

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Technologie a technika výroby elektrické
energie z obnovitelných zdrojů energie**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Lukáš Kresl

PRAHA 2012

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Kresl

obor Technologická zařízení staveb

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Technologie a technika výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Obnovitelné zdroje energie – bioplynové stanice a solární energie
4. Technologie a technika výroby elektrické energie
5. Zhodnocení jednotlivých způsobů výroby elektrické energie
6. Závěr
7. Seznam literatury
8. Přílohy

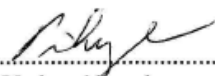
Doporučené zdroje:

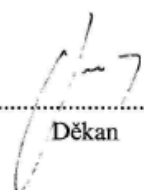
- Cenek, M. et. al.: Obnovitelné zdroje energie, nakladatelství FCC Public Praha, 2. vydání, 2001, 202 str. ISBN 80-901985-8-9.
- Libra, M.; Poulek, V.: Zdroje a využití energie. Poulek Solar,r.r.o., 2007, s. 141, ISBN: 978-80-213-1647-8.
- Malat'ák, J.; Vaculík, P: Biomasa pro výrobu energie. ČZU v Praze, Technická fakulta, tisk. Powerprint, Praha 2008, 206 s., ISBN: 978-80-213-1810-6.
- Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakladatelství FCC Public, Praha 2004, 284 str. ISBN 80-86534-06-5.
- Straka, F. et. al.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany, 2003, s. 517, ISBN 80-7328-029-9.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011


.....
Vedoucí katedry


.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlášení:

*Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologie a technika výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie** vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Malatáka, Ph.D. a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.*

V Praze dne:

.....

Lukáš Kresl

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Janu Malatřákovi, Ph.D. za jeho cenné rady a odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt: Tato bakalářská práce přibližuje a popisuje základní obnovitelné zdroje energie jako zdroje elektrické energie. V kapitole č. 3 se práce zaměřuje na větrnou energii, solární energii, vodní energii a biomasu. Součástí popisu jednotlivých druhů energií je vždy i shrnutí jejich hlavních výhod a nevýhod. Hlavním cílem práce bylo podrobněji se zaměřit na výrobu elektrické energie pomocí slunečních systémů a bioplynových stanic, podrobné informace jsou uvedeny v kapitole č. 4. Kapitola č. 5 se věnuje ekonomickému zhodnocení provozu bioplynové stanice s roční produkcí zpracované hmoty 6000 tun a provozu solárního systému s instalovaným výkonem 5kW.

Klíčová slova: biomasa, bioplyn, solární energie, obnovitelné zdroje energie

The Technology and method of producing electricity from renewable energy sources

Summary: This Bachelor thesis describes the use of renewable energy sources as sources of electrical energy. Chapter No. 3 of the thesis concentrates on wind, solar and water energy and biomass. There is a description of the particular types of renewable energy as well as a summary of their most important advantages and disadvantages. The main aim of my work is to focus especially on the production of electricity from solar energy systems and biogas plants. This topic is discussed in detail in chapter No. 4. Chapter No. 5 is practical. It deals with the economic evaluation of running a biogas plant which annually produces six thousand tons of processed material and the running of a solar energy system whose installed output is 5kW.

Keywords: biomass, biogas, solar energy, renewable energy sources

Obsah

1. Úvod	- 1 -
1.1 Právní předpisy provozování obnovitelných zdrojů energie	- 2 -
2. Cíl a metodika práce.....	- 4 -
3. Obnovitelné zdroje energie	- 5 -
3.1. Sluneční energie.....	- 5 -
3.1.1. Historie solárních elektráren	- 6 -
3.1.2. Výhody solární energie	- 7 -
3.1.3. Nevýhody solární energie	- 7 -
3.2. Větrná energie.....	- 8 -
3.2.1. Historie větrných elektráren.....	- 8 -
3.2.2. Výhody větrné energie	- 8 -
3.2.3. Nevýhody větrné energie	- 9 -
3.2.4. Rozdělení větrných elektráren	- 9 -
3.2.5. Funkce větrných elektráren.....	- 10 -
3.3. Vodní energie.....	- 11 -
3.3.1. Rozdělení vodních elektráren	- 11 -
3.3.2. Výhody vodní energie.....	- 11 -
3.3.3. Nevýhody vodní energie	- 12 -
3.3.4. Druhy turbín pro výrobu elektrické energie	- 12 -
3.4. Biomasa	- 13 -
3.4.1. Rozdělení biomasy.....	- 13 -
3.4.2. Výhody biomasy	- 15 -
3.4.3. Nevýhody biomasy	- 15 -
3.4.4. Zpracování biomasy.....	- 16 -
3.4.5. Druhy úprav biomasy.....	- 16 -
3.5. Bioplynové stanice.....	- 18 -
3.5.1. Bioplynové stanice zpracovávající zemědělský materiál	- 19 -
3.5.2. Bioplynové stanice zpracovávající odpadový materiál	- 20 -
4. Technologie a technika výroby elektrické energie.....	- 22 -
4.1. Bioplynové stanice.....	- 22 -
4.1.1. Anaerobní fermentace	- 22 -
4.1.2. Rozdělení podle dávkování surového materiálu	- 23 -
4.1.3. Rozdělení podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu	- 24 -
4.1.4. Mokrý fermentace	- 24 -
4.1.5. Suchá fermentace	- 28 -
4.1.6. Druhy využití bioplynu	- 28 -
4.2. Sluneční systémy	- 31 -
4.2.1. Druhy kolektorů	- 31 -
4.2.2. Druhy sluneční elektrárny	- 32 -
4.2.3. Druhy fotovoltaických elektráren	- 33 -
4.2.4. Rozdělení dle typu solárních článků	- 35 -
5. Zhodnocení jednotlivých druhů energie	- 37 -
5.1. Ekonomické zhodnocení bioplynové stanice.....	- 37 -
5.2. Ekonomické zhodnocení solárního systému na rodinném domku.....	- 39 -
5.3. Porovnání bioplynové stanice a solárního systému	- 41 -
6. Závěr	- 43 -
7. Seznam použité literatury	- 44 -
8. Přílohy.....	I

1. Úvod

Ústředním tématem bakalářské práce je technologie a technika výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, přičemž za obnovitelné zdroje považujeme takové energetické zdroje, které jsou v přírodě člověku volně k dispozici a z pohledu člověka je jejich zásoba nevyčerpatelná, nebo se obnovuje v časovém období, které je srovnatelné s jejich využitím.

Mezi obnovitelné zdroje řadíme: sluneční energii, vodní energii, větrnou energii, energii z biomasy a geotermální energii. Největší potenciál využití má energie slunečního záření. Tuto energii je možné využívat přímo, tedy jako energii přímého nebo rozptýleného slunečního záření, nebo v transformovaných formách energie (tj. biomasa).

Uvádí se, že v roce 2006 pocházelo z obnovitelných zdrojů energie asi 18% z celkově vyrobené energie. Většina této energie pochází z biomasy a to především z pálení dřeva cca 13%.

Evropská unie se dohodla, že do roku 2020 má být 20% elektrické energie vyráběno členskými státy z obnovitelných zdrojů energie. Je to především z důvodů omezení oxidu uhličitého, který je považován za hlavní příčinu globálního oteplování.

Obnovitelné zdroje energie jsou podporovány různými dotacemi nebo zvýhodněnými cenami. V České republice jsou obnovitelné zdroje podporovány státem garantovanými výkupními cenami nebo formou zelených bonusů.

1.1 Právní předpisy provozování obnovitelných zdrojů energie

Předpis 91/2005 Sb. - Úplné znění zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), jak vyplývá z pozdějších změn

Zákon 180/2005 Sb. - Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Zákon 406/2000 Sb. - Zákon o hospodaření energií (v aktualizovaném znění)

Vyhlášky Energetického regulačního úřadu:

Vyhláška 51/2006 Sb. - Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

Vyhláška č. 81/2010 Sb. – Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

Vyhláška 404/2005 Sb. - Vyhláška o náležitostech a členění regulačních výkazů včetně jejich vzorů a pravidlech pro sestavování regulačních výkazů

Vyhláška 426/2005 Sb. - Vyhláška o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích

Vyhláška 438/2001 Sb. - Vyhláška stanovující obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice

Vyhláška 475/2005 Sb. - Vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

Vyhláška 524/2006 Sb. - Vyhláška o pravidlech pro organizování trhu s plynem a tvorbě, přiřazení a užití typových diagramů dodávek plynu

Vyhláška 540/2005 Sb. - Vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice

Vyhláška 541/2005 Sb. - Vyhláška o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona

[17, 18]

2. Cíl a metodika práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je teoreticky popsat a shrnout technologii a techniku výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie. Tato práce je zaměřena především na bioplynové stanice a sluneční systémy. Na jejich historii, současný stav v České republice, hlavní výhody a nevýhody těchto technologií a nakonec na způsoby získávání elektrické energie z těchto technologií.

Dílní náplní práce je také porovnat bioplynové stanice a sluneční energii z finančního hlediska. Konkrétně se zaměřím na finanční analýzu bioplynové stanice s roční spotřebou materiálu 6000 tun a solární elektrárny, jež byla instalována na rodinném domě s výkonem 5 kW.

Dále se práce okrajově zaměřuje také na popis ostatních obnovitelných zdrojů energie tj. na biomasu, větrné elektrárny a vodní elektrárny, zejména popisu jejich hlavních výhod, nevýhod a způsobů výroby elektrické energie z těchto obnovitelných zdrojů.

Metodika bakalářské práce vychází z literární rešerše čerpané z české odborné literatury a dostupných zdrojů na internetu.

3. Obnovitelné zdroje energie

Kapitola č. 3 se zabývá jednotlivými druhy obnovitelných zdrojů energie konkrétně energií sluneční, větrnou, vodní a energií z biomasy, jejíž součástí jsou také bioplynové stanice.

3.1. Sluneční energie

Využití sluneční energie je z hlediska ochrany životního prostředí nejčistším a nejšetrnějším způsobem výroby elektřiny. V současnosti je pouze minimální množství spotřebované energie produkováno z obnovitelných zdrojů – to se však v budoucnu díky rozhodnutí Evropské unie nepochybně změní. Význam energie z obnovitelných zdrojů se bude neustále zvyšovat a nezastupitelnou roli bude zastávat i fotovoltaika.

