

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra geoenvironmentálních věd

Fakulta životního prostředí



Technologie obnovitelných zdrojů pro soběstačnost
(srovnání mikro a makrotechnologií OZE)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Andrea Juonala Freixas
Vypracovala: Radka Vágnerová

2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra environmentálního inženýrství a ochrany
prostředí
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vágnerová Radka

Aplikovaná ekologie

Název práce

Technologie obnovitelných zdrojů pro soběstačnost (srovnání mikro a makrotechnologií OZE)

Anglický název

Renewable sources technologies for self-support (comapism of micro and macro renewable sources technologies)

Cíle práce

Cíle bakalářské práce je zpracovat ucelený přehled o technologiích obnovitelných zdrojů pro soběstačnost a v rámci vlastní části porovnat mikro a makrotechnologie obnovitelných zdrojů a možnosti jejich aplikací v rámci České republiky.

Metodika

Studentka se zaměří na vypracování rešerše týkající se technologií obnovitelných zdrojů pro soběstačnost, zaměří se na popis jednotlivých technologií obnovitelných zdrojů, shrne jejich výhody a nevýhody a potenciál využití v rámci České republiky. Popíše současný stav v ČR, EU, případné bariéry jejich využití, zhodnotí ekonomické a ekologické aspekty jednotlivých technologií. Ve vlastní části se studentka zaměří na srovnání mikro a makrotechnologií obnovitelných zdrojů energie a možnosti jejich aplikací v rámci České republiky. Práce bude rozdělena do těchto částí: 1- Cíle a úvod, 2- Metodika, 3- Literární rešerše, 4- Vlastní části - srovnání mikro a makrotechnologií OZE, 5 - Závěry a diskuze, 6- Literatura.

Harmonogram zpracování

5/2011 - 10/2011 shromažďování informací, zpracování literární rešerše, vyhledávání zdrojů
11/2011 - 1/2012 ve spolupráci s CZ REA a Solartec zhodnocení ekonomických a ekologických aspektů
2/2012 - 3/2012 dopracování závěrů a celkové zhodnocení
4/2012 odevzdání práce

Rozsah textové části

40

Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, mikrotechnologie, makrotechnologie, soběstačnost

Doporučené zdroje informací

Zdroje poskytnuté CZ REA a Solartec

Internetové zdroje

<http://www.i-ekis.cz> internetové energetické konzultační centrum
[http://www.calla.cz/atlas/atlas zařízení využívajících OZE v ČR](http://www.calla.cz/atlas/atlas_zarizeni_vyuzivajicich_OZE_v_CR)
<http://www.solarniliga.cz> soutěž sídel o největší solární projekt
<http://www.ekowat.cz> centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie
<http://www.biom.cz> server o biomase
<http://www.czrea.cz> česká agentura pro OZE
<http://www.tzb-info.cz> úspory energií, stavby
<http://www.eurosolar.cz> sluneční server

Vedoucí práce

Hlavová Andrea, Ing.

Konzultant práce

ing. Bronislav Bechník, PhD. (CZ REA)


prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 28.4.2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci zpracovala samostatně a použila všechny literární podklady a informace, které jsem uvedla v seznamu literatury.

V Praze dne 27. 4. 2012

.....

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá technologiemi obnovitelných zdrojů energie, možnostmi a způsoby jejich využití. Literární rešerše nabízí ucelený přehled o všech obnovitelných zdrojích energie, vlastní část je zaměřena na bioplynové stanice. Cílem práce je zhodnotit současný stav využívání obnovitelných zdrojů energie, informovat čtenáře o jejich ekologických a ekonomických přínosech a napomoci tak k jejich rozšíření. Ve vlastní části jsou porovnávány velké bioplynové stanice ve vyspělých zemích a malé bioplynové stanice v zemích rozvojových a popsány bariéry v rozvoji bioplynových stanic. Konkrétně jsou bioplynové stanice porovnány podle způsobu využití bioplynu, podle teploty kvašení a doby zdržení biomasy, podle typu vstupních surovin a podle použitého stavebního materiálu. V závěru jsou shrnuty ekologické přínosy elektrické energie z bioplynových stanic a současná problematika týkající se bioplynových stanic.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie, bioplynová stanice, bioplyn, anaerobní fermentace, biomasa

Abstract

The bachelor thesis is engaged in technologies of renewable sources of energy, possibilities and ways of theirs use. Literary research offers a complete overview about all renewable sources of energy, one's own part is centred on biogas plants. The aim of the work is to evaluate a current situation of using of renewable sources of energy, to inform a reader about theirs ecological and economic benefits and in this way to help theirs expansion. In one's own part are compared big biogas plants in industrial countries and small biomas plants in developing countries and described barriers in a development of biomas plants. Specifically are biomas plants compared by the way of using of biogas, by a temperature of anaerobi fermentation and by the residence time of biomas, by the type of feedstock and by used structural material. At the end are summarized ecological benefits of an electrical energy from biomas plants and a present issues regarding on biomas plants.

Key words: renewable sources of energy, biogas plant, biogas, anaerobic fermentation, biomass

Obsah

1. Cíle a úvod.....	8
1. 1 Cíl práce.....	8
1. 2 Úvod.....	8
2. Metodika	10
3. Literární rešerše.....	11
3. 1 Bioplynové stanice.....	11
3. 1. 1 Technická část.....	11
3. 1. 1. 1 Proces anaerobní fermentace.....	11
3. 1. 1. 2 Základní vybavení bioplynových stanic.....	12
3. 1. 1. 3 Charakteristika vstupních surovin	14
3. 1. 1. 4 Chemické složení a vlastnosti bioplynu.....	14
3. 1. 1. 5 Způsoby využití bioplynu z bioplynových stanic.....	15
3. 1. 1. 6 Charakteristika vedlejších výstupních surovin.....	16
3. 1. 2 Rozdělení bioplynových stanic	16
3. 1. 2. 1 Velké bioplynové stanice	16
3. 1. 2. 2 Malé bioplynové stanice.....	18
3. 1. 3 Ekonomické zhodnocení bioplynových stanic.....	20
3. 1. 3. 1 Ekonomické zhodnocení velkých bioplynových stanic.....	20
3. 1. 3. 2 Ekonomické zhodnocení malých bioplynových stanic.....	20
3. 1. 4 Ekologické aspekty bioplynových stanic	20
3. 1. 5 Výhody bioplynových stanic	21
3. 1. 6 Nevýhody bioplynových stanic.....	21
3. 1. 7 Legislativa.....	22
3. 1. 7. 1 Legislativa velkých bioplynových stanic	22
3. 1. 7. 2 Legislativa malých bioplynových stanic	23
3. 2 Solární elektrárny	23
3. 2. 1 Technická část.....	24
3. 2. 1. 1 Přímé získávání elektřiny – fotovoltaika	24
3. 2. 1. 2 nepřímé získávání elektřiny – fototermika	26
3. 2. 2 Rozdělení solárních elektráren	28
3. 2. 2. 1 Velké solární elektrárny.....	28
3. 2. 2. 2 Malé solární elektrárny	29
3. 2. 3 Ekonomické zhodnocení solárních elektráren.....	29
3. 2. 4 Ekologické aspekty solárních elektráren.....	29
3. 2. 5 Výhody solárních elektráren.....	29
3. 2. 6 Nevýhody solárních elektráren.....	30
3. 2. 7 Legislativa.....	30
3. 3 Větrné elektrárny.....	30
3. 3. 1 Technická část.....	31
3. 3. 1. 1 Typy rotorů	31
3. 3. 1. 2 Základní parametry větrných elektráren.....	32
3. 3. 1. 3 Stanoviště větrných elektráren	32
3. 3. 2 Rozdělení větrných elektráren.....	33
3. 3. 2. 1 Velké větrné elektrárny.....	33
3. 3. 2. 2 Malé větrné elektrárny.....	33
3. 3. 3 Ekonomické zhodnocení větrných elektráren	34
3. 3. 4 Ekologické aspekty větrných elektráren	34
3. 3. 5 Výhody větrných elektráren.....	35
3. 3. 6 Nevýhody větrných elektráren.....	35

3. 3. 7 Legislativa	36
3. 4 Vodní elektrárny	36
3. 4. 1 Technická část	36
3. 4. 1. 1 Klasifikace vodních strojů	37
3. 4. 1. 2 Základní parametry vodních elektráren	39
3. 4. 2 Rozdělení vodních elektráren	40
3. 4. 2. 1 Malé vodní elektrárny	42
3. 4. 2. 2 Velké vodní elektrárny	42
3. 4. 3 Ekonomické zhodnocení vodních elektráren	42
3. 4. 4 Ekologické aspekty vodních elektráren	43
3. 4. 5 Výhody vodních elektráren	43
3. 4. 6 Nevýhody vodních elektráren	44
3. 4. 7 Legislativa	44
4. Vlastní části	46
4. 1 Porovnání malých a velkých bioplynových stanic	46
4. 1. 1 Porovnání podle způsobu využití bioplynu	46
4. 1. 2 Porovnání podle teploty kvašení a doby zdržení biomasy	46
4. 1. 3 Porovnání podle typu vstupních surovin	46
4. 1. 4 Porovnání podle použitého stavebního materiálu	47
4. 2 Bariéry v rozvoji velkých bioplynových stanic	47
4. 3 Bariéry v rozvoji malých bioplynových stanic	48
5. Závěr	49
6. Diskuze	50
7. Literatura	52
8. Přílohy	58

1. Cíle a úvod

1. 1 Cíl práce

Obecným záměrem této práce je prohloubení teoretických a praktických znalostí v oblasti obnovitelných zdrojů energie, poukázat na problematiku týkající se jejich využívání a v důsledku toho přispět k jejich rozšíření. Cílem rešeršní části je analyzovat znalosti o všech obnovitelných zdrojích energie, možnosti jejich využívání a zmínit možné zábrany v jejich rozšiřování. Cílem vlastní části je pak zmapovat současnou situaci v oblasti využití bioplynu z bioplynových stanic a klasifikovat přínosy bioplynových stanic ve vyspělých a rozvojových zemích. Dílčím cílem je zhodnotit současné ekologické a ekonomické aspekty bioplynových stanic a přispět k řešení problematiky s nimi spojené.

1. 2 Úvod

Vzhledem k současné celosvětové energetické krizi jsem se rozhodla pro téma bakalářské práce, které se zabývá právě touto problematikou. Tímto tématem je Technologie obnovitelných zdrojů pro soběstačnost - srovnání mikro a makro technologií z OZE. Vzhledem k tomu, že se v současné době stále ve velké míře používají jako zdroje na výrobu elektrické energie neobnovitelné zdroje, rozhodla jsem se zaměřit se právě na podstatu využití OZE nejen u nás, ale i v rozvojových zemích. Vycházím z poznatků, že je z důvodu celosvětově narůstající spotřeby elektrické energie zapotřebí na její výrobu používat OZE oproti neobnovitelným, kterými jsou hlavně jaderné a tepelné elektrárny.

V současné době jsou OZE v České republice nevyváženě a nedostatečně využívány. I když je jejich potenciál značný, tvoří neuspokojivě nízký podíl, a to kolem 8% celkové spotřeby energie. Nepochybně nejvýznamnější událostí české energetiky v poslední době bylo schválení státní energetické koncepce do roku 2030. V této koncepci se Česká republika zavázala ke zvýšení podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny na 15%.

V evropském měřítku bylo dosaženo pozoruhodných výsledků. Největší rozmach v rozvoji OZE zaznamenalo Německo, Dánsko a Švédsko, a to především při využívání energie větru a biomasy.

V České republice jsou OZE charakterizovány relativně vysokou mírou využívání hydrologického potenciálu, geograficky a doposud také investičně nevýhodnou možností přímé transformace sluneční energie na elektrickou fotovoltaickými články a pouze malým počtem lokalit vhodných pro vyšší využívání energie větru. Zatímco u všech těchto OZE hraje významnou roli počasí, prochází v současné době velkým rozvojem zpracování biomasy v bioplynových stanicích, které je na počasí zcela nezávislé. Biomasa může být získávána buď jako biologicky rozložitelný odpad nebo ve formě záměrně pěstované biomasy, jež se v poslední době velmi rozvíjí. Přestože biomasa nemůže zcela nahradit současné převládající energetické trendy, její možnosti energetického využití jsou do budoucna velmi perspektivní.

Rozvoj bioplynových stanic je žádoucí jak s ohledem na závazek dosáhnout většího podílu elektřiny z OZE, tak i s ohledem na snížení emisí skleníkových plynů (především CH_4 a CO_2), které vznikají na otevřených zemědělských a komunálních skládkách. V neposlední řadě mají bioplynové stanice uplatnění i v rozvojových zemích pro potřeby jednotlivých rodin, které bioplyn využívají k vaření, ke svícení a k topení. Od bioplyno-

vých stanic ve vyspělých zemích se tedy tyto tzv. „malé“ bioplynové stanice výrazně liší svou velikostí i způsobem využití. K porovnání těchto dvou typů bioplynových stanic se podrobněji vyjádřím ve vlastní části, kde se dále zaměřím i na současnou problematiku týkající se bioplynových stanic.

Tato bakalářská práce je určena všem, kteří se zabývají problematikou v oblasti OZE, kteří mají zájem o prohloubení znalostí v oblasti bioplynových stanic a kteří by chtěli rozvoji bioplynových stanic napomoci.

2. Metodika

Informace k této bakalářské práci jsem čerpala především z odborné literatury, kterou uvádím v kapitole č. 7. Literatura. Na doplňující informace, které se mi v literatuře ani na internetu dohledat nepodařilo, jsem se dotazovala odborníků v oblasti energetiky.

Velmi přínosné informace jsem získala na konferenci „Zelená energetika a jaderné elektrárny: Komu patří budoucnost?“, která se konala dne 13. 10. 2011 v Praze v hotelu Jalta na Václavském náměstí 45. Tato konference se v první části týkala nákladů a přínosů jaderné energetiky, energeticky úsporných technologií a obnovitelných zdrojů energie. Ve druhé části se projednával plán úplného nahrazení jaderné energetiky obnovitelnými zdroji v Německu a z něj plynoucí důsledky na okolní země. Na této konferenci jsem získala ucelený přehled o všech obnovitelných zdrojích energie, o jejich zastoupení a nahlížení na OZE v jednotlivých evropských státech.

Na této konferenci jsem také prostřednictvím Ing. Karla Polaneckého z Hnutí DUHA získala kontakt na společnost Porsenna, která se zabývá výstavbou nízkoenergetických domů. Tuto společnost jsem se rozhodla navštívit a domluvila si schůzku s Ing. Michalem Čejkou. Dne 8. 12. 2011 došlo k našemu osobnímu setkání, během kterého jsme projednávali ekologické a ekonomické přínosy nízkoenergetických domů.

Poté, co jsem zjistila patřičné množství informací o využívání OZE v ČR a v Evropě, jsem začala vyhledávat informace o tzv. „malých“ bioplynových stanicích, tedy o bioplynových stanicích v rozvojových zemích. Vzhledem k tomu, že jsou tyto malé BPS v rozvojových zemích poměrně novým tématem, odborná literatura k nim všeobecné veřejnosti není dostupná. Nejvíce zdrojů je dostupných na internetu, konkrétně na stránkách organizací, které se jejich výstavbou zabývají. Nejdříve jsem tedy získávala informace z internetových zdrojů, ze kterých jsem se mimo jiné dozvěděla, že se na jejich realizaci v ČR podílí Česká rozvojová agentura (ČRA) se sídlem v Praze, Nerudově ulici 3. Zavítala jsem např. také na stránky společnosti Nizozemské rozvojové organizace (SNV), Brémské mezinárodní výzkumné a rozvojové asociace (BORDA) a na stránky Oddělení pro adaptované technologie (GATE).

Pro rozšíření znalostí jsem se rozhodla kontaktovat Mgr. Františka Zouhara z České rozvojové agentury, který se zabývá výstavbou malých bioplynových stanic ve Vietnamu. Dne 14. 3. 2012 jsme se osobně setkali, pan Zouhar byl velmi ochotný a poskytl mi veškeré informace o výstavbě bioplynových stanic ve Vietnamu, o jejich údržbě a informoval mě také o zdravotních přínosech pro jejich provozovatele. Z důvodu jeho úzké specializace mi další informace týkající se bioplynových stanic v jiných rozvojových zemích nebyl schopen poskytnout, a odkázal mě proto na jiné odborníky, kteří by mi k mým dotazům mohli říct více. Tito odborníci mě však ve většině případů slušně odbyli s tím, že mě opět odkázali na jiné zaměstnance jiných společností.

V závěru bakalářské práce jsem navštívila zemědělskou bioplynovou stanici v obci Obora u Malšic (okres Tábor). Celým areálem této bioplynové stanice mě provedl její majitel, Ing. Martin Novák. Vysvětlil mi, jak celá bioplynová stanice funguje, jaké má přínosy pro obec a světil se i s ekonomickou stránkou jejího provozu a legislativními problémy, se kterými se potýká a které musí neustále řešit.

3. Literární rešerše

3. 1 Bioplynové stanice

3. 1. 1 Technická část

3. 1. 1. 1 Proces anaerobní fermentace

Bioplynovou stanicí se rozumí technologické zařízení využívající procesu anaerobní fermentace, jehož hlavním cílem je produkce bioplynu. Vedlejšími produkty jsou fugát a digestát. Pro tento proces existuje více synonym, je možné se setkat i s pojmy anaerobní digesce, anaerobní vyhnívání, metanogenní kvašení či metanizace (*Straka et al., 2006*).

Jedná se o víceúrovňový přírodní proces rozkladu organických látek některými skupinami mikroorganismů bez přístupu vzduchu (*Ust'ak et al., 2006*). Jak uvádí Pastorek (2004), vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost různých mikrobiálních skupin a podle nich je možno tento proces rozdělit na následující čtyři fáze: Hydrolyzu, acidogenezi, acetogenezi a metanogenezi.

1) hydrolyza - rozklad makromolekulárních rozpuštěných a nerozpuštěných organických látek (polysacharidů, lipidů, proteinů) na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě.

2) acidogeneze - další rozklad produktů hydrolyzy na jednoduché organické látky, hlavně na nižší mastné kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý (CO₂) a vodík (H₂) pomocí acidogenních bakterií.

3) acetogeneze - tvorba kyseliny octové (CH₃COOH), vodíku a oxidu uhličitého, dále tvorba kyseliny octové a oxidu uhličitého a acetogenní respirace vodíku a oxidu uhličitého.

4) metanogeneze - tvorba metanu z kyseliny octové a z jednoduhlíkatých substrátů, a tvorba metanu z oxidu uhličitého a vodíku (*Pastorek et al., 2004*).

Zjednodušené schéma procesu anaerobní fermentace je znázorněno na obrázku č. 1.

CZ Biom (2007) uvádí, že podle obsahu sušiny lze proces anaerobní fermentace rozdělit na 2 typy:

1) mokrá fermentace, která probíhá obvykle ve vertikálních fermentorech, obsah sušiny je menší než 12%. Materiály s vyšším obsahem sušiny (hnůj, podestýlka, různé druhy siláží a senáží) se před vstupem do fermentoru ředí na odpovídající obsah sušiny kejdou (*CZ Biom, 2007*).

Z celkového množství anaerobně zpracovávané biologicky rozložitelné frakce tuhého odpadu je v současnosti přibližně 56% zpracováváno suchou anaerobní fermentací a 44% mokrou fermentací (*Straka et al., 2006*).

2) suchá fermentace, při které se zpracovává organický materiál s vyšším obsahem sušiny. Je-li obsah sušiny v rozmezí 25 – 45%, jedná se o suchý proces, v případě, že je ještě vyšší, se jedná o vysokosušinový proces. Využívá se pouze v reaktorech horizontální konstrukce, které jsou pro zpracování biomasy procesem suché fermentace speciálně zkonstruovány (*CZ Biom, 2007*).

Jak uvádí Straka (2006), lze podle teploty procesu anaerobní fermentace dále rozdělit na psychofilní, mezofilní a termofilní.

1) psychofilní fermentace probíhá při teplotách mezi 5 – 30° C a uplatňuje se pouze u malých fermentorů v rozvojových zemích, které nejsou vytápěny.

2) mezofilní fermentace probíhá při teplotách 35 - 45 °C. V současné době je v Evropě využívána nejčastěji, a to ze 75%. Při mezofilní fermentaci se vyprodukuje velké množství bioplynu s nižším obsahem metanu.

3) termofilní fermentace probíhá za vyšších teplot, mezi 55 - 60 °C. V Evropě se používá z 25%, přičemž téměř 96% z použitých termofilních anaerobních procesů je aplikováno na suchou fermentaci (*Straka et al., 2006*).

Různí autoři však mezi jednotlivými typy digescí uvádějí trochu odlišné rozpětí teplot, případně mezi ně vkládají i meziskupiny (*Kára et Mužik, 2009*).

Pro celý průběh anaerobního procesu je u vstupní biomasy důležitý poměr C:N a hodnota pH. Většina biologických systémů pracuje v oblastech pH 6-8, bakterie produkující methan mají svá optima většinou v oblasti pH 6,2-7,8 (*Straka, 2006*). Hodnota pH by tedy ve slabě alkalickém prostředí měla ležet okolo 7,5. U kejdy a hnoje tento stav nastává většinou samovolně ve 2. fázi vyhnivacího procesu vlivem tvorby amoniaku. U kyselých substrátů, jako jsou výpalky, syrovátka a siláž, bývá zapotřebí přidat vápno, aby se hodnota pH zvýšila (*Schulz et Eder, 2004*).

