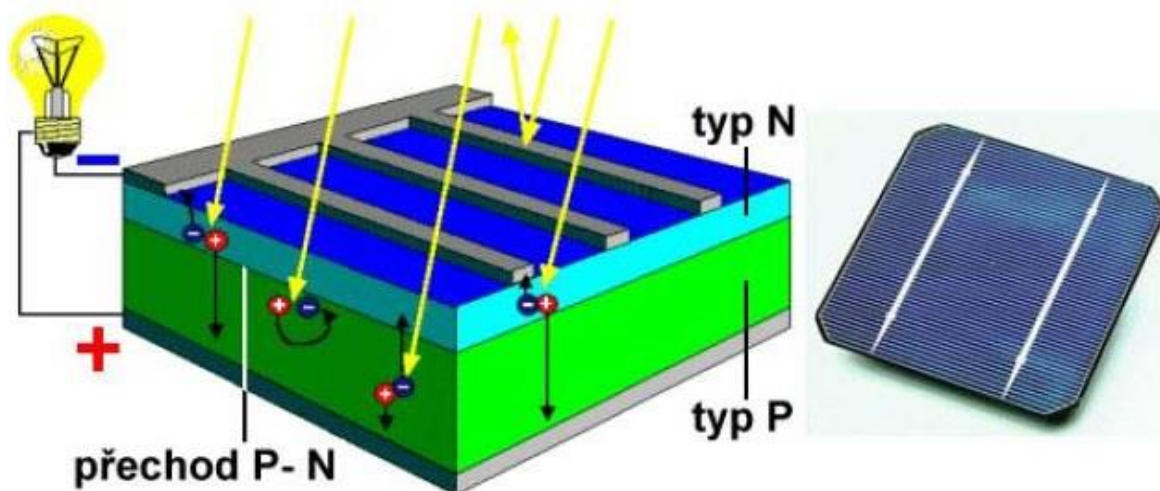
Vývoj druhé generace byl zaměřen na snížení spotřeby čistého křemíku na výrobu. To umožňuje tenkovrstvost a použití polykrystalického, mikrokrystalického nebo amorfního křemíku. Nižší spotřeba křemíku jde však na úkor nižší stability a účinnosti. Hlavní využití této článků druhé generace spočívá v jejich ohebnosti a možnosti použití například jako fotovoltaické folie aj.

Třetí generace FV článků opouští p-n přechod jako technologii pro zachycení energie a otvírá se novým možnostem, využívá často i jiné materiály. Lze sem zařadit například fotoelektrochemické (fotogalvanické) články, polymerní články (fulereny) aj. Zajímavě se jeví použití nanotechnologie a nanostruktur, zejména nanotrubiček a nanotyčinek. U této technologie je možné optimalizovat jak optické, tak elektrické vlastnosti struktur, avšak v praxi se s tímto zatím takřka nelze setkat. To je dáno především nízkou účinností a malou stabilitou. Budoucí komerční využití se však může skrývat ve flexibilních fotovoltaických modulech založených na přírodních polymerech.

Poslední čtvrtá generace využívá kompozitního vrstevního složení. To článku dodává schopnost využít širokého spektra slunečního záření.

(Beranovský et al., 2007)

V současnosti je vývoj FV článků stále orientován na další snižování spotřeby čistého křemíku nebo na využití jiného materiálu. Proto je většina nově vyrobených panelů tenkovrstvých a některé se dají dokonce i tisknout. Cílem vývoje v současnosti je v dohledné době vyrovnat cenu fotovoltaické elektřiny s elektřinou z klasických zdrojů.



Obr. 3 Princip fotovoltaického článku (Princip fotovoltaického článku. [online], 2015)

## **Křemík**

Naprostá většina FV panelů v dnešní době je založena na bázi křemíku. Křemík je hojně zastoupen v zemské kůře (druhý nejrozšířenější prvek). Je snadno dostupný a relativně laciný. Zároveň není toxický a je nejvíce prozkoumán a používán v oblasti polovodičů. V přírodě jej můžeme nejčastěji nalézt v podobě křemene (oxidu křemičitého - SiO<sub>2</sub>). Tato jeho forma je chemicky stabilní a mechanicky odolná. Drobná zrnka křemene vytváří křemenný písek. Surový křemík lze vyrobit redukcí uhlíkem z písku v obloukové peci, kde proběhne celá řada chemických reakcí.

(Libra, Poulek, 2009)

Křemík je navíc velmi jednoduše recyklovatelný. Má stejný materiální základ jako sklo a tudíž se zde využívá i podobné technologie recyklace.

## **2.4 FV elektrárny v ČR**

Dvěmi největšími FV elektrárnami v ČR jsou Vepřek (instalovaný výkon 35,1 MW) a Ralsko (38,3 MW). V závislosti na místních podmínkách se pohybuje roční koeficient využití výkonu průměrně mezi 9 a 13 %. Ten silně závisí na konstrukci a situování elektrárny (tzn. na zeměpisné šířce a orientaci ke Slunci). V roce 2012 vyprodukovaly v ČR tyto elektrárny 2,5 % (přibližně 2200 MWh) z celkové elektrické energie. V roce 2013 se v ČR vyrobilo 87 065 GWh elektrické energie. (Výroba elektřiny a tepla online. [online], 2015)

Česká republika má celkový instalovaný výkon všech elektráren cca 10 - 12 000 MW, z toho výkon FV elektráren přesahuje mírně 2 GW. Celkový instalovaný výkon FV elektráren ve světě přesahuje 100 GW. Mezi země s největším instalovaným výkonem spadá Německo, USA, Itálie a Čína.

(Drábová, Pačes, 2014)

## **2.5 Bioplyn**

## **Bioplynové systémy**

Bioplyn a bioplynové systémy jsou v posledních letech podporovány a rozvíjejí se. Bioplynové systémy ve všech možných uspořádáních pracují jako plně obnovitelné energetické zdroje transformující i spoluvyužívající solární energii. Veškeré i pomocné technologie lze v těchto systémech řešit jako ekologicky příznivé procesy a to i v těch případech, kdy se jedná například o zpracování substrátů bohatých sírou.

Je třeba přiznat, že ani mezi odbornou veřejností není definice bioplynu zcela jednoznačná a přestože se toto druhové odlišení jisté skupiny plynů široce využívá, je aplikace daného termínu dosti volná. Věcný význam slova „bioplyn“ napovídá, že by se mělo jednat o plyn produkovaný blíže nespecifikovaným biologickým druhem, pokud přijmeme další běžný usus, totiž že takto mluvíme o plynech produkovaných a nikoliv spotřebovávaných biologicky. I tak je však kategorie „bioplyn“ stále velmi pestrou skupinou různých plynných zplodin z biologických, resp. biochemických procesů. Při rozkladech i syntézách uskutečňovaných biochemickými cestami vzniká celá řada jednoduchých i složitějších plynných sloučenin. Ovšem mnohé z těchto plynů a plynných směsí nemusí být vůbec do kategorie „bioplyn“ zahrnovány.

(Co je bioplyn. [online], 2015)

*“Můžeme tedy shrnout, že souhrnný termín „bioplyn“ přiřadila současná technická praxe výlučně pro plynný produkt anaerobní metanové fermentace organických látek uváděné též pod pojmy anaerobní digesce, biomethanizace, biogasifikace anebo vyhnívání (u čistírenských kalů). Názvem „bioplyn“ je obecně míněna plynná směs metanu a oxidu uhličitého.”*

(Co je bioplyn. [online], 2015)

### **2.5.1 Princip bioplynové stanice**

Bioplyn se využívá k výrobě elektřiny i tepla a může sloužit také jako náhrada zemního plynu. Bioplyn není vynálezem moderní doby, naopak se jedná o látku vznikající

prostřednictvím zcela obvyklých přírodních procesů. Ke vzniku bioplynu dochází při rozkladu organické hmoty bez přístupu kyslíku díky působení bakterií, kvasinek nebo hub. Ve volné přírodě je tento proces běžný jak v rašeliništích či na dně jezer, tak i v trávicím systému přežvýkavců. Bioplyn obsahuje až 70 % metanu, který známe také jako hlavní složku zemního plynu. S bioplynem tedy můžeme počítat jako s možnou alternativou tohoto neobnovitelného fosilního zdroje.

(Jak fungují bioplynové stanice. [online], 2015)

### **Bioplynové stanice vyrábí bioplyn, elektřinu i teplo**

V zemědělství, potravinářství nebo při chovu hospodářských zvířat vzniká velké množství biologického odpadu, který je však možné velmi efektivně využít k výrobě bioplynu. Ten dále slouží jako zdroj elektrické energie, tepla nebo jako palivo v dopravě. Zbylým produktem při výrobě bioplynu je navíc ekologicky nezávadná kapalná látka (tzv. digestát), která se úspěšně používá v zemědělství jako vysoce kvalitní hnojivo. Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích, jejichž hlavní část (nazývanou fermentor či reaktor) si můžeme představit jako velkou nádrž, kde se zředěná a rozmělněná organická masa promíchává a zahřívá na cca 42 °C, přičemž dochází k rozkladným procesům bez přístupu kyslíku a současně produkci bioplynu. Uvolněný bioplyn je následně odváděn do plynojemu, kde se dále upravuje a čistí. Pokud má bioplyn sloužit k výrobě elektrické energie, je po vyčištění spalován v kogenerační jednotce, která vyrábí elektřinu, ale současně také teplo. Kogenerační jednotka je spalovací motor s elektrickým generátorem přizpůsobený ke spalování bioplynu. Vzniklé teplo z chlazení motoru lze využít zejména k vytápění obytných budov, skleníků nebo pro sušení zemědělských produktů, dřeva apod.

(Jak fungují bioplynové stanice. [online], 2015)

### **Počet bioplynových stanic v ČR stoupá**

V současné době je v ČR provozováno více než 280 bioplynových stanic a stále přibývají nové. Největší rozmach bioplynových stanic přišel po roce 2000 v souvislosti s příznivou dotační politikou, která nyní zřejmě pomalu končí. Zároveň se však předpokládá, že do roku

2015 by se počet bioplynových stanic u nás mohl vyšplhat na 400. Aktuální podíl bioplynu na celkovém množství elektrické energie pocházející z obnovitelných zdrojů činí necelých 10 %. Bioplynové stanice ovšem vyrábějí též teplo.

### **Klady a zápory bioplynových stanic**

Provoz bioplynových stanic s sebou může přinést i některá negativa. Konkrétní problémy, ke kterým může dojít, jsou však do velké míry předvídatelné a lze se jim vyhnout precizním plánováním, volbou vhodného technologického postupu a také včasnou diskusí s místními obyvateli. K nejčastěji zmiňovaným problémům patří obtěžování obydlených lokalit zápachem, čemuž je možné předejít vhodným umístěním bioplynové stanice v dostatečném odstupu od zastavěných ploch. Dalším možným negativem je zvýšená hustota dopravy, která je daná nutností dopravování biomasy do stanice. Pokud je však bioplynová stanice správně navržena a provozována, nezapáchá a nezpůsobuje svému okolí žádné další problémy. Přínosy bioplynových stanic však ve většině případů převáží jejich případná negativa. Energie získávaná spalováním bioplynu pochází z obnovitelného zdroje, čímž se snižuje naše závislost na omezeně dostupných fosilních palivech. Díky zpracování biomasy v bioplynových stanicích může být účelně zužitkováno velké množství odpadu, který by jinak neznamenal žádný přínos. Výroba bioplynu navíc neprodukuje vlastní odpad, protože zbylou hmotu lze úspěšně využít jako hnojivo.

Avšak bioplyn se vyrábí většinou z kukuřice a kukuřičná pole trpí erozí. Kukuřice je C4 rostlina, která začíná intenzivně růst až od června, do té doby je pole bez vegetace. Navíc pro pěstování kukuřice se musí používat herbicidy, které zhoršují kvalitu vody a snižují biodiverzitu a kvalitu půdy.

Provozování bioplynových stanic také přispívá k podpoře zemědělství a efektivního hospodaření ve venkovských oblastech. Bioplynová stanice přináší nové pracovní příležitosti, vede ke snižování objemu skleníkových plynů a může výhodně zásobovat teplem domy či podniky v okolí. Spalováním bioplynu se navíc do ovzduší uvolňují jen nízké emise škodlivých látek. Výroba bioplynu je tedy ekologická i ekonomická zároveň, a proto pokud hovoříme o obnovitelných zdrojích energie, rozhodně bychom neměli na bioplyn zapomínat.

(Jak fungují bioplynové stanice. [online], 2015)

Součástí globálního úsilí EU na omezení emisí skleníkových plynů o 20 % do roku 2020 je i snaha o daleko širší uplatňování biopaliv jako jsou například biopaliva druhé generace, která se v současnosti projednávají v Parlamentu ČR. U biopaliv druhé generace je surovinou tzv. nepotravinářská biomasa jako je lesní biomasa včetně těžebních zbytků, zemědělský odpad (sláma, seno, kukuřičné, řepkové a jiné zbytky), energetické rostliny (křídlatka, čirok, štovík apod) či biologický odpad z domácností. Mezi biopaliva vyrobená z této suroviny patří bioetanol, motorová nafta (syntetický produkt Fischer-Tropschovy syntézy), metanol (resp. benzin jako produkt katalytické konverze syntézního plynu), biobutanol z bioetanolu aj.

Energetické plodiny druhé generace mají výrazně vyšší transformační potenciál na biopaliva než je tomu u první generace. Technologický proces je však mnohem složitější a náročnější než fermentační výroba etanolu či esterifikace olejů. Konverzní poměr je obvykle 5:1 (z 5 tun biomasy lze vyrobit 1 tunu biopaliva).

(Co jsou to biopaliva první a druhé generace. [online], 2015)

## 2.6 Využití dřevní masy na štěpku

Dřevo, potažmo dřevní masa, využívá pro svůj růst z velké části energii ze Slunce (stejně jako FV elektrárna). Dalšími růstovými faktory dřeva jsou vláha, živiny, minerální látky a jiné.

Pokud hovoříme o dřevní mase, máme na mysli tuhou část dřevní biomasy, která se dále zpracovává například do podoby štěpky. Dřevní štěpka se vyrábí buďto cíleně ve dřevozpracujícím průmyslu, z pěstovaných energetických dřevin nebo z odpadu při lesní těžbě. Štěpka je přírodní a stoprocentně obnovitelný energetický zdroj. Jako surovinu ji lze lehce vyrobit štěpkovačem (štěpkovacím přístrojem) a již po tomto procesu, bez dalšího lysování či jiného zpracování, ji lze ihned použít jako tuhé biopalivo. V suchém stavu nabývá podobné výhřevnosti jako například hnědé uhlí. Může nabývat různých frakcí (velikostí) od 1 až po 20 cm.

Dřevní štěpka slouží k výrobě tepelné nebo elektrické energie, v kogeneračních zařízeních lze produkovat teplo i elektřinu zároveň.

(Kotel na dřevní štěpku. [online], 2015)

## 2.7 Energetika v ČR

Energetika v prostředí ČR prošla dlouhodobým vývojem a v závislosti na geografických a geologických podmínkách zde hrají významnou roli zejména uhelné zdroje. Do roku 2000 produkovaly uhelné zdroje více než 70 % elektrické energie. Tento podíl ale velmi rychle klesal a zejména díky jaderným a obnovitelným zdrojům klesl v roce 2013 pod hranici jedné poloviny, přičemž tendence je stále klesající.