Slunce předává Zemi energii zářením. Na 1 m² plochy Země dopadá v podobě světelných, tepelných a ultrafialových paprsků výkon kolem 1 kW. Sluneční záření je základním obnovitelným zdrojem energie a většina energie ostatních obnovitelných zdrojů má svůj původ v energii Slunce. Sluneční energii lze přeměňovat na teplo nebo elektřinu pomocí solárních a fotovoltaických kolektorů. Využití sluneční energie závisí na intenzitě slunečního záření (v ČR 950-1340 kWh na 1 m² za rok) a době slunečního záření (v ČR 1300-1800 hodin ročně). [1, 19]

Slunce je naší nejbližší hvězdou, která je od nás vzdálená asi 156 milionů kilometrů. Na Slunci probíhá termojaderná syntéza, do které vstupují dvě jádra vodíku a jedno jádro hélia. Energie vyzařovaná Sluncem vzniká při termonukleárních reakcích v jeho jádru. Každou vteřinu se asi 700 milionů tun vodíku přemění na 695 tun hélia a zbylých 5 milionů tun hmotnosti se přemění na energii. Hmotu Slunce tvoří převážně vodík a zbytek pak hélium a stopové prvky dalších prvků. [1, 8]

3.1.1. Historie solárních elektráren

„Historie fotovoltaického (FV) článku se začala datovat už roku 1839, kdy francouzský experimentální fyzik Alexandre Edmund Becquerel (při pokusech se dvěma kovovými elektrodami umístěnými v elektroodivém roztoku) zjistil, že při osvětlení zařízení vzrostlo na elektrodách napětí. Fotovoltaický efekt tak byl díky němu na světě. V roce 1877 byl objeven fotovoltaický efekt na selenu (W. G. Adams a R. E. Day) a byl vyroben první fotovoltaický článek.

Důležitým krokem v historii fotovoltaiky byl objev způsobu růstu monokrystalu křemíku polským vědcem Czochralským v roce 1918. Přestože byl fotovoltaický efekt postupně objeven i u jiných prvků (sírnik kadmia nebo oxid mědi), křemík se postupem času ukázal jako nejvýhodnější. Za vynálezce křemíkového solárního článku bývá označován Američan Russel Ohl (1941). Patent na „převaděč solární energie“ však nakonec dostali D. M. Chapin, C. S. Fuller a G. L. Pearson (1954), kteří o měsíc později předvedli křemíkové solární články s 4,5% a později 6% účinností.

Výraznější rozvoj fotovoltaiky přichází v šedesátých letech jak jinak než s nástupem kosmického výzkumu. Sluneční články v té době začaly sloužit jako výhodný zdroj energie pro vesmírné družice. Celosvětová ropná krize pak nastartovala (1973) rozsáhlý výzkum fotovoltaické přeměny sluneční energie v energii elektrickou jako potenciálního zdroje nejčistší energie pro celou Zemi.

V současné době jsou již technická řešení pro využití sluneční energie k výrobě elektrické energie k dispozici v uspokojivé podobě. Účinnost přeměny slunečního záření na elektrinu se v současnosti pohybuje v rozmezí mezi 10 a 15 %. To znamená, že je možné získat se současnými solárními systémy z jednoho metru aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie za rok.

Vyspělé země světa dnes poměrně intenzivně podporují rozvoj fotovoltaiky a dalších obnovitelných zdrojů energie. Jedná se totiž o strategický prostředek pro zajištění kontinuity energetických zdrojů (uvažuje se v časovém horizontu do roku 2050).“ [14]

3.1.2. Výhody solární energie

- Slunce se v lidském měřítku řadí k nevyčerpatelným zdrojům energie.
- Provozní náklady jsou velmi nízké, neboť sluneční energie je zdarma.
- Obsluha je nenáročná.
- Životnost zařízení je dlouhá a ve většině případů garantovaná na 15 - 20 let. Po uplynutí této doby dochází k postupnému snižování účinnosti, přičemž zařízení vydrží funkční až 50 let.
- Vyrobená energie ze slunečního záření obvykle nahradí 20 - 50% potřebného tepla k vytápění a 50 - 70% potřeby tepla k ohřevu vody v domácnosti.
- Snižování používání fosilních paliv, při jejichž spalování dochází k oteplování planety a i k znečištění přírody emisemi: SO₂, CO₂, Nox a prachové částice.

[6, 15]

3.1.3. Nevýhody solární energie

- Jelikož přísun slunečního záření během roku kolísá, nelze tento zdroj využít jako samostatný zdroj tepla. Pro celoroční využití je třeba použít doplňkový zdroj energie, který zajistí zvýšenou potřebu v době, kdy je slunečního záření nedostatek.
- Vyžaduje poměrně vysokou počáteční finanční investici.
- V průběhu instalace solárních panelů je potřeba provést stavební úpravy na stávajícím objektu (např. úprava topné soustavy, zateplení objektu).

[6, 15]

3.2. Větrná energie

Větrná energie vzniká nerovnoměrným ohřevem Země. Nerovnoměrný ohřev způsobuje tlakové rozdíly v atmosféře. Tyto rozdíly jsou vyrovnávány pomocí proudění vzduchu. Energie větru je v dnešní době využívána převážně pro výrobu elektřiny pomocí větrných elektráren. Nejdůležitější veličina větrné energie je rychlost větru. Vhodné místo pro větrnou elektrárnu musí mít průměrnou rychlost větru nejméně $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. [1, 19]

3.2.1. Historie větrných elektráren

Historicky nejstarší větrné mlýny v Evropě najdeme ve Francii a v Dánsku. Tyto mlýny zde sloužily zejména pro pohon čerpadel, mletí mouky nebo stromové kůry. Větrné mlýny měly různé konstrukce. První z nich byly konstruovány tak, že se silou větru otáčela celá stavba okolo mohutného svislého čepu. U holandských staveb se proti směru větru natáčela pouze horní věž s oběžným kolem. V Dánsku byl později roku 1890 zkonstruován první elektrický generátor poháněný větrem. V ČR je celkem zdokumentováno 876 větrných mlýnů, z nichž se 681 nachází na Moravě a Slezsku. [1, 2]

3.2.2. Výhody větrné energie

- Větrná energie je obnovitelným zdrojem energie.
- Při výrobě nejsou produkovány žádné škodliviny.
- Jedná se o zelenou energii vyráběnou z obnovitelného a prakticky nevyčerpatelného zdroje.
- Při výrobě energie nevznikají žádné škodlivé emise, a tak nedochází k zhoršení skleníkového efektu.
- Vytváří nová pracovní místa a také příležitost pro rozvoj českého průmyslu.

[3, 27]

3.2.3. Nevýhody větrné energie

- Podstatnou nevýhodou je hlučný provoz.
- Vzniká stroboskopický efekt.
- Dochází k rušení zvěře a ptactva.
- Narušuje krajinný ráz.
- Vyskytují se konstrukční vady, které ohrožují bezpečnost provozu (např. v zimě odletující kusy namrzlého ledu).
- Narušuje televizní a radiový signál.
- Existuje málo vhodných míst, pro jejich umístění

[3, 27]

3.2.4. Rozdělení větrných elektráren

1. Podle výkonu:

- Mikro (do 1KW) – používají se pro napájení jednotlivých zařízení. Nedodávají energii do sítě.
- Malé (do 20 KW) – používají se převážně pro dobíjení akumulátorů a také k dodání energie do veřejné sítě.
- Střední (20-50 KW) – používají se pro dodání energie do veřejné sítě a také k ohřevu vody v rodinných domech.
- Velké (nad 50 KW) – používají se výhradně k dodání energie do veřejné sítě.

2. Podle řešení větrné elektrárny:

- Větrné elektrárny s vrtulí – nejrozšířenější, mají rychloběžné vrtule s 1 – 4 listy.

- Větrné elektrárny s lopatkovými koly – pomaloběžné řešení s počtem vrtulí 12 a 24.

3. Podle koncepce:

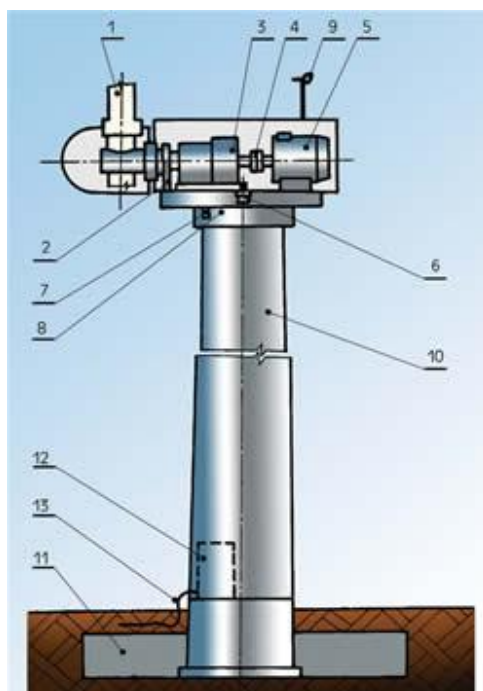
- S horizontální osou otáčení – pracují na principu vztlakové energie.
- S vertikální osou otáčení – pracují na principu vztlakové energie (typ Savonius) nebo odporovém principu (typ Darrius).

[3, 29]

3.2.5. Funkce větrných elektráren

Větrná elektrárna je zařízení přeměňující energii větru v energii elektrickou nebo mechanickou. Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína energii větru na mechanickou. Tato energie je poté přes převodovku přenášena do generátoru, kde se přemění na energii elektrickou. Za základní části větrné elektrárny považujeme: rotor, generátor, převodovku, systém natáčení strojovny, stožár a rám strojovny a regulační systém vzhledem ke směru větru (viz obr. 1). [1, 2]

Obr. 1 Základní části větrné elektrárny



Základní části zařízení:

Popis: 1 - rotor s rotorovou hlavicí, 2 - brzda rotoru, 3 - planetová převodovka, 4 - spojka, 5 - generátor, 6 - servo-pohon natáčení strojovny, 7 - brzda točny strojovny, 8 - ložisko točny strojovny, 9 - čidla rychlosti a směru větru, 10 - několikadílná věž elektrárny, 11 - betonový armovaný základ elektrárny, 12 - elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu, 13 - elektrická přípojka.

Zdroj: <http://ekowatt.cz/usporu/vetrna-energie.shtml>

3.3. Vodní energie

Vodní energie vzniká koloběhem vody za působení sluneční energie a gravitační síly Země. Voda v přírodě může být nositelem mechanické, chemické a tepelné energie. Běžně se používá mechanická energie, kam řadíme energii vodních toků a energii moří. energii získanou z vody považujeme za energii čistou. [1, 19]

3.3.1. Rozdělení vodních elektráren

1. Přečerpávací elektrárny:

Přečerpávací elektrárny se staví na tocích s malým průtokem, ale vhodným okolním terénem pro vybudování hrází. Při dostatku elektrické energie v síti se přečerpává voda z dolní nádrže do horní. Při nedostatku energie se voda vypouští do dolní nádrže přes turbínu a vyrobí se potřebná energie. [9, 10]

2. Akumulační elektrárny:

Akumulační druh elektrárny zadržuje vodu v době dostatku elektrické energie a v době nedostatku ji používá. Tento druh elektráren lze také použít jako zásobárnu pitné vody a jako ochranu okolí proti záplavám. [9, 10]

3. Přílivové elektrárny:

Tyto turbíny využívají energii vody přitékající při přílivu a odtékající při odlivu. Umístění těchto elektráren je vhodné do míst se silným přílivem. Nevýhodou těchto elektráren je, že doba výroby elektrické energie se nedá ovlivnit (často mimo energetickou špičku). [9, 10]

3.3.2. Výhody vodní energie

- Energie vodních toků se řadí k obnovitelným zdrojům - nelze ji vyčerpat.
- Její provoz má minimální dopad na znečištění okolí.
- Nároky na obsluhu a údržbu vodní elektrárny jsou minimální a je možné ovládání na dálku.