Optimální poměr C:N pro anaerobní fermentaci organické frakce tuhého odpadu se pohybuje okolo 1:25 až 1:30, vztaženo na biologicky rozložitelný uhlík. Různé druhy organického odpadu mají různou koncentraci dusíku, proto je výhodné kombinovat zpracovávané materiály s vysokým (např. prasečí kejda, odpady z jatek apod.) a nízkým (např. celulóznové materiály) obsahem tak, aby se výsledný poměr C:N blížil optimálnímu poměru (*Straka et al., 2006*).

3. 1. 1. 2 Základní vybavení bioplynových stanic

Mezi základní prvky bioplynové stanice patří především:

Anaerobní reaktor

Reaktor (fermentor) je základní technologickou částí anaerobního procesu, ve kterém se rozmnožují mikrobiální kultury (*Kára et al., 2007*).

Podle autorů Schulze a Edera (2004) lze anaerobní reaktory rozdělit na dva základní konstrukční typy, a to na reaktory horizontální a vertikální.

Horizontální konstrukční typ reaktoru (viz obrázek č. 2) má průměr obvykle 2-3 m a je umístěn na betonových podstavcích tak, aby jeho sklon byl 3-5%. Materiál je většinou z plastu nebo ocele, často se ho tvoří i použité zásobníky na naftu. Jeho hlavní výhodou je, že u nich lze instalovat výkonné, funkčně bezpečné a energeticky úsporné mechanické míchadlo. Tím lze dosáhnout dobrého promíchání napříč směrem průtoku, aniž dochází k přílišnému promíchávání v podélném směru. Protože délka horizontální nádrže je oproti její výšce zpravidla několikanásobná, automaticky zde vzniká velmi žádoucí tzv. píستové proudění. Tento pojem označuje jev, kdy jedna dávka kejdy je posunována rourou jako píst, takže čerstvý substrát z plnicí zóny se nesmíchává s vyhnílym materiálem na druhém konci nádrže, což podporuje hygienizační efekt (*Schulz et Eder, 2004*).

Vzhledem k vysokým investičním nákladům se tento typ reaktoru využívá hlavně k fermentaci „hustších odpadů“, tedy s obsahem sušiny v rozmezí 25 – 45%. Mezi tyto odpady patří např. kejda s vyšším obsahem slámy, drůbeží trus nebo biologicky rozložitelný komunální odpad (*CZ Biom, 2007*).

Vertikální konstrukční typ reaktoru (viz obrázek č. 3) je obvykle zkonstruován z železobetonových nebo ocelových uskladňovacích nádrží kruhového průřezu. Využívá procesu mokré fermentace a jeho výstavba je tak podstatně levnější než výstavba horizontálního reaktoru. Proto je také četnější (*Kára et al., 2007*). Oproti horizontálnímu provedení má i tu přednost, že se dá zabudovat do země. Lze tak zabránit především te-

pevným ztrátám v zimě, reaktor je chráněn před kolísáním teplot a v neposlední řadě nezabírá místo. V tomto případě je však nutné celý plášť nádrže izolovat drahými izolačními materiály odolnými proti vlhkosti. Nadzemní umístění se volí především při vysokém stavu spodní vody nebo právě z těchto finančních důvodů (*Schulz et Eder, 2004*).

Míchadla (viz obrázek č. 4)

Pro zajištění optimálního průběhu anaerobní fermentace bývají reaktory vybaveny míchadly, která v určitých cyklech promíchávají zpracovávaný substrát (*Motlík et al., 2007*). Promíchávání je pak možno provádět mechanicky – zařízeními zavedenými do fermentoru, hydraulicky - odděleně instalovanými čerpadly, nebo využitím vlastního tlaku vyráběného plynu, a pneumaticky - vtlačováním bioplynu (*Schulz et Eder, 2004*).

Plynojem (viz obrázek č. 5)

Plynojemem se rozumí zásobní nádrž pro akumulaci vyrobeného bioplynu zajišťující většinou i stabilizaci přetlaku plynu uvnitř výrobního systému. Jeho základní funkcí je však právě akumulace plynu pro vyrovnávání rozdílů mezi výrobou a spotřebou (*Straka et al., 2006*).

Jeho výška by měla být minimálně 80 cm a na jeho svrchní části by měl být uzavřen nejlépe skleněnou nebo plexisklovou tabulkou, aby bylo možné nahlížet dovnitř. Takto lze vizuálně kontrolovat fungování míchadla a včas rozpoznat vytváření kalového stropu (*Schulz et Eder, 2004*).

Podle Straky (2006) se plynojemy dají rozdělit podle konstrukčního materiálu na kovové, plastové, gumotextilní a kombinované, podle provozního tlaku dále na nízkotlaké (< 50 kPa), středotlaké (1-2 MPa) a vysokotlaké (15-35 MPa). Středo a vysokotlaké zásobníky plynu se používají pouze zřídka a pouze tam, kde stlačování plynojemů je provozně vyžadováno tak, že kompresní práci je nutno vložit do plynu v každém případě. V technologických systémech biometanizace jsou absolutně rozšířeny nízkotlaké plynojemy (*Straka et al., 2006*).

Čerpadla (viz obrázek č. 6)

Čerpadla jsou nutná k překonání výškových rozdílů mezi jednotlivými nádržemi a rovněž pro pohon hydraulických míchadel. Při zpracování kejdy se nejčastěji používají odstředivá čerpadla. Jsou konstrukčně jednoduchá a přicházejí v úvahu především pro dopravu řídkých kapalných substrátů o obsahu sušiny menším než 8%. Druhým typem čerpadel jsou čerpadla obojstranná (plunžrová), která se používají pro dodopravu kejdy s vysokým obsahem sušiny (*Schulz et Eder, 2004*).

Přípravné nádrže

Protože se jen málokdy podaří vyhnivací nádrž kontinuálně plnit kejdou přirozeným přepadem přímo ze stáje, většinou se kejda předem uskladní v přípravných nádržích. Z nich je pak zpravidla jednou až dvakrát denně (čím častěji, tím lépe) přečerpávána do fermentoru (*Schulz et Eder, 2004*).

Přípravné nádrže jsou zpravidla vybaveny čerpacím a míchacím zařízením a mnohdy také tzv. macerátory, což jsou zařízení umožňující požadované rozmělnění vstupní suroviny. Velikost přípravných zásobníků je rozdílná, avšak je zpravidla konstruována na jednodenní produkci kejdy (*Altmann et al., 2010*).

Skladovací (akumulační) nádrže

Skladovací nádrže slouží k jímání vyhnílého substrátu (digestátu) z průtokových zařízení. Pro urychlení odtahu substrátu z reaktoru jsou obvykle vybaveny odstředivými čerpadly a bývají zastřešeny textilní pachotěsnou střechou (Kouda et al., 2008).

Potrubí

Potrubí jsou nutná k transportu čerstvého a vyhnílého substrátu a pro řízení toku materiálu. Mohou být dvojího druhu, a to potrubí plnicí, jimiž je pod tlakem čerpadla dopravován substrát (např. z přípravné nádrže do fermentoru nebo ze skladovací nádrže do cisternového vozu), a jednak potrubí přepadové, z něž materiál odchází samovolně vlivem přirozeného spádu (např. z fermentoru do skladovací nádrže a odtud do přípravné nádrže) (Schulz et Eder, 2004).

Kogenerační jednotka (viz obrázek č. 7)

U velkých bioplynových stanic je bioplyn spalován v tzv. kogeneračních jednotkách, u kterých se obvykle používají automobilové spalovací motory s asynchronními generátory. U velkých kogeneračních jednotek se používá synchronní generátor. Jedná se o zařízení sloužící k výrobě elektrické energie a zároveň k ohřevu teplotnosného média (Murtinger et Beranovský, 2006).

V kogenerační jednotce se zhruba 30% energie přemění na elektřinu, 60% je využíváno teplo a zbylých 10% jsou tepelné ztráty (Murtinger et Beranovský, 2006).

Elektřina se prodává do rozvodné sítě nebo v systému tzv. zelených bonusů dohodnutému zákazníkovi (Zachara et al., 2009). Na výrobu 1 kWh energie je pak třeba převést do kogenerační jednotky 0,6 m³ až 0,7 m³ bioplynu s obsahem metanu cca 60% (Pastorek et al., 2004).

U větších zařízení jsou obzvláště v letním období velké přebytky tepla, často se proto vedle bioplynové stanice provozuje např. sušička na obilí, sušička řeziva apod. (Murtinger et Beranovský, 2006).

3. 1. 1. 3 Charakteristika vstupních surovin

V zásadě lze všechny organické látky alespoň z části rozložit jak anaerobní, tak aerobní cestou. Principiálně však platí, že pevné, členité materiály jako klestí z ořezu stromů a keřů jsou zvláště vhodné pro aerobní zpracování, tzn. pro zkompostování, zatímco kapalný, mokřý materiál jako kejda, zbytky jídla, tuky atd. se výborně hodí pro anaerobní zpracování (Schulz et Eder, 2004).

Základními vstupními surovinami bioplynových stanic jsou tedy především odpady ze zemědělství (např. kejda nebo hnůj), biologicky rozložitelné odpady z domácností a potravinářského průmyslu a u speciálně zkonstruovaných bioplynových stanic i rizikové vstupní suroviny, jako např. jateční odpady a kaly z různých provozů (např. čistíček odpadních vod) (Straka et al., 2006; Pastorek et al., 2004; El Bassam, 2010).

Často se také k vstupním surovinám přidávají zemědělské plodiny s vyšším obsahem dusíku, jako např. tráva, víceleté krmné plodiny, kukuřice, řepka nebo slunečnice. Méně známé je však i to, že má pro proces anaerobní digesce velký potenciál i maso-kostní moučka (Ustak et al., 2006).

3. 1. 1. 4 Chemické složení a vlastnosti bioplynu

Bioplynem se rozumí plyn jen o málo těžší než vzduch charakteristického odpudivého zápachu po shnilých vejcích (Straka et al., 2006).

Skládá se z 50 – 75% metanu (CH₄), 25 – 50% oxidu uhličitého (CO₂), 0 – 10% dusíku (N₂), 0 – 1% vodíku (H₂), 0 – 3% sirovodíku (H₂S) a 0 – 2% kyslíku (O₂) (El Bassam, 2010).

Kvalita bioplynu je určována především poměrem hořlavého metanu (CH_4) k „neužitečnému“ oxidu uhličitému (CO_2) (*Schulz et Eder, 2004*). Obecně platí pravidlo, že čím větší množství metanu je v bioplynu obsaženo, tím je bioplyn kvalitnější.

3. 1. 1. 5 Způsoby využití bioplynu z bioplynových stanic

Mezi nejčastější způsoby využití bioplynu patří:

- přímé spalování
- využití bioplynu v palivových člancích
- výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)
- výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu (trigenerace)
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie (*Kára et al., 2007*)

Přímé spalování

Přímé spalování bioplynu za účely topení, sušení, chlazení, ohřevu pitné a užitkové vody apod. se uplatňuje nejvíce v rozvojových zemích (např. v Číně, v Indii, v Nepálu nebo ve Vietnamu). Spalování bioplynu má v těchto zemích opodstatnění nejen z důvodu snižujících se zásob dřeva jako paliva, ale hlavně z důvodu zajištění základních životních potřeb obyvatel rozvojových zemí, především vaření na plynových vařičích (viz obrázek č.8) (*El Bassam, 2010*).

Využití bioplynu v palivových člancích

Bioplyn použitý v palivovém článu musí být předem zbaven nežádoucích příměsí, zejména sirovodíku a oxidu siřičitého, což s sebou přináší technické problémy a vysokou cenovou náročnost. V současné době se tedy využití bioplynu za účelem výroby elektřiny v palivových člancích příliš nevyužívá, zatím je jen ve fázi testování (*Motlík et al., 2007*).

Výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)

Nejčastější způsob využití bioplynu je pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. K tomu se využívají kogenerační jednotky s automobilovými motory obvykle s asynchronními generátory. U větších kogeneračních jednotek se používají i generátory synchronní (*Murtinger et Beranovský, 2006*), jak už jsem zmínila v kapitole č. 3. 1. 1. 2.

Výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu (trigenerace)

Trigenerace funguje na principu propojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. Kromě výroby elektrické a tepelné energie tyto dvě jednotky slouží i k výrobě chladu, který se dá použít všude, kde je potřeba klimatizace. Zatím se však z důvodu technologické náročnosti a vysokých investičních nákladů příliš nepoužívá (*Ust'ak et al., 2006*).

Pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie

Pro použití bioplynu jako paliva pro motorová vozidla je třeba bioplyn předem vyčistit na kvalitu zemního plynu, jinými slovy ho zbavit oxidu uhličitého, aby podíl metanu dosahoval nejméně 95%. Vzhledem k tomu, že je tato technologie čištění bioplynu poměrně nákladná, zatím se bioplyn jako pohonná látka příliš nevyužívá. Ve větší míře se využívá pouze ve Švédsku (*Ust'ak et al., 2004*).

3. 1. 1. 6 Charakteristika vedlejších výstupních surovin

Vedle bioplynu vznikají z bioplynových stanic ještě dvě další suroviny, kterými jsou tuhý digestát a tekutý fugát (*Straka et al., 2006*).

Digestát (= stabilizovaný kal) je tuhý vedlejší produkt anaerobní digesce. Jedná se o vyhnílý kal, tedy nerozloženou frakci vláknité povahy využitelnou jako výborné organické hnojivo (*CZ Biom, 2007; Pastorek et al., 2004; Ust'ak et al., 2005*). Tento názor o digestátu v současné době převládá ve všech odborných publikacích. Podle Kužela (2010) je však toto tvrzení velmi nepřesné. Digestát není hnojivem organickým, ale jen slabým hnojivem minerálním (*Kužel, 2010*). Dále může sloužit i jako surovina pro výrobu kompostu a po kompostování může být upraven na pěstební substrát (*Ust'ak et al., 2005*).

Ve vyspělých zemích musí vyhovovat přísným legislativním normám, které jsou na digestát kladeny (viz kapitola č. 3. 1. 7. Legislativa), proto se v nich příliš nepoužívá, narozdíl od zemí rozvojových, ve kterých je pro zemědělství velmi důležitý (*Váňa, 2007a*).

Kalová voda (= fugát, perkolát) je kapalná fáze, která vzniká jako vedlejší produkt anaerobní digesce po oddělení stabilizovaného kalu. Kvalita kalové vody závisí na typu anaerobní stabilizace, druhu zpracovávaných kalů, stupni stabilizace a kapacitě a účinnosti separačních zařízení. Kalová voda obsahuje velká množství organických a anorganických látek (např. mastných kyselin, NH_4HCO_3 , suspendovaných látek apod.). Využívá se jako kapalně hnojivo pro rostliny, pokud nepřesahuje limitní koncentrace suspendovaných látek (10g/l). Při vyšších koncentracích již hovoříme o kalové suspenzi a kalovou vodu je nutno následně dočistit nebo jinak zpracovat (*Straka et al., 2006*).

3. 1. 2 Rozdělení bioplynových stanic

Bioplynové stanice lze rozdělit na základě mnoha kritérií. Podle polohy reaktoru se dělí na bioplynové stanice s horizontálním reaktorem a na bioplynové stanice s vertikálním reaktorem a podle velikosti na velké bioplynové stanice a malé bioplynové stanice, které se dají dále rozdělit v závislosti na jejich vstupních surovinách a struktuře provedení (*Schulz et Eder, 2004*).

Velké bioplynové stanice se vyskytují převážně ve vyspělých zemích a slouží jako alternativní zdroje elektrické energie. K malých bioplynovým stanicím nejsou instalovány kogenerační jednotky, pomocí kterých by se elektrická energie vyráběla. Stavějí se v rozvojových zemích za účelem produkce bioplynu k vaření nebo ke svícení, většinou za dotáční podpory. Ve vyspělých zemích se malé bioplynové stanice za účelem produkce bioplynu k vaření vyskytují jen zřídka, proto ani informace o nich nejsou všeobecné veřejnosti známy (*Bechník in verb*).

3. 1. 2. 1 Velké bioplynové stanice

Pojem velké bioplynové stanice nelze přesně určit velikostí ani výkonem. Lze je chápat jen jako zařízení větších rozměrů, která se používají ve vyspělých zemích. Jejich hlavním úkolem je výroba elektřiny a tepla (= kogenerace), které vzniká spalováním bioplynu z bioplynových stanic v kogenerační jednotce. Vzniklý bioplyn se po následném upravení může používat i jako palivo do spalovacích motorů. Mohou tak přispět ke snížení závislosti na fosilních palivech a na jejich dovozu (*Kára et al., 2007*).

Pro obce a města jsou velké bioplynové stanice efektivním způsobem řešení pro zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů, kladou si za cíl je energeticky využít a zabránit tak i jejich zbytečnému ukládání na skládky. Pro venkov jsou jed-

nou z významných možností, jak zajistit jeho rozvoj a podpořit zaměstnanost v zemědělství (Bačík, 2008).

Zemědělské bioplynové stanice jsou v České republice používány nejčastěji, existují však i další typy bioplynových stanic. Podle převažujícího zdroje zpracovávaného substrátu je lze rozdělit do pěti skupin (Kajan et Lhotský, 2006).

Komunální bioplynové stanice

V komunálních bioplynových stanicích se zpracovávají biologicky rozložitelné komunální odpady včetně vyříděných biologicky rozložitelných odpadů z domácností. Uplatňuje se zde metoda suché fermentace, která je ve srovnání s mokrou fermentací velmi nákladná. Proto se tento typ bioplynových stanic příliš nevyužívá (Ust'ak et al., 2005).

Zemědělské bioplynové stanice (viz obrázek č. 9)

V současné době zažívají největší rozmach. Staví se v bezprostřední blízkosti zemědělských podniků a zpracovávají se v nich především exkrementy hospodářských zvířat, zemědělské produkty a zemědělsko-průmyslové odpady (Kajan et Lhotský, 2006). Anaerobní fermentací zvířecích fekálií lze ročně vyrobit až 600 m³ bioplynu o energetickém obsahu cca 13 200 MJ (Ust'ak et Váňa, 2010). Podrobnější údaje o produkci bioplynu z exkrementů jednotlivých hospodářských zvířat jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Produkce exkrementů a bioplynu od jednotlivých druhů zvířat (Ust'ak et Váňa, 2010).

Kategorie zvířat	Produkce sušiny exkrementů kg suš./den	Produkce exkrementů kg/den	Produkce bioplynu m³/den	Produkce Bioplynu m³/rok
Dojnice	6	60	1,7	620
Hovězí žír, 350 kg	3	30	1,2	438
Jalovice, 330 kg	3,5	35	0,9	328
Telata, 100 kg	1,25	14	0,3	109
Prasata, 70 kg	0,5	8,5	0,2	73
Prasnice, 170 kg	1	14	0,3	109
Selata, 10 kg	0,15	3	0,1	36
Selata, 23 kg	0,25	4	0,15	55
Nosnice, 2,2 kg	0,036	0,23	0,016	5,8
Brojleři, 0,8 kg	0,02	0,14	0,009	3,3
Kozy, ovce	0,7	3,8	0,25	91
Koně	4,5	24	1,5	548

Nejčastěji zpracovávanou surovinou je kejda prasat, další suroviny tvoří čistírenský kal, slepičí trus a kejda skotu. Často se přidává i silážovaná kukuřice bohatá na energii a dusík, která přispívá k tvorbě bioplynu (Ochodek et al., 2007).

Průmyslové bioplynové stanice

Průmyslové BPS zpracovávají odpady z oblasti potravinářského a farmaceutického průmyslu, jako např. jateční odpady, tuky, masokostní moučku a kaly z různých pro-

vozů (např. čističek odpadních vod). Z důvodu, že se jedná o odpady rizikové, jsou na ně kladeny větší nároky na technologii a na splnění všech provozních podmínek. Odpady tedy často před zpracováním podléhají hygienizaci, pasterizaci či vysokoteplotní hygienizaci (Kajan et Lhotský, 2006).

Centralizované bioplynové stanice (viz obrázek č. 10)

Dalším typem bioplynových stanic jsou centralizované bioplynové stanice, ve kterých se narozdíl od výše uvedených zpracovává odpad z více zemědělských podniků. Jejich výhodami jsou především nižší jednotkové ceny investic, efektivnější využití investic (cisterny, dopravní prostředky apod.), kvalifikovanější obsluha bioplynových stanic, vzhledem k větší produkci bioplynu možnost komplexnějšího uplatnění přebytků tepla, elektrické energie (dodávky do elektrické sítě a sítě centrálního vytápění) a lepší možnost získání úvěrů a dotací (Ochodek et al., 2007).

Nejvíce se budují v Dánsku, kde výraznou roli sehrává stát svojí environmentální politikou. Stát poskytuje dotace na výstavbu nových stanic, dotuje ceny energií získaných z obnovitelných zdrojů a zatěžuje tzv. ekologickou daní fosilní paliva, jako např. topné oleje a uhlí (Kajan, 2005).

Skládkové bioplynové stanice

Tato skupina se od všech předchozích výrazně liší. Reaktorové nádrže jsou zde zastoupeny vlastním tělesem skládky, v němž se uložené odpady rozkládají. Vznikající bioplyn – skládkový plyn je ze skládek odsáván přes soustavy sběrných věží či vrtů nebo ze systému horizontálních drenáží (Kajan et Lhotský, 2006).

3. 1. 2. 2 Malé bioplynové stanice

Tzv. malé bioplynové stanice se v současné době velmi rozšiřují v rozvojových zemích Asie, Afriky, Latinské Ameriky a Balkánu pro potřeby malých rodinných hospodářství (Czech RE Agency, 2011).