V ČR existují čtyři druhy zdrojů:

- A. Akumulační zdroje (kam lze elektrickou energii ukládat a odebírat dle přání odběratele)
- B. Špičkové zdroje (odkud lze elektrickou energii odebírat podle přání odběratele a jejichž výkon lze velmi rychle měnit v čase)
- C. Zdroje základního zatížení (odkud lze elektrickou energii odebírat dle přání odběratele a jejichž výkon nelze velmi rychle měnit v čase)
- D. Intermitentní zdroje (z nichž odebíraný výkon závisí na externích parametrech a nelze je efektivně řídit)

(Drábová, Pačes, 2014)

Na podobnou úroveň jako uhelná energetika by se dala zařadit energetika ropná, která je v současné době hlavním zdrojem energie pro dopravu na všech úrovních. S vývojem nových technologií však přišla možnost nahradit ji alternativními zdroji, jako jsou biopaliva, elektřina aj.

Významným zdrojem je jaderná energetika, jež v současné době produkuje okolo 30 % z celkové elektrické energie ČR. Je zde však problém s ukládáním vyhořelého paliva.

Dalším podstatným energetickým zdrojem je plyn, který je využíván ve větší míře pro vytápění. Dostupnost plynu je v podmínkách ČR závislá na dodávkách ze zahraničí, a to zejména z Ruska a Norska.



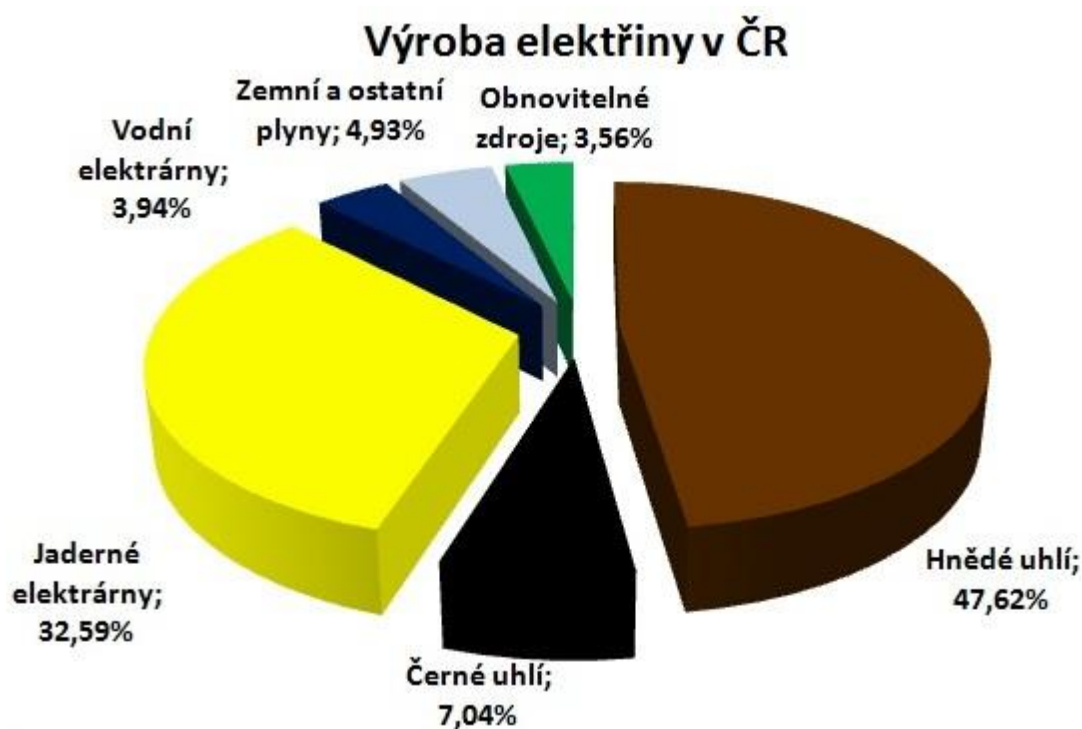
Vodní energetika byla ještě do nedávna jediným obnovitelným zdrojem v ČR. Její potenciál už je však vzhledem k přírodním podmínkám v současné době vyčerpán. Nyní představuje asi 3 % z celkového objemu produkce energie a další zvyšování se již nepředpokládá.

Zvláštním zdrojem, zejména v podmínkách ČR, je geotermální energie, jejímž hlavním předpokladem je tvorba hlubinných vrtů o hloubce až 5 kilometrů. Zatím je však i ve světě pouze ve fázi testů.

Poslední energetickou skupinou jsou obnovitelné zdroje. Do této skupiny můžeme zařadit fotovoltaiku, větrné elektrárny, bioplynové stanice aj. Role OZE v ČR i ve světě je čím dál tím významnější. V ČR produkce energie z OZE stále stoupá. Její budoucnost tkví zejména v diverzifikaci a energetické nezávislosti domácností nebo podniků.

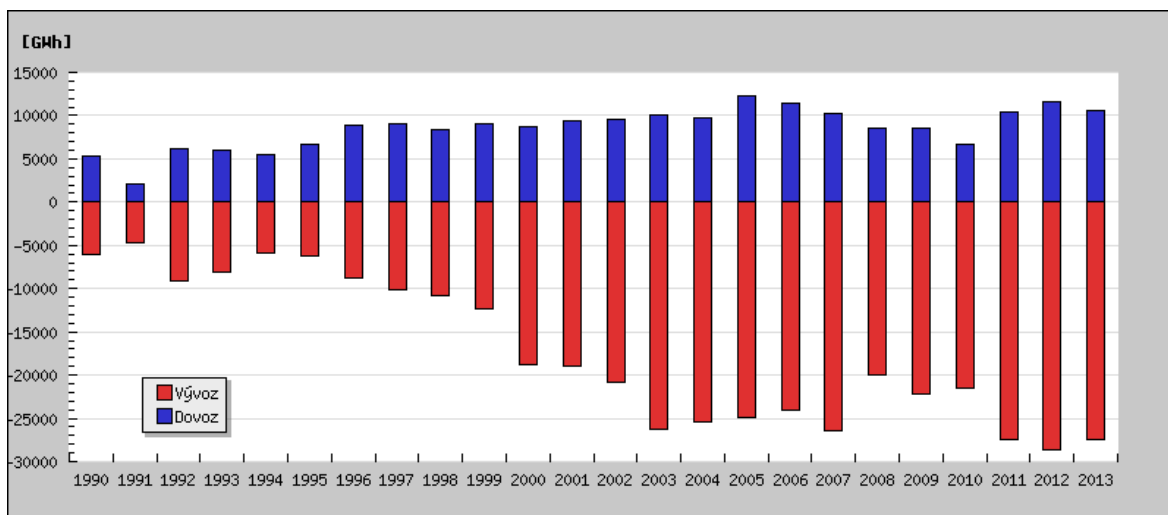
(Drábová, Pačes, 2014)

Podíly výroby elektrické energie z jednotlivých zdrojů a informace a energetické závislosti ČR ukazují následující grafy tři grafy.



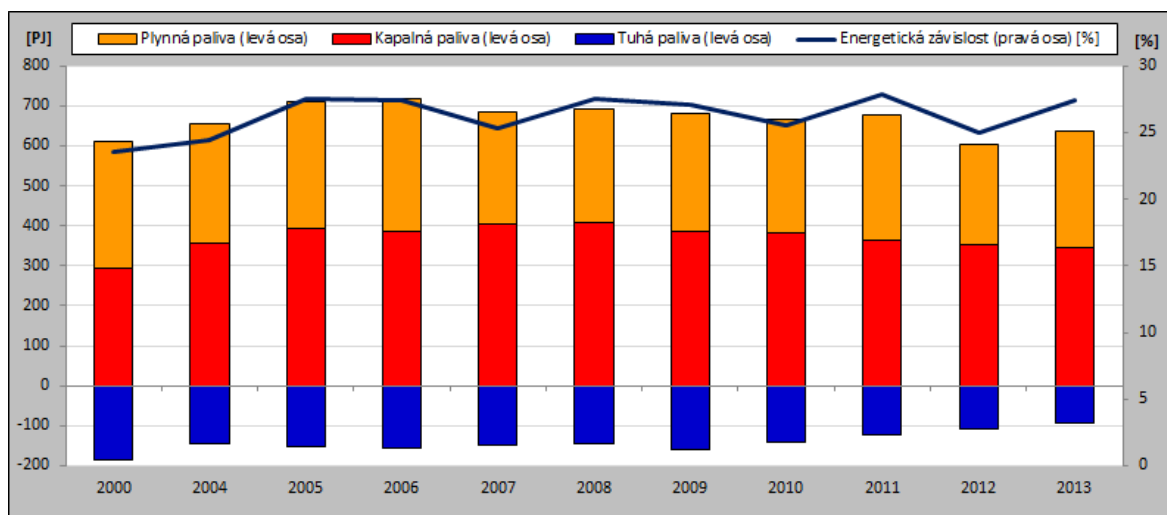
**Graf 1** Podíl výroby elektrické energie v ČR v roce 2010 (Aohodo. [online], 2015)

### **Energetická závislost ČR na dovozu energie a paliv**



**Graf 2** Export a import elektrické energie, saldo ČR v GWh (Výroba elektřiny a tepla. [online], 2015)

Graf 2 uvádí pouze situaci v oblasti elektrické energie.



**Graf 3** Saldo dovozu a vývozu jednotlivých paliv, celková energetická závislost ČR v PJ, %. (Výroba elektřiny a tepla. [online], 2015)

Z grafů (2 a 3) celkové energetické bilance ČR vyplývá, že Česká republika musí energii dovážet, aby pokryla svoji spotřebu.

### Role obnovitelných zdrojů v ČR

Decentralizace (diverzifikace) zdrojů elektrické energie by měl být jedním ze základních pilířů energetiky (fotovoltaika na rodinných domech, malé zdroje na lokální biomasu, mikrokogenerace aj.). Zároveň tím lze dosáhnout sociální pojistky proti nekontrolovatelným cenám energie, blackoutům, výpadkům zásobování plynem a jinými palivy.

Role OZE se bude po celém světě neustále zvyšovat, avšak předpokládá se, že minimálně ještě dalších dvacet až třicet let budou spíše doplňkovým zdrojem zejména pro malé a střední odběratele s lokální spotřebou. Na OZE lze pohlížet jako na zdroj rozptýlený, který se podílí na vzniku ostrovů energetické stability, snižuje závislost na dovozu a ve většině případů je šetrný k životnímu prostředí.

(Drábová, Pačes, 2014)

### **2.7.1 Dotační politika ČR v oblasti OZE**

V roce 2013 dala Česká republika na obnovitelné zdroje dotace ve výši 44 miliard korun. V korelaci s počtem 10 milionů obyvatel je částka generovaná na jednoho obyvatele 4400 korun, a to včetně novorozenců a důchodců. Při uvažování s čtyřčlennou rodinou to tedy vychází téměř na 20 tisíc korun. Tuto částku však neplatíme přímo, ale je složena z několika částí:

1. Navýšení ceny energie.
2. Zdražení ceny zboží a služeb nebo snížení jeho kvality.
3. Zmrazení mzdového nárůstu, kdy zaměstnavatel platí zvýšené poplatky za energii a méně prostoru je věnováno zvyšování mzdy zaměstnanců.

Ekvivalent 44 miliard je například zvýšení DPH o 2 %. Tuto ekonomickou zátěž však nezavinila technologie sama.

(Drábová, Pačes, 2014)

Snahou je v co nejbližší době cenově přiblížit výrobu energie z OZE a zdrojů klasických. Problémem je, že v tomto případě se jedná většinou o malovýrobu, kdy je všeobecně známo, že malí výrobci nemohou cenově konkurovat těm velkým, kteří do sítě dodávají trvale několik GW. A to platí jak v případě výroby průmyslového zboží, tak i při výrobě energie. Avšak u velkovýrobců už nejsou do ceny za energii započteny náklady za

škodu na životním prostředí, nehody vzniklé těžbou v lomech či náklady na následnou likvidaci již vysloužilé elektrárny (nehledě na náklady na infrastrukturu - dopravní cesty a jiné). Tyto hodnoty by ovšem ceny za výrobu energie z obou zdrojů mohly významně přiblížit.

(Libra, Poulek, 2009)

V České republice jsou obnovitelné zdroje podporovány tzv. zeleným bonusem a dotovanou výkupní cenou za jednotku dodané energie, která zaručuje stejnou cenu na stanovené období. Zde však došlo v posledních letech k výrazné změně. V souvislosti s novelou zákona týkající se podpory OZE nejsou dotace na podporu výroby energie v solárních zařízeních uvedených do provozu od 1. 1.2014 vypláceny. To je způsobeno tím, že fotovoltaika z důvodu zamezení dalšího zvyšování ceny za energii již není zařazena mezi podporované zdroje OZE. Z tabulky 1 je patrné, že nejvyšších hodnot podpory dosahovaly solární zdroje uvedené do provozu do konce roku 2010. V následujících letech podpora postupně klesala až do roku 2013, kdy byly dotace ukončeny.

**Tabulka 1** Výše výkupních cen a zelených bonusů stanovených ERÚ pro solární zařízení (Výše výkupních cen a zelených bonusů. [online], 2015)

(1.10.) Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření:							
ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	a	b	c	d	e	l	m
500	Výroba elektřiny využitím slunečního záření	-	31. 12. 2005	-	-	7 566	6 836
501		1. 1. 2006	31. 12. 2007	-	-	15 876	15 146
502		1. 1. 2008	31. 12. 2008	-	-	15 484	14 754
503		1. 1. 2009	31. 12. 2009	0	30	14 528	13 878
504		1. 1. 2009	31. 12. 2009	30	-	14 422	13 692
505		1. 1. 2010	31. 12. 2010	0	30	13 530	12 880
506		1. 1. 2010	31. 12. 2010	30	-	13 424	12 694
507		1. 1. 2011	31. 12. 2011	0	30	8 118	7 468
508		1. 1. 2011	31. 12. 2011	30	100	6 389	5 659
509		1. 1. 2011	31. 12. 2011	100	-	5 954	5 224
510		1. 1. 2012	31. 12. 2012	0	30	6 538	5 888
511		1. 1. 2013	30.6.2013	0	5	3 548	2 898
512		1. 1. 2013	30.6.2013	5	30	2 945	2 295
513		1.7.2013	31. 12. 2013	0	5	3 111	2 461
514	1.7.2013	31. 12. 2013	5	30	2 529	1 879	

Pro porovnání tabulka 2 uvádí státní podporu pro energetické zdroje na základě biomasy.