- Výroba energie je možná několik vteřin po startu, může se tedy použít jako špičkový zdroj energie, který může pokrýt okamžité nároky na výrobu.
- Přehradní jezera slouží i k jiným účelům (např. rekreační účely, zdroj pitné a užitkové vody, říční rybolov).

[11]

3.3.3. Nevýhody vodní energie

- Je potřeba vynaložit značnou finanční částku a čas pro výstavbu a stavba si vyžaduje zatopení velkého území.
- Závisí na stabilním průtoku vody.
- Přehradní hráze a jezy komplikují lodní provoz (nutno budovat systém plavebních komor).
- Přehradní hráze a jezy komplikují tah ryb (nutno budovat systém cest pro ryby).

[11]

3.3.4. Druhy turbín pro výrobu elektrické energie

Bánkiho turbína – je rovnotlaká turbína.

Peltonova turbína – je tangenciální rovnotlaká turbína.

Francisova turbína – je horizontální nebo vertikální přetlaková turbína.

Kaplanova turbína – je přetlaková axiální turbína.

Dériazova turbína – je rovnotlaká tangenciální turbína.

Savaniiova turbína – typ turbíny, která pracuje na odporovém principu.

[7]

3.4. Biomasa

Pojem biomasa obvykle označuje substanci biologického původu, jako je rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě, živočišná biomasa, vedlejší organické produkty nebo organické odpady.

Teoreticky lze k získání energie využít všechny formy biomasy, protože základním stavebním prvkem živé hmoty je uhlík a jeho chemické vazby obsahující energii. Za základní zdroj biomasy se považují rostliny, které jsou pomocí světelné energie Slunce zachycené v zeleném barvivu schopny vytvořit sacharidy a následně bílkoviny. Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo (či tříděný odpad), slámu a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný tříděný komunální odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod. [1, 19]

3.4.1. Rozdělení biomasy

1. Z hlediska původu:

a) Zemědělská biomasa – fytohmota pěstovaná na zemědělské půdě:

Jedná se o cíleně pěstované energetické plodiny, které mohou být:

- Jednoleté (konopí seté, hořčice...),
- víceleté (křídlovka, šťovík...),
- ozimé a jarní pro nepotravinářské účely (obiloviny, kukuřice, olejninny a přadné rostliny),
- rychle rostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě (vrba, topol, akát),
- část vedlejších zemědělských produktů (sláma olejnin, obiloviny),
- nespotřebované seno z údržby luk a pastvin.

b) Lesní biomasa – dendromasa:

- Palivové dřevo,
- zbytková dendromasa z lesnictví a dřevařského průmyslu (zbytková dřevní hmota z těžby dřeva, probírek, prořezávek, odřezky a zbytky z dřevozpracujícího průmyslu). Z této části biomasy jsou vyráběny dřevní pelety.

c) Zbytková biomasa - vedlejší produkty zemědělského a zpracovatelského průmyslu:

- Zbytky z dřevoprávního průmyslu a výroby papírů,
- zbytky ze zpracování masa,
- zbytky z potravinářského a lihovarnického průmyslu,
- zbytková biomasa z rostlinné a živočišné výroby (sláma a exkrementy chovaných zvířat),
- kaly z čistírenské výroby a kaly ze specifické výroby.

[12]

2. Z hlediska způsobu využití:

a) Suchá biomasa:

- S vlhkostí do 40 %,
- po vysušení vhodná ke spalování (dřevo, obilí, sláma,...).

b) Vlhká biomasa:

- S vlhkostí nad 40 %,
- vhodná k výrobě bioplynu (kejda, hnůj, kaly z čistíček vod,...).

[13]

3.4.2. Výhody biomasy

Při správném nakládání s biomasou a její produkcí představuje biomasa trvale obnovitelný zdroj energie, který má možnost podstatnou měrou přispět ke snížení emisí skleníkových plynů. Užívání biomasy sebou přináší i řadu dalších výhod.

- Biomasa je často lehce dostupným zdrojem a při obnovování je zaručena i pravidelnost dodávek.
- Moderní postupy při zpracování biomasy představují vysoce sofistikované systémy s vysokou měrou efektivnosti.
- Biomasa má nízký obsah síry tím pádem i oxidu siřičitého ve spalinách a prakticky žádný obsah organicky vázaného chlóru.
- Při využívání biomasy není potřeba budovat nákladnou infrastrukturu na převážení biomasy, protože je na rozdíl od fosilních paliv vysoce dostupná a snižuje se i riziko havárie při převozu.

[4, 12]

3.4.3. Nevýhody biomasy

Využívání biomasy s sebou přináší i řadu problémů a rizik zejména z hlediska negativního dopadu na životní prostředí.

- Odpad a vedlejší produkty při zpracování biomasy je potřebné vhodným způsobem uskladnit. Toto uskladnění probíhá nejčastěji na skládkách, což s sebou přináší dodatečné náklady. Při uskladnění na skládkách jsme však limitováni omezenou kapacitou skládky a zvyšujeme tím také produkci tzv. skládkových plynů a metanu. Metan je považován za 21krát silnější skleníkový plyn než je CO₂. Při pěstování biomasy často dochází k nekontrolovatelným přeměnám tradičně obhospodařovaných polí a lesů.
- Mnohé druhy energetických plodin mohou být výsledkem moderních genetických manipulací s cílem maximalizovat produkci v co nejkratším čase a posilnit je vůči škůdcům. [4, 12]

3.4.4. Zpracování biomasy

Způsob získávání energie z biomasy je závislý na chemických a fyzikálních vlastnostech této suroviny (viz tab. 1). Na zpracování biomasy má vliv množství vody a obsah sušiny, což má vliv na způsobu zpracování energie z biomasy. Hranicí mezi suchými a mokrymi procesy získávání energie z biomasy je 40% sušiny. [5, 13]

3.4.5. Druhy úprav biomasy

Tab. 1 Konverze biomasy

Typ konverze biomasy	Způsob konverze	Výstup konverze	Odpad či druhotná surovina
Termochemická konverze – suché procesy	Spalování	Teplo vázané na nosič	Popeloviny
	Zplyňování	Generátorový plyn	Dehtový olej
			Uhlíkaté palivo
	Pyrolýza	Generátorový plyn	Dehtový olej
			Pevné hořlavé zbytky
	Biochemická konverze – mokré procesy	Anaerobní fermentace	Bioplyn
Aerobní fermentace		Teplo vázané na nosič	Fermentovaný substrát
Alkoholová fermentace		Etanol, metanol	Vykvašený substrát
Fyzikálně-chemická	Esterifikace bioolejů	Metylester biooleje	Glycerin

Zdroj: Libra, M.; Poulek, V.: *Zdroje a využití energie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2007, s. 141, ISBN 978-80-213-1647-8.*

Před použitím je potřeba nechat biomasu alespoň částečně vyschnout, jelikož čerstvé rostliny mají vysoký podíl vody (voda má velké výparné teplo, proto s rostoucím obsahem vody klesá energetický zisk). Je doporučená vlhkost pod 30%, ale za optimální považujeme vlhkost do 20% (této vlhkosti běžně dosáhneme sušením pod přístřeškem). Pro některé případy (lisování briket, peletek) musíme snížit vlhkost pod 20%. K tomuto snížení nestačí běžné sušení na vzduchu, ale musíme k sušení použít zvýšenou teplotu. [4]

1. Zplyňování:

Zplyňování biomasy lze dvěma základními způsoby:

- a) Zplyňování v generátorech s pevným ložem - jednodušší, hoření probíhá při nižší teplotě (okolo 500 °C). Vzduch jako okysličovací médium proudí v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k pohybu zplyňované biomasy. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Hlavní nevýhodou je tvorba dehtových látek, fenolů apod. Odstranění těchto látek je problematické.
- b) Zplyňování ve fluidních generátorech – hoření probíhá při vyšší teplotě (850 až 950 °C) při atmosférickém tlaku nebo v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,58 MPa. [16]

2. Pyrolýza:

Pyrolýza tvoří spolu se spalováním a zplyňováním skupinu tzv. termických procesů. Oproti spalování a zplyňování je založena na termickém rozkladu organických materiálů bez přísunu oxidačních medií, jako jsou např. O₂, CO₂ nebo vodní pára.

Tento proces bývá rozdělen do 3 skupin podle teplot:

- Na nízkoteplotní, která je menší než 500 °C.
- Na středně-teplotní, ta se pohybuje v rozmezí 500 °C až 800 °C.
- Na vysokoteplotní pyrolýzu, která je větší než 800 °C.

V případě zpracování tuhých odpadních materiálů lze pyrolýzu považovat za jiný druh spalování. Při pyrolýze vznikají 4 hlavní produkty. Je to tuhý zbytek, pyrolýzní plyn, organický kapalný produkt (občas označován jako pyrolýzní olej), pyrolýzní voda.

Oproti spalování, které se vyznačuje velkým množstvím spalin, je objem pyrolýzního plynu menší. Při spalování odpadů se vyprodukuje velké množství tepelné energie. Využití této energie může být problematické. Oproti tomu pyrolýzní proces produkuje organický kondenzát a pyrolýzní plyn. Obojí se dá použít jako palivo. [16]

3.5. Bioplynové stanice

Bioplyn je plynný produkt anaerobní fermentace organických látek (mikrobiální rozklad látek bez přísunu vzduchu). Je to směs metanu a oxidu uhličitého s nepatrným množstvím dalších látek. Tyto látky mohou být zbytky vzdušných plynů (N_2 , O_2 , Ar), neúplně spotřebované produkty acidogenese (H_2 , přebytek CO_2) nebo příměsi z předcházejících reakcí organické hmoty (H_2S , N_2O , HCN, uhlovodíky, i jejich deriváty, většinou kyslíkaté nebo sirné). [20]

Bioplyn, který se využívá k energetickým účelům má v České republice více než 20letou historii. Jako příklad poslouží 20 let staré bioplynové stanice, nacházející se v areálu velkovýkrmny prasat v Třeboni a také další zemědělské bioplynové stanice v Trhovém Štěpánově. Tyto bioplynové stanice v době svého vzniku dávali naději, že tehdejší Československo nezůstane v tomto oboru pozadu za vývojem oproti sousedním státům. Obě zmíněné stanice v anaerobní fermentaci zpracovávají převážně tekuté odpady z živočišné výroby a získaný bioplyn spalují v kogeneračních jednotkách. Stanice dokázaly životaschopnost přeměny odpadní organické hmoty v bioplyn. Z uvedeného období se ještě můžeme zmínit o netradiční bioplynové stanici ve Slavkově u Brna, kde bioplyn vznikal ze slamnatého hnoje, který je ukládán ve speciálních ocelových koších pod utěsněnými zvony. Na všech uvedených řešeních se podílel Výzkumný ústav zemědělské techniky. Jeho pracovníci pak ještě dlouhá léta při prezentacích dokazovali vhodnost a výhodnost této technologie právě pro zemědělství. Avšak i přes výhody této technologie byla v následujících letech v zemědělských provozech uvedena do provozu ani ne desítka

dalších stanic. Většího rozšíření se však bioplynové stanice dočkali u čistění odpadních vod. Takových instalací bylo uvedeno do provozu v uplynulých 15-20 letech několik desítek na celém území republiky. [21]

V České republice je již tradičně ve velké míře využívána anaerobní stabilizace kalů jako součást technologie komunálních čistění odpadních vod. Bioplyn zde vyrobený je používán především pro vlastní energetickou potřebu (vyhřívání reaktorů, vytápění objektů, ohřev teplé vody). Velmi dramatický rozvoj zažívá v současné době výstavba bioplynových stanic. Ta svoji dynamikou předčila i rozvoj využívání skládkového plynu, který byl dominantní zvláště v předchozích letech. Ke konci roku 2010 bylo v provozu 174 bioplynových stanic s celkovým instalovaným výkonem 97,43 MWe. [22, 23]

V současnosti se bioplynové stanice rozdělují:

- Na bioplynové stanice zpracovávají zemědělský materiál,
- na bioplynové stanice zpracovávají odpadový materiál.