Mezi tyto země patří i Indie a Čína, což je důležité zmínit. Ačkoli se jedná o země, které jsou v současnosti na ekonomickém vzestupu, je důležité si u těchto dvou zemí uvědomit to, že jen malá část obyvatel patří k bohaté elitě žijící ve městech, zatímco většina obyvatel žije na venkově ve velmi chudých podmínkách na úrovni rozvojových zemí světa. V Číně se v současné době využívá přes 7, 5 milionů těchto malých BPS, v Indii kolem 3 milionů (El Bassam, 2010).

Jedná se o malé bioplynové reaktory (fermentory) o objemu kolem 6 m³- 8 m³, pro jejichž provoz vystačí kejdá od 6 prasat nebo ekvivalentního počtu jiných zvířat (Czech RE Agency, 2011). Vedle toho jsou provozována i středně velká zařízení s fermentorem o objemu 10 až 100 m³ sloužící jedné vesnici a ještě větší zařízení pro spolupracující subjekty. S výjimkou několika velkokapacitních zařízení jsou v těchto regionech s teplým klimatem tyto bioplynové stanice instalovány pod zemí a nejsou vytápěny (Schulz et Eder, 2004).

Většinou jsou tyto malé bioplynové stanice stavěny za dotací mezinárodních neziskových organizací. Cílem těchto organizací je především zmírnění chudoby domácností v rozvojových zemích, umožnění i těm nejchudším stát se součástí hospodářské a sociální sítě a tím pádem zvýšení jejich příjmů a pracovních příležitostí. Vedle toho se snaží o zlepšení přístupu lidí k základním službám, jako je voda a hygiena, práce a vzdělávání (Zouhar in verb).

Mezi hlavní z těchto organizací patří především Společnost pro technickou spolupráci (GTZ) se sídlem v Eschbornu, Oddělení pro adaptované technologie (GATE) se sídlem v Heidelbergu, Nizozemská rozvojová organizace (SNV) se sídlem v Haagu a

Brémská mezinárodní výzkumná a rozvojová asociace (BORDA) se sídlem ve Fahrenheisteru. U nás se výstavbou těchto BPS zabývá Česká rozvojová agentura (ČRA) se sídlem v Praze (*Anonymus, 2011*).

S výzkumem těchto jednoduchých bioplynových stanic a jejich uváděním do praxe bylo započato už během 2. poloviny 20. stol. Bylo zjištěno, že u žen a dětí vzrůstá počet onemocnění těžkým zánětem očí, který v některých případech může způsobit i slepotu důsledkem každodenního vaření na otevřeném ohništi, kde se často topilo nekvalitním topivem. Dalším problémem byl chov zvířat na nezpevněné podlaze, močůvka a kejda se tedy vsakovala do země a hrozila tak kontaminace okolních studen s pitnou vodou. BPS v rozvojových zemích tedy řeší především tyto dva základní problémy (*Schulz et Eder, 2004*).

Provoz těchto malých BPS by měl být co nejjednodušší, protože jsou často používány chudými domácnostmi s nízkou úrovní vzdělanosti (*Czech RE Agency, 2011*).

Co se týče struktury provedení těchto malých bioplynových stanic, dají se rozdělit do tří základních typů:

Plastové vaky (balónový typ) (viz obrázek č. 11)

Skládají se z plastového fermentoru, který se nachází v horní části bioplynové stanice. Váha těchto plastových vaků včetně veškerého vybavení se pohybuje mezi 40 – 50 kg, a proto mohou být snadno přepravovány - i na velké vzdálenosti. Dalšími výhodami jsou nízké náklady, vysoké teploty při anaerobní digesti, snadné čištění, vyprazdňování a údržba. Nevýhodami je velmi krátká životnost v důsledku vysoké náchylnosti k poškození (*Nepal biogas promotion association, 2011*), proto tyto bioplynové stanice nedosáhly příliš velkého uplatnění (*Zouhar in verb*). Schéma bioplynové stanice typu plastového vaku je znázorněno na obrázku č. 12)

Zděné bioplynové stanice (viz obr. obrázek č. 13)

Zděné bioplynové stanice jsou nejrozšířenější pro nejvýhodnější poměr přijatelné ceny a funkční životnosti, pokud jsou kvalitně postaveny. Konstrukce zděných bioplynových stanic je podzemní, což zajišťuje potřebné udržení stálé teploty. Často je ale pro proces anaerobní digestce nízká, a způsobuje tak jeho zpomalení. Výhodami jsou relativně nízké provozní náklady a nepřítomnost pohyblivých a ocelových součástí podléhajících korozi. Materiál z cihel je ovšem nekvalitní z hlediska možných úniků bioplynu. Kritickým faktorem je také jejich kvalitní výstavba, protože následné opravy jsou obtížné a nákladné (*ISAT et GTZ, 2011*). Schéma zděné bioplynové stanice je znázorněno na obrázku č. 14.

Tento typ bioplynové stanice se nejvíce staví ve Vietnamu ve spolupráci s SNV – nizozemskou rozvojovou organizací, konkrétně v rámci Programu na využití bioplynu v živočišném hospodářství ve Vietnamu. Od roku 2003 se zde v rámci tohoto programu postavilo přes 100 000 v jednotlivých domácnostech, vyškolily se týmy zedníků, kteří kontrolují kvalitu postavených stanic a zajišťují školení jejich uživatelů (*Anonymus, 2011*).

Kompozitní bioplynové stanice (viz obr. č. 15)

Nejčastěji jsou budovány v Indii, skládají se z válcovitého nebo kupolovitého reaktoru a pohyblivého plynojemu, jak je vidět na schématu obrázku č. 16. Výhodami je velmi jednoduchá manipulace a jasná viditelnost množství uskladněného bioplynu. Plynojem je však nejčastěji z oceli, z čehož vyplývají velmi vysoké náklady na výstavbu a náchylnost plynojemu ke korozi. Ve srovnání např. se zděnými bioplynovými stanicemi mají

tedy kratší životnost, ale zato lépe těsní a jejich případné opravy jsou snazší a levnější (ISAT et GTZ, 2011).

3. 1. 3 Ekonomické zhodnocení bioplynových stanic

3. 1. 3. 1 Ekonomické zhodnocení velkých bioplynových stanic

Investiční náklady velkých bioplynových stanic se pohybují řádově v desítkách až stovkách milionů korun, přičemž velice závisí na druhu vstupního materiálu. Obecně také platí, že čím menší je jejich velikost, tím měrné investiční náklady rostou. Průměrné investiční náklady průměrně velké zemědělské bioplynové stanice pracující na principu mokré fermentace lze odhadnout na cca 100 000 Kč na 1 kW instalovaného výkonu. Při realizaci komunální bioplynové stanice však investiční náklady mohou být až dvojnásobně vyšší než u bioplynové stanice zemědělského typu (Dvořáček, 2010).

Podle Vašíčka (2005) se provozní náklady bioplynových stanic pohybují v rozmezí 5 - 9 % z investičních nákladů bez odpisů a nákladů na vstupním materiálu. Doba návratnosti vynaložené investice do bioplynové stanice lze pak zjednodušeně vypočítat podle vzorce:

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde:

IN = investiční, jednorázové náklady na realizaci úspor

V = výnosy z realizace, např. roční hodnota úspor energie

N_p = roční provozní náklady

CF = V - N_p = roční úspory v peněžní podobě (Vašíček, 2005).

Zanedbává však efekty po době návratnosti, znevýhodňuje ty investice do úspor či OZE, které mají dlouhou životnost, např. malé vodní elektrárny nebo zateplování budov. Proto o ekonomické efektivnosti dává jen orientační představu (Vašíček, 2005).

Obvykle se doba investiční návratnosti pohybuje v rozmezí 5 – 7 let a závisí také na mnoha dalších faktorech, jako např. na prodejní ceně elektrické energie, tepla nebo biometanu, na kapacitě bioplynové stanice, na účinnosti kogenerační jednotky, na ceně vstupních surovin (pokud se do bioplynové stanice nakupují), na výši dotace na výstavbu apod. (Straka et al., 2006).

3. 1. 3. 2 Ekonomické zhodnocení malých bioplynových stanic

Investiční náklady malých bioplynových stanic v rozvojových zemích se pohybují řádově v tisících až desetitisících Kč (Zouhar in verb).

Celková dnešní cena kompletního řešení včetně vaříče nejmenší bioplynové stanice o velikosti 6m³ pro hospodářství s cca 6 prasaty se pohybuje kolem 5 950-6 800 Kč. Maximální dotace na jednu bioplynovou stanici pak připadá na 20% celkové ceny (Anonymus, 2011).

3. 1. 4 Ekologické aspekty bioplynových stanic

Bioplynové stanice řeší problémy spojené s produkcí biologicky rozložitelných odpadů, zvláště pak exkrementů ve velkochovech hospodářských zvířat (Straka et al.,

2006). S ohledem na cizorodé látky je však třeba individuálně posuzovat vhodnost zpracovávaných surovin (Matoušková, 2002).

Základním ekologickým přínosem anaerobní digesce je také omezování produkce skleníkových plynů. Emise, které vznikají při spalování bioplynu (cca 60 kg CO₂/GJ) jsou podstatně nižší než např. u hnědého uhlí (100 kg CO₂/GJ) a nezhoršují antropogenní skleníkový efekt (Matoušková, 2002).

Mnozí odpůrci bioplynových stanic však tvrdí, že jsou bioplynové stanice zdrojem zápachu a znečištění ovzduší, a to bez ohledu na kapacitu, vstupní suroviny a způsob využití bioplynu (Váňa, 2007a). Tyto problémy jsou ve většině případů způsobeny nedostatkem zkušeností farmářů s jejich provozem, nelze je tedy vztahovat na všechna zařízení (Ochodek et al., 2007).

3. 1. 5 Výhody bioplynových stanic

Budování bioplynových stanic, zvláště pak v zemědělské oblasti, je vhodným východiskem, jak vyřešit problém s likvidací živočišného odpadu a posílit udržitelný rozvoj samotného zemědělství a venkova (Pastorek et al., 2004).

U velkých bioplynových stanic jsou hlavními výhodami především stabilní příjmy za ekologickou energii, garantovaný výkup elektrické energie, příspěvi k ochraně životního prostředí a podpora zaměstnanosti, především v zemědělské oblasti (Motlík et al., 2007).

Výhodou malých bioplynových stanic je především soběstačnost v produkci bioplynu pro jednotlivé rodiny nebo obce. Malé bioplynové stanice slouží k zajištění životně důležitých lidských potřeb, ne však ve smyslu výroby elektrické energie, jako je tomu u velkých bioplynových stanic v zemích průmyslově a technologicky vyspělých. Naopak je zde využívám i digestát a bioplyn jako takový (ISAT et GTZ, 2011).

Další výhodou bioplynových stanic je široká možnost využití bioplynu, který lze navíc oproti ostatním obnovitelným zdrojům energie produkovat nezávisle na počasí, ročním období či denní době (Quaschnig, 2010).

3. 1. 6 Nevýhody bioplynových stanic

Mezi hlavní nevýhody bioplynových stanic patří především vysoké investiční náklady a náklady spojené s technologiemi případných úprav bioplynu, např. čištění bioplynu (Motlík et al., 2007).

V mnohých případech je také velkým problémem zápach z bioplynových stanic, který je způsoben především nekázní a nezodpovědností provozovatelů, kteří v mnohých nedodržují stanovené předpisy a zákony. Ačkoli mnozí odborníci na bioplynové stanice tvrdí, že by bioplynové stanice zapáchat neměly, nebo že vůbec nezapáchají, obyvatelé obcí v blízkosti bioplynových stanic si často stěžují na zápach jak z bioplynových stanic, tak i z digestátu, který je rozlíván po okolních polích. Tato problematika se bohužel týká České republiky a ještě horší skutečností je i to, že tuto problematiku státní úřady příliš neřeší. Problémy se zápachem z bioplynových stanic byly sice zaznamenány i v tomto směru ve vyspělejších zemích EU, ale jednalo se spíše o výjimky, které byly vyřešeny dodatečnými investicemi nebo zavedením správné zemědělské praxe při hnojení digestáty (Váňa, 2007a).

3. 1. 7 Legislativa

3. 1. 7. 1 Legislativa velkých bioplynových stanic

Výstavba a provoz BPS ve vyspělých zemích musí být vždy v souladu se zákony a doplňujícími vyhláškami. V České republice jsou jimi:

1) energetický zákon č. 458/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů

2) Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů),

Tento zákon obsahuje jen obecné ustanovení, aby byla zajištěna patnáctiletá návratnost investic, dále už ve svých ustanoveních konkrétně neřeší, jakým způsobem (jakou metodikou) mají být výkupní ceny a zelené bonusy stanoveny.

3) Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon

Upravuje podrobnosti jak k územnímu plánování, tak k vydání rozhodnutí o umístění stavby.

4) Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

Na základě tohoto zákona musejí být posouzeny všechny možné vlivy a dopady projektu na životní prostředí. Zpracování EIA (= posuzování vlivů na životní prostředí) je svěřeno odborníkům s příslušnou autorizací MŽP. Zkušený zpracovatel upozorní na možné problémy již v průběhu zpracování studie proveditelnosti a doporučí změny v projektu. Výsledné rozhodnutí příslušného krajského úřadu, případně MŽP je pak pro další způsob realizace zcela zásadní.

5) Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Podle tohoto zákona je povinností provozovatele BPS mít povolení od příslušného vodoprávního úřadu k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a podzemních. Pro digestát stanovuje vodoprávní úřad emisní limity, případně lhůtu k dosažení emisních limitů. Dále tento zákon kontroluje odběr vzorků vypouštěných odpadních vod, následné vyhodnocení výsledků rozborů jednotlivých ukazatelů znečištění a jejich předání vodoprávnímu úřadu.

6) Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

V rámci tohoto zákona příslušný obecní úřad obce s rozšířenou působností vydává vyjádření v územním a stavebním řízení z hlediska nakládání s odpady. Je určujícím legislativním předpisem především pro hygienizační parametry digestátu z bioodpadů. Jedná se zejména o splnění procesních hygienizačních parametrů a limitních hodnot rizikových prvků, které jsem uvedla v tabulce č 1.

Limitní koncentrace vybraných rizikových prvků se vylišují podle způsobu použití. Digestát třídy I je používán na plochách užívaných pro městskou zeleň, dětských hřišť, parků a lesoparků. Digestát třídy II se používá pro pěstování technických energetických, a okrasných plodin, v intravilánu průmyslových zón, při rekultivacích krajiny (např. po těžbě surovin), k obohacování neúrodných půd a jako surovina pro výrobu rekultivačních substrátů (Váňa, 2007b).

Tabulka č. 2: Limitní koncentrace vybraných rizikových látek v digestátu (Váňa, 2007b)

Sledovaný ukazatel	Digestát		Ze statkových hnojiv
	Třída 1 (*)	Třída 2 (*)	
Cd (mg/kg sušiny)	0,7	1,5	2
Cr (mg/kg sušiny)	100	150	100
Cu (mg/kg sušiny)	100	150	100
Hg (mg/kg sušiny)	0,5	1	1
Ni (mg/kg sušiny)	50	75	50
Pb (mg/kg sušiny)	100	150	100
Zn (mg/kg sušiny)	200	400	400
As (mg/kg sušiny)	x	x	10
Mo (mg/kg sušiny)	x	x	5

(*) Normalizováno na 30% obsahu organické hmoty

7) Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších předpisů.

Podle zákona o ochraně ovzduší jsou bioplynové stanice vyjmenovanými stacionárními zdroji znečišťování ovzduší a jako takové podléhají povolovacímu režimu krajských úřadů. Tento zákon ukládá především povinnost zajistit povolení podle § 17 odst., pokud nebude vydáno integrované povolení. Související vyhláška č. 362/2006 Sb., o způsobu stanovení koncentrace pachových látek dále stanovuje přípustné míry obtěžování zápachem.

8) Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci

Dle tohoto zákona se bioplynové stanice s kapacitou zpracovávaných vedlejších živočišných produktů a živočišného odpadu (např. odpady z provozů jatek a asanačních podniků) větší než 10 tun deně řadí do kategorie č. 6. 5 přílohy č. 1 zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci, v platném znění. Provozovatelé takových zařízení mají povinnost získat integrované povolení a provozovat ho v souladu se zákonem o integrované prevenci.

3. 1. 7. 2 Legislativa malých bioplynových stanic

K výstavbě a provozu malých bioplynových stanic v rozvojových zemích nejsou dána žádná legislativní pravidla (*Zouhar in verb*).

3. 2 Solární elektrárny

Jako solární energii lze označit energii, která dopadá na Zemi ve formě slunečního záření (*Murtinger et Truxa, 2005*).

V České republice jsou poměrně dobré podmínky pro využití energie slunečního záření, přestože množství sluneční energie v průběhu roku kolísá a největší množství sluneční energie dopadá v období, kdy je spotřeba tepla nejnižší. Ročně dopadá kolmo na 1 m² plochy 800-1250 kWh solární energie. Z toho v období od dubna do října 75% energie a v období od října do dubna 25% energie. Celková doba slunečního svitu v našich podmínkách se pohybuje v rozmezí 1400-1700 h/rok. V horských oblastech dosahuje tato doba 1600 h/rok, v nížinných oblastech Jižní Moravy 2000 h/rok (*Musil, 2009*). Intenzita slunečního záření v České republice je vidět na obrázku č. 17.

3. 2. 1 Technická část

V průběhu více než 50 let rozvoje využití solární energie se našlo mnoho zajímavých možností jejího využití, ale jen relativně málo z nich přešlo do praxe. Většinu možností lze rozdělit podle toho, k jaké energetické přeměně dochází do následujících skupin:

- přeměna slunečního záření na teplo (termální systémy)
- přeměna na elektrickou energii (fotovoltaické systémy)
- přeměna na mechanickou nebo chemickou energii
- využití fotochemických účinků slunečního záření (*Murtinger et Truxa, 2005*).

Při přímém využívání se sluneční záření přímo přeměňuje na užitečnou formu energie, například slunečním tepelným kolektorem na teplou vodu nebo prostřednictvím solárních článků na elektrický proud. O nepřímém využívání hovoříme, když se po jedné nebo několika přeměnách přímého slunečního záření využívají tak zvané sekundární formy, jako je vítr, voda, biomasa apod. (*Henze et Hillenbrand, 2000*).

V rámci této kapitoly se budu věnovat těmto dvěma typům solární energie – fotovoltaice a fototermice.

3. 2. 1. 1 Přímé získávání elektřiny – fotovoltaika

K fotovoltaické přeměně energie elektromagnetického záření na energii elektrickou dochází v polovodičových fotovoltaických (PV) článcích. Polovodiče jsou látky, jejichž elektrické vlastnosti leží někde mezi kovy a izolanty, tj. nejsou v nich volné elektrony jako v kovech, ale relativně snadno tam mohou vzniknout teplem nebo třeba právě dopadem slunečního záření. Mohou mít vodivost buď typu N nebo typu P. U polovodiče typu N je vodivost způsobena přítomností příměsí dodávajících volné elektrony (negativní nosiče náboje, majoritními nosiči jsou elektrony), u polovodiče typu P je spojena s přítomností příměsí zachycujících elektrony. Jejich majoritními nosiči jsou díry, které se chovají jako částice s kladným nábojem (*Beranovský et al., 2007*).

Fotovoltaický článek je v podstatě velkoplošnou polovodičovou diodou a díky vlastnostem obou polovodičů vzniká na rozhraní mezi nimi na tzv. PN přechodu samovolně rozdíl potenciálů, přičemž polovodič typu N je kladný, P záporný. Tak odevzdávají svou energii a pohlcují se. Případný přebytek energie většinou předají kmitům mřížky, a tak jej přemění v teplo, což vede k ohřevu materiálu polovodiče. Páry elektron–díra generované v oblasti přechodu PN jsou od sebe odděleny elektrickým polem mezi vázanými prostorovými náboji, díry jsou urychleny ve směru pole, elektrony opačně. Mezi opačnými póly PV článku se objeví elektrické napětí a po zapojení do elektrického obvodu teče obvodem stejnosměrný elektrický proud. PV článek se tak stává zdrojem elektrické energie (*Libra et Poulek, 2007*).

Podle autorů Libry a Poulka (2010) je většina (přes 90%) komerčně dostupných fotovoltaických článků je tvořena nejčastěji tenkou destičkou na bázi křemíku, která je z jedné strany obohacena atomy trojmocného prvku (např. bóru), z druhé strany atomy pětímocného prvku (např. arzenu) (*Libra et Poulek, 2010*). Schéma fotovoltaického článku je znázorněno na obrázku č. 18.

Pro praktické využití fotovoltaických článků jsou důležité 3 veličiny: elektrické napětí, elektrický proud a vnitřní odpor. Napětí naprázdno (napětí při nulovém proudu) je dáno především použitým polovodičem. Proud nakrátko (při nulovém napětí) je dán intenzitou dopadajícího záření, fotovoltaický článek se při konstantní intenzitě slunečního záření chová jako zdroj konstantního proudu, jehož intenzita je limitována počtem fotonů dopadajících za jednotku času. Zpravidla se článek charakterizuje voltampérovou charakteristikou, tj. závislost proudu na napětí (případně při různých intenzitách osvětlení) (*Beranovský et al., 2007*).

Výkon

Výkon fotovoltaického modulu se obvykle vyjadřuje v jednotkách kWp (kilowatt peak). Tato jednotka udává výkon solárního článku nebo panelu v bodě maximálního výkonu za standardních testovacích podmínek (AM 1,5; 1000W/m²; 25°C). (Czech RE Agency, 2012).