**Tabulka 2** Výše výkupních cen a zelených bonusů stanovených ERÚ pro energetické zdroje využívající biomasu (Výše výkupních cen a zelených bonusů. [online], 2015)

(1.7.) Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro výrobu elektřiny z biomasy:						
ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	a	b	c	k	l	m
200	Výroba elektřiny společným spalováním biomasy a různých zdrojů energie s výjimkou komunálního odpadu	-	31. 12. 2015	S1	2380*	1 510
201		-	31. 12. 2015	S2	1680*	830
202		-	31. 12. 2015	S3	980*	110
203		-	31. 12. 2015	P1	2630*	1 780
204		-	31. 12. 2015	P2	1950*	1 100
205		-	31. 12. 2015	P3	1230*	380
206		-	31. 12. 2015	DS1	2380*	1 510
207		-	31. 12. 2015	DS2	1680*	830
208		-	31. 12. 2015	DS3	980*	110
209		-	31. 12. 2015	DP1	2630*	1 780
210		-	31. 12. 2015	DP2	1950*	1 100
211	-	31. 12. 2015	DP3	1230*	380	
230	Výroba elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	1. 1. 2014	31. 12. 2015	-	1540*	690
240	Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy	-	31. 12. 2007	O1	3 900	3 050
241		-	31. 12. 2007	O2	3 200	2 350
242		-	31. 12. 2007	O3	2 530	1 680
243	Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy ve stávajících výrobnách	-	31. 12. 2012	O1	2 830	1 980
244		-	31. 12. 2012	O2	2 130	1 280
245		-	31. 12. 2012	O3	1 460	610
260	Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích	1. 1. 2008	31. 12. 2012	O1	4 580	3 730
261		1. 1. 2008	31. 12. 2012	O2	3 530	2 680
262		1. 1. 2008	31. 12. 2012	O3	2 630	1 780
263		1. 1. 2013	31. 12. 2013	O1	3 730	2 880
264		1. 1. 2013	31. 12. 2013	O2	2 890	2 040
265		1. 1. 2013	31. 12. 2013	O3	2 080	1 210
266		1. 1. 2014	31. 12. 2014	O1	3 335	2 485
267		1. 1. 2014	31. 12. 2014	O2	2 320	1 470
268		1. 1. 2014	31. 12. 2014	O3	1 310	460
269		1. 1. 2015	31. 12. 2015	O1	3 263	2 413
270		1. 1. 2015	31. 12. 2015	O2	2 251	1 401
271	1. 1. 2015	31. 12. 2015	O3	1 245	395	

\* Výkupní cena je pouze informativní a není možné ji nárokovat, viz § 12 odst. 2 zákona č. 165/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů

Zásadním problémem ČR v oblasti podpory OZE je výroba energie ze slunečního záření. To je dáno zejména pozdním přijetím zákona č.180/2005 Sb. Předchozí legislativa neumožňovala pružnou reakci energetického regulačního úřadu na prudké snížení cen solárních technologií a povolovala mu meziroční snižování výkupní ceny energie z FV zdrojů pouze o 5 %. To vyvolalo mezi investory fotovoltaický „boom“ (Kocourek et al., 2010)

## 2.7.2 Legislativa OZE

### Legislativa v ČR a EU

Ještě v nedávné době se legislativa v ČR v oblasti OZE řídila dle zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Ten byl však zrušen a zároveň nahrazen zákonem, kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. V případě fotovoltaiky je zásadní zejména vyhláška č. 477/2012 Sb. úzce související s výše zmíněným zákonem o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů.

Paragraf č. 1 zákona č. 165/2012 Sb. uvádí:

(1) Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie 1) a upravuje a) podporu elektřiny, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů energie (dále jen „obnovitelný zdroj“), druhotných energetických zdrojů (dále jen „druhotný zdroj“), vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a decentrální výroby elektřiny, výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené, b) obsah a tvorbu Národního akčního plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů (dále jen „Národní akční plán“), c) podmínky pro vydávání, evidenci a uznávání záruk původu energie z obnovitelných zdrojů, d) podmínky pro vydávání osvědčení o původu elektřiny vyrobené z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných zdrojů, e) financování podpory na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny z podporovaných zdrojů, tepla z obnovitelných zdrojů, decentrální výroby elektřiny, biometanu a poskytnutí dotace operátorovi trhu na úhradu těchto nákladů, f) odvod z elektřiny ze slunečního záření. (2) Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí a) podpořit využití obnovitelných zdrojů, druhotných zdrojů, vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, biometanu a decentrální výroby elektřiny, b) zajistit zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů k dosažení stanovených cílů 1), c) přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti, d) vytvořit podmínky pro naplnění závazného cíle podílu energie z

obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v České republice při současném zohlednění zájmů zákazníků na minimalizaci dopadů podpory na ceny energií pro zákazníky v České republice. (3) Ustanovení tohoto zákona upravující postup pro stanovení výše a rozsahu podpory se nepoužijí, pokud by podpora stanovená na jejich základě byla v rozporu s podmínkami pro poskytování veřejné podpory stanovenými právem Evropské unie nebo rozhodnutími Komise vydanými na jeho základě. (Legislativa ČR. [online], 2015)

### **Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů**

Ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů vyplývá pro Evropskou unii jako celek v roce 2020 cíl 20 % podílu energie z obnovitelných zdrojů a cíl 10 % podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Pro Českou republiku byl Evropskou komisí stanoven minimálně 13 % podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Splnění tohoto cíle musí zároveň zajistit minimálně 10 % podíl obnovitelných zdrojů v dopravě.

Zpracovaný a aktualizovaný Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů předpokládá v roce 2020 dosažení 14 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie a 10,8 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě.

Navržený Národní akční plán pro OZE je sestaven v souladu se Státní energetickou koncepcí tak, aby naplnil a překročil požadované cíle směrnice pro Českou republiku v oblasti využívání energie z obnovitelných zdrojů v roce 2020 a aby dále plnil také ve vazbě na zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých dalších zákonů regulační funkci provozní podpory energie.

(Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. [online], 2015)

Dále se v oblasti OZE uplatňují zákon č.201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, zákon č. 353/2003 Sb. O spotřebních daních a Zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu.

(Legislativa ČR. [online], 2015)

## 2.8 Energetika v okolních zemích

Současný trend v sousedních státech ČR a celé EU je neustále více se prohlubující nedostatek elektřiny nebo nestabilita její produkce. Významný vliv na tento fakt mělo nedávné uzavření většiny jaderných elektráren na území Německa, čímž v této zemi došlo k zamezení možnosti exportovat elektrickou energii do zahraničí. Zásadní bude zejména absence stabilních zdrojů a naopak zdroje typu D (nárazové) budou převládat. Větrné elektrárny v blízkosti severního moře jsou značnou zátěží pro elektrickou přenosovou soustavu celé EU, která je vzájemně propojená i se soustavou ČR. I z tohoto důvodu budou obchodování a vývoz energie z fosilních paliv výhodné. Na druhou stranu zde může docházet k silnému prosazování omezení výroby energie v jaderných elektrárnách a to zejména ze stran Německa a Rakouska. Naopak řada jiných zemí v čele s Francií a Velkou Británií budou jadernou energetiku i nadále podporovat.

Za současných podmínek, kdy v okolních státech dochází k energetickému deficitu, bude klíčové pro zajištění stabilních sociálních podmínek, energetické bezpečnosti a konkurenceschopnosti ČR zajistit přebytek produkce elektrické energie.

(Drábová, Pačes, 2014)

### 2.8.1 Energetika v Rakousku

V roce 2013 činil výkon všech instalovaných elektráren v Rakousku 23 823 MW (instalovaný výkon 2x vyšší nežli ČR, ale vyrobí méně energie, což může být způsobeno tím, že vodní elektrárny nejsou trvalým zdrojem jako jaderná nebo uhelná elektrárna), z toho 13 427 MW připadalo na vodní elektrárny (56,3 %), 8 273 MW na tepelné elektrárny (34,7 %), větrné elektrárny 1 675 MW (7,0 %) a fotovoltaická zařízení 447 MW (1,8 %). Celkově množství vyrobené hrubé elektrické energie činilo 68 015 GWh.

Bezmála 60 % elektrické energie je v Rakousku dlouhodobě vyráběno ve vodních elektrárnách (celkem jich je v Rakousku 2.882). Přes 80 % veškeré elektrické energie vyrobené v tepelných elektrárnách pochází z tzv. kogeneračních elektráren, které vyrábí současně elektrickou energii a teplo k vytápění. Z energetických surovin se na výrobě



elektrické energie v tepelných elektrárnách KWK podílí z 80,0 % fosilní zdroje a z 11,9 % biogenní.

Zbývá 3 % elektrické energie se vyrábí v zařízeních využívající obnovitelné zdroje energie (kromě vody).

V Rakousku platí od roku 1999 zákaz výroby elektřiny z jádra. Tento zákaz spolu se zákazem výroby a používání jaderných zbraní byl zakotven v ústavě. Jediná atomová elektrárna v Rakousku, která se nacházela ve Zwenedorfu an der Donau (Dolní Rakousko), byla na základě výsledků referenda uzavřena v roce 1978.

Současná domácí výroba elektrické energie nedokáže pokrýt celkovou potřebu a Rakousko od roku 2001 (s výjimkou r. 2009) více elektrické energie dováží ze zahraničí (40 % domácí spotřeby). V roce 2013 bylo dovezeno celkem 10,1 TWh elektrické energie. Důvodem většího dovozu energie v loňském roce byly historicky nízké ceny za energii a nižší výkonnost vodních elektráren (z důvodů suché a mírné zimy), v r. 2014 je zcela určující nízká cena.

(Rakousko: Ekonomická charakteristika země. [online], 2015)

### **2.8.2 Energetika v Německu**

Obnovitelné zdroje energie tvoří největší podíl na budoucím složení energetického mixu v Německu. To umožní, aby bylo Německo méně závislé na dovozu energie v budoucnosti. Nicméně konvenční zdroje energie mají rovněž velký význam ve fázi, kdy jsou obnovitelné zdroje energie na vzestupu. Rozdělení zdrojů energie v Německu uvádí graf 4.

#### Plyn

Zemní plyn představuje 22,3 % spotřeby primární energie, což znamená, že hraje velmi významnou roli.

#### Uhlí

Fosilní zdroje energie jsou stále jedním z největších původců energie Německa. Téměř 25 % spotřeby primární energie je založeno na černém nebo hnědém uhlí.

#### Ropa a motorová paliva

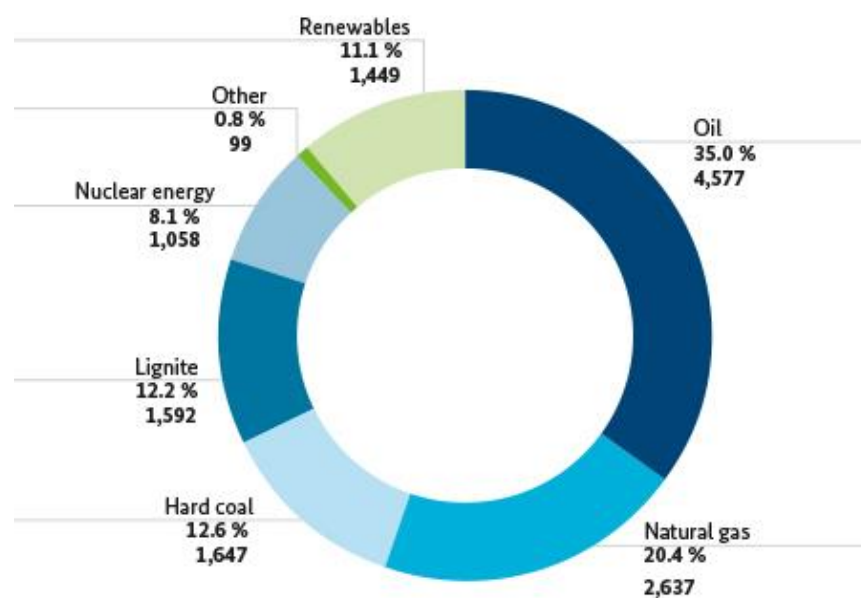
Nejdůležitějším primárním zdrojem energie v Německu je i nadále ropa, jež představuje 33,5 % z celkové spotřeby Německa v roce 2013.

#### Uran a jaderná energie

V současné době je v Německu v provozu 9 jaderných elektráren s elektrickým výkonem přibližně 12.000 MW. Ty budou vyřazeny z provozu postupně do konce roku 2022.

(Energy. [online], 2015)

**Graf 4** Rozdělení energetické spotřeby dle zdrojů Německo 2014 (Energy. [online], 2015)



Celková energetická spotřeba Německa za rok 2014 byla 13 908 PJ (Petajoule), což je 3 863 330 GWh. Jedná se o celkovou spotřebu energie ze všech zdrojů. (Conventional energy sources. [online], 2015)

Rozšíření energie z obnovitelných zdrojů je jedním z hlavních pilířů německého energetického přechodu. Zásobování energií v Německu je stále rok od roku "zelenější", protože je to šetrné k životnímu prostředí a zároveň to činí Německo méně závislé na světových snižujících se zásobách fosilních paliv. Ve znění pozdějších předpisů zákona o obnovitelných energetických zdrojích (EEG), bude sluneční, větrná, energie biomasy a další obnovitelné zdroje energie ještě lépe začleněny na trhu a systematicky rozšířeny, zatímco dynamika nákladů se výrazně zpomalí.

Podíl obnovitelných zdrojů energie má být rozšířen na 40 až 45 % do roku 2025 a na 55 až 60 % do roku 2035.

### Slunce a vítr

Obnovitelné zdroje energie v podobě vodních elektráren, solární a větrné energie, energie biomasy a geotermální energie by měly vytvořit udržitelné zásobování energií.

Upravený zákon o obnovitelných energetických zdrojích (EEG) je důležitým krokem k úspěšné realizaci transformace energetiky Německa.

(Energy. [online], 2015)

## **3 Cíle**

Cílem práce bylo zhodnotit energetickou účinnost výroby energie ve vybraných obnovitelných zdrojích a to jak elektrické, tak i tepelné. Tato účinnost byla počítána na konkrétních případech, a to pro fotovoltaickou elektrárnu Ševětín a menší elektárnu v Děbolíně u Jindřichova Hradce, bioplynovou stanicí v Třeboni a také za účelem zjištění účinnosti energetického využití energie dřevní biomasy. Dalším cílem bylo porovnat tyto

zdroje mezi sebou a zhodnotit jejich klady a zápory. Současně se práce orientuje na možnosti zhodnocení recyklace materiálů vázaných ve FV panelech. Na základě získaných poznatků bylo jedním z bodů rovněž stanovit případný předpokládaný vývoj v oblasti obnovitelných zdrojů a doporučit způsob jejich efektivního využívání do budoucna i s ohledem jejich efektu na krajinu a životní prostředí.

## 4 Metodika

### Charakteristika oblasti Jižních Čech

Pedologické poměry v Jižních Čechách jsou poměrně jednotné. Nejrozšířenější jsou zde hnědé půdy, které se vyskytují především v pahorkatinách a vrchovinách. Složení humusu bývá obvykle méně kvalitní, vhodné jsou pro pěstování méně náročných obilovin. V Jižních Čechách je nejvíce zastoupena hnědá půda kyselá, v Šumavském a Novohradském podhůří a na Českomoravské vrchovině se uplatňují hnědé půdy silně kyselé, v pásech podél hlavních vodních toků je hnědá půda. V obou jihočeských pánvích dominují pseudogleje, které však mají nízkou zemědělskou kvalitu a vyžadují radikální úpravu vodního režimu odvodněním. Z dalších druhů půd se v jižních Čechách vyskytují illimerizované půdy (Bechyňsko, Tábořsko), nivní půdy (centrální část Českobudějovické pánve), rašeliništní půdy (Šumava, Třeboňská pánev), rendziny (ostrůvky na Strakonicku a Českokrumlovsku) a v horských oblastech podzoly.