[24]

3.5.1. Bioplynové stanice zpracovávající zemědělský materiál

Tento druh stanic patří v České republice k nejrozšířenějším a je určen ke zpracování cíleně pěstovaných energetických plodin (kukuřice, cukrová řepa, luční tráva). Jako vhodný doplněk slouží kejda a hnůj. Vstupní materiál je homogenní a před vstupem do fermentace ho není potřeba upravovat. Jedná se o relativně jednoduchou technologii nenáročnou na provoz. [24]

Výhody bioplynových stanic zpracovávajících zemědělský materiál

- Jedná se o relativně levnou technologii.
- Bioplynové stanice vyžadují relativně jednoduchý povoloovací proces.
- Jedná se o vyzkoušený provoz (mnoho stanic v Evropě).

- Nabízí možnost uplatnění pro dosud neuplatněnou biomasu (luční tráva...).
- [24]

Nevýhody bioplynových stanic zpracovávajících zemědělský materiál

- Vyžadují nákup vsázky.
- Závisí na dodávce vsázky.
- Ceny vsázky jsou kolísající.
- Je nutná zvýšená doprava okolo bioplynové stanice z důvodu nutnosti dopravovat vsázku.

[24]

3.5.2. Bioplynové stanice zpracovávající odpadový materiál

Tento druh stanic je určen ke zpracování biologicky rozložitelného odpadu (rozložitelný komunální odpad, odpad z potravinářského průmyslu, kaly z čističek odpadních vod). Vstupní materiál je nesourodý, proto musí před vstupem projít třídící linkou, drcením na jemnou frakci (homogenizací) a likvidací choroboplodných zárodků (hygienizací). Při procesu fermentace vzniká bioplyn, který se spálí v kogeneračních jednotkách a získá se elektrická energie a teplo. [24]

Výhody bioplynových stanic zpracovávajících odpadový materiál

- Stanice může mít příjem i ze zpracování bioodpadů (ne jenom z elektrické energie a tepla).
- Odpadají náklady na cíleně pěstovanou biomasu.
- Moderní bioplynové stanice mají vyspělé technologie, které omezují negativní vlivy na okolní prostředí.
- S dotacemi mají krátkou dobu návratnosti (5-7 let).

[24]

Nevýhody bioplynových stanic zpracovávající odpadový materiál

- Vyžadují složitější povolovací proces.
- Počáteční náklady na stavbu a provoz jsou vysoké.
- Jsou zde problémy se získáním vstupních surovin – neexistuje trh s bioodpadem.

[24]

4. Technologie a technika výroby elektrické energie

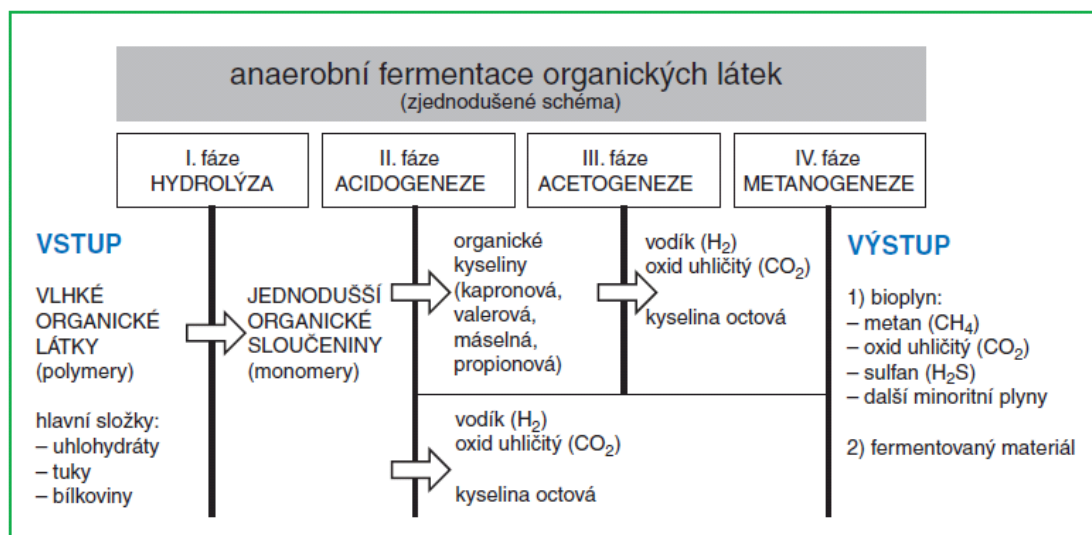
Kapitola 4. je zaměřena na technologii a techniku výroby elektrické energie za pomoci energie z biomasy (bioplynové stanice) a sluneční systémy.

4.1. Bioplynové stanice

4.1.1. Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je složitý biochemický proces rozkladu organické hmoty, který probíhá za nepřístupu vzduchu. Tento proces probíhá přirozeně v přírodě např. na dně jezer, v bažinách, nebo na skládkách komunálního odpadu. Díky směsné kultuře mikroorganismů v tomto procesu dochází k postupnému rozkladu organické hmoty v několika stupních. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Proces můžeme rozdělit do 4 hlavních fází (viz obr. 2). [5]

Obr. 2 Schéma anaerobní fermentace



Zdroj: Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič. P.: *Biomasa – Obnovitelný zdroj energie*. ČZU v Praze, Praha 2008, s. 206, ISBN 978-80-213-1810-6.

a) Hydrolýza:

Začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro nastartování procesu je dostatečný obsah vlhkosti nad 50% hmotnostního podílu. [5, 25]

b) Acidogeneze:

Zpracovávaný materiál může ještě obsahovat zbytky vzdušného kyslíku. V této fázi dojde k vytvoření anaerobního (bezokyslíkatého) prostředí. Toto zajistí četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů. [5, 25]

c) Acetogeneze:

Je označována jako mezifáze. Dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové. [5, 25]

d) Methanogeneze:

Závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká methan - CH_4 , tento krok provádějí methanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy. [5, 25]

Z hlediska reakčních teplot můžeme anaerobní procesy rozdělit, podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Výhodou procesů, které jsou prováděny za vyšších teplot, je zejména vyšší účinnost hygienizace daného materiálu. Nejběžněji užívanou aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38°C. [5, 25]

4.1.2. Rozdělení podle dávkování surového materiálu

Bioplynové technologie můžeme rozdělit podle způsobu dávkování surového materiálu následujícím způsobem:

a) Diskontinuální:

Jedná se o technologie s přerušovaným provozem. Doba jednoho pracovního cyklu se rovná době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se při suché fermentaci. Nároky na obsluhu jsou velmi náročné. [5, 25]

b) Semikontinuální:

Doba mezi jednotlivými dávkami je podstatně kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Jedná se v současné době o nejpoužívanější způsob plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů. [5, 25]

c) Kontinuální:

Kontinuální způsob se používá při plnění fermentorů, jenž jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s nízkým obsahem sušiny. [5, 25]

Bioplyn je hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty. Jedná se o bezbarvý plyn, který se skládá převážně z methanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%). Bioplyn ale může také obsahovat menší množství N_2 , H_2S , NH_3 , H_2O , ethanu a nižších uhlovodíků. Vedlejším produktem anaerobní fermentace je stabilizovaný anaerobní materiál (fermentační zbytek, digestát, fermentát) v současné době hojně využívaný jako zemědělské hnojivo. [5, 25]

4.1.3. Rozdělení podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu

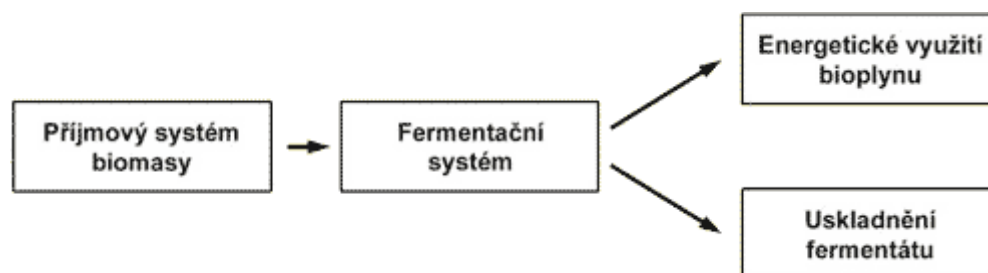
Bioplynové technologie můžeme také rozdělit podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu na bioplynové stanice zpracovávající tekutý materiál s obsahem sušiny do 20% (tzv. mokrá fermentace), na bioplynové stanice zpracovávající tuhý materiál s obsahem sušiny nad 20% (tzv. suchá fermentace) a dále na bioplynové stanice kombinované. [5, 25]

4.1.4. Mokrá fermentace

Nejpoužívanější technologií výroby bioplynu je tzv. "mokrá fermentace", která zpracovává substráty s výsledným obsahem sušiny menším než 20%. Mokrá anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách

tzv. fermentorech/reaktorech, jenž jsou vyhřívány na navrženou provozní teplotu (35°C až 55°C) a míchány. Technologickou linku tvoří 4 základní stavebně-technologické celky (viz obr. 3). [5, 25]

Obr. 3 Blokové schéma technologie mokré fermentace



Zdroj: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm

Příjmový systém

Slouží pro přípravu čerstvého substrátu, než vstoupí do fermentoru. Slouží zejména k úpravě velikosti částic, k míchání, homogenizaci, úpravě tuhého substrátu, ředění, apod. a k jeho optimálnímu dávkování do anaerobního procesu. Podle druhu zpracovávané biomasy sestává z příjmového zásobníku tuhé biomasy (tuhý substrát >20%) a příjmové jímky kapalné biomasy (tuhý substrát <12%). [25]

Fermentační systém

V tomto systému probíhá vlastní anaerobní vyhnívání v čistě anaerobním prostředí. Běžně se ve výrobě využívá několik základních koncepcí fermentačního systému, např.:

- Fermentor s integrovaným plynojemem.
- Fermentor + samostatný plynojem.
- Fermentor typu "kruh v kruhu" + samostatný plynojem.
- Fermentor + dohnivací nádrž s integrovaným plynojemem, apod.