Obvyklé fotovoltaické zařízení o instalovaném maximálním výkonu 1kWp vyrobí mezi 800 kWh až 950 kWh elektrické energie za rok. Pro výkon 1 kWp je nutná přibližně plocha 10 m² solárních článků. Výkon solárního zařízení a využitelnost solární energie jsou pak zásadně závislé na účinnosti a na orientaci zařízení. Ideální je orientace k jihu, ve sklonu 30°, kromě toho je třeba zabránění zastínění a přehřívání solárních článků, neboť se tím jejich výkon snižuje (Pregizer, 2009).

Účinnost fotovoltaického článku

Další důležitou veličinou je účinnost fotovoltaického článku, která udává, jaký podíl slunečního záření přemění článek na elektrický výkon. Její hodnota je dána podílem výstupního elektrického výkonu a vstupní energie slunečního záření. Čím vyšší účinnosti fotovoltaický článek dosahuje, tím větší výkon na m² může vyrobit. Sériově vyráběné křemíkové články dosahují maximální účinnosti 20%. V laboratorních podmínkách již bylo dosaženo účinnosti téměř 25% (Quaschning, 2010). V následující tabulce uvádím hodnoty účinnosti různých materiálů, ze kterých se fotovoltaické články vyrábějí.

Tabulka č. 3: Účinnost různých materiálů fotovoltaických článků (Quaschning, 2010)

Materiál článku	Maximální laboratorní účinnost článku	Maximální provozní účinnost sériového článku	Typická modulární účinnost článku	Plocha potřebná na 1 kW
Monokrystalický křemík	24,7 %	21,5 %	15 %	6,7 m ²
Polykrystalický křemík	18,5 %	15 %	14 %	7,2 m ²
Amorfní křemík	12,7 %	8 %	6 %	16,7 m ²
CIS	19,5 %	11 %	10 %	10 m ²
CdTe	16,5 %	10 %	7 %	14,3 m ²

CdTe - telurid kadmia má téměř ideální vzdálenost valenčního a vodivostního pásu 1, 44eV) a velkou absorptivitu pro sluneční záření, není však lepší než křemík (Beranovský et al., 2007).

CIS (zkrácený vzorec pro CuInSe₂) – diselenid mědi a india se vyznačuje ještě vyšší absorptivitou pro sluneční záření, fotovoltaické články z tohoto materiálu mohou proto být velmi tenké (99% slunečního záření se pohltí v prvním mikrometru tloušťky). Používá se i varianta materiálu obsahujícího navíc galium (Cu(InGa)Se₂, zkráceně CIGS) (Beranovský et al., 2007).

Fotovoltaické články z polykrystalického křemíku (viz obrázek č. 19) přijímají difúzní světlo (rozptýlené světlo i v době nepřímého slunečního svitu, v době mlhy, nebo umělého slunečního osvětlení). Můžou být obráceny na východ, západ, v nejmodernějších technologiích i na sever (pokud se jedná o panely umístěné na střeše) (Murtinger et Truxa, 2005). Mají čtvercový tvar s délkou hrany 10, 12,5, 15, 15,6 nebo 21 cm a dají se snadno rozpoznat podle modře se třpytící krystalické struktury (Haselhuhn, 2010).

Fotovoltaické články z monokrystalického křemíku (viz obrázek č. 19) jsou buď čtvercové nebo čtvercové se zaoblenými rohy a jelikož se materiál článku skládá z jediného krystalu, je povrch článků homogenně tmavomodrý až černý (Haselhuhn, 2010). Podávají vyšší výkon (až 400 kWp) na panel, ale je za potřebí přímého slunečního svitu. Pro naše podmínky jsou tedy značně nevhodné, využívají se hlavně ve Španělsku (Libra et Poulek, 2010).

Fotovoltaické články z amorfního křemíku mají oproti výše uvedeným typům výhodu v tom, že spotřebují podstatně méně materiálu, a ve výsledku jsou tedy při velkosériové výrobě znatelně levnější. Nanesená vrstva křemíku je amorfní, tj. nemá pravidelnou krystalickou strukturu a obsahuje určité množství vodíku. Fotovoltaické moduly (panely) z těchto článků jsou ohebné a používají se pro výrobu tenkých krycích fólií na střechy nebo na vojenské stany (viz obrázek č. 20) (Beranovský et al., 2007).

Fotovoltaické panely

Protože mají fotovoltaické články jen malé pracovní napětí (kolem 0,5 V), zapojují se do fotovoltaických panelů (viz obrázek č. 21). Používá se též název fotovoltaický modul nebo fotovoltaický systém. (Libra et Poulek, 2010; Quaschnig, 2010).

Nejčastěji se na horní stranu modulu dává kalené sklo, které v kombinaci s pevným hliníkovým (duralovým) rámem zajistí dostatečnou pevnost a mechanickou odolnost. Vhodné je sklo se sníženým obsahem železa, které má lepší propustnost pro světlo v červené a blízké infračervené oblasti spektra (Beranovský et al., 2007). Na povrchu modulu by se světlo mělo co nejméně odrážet, aby se ho co nejvíce absorbovalo. Proto se na povrch fotovoltaických článků umísťuje antireflexní vrstva, která dává šedým křemíkovým článkům jejich typickou černou barvu u monokrystalických článků, popřípadě modrou barvu u polykrystalických článků (Haselhuhn, 2010).

Moderní články mají antireflexní vrstvu, která snižuje ztrátu světla odrazem, a zvedne tak účinnost o několik procent. U monokrystalických článků tvoří často antireflexní vrstvu nitrid křemíku nanášený vakuovým napařováním (Beranovský et al., 2007).

Dokonalou těsnost modulu zajišťuje vakuová laminace s použitím fólií EVA (etylen-vinyl acetátového kopolymeru). Na zadní stranu modulu se často umísťuje sklo nebo fólie Tedlaru (fluoropolymer, který je nepropustný pro vodní páru a velmi odolný proti UV záření) (Beranovský et al., 2007), jak je znázorněno na schématu fotovoltaického panelu na obrázku č. 22.

Výtěžnost fotovoltaického panelu pak závisí na jeho orientaci. Pro pevně umístěný systém je ideální poloha na jih a sklon 35 °C. Existují i systémy s natáčením za Sluncem, které mají vyšší výnosy, ale potřebují prostor (nelze je dát na střechu domu) a neustálý dozor. Nevhodné je také umísťovat fotovoltaické panely na fasády domů – jde sice o zajímavý architektonický prvek, ale výnosy se snižují (Macholda et Srdečný, 2006).

3. 2. 1. 2 nepřímé získávání elektřiny – fototermika

Fototermika je založena na přeměně energie slunečního záření na teplo pomocí solárních kolektorů (solárních systémů). Užívání termínu „panel“ se potlačuje, aby se předešlo nežádoucím záměnám s fotovoltaickými panely. Naprostá většina využívá přenos tepla z kolektoru do místa využití teponosných kapalin (kapalinové kolektory), jen malá část kolektorů využívá vzduch (vzduchové kolektory) (Matuška, 2010).

Každý solární systém obsahuje tyto hlavní části:

- kolektor, který čerpá sluneční záření a mění jej v teplo

- zásobník, v němž je teplo uloženo pro pozdější potřebu

- transportní systém, který teplo převádí z kolektoru do zásobníku nebo přímo na místo potřeby (rozvody, čerpadlo nebo ventilátor, ventily apod.)

- regulační zařízení, které zajišťuje, aby teplo přecházelo z kolektoru do zásobníku, a ne naopak

- záložní zdroj tepla, který poskytuje spotřebu v době bez slunečního svitu (*Murtinger et Truxa, 2005*).

Získaná energie je ukládána do solárního tlakového zásobníku a v případě odběru teplé vody je do pohotovostního automaticky přečerpávána. Teplotní vrstvení je v solárním zásobníku zajištěno jednoduchým přepínáním rozdělovacím ventilem mezi horní a dolní částí. Cirkulace teplé vody je přepínána mezi solárním a odběrovým zásobníkem. Do solárního zásobníku je zavedena, pokud je teplota vody v horní části vyšší než teplota cirkulace, jinak je pro dohřev zavedena do odběrového zásobníku. Pro lepší využití solárních zisků se solární zásobníky zapojují sériově pro dosažení různých teplotních oblastí, kdy zásobník s výstupem teplé vody má v horní části výrazně vyšší teplotu než zásobník se vstupem studené vody. Voda ohřátá v deskovém výměníku je ukládána v příslušném zásobníku podle teploty (*Matuška, 2010*).

Solární systémy lze využít pro ohřev vody v bazénech, pro přípravu teplé vody nebo pro chlazení a klimatizaci (*Murtinger et Truxa, 2005*).

Podle toho, jakým způsobem je přenos tepla zajištěn, lze podle Matušky (2010) solární systémy rozdělit na systémy aktivní a systémy pasivní

Aktivní systémy

K přenosu tepla (cirkulaci teplonosného média) se používá čerpadlo nebo ventilátor ve spojení s vhodným regulačním zařízením. Jde v zásadě o nepřímé využívání sluneční energie pomocí slunečního kolektoru, fotovoltaických článků, parabolických zrcadel apod. (*Vohnický, 2004*). Výhodou těchto systémů oproti systémům pasivním je jejich daleko větší flexibilita a snadná regulace, nevýhodou je však vysoká investiční náročnost, což je hlavní důvod, proč se tato technologie příliš nerozšířila (*Matuška, 2010*).

Pasivní systémy

Zde je teplo přenášeno pasivně, bez použití technického zařízení a bez nároku na elektrickou energii, např. pouze s využitím přirozené konvekce (*Murtinger et Truxa, 2005*). Jedná se o využití sluneční energie vhodnou konstrukcí budov, především vhodnou orientací oken na jih (nikdy ne na JZ nebo na JV) (*Vohnický, 2004*).

Solárním systémem na ohřev vody je v tomto případě akumulární kolektor tvořen černě natřenou nádobou (nejčastěji plechovým sudem nebo plastovým vakem). Oproti aktivním systémům mají tyto pasivní systémy značné nevýhody, kterými jsou především velké tepelné ztráty, a tedy malá účinnost a nemožnost uchování ohřáté vody po delší dobu. Zařízení také nelze používat v zimním období, kdy hrozí zamrznutí systému (*Matuška, 2010*).

Podle polohy lze podle Matušky (2010) solární kolektory dále rozlišit na dva základní typy: ploché (deskové) kolektory a fokusující (koncentrační) kolektory:

Ploché kolektory (viz obrázek č. 23)

Ploché solární kolektory se obecně vyznačují plochou aperturou zasklením a přibližně plochým absorberem (*Matuška, 2010*).

Jádro plochého kolektoru tvoří černá absorbující plocha, která sestává např. ze speciálně upravené mědi, hliníku, oceli nebo umělé hmoty. Je v termickém kontaktu s nosičem tepla, zajišťujícím transport tepelné energie z místa jejího vzniku na jiné místo. Nosičem tepla může být plyn nebo kapalina, která proudí v trubkách nebo kanálech a za-

jišťuje tedy transport tepelné energie. Podle druhu absorbéru se absorbuje 85 až 95% dopadajícího slunečního záření a je přeměněno v teplo, které se odvádí buď k přímému využití spotřebiteli nebo se ukládá v zásobníku tepla pro pozdější využití. (*Karamanolis, 1996*).

Bývají instalovány horizontálně, vertikálně nebo šikmo v závislosti na jejich váze, velikosti, poloze místa (zeměpisné šířce) a architektonických podmínkách (*Murtinger et Truxa, 2005*).

Koncentrující (fokusující) kolektory

V koncentrujících kolektorech je přímé sluneční světlo koncentrováno válcovými, většinou parabolickými zrcadly na potrubí nebo kulovými zrcadly do jednoho ohniska, v němž lze dosáhnout velmi vysokých teplot. Tyto kolektory se používají především v solárních elektrárnách k ohřevu pracovní látky na vysokou teplotu (250-800 °C). Mohou být konstruovány v různých provedeních, nejčastěji se konstruuji tzv. solární věže a solární talíře (viz obrázky č. 24 a 25). Oproti plochým kolektorům mají hlavní nevýhodu, kterou je nákladné naklápění zrcadel za sluncem, aby záření bylo stále soustředováno na absorbér (*Themessl et Weiss, 2005*).

3. 2. 2 Rozdělení solárních elektráren

Jak už jsem uvedla v předchozí kapitole, solární elektrárny lze rozdělit rámcově do dvou skupin, a to na fotovoltaiku a fototermiku. V této kapitole se budu věnovat jejich rozdělení podle velikosti.

3. 2. 2. 1 Velké solární elektrárny (viz obrázek č. 26)

Za velké fotovoltaické elektrárny (tzv. solární parky) se považují systémy o výkonech v řádech desítek kWp až stovek kWp, které jsou výkonnostně limitovány výhradně velikostí a charakterem (sklonem) pozemku a dále dostupností dostatečně kapacitní elektrické přípojky (vedení o napětí 22 kV, 35 kV nebo 110 kV) pro dodávání energie do rozvodné sítě nebo do regionální distribuční sítě. Plocha mono nebo polykrystalických panelů o nominálním výkonu 1 kWp činí přibližně 8 m², plocha potřebného pozemku pod panely je v případě budování v několika řadách přibližně 2, 5 násobek plochy panelů (*Haselhuhn, 2010*).

Velké fototermální systémy řeší např. problémy, kdy je v zimních měsících jednak málo slunečního svitu a jednak kdy bývají i delší intervaly bez slunečního svitu. K dosažení rozumného využití kolektorů a rozumné doby návratnosti je tedy výhodné, když je zásobník tepla co největší. Proto se instalují takové systémy, které jsou společné pro více domů. Příkladem může být např. malé sídliště v rakouském Gneis-Moos (předměstí Salcburku), kde je použit centrální zásobník o objemu přibližně 100 m³ (*Murtinger et Truxa, 2005*).

U velkých zásobníků řádově v tisících m³ se využívá takzvaná sezónní akumulace, tj. uložení tepla z letního období na zimu. Toto řešení je však použitelné jen u opravdu velkých systémů, protože tepelné ztráty zásobníku rostou přibližně s druhou mocninou rozměrů a množství uloženého tepla s třetí mocninou. Měrná ztráta zásobníku se tedy snižuje s jeho rostoucí velikostí. Jako příklad lze uvést betonový zásobník o objemu 12000 m³ v německém Friedrichshafenu, který slouží pro 570 bytů (*Murtinger et Truxa, 2005*).

3. 2. 2 Malé solární elektrárny

Nejmenší fotovoltaické systémy se uplatňují v drobných aplikacích, kterými jsou např. hodinky, kalkulačky, zahradní osvětlení, notebooky, mobilní telefony, fotoaparáty, MP3 přehrávače apod. (viz obrázek č. 27). Jedná se o autonomní, tzv. ostrovní systémy (off-grid). (Quaschnig, 2010).

U menších systémů, které jsou připojené na síť, se výkon pohybuje v řádech jednotek až desítek kWp. Použití nalézají především u energeticky soběstačných domů, chat, karavanů nebo průmyslových objektů, přičemž energie vyrobená systémem je buďto spotřebována přímo v daném objektu a případné přebytky jsou prodány do distribuční sítě, nebo je systém určen výhradně k výrobě energie dodávané za výkupní cenu do distribuční sítě, tedy bez jakékoliv její vlastní spotřeby v místě instalace (ta probíhá po jiné línii) (Haselhuhn, 2010).

Malé fototermitické systémy se používají výhradně u energeticky soběstačných (nízkoenergetických) domů, a to převážně pro ohřev vody. Vytápění představuje jen doplňkové využití. Pro ohřev vody v rodinném domku pak stačí 6 m² kolektorů, při použití solární energie na vytápění bývá plocha kolektorů troj- až čtyřnásobná (Murtinger et Truxa, 2005).

3. 2. 3 Ekonomické zhodnocení solárních elektráren

Ekonomické posuzování fotovoltaických systémů je ovlivněno několika důležitými faktory. Největší podíl investičních nákladů představuje samotná cena fotovoltaických systémů (až 60%), dalšími investičními náklady jsou náklady spojené s jejich architektonickým a konstrukčním návrhem, náklady na jejich instalaci a na další elektrotechnická zařízení. Provozní náklady tvoří především náklady na servis a na pomocnou energii (Motlík et al., 2007).

Cena fotovoltaického solárního systému s maximálním příkonem 1kW a s akumulátorem elektrické energie se vejde do 400 000 Kč, ceny fototermitických solárních systémů jsou ještě mnohem nižší. Přitom mají oba tyto systémy životnost nejméně 20 let bez dalších provozních nákladů, vyžadují jen minimální údržbu (Libra et Poulek, 2007).

Fyzická osoba má navíc možnost získat státní dotaci na realizaci solárních systémů až ve výši 50% celkových nákladů, což je také jeden z hlavních důvodů jejich masivního rozšíření (Libra et Poulek, 2007). Zatímco bez dotace by návratnost investice byla srovnatelná s dobou životnosti panelů, tj. 15 až 20 let, s dotací může být i menší než 10 let (Macholda et Srdečný, 2006).

3. 2. 4 Ekologické aspekty solárních elektráren

Solární elektrárny, které nemají zařízení na spalování fosilních paliv, nezpůsobují svým vlastním provozem žádné emise CO₂ (Quaschnig, 2010). Kromě oplocení pozemků a záboru půdy v případě velkých solárních elektráren nijak nenarušují životní prostředí. Jejich výstavba je rychlá a čistá, nevydávají žádné záření a nejsou hlučné (ve srovnání např. s větrnými elektrárnami a velkými bioplynovými stanicemi) (Beranovský et al., 2007; Matuška, 2010; Quaschnig, 2010).

3. 2. 5 Výhody solárních elektráren

Hlavními výhodami solárních elektráren jsou především nízké pořizovací náklady, minimální údržba, rychlá a do přírody nikterak drasticky zasahující instalace. V nepo-

slední řadě mají také tu výhodu, že dokážou i na malé ploše vyrobit velké množství energie (Matuška, 2010).

Výhodou fotovoltaických systémů ve srovnání se systémy fototermickými je navíc jejich modularita. Fotovoltaická zařízení mohou být vyrobena a instalována v libovolné velikosti, počínaje miliwatty až po mnohamegawattové systémy, pokrývající plochu několika km² (Haselhuhn, 2010).

Naopak hlavní výhodou fototermálních systémů je snadná integrace tepelných akumulačních zásobníků. Malé zásobníky na dobu několika hodin zvyšují výrobní náklady, zajišťují však, že dodávaný výkon může elektrárna garantovat a tím zvýší dostupnost a hodnotu elektrické energie (Quaschnig, 2010).

3. 2. 6 Nevýhody solárních elektráren

Z důvodu, že intenzita slunečního záření během roku kolísá, nelze solární energetiku využít jako samostatný zdroj světla a tepla, je nutné použít ještě jiné doplňující zdroje energie (Motlík et al., 2007).

Nevýhodou může být také vysoká prvotní investice, která je způsobena především cenou využívaného materiálu. Tím je až z 90% případů křemík, jak už jsem zmínila v kapitole 2. 1. 1. Ačkoli křemík není nikterak vzácný prvek (v zemské kůře je zastoupen z 26%), v současné době už je jeho spotřeba pro výrobu fotovoltaických panelů tak vysoká, že tento zdroj přestává stačit (Beranovský et al., 2007).

Za další nevýhodu by se dala považovat i neestetika velkých solárních elektráren, tzv. elektráren na zelených loukách, které podle mnoha posuzovatelů výrazně narušují vzhled a ráz krajiny (Motlík et al., 2007).

3. 2. 7 Legislativa

Výstavba a provoz solárních systémů musí být v souladu se zákony, v České republice jsou jimi:

- 1) Zákon č. 458/2000 Sb. – Energetický zákon
- 2) Zákon o č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů
- 3) Zákon č. 475/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů (doplňený vyhláškou č. 364/2007 Sb.)
- 4) Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon

Dalšími doplňujícími vyhláškami jsou např.:

- 1) Vyhláška č. 51/2006 Sb. – Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- 2) Vyhláška č. 150/2007 Sb. – Vyhláška o způsobu regulace cen v energetických odvětvích
- 3) Vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

3. 3 Větrné elektrárny

Větrné elektrárny jsou zařízení, ve kterých je kinetická energie větru přeměňována na energii elektrickou (Cetkovský et al., 2010).

V minulosti byla energie větru většinou využívána ve větrných mlýnech pro mletí obilí a čerpání vody (tzv. farmářská větrná kola), přibližně posledních sto let se však používá i k výrobě elektřiny (Beranovský et al., 2003).

Velký boom zažívá využití větrné energie v evropských zemích, a to hlavně v Německu, Dánsku a Švédsku, ve světě se větrná energetika uplatňuje především v USA a v Indii (*Cetkovský et al., 2010*).

V České republice jsou z povětrnostních hledisek podmínky pro výstavbu větrných elektráren průměrné až podprůměrné (jak je vidět na povětrnostní mapě České republiky na obrázku č. 28). Z této mapy je patrné, že na většině území České republiky nedosahuje průměrná rychlost větru hranice 5 m/s, která se obvykle uvádí jako limitní hranice pro výstavbu větrných elektráren. Optimální podmínky pro výstavbu větrných elektráren jsou tedy v České republice pouze ostrůvkovité (*Musil, 2009*). Ve většině případů jsou vzhledem ke kulturní krajině, husté osídlenosti obyvatel a výskytu chráněných území také silně nerealizovatelné - vzhledem k jejich negativním vlivům, o kterých se blíže zmíním v kapitole č. 3. 3. 6. Nevýhody větrných elektráren. V České republice se ve větší míře stavěly a staví malé domácí větrné elektrárny pro soukromou potřebu jejich vlastníků, které nedodávají elektrickou energii do veřejné sítě (*Nondek, 2007*).