Po stránce klimatické lze Jižní Čechy rozdělit na několik oblastí. Nejvyšší průměrné roční teploty (7,5 °C) mají obě jihočeské pánve, oblast při soutoku Vltavy s Lužnicí a dolní tok Blanice až po soutok s Otavou. Velmi příznivé teploty panují též v Pootaví, chladnější počasí je pak na Tábořsku, v Šumavském a Novohradském podhůří a v západní části Českomoravské vrchoviny. Klimaticky nejméně vhodné podmínky (roční průměr pod +3 °C) mají pochopitelně jihočeská pohoří. Pro osídlení mají velký význam též srážkové poměry. Roční množství srážek v Jižních Čechách se zvyšuje směrem od severu k jihu a kolísá mezi 480 a 1440 mm. Nejsuššími oblastmi Jižních Čech jsou Písecko, Strakonicko a okolí Milevska (do 550 mm srážek ročně), naopak nejvlhčí je Šumava (přes 1000 mm). Z hlediska vegetačních poměrů náleží naprostá většina jihočeských sídelních mikroregionů do pásu acidofilních doubrav, které indikují méně kvalitní půdy, avšak s možností provozování obilnářského hospodářství. Úzké oblasti zejména v údolích hlavních vodních toků spadají do vegetačního pásma dubohabrových hájů, tj. převážně smíšených listnatých lesů, které jsou typické pro úrodnější oblasti. V Jižních Čechách však mají charakter lokálně změněných společenstev, který je způsoben méně příznivým stavem podkladu a klimatickým zdrsněním. Zejména v nížinných oblastech a v inundacích v Českobudějovické pánvi, při dolní Blanici i v Pootaví jsou rozšířené luhy a olšiny, které však bývají často

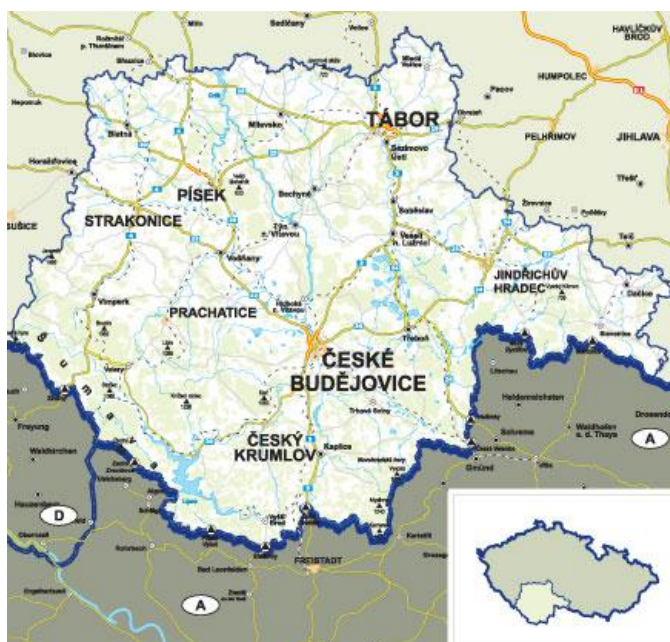
zamokřené, a tudíž ne zcela vhodné pro hospodářské využití. S jinými vegetačními společenstvy se v tradičních jihočeských sídelních zónách setkáme jen výjimečně a rovněž naprostá většina jihočeských lokalit mladší a pozdní doby bronzové je vázána na některé z uvedených tří vegetačních pásem. Celkově lze shrnout, že Jižní Čechy tvoří víceméně uzavřený region, který lze poměrně přesně přirozeně definovat. Specifické informace o oblasti jižních čech obsahuje tabulka 3 a oblast Jižních Čech zobrazuje obrázek 4.

(Geografické vymezení studované oblasti. [online], 2015)

**Tabulka 3** Souhrn základní informací z kraje Jižní Čechy dle ČSÚ (Třebon, Lokalita vhodná pro život. [online], 2015)

Údaj	Hodnota
Nejvyšší bod:	Plechý (1 378 m n.m.)
Nejnižší bod:	hladina Orlické přehrady (330 m)
Statutární město:	České Budějovice
Počet obyvatel:	636 611
Hustota obyvatel:	63,3 obyv./km <sup>2</sup>
Počet ORP:	17
Počet obcí celkem:	623
Počet obcí se statutem města:	54
Podíl městského obyvatelstva:	64,0%

Celková výměra území Jižních Čech tvoří 10 056,36 km<sup>2</sup> (12,8 % z celkové rozlohy ČR).



**Obr. 4** Zobrazení oblasti Jižních Čech v rámci ČR (Jižní Čechy. [online], 2015)

## **Oblast Ševětína**

FV elektrárna Ševětín leží mezi obcemi Ševětín a Neplachov v Jižních Čechách cca 17 km severně od Českých Budějovic. (Obr. 5)

Oblast se nachází na severozápadním okraji rovinaté Třeboňské pánve známé hojným výskytem rybníků. V této oblasti se rozprostírá nejznámější Dubenský rybník s velkou chatovou oblastí. Také je zde kamenolom, kde se těží žula granodiorit. V blízkosti Ševětína jsou rozsáhlé převážně borové lesy bohaté na lesní plody. Ševětínský katastr lze z národopisného hlediska zařadit do oblasti Pšeničných Blat. Pro ševětínsko je charakteristické zemědělství a zároveň nízké procento osídlení, které je společné pro celé Jižní Čechy.

Místní klima lze prezentovat jako přechodné středoevropského typu, patřící do oblasti mírně vlhké a mírně teplé. Dle územního plánu obce Ševětín se zde průměrný roční úhrn srážek pohybuje mezi hodnotami 650 - 750 mm. (Územní plán Ševětín [online], 2015). Nejteplejší měsíc v roce bývá nejčastěji červenec s teplotním průměrem dosahujícím 17 - 18 °C. Téměř každoročně překračuje maximální teplota hodnotu 30 °C, výjimečně až 35 °C. (Klima v Jižních Čechách [online], 2015)

V Ševětíně žije okolo 1500 obyvatel. Většina lidí, kteří nejsou zaměstnáni přímo v místě obce, dojíždí za prací do blízkých Českých Budějovic.

Působí zde několik firem, mezi ty nejvýznamnější lze zařadit 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], 2015 a Klima v Jižních Čechách [online], 2015)

## **Lokalizace FVE Ševětín**

FVE Ševětín (obrázek 5) je rozdělena do dvou bloků, východního a západního. Mezi těmito dvěma bloky prochází mezinárodní silnice E55 a také je zde několik budov osady Švamberk. Rovněž mezi bloky prochází čtvrtý tranzitní železniční koridor spojující Prahu s Linzem. Východní blok je menší a obsahuje pouze fotovoltaické panely a příjezdové komunikace. O něco větší západní blok blízce sousedí s rybníkem Stojčín. Tento blok obsahuje transformační stanici a centrálu pro celou FVE. K elektrárně vede nově vybudovaná

příjezdová komunikace od silnice E55. FVE Ševětín je oplocena po celém obvodu obou bloků, které mají v součtu plochu 68 hektarů.



Obr. 5 Mapa s lokalizací FVE Ševětín (Mapy.cz [online], 2015)

### Oblast Třeboňska

Bioplynová stanice (obrázek 6) se nachází v katastru Třeboně, která je obcí s rozšířenou působností (ORP) nacházející se v bývalém okrese Jindřichův Hradec, přibližně na půli cesty mezi krajskou metropolí České Budějovice a městem Jindřichův Hradec. Velikostně se jedná o menší sídlo, nicméně populačně je Třeboň devátým největším městem Jihočeského kraje (přičemž v rámci okresu J. Hradec jde o druhé největší město). Na území tohoto menšího města má hlášený trvalý pobyt kolem 8840 obyvatel (Třeboň. [online], 2015). Třeboň se rozkládá v jihovýchodní části Jihočeského kraje. Co do rozlohy zaujímá katastrální území města Třeboň necelé 1 % celkové výměry Jihočeského kraje a žije zde cca 1,35 % z celkového počtu obyvatel kraje. V rámci regionu jsou patrné úzké hospodářské a sociální vazby Třeboně na Jindřichův Hradec a České Budějovice (např. dojíždka studentů za studiem do českobudějovických a jindřichohradeckých škol či ekonomicky aktivních

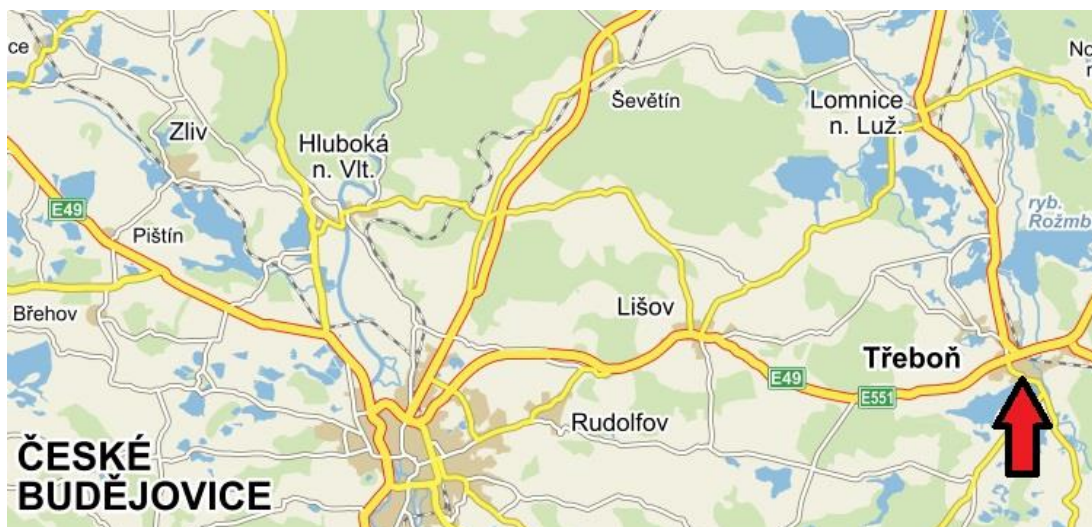


obyvatel do zaměstnání). Tranzitní význam Třeboně podtrhuje jeho poloha na důležité křižovatce historické císařské silnice I/24 (E49) spojující Prahu s Vídní a silnice I. třídy I/34 (E551) spojující krajskou metropoli České Budějovice s Jindřichovým Hradcem a dále se sousedním regionem Vysočina a jihomoravskou metropolí Brno.

(Třeboň, Lokalita vhodná pro život. [online], 2015)

Třeboň patří k významným lázeňským městům. Místní lázně slouží pro léčbu chorob pohybového ústrojí, revmatismu, pooperačních a pórůzových stavů. Lázeňské město Třeboň je situováno přímo v srdci chráněné krajinné oblasti Třeboňsko s celou řadou možností turistického vyžití. Nadmořská výška obce se pohybuje mezi 430 až 530 m n. m. Do obce pravidelně jezdí autobusová i vlaková doprava.

(Lázeňské město v srdci chráněné krajinné oblasti Třeboňsko. [online], 2015)



**Obr. 6** Mapa s lokalizací bioplynové stanice Třeboň (Mapy.cz [online], 2015)

### **Oblast Jindřichova Hradce**

FVE Děbolín (obrázek 7) je situována ve stejnojmenné obci. Jedná se o malou vesnici vzdálenou 3,5 km na západ od Jindřichova Hradce a dnes je součástí města Jindřichův Hradec.

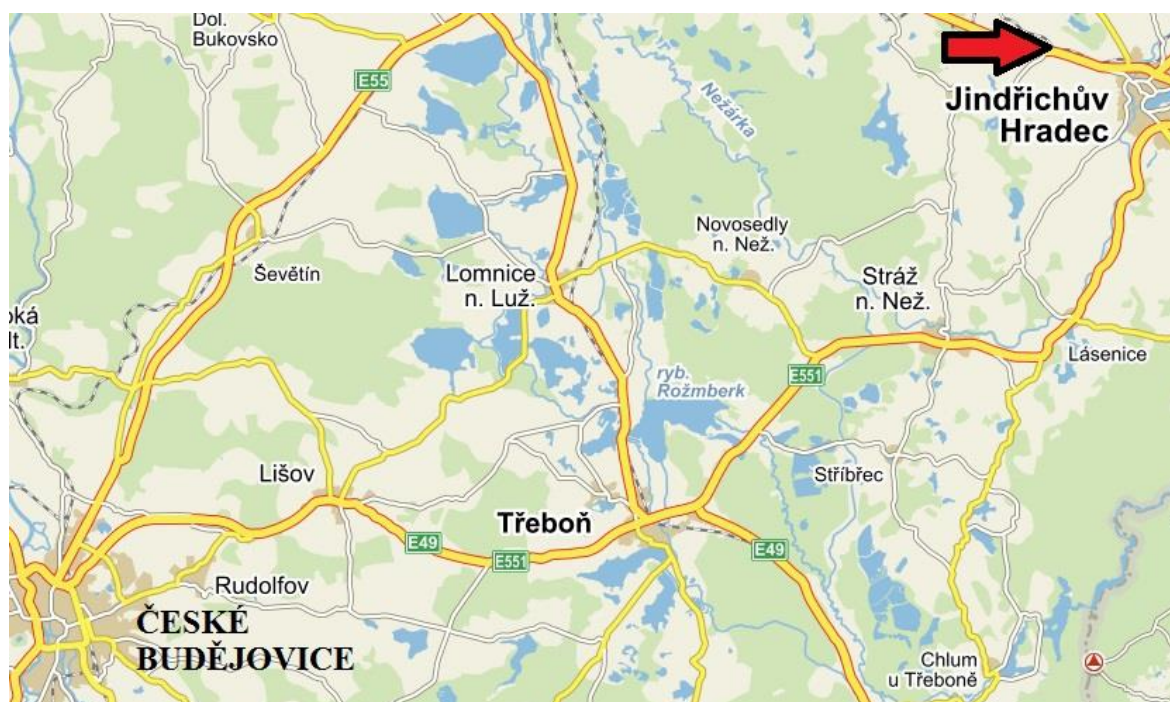
Okresní město Jindřichův Hradec náleží pod Jihočeský kraj. Jedná se rovněž o obec s rozšířenou působností. Na katastrálním území tohoto středně velkého města má nahlášený

trvalý pobyt asi 22 300 obyvatel. Obec je vzdálená přibližně 14 km od rakouských hranic. Katastrální výměra obce činí 7433 hektarů.

(Jindřichův Hradec. [online], 2015)

Obec leží ve výšce 478 metrů nad mořem a je sídelním městem největšího okresu v zemi (1944 km<sup>2</sup>). Městem Jindřichův Hradec prochází 15. poledník. Jindřichův Hradec má devět místních částí (jedním z nich je místní část Děbolín).

(Města a obce. [online], 2015)



**Obr. 7** Mapa s lokalizací FVE Děbolín (Mapy.cz [online], 2015)

### **Získávání podkladů**

Pro vypracování práce jsem využíval především podklady ve formě odborných publikací, týkajících se fotovoltaických systémů a souhrnů zpráv o stavu energetiky v České republice a zahraničí. Významný podíl poznatků byl čerpán zejména z mé bakalářské práce obhájené v roce 2012, na kterou tato práce plynule navazuje. Některé statistiky a hodnoty byly převzaty z portálu Českého statistického úřadu, Energetického regulačního úřadu, webových stránek Ministerstva životního prostředí, ekonomických zpráv a jiných internetových zdrojů. Legislativní základy byly čerpány ze sborníků zákonů o životním prostředí, energetického

zákonu apod. Podstatnou část dat, týkajících se zejména výpočtů výroby energie v jednotlivých obnovitelných zdrojích, jsem získával pomocí telefonické či emailové korepondence od pana Ing. Miroslava Kajana (bioplynová stanice Třeboň) a Ing. Vladimíra Kučeravého (FVE Děbolín), kteří v provozu těchto zařízení osobně působí.