Fermentory jsou koncipovány jako: nadzemní, podzemní nebo částečně zapuštěné. Zvolení typu fermentoru závisí na přání investora. Před zahájením výstavby je také důležité zvážit okolní terén (úprava podloží, charakter krajiny). V současné době jsou v zemědělství nepoužívanější válcové železobetonové plynotěsné fermentory. Na výrobu fermentoru je možné použít i jiný materiál (např. ocel) nebo jiné provedení fermentoru. [5, 25]

Běžný rozsah základních procesních parametrů podle druhu technologie a substrátu je: $t <35;40>^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} \approx 6,5$ až $7,5$, hydraulická doba zdržení $<35;110>$ dnů a jedno respektive dvoustupňový anaerobní proces. [25]

Fermentor je vybaven odpovídajícím příslušenstvím podle konstrukce a druhu substrátu. Nejedná se o topný a míchací systém ale v případě nutnosti je možné provádět další úpravy (např. odsíření bioplynu - přidáním malého množství vzduchu). [5, 25]

Uskladňovací systém

„Stabilizovaný materiál po fermentaci (tzv. fermentační zbytek nebo také digestát/fermentát) je nutné uskladňovat v souladu se zásadami správné zemědělské praxe. V případě, že je fermentační zbytek separován na tuhou frakci (sušina ≈ 25 až 35%) a kapalnou fázi/fugát (sušina $<1\%$) je nutné koncipovat uskladňovací systém pro obě frakce.

Tuhá frakce se běžně uskladňuje na stávajících hnojištích nebo vodohospodářsky zabezpečených plochách. Fugát (sušina $<1\%$) resp. neseparovaný fermentační zbytek (sušina ≈ 4 až 10%) se uskladňuje ve vhodně dimenzovaných jímkách. Potřebná velikost uskladňovacího systému u farmářských bioplynových stanic je volena s ohledem na splnění zásad správné zemědělské praxe ... běžně pro dobu 140 až 150 dnů.

Separční zařízení (kalolis, odstředivka, centrifuga, apod.) bývá osazováno např. z důvodu záměrného využití fugátu pro ředění čerstvého substrátu na požadovanou procesní sušinu nebo v případě zvláštních technologických požadavků farmy. Vlivem recirkulace fugátu se úměrně snižuje potřebná velikost uskladňovací jímky a snižuje spotřeba ředící vody. Je ovšem potřeba pravidelně

kontrolovat obsah dusíku v recirkulovaném fugátu, a to z důvodu zamezení inhibičním vlivům na anaerobní proces.“ [25]

Energetické využití bioplynu:

- Takto získaná energie je využitelná při výrobě tepla v parních kotlích
- Z hlediska aktuálních tržních podmínek energií v ČR se bioplyn nejčastěji využívá pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla v tzv. kogeneračních jednotkách.
- Používá se k čištění bioplynu a jeho prodeji do plynárenské sítě resp. provozovatelům jiných energetických systémů (např. CZT, průmyslové teplárny, apod.).
- Energie se využívá pro pohon dopravní techniky a automobilů.

[25]

Výhody mokré fermentace:

- Umožňují zpracovávat tekuté materiály.
- Jedná se o dobře zvládnutý a mnoha aplikacemi ověřený proces.
- Je zajištěna stálá produkce bioplynu.
- Výhodou je také homogenita výstupního digestátu.

[25, 30]

Nevýhody mokré fermentace:

- Je nutné zabezpečit stálý přísun substrátu.
- Vyžadují náročnou předúpravu bioodpadů.
- Přináší s sebou produkci velkého množství kapalného výstupního digestátu.

[30]

4.1.5. Suchá fermentace

Tato technologie se v Evropě začíná používat teprve několik málo let a to především z důvodu výrazně nižší spotřeby elektrické energie a menší náročnost na kvalitu vstupů. Zpracovávají se substráty se sušinou nad 20%. Tato technologie používá diskontinuální dávkování materiálu. [30]

Výhody suché fermentace:

- Umožňuje práci s heterogenní vstupní hmotou obsahující příměsi (hlína, cizorodé předměty).
- Má nízkou vlastní spotřebu elektrické energie.
- Umožňuje diskontinuální provoz.
- Vyžaduje nižší nároky na obsluhu.

[30]

Nevýhody suché fermentace:

- Vykazuje nižší účinnost rozkladu oproti mokré technologii.
- Je nutná otevřená manipulace s bioodpadem při naskladnění a vyskladnění.
- Jsou patrné výkyvy produkce bioplynu ve startovní fázi procesu.
- Má komplikovanější náběh technologie.
- Zařízení není příliš vhodné pro bioodpady vyžadující hygienizaci (např. kuchyňský odpad, jateční odpad) a pro materiály kapalné konzistence.

[30]

4.1.6. Druhy využití bioplynu

- Přímé spalování a ohřev teplotosného média (např. sušení, topení, chlazení).
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotosného média – kogenerace.

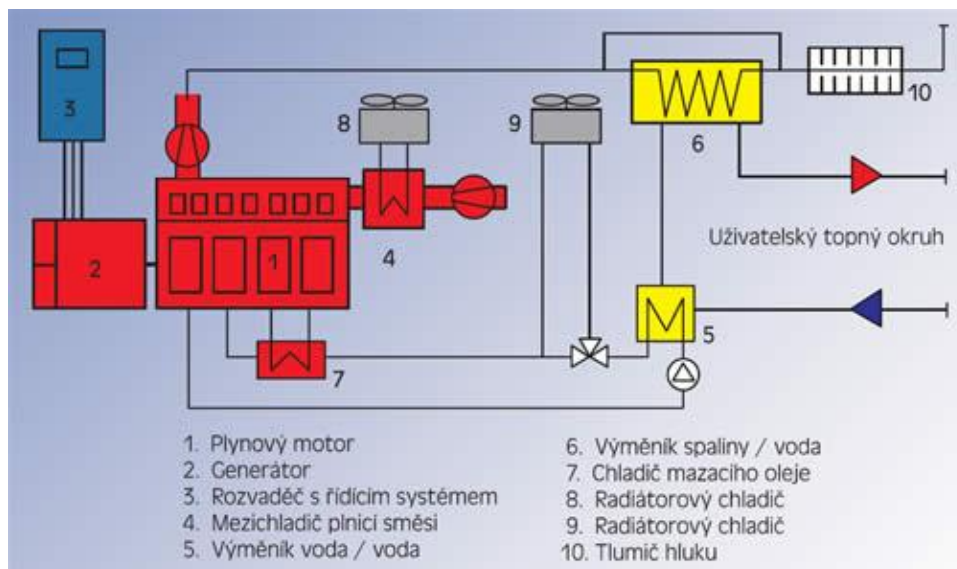
- Výroba elektrické energie, tepla a chladu – trigenerace.

[5]

Kogenerace

Kogenerace je současná výroba elektrické a tepelné energie. Principem kogenerace je využít bioplyn, které vzniká při fermentaci. Kogenerační jednotky jsou zařízení pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Základem je pístový spalovací motor, který pohání elektrický agregát (viz obr. 4). Tato metoda je velmi účinná, dosahuje se účinnosti přeměny energie 80-90% na elektrickou a tepelnou energii. Asi 30% energie se přemění na elektrickou energii, 60% na tepelnou energii a zbytek jsou tepelné ztráty. [5]

Obr. 4 Blokové schéma kogenerační jednotky



Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elekriny-a-tepla>

Tab. 2 Základní typy kogeneračních jednotek a jejich parametry

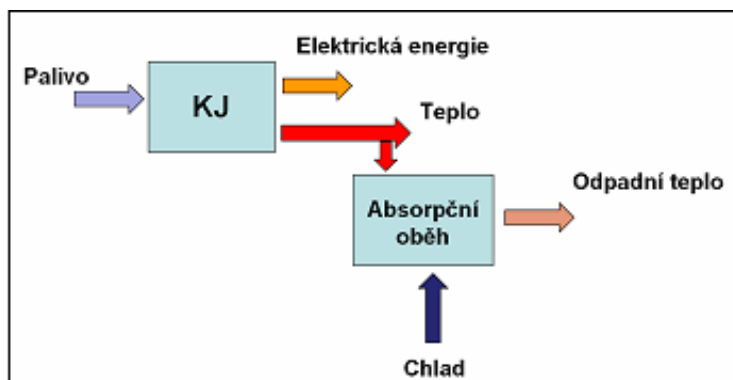
Kogenerační jednotky TEDOM střední řady – CENTO (dříve MT)						
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba zem. plynu (m³·h⁻¹)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Cento 42 SP	42	64,5	13,2	33,8	52,0	85,8
Cento 65 SP	65	97	20	34,4	51,3	85,7
Cento 75 SP	75	125	25,8	30,7	51,2	81,9
Cento 100 SP	100	161	32,3	32,8	52,8	85,6
Cento 140 SP	150	226	34,8	34,8	52,6	87,4
Všechny jednotky výkonové řady CENTO lze dodat i s asynchronním generátorem.						

Zdroj: Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič. P.: *Biomasa – Obnovitelný zdroj energie*. ČZU v Praze, Praha 2008, s. 206, ISBN 978-80-213-1810-6.

Trigenerace

Trigenerace je současná výroba elektrické energie, tepla a chladu. Jedná se o specifický druh kogenerace. Ke kogenerační jednotce je připojena absorpční chladicí jednotka (viz obr. 4). Toto spojení je výhodné z hlediska maximální využití kogenerační jednotky, kde místo tepla můžeme vyrábět chlad. [32]

Obr. 4 Blokové schéma trigenerace



Zdroj: <http://biom.cz/cz/obrazek/blokove-schema-kogenerace-resp-trigenerace-kj-kogeneracni-jednotka>

4.2. Sluneční systémy

4.2.1. Druhy kolektorů

1. Průtokové kolektory

Sluneční kolektory můžeme rozdělit do několika skupin. Za nejjednodušší kolektory považujeme průtokové. Tyto kolektory slouží zejména k ohřívání vody v rodinných bazénech a mají tvar dutých matrací z černého plastu nebo pryže. Tyto matrace jsou rozděleny na komůrky, jimiž je proháněna ohřívána voda.