3. 3. 1 Technická část

Energie větru je v zásadě kinetickou energií v obrovském objemu větru pohybujícím se po zemském povrchu. Lopatky větrných turbín tuto energii přijímají a přeměňují ji na rotační energii mechanickou. Efektivita přeměny energie větru na jiné formy energie pak závisí na efektivitě rotoru, který je součástí turbíny větrné elektrárny (*Sathyajith, 2006*).

Proudění vzduchu lze v zásadě rozlišit na dva základní typy, a to proudění laminární a turbulentní (*Crome, 2002*).

Větrná energetika využívá proudění turbulentní, které se projevuje kolísáním rychlosti a směru větru. Výsledky měření směru a rychlosti větru jsou proto pouze zprůměrované za určitý časový interval, tzv. vzorkovací dobu (*Beranovský et al., 2003*).

Vědecky správně se rychlost větru na celém světě měří oceňovanými anemometry s miskovým křížem ve výšce 10 m nad zemí. Skládají se ze tří polokulových misek na krátkých ramenech, která se otáčejí kolem svislé osy (jak je vidět na obrázku č. 29) (*Crome, 2002*).

Pro velmi hrubou představu jsou také běžně dostupná měření na meteorologických stanicích (*Beranovský et al., 2003*).

3. 3. 1. 1 Typy rotorů

Základní konstrukční jednotkou větrných elektráren, na které závisí jejich účinnost, je rotor (*Cetkovský et al., 2010*). Nejčastěji se používají rotory s vodorovnou osou typu vrtule. Mimo to existují i rotory se svislou osou typu Darrierus a Savonius. Ty se v některých případech zdají být i výhodnější než rotory s vodorovnou osou, zatím se však podstatně nerozšířily. Hlavní nevýhodou je, že musí být roztočeny generátorem, a to samostatně, jen působením větru se nerozběhnou (*Kára et Adamovský, 1993*).

Vrtule (viz obrázek č. 30) se v běžné praxi používají nejčastěji, neboť mají nejvyšší účinnost, využijí až 42 až 46% energie větru (*Kára et Adamovský, 1993*). Slouží především pro výrobu elektrické energie (střídavý a třífázový proud). Dosahují nejvyšších výkonů elektrické energie, jejich problémem však může být velká hlučnost (*Crome, 2002*).

Savoniův rotor (viz obrázek č. 31) sestává ze dvou vodorovných kruhových kotoučů, mezi něž jsou svisle postavena dvě polokruhovitě zahnutá křídla, respektive lopatky. V současné době nabývá tento rotor na významu, používá se k výrobě elektrické

energie (stejnoseměrný proud) pro nízkovýkonné aplikace nebo k čerpání vody (*Schulz, 2005*).

Darrierův rotor (viz obrázek č. 32) se skládá ze dvou či více křídel, která rotují kolem vertikální osy. Dosahuje maximálně 38% činnosti účinnosti a vyžaduje vyšší rychlosti větru. Používá se k výrobě stejnosměrného i střídavého proudu, jeho využití je však minimální (*Musil, 2009*).

3. 3. 1. 2 Základní parametry větrných elektráren

Užitkovost větru

Ve fyzikálním smyslu je užitkovost větrného konvertoru definována jako užitečný výkon dodávaný po dobu určitého časového úseku (tedy výkon násobený časem), měřený v kWh (kilowatthodinách) (*Crome, 2002*).

Výkon větru

Největším problémem a současně jednou z největších výzev všem investorům do větrných elektráren je kolísání výkonu větru. Tento výkon se dá vypočítat ze vzduchové hmoty, která za určitou dobu projde danou vztaznou plochou, a rychlosti jejího proudění: energetický obsah proudění vzduchu lze vyjádřit pomocí vzorce:

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Kde:

P = výkon teoreticky obsažený ve větru (W)

A = plocha stojící kolmo proti směru větru, kterou vítr proudí (v m²)

ρ = hustota vzduchu, obvykle se do vzorce dosazuje s hodnotou 1,25 kg/m³

v = rychlost větru (m/s) (*Hallenga, 2006*).

3. 3. 1. 3 Stanoviště větrných elektráren

Chceme-li odebrat energii z větru, musí být splněn nezbytný předpoklad, kterým je vhodné stanoviště. To by mělo mít rychlost větru minimálně 5 m/s. V případě, že se síla větru zdvojnásobí, energie vyprodukovaná generátorem osmkrát vzroste. Elektrická energie tedy roste se třetí mocninou rychlosti větru a tím pádem se i malá změna v rychlosti větru výrazně projeví na množství získané elektřiny (*Sathyajith, 2006*).

K územím bohatým na vítr s průměrnou rychlostí vyšší než 5 m/s patří zejména pruhy při pobřeží a místa ve vyšších polohách (*Crome, 2002*).

Dalším důležitým požadavkem pro výstavbu větrné elektrárny je vhodná vzdálenost od obydlí, která by měla být dostatečně velká z důvodu minimalizace možného rušení obyvatel hlukem. Nejlepším stanovištěm je zcela volný terén, od něhož jsou nejbližší stromy nebo keře vzdáleny nejméně 100 až 200 m (*Hallenga, 2006*).

Větrné elektrárny by dále neměly být umístěny na lokalitách, kde by mohly negativně ovlivnit vliv na krajinný ráz, narušit tahové cesty a hnízdění ptáků a kde by mohly mít negativní vliv na faunu, flóru a ekosystémy. O těchto faktorech je ostatně v oblasti větrné energetiky nejvíce diskutováno. Vliv na krajinný ráz je však hodnocení z pohledu člověka, které je velmi subjektivní. Někomu pohled na větrné elektrárny vadí, pro něho jsou větrné elektrárny hodnoceny naopak, jako symbol nevyčerpatelné energie větru (*Holub et Sequens, 2006*).

3. 3. 2 Rozdělení větrných elektráren

3. 3. 2. 1 Velké větrné elektrárny

Elektrárny velkých výkonů (300 až 3000 kW) jsou určeny k dodávce energie do veřejné rozvodné sítě. Mají synchronní generátor, který dodává střídavý proud většinou o napětí 660 V, a tudíž nemohou pracovat jako autonomní zdroje energie (*Beranovský et al., 2003*). Tyto velké větrné elektrárny se nejvíce vyskytují poblíž pobřeží, kde jsou rychlosti větru vysoké a pro výstavbu větrných elektráren nejvhodnější. Ke zvýšení efektivity provozu a snížení nákladů na projektování, výstavbu i provoz se často spojují do skupin (obvykle v počtu 5 až 30 elektráren), tzv. větrných farem, jak je vidět na obrázku č. 33 (*Motlík et al., 2007*).

V Evropě jsou nejlepší podmínky pro využití větrné energie v přímořských oblastech, kde vanou pravidelné a poměrně silné větry až 80% dní v roce. To je nesporně důležité pro ekonomiku větrných zařízení, protože 97% nákladů na vyrobenou elektrickou energii činí splátky úvěrů a úroků. Ve vnitrozemských státech, jako je Česká republika, Slovenská republika, Rakousko, Maďarsko, příp. ve vnitrozemských oblastech přímořských států platí jiná pravidla a je nutno vytipovávat větrné oblasti, kde jsou v ročním průměru rychlost a energie větru dostatečně vysoké, aby byl provoz větrného agregátu ekonomický (*Kára et Adamovský, 1993*).

Tyto větrné farmy (větrné parky) umístěné na pevnině, lze obecně nazvat pojmem onshore wind parks. Z důvodů maximálního využití energie větru se mnohé větrné parky umísťují přímo na hladinu moře poblíž pobřeží a tyto se pak označují pojmem offshore wind parks (viz obrázek č. 34). Vítr, který vane z volného moře, je obvykle silnější a rovnoměrnější než na pevnině. Konstrukčně se tato zařízení umísťují v pobřežních vodách od zřízení ve vnitrozemí příliš neliší. Obecně však nesmí být poruchovatelná a musí mít menší nároky na údržbu. V posledních letech těchto zařízení bylo postaveno poměrně značné množství, přičemž největším průkopníkem této technologie je zejména Dánsko. V Německu se tento vývoj rozběhl s určitým zpožděním. Problémy spočívají především ve vysoké technické náročnosti a ve vysokých investičních nákladech (*Quaschning, 2010*).

3. 3. 2. 2 Malé větrné elektrárny

K malým větrným elektrárnám se řadí turbíny s průměrem rotoru do 16 m a s nominálním výkonem menším než 60 kW. Podle nabídky výrobců lze malé větrné elektrárny dále rozdělit do dvou podskupin. Jedná se o tzv. mikrozdroje s průměrem rotoru od 0,5 do 3 m, s výkonem do 2 až 2,5 kW, které slouží jako zdroj nízkého napětí k napájení komunikačních systémů, rádiových a televizních přijímačů, ledniček a dalších elektronických spotřebičů a k osvětlení zařízení v rekreačních objektech v oblastech bez přípojky elektrického proudu (*Motlík et al., 2007*). Příklad takovéto malé elektrárny je vidět na obrázku č. 35.

Druhou skupinou jsou zařízení s nominálním výkonem 2,5 až 10 kW. Jedná se o zařízení s průměrem vrtulí od 3 do 8 m, která obdobně jako zařízení předcházející skupiny pracují v ostrovním režimu (off-grid) a slouží k vytápění či temperování domů, pro ohřev vody apod. (*Cetkovský et al., 2010*).

Tato zařízení mají obvykle vstupní napětí 48 až 220 V (*Motlík et al., 2007*) a jsou nabízena především pro vlastníky rodinných domů či rekreačních zařízení, kteří uvažují o energetické soběstačnosti pro osvětlení, vaření a vytápění. Ve skutečnosti je však využití těchto elektráren ekonomicky nevýhodné a ani v zahraničí se prakticky neuplatnilo. Důvodem je hlavně poměrně dlouhá doba investiční návratnosti a závislost na povětrnostních podmínkách (*Beranovský et al., 2003*).

3. 3. 3 Ekonomické zhodnocení větrných elektráren

Využití větrné energie není pouze otázkou investic do výstavby nákladných stožárů s větrnými turbínami, podstatnou část nákladů tvoří i provozní náklady. Náklady na výstavbu větrných elektráren zahrnují velké množství nejrozmanitějších položek. Mezi přípravné práce je třeba počítat měření a vyhodnocení větrných podmínek v dané lokalitě, výběr vhodného typu elektrárny z nabídky různých dodavatelů, geologický průzkum na lokalitě a veškerá povolovací zařízení. Projekční práce a navazující realizace zahrnuje základovou desku pro stožár elektrárny, rozvaděč, kabelový přívod k trafostanici, příp. i vlastní trafostanici a přípojku vysokého napětí, veškeré montážní práce, výchozí revize všech částí zařízení a povolení k trvalému provozu (*Kára et Adamovský, 1993*).

Provozní nákladady tvoří především náklady na údržbu, na servis, na obsluhu a na pojištění (*Hallenga, 2006*).

V České republice jsou pro větrnou energetiku velkým problémem vysoké investiční náklady, které se na celkových nákladech podílí z více než 80%. Další nevýhodou pro využití větrné energetiky v České republice je nízké využití instalovaného výkonu větrných elektráren vlivem závislosti výroby elektrické energie na rychlosti větru. Proto současné podmínky neumožňují, aby větrná energie klasickým zdrojům v České republice plně konkurovala (*Cetkovský et al., 2010*).

Podle ekonomické analýzy OECD/EIA (2005) základní investiční náklady v České republice činí na 1 kW instalovaného výkonu 31 368 Kč. Pro srovnání v Dánsku, Německu a USA, kde je umístěna většina celosvětové výroby větrné energetiky, jsou tyto náklady 18 768 Kč/kWh v Německu a Dánsku a 19 659 Kč/kWh v USA (*Cetkovský et al., 2010*).

Důvodem těchto značně rozdílných cen větrné energetiky v České republice oproti Německu, Dánsku a USA jsou především značné rozdíly ve velikostech větrných elektráren a z toho plynoucí menší měrné investiční náklady pro velké větrné elektrárny (*Motlík et al., 2007*).

Z tohoto srovnání tedy jasně vyplývá, že investiční náklady větrných elektráren v České republice významně ovlivňují měrné investiční náklady a také konkurenceschopnost větrné energetiky vůči klasickým zdrojům. Nejenom v České republice je proto vyšší konkurenceschopnost větrné energetiky zajištěna pomocí podpůrných ekonomických nástrojů typu povinných výkupních cen (tzv. feed-in-tariff), zelených bonusů a dotací (*Cetkovský et al., 2010*).

3. 3. 4 Ekologické aspekty větrných elektráren

Z hlediska negativních vlivů větrných elektráren na životní prostředí je možno uvažovat o třech výchozích vlivech, kterými jsou: akustické rušení, vizuální rušení a usmrcování jedinců v důsledku kolize se zařízením větrných elektráren (*Frantál et al., 2007*). Velmi často užívaným argumentem proti větrným elektrárnám je názor, že jejich rotory ohrožují ptactvo (*Koč, 1996*). Mnohdy se o větrných elektrárnách dokonce mluví jako o velkých zabíjácích ptáků (*Holub et Sequens, 2006*).

Podle Quaschniga (2010) si však většina volně žijících živočichů si na přítomnost těchto zařízení zvykne a přizpůsobí se. Ptáci rozeznají pomalu se otáčející rotorové listy snadno i z velkých vzdáleností a při letu se jim vyhnou. Často citované údaje o počtu zabíjených ptáků se dají potvrdit jen v určitých jednotlivých lokalitách (*Quaschnig, 2010*).

Mnozí odpůrci větrných elektráren také tvrdí, že plaší zvěř. I na toto téma byla zpracována řada odborných studií a ve většině případů se žádné závažné rušivé působení větrných elektráren na zvěř nepotvrdilo (*Holub et Sequens, 2006; Koč, 1996*).

Aby ekologické hodnocení větrných elektráren nebylo jednostranné, jen z hlediska možných (více či méně prokázaných) negativních jevů, je třeba na jejich obhajobu uvést i údaje o tom, co každá vyrobená kilowatthodina nebo ušetřená tuna uhlí, které by muselo být spáleno ve výkonově srovnatelné tepelné elektrárně, znamená z hlediska snížení zátěže životního prostředí o plynné i mechanické znečištění. Pokud by se např. v krušnohorské oblasti podařilo vybudovat 300 větrných elektráren s výkonem 300 – 500 kW na každé z nich, pak by se exhalace snížily v ročním součtu o 900 tun SO₂, 750 tun oxidů dusíku, 150 000 tun CO₂, 8 000 popílku a 100 tun prachových částic (Koč, 1996).

3. 3. 5 Výhody větrných elektráren

Výhodami větrných elektráren je především ziskovost pro majitele pozemků a pro obce, kde jsou větrné elektrárny instalovány, poskytování nových pracovních míst a příležitostí pro průmysl. Ostatně tyto výhody by se daly uvést i u ostatních elektrárnám z OZE. Oproti nim má však větrná elektrárna jednu hlavní výhodu – na její stožár lze umístit například vysílače mobilních telefonů, a to i více operátorů současně. Díky větší výšce se zvýší i pokrytí, takže může odpadnout mnoho menších stožárů s vysílači. Navíc pronájem stožárů k těmto účelům je zajímavý i ekonomicky (Macholda et Srdečný, 2006).

Další výhodou větrných elektráren je i jejich snadná instalace – jednoduché sestavení a uvedení do provozu (Kára et Adamovský, 1993).

3. 3. 6 Nevýhody větrných elektráren

Mezi argumenty mnohých odpůrců větrných elektráren patří především narušení rázu krajiny a hluk. Větrné elektrárny vydávají nejen mechanický hluk (ložiska, převodovka, servomotory apod.), ale také hluk aerodynamický, který způsobují lopatky rotoru porážející vzduch (Nondek, 2007).

Podle autorů Sequense a Holuba (2006) se však problémy spojené s hlukem větrných elektráren v současné době minimalizují zdokonalováním používaných technologií. Některé větrné turbíny dokonce nemají ani relativně nejhluchnější část – převodovku a pro minimalizaci aerodynamického hluku se také upravuje povrch a tvar listů rotoru (Sequens et Holub, 2006). Z fyzikálního principu pohybu rotoru v proudu vzduchu sice vyplývá, že zde hluk zákonitě vznikat musí, ale je jen otázkou technické vyspělosti konkrétní konstrukce, jak se podařilo využít dosavadních zkušeností (Koč, 1996).

Dalším hojně užívaným argumentem proti větrným elektrárnám je názor, že velké větrné elektrárny, zvláště pak větrné parky, s sebou přinášejí výrazný zásah do dosavadního rázu krajiny. Stávají se umělými dominantami krajiny a na pozorovatele často mohou působit neesteticky (Cetkovský et al., 2010). Hodnocení krajinného rázu je však velmi subjektivní. Pro někoho naopak větrné elektrárny symbolizují ekologickou výrobu energie a můžou tak být vnímány velmi pozitivně. Přesto jsou výtky v tomto ohledu zčásti opodstatněné, např. v našich podmínkách znamenají zásah do horských lokalit, které plní rekreační funkci (Sequens et Holub, 2006).

Podle některých ornitologů větrné elektrárny také negativně působí na ptáky, zejména pak na chráněné a ohrožené druhy citlivé na rušivé vlivy (Nondek, 2007), jak už jsem ostatně uvedla v kapitole č. 3. 3. 4 Ekologické aspekty větrných elektráren. Podle autorů Holuba a Sequense je však tato skutečnost jen velký mýtus. Vzhledem k tomu, že musí být u větrných elektráren předem posouzen vliv na životní prostředí (EIA), jehož součástí je i posouzení vlivu na avifaunu, musí být tedy větrné elektrárny dobře napláno-

vané a postavené. Tím pádem nepředstavují pro ptáky a zvířata vážná nebezpečí (Holub et Sequens, 2006).

O lidech žijících v blízkosti větrných zařízení se lze tu a tam dočíst, že se cítí být narušeni vrháním stínu a tzv. diskoeffektem (Hallenga, 2006). Odborně se jedná se o tzv. „stroboskopický efekt“ větrné elektrárny. Vzniká v případě, že dochází k periodickému zastiňování slunečních paprsků pravidelně se pohybujících listů větrné elektrárny. Tento efekt může mít potenciální negativní vliv i na fotosensitivní jedince vyskytující se v blízkosti elektráren (Cetkovský et al., 2010).

Rotory větrných elektráren ruší rádiový a televizní signál. Fyzikálně to možné je díky možnostem odrazu signálu na listech rotoru. Tato otázka byla velmi aktuální v době, kdy se rotory sravěly z kovových materiálů. Po přechodu na lamináty a jiné kompozitní materiály se vliv na elektromagnetické vlnění komunikačních signálů snížil a je v případě každé elektrárny předmětem měření (Koč, 1996).

V zimním období se navíc větrné elektrárny mohou potýkat s nepříjemným jevem, kterým je námraza na listech rotoru. Ta se v místech, kde jsou vhodné větrné podmínky pro stavbu větrných elektráren, pravidelně tvoří a může tak zapříčinit nejen poruchu vlastní elektrárny (Koč, 1996).

Další nevýhodou větrných elektráren je jejich závislost na povětrnostních podmínkách. Z tohoto důvodu je zcela nutné jejich výkon zálohovat, v případě, kdy jsou rychlosti větru nízké a kdy elektrickou energii nedodávají (Crome, 2002).

Při věcném přístupu však můžeme negativní účinky udržet v rozumných mezích. Větrné elektrárny v chráněné krajinné oblasti, stejně jako v obytných čtvrtích, jsou tabu. Pokud elektrárny dodrží minimální vzdálenosti od sídlišť a obydlených míst, jsou ekologické zátěže, stejně tak jako hluk nebo vrhaný stín, velmi malé. Při plánování a projektování větrných parků jsou tyto otázky součástí schvalovacího řízení (Quaschnig, 2010).

3. 3. 7 Legislativa

Mezi zákony, které upravují legislativu větrných elektráren, patří především:

1) Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie

Podpora podle § 3 zákona č. 180/2005 Sb. se vztahuje na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů vyrobenou v zařízeních v České republice využívajících obnovitelné zdroje, s výjimkou větrných elektráren umístěných na rozloze 1 km² o celkovém instalovaném výkonu nad 20 MWe

2) Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon

Podle tohoto zákona je již při výšce 10 metrů stožáru nutné získat stavební povolení a pokud mají stojany výšku přesahující 35 metrů nebo celkový instalovaný výkon elektrárny převyšuje 500 kWe, je třeba navíc zpracovat dokumentaci za účelem posuzování vlivů stavby na životní prostředí Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny – podle tohoto zákona je záměr na výstavbu větrné elektrárny předmětem posuzování vlivu na krajinný ráz

3. 4 Vodní elektrárny

3. 4. 1 Technická část

Přístup k využívání hydroenergetického potenciálu vodních toků pro výrobu elektrické energie je v současné době v různých zemích a na různých kontinentech světa značně odlišný. Vyspělé evropské státy (Francie, Velká Británie, Švýcarsko, Německo,

severské státy, Rakousko apod.) věnují tradičně velkou pozornost výstavbě vodních elektráren jako nevyčerpatelného zdroje čisté energie, takže dnes využívají hydroenergetický potenciál svých toků přibližně na 70 až 95% a v této výstavbě dále pokračují. Obdobně je tomu i v USA. V řadě států amerického kontinentu (Kanada, Brazílie, Paraguay apod.) i v mnohých státech Asie a Afriky jsme svědky velkorysé výstavby vodních kaskád velkých vodních děl s energetickým využitím. Typickým příkladem je postupné využívání řeky Paranná na hranici mezi Brazílií a Paraguayí s elektrárnou o výkonu 14 000 MW (*Gabriel et Kučerová, 2000*) nebo největší vodní elektrárna světa Tři soutěsky v Číně na řece Jang-c'-ťiang o výkonu 18 200 MW (*Quaschnig, 2010*).