### **Postup hodnocení**

V diplomové práci jsem se zaměřil na několik oblastí v oblasti obnovitelných zdrojů. První kroky směřovaly k získání informací ohledně provozu jednotlivých zařízení, mám tím na mysli zejména data o činnosti FVE Děbolín a bioplynové stanice Třeboň, podle kterých byly následně prováděny jednotlivé výpočty. Za druhé jsem se zabýval účinností jednotlivých zdrojů na základě skutečných naměřených dat (FVE Děbolín - data z přístroje Sunny WebBox) z výše zmíněných zařízení, kde v případě fotovoltaického systému bylo možné sledovat i jeho měsíční účinnost. Následně byly hodnoty účinnosti porovnávány s údaji o přírodních jevech v jednotlivých měsících (teplota vzduchu, vlhkost vzduchu), kde byl zejména u teploty vzduchu předpoklad pro úzkou korelaci efektivnosti využívání dopadajícího slunečního záření touto technologií. Účinnost byla počítána pro dvě situace a to v porovnání s globálním zářením naměřeným společností Enki Třeboň v blízkosti jejího sídelního města a daty z meteostanice Veselí nad Lužnicí, která je vzdálena asi 20 kilometrů. Dále jsem využil data měřená přímo ve FVE Děbolín. Konkrétně to byly teploty vzduchu pod panely a průměrný tok slunečního záření ve  $W/m^2$ , čidlo respektovalo náklon panelu.

Dalším krokem této práce bylo odhadnout množství skla vázaného ve FV elektrárnách v celé České republice, čehož bylo dosaženo opět dvěma způsoby. Zaprvé výpočtem poměru výkonu elektrárny Ševětín s obsahem skla v panelech této elektrárny s celkovým výkonem FV elektráren v ČR, který byl převzat z údajů Českého statistického úřadu. Druhý výpočet byl proveden stejným poměrným výpočtem, avšak poměr objemu skla na výkon jednoho panelu byl použit odhad pana Ing. Vladimíra Kučeravého. Výsledné hodnoty byly poté konfrontovány s objemy skleněných odpadů v ČR dle ČSÚ a objemu skleněných obalů v ČR dle MŽP. Dalším bodem byl výpočet energie obsažené v dřevní masě při použití hodnot vyjmutých v práci (Celjak, 2010) zabývající se touto problematikou. Pro porovnání výše uvedených obnovitelných zdrojů byl použit vztah k rozměru celkové plochy FVE Ševětín. Následně byly tyto obnovitelné zdroje mezi sebou porovnány

vzhledem k jejich možnému energetickému zisku z jednotky plochy (hektaru), kdy byla těmto zdrojům rovněž odečtena dodatečná a ztrátová energie způsobená samotnou výrobou, transportem či něčím jiným. V posledním bodě jsem se věnoval úskalím využívání a skladování energie za pomoci vlastních poznatků a informací z článku skupiny ČEZ (*V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie* [online], 2015), kde se hovoří o využití vodíku jakožto možném budoucím a efektivním způsobu ukládání energie.

## 5 Výsledky a diskuze

Jedním ze zásadních zjištění při vypracování práce a sběru dat byl fakt, že vlastníci (zejména větších) fotovoltaických elektráren odmítli poskytovat jakákoliv data o skutečné výrobě elektřiny v jejich zařízeních. Jako odůvodnění nejčastěji zaznívalo, že se jedná o citlivá podnikatelská data. S touto situací bylo třeba se nějakým způsobem vypořádat, a proto byla pro výpočty použita data z menší instalace na střeše domu v Děbolíně u Jindřichova Hradce.

### 5.1 Základní parametry FVE Děbolín

Na střeše stodoly vesnického stavení v Děbolíně ( $49^{\circ}1'55.7045''$ s.š.,  $14^{\circ}9'5.71052$  v.d., 515 m.n.m.) u Jindřichova Hradce jsou instalovány dvě fotovoltaické elektrárny (obrázek 8).

První FVE o výkonu 9,87 kWp byla instalována v první polovině roku 2012 a do provozu uvedena ke konci září téhož roku. FVE1 je zapojena do vnitřní elektroinstalace obytné části objektu a je provozována v režimu zeleného bonusu s dodávkou přebytků do DS (domácí sítě). Pro minimalizaci přebytků dodaných do DS byl systém doplněn zařízením WattRouter M SSR, 200 litrovým elektrickým bojlerem pro přípravu TUV a elektrokotlem o špičkovém výkonu 8 kW. Byl tak doplněn stávající systém přípravy TUV a topení, který sestával ze stacionárního kotle na zemní plyn Vaillant a přímotopného plynového zásobníku TUV. Objekt je kamenocihelný a je třeba v něm temperovat i v letních měsících. I díky tomu se celoročně daří dosáhnout podílu vlastní spotřeby vyrobené elektrické energie okolo 80 %.

Druhá FVE o výkonu 10,80 kWp byla instalována ke konci roku 2012 a do provozu uvedena těsně před koncem téhož roku. Pro vyvedení jejího výkonu bylo zřízeno nové odběrné místo a veškerá vyrobená elektrická energie je dodávána do DS v režimu pevné výkupní ceny.



**Obr. 8** FVE Děbolín (Reference. [online], 2015)

## **5.2 Základní parametry FVE Ševětín**

Na ploše FVE Ševětín (484 m n. m.) 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. (obrázek 9)

Hlavní budova („centrála“) elektrárny má tyto souřadnice  $49^{\circ} 7' 9.8489508''$  s. š. a  $14^{\circ} 34' 59.6452332''$  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 o provedení práce).

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, kterým byla právě 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 ji 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. 9** Letecké foto FV elektrárny Ševětín, autor David Sochr, 5. 3. 2011

### **5.3 Základní parametry bioplynové stanice Třeboň**

Bioplynová stanice v Třeboni (49°01'56.76"s. š, 14°45'20.33"v. d., 434 m n. m.), která byla uvedena do provozu na konci roku 2009 (obrázek 10), je ukázkou promyšleného a inovativního přístupu k výrobě a užití bioplynu. Počátky tohoto projektu sahají až do roku 2006, kdy se energetická společnost EON aktivně snažila hledat možnosti, jak uplatnit zkušenosti z energetiky pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů. Velkou výzvu v souvislosti s výrobou bioplynu představovala možnost smysluplného využití tepla vznikajícího při spalování bioplynu v kogenerační jednotce. Takto vzniklé teplo nebylo totiž

ve většině tehdejších bioplynových stanic účelně využíváno, přičemž jedním z důvodů tohoto „plýtvání“ byla velká vzdálenost stanice od možného místa spotřeby tepla. Bioplynová stanice zásobuje teplem lázeňský komplex Aurora v Třeboni. Technické parametry bioplynové stanice uvádí tabulka 4.

**Tabulka 4** Technické parametry bioplynové stanice Třeboň (Jak fungují bioplynové stanice. [online], 2015)

Technické parametry bioplynové stanice v Třeboni		
Výrobní kapacity	Instalovaný elektrický výkon výroba BPS	175 kW <sub>el</sub>
	Instalovaný elektrický výkon bioteplárna Aurora	844 kW <sub>el</sub>
	Instalovaný tepelný výkon bioteplárna Aurora	874 kW
	Výroba bioplynu	3 760 000 m <sup>3</sup> /rok
	Výroba elektřiny	8 000 MWh/rok
	Výroba tepla	20 000 GJ/rok
Vstupní suroviny	Kukuřičná siláž	14 500 t/rok
	Travní siláž	4 300 t/rok
	Kejda	3 500 t/rok



**Obr. 10** Bioplynová stanice Třeboň (Masopust, Reference. [online], 2015)



## 5.4 Účinnost FVE elektráren

Výpočty výroby elektrické energie a účinnosti FVE elektráren vzhledem k počítanému ročnímu příkonu sluneční energie 1159 kWh.m<sup>-2</sup>.rok, dle měření společnosti Enki Třeboň. (Huryňa, 2014)

### 5.4.1 Účinnost FVE Ševětín

Výpočet účinnosti FV elektrárny Ševětín (tabulka 5) s využitím dat z předcházející bakalářské práce a zohledněným ročním příkonem sluneční energie z měření v nepříliš vzdálené Třeboni.

**Tabulka 5** Účinnost FVE Ševětín

Plocha FV panelů	197 879,2 m <sup>2</sup>
Reálná roční výroba	32 000 000 kWh
Roční energetický zisk z m <sup>2</sup>	167,71 kWh
Roční úhrn sluneční energie dopadající na m <sup>2</sup>	1 159 kWh
<b>Účinnost FVE Ševětín</b>	<b>13,95 %</b>

Výsledná účinnost je v souladu s účinností FV panelů v podmínkách ČR, která se běžně pohybuje okolo 13 %.

Ve FVE Ševětín je instalováno 155 000 FV panelů a jejich celková plocha činí 197 879,2 m<sup>2</sup>, což představuje pouze 29 % z celkové plochy elektrárny.

Tabulka 6 zobrazuje účinnost FVE Ševětín vzhledem k celkové ploše elektrárny. Plocha elektrárny je výrazně větší než účinná plocha panelů.

**Tabulka 6** Účinnost FVE Ševětín při započtení celkové plochy elektrárny

Celková plocha FV elektrárny	680 000 m <sup>2</sup>
Reálná roční výroba	32 000 000 kWh
Roční úhrn sluneční energie dopadající na m <sup>2</sup>	1 159 kWh
<b>Účinnost FVE Ševětín při započtení celkové plochy elektrárny</b>	<b>4,06 %</b>

Vzhledem k rozdílným plochám elektrárny a FV panelů klesla účinnost využití sluneční energie k 4 %, avšak jedná se jen o prostorové využití vztažené k jednotce plochy.

#### 5.4.2 Účinnost FVE Děbolín

Následující tabulka 7 obsahuje výpočet účinnosti využití úhrnu sluneční energie dopadající na m<sup>2</sup> FV elektrárnou Děbolín. Data výroby elektrické energie byla poskytnuta Ing. Vladimírem Kučeravým a jsou dostupná rovněž z internetového zdroje (Sunnyportal [online] 2015).

**Tabulka 7** Účinnost FVE Děbolín

Plocha FV panelů	142,83 m <sup>2</sup>
Reálná roční výroba	22 511, 86 kWh
Roční energetický zisk z m <sup>2</sup>	157,61 kWh
Roční úhrn sluneční energie dopadající na m <sup>2</sup>	1 159 kWh
<b>Účinnost FVE Děbolín</b>	<b>13,59 %</b>

Účinnost FV elektrárny Děbolín se pohybuje stejně jako u FVE Ševětín okolo 13 % a energetický zisk z metru čtverečního obou těchto elektráren je téměř totožný.

Tabulka 8 zahrnuje data pro výpočet účinnosti FVE Děbolín za jednotlivé měsíce za použití průměrného úhrnu energie slunečního záření z měření v Třeboni pro jednotlivé měsíce a průměrnou měsíční výrobu této elektrárny za roky 2013 a 2014. (Sunnyportal [online] 2015).

**Tabulka 8** Průměrná měsíční výroba FVE Děbolín z m<sup>2</sup>

Měsíc	*Záření v kWh dopadající na m <sup>2</sup>	Výroba (průměrná) v kWh na m <sup>2</sup>
Leden	27	2,92
Únor	58	7,95
Březen	84	15,26
Duben	125	16,86
Květen	174	17,61
Červen	175	20,63
Červenec	160	22,17
Srpen	149	18,56
Září	91	14,59
Říjen	65	11,47
Listopad	30	4,68
Prosinec	21	4,94

\*Záření v kWh dopadající na m<sup>2</sup> (Huryna, 2014)

Průměrná účinnost FV elektrárny Děbolín a průměrná výroba elektrické energie v jednotlivých měsících pro roky 2013 a 2024. (Tabulka 9)

**Tabulka 9** Účinnost FVE Děbolín za jednotlivé měsíce a průměrná měsíční výroba v kWh

Měsíc	Účinnost	Výroba (průměrná) v kWh
Leden	10, 81 %	417,09
Únor	13, 70 %	1135, 26
Březen	18, 16 %	2179, 11
Duben	13, 48 %	2408, 38
Květen	10, 12 %	2515, 60
Červen	11, 78 %	2946, 15
Červenec	13, 85 %	3167, 05
Srpen	12, 45 %	2647,50
Září	16, 03 %	2083, 71
Říjen	17, 64 %	1637, 68
Listopad	15, 60 %	669, 05
Prosinec	23, 52 %	705, 29

Pro výpočet účinnosti byly použity údaje o intenzitě a množství sluneční energie dopadající na m<sup>2</sup> naměřených na meteostanici v Třeboni, tedy z globální sluneční radiace.

Ta je měřena pro dopad paprsků na horizontální plochu. Panely v Děbolíně jsou instalovány pod úhlem cca 42°. Intenzita dopadajícího slunečního záření je tedy v jarních a podzimních měsících díky kolmému dopadu slunečních paprsků vyšší, než při dopadu na vodorovnou plochu. V některých slunných dnech v těchto obdobích byla zaznamenána intenzita slunečního záření, dopadajícího na panely i okolo 1100 W/m<sup>2</sup>.

Dalším faktorem, významně ovlivňujícím účinnost dle Ing. Vladimíra Kučeravého je pak teplota panelů, která je v jarních a podzimních měsících významně nižší, než v měsících letních. Účinnost panelů klesá s jejich stoupající teplotou a úbytek výkonu může být až 0,5 % / 1 °C (Kučeravý, 2015).

Tabulka 10 zobrazuje výpočet možného ročního energetického zisku FV elektrárnou z jednoho hektaru dle ročního energetického zisku FVE Ševětín.

**Tabulka 10** Průměrná roční energie získaná z 1 ha FVE

Plocha FVE panelů	197 879,2 m <sup>2</sup>
Celková plocha FVE	680 000 m <sup>2</sup>
Roční energetický zisk z m <sup>2</sup>	161,71 kWh
<b>Roční energetický zisk z 1 ha FVE</b>	<b>474 574 kWh</b>

Z této tabulky vyplývá, že FV elektrárna je schopna z jednoho hektaru plochy získat více než 400 000 kWh elektrické energie.

## 5.5 Vyhodnocení vlivu teploty a vlhkosti vzduchu na účinnost FVE

Stanovení průměrných hodnot jednotlivých měsíčních teplot a vlhkostí dle meteo stanice Veselí nad Lužnicí (tabulky 11 až 22).

**Tabulky 11 - 22** obsahují jednotlivé měsíční teploty a vlhkost vzduchu v roce 2013 a 2014 dle meteo stanice Veselí nad Lužnicí a průměrné hodnoty (Forecast for Veselí nad lužnicí. [online], 2015)

**Tabulka 11** Teplota a vlhkost vzduchu - leden

<b>leden</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	-0,6	1,6	0,6
Vlhkost vzduchu (%)	87,1	84,2	85,7

**Tabulka 12** Teplota a vlhkost vzduchu - únor

<b>únor</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	-0,2	3,1	1,4
Vlhkost vzduchu (%)	83,9	78	81

**Tabulka 13** Teplota a vlhkost vzduchu - březen

<b>březen</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	1,1	7,6	4,4
Vlhkost vzduchu (%)	75,7	67,2	71,5

**Tabulka 14** Teplota a vlhkost vzduchu - duben

<b>duben</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	9,8	11,6	10,7
Vlhkost vzduchu (%)	70,3	66,5	68,4

**Tabulka 15** Teplota a vlhkost vzduchu - květen

<b>květen</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	13,9	13,8	13,9
Vlhkost vzduchu (%)	72,8	69,3	71

**Tabulka 16** Teplota a vlhkost vzduchu - červen

<b>červen</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
Teplota (°C)	17,4	18,1	17,8
Vlhkost vzduchu (%)	71,2	56,3	63,8

**Tabulka 17** Teplota a vlhkost vzduchu - červenec

<b>červenec</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	21,3	20,6	21
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	61,2	63,7	62,5

**Tabulka 18** Teplota a vlhkost vzduchu - srpen

<b>srpen</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	19,7	17,4	18,5
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	65,2	71,7	68,5

**Tabulka 19** Teplota a vlhkost vzduchu - září

<b>září</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	13,8	15,3	14,5
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	74,3	79,5	76,9

**Tabulka 20** Teplota a vlhkost vzduchu - říjen

<b>říjen</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	10,2	11,6	10,9
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	77,5	82,7	80,1

**Tabulka 21** Teplota a vlhkost vzduchu - listopad

<b>listopad</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	5,2	6,9	6
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	81,2	81,8	81,5

**Tabulka 22** Teplota a vlhkost vzduchu - prosinec

<b>prosinec</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>průměr</b>
<b>Teplota (°C)</b>	1,8	2,4	2,1
<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	83,7	73,1	78,4

Nejvyšší průměrné teploty byly v červenci a srpnu a naopak nejvyšší průměrná vlhkost vzduchu byla naměřena v lednu a listopadu.