Průtokové kolektory patří v současné době mezi nejrozšířenější. Základem je černě nastříkaná hliníková nebo měděná zvlněná deska tzv. absorbér. Absorbér je umístěn v dobře tepelně izolovaném plášti a uzavřen skleněným nebo polykarbonátovým oknem. Vytváří se tak vlastně skleníkový efekt a tepelná energie se zde může koncentrovat. Teplo se odvádí trubkami nebo kanálky v lamelách absorbéro. Jednotlivé panely mají plochu až 2 m² a dokážou využít až 50% energie. [1, 8].

2. Vakuové kolektory

Vakuové kolektory jsou účinnější, ale cenově náročnější než kolektory průtokové. Princip je téměř shodný až na to, že je zde trubkový absorbér zastaven ve skleněné vakuované trubici, přičemž vakuum nejlépe snižuje tepelné ztráty energie do okolního prostředí [2].

3. Koncentrační kolektory

Koncentrační kolektory soustřeďují vstupující záření pomocí dutých zrcadel nebo Fresnelových čoček na menší plochu trubnicových ohřivačů pracovní látky. Díky natáčení se za pohybujícím Sluncem dosáhne požadované vyšší teploty pracovní látky [1, 8].

4.2.2. Druhy sluneční elektrárny

Věžové sluneční elektrárny

Věžová sluneční elektrárna je taková elektrárna, kde se mění sluneční záření na elektrickou energii ve velkém měřítku. Je to vlastně tepelná elektrárna, která potřebné teplo získává přímo ze slunečního záření. Jedná se o soustavu plochých zrcadel, které se automaticky natáčejí za sluncem (viz obr. 5). Sluneční energie se koncentruje v kotli, který je umístěn na vrcholu vysoké věže. V kotli se generuje pára, která pohání turbínu elektrického generátoru. Některé elektrárny používají ještě šterkový a olejový akumulátor tepelné energie, aby elektrický generátor mohl pracovat ještě nějakou dobu po západu slunce. Páru se daří ohřát až na 560°C a dosahuje se účinnosti až 17%. I přes zpočátku slibné výsledky se tento systém nedokázal naplno prosadit. I přes moderní počítačovou techniku je problém přesné nastavení zrcadel. Také je potřeba zrcadla neustále čistit. [6, 8]

Obr. 5 Solární věžová elektrárna ve městě Jülich



Zdroj: http://neviditelnypes.lidovky.cz/energetika-prvni-solarni-vez-v-nemecku-dy8-/p_ekonomika.asp?c=A100726_182329_p_ekonomika_wag

Kolektorové sluneční elektrárny

Jedná se o nejrozšířenější a dnes i nejperspektivnější princip přeměny solární energie na energii elektrickou. Jedná se o přímou přeměnu v polovodičových fotovoltaických panelech. Přeměnění stejnosměrný elektrický proud lze použít k napájení spotřebičů, dobíjení akumulátorů či výrobě vodíku elektrolýzou vody a k akumulaci energie v této formě. Pomocí měničů pak lze měnit stejnosměrný proud na střídavý, který je obvyklý ve veřejné rozvodní síti. Tyto systémy mohou být konstruovány jako ostrovní solární systémy nebo solární systémy zapojené do sítě (viz kapitola 4.2.3). [6,8]

Obr. 6 Fotovoltaické panely



Zdroj: http://www.nazeleno.cz/chap_892/fotovoltaiicke-panely-jsou-skutecne-ekologicke.aspx

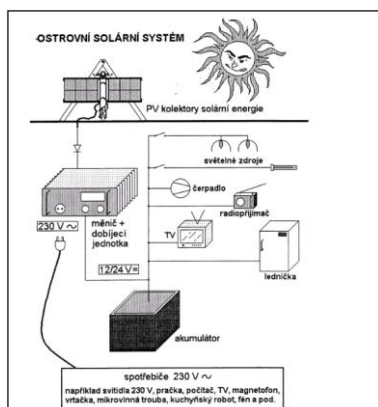
4.2.3. Druhy fotovoltaických elektráren

1. Ostrovní solární systémy – nejsou napojeny na rozvodnou síť a zásobují malou oblast

Ostrovní fotovoltaický systém je možno instalovat všude tam, kde není možné připojení na rozvodnou síť elektrické energie nebo v lokalitách, v nichž by vybudování elektrické přípojky představovalo vysoké finanční náklady. Velmi často je ostrovní fotovoltaický systém instalován na obytných autech, karavanech, lodích atd. Solární záření dopadající na plochu fotovoltaických panelů generuje elektrický stejnosměrný proud. Ten je sveden fotovoltaickými kabely do regulátoru

a z něj pak do solárních nebo trakčních akumulátorů. Výkon panelů a kapacita baterií musí být správně navržena. Takto získanou elektrickou energii můžeme použít pro veškeré spotřebiče s napájením 24V. Pokud potřebujeme připojit běžný spotřebič na 230V, stačí k akumulátorům zapojit napěťový měnič patřičných parametrů se zásuvkou (viz obr. 7). [2, 6]

Obr. 7 Ostrovní solární systém



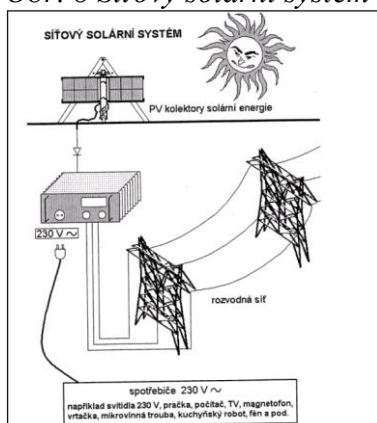
Zdroj: Libra, M.; Poulek, V.: Zdroje a využití energie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2007, s. 141, ISBN 978-80-213-1647-8.

2. Solární systémy zapojené do sítě:

Oproti ostrovním mají sluneční systémy zapojené do veřejné sítě tu výhodu, že v době, kdy vyrábí fotovoltaický systém přebytek energie, může ji dodávat do sítě. Naopak v době nedostatku vlastního výkonu lze energii odebírat z rozvodné sítě.

Při dodávání do rozvodné sítě se stejnosměrné napětí, které produkují fotovoltaické panely a kolektory, musí přeměnit na napětí střídavé. Pro tyto účely je nutné zapojit do systému měnič napětí. [2]

Obr. 8 Síťový solární systém



Zdroj: Libra, M.; Poulek, V.: *Zdroje a využití energie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2007, s. 141, ISBN 978-80-213-1647-8.

4.2.4. Rozdělení dle typu solárních článků

Dle typu solárních článků lze fotovoltaické sluneční panely a kolektory rozdělit na:

- monokrystalické kolektory – skládají se z jediného krystalu
- polykrystalické kolektory – z mnoha různě orientovaných krystalů
- amorfni kolektory – základem amorfni křemíková vrstva

1. Panely s monokrystalickými články

Solární panely s monokrystalickými články jsou v České republice nejvíce používané. Krystaly křemíku jsou větší než 100 mm a vyrábí se na bázi chemického procesu - tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky, tzv. podložky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17%. [33]

2. Solární panely s polykrystalickými články

Základem je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemíková podložka, s tím rozdílem, že solární články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje od 12 do 14% (výjimečně až 16%). Jejich výroba je ale v porovnání s monokrystalickými panely mnohem jednodušší, tedy i levnější a rychlejší. [33]

3. Solární panely s amorfními články

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

[33]

5. Zhodnocení jednotlivých druhů energie

Pro ekonomické zhodnocení výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie se používá několik parametrů.

- a) Prostá doba návratnosti – je to první orientační ukazatel efektivnosti. Jsou to tržby mínus provozní náklady.
- b) Reálná, diskontovaná doba návratnosti – udává návratnost za skutečných ekonomických podmínek. Hlavně zohledňuje způsob financování. Současně se zohledňuje i diskont (změna hodnoty peněz v čase).
- c) Vnitřní výnosová míra – vyjadřuje výnosové investice.
- d) Čistá současná hodnota – vyjadřuje skutečnou hodnotu investice na konci ekonomické životnosti. Je to součet výnosů za dobu životnosti, po odečtení vstupní investice a vlivu diskontu.
- e) Tok hotovosti – je dán grafem. Je zřejmé kolik každý rok projekt vydělá a kolik spotřebuje.

[34]

5.1. Ekonomické zhodnocení bioplynové stanice

Investice do bioplynové stanice bude uvedena na příkladu stanice s roční kapacitou zpracované hmoty 6000 tun, jejímž investorem bude společenství obce čítající 60 rodinných domů. Polovina množství vsazky bude tvořena kejdou, která bude k dispozici zdarma a druhá polovina bude tvořena biomasou, která bude zakoupena. Z celkového výnosu bude 1/3 vyprodukovaného tepla prodána na vytápění budov. Rozhodující příjem bude tedy tvořit prodej vyrobené elektřiny za regulovatelnou výkupní cenu.

Tab. 3 Příklad ekonomiky provozu bioplynové stanice při různé ceně vstupní suroviny.

Instalovaný výkon elektrický	300 kW
Celkový tepelný výkon	500 kW
Produkce elektřiny za rok	2340 tis.kWh
Prodej tepla (1/3 celkové produkce)	4700 GJ
Výkupní cena elektřiny	3,55 Kč.kWh ⁻¹
Cena prodaného tepla	200 Kč.GJ ⁻¹

Investiční náklady	43 mil. Kč
Z toho technologie	35 mil. Kč

Provozní náklady (obsluha, servis, energie, aj.)	2,1 mil. Kč	2,1 mil. Kč
Náklady na nákup vstupní biomasy (50 % vstupní suroviny)	2,7 mil. Kč	3,6 mil. Kč
Náklady na kejdu (50 % vstupní suroviny)	0 mil. Kč	0 mil. Kč

Příjem z prodeje elektřiny	8,307 mil. Kč
Příjem z prodeje tepla	0,94 mil. Kč

Prostá doba návratnosti	10 let	13 let
Reálná doba návratnosti (diskontovaná)	15 let	19 let
Doba životnosti (hodnocení)	20 let	
Diskont	7 %	

Zdroj: <http://www.mzp.cz>

Z ekonomického zhodnocení je zřejmé, že počáteční investice do bioplynové stanice je velmi nákladná (43 mil. Kč) a doba návratnosti je udávána okolo 15 let.

5.2. Ekonomické zhodnocení solárního systému na rodinném domku

Ekonomické zhodnocení solárního systému bude provedeno na rodinném domku s instalovaným výkonem 5kW (potřebná plocha je cca 40m²).

Porovnáváme 2 možnosti provozu – prodej veškeré vyrobené energie do sítě za pevnou výkupní cenu a prodej v provozu zelených bonusů. Předpokládá se, že prodej formou zelených bonusů pokryje polovinu spotřeby domu a zbytek energie se prodá do sítě.