3. 4. 1. 1 Klasifikace vodních strojů

Pojmem vodní stroj se rozumí zařízení, které přeměňuje mechanickou energii vody na mechanickou energii rotujícího hřídele, popř. pohybuujícího se pístu (*Holata, 2002*). Z velkého množství vodních strojů zmíním jen ty základní.

Vodní turbíny – tvoří základní technologickou součást vodních elektráren, která má zásadní vliv na všechna ostatní zařízení a objekty potřebné pro efektivní využívání energie. Podle způsobu přenosu energie vody na oběžné kolo lze rozlišit dva základní typy turbín, a to rovnotlaké a přetlakové (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

Rovnotlaké turbíny se označují tradičně jako jako turbíny akční a řadí se mezi ně např. Bánkiho nebo Peltonova turbína. Pojem akční turbíny však není označení zcela správné, neboť výsledný účinek proudu vody na lopatky rovnotlakých turbín je dán součtem akčního účinku přímého působení a reakčního účinku plynoucího z ohybu proudu podle geometrie lopatky (*Kasárník et Škorpil, 2000*).

V zařízení pro přívod vody k oběžnému kolu se mění celá tlaková měrná energie na kinetickou energii vody. Proud vody vyplňuje částečně průtočné kanály oběžného kola a ty pak musí být částečně zaplněny vzduchem. Je-li tlak vzduchu rovný tlaku atmosférickému, pak oběžné kolo těchto turbín musí být situováno nad hladinou vody ve spodní nádrži (*Melichar, 1995*).

Přetlakové turbíny jsou instalovány pro nízké spády a vyšší průtoky. Voda vstupuje do oběžného kola s určitým přetlakem, který při průtoku klesá. Tak pracují např. Francisovy turbíny vhodné pro středí spády (*Musil, 2009*). K tomuto typu turbín se dále řadí i turbína vrtulová, Kaplanova nebo Dériazova (*Gabriel et Kučerová, 2000*). Pro malé výkony na malých spádech jsou vhodné horizontální turbíny, pro malé spády a velké výkony se stavějí turbíny vertikální (*Musil, 2009*).

Francisova turbína je vhodná tam, kde lze zajistit konstantní rozdíl hladin i průtok, na který je turbína konstruována. V minulosti byla nejpoužívanější přetlakovou turbínou pro téměř celou oblast průtoků a spádů malých vodních elektráren (*Beranovský et al., 2003*).

Kaplanova turbína je turbínou přetlakovou, podobně jako turbína Francisova, liší se však od této zejména dvěma fakty:

- 1) rotor Kaplanovy turbíny má tvar vrtle a průtok vody rotorem je čistě axiální
- 2) na rozdíl od turbíny Francisovy, jejíž chod se reguluje pomocí natáčení lopatek statoru, umožňuje konstrukce Kaplanovy turbíny regulaci též pomocí natáčení lopatek rotoru. Tato okolnost má stěžejní význam u vodních toků s proměnlivým průtokem a činí tak Kaplanovu turbínu zvláště vhodnou pro Českou republiku (*Ulrych, 2007*).

Peltonova turbína je nejčastěji používaným typem rovnotlaké turbíny, uplatňujícím se i při realizaci malých vodních elektráren. Její předností je relativní jednoduchost

hydraulického a konstrukčního řešení a použitelnost pro okrajové hodnoty průtoku i měrné energie (*Kasárník et Škorpil, 2000*).

U této turbíny je voda převáděna tangenciálně pomocí jedné nebo více trysek na oběžné kolo, kde naráží na lopatky elipsoidického tvaru, odevzdává jim svoji kinetickou energii a padá volně do odpadu. Uspořádání soustrojí může být s horizontální nebo vertikální hřídelí (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

Bánkiho turbína se nejvíce využívá v horizontálním provedení u malých vodních elektráren spolu s upravenou jednoduchou Francissovou turbínou (*Musil, 2009*). Oblast použití je omezena jen na menší spády s malým průtočným množstvím vody. Dosahuje tedy menších výkonů a též její účinnost je nižší, než u jiných typů turbín. Její výhodou je však jednodušší výroba a tedy i nízká cena, jakož i snadná údržba. Někteří autoři dokonce tvrdí, že vyrobit funkční Bánkiho turbínu dokáže nejen kvalifikovaný řemeslník, ale i zručný amatér (*Ulrych, 2007*).

Vodní kola - jsou nejstaršími a relativně nejjednoduššími vodními stroji využívající polohovou i pohybovou energii vodního toku k přeměně na energii mechanickou. (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

I když jsou vodní kola z historického hlediska už překonaná, z hlediska problematiky mikrozdrojů se stávají opět atraktivní. Velká část hydroenergetického potenciálu, který je možné ještě technicky využít, se skrývá v nejmenších spádech 0,3 až 1,5 m. A právě na těchto spádech se vodní kola stávají výhodnější z těchto důvodů:

- 1) pro velmi nízké spády se turbíny nevyrábí.
- 2) Návrh a konstrukce vodního kola v současných podmínkách je nepoměrně jednodušší a finančně méně náročnější než u turbíny.
- 3) Vodní kola se uplatňují i na relativně velkých tocích. Tím, že využívají nízkých spádů, nevyžadují si stavbu vyšších vzdouvacích zařízení
- 4) nespornou výhodou vodních kol je aké to, že provozu nebrání listí, tráva, ledová tříšť apod (*Kasárník et Škorpil, 2000*).

Při dobrém technickém řešení jsou navíc schopna dosahovat účinnosti 60 až 80%, což je srovnatelné s účinností moderních turbín obdobných parametrů (*Holata, 2002*).

Elektrické generátory (hydroalternátory) – mění mechanickou energii rotujícího hřídele na energii elektrickou. Generátor vyrábí podle svého konstrukčního uspořádání energii o střídavém zpravidla trojfázovém nebo stejnosměrném napětí. Podle toho, jak je generátor konstruován, lze generátory rozlišit na:

- vysokonapět'ové (nad 1000 V)
- nízkonapět'ové (50 až 1000 V)
- malonapět'ové (pod 50 V) (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

Dle technologického provedení a způsoby využití se generátory rozlišují na stejnosměrné a střídavé. Stejnosměrné generátory jsou vhodné pro malé vodní elektrárny. Pro většinu vodních elektráren připadají k použití střídavé generátory, které lze rozdělit na synchronní a asynchronní (*Musil, 2009*). Asynchronní se používají pouze v některých případech (podle požadavku provozovatele) u malých vodních elektráren. Většina vodních elektráren je vybavena generátory synchronními. Synchronnost generátorů spočívá v tom, že je pevně spojen pevnou spojkou s hřídelí turbíny a jeho otáčky jsou tedy shodné s otáčkami rotujícího hřídele turbíny (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

Česle a jejich podpěrné prvky

Česle s podpěrnými prvky jsou nezbytnou součástí všech odběrných objektů hydrotechnických a hydroenergetických děl. Mají za úkol zamezit, aby do hydraulického systému těchto děl nevnikaly zároveň s odebíranou vodou takové mechanické nečistoty a předměty, které by mohly ohrožovat nebo komplikovat provoz. Hlavním úkolem česlí je zabránit ucpání nebo zhoršení průtočnosti kanálů rozvaděče a oběžného kola a ochránit obtékané části systému před mechanickým poškozením (Holata, 2002).

3. 4. 1. 2 Základní parametry vodních elektráren

Pracovní proces každého vodního stroje je určován jeho základními parametry, ke kterým patří především spád turbíny H (m), průtok (Q) (m^3/s), výkon P (kW, MW), otáčky n (min^{-1}) a účinnost η (Holata, 2002).

Spád turbíny

Výškový rozdíl hladin vody v nádrži nebo zdrži nad vodní elektrárnou a v odpadu pod vodní elektrárnou udávaný v metrech lze nazvat obecně spád (Melichar, 1995).

Spádem turbíny se obecně rozumí výškový rozdíl vodních hladin. V praxi se však rozlišují dva druhy spádu, a to spád celkový a spád čistý (Holata, 2002).

Celkový (hrubý) spád turbíny je celkový statický spád mezi dvěma uvažovanými profily úseku řeky, který chceme energeticky využít. Je dán rozdílem hladin v těchto profilech při nulovém průtoku vodní elektrárnou, takže jej lze na hotovém díle jednoduše určit nivelací (Gabriel et al., 1992).

Užitný (čistý) spád se liší od hrubého spádu odečtením hydraulických ztrát těsně před vodním motorem a za ním (v přivaděči a odpadu). V reálném provozu je nutné započítat vzduší spodní vody, pokles hladiny horní vody, změny směru proudu a objemové ztráty (v česlích, v přivaděčím kanálu, v potrubí apod.). Tím se získá spád pro turbínu využitelný (Beranovský et al., 2003).

Průtok

Průtok turbínou lze obecně definovat jako celkové množství vody protékající turbínou za 1 sekundu. Udává se v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rozumí se tím množství vody, potřebné pro provoz turbíny při daném zatížení, včetně ztrát. Často se používá i pojem hltnost turbíny. Hltnost turbíny při určitém spádu je maximální průtok turbínou při tomto spádu (Gabriel et al., 1992).

Výkon

Výkon vodní elektrárny lze vypočítat podle vztahu:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Kde:

P = výkon na prahu vodní elektrárny (kW, MW)

ρ = hustota vody ($1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

g = gravitační zrychlení ($9,81 \text{ m}/\text{s}^2$)

Q = průtočné množství vody, průměrný průtok (m^3/s)

η = účinnost turbíny (Beranovský et al., 2003; Gabriel et al., 1992).

Pokud je voda odváděna přivaděčem mimo původní koryto, pak je nutné s ohledem na sanační průtok průměrný průtok vynásobit navíc koeficientem 0,8 (orientačně). V praxi je nutné nespecifikovat průtoky vyplývající z vodárenských zařízení, které jsou zakotvené v manipulačním řádu (Beranovský et al., 2003).

Otáčky

Provozní otáčky turbín, při nichž je zajištěna vysoká účinnost energetických přeměn, se podle jednotlivých parametrů pohybují v širokém rozmezí, a to od 53 asi do 1500 min^{-1} . Přitom nízké otáčky jsou nevýhodné z toho důvodu, že vyžadují náročné převody do vyšších rychlostí (s ohledem na elektrické stroje). Vysoké provozní otáčky jsou zase zdrojem nebezpečí při výpadku generátoru, kdy se turbína rozbíhá na několikanásobně vyšší, tzv. průběžné otáčky (Holata, 2002).

Tab. č. 3: Specifické otáčky turbín (Holata, 2002).

Typ turbíny	Obvyklé rozmezí otáček (min^{-1})
Peltonova	4-32
Bánkiho	70-150
Francissová pomaloběžná	50-150
Francissová normální	150-250
Francissová rychloběžná	250-450
Kaplanova	300-1000

Účinnost turbíny (vodního motoru)

Účinností turbíny se rozumí poměr skutečného užitého výkonu, naměřeného na jejím hřídeli, k teoretickému bezztrátovému výkonu vodního proudu, který přichází k turbíně. Jde o účinnost přeměny mechanické energie vody na mechanickou energii rotujícího hřídele turbíny (Holata, 2002).

Obecně ji lze tedy vyjádřit vzorcem:

$$\eta_t = P / P_0$$

Kde:

η_t = účinnost turbíny (veličina je buď bezrozměrná, nebo se udává v procentech)

P = skutečný výkon turbíny měřený na hřídeli (kW, MW)

P_0 = teoretický výkon (kW, MW) (Gabriel et al., 1992).

Její hodnota se u dobře navržených turbín a optimálních hodnot průtoku a spádu pohybuje v rozmezí $\eta_t = 0,80 - 0,94$. Přitom platí, že čím větší je výkon turbíny, tím vyšší účinnosti tato turbína zpravidla dosahuje (Gabriel et al., 1992).

3. 4. 2 Rozdělení vodních elektráren

Podle způsobu hospodaření s vodou a z něho vyplývajícího technologického provedení lze vodní elektrárny rozdělit na 3 základní typy, a to: akumulární, průtočné a přečerpávací (Kasářík et Škorpil, 2000; Holata, 2002; Quaschnig, 2010).

Akumulární vodní elektrárny

Jsou charakterizovány hrází a jezem s velkou zásobou vody. Tato vodní díla v sobě spojují více funkcí než jen pouhou akumulaci vody pro výrobu energie. Jednak se stabilizují průtoky vod říčním korytem, jednak jsou významnou ochranou proti povodním a podporují plavební možnosti toku (Jeníček et Foltýn, 2010).

Navrhují se nejčastěji jako špičkové, které mají vyšší instalovaný výkon a pracují jen po určitou dobu denně při pokrývání špičkového zatížení elektrizační soustavy. Velikost instalovaného výkonu je pak ovlivňována nejen průtokovými poměry v toku, ale i velikostí objemu akumulární nádrže. Nejznámější a zároveň nejstarší akumulární vodní elektrárnou v ČR je vodní dílo Orlík (Gabriel et Kučerová, 2000), které je vidět na obrázku č. 36.

Průtočné vodní elektrárny

Obvykle využívají soustředěný spád a přirozený průtok řekou až do určité hodnoty, na kterou je vodní elektrárna dimenzována. Průtoky vyšší než je tato mez připadají nevyužity přes vzdouvací zařízení (zpravidla jez). Tyto vodní elektrárny bývají nejčastěji nízkotlaké (např. jezové), někdy až středotlaké (např. kanálové) a pouze výjimečně vysokotlaké (*Gabriel et al., 1992; Gabriel et Kučerová, 2000; Quaschnig, 2008*). Využívají především Francissovy turbíny, které v některých případech bývají doplňovány i Kaplanovy turbínami (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

Princip fungování je velmi jednoduchý. Voda je z odběrných zařízení hráze převáděna k turbíně, která předá část svojí energie a uvede ji tak do pohybu. Točící se turbína pohání elektrický generátor. Vyrobená elektřina se transformuje a vysokonapětovými rozvody se odvádí do míst spotřeby. Energeticky využitá voda pak odtéká do vývratiště hráze nebo svodným zařízením přímo do vyrovnávací nádrže (*Jeníček et Foltýn, 2010*). Mezi průtočné vodní elektrárny patří např. elektrárna Laufenburg (viz obrázek 37), jedna z největších vodních elektráren v Německu, která byla vybudována již v první polovině 20. století (*Quaschnig, 2010*).

Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny jsou sekundárními zdroji energie, které slouží k hydraulické akumulaci elektrické energie. Principem přečerpávací elektrárny je přečerpávání vody, v době přebytku elektrické energie, a turbínový provoz, v době nedostatku elektrické energie, mezi horní a dolní nádrží. Při čistě sekundární akumulaci je horní nádrž vybudovaná na kopci a nemá přirozený přítok. Akumulace může být také smíšená, tzn. že horní nádrž má kromě přečerpávacího přítoku také přirozený přítok. V tomto případě je horní nádrž vytvořena přehradou na vodním toku a elektrárna pak využívá jak primární tok, tak i sekundární potenciál vody přečerpávané z dolní vyrovnávací nádrže. Příkladem tohoto provedení je elektrárna Dalešice (viz obrázek č. 38) (*Kasárník et Škorpiš, 2000*).

Nejznámějším příkladem čistě přečerpávací elektrárny je elektrárna Dlouhé Stráně (viz obrázek č. 39). Tato elektrárna má značný význam pro energetiku v Jeseníkách na říčce Divoká Desná, v Loučné nad Desnou. Výkon této elektrárny dosahuje 2 x 325 MW (*Blažek, 2009*).

Kromě těchto tří základních typů jsou známy i vlnové elektrárny využívající energii vln a pohybu vody v oceánech nebo přílivové elektrárny (elektrárny poháněné mořskými proudy), které fungují na principu přílivu a odlivu moře. Při přílivu proudí voda na turbínu v zátocě a při odlivu proudí zpět. Nejsou však příliš rozšířeny, především z důvodu značného účinku na ekosystémy v zátocě a korozních vlastností mořské vody (*Quaschnig, 2010*). Další nevýhodou přílivových elektráren jsou i vyšší investiční náklady a menší množství získané energie než u průtočných vodních elektráren. Navíc malý počet hodin provozu na plném výkonu vede k podstatně větším nákladům na výrobu elektrické energie (*Musil, 2009*).

Vlnové elektrárny lze podle principu fungování dále rozdělit na systémy s plováky, komorové systémy a zařízení „TapChan“. Plovákové systémy využívají potenciální energii vlny. Plovák kopíruje pohyb vlny a hydraulicky poháněný generátor je ukotven ke dnu. Pohyb plováku se přenáší na píst, nebo na turbínu. U komorového systému uzavírá hladina vzduchovou komoru a v důsledku vlnění se pohybuje hladina vody v komoře, oscilující hladina vody stlačuje vzduch a otvorem proudící vzduch opět přes turbínu (*Quaschnig, 2010*).

U zařízení „TapChan“ proudí vlny buď pobřežním, anebo na plovoucím zařízení kanálem, který stoupá vzhůru a zužuje se do špičky. Svrchní nádrž zachycuje vlny a při zpětném proudění do moře pohání voda turbínu (*Quaschning, 2010*).

Podle Ulrycha (2007) lze podle velikosti vodní elektrárny dále rozdělit na malé a velké:

3. 4. 2. 1 Malé vodní elektrárny

Podle vyhlášky č. 214/ 2001 Sb. se za malé vodní elektrárny považuje každá elektrárna do výkonu 10 MW (dle směrnic do 5 MW)

Podle instalovaného výkonu se podrobněji dělí na:

- průmyslové (od 1 do 10 MW)
- závodní nebo veřejné (od 100 do 1000 kW)
- drobné nebo minielektrárny (od 35 do 100 kW)
- mikrozdroje nebo také mobilní zdroje (do 35 kW) (*Kasárník et Škorpil, 2000; Melichar, 1995*).

Převážná část těchto malých vodních elektráren leží v oblasti mírných spádů do 2 m nebo spádů 2 - 4 m. Z hlediska územního rozložení je využívání vodních toků velmi rozptýlené, což je výhodné z hlediska připojování i spotřeby (*Šťastný, 2004*).

Většina malých vodních elektráren slouží jako sezónní zdroje, protože průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou závislé na počasí a na ročním období (*Jeníček et Foltýn, 2010*).

Podle velikosti využívaného spádu se dají dále rozlišit na:

- nízkotlaké, využívající spád do 20 m
- středotlaké, využívající spád od 20 m do 100m
- vysokotlaké, využívající spád nad 100 m (*Melichar, 1995*).

3. 4. 2. 2 Velké vodní elektrárny

Podle normy ČSN 750128 lze za velké vodní elektrárny obecně chápat takové, které mají instalovaný výkon vyšší než 200 MW (*Ulrych, 2007*). V České republice je takovým příkladem přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně o celkovém výkonu 650 MW (*Quaschning, 2010*) nebo vodní elektrárny na přehradních nádržích, z nichž převážná část je situována na dolním toku Vltavy, např. Vrané. Pro jejich realizaci jsou však nutné vhodné geografické podmínky, dané především velkým spádem a průtokem vody. U nás však z těchto důvodů pro velké elektrárny příliš vhodné podmínky nejsou, z evropských zemí se ve velké míře uplatňují především v Norsku a Rakousku, kde energie získaná z vodních elektráren může představovat i hlavní energetický zdroj (*Jeníček et Foltýn, 2010*).

Zcela největší elektrárnou na světě je pak bezpochyby akumulární vodní elektrárna Tři soutěsky v Číně na řece Jang-c'-ťiang o výkonu 32 x 700 MW (18 200 MW) (*Quaschning, 2010*), která je vidět na obrázku č. 40.

3. 4. 3 Ekonomické zhodnocení vodních elektráren

Vodní elektrárny dnes patří k nákladově nejvýhodnějším alternativám obnovitelných zdrojů energie. To platí především u starších zařízení, jejichž stavební náklady jsou již dávno odepsány. Poměrně vysoké stavební náklady a dlouhá doba amortizace však značně zvyšují náklady na výrobu proudu u nových investic. U malých zařízení pod 5 MW se investiční náklady při modernizaci pohybují v intervalu 60 000 – 96 000 Kč/kW. Při aktivaci nebo nové výstavbě to představuje 120 000 – 312 000 Kč/kW. U větších za-

řízení jsou měrné investiční náklady o něco nižší (ostatně stejně tak jako u ostatních obnovitelných zdrojů), ale závisejí zejména na místních podmínkách. (*Quaschning, 2010*).

Velké vodní elektrárny mohou také realizovat elektrickou energii za vyšší cenu, protože vedle prodeje vlastní elektrické energie mohou prodávat i systémové služby provozovateli sítě (*Motlík et al., 2007*).

3. 4. 4 Ekologické aspekty vodních elektráren

Vodní elektrárny patří nepochybně mezi energeticky čisté OZE, vyžadují minimální údržbu, nejsou hlučné a neznečišťují životní prostředí. Na vodní živočichy však mají obzvláště velký dopad. V důsledku vybudování vodních nádrží se udržuje stabilní stav toku na místech, kde dříve pískový nebo štěrkový podklad zaplavovaný rozvodněnými řekami dával živobytí mnoha druhům ryb. Změnou životního prostředí tak mnoho ryb a rostlin vyhynulo. Dalším rizikem pro ryby jsou samotné vodní turbíny. Česle sice zabráňují, aby jimi pronikly velké ryby, drobné ryby a drobní živočichové však pletivem česel projdou a v turbíně se zraní nebo zahynou. Průtočné a akumulární vodní elektrárny navíc zamezují volné migraci ryb. Proto se u těchto elektráren často budují tzv. rybí přechody, které paralelně doprovázejí přehrady a výrazně usnadňují průchodnost vodních toků pro ryby (*Quaschning, 2010*).