### 5.5.1 Účinnost FVE Děbolín v jednotlivých měsících a průměrné měsíční teploty a vlhkosti vzduchu

Tabulka 23 zobrazuje souběh účinnosti FVE Děbolín s průměrnou měsíční výrobou elektrické energie a klimatických podmínek (teplota a vlhkost vzduchu) ve sledovaném období.

**Tabulka 23** Účinnost FVE Děbolín v jednotlivých měsících a průměrné měsíční teploty a vlhkosti vzduchu v roce 2013 a 2014.

Měsíc	Účinnost	Výroba (průměrná) v kWh	Průměrná teplota vzduchu	Průměrná vlhkost vzduchu
<b>Leden</b>	10, 81 %	417,09	0,6 °C	85,7 %
<b>Únor</b>	13, 70 %	1135, 26	1,4 °C	81,0 %
<b>Březen</b>	18, 16 %	2179, 11	4,4 °C	71,5 %
<b>Duben</b>	13, 48 %	2408, 38	10,7 °C	68,4 %
<b>Květen</b>	10, 12 %	2515, 60	13,9 °C	71,0 %
<b>Červen</b>	11, 78 %	2946, 15	17,8 °C	63,8 %
<b>Červenec</b>	13, 85 %	3167, 05	21,0 °C	62,5 %
<b>Srpen</b>	12, 45 %	2647,50	18,5 °C	68,5 %
<b>Září</b>	16, 03 %	2083, 71	14,5 °C	76,9 %
<b>Říjen</b>	17, 64 %	1637, 68	10,9 °C	80,1 %
<b>Listopad</b>	15, 60 %	669, 05	6,0 °C	81,5 %
<b>Prosinec</b>	23, 52 %	705, 29	2,1 °C	78,4 %

FVE Děbolín dosahovala v letech 2013 a 2014 nejvyšší účinnosti především v podzimních a zimních měsících.

## 5.6 Účinnost FVE Děbolín vzhledem ke skutečnému přímému dopadu sluneční energie na panely nakloněné efektivně ke slunečnímu svitu

V tabulce 24 jsou obsažena data reálné výroby FVE Děbolín pro rok 2013 (Sunnyportal. [online], 2015)

**Tabulka 24** Účinnost FVE Děbolín za jednotlivé měsíce a průměrná měsíční výroba v kWh pro rok 2013

Měsíc	Výroba (průměrná) v kWh	Výroba (průměrná) v kWh na m <sup>2</sup>
Leden	88,24	0,61
Únor	642,23	4,49
Březen	1811,28	12,68
Duben	2299,41	16,09
Květen	2430,24	17,01
Červen	2682,75	18,78
Červenec	3449,14	24,14
Srpen	2980,93	20,87
Září	2068,33	14,48
Říjen	2107,75	14,75
Listopad	736,22	5,15
Prosinec	866,06	6,06

V roce 2013 dosahovala FV elektrárna Děbolín nejvyšší výroby v měsících červenci a srpnu.

Následující tabulka 25 obsahuje výpočet účinnosti FV elektrárny Děbolín vzhledem k optimalizovanému náklonu pod úhlem 42° k zemskému povrchu. Data intenzity slunečního záření a teploty vzduchu za rok 2013 pocházejí přímo z přístroje, který je součástí této elektrárny.



**Tabulka 25** Účinnost FVE Děbolín při optimalizovaném náklonu a orientaci FV panelů ke Slunci pro rok 2013

Měsíc	Dopadající záření v kWh na m <sup>2</sup>	Skutečná výroba v kWh na m <sup>2</sup>	Průměrná teplota pod FV panelem	Účinnost
Leden	37,20	0,61	- 1 °C	1,60 %
Únor	33,60	4,49	- 2 °C	13,36 %
Březen	93,00	12,68	2 °C	13,63 %
Duben	126,00	16,09	12 °C	12,76 %
Květen	119,04	17,01	14 °C	14,28 %
Červen	162,00	18,78	18 °C	11,59 %
Červenec	215,76	24,14	27 °C	11,18 %
Srpen	178,56	20,87	23 °C	11,68 %
Září	115,20	14,48	14 °C	12,56 %
Říjen	111,60	14,75	10 °C	13,21 %
Listopad	36,00	5,15	3 °C	14,30 %
Prosinec	40,92	6,06	0 °C	14,80 %

Nejvyšší účinnost tato elektrárna měla v jarních a zimních měsících. Vyjímkou je pouze leden, kde se účinnost pohybovala kolem 2 %, což mohlo být způsobeno sněhovou pokrývkou.

V tabulce 26 jsou obsažena data reálné výroby FVE Děbolín pro rok 2014 (Sunnyportal. [online], 2015)

**Tabulka 26** Účinnost FVE Děbolín za jednotlivé měsíce a průměrná měsíční výroba v kWh pro rok 2014

Měsíc	Výroba (průměrná) v kWh	Výroba (průměrná) v kWh na m <sup>2</sup>
Leden	709,00	4,96
Únor	1461,82	10,23
Březen	2547,95	17,83
Duben	2517,34	17,62
Květen	2600,97	18,21
Červen	3209,54	22,47
Červenec	2884,97	20,19
Srpen	2314,06	16,20
Září	2099,08	14,69
Říjen	1167,62	8,17
Listopad	601,87	4,21
Prosinec	544,52	3,81

FVE Děbolín vyrobila v roce 2014 nejvíce elektrické energie v měsících červnu a červenci.

Tabulka 27 obsahuje výpočet účinnosti FV elektrárny Děbolín vzhledem k optimalizovanému náklonu pod úhlem 42° k zemskému povrchu. Data intenzity slunečního záření a teploty vzduchu za rok 2014 pocházejí přímo z přístroje, který je součástí této elektrárny.

**Tabulka 27** Účinnost FVE Děbolín při optimalizovaném náklonu a orientaci FV panelů ke Slunci pro rok 2014

<b>Měsíc</b>	<b>Dopadající záření v kWh na m<sup>2</sup></b>	<b>Skutečná výroba v kWh na m<sup>2</sup></b>	<b>Průměrná teplota pod FV panelem</b>	<b>Účinnost</b>
<b>Leden</b>	40,92	4,96	- 1 °C	12,12 %
<b>Únor</b>	80,64	10,23	1 °C	12,68 %
<b>Březen</b>	133,92	17,83	8 °C	13,31 %
<b>Duben</b>	140,40	17,62	12 °C	12,54 %
<b>Květen</b>	145,08	18,21	14 °C	12,55 %
<b>Červen</b>	187,20	22,47	22 °C	12,00 %
<b>Červenec</b>	204,60	20,19	23 °C	9,80 %
<b>Srpen</b>	130,20	16,20	18 °C	12,44 %
<b>Září</b>	118,80	14,69	13,5 °C	12,36 %
<b>Říjen</b>	66,96	8,17	9 °C	12,20 %
<b>Listopad</b>	32,40	4,21	5 °C	12,99 %
<b>Prosinec</b>	29,76	3,81	0 °C	12,80 %

FVE Děbolín dosahovala v roce 2014 nejvyšší účinnosti především v podzimních a zimních měsících.

Z dat měření vyplývá, že vyšší účinnost FVE panelů v jarních a podzimních měsících je spjata s nižšími teplotami (možnost nižší účinnosti v letních měsících i vzhledem k instalaci na střeše domu a tím dosaženo vyšších teplot).

## 5.7 Suroviny ve FVE v ČR

Největší podíl na hmotnosti fotovoltaických panelů připadá na sklo (60 - 70 %), a proto se na něj tato práce zaměřuje. Vlastní FV články mají oproti celkové váze FV panelu zanedbatelnou hmotnost. Sklo je velmi dobře recyklovatelné a dá se z něj poté vyrobit prakticky jakýkoliv skleněný výrobek.

### 5.7.1 Objem Skla ve FVE

Následuje odhad objemu skla ve FVE v ČR dle poměru výroba FVE a objemu skla ve FVE Ševětín; data pochází z mojí bakalářské práce (tabulka 28).

**Tabulka 28** Objem skla ve FVE v ČR dle FVE Ševětín

Objem skla ve FVE Ševětín	18 000 t
Reálná roční výroba FVE Ševětín	32 000 000 kWh
Množství vyrobené v ČR ve FVE 2013 (ERÚ) - Netto	2051,1 MWh
<b>Celkový objem skla ve FVE v ČR</b>	<b>115 380 t</b>

Podle poměru objemu skla a výkonu FV elektrárny Ševětín dosahuje odhad objemu skla vázaného ve všech FVE v České republice hodnoty pohybující se okolo 100 000 t.

Tabulka 29 uvádí výpočet objemu skla vázaného ve všech FV elektrárnách v ČR na základě objemu skla ve FV panelu (odhadl Ing. Vladimír Kučeravý).

**Tabulka 29** Objem skla ve FVE v ČR dle Ing. Kučeravého

Roční výroba elektřiny ve FVE	2 GWh
Výkon 1 FVE panelu	230 W
Objem skla 1 FVE panelu	10 Kg
<b>Celkový objem skla ve FVE v ČR</b>	<b>86 000 t</b>

Odhad provedený výše zmíněným způsobem ukazuje, že objem skla ve FVE panelech v ČR se blíží 90 000 t.

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že objem skla vázaného ve FV elektrárnách (FV panelech) v ČR se pohybuje kolem 100 000 tun.

Tabulka 30 uvádí objemy odpadů v ČR a jejich následné využití dle údajů ČSÚ z let 2010 a 2013.

**Tabulka 30** Objem odpadů v ČR za rok 2013

Odpady v ČR celkem	23 000 000 t
Komunální odpad	3 200 000 t
Zpětně vybrané sklo	1 200 000 t
Produkce druhotných surovin (sklo)	244 000 t

Za rok se v ČR vybere na 1 200 000 tun skla, což je 12x více nežli množství skla současně vázaného (použitého) ve všech PVE v ČR. Likvidace a recyklace skla z FVE by tedy neměla být vážným problémem.

Dle ČSÚ produkce druhotných surovin při výrobě skla přesahuje hranici 200 000 t.

Množství obalových odpadů, které vznikly v ČR v roce 2013 a byly materiálově využity nebo spáleny ve spalovnách s energetickým využitím, je uvedeno v tabulce 31.

**Tabulka 31** Množství obalových odpadů, které vznikly v ČR v roce 2013 a byly materiálově využity nebo spáleny ve spalovnách s energetickým využitím (Množství obalových odpadů. [online], 2015)

Materiál	Vzniklé obalové odpady (t)	Obalové odpady využité nebo spálené ve spalovnách odpadů s energetickým využitím formou:							Recyklace (%)	Celkové využití a spalování ve spal. odpadů s energetickým využitím (%)
		Materiálová recyklace (t)	Jiné formy recyklace (t)	Recyklace celkem (t)	Energetické využití (t)	Jiné formy využití (t)	Spalování ve spalovnách odpadů s energetickým využitím (t)	Celkové využití a spal. ve spal. odpadů s energetickým využitím (t)		
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)		
<b>SKLO</b>	197 844	148 331	0	148 331	0	0	0	148 331	75,0	75,0
<b>PLASTY</b>	215 122	128 324	0	128 324	413	0	25 064	153 802	59,7	71,5
<b>PAPÍR/LEPENKA</b>	398 846	349 568	0	349 568	55	0	16 197	365 820	87,6	91,7
<b>KOVY</b>	Hliník	10 697	2 342	0	2 342	0	0	2 342	21,9	21,9
	Ocel	49 149	32 680	0	32 680	0	0	32 680	66,5	66,5
	<b>Celkem</b>	59 847	35 022	0	35 022	0	0	35 022	58,5	58,5
<b>DŘEVO</b>	106 267	37 843	0	37 843	6 035	0	53	43 932	35,6	41,3
<b>JINÉ</b>	27 823	4 267	0	4 267	454	0	1	4 721	15,3	17,0
<b>CELKEM</b>	1 005 749	703 357	0	703 357	6 957	0	41 315	751 628	69,9	74,7

Celkové použití odpadu ze skla pro energetické využití v roce 2013 činilo téměř 150 000 t.

## 5.8 Účinnost bioplynové stanice

Ing. Miroslav Kajan uvádí následující informace:

### **Množství bioplynu, které se reálně získá v Třeboni z 1ha kukuřice:**

Z jednoho hektaru se sklídí až 40 tun biomasy kukuřice, která obsahuje 35 % sušiny. Sklídí se 14 tun sušiny.

Z tuny siláže, která obsahuje 35 % sušiny, se získá 220 m<sup>3</sup> bioplynu, tj. 628 m<sup>3</sup> bioplynu se získá z jedné tuny sušiny kukuřice.

Z jednoho hektaru se sklídí 14 tun sušiny kukuřice a z té se tedy získá 14 x 628 m<sup>3</sup> bioplynu.

1 m<sup>3</sup> bioplynu obsahuje 5 kWh energie.

### **Z jednoho hektaru se tedy získá 43 960 kWh energie v bioplynu.**

Spalováním v kogenerační jednotce je transformováno 40 % na elektřinu a 60 % na teplo. Z toho vyplývá, že z jednoho hektaru se dá získat 17584 kWh elektřiny.

Tabulka 32 uvádí výpočet energetické účinnosti bioplynové stanice Třeboň.

**Tabulka 32** Účinnost bioplynové stanice Třeboň

Roční energetický zisk z m <sup>2</sup> u bioplynové stanice	4,40 kWh
Roční úhrn slunečního záření dopadající na m <sup>2</sup>	1 159 kWh
<b>Účinnost bioplynové stanice</b>	<b>0,38 %</b>

Výpočet uvádí, že se účinnost bioplynové stanice Třeboň pohybuje okolo necelého půl procenta z ročního úhrnu energie slunečního záření. Výpočet je bez započtení ztrát 10-15 % pro převod bioplynu na elektrické energie.

Při přepočtu z výše uvedené tabulky vychází roční energetický zisk z 1 ha bioplynové stanice na 44 000 Kwh.

### 5.8.1 Výpočet energetického zisku bioplynové stanice při využití plochy FVE Ševětín

Následující tabulka 33 obsahuje výpočet energetického zisku bioplynové stanice při využití rozlohy pozemku současné FVE Ševětín.