Tab. 3 Příklad ekonomiky provozu fotovoltaické elektrárny v rodinném domku

Fotovoltaický systém 5 kW na rodinném domku	Prodej do sítě za výkupní ceny	Provoz v režimu zelených bonusů
Výkon systému	5 kW	
Měrné investiční náklady	135 000 Kč.kW ⁻¹	
Investice celkem	675 000 Kč	
Měrná produkce fotovoltaického systému	900 kWh.kWp ⁻¹	
Roční produkce fotovoltaického systému	4 500 kWh	
Z toho dodáno do sítě	4 500 kWh	3 500 kWh
Z toho spotřebováno v domě	0	1 000 kWh
Regulovaná výkupní cena elektřiny / zelený bonus	12,89 Kč.kWh ⁻¹	11,91 Kč.kWh ⁻¹
Smluvní cena za elektřinu prodanou do sítě		1,01 Kč.kWh ⁻¹
Roční spotřeba elektřiny v domě	2 000 kWh	
Z toho odebráno ze sítě	2 000 kWh	1 000 kWh
Z toho dodáno fotovoltaickým systémem	0	1 000 kWh
Cena elektřiny ze sítě	4,48 Kč.kWh ⁻¹	
Roční příjem z prodeje elektřiny	58 005 Kč	3 535 Kč
Roční příjem za zelené bonusy	0	53 595 Kč
Roční náklady na elektřinu ze sítě	- 8 960 Kč	- 4 480 Kč
Roční náklady na provoz fotovoltaického systému	- 3 000 Kč	
Roční příjem celkem	46 045 Kč	49 650 Kč
Návratnost	14,7 roku	13,6 roku

Zdroj: <http://www.mzp.cz>

Z tabulky je vidět, že výhodnější je prodej formou zelených bonusů, proto 95% takových instalací využívá tento druh prodeje.

Výkupní ceny elektřiny za roky 2010, 2011, 2012.

Solární elektrárny uvedené do provozu 2010: do 30kW = 12,75Kč nad 30kW = 12,64Kč

Solární elektrárny uvedené do provozu 2011: do 30kW = 7,65Kč nad 100kW = 5,61Kč

Solární elektrárny uvedené do provozu 2012: podporované pouze elektrárny do 30kW = 6,16Kč

Stavba solárních elektráren je pozastavena. Distribuční společnosti je odmítly do sítě připojovat na počátku roku 2010. V září roku 2011 tyto společnosti slíbily, že žádosti o připojení solárních elektráren budou posuzovat individuálně. [35]

5.3. Porovnání bioplynové stanice a solárního systému

V následující tabulce porovnám z finančního hlediska solární elektrárnu rodinného domu s instalovaným výkonem 5 kW a bioplynovou stanicí 60 rodinných domů s instalovaným výkonem 300 kW. Pro názornost finančního zhodnocení byl celkový výnos bioplynové stanice přepočítán na 1 rodinný dům se srovnatelným výkonem 5 kW jako u solární elektrárny. Jedná se o přímý prodej elektrické energie bez započítání nákladů na elektrický provoz rodinných domů.

Tab. 5 Finanční bilance bioplynové stanice a solární elektrárny

	Bioplynová stanice		Solární elektrárna
	Pro 60 domů	Pro 1 dům	Pro 1 dům
Instalovaný výkon	300 kW	5 kW	5 kW
Počáteční náklady	43 mil. Kč	716 667 Kč	675 000 Kč
Roční příjem	4 447 000 Kč	74 117 Kč	53 005 Kč
Reálná doba návratnosti (diskontovaná)	15 let	15 let	12,7 let
Celkový výdělek po 20 letech provozu	22 235 100 Kč	370 585 Kč	386 900 Kč

Z finanční analýzy solární elektrárny a bioplynové stanice je zřejmé, že z ekonomického pohledu je výhodnější investice do výroby elektrické energie pomocí solární elektrárny než prostřednictvím bioplynové stanice. Nehledě na to, že solární elektrárna je oproti bioplynové stanici technologicky jednodušší, nevyžaduje téměř žádné další náklady na obsluhu a údržbu a při stavbě není potřeba rozsáhlého pozemku na umístění solárních panelů. Další nevýhodou bioplynové stanice je potřeba nákupu biomasy, která je nutná pro samotný provoz a jejíž cena může v průběhu let kolísat. Oproti tomu získávání sluneční energie je pro provoz slunečních elektráren zcela zdarma.

6. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zaměřit se na popis a zhodnocení technologie a techniky výroby elektrické energie z jednotlivých obnovitelných zdrojů energie konkrétně na sluneční energii, vodní energii, větrnou energii a energii z biomasy, které jsou v současné době využívány, a v budoucnosti lze předpokládat ještě větší a rychlejší využití obnovitelných zdrojů energie o to rychleji o co budou ceny fosilních paliv narůstat a jejich zásoby na planetě docházet.

Největší zájem byl věnován získávání elektrické energie pomocí solárních systémů a bioplynových stanic, přičemž bylo díky ekonomickému zhodnocení zjištěno, že investice do zařízení bioplynových stanic a solárních panelů je velmi nákladnou záležitostí. Přičemž doba návratu u bioplynových stanic se počítá okolo 15 let po uvedení stanice do provozu a u solárních systémů se doba návratnosti pohybuje kolem 14 let. Z porovnání lépe vychází solární energie a to jak z finančního hlediska, tak z nároků na obsluhu a údržbu. Proto je z mého pohledu výhodnější elektrické energie ze solární elektrárny.

Dané téma jsem si vybral zejména s ohledem na vzrůstající energetické potřeby lidstva, které do budoucna nebudeme schopni uspokojit stávajícími způsoby získávání energie a budeme nuceni zaměřit se na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie, což se může zdát v počátečních stádiích jako velmi nákladná finanční investice, ale pro naši budoucnost nevyhnutelné řešení.

7. Seznam použité literatury

- [1] Augusta, P. a kol.: *Velká kniha o energii*. L.A. Consulting Agency, s.r.o., Praha 2001, s. 383, ISBN 80-238-6578-1.
- [2] Libra, M.; Poulek, V.: *Zdroje a využití energie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2007, s. 141, ISBN 978-80-213-1647-8.
- [3] Beranovský, J.; Truxa, J. a kol.: *Alternativní energie pro váš dům*, ERA group spol. s.r.o., Brno 2003, s. 125, ISBN 80-86517-59-4.
- [4] Murtinger, K.; Beranovský, J.: *Energie z biomasy*. ERA group spol. s.r.o., Brno 2008, s. 92, ISBN 978-80-7366-115-1.
- [5] Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič. P.: *Biomasa – Obnovitelný zdroj energie*. ČZU v Praze, Praha 2008, s. 206, ISBN 978-80-213-1810-6.
- [6] Libra, M.; Pastorek, V.: *Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie*. ILSA, Praha 2009, s. 160, ISBN 978-80-904311-0-2.
- [7] Ulrych, E.: *Aplikovaná hydromechanika I*. ČZU-TF, Praha 2007, s. 126, ISBN 978-80-213-1609-6.
- [8]] Libra, M.; Poulek, V.: *Solární energie, fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2005, s. 122, ISBN 80-213-1335-8.
- [9] Energetický poradce: *Slovník odborných výrazů* [online] [cit. 2012-01-10] Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/slovník/akumulacni-elektrarny>.
- [10] *Zdroje elektrické energie*: [online] [cit. 2012-01-10] Dostupné z: <http://www.jsmilek.cz/skripta-pdf/elny-2-vodni-skripta.pdf>.
- [11] *Vodní elektrárny*: [online] [cit. 2012-01-10] Dostupné z: <http://www.vodni-elektrarny.cz/vodni-elektrarny>.

- [12] *Biomasa – definice, rozdělení, využití, rizika, trendy* [online] [cit. 2012-02-21] Dostupné z: <http://www.bohemia-bioenergy.cz/biomasa.htm#zem-bio>.
- [13] Murtinger, K.: *Možnosti využití biomasy* [online] Publikováno 2007 [cit. 2012-02-21] Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/zemedelstvi/62730/moznosti-vyuziti-biomasy>.
- [14] Mach, J.: *Využití solární energie* [online] [cit. 2012-01-16] Dostupné z: http://www.rescompass.org/IMG/pdf/Solarni_energie.pdf.
- [15] *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] [cit. 2012-02-20] Dostupné z: <http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>.
- [16] Staf, M.; Skoblja, S.; Buryan, P.: *Pyrolýza odpadní biomasy energie* [online] [cit. 2012-01-20] Dostupné z: <http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa/Staf.pdf> .
- [17] *Právní předpisy ČR* [online] [cit. 2012-02-20] Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-browse_articles.php?parentId=117.
- [18] Ministerstvo vnitra České republiky [online] [cit. 2012-02-20] Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu-stejnopisy-sbirky-zakonu.aspx>.
- [19] *Obnovitelné zdroje energie* [online] Publikováno 2008 [cit. 2012-01-16] Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>.
- [20] Tomášek, K.: *BPS zvýší podíl čisté energie. Biom.cz* [online]. Publikováno 11.08.2011 [cit. 2012-02-25] Dostupné z: <http://www.biom.cz/index.shtml?x=1993984>.
- [21] Koč, B.: *Bioplyn ano, ale ...* [online]. Publikováno 10.12.2011 [cit. 2012-02-25] Dostupné z: <http://biom.cz/mimo.shtml>.

- [22] Seifertová, E.: *Výstavba nových bioplynových stanic má zatím podporu* [online] Publikováno 18.4.2011 [cit. 2012-02-10] Dostupné z: http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Vystavba-novych-bioplynovych-panic-ma-zatim-podporu__s303x55840.html.
- [23] Bufka, A.: *Využití obnovitelných zdrojů energie v roce 2006 z pohledu energetické statistiky*. [online]. Publikováno 12.12.2011 [cit. 2012-02-10] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4411-vyuziti-obnovitelnych-zdroju-energie-v-roce-2006-z-pohledu-energeticke-statistiky>.
- [24] *Členění bioplynových stanic*. [online]. Publikováno 20.3.2011 [cit. 2012-02-10]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>.
- [25] Bioplyn.cz: *Anaerobní technologie* [online] [cit. 2012-02-10] Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm.
- [26] *Sluneční elektrárna věžová* [online] [cit. 2012-01-12] Dostupné z: <http://www.energyweb.cz/web/schemata/slunecni/elektrarna.htm>.
- [27] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: *Obnovitelné zdroje energie, energie vody a větru* [online] [cit. 2012-01-12] Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_11.pdf.
- [28] Srdečný, K.; Beranovský, J.; Macholda, F.; Truxa, J.: *Energie větru* [online] Publikováno 2010 [cit. 2012-01-02] Dostupné z: http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/energie_vetru_web.pdf.
- [29] Srdečný, K.; Beranovský, J.; Macholda, F.; Truxa, J.: *Větrná energie* [online] Publikováno 2010 [cit. 2012-01-10] Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/vetrna-energie.shtml>.
- [30] Škorvan, O.: *Suchou, nebo mokrou fermentaci* [online] Publikováno 13.2.2012 [cit. 2012-02-26] Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-54680800-suchou-nebo-mokrou-fermentaci>.