U všech vodních elektráren se obecně vykonávají stavební práce s těžkou stavební technikou, kdy je často zapotřebí osazení turbín za použití těžké techniky a vytvoření kvalitní příjezdové komunikace. U akumulárních vodních elektráren je dále potřeba zpevnění břehu v části náhonu na turbínu a rovněž v úseku upevnění turbíny a úseku toku pod turbínou. Tyto stavební úpravy přinášejí v důsledku své realizace ekologickou zátěž ve formě stavebních úprav, tj. především těžké zemní práce při hloubení a úpravě koryta a při transportu stavebního materiálu (*Holata, 2002; Musil, 2009*).

Další negativní vliv na životní prostředí spočívá v tom, že v okamžiku akumulace velkého množství vody v takto uměle vytvořené vodní nádrži dojde k akumulaci slunečního tepla ve vodě a z tohoto důvodu ke zvýšení teploty daného bioklimatu v lokalitě s následnou změnou biodiverzity. Důsledkem toho je vymření některých živočišných a rostlinných druhů a naopak výskyt nových živočišných a rostlinných druhů (*Musil, 2009*).

V mnohých případech velká přehradní jezera zatopila celé pásy krajiny a zničila životní prostředí lidem i živočichům. Biomasa, která klesla na dno, ve vodě hnije a uvolňuje velká množství metanu, který životní prostředí poškozují. Pečlivé vymýcení dna přehrad před jejich zatopením však tento problém značně zmenšilo (*Quaschning, 2010*).

Na druhou stranu velké vodní elektrárny dosahují nejvyšších výkonů ze všech OZE. Je třeba si proto uvědomit, že kdyby se takové množství energie, které se vyrobí v největších vodních elektráren světa, mělo vyrobit v uhelných elektrárnách, vznikly by tomu odpovídající emise (*Gabriel et Kučerová, 2000; Quaschning, 2010*).

3. 4. 5 Výhody vodních elektráren

Vodní elektrárny vykazují vysokou provozní bezpečnost, nepředstavují žádná rizika pro široké okolí, umožňují plnou automatizaci provozu, dálkové ovládání z dispečerského centra na velké vzdálenosti a tím minimalizaci obsluhy a vysokou efektivnost práce v čistém prostředí. Jsou součástí víceúčelového využívání vodních toků, přičemž se současně řeší ochrana proti povodním, zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou, splavnění toků apod. a vytvářejí se nové možnosti pro sport, rekreaci a odpočinek obyvatelstva. Celkově přispívají ke zlepšování kvality povrchových vod (na-

lepšováním průtoků a vypouštěním čisté vody z nádrží, provzdušňováním vody) a také jsou schopny velmi rychle (v sekundových intervalech) a bez rizika reagovat na změny spotřeby elektrické energie (*Gabriel et Kučerová, 2000*).

3. 4. 6 Nevýhody vodních elektráren

K nevýhodám vodních elektráren patří především závislost na přírodních poměrech, jako jsou např. vodní spád, průtok vody, hloubka vody, roční období a s ním související úhrny srážek apod. V měsících, kdy je v korytě řeky méně vody, tak vodní elektrárny vyrábějí podstatně méně elektřiny. Nevýhody lze rovněž spatřovat v tom, že rozsáhlejší vodní dílo změní ráz krajiny, případně ovlivní ekosystém daného území (*Musil, 2009*).

Jednou z hlavních nevýhod, a to především u velkých vodních elektráren, je problematika spojená s narušením migrace ryb. Migrující ryby mohou být z důvodu přehrazení řek vodními elektrárnami značně ohroženy. Proto je také nutné počítat i s investicí do rybích přechodů vedle vodních elektráren, kudy by ryby mohly migrovat (*Quaschning, 2010*).

Velké problémy také spočívají v erozi půd a v nuceném vystěhování obyvatel v blízkosti vodních elektráren (*Quaschning, 2010*).

3. 4. 7 Legislativa

Stěžejním legislativním předpisem pro výstavbu a provoz vodních elektráren je Zákon č. 254/2001 Sb. - Vodní zákon a Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů.

Mezi další prováděcí předpisy těchto zákonů patří především:

- Vyhláška č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání
- Nařízení č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
- Vyhláška č. 125/2004 Sb., kterou se stanoví vzor poplatkového hlášení a vzor poplatkového přiznání pro účely výpočtu poplatku za odebrané množství podzemní vody
- Vyhláška č. 391/2004 Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy
- Nařízení č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob
- Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody
- Vyhláška č. 195/2002 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl
- Vyhláška č. 225/2002 Sb. o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně
- Vyhláška č. 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území
- Vyhláška č. 293/2002 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Vyhláška č. 110/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

- Vyhláška č. 432/2001 Sb. o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu

4. Vlastní části

4. 1 Porovnání malých a velkých bioplynových stanic

4. 1. 1 Porovnání podle způsobu využití bioplynu

V současné době se bioplyn vyrobený ve velkých bioplynových stanicích ve většině případů využívá k pohonu stacionárních motorů kogeneračních jednotek. Výslednými produkty jsou elektrická energie a teplo. Celoroční využívání tepla je však velmi problematické, minimálně 6 měsíců v roce ho lze uplatnit pouze minimálně.

Celoroční využití bioplynu lze uplatnit pro pohon motorových vozidel a v rámci sítě distributorů zemního plynu, v topné sezóně pro vytápění objektů v dané lokalitě. Nejprve je ale nutné ho vyčistit na kvalitu zemního plynu, což s sebou přináší poměrně drahé technologie. Dalším možným využitím bioplynu z velkých bioplynových stanic je zatím jen na experimentální úrovni jeho využití v palivových člancích.

Malé bioplynové stanice jsou bez kogenerační jednotky, nevyrábějí proto elektrickou energii. Bioplyn z malých bioplynových stanic se používá k přímému spalování ve speciálně upravených plynových vařičích nebo ke svícení v plynových lampách. Nahrazuje tak klasické způsoby vaření na otevřeném ohni a zamezuje vzniku vážných zdravotních problémů, které při dlouhodobém každodenním vaření na otevřeném ohni vznikají.

Slouží tedy k zajištění základních životních potřeb pro obyvatele rozvojových zemí a tímto mají z humánního hlediska daleko větší opodstatnění než velké bioplynové stanice.

4. 1. 2 Porovnání podle teploty kvašení a doby zdržení biomasy

Vzhledem k tomu, že velké bioplynové stanice slouží většinou k výrobě tepla a elektrické energie, uplatňují ve většině případů proces mezofilní anaerobí fermentace, tedy kvašení při teplotách 35 – 45 °C. Fermentory jsou v tomto případě vytápěny vzniklým teplem z bioplynové stanice a teplota kvašení zůstává víceméně konstantní. Doba zdržení biomasy se pohybuje mezi 30 – 35 dny.

U velkých bioplynových stanic, které jsou speciálně zkonstruovány pro zpracování tuhých komunálních odpadů, se používá proces termofilní fermentace při teplotách 55 – 60 °C, přičemž se doba zdržení biomasy pohybuje mezi 15 - 25 dny. V termofilním režimu pracuje např. většina centralizovaných bioplynových stanic v Dánsku a ukazuje se, že je tento proces bezproblémový a stabilní. Předností termofilního procesu je také hlubší rozklad organických látek a v důsledku toho vyšší produkce bioplynu. Nevýhodou je naopak dosahování vyšších koncentrací nedisociovaného amoniaku.

U malých bioplynových stanic, které nejsou vytápěny, se uplatňuje proces psychrofilní fermentace, tedy fermentace při teplotách 5 – 30 °C. Doba odbourání biomasy je v tomto případě mnohem delší než u velkých bioplynových stanic, a to 60 – 80 dní. V důsledku toho klesá plynový výkon a výnos plynu a stupeň rozkladu se zvyšují.

4. 1. 3 Porovnání podle typu vstupních surovin

Zatímco velké bioplynové stanice lze rozdělit v závislosti na jejich vstupních surovinách, malé bioplynové stanice nikoli, protože zpracovávají v podstatě veškeré biologicky rozložitelné odpady z domácností. Těmi jsou především kuchyňské odpady, odpady z WC a zvířecí fekálie. Často se přidávají i cíleně pěstované plodiny bohaté na energii.

U velkých bioplynových stanic se vstupní suroviny vylišují v závislosti na typu bioplynové stanice. Jedná - li se o zemědělskou bioplynovou stanici, jsou v ní zpracová-

vány především organické odpady ze zemědělské produkce (především hnůj a kejda), kukuřičná siláž a travní senáž. V případě průmyslových bioplynových stanic se zpracovávají i odpady z jatek, z farmaceutického a potravinářského průmyslu. V komunálních bioplynových stanicích se zpracovávají biologicky rozložitelné komunální odpady z domácností.

4. 1. 4 Porovnání podle použitého stavebního materiálu

Pro výstavbu fermentoru velkých bioplynových stanic se ve většině případů používá železobetonová konstrukce, u malých bioplynových stanic v rozvojových zemích se klade důraz na použití stavebních materiálů dostupných na místě nebo materiálů za nízké ceny. Těmito materiály jsou většinou cihly, kámen a beton. K výrobě plynového zvonu a pro armování se používá především ocel. Používají se ale i fólie a plastové plachty, zvláště pro zhotovení plynojemu.

U velkých bioplynových stanic je nejhojnějším stavebním materiálem železobeton, a to pro dno nádrže, stěny i strop. Dno a stěny jsou provedeny většinou v monolitickém betonu, který se dnes už nemíchá přímo na staveništi, ale je vyráběn v betonárně a na staveništi se doveze hotový. V každém případě musí být beton používaný pro výstavbu fermentoru vodotěsný a plynotěsný a splňovat k tomu příslušné směrnice.

Kromě železobetonu je jako stavební materiál pro fermentory vhodný i ocelový plech. Často se používají staré cisterny pro skladování a přepravu kapalin.

Nezbytnou součástí velkých bioplynových stanic je tepelná izolace, která může být vyrobena z minerální vlny, z rohoží z minerálního vlákna, nebo z pěnové hmoty. Z důvodu nízké pořizovací ceny a odolnosti vůči vysokým teplotám se nejvíce používá minerální vlna. Mezi další stavební materiály velkých bioplynových stanic patří vnější plášť, který kryje tepelnou izolaci a chrání fermentor před povětrnostními vlivy. K zakrytí fermentoru se obvykle využívá fóliový poklop, který slouží zároveň jako plynojem a nafukuje se v závislosti na množství uskladněného bioplynu.

4. 2 Bariéry v rozvoji velkých bioplynových stanic

Mezi všeobecnou veřejností převládá o bioplynových stanicích názor, že jsou zdrojem zápachu a znečištění ovzduší a ohrožují tak veřejné zdraví a životní prostředí. Tuto špatnou pověst udělala bioplynovým stanicím podstatnou měrou aféra s největší bioplynovou stanicí ve střední Evropě, konkrétně bioplynová stanice ve Velkém Karlově na Znojensku. Kromě biomasy zpracovávala ve velkém množství i kosti a zbytky z jatek a ve snaze ušetřit náklady navíc často docházelo k nedodržování správných technologických postupů. Provozovatel této bioplynové stanice navíc realizoval svůj záměr zpracovávat v zařízení živočišné produkty bez povinného posouzení vlivů na životní prostředí (EIA). V důsledku těchto okolností tato bioplynová stanice silně zapáchala a obyvatelé okolních obcí si tak stěžovali na její zápach, a to již krátce po jejím otevření.

Problémy se zápachem však byly zaznamenány i u mnoha jiných bioplynových stanic, proto se k nim veřejnost obvykle staví negativně. K provozu kvalitní bioplynové stanice by však tyto problémy rozhodně patřit neměly. Samozřejmě je nutno brát v potaz typ zpracovávané biomasy – pokud se jedná o jateční odpady a kaly z různých provozů (např. komunálních čističek odpadních vod), pochopitelně úniku zápachu zabránit nelze. Jinak je tomu u zemědělských bioplynových stanic, které při správně fungujícím technologickém procesu nezapáchají.

Kromě těchto problémů spočívají bariéry v rozvoji velkých bioplynových stanic ve vyspělých zemích také v mnohdy nesmyslných legislativních požadavcích a ekonomice

spojené s provozováním bioplynových stanic. Ačkoli správně zkonstruované BPS nezapáchají a na životní prostředí nepředstavují žádné negativní vlivy, jejich provozovatelé musí přesto platit poplatky za možná znečištění ovzduší. O tomto jsem se ostatně přesvědčila i při návštěvě bioplynové stanice v obci Obora u Malšic. Po konzultaci s majitelem této bioplynové stanice, Ing. Martinem Novákem, mi byly všechny zábrany v provozování bioplynových stanic jasné – těmi hlavními jsou velmi negativní přístup vlády České republiky k OZE a v důsledku toho nejistota ekonomické rentability.

Výroba bioplynu a následně pak elektrické energie a tepla je z hlediska vstupních investic velmi nákladnou záležitostí. I velké příznivce této technologie tak odradí právě potíže spojené s ekonomikou provozu, v mnohých případech i se samotným získáním stavebního povolení.

Bariér v rozvoji bioplynových stanic je tedy poměrně mnoho a koncentrují se do oblastí energetické, ekonomické, ekologické a především legislativní. Investiční skupiny financující politiku bohužel vždy prosadí před politiky takové zákony, které budou výhodné pro gigantické neobnovitelné energetické zdroje na úkor ekologických (obnovitelných) zdrojů, které představují jejich konkurenci. Tímto příkladem v České republice mohou být i nízké poplatky za ukládání na skládky, které rozvoj technologického a navíc ekologicky nezávadného zpracování biomasy procesem anaerobní fermentace silně zneumožňují.

V průmyslově vyspělých zemích EU, jako je např. Dánsko, Německo nebo Švédsko, se tyto problémy nevyskytují. Důvodem je především ekologická politika těchto států, která k rozvoji bioplynových stanic naopak výrazně napomáhá.

4. 3 Bariéry v rozvoji malých bioplynových stanic

Vzhledem k tomu, že jsou malé bioplynové stanice stavěny pro chudé domácnosti a průměrná cena malé bioplynové stanice průměrné velikosti, tj. o objemu fermentoru 6 m³ připadá v přepočtu na cca 6 000 Kč s možností získání až 20% dotace, představují bariéry v jejich rozvoji především jejich ekonomické aspekty. Ačkoli se 6 000 Kč na první pohled nejeví jako příliš vysoká částka, je třeba brát v potaz právě to, že v rozvojových zemích, a zvláště pak v jejich venkovských oblastech, panuje obrovská chudoba. V mnohých případech je právě 6 000 Kč celoroční mzdou obyvatel, kteří pracují v zemědělství a ti nejchudší si proto tyto malé bioplynové stanice právě z ekonomického důvodu nemůžou dovolit.

Další bariérou, či spíše problémem v oblasti malých bioplynových stanic, jsou základní nedostatky jejich provozovatelů k obsluze bioplynových stanic, které by mohly zapříčinit jejich bariéry v dalším rozvoji. Ačkoli jsou všichni provozovatelé bioplynových stanic vyškoleni, jak s nimi nakládat a navíc jsou tyto malé bioplynové stanice postaveny velmi jedoduše právě z důvodu snadné manipulace, často se stává to, že jejich obsluhu provozovatelé nezvládnou. Po konzultaci s Ing. Františkem Zouharem z ČRA jsem byla informována o tom, že se v mnohých případech vietnamští provozovatelé o tyto bioplynové stanice vůbec nestarají, přestože jim vše o jejich údržbě bylo mnohdy i nejednou řečeno.

5. Závěr

V práci jsou popsány možnosti využití obnovitelných zdrojů energie, shrnuty jejich výhody, nevýhody a především ekologické přínosy, které pro životní prostředí představují. Ve srovnání se všemi ostatními obnovitelnými zdroji energie jsem dospěla k názoru, že má bioplyn jednu zásadní přednost. Jedná se o formu energie, kterou lze vyrobit nezávisle na počasí a denní době, má široké možnosti využití a navíc ji lze skladovat. Zpracování biomasy v bioplynových stanicích za účelem jejího energetického využití má své příznivce i odpůrce, přesto jí je věnována mimořádná pozornost ve všech zemích světa.

Protože potřeba elektrické energie je a bude vysoká a podle pracovníků ČEZ je elektrické energie již v Evropě nedostatek, nová energie z biomasy by tak mohla nabízet vyšší užitnou hodnotu, což může splnit energie elektrická nebo palivo pro pohon motorových vozidel. Zda-li však bude využívána, záleží bohužel podstatnou měrou na postoji státu. Zjistila jsem, že v průmyslově vyspělých zemích EU je energetický potenciál zdrojů biomasy značně vysoký a že právě biosuroviny mají v obnovitelné energetice důležitou roli. Bohužel toto neplatí pro Českou republiku, kde ekologie vždy a za všech okolností představuje pouze sekundanta ekonomice.

V rozvojových zemích bioplynové stanice podstatnou měrou napomáhají ke zlepšení životních podmínek pro obyvatele chudých venkovských oblastí. Kromě toho také omezují množství emisí CO₂, které by se jinak uvolnilo do ovzduší při spalování palivového dříví při každodenním vaření na otevřeném ohni.

6. Diskuze

O budoucnosti bioplynových elektráren v České republice není pochyb. Že se jedná o perspektivní zdroj alternativní energie ostatně dokazuje i současná výstavba většího počtu bioplynových stanic v sousedním Německu (*Matoušková, 2002*).

Podle autorů Schulze a Eder (2004) a Straky et al. (2006) bioplynový proces snižuje množství patogenních organismů v substrátu, a tím i rizika přenosu nemocí, která tyto substráty představují. Je proto vhodný jako hygienizační metoda ke snížení počtu virových, bakteriálních a parazitických původců chorob. (*Schulz et Eder, 2004, Straka et al., 2006*).

Za těchto okolností získává technická výroba bioplynu na významu, neboť tak lze přinejmenším omezit i emise metanu z otevřených skládek, hnoje a kejdy. Navíc je energetické využití bioplynu na rozdíl od spalování zemního plynu, zkapalněného plynu (propan butanu), oleje a uhlí neutrální z hlediska produkce CO₂, neboť vznikající CO₂ je součástí koloběhu uhlíku v přírodě a je opět spotřebováván rostlinami. Jeho koncentrace v atmosféře se proto touto cestou nezvyšuje, zatímco CO₂ pocházející z fosilních surovin k tomu přispívá (*Schulz et Eder, 2004*). O této skutečnosti se lze dočíst prakticky v každé odborné literatuře.

U velkých bioplynových stanic se však středem kritiky stává problematika spojená s únikem zápachu z těchto zařízení. Mnohdy jsou projekty spojené s výstavbou bioplynových stanic v důsledku silného odporu obyvatel v jejich blízkosti dokonce i silně nerealizovatelné. Mnozí odborníci na výstavbu a provoz bioplynových stanic tvrdí, že by bioplynové stanice zapáchat neměly, občas se ale i oni s tímto problémem setkávají. Samozřejmě záleží na typu bioplynové stanice. U průmyslových bioplynových stanic zápachu ze vstupních surovin pochopitelně zabránit nelze. Pokud je však zápach způsoben únikem bioplynu, vina je pouze na provozovateli bioplynové stanice. V tomto případě je jasné, že zanedbal zásadní pravidla v provozu bioplynové stanice z nedbalosti nebo ve snaze ušetřit náklady spojené s jejím provozem.

Při návštěvě bioplynové stanice v Obci Obora u Malšic jsem žádný nežádoucí zápach nezaznamenala. Jednalo se o zemědělskou bioplynovou stanici, v jejíž těsné blízkosti se nacházely prostory pro ustájení krav. Cítila jsem pouze kejdu těchto krav. Z rozhovoru s majitelem této bioplynové stanice bylo jasné patrné, že klade důraz na bezpečnostní aspekty týkající se provozu bioplynové stanice, a proto nežádoucí únik bioplynu z vyhnívacích nádrží a následné problémy se zápachem u této bioplynové stanice nehrozí.

Co se týče malých bioplynových stanic sloužících k pouhé výrobě bioplynu pro potřeby vaření v domácnostech, měly by podle mého názoru uplatnění i v zemích průmyslově a technologicky vyspělých. Ačkoli např. České republice ještě nehrozí tak velký energetický kolaps, aby se malé bioplynové stanice staly nezbytnou součástí venkovských sídel, situace v zásobování energiemi se může kdykoliv změnit. Zatím se však jedná spíše o pokusné experimenty a hobby zahrádkářů a majitelů rodinných domů, proto ani informace o těchto malých, domácích bioplynových stanicích nejsou všeobecně veřejnosti známy.

Osobně jsem se během psaní této bakalářské práce dozvěděla pouze o jedné takové malé bioplynové stanici, která se nachází v obci Samotíšky (okres Olomouc). Ta je však momentálně již 5 let mimo provoz z důvodu zrezivění spoje mezi jímacím zvonem a odvodem bioplynu do sporáku v prostoru jímání.

Podle Ing. Jaroslava Utíkala (2012), majitele této domácí bioplynové stanice, mají však tyto domácí bioplynové stanice mnoho specifikací, které zrazují potenciální investory. Těmi jsou především cena vlastní bioplynové stanice, cena většího solárního systému

na ohřev bioplynové stanice a prostor pro vlastní zhotovení - minimálně dvoukomorový septik. Toto řešení tedy nemá řešení ekonomickou návratnost, protože sezónní použití pouze na vaření je nízké (*Utikal in verb, 2012*).