**Tabulka 33** Využití plochy FVE Ševětín bioplynovou stanicí pro výrobu elektrické a tepelné energie

Plocha FVE Ševětín	680 000 m <sup>2</sup>
Předpokládaný objem sklizené biomasy	2720 t
Předpokládaný objem získaného bioplynu	597 656 m <sup>3</sup>
<b>Předpokládaná roční výroba energie (elektrické a tepelné)</b>	<b>2 989 280 kWh</b>

Z výpočtu vyplývá, že při využití stávajícího pozemku FV elektrárny Ševětín bioplynovou stanicí lze dosáhnout ročního energetického zisku okolo 3 000 000 kWh, avšak hodnota neobsahuje dodatkovou energii nutnou pro agrotechiku, transport a transformaci na elektrickou a tepelnou energii.

## 5.9 Energie dřevní masy

Výpočet průměrného ročního výnosu dřevní masy z hektaru obsahuje tabulka 34 vycházející z práce Energetická produkce plantáží rychle rostoucích topolů na plantáži v lokalitě Chlumská. (Celjak et al., 2010)

**Tabulka 34** Stanovení průměrného ročního výnosu dřevní masy z 1 ha

první těžba po 4 letech	59,36 t.ha <sup>-1</sup>
druhá těžba po 4 letech	67,47 t.ha <sup>-1</sup>
Celkový počet let zahrnující obě sklizně	8 let
<b>Průměrný roční výnos dřevní biomasy z 1 ha</b>	<b>15, 85 t.ha<sup>-1</sup></b>

Výpočet prokázal, že z 1 hektaru dřevní masy lze získat výnos přesahující 15 t za jeden rok. Vlhkost štěpky při zahájení vysychání (po sklizni topolů a zpracování na štěpku) byla 55,89 %.

Tabulka 35 uvádí stanovení možného ročního energetického zisku z 1 hektaru dřevní masy bez započtení agrotechnických vstupů.

**Tabulka 35** Roční energetický zisk dřevní masy z 1 ha za rok

Výhřevnost dřevní masy <sup>x</sup>	15 MJ.Kg <sup>-1</sup>
Objem štěpků z dřevní biomasy	16 000 Kg
Průměrná roční výhřevnost dřevní biomasy v MJ na 1 ha	240 000 MJ.Kg <sup>-1</sup>
<b>Průměrná roční výhřevnost dřevní biomasy sklizené z 1 ha</b>	<b>66 667 kWh</b>

<sup>x</sup> Výhřevnost je udávána pro obsah vody 20%, což je průměrný údaj zjištěný v rámci výzkumu, kdy byla štěpka ke spalování skutečně využívána. Výhřevnost při tomto obsahu vody činí 15 500 MJ.t<sup>-1</sup> (pro výpočet použito 15 000 MJ.t<sup>-1</sup>. (Celjak et al., 2010)

Pro rozdílný obsah vody je dle doc. RNDr. Jana Pokorného, CSc nutné odečíst ještě dalších 10 000 kWh. Následná průměrná roční výhřevnost dřevní biomasy sklizené z 1 hektaru činí zaokrouhleně **56 600 kWh**.

### 5.9.1 Účinnost energetické přeměny do dřevní masy

Následující tabulka 36 obsahuje výpočet účinnosti využití sluneční energie přeměnou do energie dřevní masy.

**Tabulka 36** Účinnost energetické přeměny do dřevní masy

Průměrná roční výhřevnost dřevní biomasy sklizené z 1 ha	56 667 kWh
Průměrná roční výhřevnost dřevní biomasy sklizené z 1 m <sup>2</sup>	5,666 kWh
Roční úhrn slunečního záření dopadající na m <sup>2</sup>	1 159 kWh
<b>Účinnost energetické přeměny slunečního záření do dřevní masy</b>	<b>0,49 %</b>

Uvedená účinnost nezahrnuje účinnost spalování dřevní masy

Účinnost využívání sluneční energie dopadající na zemský povrch dřevní masou se pohybuje okolo půl procenta.

Pro stanovení skutečné využitelnosti energie z dřevní masy je třeba započítat rovněž dodatkovou energii. (tabulka 37)

**Tabulka 37** Dílčí a celkové vstupy dodatkové energie podle jednotlivých pracovních operací u chrastice rákosovité (předpokládaná životnost porostu 5 let) (Stražil, 1999)

Pracovní operace	Extenzivnější varianta		Intenzivnější varianta	
	Energetický vstup (MJ.ha <sup>-1</sup> )	z toho energie přímá (%)	Energetický vstup (MJ.ha <sup>-1</sup> )	z toho energie přímá (%)
<b>1. rok</b>				
Zpracování půdy	2 737,9	88,8	2 737,9	88,8
Setí včetně osiva	1 120,9	18,8	1 120,9	18,8
Hnojení	4 352,5	3,2	6 788,5	2,2
Ošetřování plodiny	517,6	39,8	517,6	39,8
Sklizeň včetně dopravy	1 724,6	77,2	1 724,6	77,2
Briketování	756,0	100,0	882,0	100,0
<b>Součet za první rok</b>	<b>11 209,5</b>	<b>45,3</b>	<b>13 771,5</b>	<b>37,8</b>
<b>2. rok až 5. rok</b>				
Přihnojení	3 607,8	8,0	6 914,6	4,6
Sklizeň včetně dopravy	1 969,9	76,3	2 056,9	76,3
Briketování	1 512,0	100,0	2 016,0	100,0
<b>Součet za 2. až 5. rok</b>	<b>28 358,8</b>	<b>46,6</b>	<b>43 950,0</b>	<b>35,5</b>
<b>Průměr za 5-ti leté období</b>	<b>7 913,6</b>	<b>29,0</b>	<b>11 544,3</b>	<b>20,6</b>

Výše uvedená tabulka zahrnuje bylinu (chrastici rákosovitou), nikoliv dřeviny, které spotřebují dodatkové energie méně. Jde však o pouhý orientační odhad. Využil jsem hodnot pro extenzivní pěstování, tedy nižších hodnot dodatkové energie. Při použití hodnoty pětiletého extenzivního pěstování vyjde přepočtená dodatkové energie na 2 198,2 kWh na ha ročně. Pro účely práce počítáno s dodatkovou energií pro dřevní masu ve výši 2 000 kWh na ha za rok.



## 5.10 Celkové zhodnocení energetických vstupů a výstupů

Tabulka 38 zahrnuje odhad možných energetických zisků vybraných obnovitelných zdrojů na jednotku plochy (hektar). Rovněž je zde uveden odpočet dodatkových energií a přeměna na energii tepelnou nebo elektrickou.

**Tabulka 38** Energie vybraných obnovitelných zdrojů na hektar

	Energie získaná z 1 ha v kWh	Energie po odečtu energetických vstupů v kWh	Elektřina a teplo z 1 ha v kWh
FV elektrárna	474 574	474 574	474 574
Bioplynová stanice	44 000	26 180	<sup>x</sup> 23 562
Energie dřevní masy	56 660	54 660	46 461

<sup>x</sup> hodnota zahrnuje energii elektrickou i tepelnou

Jednotlivé přeměny energie a ztráty jsou uvedeny v následujícím textu.

Dle Ing. Davida Sochra dochází u výroby elektřiny ve fotovoltaice až ke dvacetiprocentním ztrátám (účinná plocha je menší než celková plocha panelu, ztráty v DC a AC kabeláži, ztráty ve střídačích, ztráty na traftech při transformaci aj.). Tyto ztráty jsou ve výpočtu již zahrnuty. U FVE je to již elektrická energie vyrobená a prodaná. U bioplynu a dřevní masy půjde o surovinu, ze které se energie bude získávat, a proto jsou nutné korekce na ztráty.

U energie uvedené u bioplynové stanice se jedná již o bioplyn v zásobníku, zatímco štěpky z dřevní masy jsou ještě na kultivační ploše. Pokorný in Šarapatka et al (2010) uvádí, že při pěstování kukuřice s celkovým výnosem 108 862 MJ (30 230kWh) na hektar musíme započítat energetické vstupy 44 118 MJ (12 255kWh). Tyto faktory tvoří zejména práce, stroje, pohonné hmoty, hnojiva, osivo, pesticidy, závlaha, sušení, elektrická energie a transport. Z tohoto poměru vyplývá, že dodatková energie tvoří ztrátu přes 40 % (přesněji 40,5 %) z celkově vyrobené energie. Při spalování v kogenerační jednotce je transformováno 40 % na elektřinu a 60 % na teplo, dále vznikají ztráty na trafu ve výši 10 %. S těmito hodnotami bylo počítáno ve výše zmíněné tabulce.

Pro účely práce počítáno s dodatkovou energií pro dřevní masu ve výši 2 000 kWh na ha za rok (agrotechnika aj.). Dále se dřevní masa (štěpka) spaluje pro využití obsažené energie na přeměnu v energii tepelnou. V kotli s tepelným výkonem 20 kW s účinností spalování 85 % je zapotřebí 6 až 7 kg štěpky za hodinu (s výhřevností 12 MJ/t, resp. 3,3 kWh/kg a 30% obsahem vody). (Kotel na dřevní štěpku [online], 2015) Na základě článku zmíněného v předchozí větě je v práci počítáno s využitím energie dřevní masy (štěpky) spalováním ve výši 85 %.

## **5.11 Úskalí výroby energie v OZE a budoucnost**

Zásadních komplikací při využívání některých obnovitelných zdrojů je „akutní využitelnost“. Tím je myšleno, že některé zdroje jsou závislé na aktuálním počasí a přírodních podmínkách a to znemožňuje výrobu energie podle potřeby. Zkrátka energii vyrábí, když to příroda „dovolí“ a ne v závislosti na potřebách domácností a průmyslu. Jedná se v tomto případě zejména o zdroje využívající sluneční záření (fotovoltaika) a větrné proudění (větrné elektrárny). Proto jednou z možností jak tomuto problému čelit je energii skladovat a odtud jí odebírat v době potřeby.

Možnost skladování energie se odvíjí od toho, zda jde o přímou přeměnu na energii elektrickou či tepelnou, nebo zda se jedná o vypěstování suroviny, ve které je pak energie uložena. To je možné v případě pěstování biomasy nebo dřevní masy. Biomasa se poměrně snadno skladuje, pokud lze kontrolovat vlhkost a teplotu. V případě výroby energie z biomasy se dá skladovat jak samotná biomasa, tak především již vyrobený bioplyn, který je odchycen do zásobníků kde čeká na okamžik, kdy bude použit pro výrobu tepla a elektřiny, a tím je umožněna okamžitá využitelnost zdroje. Avšak je třeba počítat nejen s poměrně vysokou hlučností kogenerační jednotky, ale také s tím, že v celém procesu mohou vznikat ztráty (únik plynu, ztráta tepla vedením aj.). V procesu využívání dřevní masy (nejčastěji v podobě štěpky) je třeba naopak počítat s účinností spalování ve spalovacím procesu, která se také odvíjí od obsahu vody v této surovině.

## **Jak skladovat energii; využití vodíku**

Jak bylo zmíněno výše, budoucnost efektivnějšího využívání obnovitelných zdrojů tkví ve skladování energie, a to zejména u zdrojů s přímou energetickou přeměnou jako je např. fotovoltaika. Pokud bychom byli schopni tuto energii zachovávat s co nejmenšími možnými ztrátami, osvobodila by domácnosti od závislosti na dodavatelích. Zatím se využívá nákladných baterií; zásadně účinnější by bylo využití vodíku, jehož skladování a využití je však spojeno s rizikem výbuchu.

Fotovoltaické panely produkují nejvíce energie kolem poledne, zatímco nejvyšší spotřeba domácností je až ve večerních hodinách. V té době by mohly nastoupit vodíkové zásobníky. V čase přebytku elektřiny se zásobník naplní a domácnost jí pak může využívat v případě potřeby, a to i dlouhodobě za nepříznivého počasí.

Pro výzkum v praxi nainstalovali na střechu v Řeži fotovoltaické panely, k nimž byl později doplněn objekt pro akumulaci energie s elektrolyzérem, zásobníkem stlačeného vodíku a palivovým článkem. Elektrolyzér v době slunečního svitu ukládá elektřinu tak, že vyrobí vodík a uskladní ho do zásobníku. V době zvýšené poptávky po elektřině a nedostatku slunečního svitu se pak může tento vodík zpětně použít k výrobě elektřiny. Dosavadní výsledky ukazují, že plná vodíková nádrž (cca 150 kWh využitelné energie) by i v případě naprosté tmy dokázala udržet domácnost v běžném chodu až tři týdny bez nutnosti napojit se do rozvodné sítě. Měření prokázala, že účinnost přeměny elektřiny na vodík a zpět na elektřinu přesahuje i 30 %, což v tuto chvíli pro účely dlouhodobého skladování nedokáže žádný jiný systém. (V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie. [online], 2015)

Pro porovnání - přečerpávací elektrárny mají sice vyšší účinnost, ale jsou důležité zejména pro denní řízení výkyvů v síti a neslouží tedy k dlouhodobé akumulaci energie. Abychom uskladnili stejné množství energie do olověné baterie, potřebovali bychom jich zhruba 200 o celkové váze přibližně 5 tun. Klasické baterie navíc v tuto chvíli ve vývoji ustrnuly a nemají už žádný potenciál na zlevnění jako právě ty vodíkové. Otazníkem zůstává konkurenceschopnost lithium-iontových baterií, jejichž cena postupně klesá. V důsledku toho má akumulace energie ve vodíku budoucnost. V případě využití vysokotlakých nádob lze skladovací nádrž zmenšit do velikosti svazku klasických plynových lahví. Kapacitu lze navíc flexibilně a levně navyšovat sériovým zapojením více nádob.

Trend k decentralizaci je zřejmý. Jen Německo instaluje fotovoltaická zařízení tempem 5,5 GW ročně, z toho 60 % na střeších. Cena solárních panelů klesla za poslední 5 let o více než 60 %. Napojení na vodíkovou baterii by pak znamenalo větší míru nezávislosti na rozvodné síti. Tuto technologii vyvíjejí a testují odborníci společnosti ÚJV Řež ze Skupiny ČEZ.

(V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie. [online], 2015)

### **Instalace v Řeži**

Na střeše bylo umístěno 60 fotovoltaických panelů o rozměrech 1652 × 992 mm a celkovém výkonu cca 13 kWp, k nimž byl v roce 2013 doplněn objekt pro akumulaci energie s elektrolyzérem, zásobníkem stlačeného vodíku a palivovým článkem. Zařízení vyrábí elektřinu pro pokrytí potřeb simulované domácnosti. Jakmile je vyráběné množství elektrické energie větší než aktuální spotřeba domácnosti, je přebytečný výkon ukládán v bateriích. Pokud jsou tyto plně nabity, je přebytečný výkon využíván k výrobě vodíku v elektrolyzéru. Vodík je následně skladován v tlakové nádrži s maximálním pracovním tlakem 15 bar. V období, kdy okamžitá spotřeba domácnosti je vyšší než výkon solární elektrárny, je krátkodobě potřeba pokryta z akumulátorů. V případě delšího nedostatku je skladovaný vodík zpětně přeměňován na elektrickou energii v palivovém článku.

### **Parametry jednotlivých částí navrženého systému**

<b>Zařízení</b>	<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Fotovoltaické panely	Špičkový výkon	7,36 kWp
Olověné gelové akumulátory	Kapacita	45 Ah (2,2 kWh)
Elektrolyzér PEM	Max. příkon	6,7 kW
Palivový článek PEM	Max. elektrický výkon	4 kW
Vodíková zásobní nádrž	Využitelná hmotnost	10 kg (při 5 – 15 bar)

(V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie. [online], 2015)

## 5.12 Komentář k dosaženým výsledkům

Výsledky dosažené v této práci poskytly orientační přehled o tom, jaké jsou možnosti skutečného využití FV elektrárny, bioplynu a štěpky v podmínkách ČR. To bylo sledováno na příkladě konkrétní stavby FVE Ševětín, její ploše a provozu.