- [31] Srdečný, K.; Beranovský, J.; Macholda, F.; Truxa, J.: *Kogenerace – kombinovaná výroba elektřiny a tepla* [online] Publikováno 2010 [cit. 2012-02-20]
Dostupné z:
http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/kogenerace_web.pdf.
- [32] Stupavský, V.: *Mikrogenerace a trigenerace* [online] Publikováno 9.8.2010
[cit. 2012-02-20] Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>.
- [33] *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] [cit. 2012-01-12] Dostupné z:
<http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>.
- [34] MZP.cz: *Obnovitelné zdroje energie – Ekonomika a možnosti podpory* [online]
[cit. 2012-03-01] Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne_zdroje_informacni_podpora/\\$FILE/oued-ekonomika-20100312.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne_zdroje_informacni_podpora/$FILE/oued-ekonomika-20100312.pdf).
- [35] *Jaké jsou výkupní ceny elektřiny pro rok 2012?* [online] Publikováno 7.11.2011
[cit. 2012-03-01] Dostupné z:
<http://www.cenyenergie.cz/nejnovejsi-clanky/jake-jsou-vykupni-ceny-elektriny-pro-rok-2012.aspx>.

8. Přílohy

Seznam obrázků:

Obr. 1 Základní části větrné elektrárny

Obr. 2 Schéma anaerobní fermentace

Obr. 3 Blokové schéma technologie mokré fermentace

Obr. 4 Blokové schéma kogenerační jednotky

Obr. 5 Blokové schéma trigenerace

Obr. 6 Solární věžová elektrárna ve městě Jülich

Obr. 7 Fotovoltaické panely

Obr. 8 Ostrovní solární systém

Obr. 9 Síťový solární systém

Seznam tabulek:

Tab. 1 Konverze biomasy

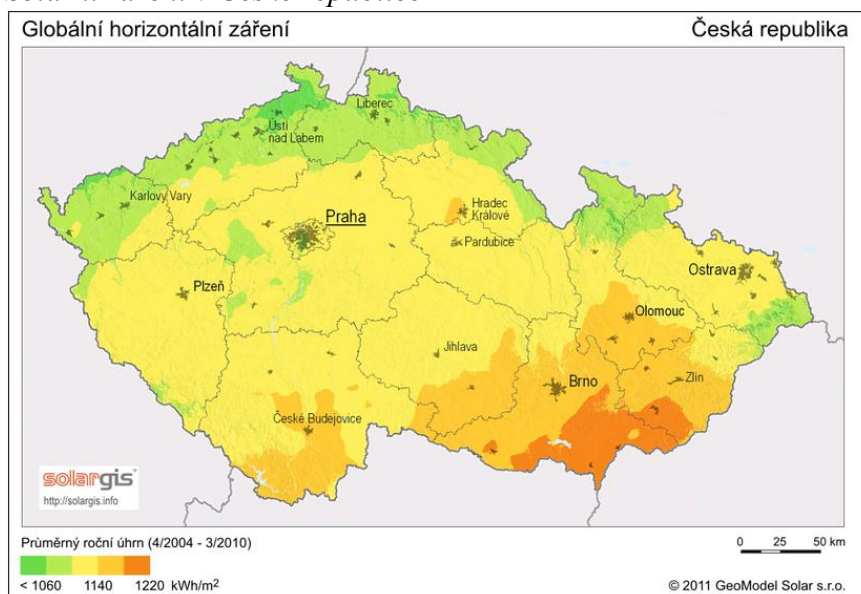
Tab. 2 Základní typy kogeneračních jednotek a jejich parametry

Tab. 3 Příklad ekonomiky provozu bioplynové stanice při různé ceně vstupní suroviny

Tab. 4 Příklad ekonomiky provozu fotovoltaické elektrárny v rodinném domku

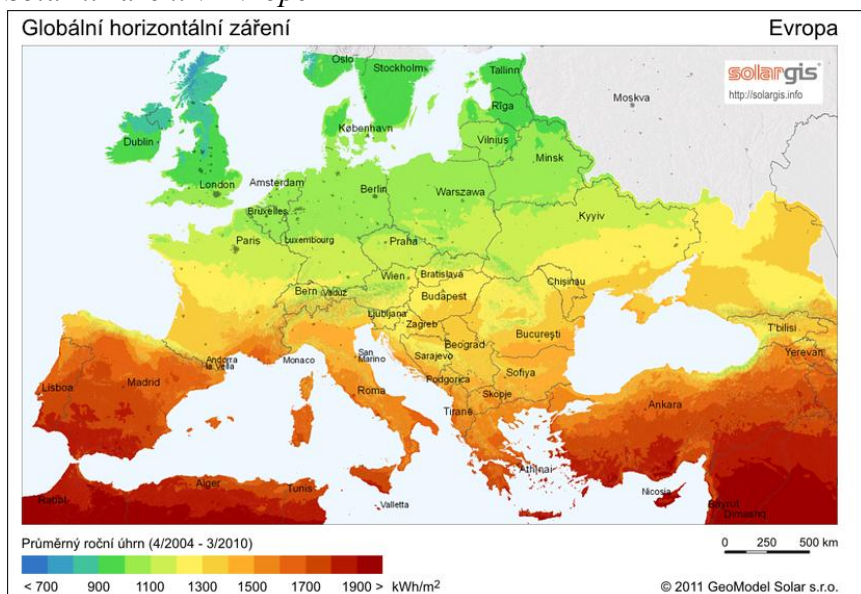
Tab. 5 Finanční bilance bioplynové stanice a solární elektrárny

Příloha č. I.
Solární záření v České republice



Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie

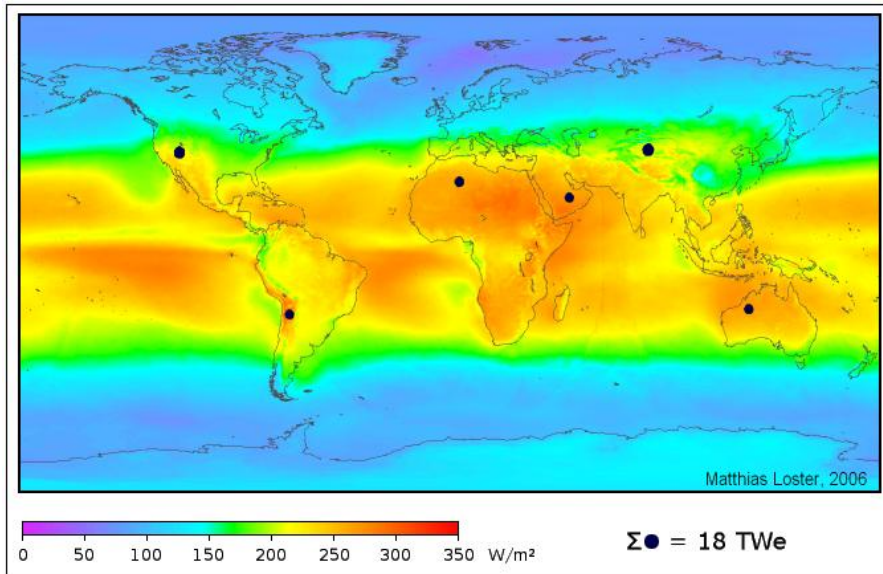
Příloha č. II.
Solární záření v Evropě



Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie

Příloha č. III.

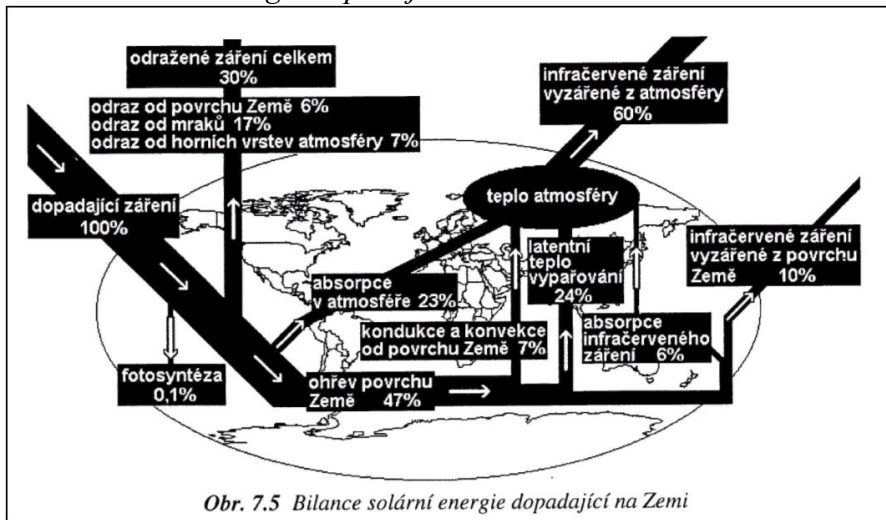
Solární záření dopadající na Zemi



Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie

Příloha č. IV.

Bilance solární energie dopadající na Zemi



Zdroj: Libra, M.; Poulek, V.: *Zdroje a využití energie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2007, s. 141, ISBN 978-80-213-1647-8.

Příloha č. V.

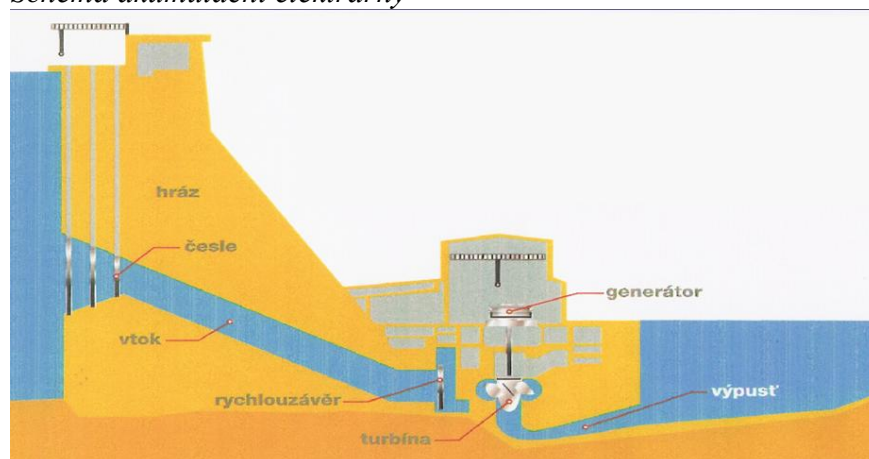
Schéma přečerpávací elektrárny



Zdroj: <http://www.elektrarny.xf.cz/obrazekvelky3.html>

Příloha č. VI.

Schéma akumuláční elektrárny



Zdroj: <http://www.elektrarny.xf.cz/obrazekvelky2.html>