Z obdržných a vypočtených dat je zřejmé, že mezi energetickou účinností vybraných zdrojů OZE (bioplynová stanice – 0,4 %, energetické využití dřevní masy – 0,5 % a FVE – 13 %) je zřetelný rozdíl ve prospěch FV elektrárny. Značně odlišná účinnost se projevila i v případě, kdy byla počítána výtěžnost z pozemku u FVE při zohlednění dopadu sluneční energie na celou plochu objektu elektrárny (přičemž FVE má účinnou plochu FV panelů jen necelých 30 % z celkové plochy). Ve všech případech FV elektrárna svojí energetickou účinností ostatní obnovitelné zdroje několikanásobně převyšovala.

Také bylo třeba počítat s rozdílnými dodatkovými energiemi a ztrátami na jednotku výroby pro jednotlivé obnovitelné zdroje, které, jak prokázaly výpočty, jsou do vysoké míry značně rozdílné.

Dalším významným zjištěním bylo, že se účinnost FVE Děbolín v průběhu roku není neměnná (nejvyšší je na podzim a na jaře), což je způsobeno optimalizovaným sklonem (42°) a orientací FV panelů vůči slunečnímu svitu, který vzhledem k pohybu Slunce mění svoji intenzitu a úhel dopadu na zemský povrch. Tento fakt je navíc podpořen růstem a poklesem teplot v ročním cyklu, což významně ovlivňuje účinnost FV panelů.

Jedním z výsledků byl rovněž odhad objemu skla vázaného ve FV panelech všech FV elektráren na území České republiky (cca 100 000 t). Toho bylo dosaženo dvěma rozdílnými způsoby. Při porovnání dosažených dat s objemy ročních odpadů ze skla v ČR bylo zřejmé, že objem skla instalovaného v těchto zařízeních je výrazně pod hranicí ročního objemu skleněného odpadu z celé České republiky.

V posledním bodě se práce zabývala efektivním využíváním obnovitelných zdrojů (zejména FVE), kde se jeví vodíkové technologie jako budoucí krok k vyššímu využívání OZE.

## 6 Závěr

Výsledné hodnoty této práce jasně dokládají, že využití sluneční energie za pomoci fotovoltaické přeměny na elektrickou energii je oproti využití energie z biomasy v bioplynové stanici a možném energetickém zisku z dřevní masy (štěpky) mnohem účinnější.

Konkrétně účinnost FVE Děbolín i FVE Ševětín přesahuje 13 % oproti bioplynové stanici, která má účinnost přibližně 0,4 % a využití sluneční energie přeměnou do dřevní masy téměř 0,5 % značí, že míra efektivity využití sluneční energie fotovoltaikou je 20 až 30 krát vyšší než u zbylých dvou zdrojů. Pokud bychom zohlednili veškeré sluneční záření na celkovou plochu elektrárny byla by účinnost využití této energie asi 4 % (vzhledem k tomu, že účinná plocha FV panelů zabírá pouze cca 30 % z celkové plochy elektrárny), i tak je však tato účinnost téměř 10 krát vyšší než u zbylých dvou zařízení. Při započtení dodatečné energie a ztrát jsou hodnoty účinnosti dvou posledních zdrojů ještě o něco nižší. Navíc ještě zanedbáváme negativní vlivy na životní prostředí jako je eroze, znečištění vody pesticidy aj.

Mimo jiné se data z obou sledovaných FVE sobě velmi blížila i v jiném bodě, a to v energetickém zisku z jednotky plochy (metru čtverečního), který se pohyboval u obou zařízení okolo 160 kWh ročně.

Dále byla sledována proměnnost účinnosti FVE během roku. Zde bylo ze dvou nezávislých měření zjištěno, že FVE Děbolín dosahuje nejvyšší účinnosti (13 – 18 %) během jara a podzimu. Tento fakt je způsoben optimalizovanou pozicí (náklonem a orientací) FV panelů pro maximální využití slunečního záření právě v těchto obdobích. Tyto hodnoty byly navíc podpořeny měřením souvislosti vyšší účinnosti FV panelů s nižšími teplotami v jarních a podzimních měsících. Ing. Vladimír Kučeravý uvádí, že úbytek výkonu může být až 0,5 % na 1 °C.

Poté byl proveden odhad objemu skla vázaného ve všech FV elektrárnách připojených do veřejné sítě v ČR. Tento odhad byl proveden dvěma různými způsoby, přičemž u obou výpočtů vyšel objem skla v těchto elektrárnách okolo 100 000 t. Toto číslo bylo porovnáno s roční produkcí druhotných surovin ze skla (244 000 t), skleněných obalů (cca 150 000 t) a objemem zpětně vybraného skla za rok, který dosahuje až 1 200 000 t.

Vzhledem k tomu, že sklo tvoří asi 60 – 70 % hmotnosti FV panelů, tato skutečnost jasně vyvrací fámu o velkých materiálových objemech vázaných ve FV elektrárnách.

V následujícím bodě této práce byly mezi sebou porovnávány odhady možných energetických zisků sledovaných druhů obnovitelných zdrojů na jednotku plochy (hektar). Ty vyšly nejlépe pro FV elektrárnu, kde byl stanoven možný roční energetický zisk dosahující téměř 500 000 kWh z jednoho hektaru. U využití biomasy byl odhad energie stanoven na hodnotu přesahující 40 000 kWh z hektaru ročně. Pro dřevní masu vyšla energie z jednoho hektaru téměř 60 000 kWh za rok. Obě předchozí hodnoty jsou uvedeny rovněž bez započtení ztrát a dodatečné energie.

Avšak v případě výše zmíněných hodnot se jedná pouze o energii uloženou v surovinách (biomase, štěpce), ty je poté nutno dále zpracovat a energii uloženou v těchto surovinách s určitými ztrátami dále využít zejména pro výrobu tepelné a elektrické energie. Energie FV elektrárny je již čistá se započtenými ztrátami (přenosem energie v trafech a jiné), zde se jedná o přímou přeměnu na elektrickou energii. Při odečtení dodatečné energie (agrotechnika, transport a jiné) se sníží roční výtěžnost z hektaru u bioplynové stanice na necelých 25 000 kWh ročně a u využití dřevní masy ze štěpky na téměř 60 000 kWh ročně.

Z údajů vyplývá, že výtěžnost z jednotky plochy sledovanými obnovitelnými zdroji FV elektrárna několikanásobně převyšuje využívání biomasy bioplynovou stanicí (ta je asi 20 krát menší) a využívání spalování dřevní masy (energie tepla po odečtu dodatečné energie a po spálení v kotli s účinností 85 %) v podobě štěpky (přibližně 8 krát menší).

Čísla získaná a vypočítaná v průběhu této práce jasně hovoří ve prospěch FV elektrárny, a to zejména v oblasti účinnosti energetické přeměny a objemu materiálů vázaných ve fotovoltaických zařízeních.

Jak tomu často bývá, vše má svoje meze a úskalí. Mezi taková bych zařadil neschopnost tohoto zdroje produkovat energii v době potřeby, způsobenou závislostí na aktuálních a měnících se přírodních aspektech jako počasí, sluneční svit a jiné. Tento problém se však dá do jisté míry vyřešit skladováním energie, což doposud nebylo příliš efektivní, avšak článek vydaný skupinou ČEZ naznačuje budoucí směr zvyšování efektivity ukládání energie za pomoci vodíku. Technologie na bázi vodíku (či jiné) se budou dale vyvíjet a bude docházet ke zlevňování celého fotovoltaického zařízení. Lze také předpokládat, že se bude zvyšovat míra uplatnění fotovoltaických částečně ostrovních či plně ostrovních systémů pro využití v domácnostech, a tím bude dosaženo vyšší míry

energetické nezávislosti domácností na soukromých dodavatelích energie. Na základě této a předchozí bakalářské práce lze tvrdit, že využívání fotovoltaiky pro výrobu energie je efektivní a vysoce perspektivní i do let následujících.



## 7 Literatura

- BERANOVSKÝ, Jiří, MURTINGER, Karel, TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika. Elektřina ze slunce*. Era – vydavatelství, 2007. ISBN 978-80-7366-133-5.
- BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. Šlapanice: ERA group spol. s r. o., 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6.
- CELJAK, IVO; VÁVRA, VÁCLAV; FRÍD, MILAN; FROLÍK, JOSEF. *Energetická produkce plantáží rychle rostoucích topolů na plantáži Chlumská hora*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky, 2010.
- DRÁBOVÁ, Dana, PAČES, Václav. *Perspektivy české energetiky*. Praha: Novela bohemia, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.
- HURYNA, Hanna: *Effect of different types of ecosystems on their meteorological conditions and energy balance components*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 2014.
- KOCOUREK, Martin et al. *Fotovoltaika a růst cen elektřiny*. CEP-Centrum pro ekonomiku a politiku, 2010. ISBN 978-80-86547-97-8.
- LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. *Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie*. Praha: Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: GradaPublishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3503-0.
- MATUŠKA, Tomáš. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2009.
- POKORNÝ, J. 2010, *Energie v agroekosystémech*. In: Šarapatka, B. a kol.: *Agroekologie, východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Bioinstitut, Olomouc 2010 str. 119 - 138.
- SCHEER, Hermann. *Světové sluneční hospodářství*. Praha: Eurosolar, 2004. ISBN 80-903248-0-0.
- STRAŠIL, Zdeněk. *Energetické bilance v rostlinné výrobě u vybraných alternativních plodin*. IN: *Kalorimetrický seminář 1999, Hotel Skalka, Železná Ruda, 1999. s. 28.*

Internetové zdroje:

*Co je bioplyn.* [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z <http://www.czba.cz/bioplyn/>.

*Dřevní štěpka.* [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z <http://www.biomtrade.cz/drevni-stepka.html>.

*Energy.* [online]. [cit. 2015-01-25]. Dostupné z <http://www.bmwi.de/EN/Topics/energy.html>.

*FVE 9,87 + 10,80 kWp Děbolín.* [online]. [cit. 2015-03-21]. Dostupné z <http://www.solarenavi.cz/r-163-fve-9-87-10-80-kwp-debolin-.html>

*Geografické vymezení studované oblasti.* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z [https://digilib.phil.muni.cz/bitstream/handle/11222.digilib/127530/DissertationesArchaeologicae\\_006-2009-1\\_5.pdf?sequence=1](https://digilib.phil.muni.cz/bitstream/handle/11222.digilib/127530/DissertationesArchaeologicae_006-2009-1_5.pdf?sequence=1).

*Jak fungují bioplynové stanice.* [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynove-stanice-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>.

*Jak pěstovat rychle rostoucí dřeviny: topoly, vrby, paulovnie.* [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z <http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/jak-pestovat-rychle-rostouci-dreviny-topoly-vrby-paulovnie/>.

*Jindřichův Hradec.* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z <http://www.obce-mesta.info/obec.php?id=Jindrichuv-Hradec-545881>.

*Jižní Čechy.* [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z <http://www.jiznicechy.cz/cs-CZ/uvodni-stranka.html>.

*Kde najdete první český bioplynovod.* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z <http://www.nazeleno.cz/aktualne/kde-najdete-prvni-cesky-bioplynovod-v-treboni.aspx>.

*Kotel na dřevní štěpku.* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-drevni-stepku>.

*Lázeňské město v srdci chráněné krajinné oblasti Třeboňsko.* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z <http://itras.cz/trebon/>.

- Legislativa ČR.* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/legislativa-oze/legislativa-cr/>.
- Mapy, Jindřichův Hradec.* [online]. [cit. 2015-03-13]. Dostupné z <http://www.mapy.cz/zakladni?x=14.7113800&y=49.0504702&z=11>.
- Mapy, Ševětín.* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z <http://www.mapy.cz/zakladni?x=14.5191193&y=49.0443945&z=12>.
- Mapy, Třeboň.* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z <http://www.mapy.cz/zakladni?x=14.6076965&y=49.0221106&z=11>.
- Masopust, Reference.* [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z <http://www.masopust.cz/reference.html>.
- Města obce.* [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z <http://hradeczije.cz/jindrichuv-hradec/>.
- Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů.* [online]. [cit. 2015-01-08]. Dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument120572.html>.
- Princip fotovoltaického článku.* [online]. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>.
- Rakousko: ekonomická charakteristika země.* [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/rakousko-ekonomicka-charakteristika-zeme-19140.html#sec7>.
- Reference.* [online]. [cit. 2015-02-12]. Dostupné z <http://www.solarenavi.cz/rc-30-monitorovane-fve.html>.
- Sunnyportal.* [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPageOverview.aspx?page=762918cb-15d1-47cd-80b1-ca1c0d882ac1&plant=cb4eaf1e-28ac-4343-af4c-b5c0e9eea028&splang=cs-CZ>.
- Ševětín.* [online]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z [http://www.sevetin.cz/index.php?html\\_id=400&menu\\_id=40](http://www.sevetin.cz/index.php?html_id=400&menu_id=40).
- Třeboň.* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z <http://www.obce-mesta.info/obec.php?id=Trebon-547336>.

*Územní plán Ševětín.* [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z

[http://www.sevetin.cz/dokumenty/uzemni\\_plan/OOP%20-%20UP%20Sevetin.pdf](http://www.sevetin.cz/dokumenty/uzemni_plan/OOP%20-%20UP%20Sevetin.pdf).

*V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie.* [online]. [cit. 2015-02-01].

Dostupné z <http://www.scienceworld.cz/aktuality/v-rezi-vyvijejí-kombinaci-fotovoltaiky-a-vodikove-baterie/>.

*Výroba elektřiny a tepla.* [online]. [cit. 2015-01-02]. Dostupné z

<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>.

*Výroba elektřiny v ČR.* [online]. [cit. 2015-02-04]. Dostupné z <http://projekt.aohodo.cz>.

*Výše výkupních cen a zelených bonusů.* [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z

<http://www.tzb-info.cz/vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>.

#### E-mailová korespondence, osobní rozhovory a jiné:

E-mailová korespondence s Ing. Vladimírem Kučervým, statutárním ředitelem

SOLARENVI a.s. [online], 2. 2. 2015, email: [kuceravy@solarenavi.cz](mailto:kuceravy@solarenavi.cz).

E-mailová korespondence s Ing. Miroslavem Kajanem, Bioplynová stanice Třeboň,

[online], 7.3. 2015, email: [aqua@trebon.cz](mailto:aqua@trebon.cz).

Osobní rozhovor s doc.RNDr. Janem Pokorným, CSc. ENKI Třeboň, o.p.s. Praha,

20. 3. 2015.

## 8 Přílohy



**Obr. 11** Stojan s FV panely (FV elektrárna Ševětín – západní blok),  
autor Jan Trnobranský, 8. 4. 2012



**Obr. 12** Elektrorozvodna FV elektrárny Ševětín (západní blok) , autor Jan Trnobranský,  
8. 4. 2012



**Obr. 13** Letecká fotografie východního bloku FV elektrárny Ševětín, autor David Sochr, 5. 3. 2011



**Obr. 14** Západní blok FV elektrárny Ševětín s el. rozvodnou, autor David Sochr, 5. 3. 2011





**Obr. 15** FVE Děbolín (FVE 9,87 + 10,80 kWp Děbolín[online], 2015)



**Obr. 16** Bioplynová stanice Třeboň (Kde najdete první český bioplynovod [online], 2015)



**Obr. 17** Sklizeň dřevní masy (Jak pěstovat rychle rostoucí dřeviny: topoly, vrby, paulovnie [online], 2015)