7. Literatura

Přehled literatury a použitých zdrojů

ALTMANN et al., 2010: Technika pro zpracování komunálního odpadu – Česká zemědělská univerzita, Praha, 120 s.

ANONYMUS, 2011: Situační zpráva k dotačnímu titulu „Udržitelná energie na lokální úrovni v provincii Thua Thien Hue ve Vietnamu“ [2011-10-24]. Online: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:v8GWfxzblAJ:www.czda.cz/editor/image/novinky5_soubory/situacni-zprava_fin.pdf+bioplynov%C3%A9+stanice+typ+KT1&hl=cs&gl=cz>

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF PAKISTAN, 2011: Al-Qasim Biogas Plants [2011-10-24]. Online: <<http://developpakistan.org/al-qasim/>>

BAČÍK, 2008: Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu [2011-11-01]. Online: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>

BERANOVSKÝ et al., 2003: Alternativní energie pro váš dům – ERA, Brno, 125 s.

BERANOVSKÝ et al., 2007: Fotovoltaika. Elektřina ze slunce – ERA, Brno, 81 s.

BLAŽEK, 2009: Ohřejeme se v 21. století? – FUTURA, Praha, 188 s.

CETKOVSKÝ et al, 2010: Větrná energie v České republice? Hodnocení prostorových vztahů, environmentálních aspektů a socioekonomických souvislostí – Ústav geoniky Akademie věd ČR, v. v. i., Brno, 208 s.

CROME, 2002: Technika využití energie větru: Svépomocná stavba větrných zařízení – HEL, Ostrava, 144 s.

CZ BIOM, 2007: Desatero bioplynových stanic aneb zásady efektivní výstavby a provozu bioplynových stanic v zemědělství. – CZ Biom - České sdružení pro biomasu, Praha, 24 s.

CZECH RE AGENCY, 2011 Bioplyn: Malé bioreaktory jen pro rozvojové země? [2011-10-24]. Online: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/bioplyn/bioplyn-male-rozvojove>>

CZECH RE AGENCY, 2012: Nejčastější dotazy (FAQ) [2012-03-11]. Online: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/faq#7>>

DVOŘÁČEK, 2010: Ekonomika bioplynových stanic pro zpracování BRO. [2012-03-10]. Online: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-bioplynovych-stanic-pro-zpracovani-bro>>

EL BASSAM, 2010: Handbook of bioenergy crops – Earthscan, Londýn, 516 s.

- FRANTÁL et al., 2007: Vybrané metodické přístupy k lokalizaci větrných elektráren v krajině. In Větrné elektrárny v Jihomoravském kraji: sborník příspěvků z odborného semináře – ZO ČSOP Veronica, Brno, 56 s.
- GABRIEL et al., 1992: Malé vodní elektrárny – České vysoké učení technické v Praze, Praha, 178 s.
- HALLENGA, 2006: Malá větrná elektrárna – HEL, Ostrava, 96 s.
- HASELHUHN, 2010: Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu – HEL, Ostrava, 176 s.
- HENZE et HILLENBRAND, 2000: Elektrický proud ze slunce – fotovoltaika v praxi – HEL, Ostrava 136 s.
- HOLATA, 2002: Malé vodní elektrárny – Academia, Praha, 271 s.
- HOLUB et SEQUENS, 2006: Větrné elektrárny: mýta a fakta – Sdružení Calla a Hnutí DUHA, České Budějovice – Brno, 30 s.
- ISAT et GTZ, 2011: Biogas digest [2012-02-15]. Online: <<http://www.gate-international.org/documents/publications/webdocs/pdfs/biogasdigestvoll.pdf>>
- JENÍČEK et FOLTÝN, 2010: Globální problémy světa v ekonomických souvislostech – C. H. Beck, Praha, 324 s.
- KAJAN, 2005: Bioplyn z odpadů živočišné výroby [2012-02-15]. Online: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>>
- KAJAN et LHOTSKÝ, 2006: Výroba a využití bioplynu v České republice. In Sborník z konference výstavba a provoz bioplynových stanic 19.- 20. 9. 2006: CZ BIOM, Třeboň, 156 s.
- KÁRA et ADAMOVSKEÝ, 1993: Obnovitelné zdroje energie: Přehled možností využívání alternativních zdrojů energie v zemědělství – Agrospoj, Praha, 208 s.
- KÁRA et al., 2007: Výroba a využití bioplynu v zemědělství – VÚZT, v. v. i., Praha, 120 s.
- KÁRA et MUŽÍK, 2009: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR [2012-03-20]. Online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>
- KARAMANOLIS, 1996: Sluneční energie: Východisko z ekologicko – energetické krize – Sdružení MAC, s. r. o., Praha, 238 s.
- KASÁRNÍK et ŠKORPIL, 2000: Obnovitelné zdroje energie I.: vodní elektrárny – Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 126 s.
- KOČ, 1996: Šance pro vítr – EkoCentrum Brno, Brno, 95 s.

- KOUŘA et al., 2008: Bioplynové stanice s mokrým procesem – Informační centrum ČKAIT, s. r. o., Praha, 120 s.
- LIBRA et POULEK, 2007: Zdroje a využití energie - Česká zemědělská univerzita, Praha, 141 s.
- LIBRA et POULEK, 2010: Fotovoltaika – teorie i praxe využití solární energie – ILSA, Praha, 165 s.
- MACHOLDA et SRDEČNÝ, 2006: Energeticky soběstačná obec – EkoWATT, Praha, 48 s.
- MAS MORAVSKÝ KRAS, 2009: Využití obnovitelných zdrojů energie a úspory energie na venkově – Místní akční skupina Moravský kras, nepublikováno, 35 s.
- MATOUŠKOVÁ, 2002: Možnosti využití odpadů živočišného původu - Mendelova zemědělská univerzita v Brně, Brno, 69s.
- MELICHAR, 1995: Malé vodní turbíny - České vysoké učení technické v Praze, Praha, 113 s.
- MATUŠKA, 2010: Solární soustavy pro bytové domy – Grada Publishing, a. s., Praha, 136 s.
- MOTLÍK et al., 2007: Obnovitelné zdroje energie a jejich uplatnění v České republice – ČEZ, a. s., Praha, 181 s.
- MURTINGER et BERANOVSKÝ, 2006: Energie z biomasy – ERA, Brno, 94 s.
- MURTINGER et TRUXA, 2005: Solární energie pro váš dům – ERA, Brno, 91 s.
- MUSIL, 2009: Globální energetický problém a hospodářská politika se zaměřením na obnovitelné zdroje – C. H. Beck, Praha, 210 s.
- NEPAL BIOGAS PROMOTION ACCOCIATION: Bag digester [2011-10-24]. Online: <<https://sites.google.com/site/nepalbiogas/r-d/bag-digester>>
- NONDEK, 2007: Větrná energetika a Český venkov. In Větrné elektrárny v Jihomoravském kraji: sborník příspěvků z odborného semináře – ZO ČSOP Veronica, Brno, 56 s.
- NOVOTNÝ, 2009: Historie a perspektivy OZE – bioplyn. 2009-05-04 [cit. 2012-03-20]. Online: <<http://oze.tzb-info.cz/biomasa/5610-historie-a-perspektivy-oze-bioplyn>>
- OCHODEK et al., 2007: Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy – Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, výzkumné energetické centrum, Ostrava, 228 s.
- PASTOREK et al., 2004: Biomasa: obnovitelný zdroj energie. - FCC PUBLIC s. r. o., Praha, 288 s.

- PREGIZER, 2009: Zásady pro stavbu pasivního domu - Grada Publishing, a. s., Praha, 128 s.
- QUASCHNING, 2010: Obnovitelné zdroje energií – Grada publishing, a. s., Praha, 296 s.
- SATHYAJITH, 2006: Wind energy: fundamentals, resource analysis and economics – Springer - Verlag, Berlin Heidelberg, 246 s.
- SCHULZ et EDER, 2004: Bioplyn v praxi – HEL, Ostrava, 168 s.
- SCHULZ, 2005: Savoniův rotor – HEL, Ostrava, 77 s.
- STRAKA et al., 2006: Bioplyn – GAS s.r. o., Praha, 706 s.
- ŠŤASTNÝ, 2004: Malé vodní elektrárny - Energy Centre České Budějovice, České Budějovice 11 s.
- THEMESSL et WEISS, 2005: Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí – Grada publishing, a. s., Praha, 116 s.
- ULRYCH, 2007: Aplikovaná hydromechanika I (základy hydroenergetiky) – Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 126 s.
- UŠŤAK et al., 2006: Bioplynová fermentace biomasy a biologicky rozložitelných odpadů. – CZ Biom ve spolupráci s Výzkumným ústavem rostlinné výroby (VÚVR), Praha, 180 s.
- UŠŤAK et VÁŇA, 2010: Využití odpadů asurovin ze zemědělského provozu k výrobě bioplynu. In Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství zemědělské bioplynové stanice – Callisto – 96, s. r. o., Chrudim, 69 s.
- VÁŇA, 2007a: Malá bioplynová stanice v České republice jako velký zdroj znečištění ovzduší [2012-03-22]. Online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mala-bioplynova-stanice-v-ceske-republice-jako-velky-zdroj-znecistení-ovzdusi?apc=/cz/odborne-clanky/mala-bioplynova-stanice-v-ceske-republice-jako-velky-zdroj-znecistení-ovzdusi&nocache=invalidate&sh_itm=32828af55e5afecc9ff0bc2502474f38&sel_ids=1>
- VÁŇA, 2007b: Využití digestátů jako organického hnojiva [2012-03-11]. Online: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>
- VAŠÍČEK, 2005.: Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů [2012-03-22]. Online: <<http://www.tzb-info.cz/2565-zasady-ekonomickeho-hodnoceni-energetickych-projektu>>
- VOHNICKÝ, 2004: Racionální využití sluneční energie [2012-03-22]. Online: <<http://www.tzb-info.cz/2072-racionalni-vyuziti-slunecni-energie>>
- ZACHARA et al., 2009: Biomasa, jej potenciál a reálne možnosti využitia na Slovensku: školiaci manuál – Agroinštitút, Nitra, 76 s.

Seznam použité legislativy

Zákon č. 458/2000 Sb. - Energetický ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon a související předpisy

Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších předpisů.

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie

Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů

Vyhláška č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání

Vyhláška č. 125/2004 Sb., kterou se stanoví vzor poplatkového hlášení a vzor poplatkového přiznání pro účely výpočtu poplatku za odebrané množství podzemní vody

Vyhláška č. 391/2004 Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy

Vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob

Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody

Vyhláška č. 195/2002 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

Vyhláška č. 225/2002 Sb. o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně

Vyhláška č. 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území

Vyhláška č. 293/2002 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vyhláška č. 110/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vyhláška č. 432/2001 Sb. o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu

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

Vyhláška č. 150/2007 Sb. – Vyhláška o způsobu regulace cen v energetických odvětvích

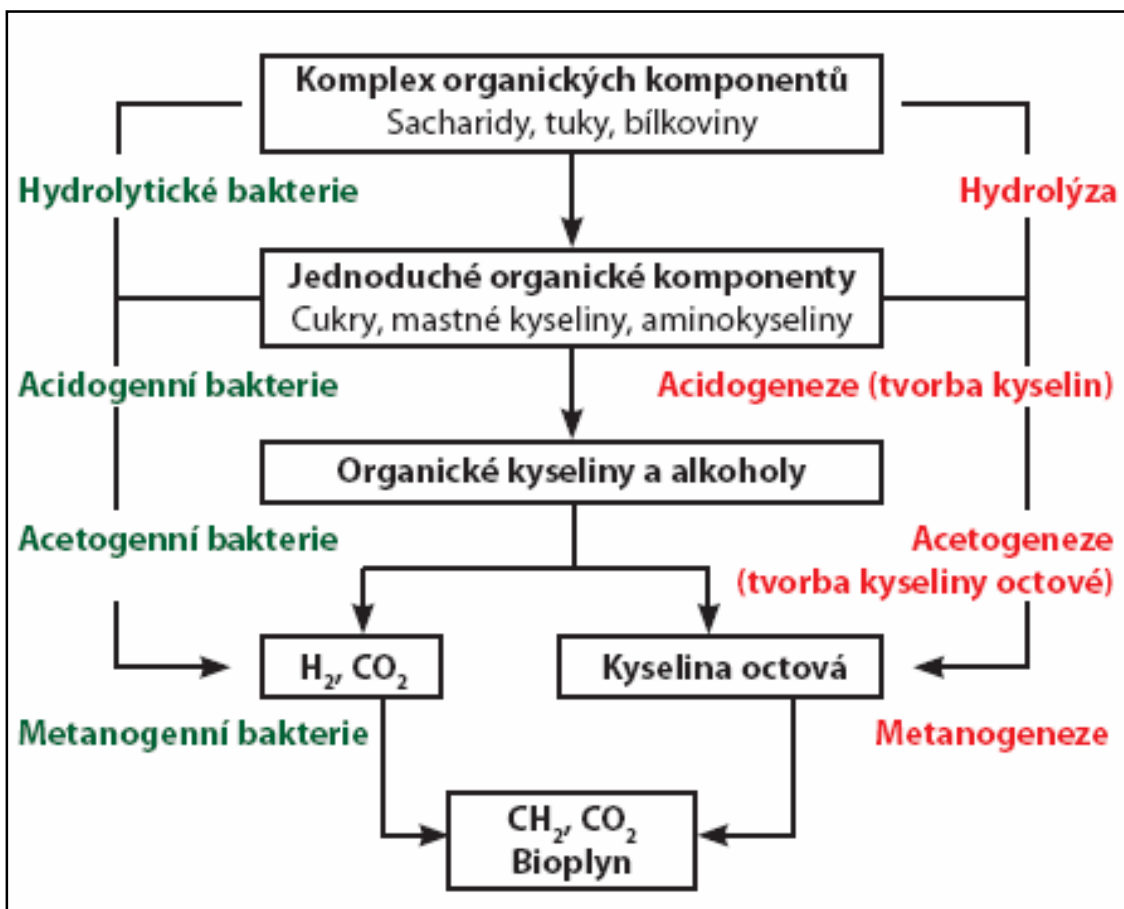
Vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

Vyhláška č. 214/ 2001 Sb., kterou se stanoví vymezení zdrojů energie, které budou hodnoceny jako obnovitelné

Nářízení č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nářízení č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních od a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

8. Přílohy



Obrázek č. 1: Zjednodušené schéma procesu anaerobní fermentace, zdroj: <http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/vznik-bioplynu> (2012)



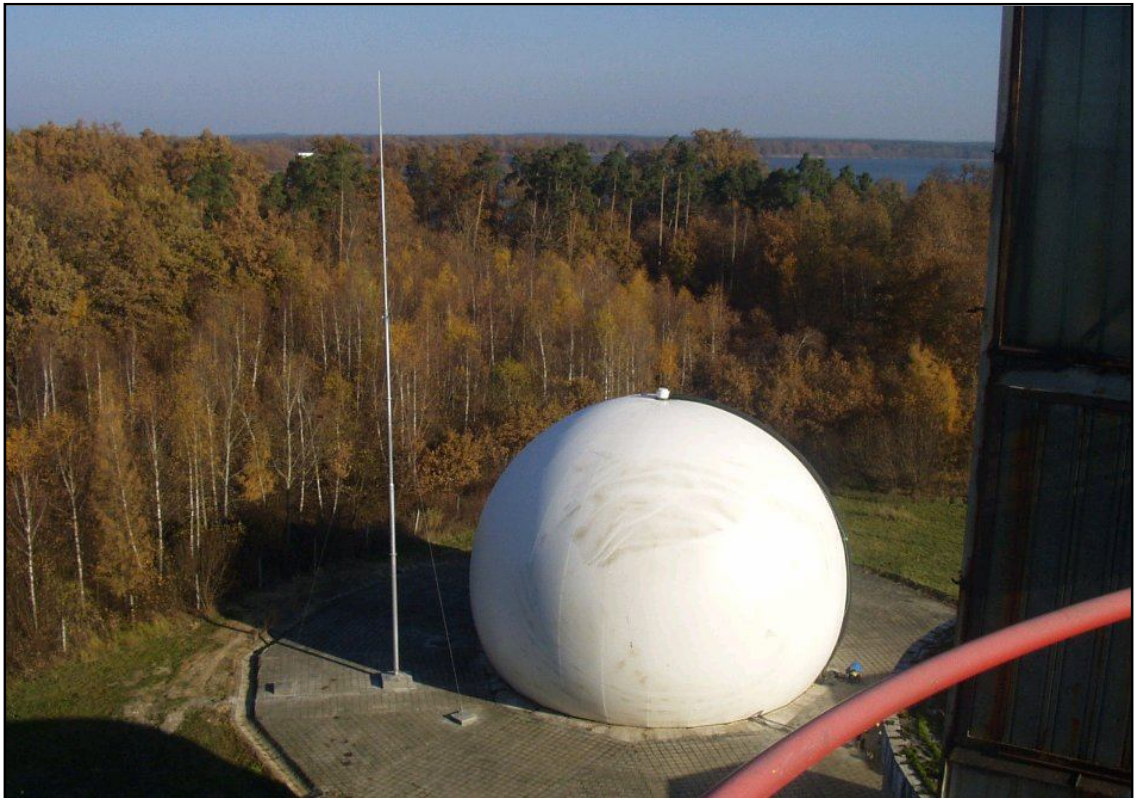
Obrázek č. 2: Horizontální konstrukční typ reaktoru v Kovně (Litva), zdroj: <http://www.folkecenter.net/gb/tech-trans/technologies/farm-biogas/> (2012)



Obrázek č. 3: Vertikální konstrukční typ reaktoru v Jaroměři, zdroj:
http://www.bioplynes.cz/bioplynova_stanice_jaromer (2012)



Obrázek č. 4: Ponorné míchadlo bioplynové stanice, zdroj:
<http://www.weltec-biopower.cz/bioplynové-stanice/technika/michaci-technika> (2012)



Obrázek č. 5: Plynojem u bioplynové stanice v Třeboni, zdroj: <http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Bara/vyuziti.html> (2012)



Obrázek č. 6: Čerpání materiálů z bioplynové stanice pomocí čerpadel, zdroj: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-v-nemecku> (2003)



Obrázek č. 7: Kogenerační jednotka, zdroj: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-v-nemecku> (2003)



Obrázek č. 8: Bioplynový vaříč používaný v Nepálu, zdroj: <http://bio-gas-plant.blogspot.com/2011/06/ashdenawardss-biogas-plant.html> (2011)



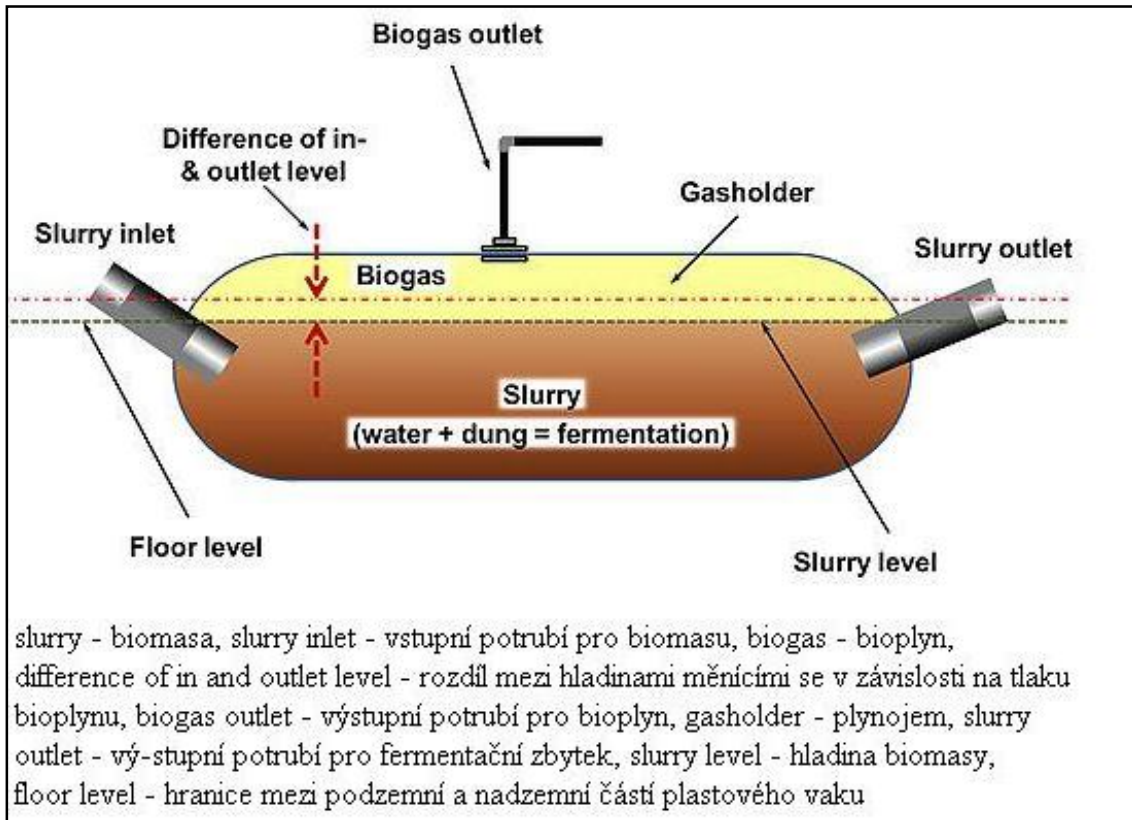
Obrázek č 9: Zemědělská bioplynová stanice v Šebetově, zdroj:
http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie_biomasy.html (2012)



Obrázek č. 10: Centralizovaná bioplynová stanice, zdroj:
http://www.biogasin.org/files/pdf/WP3/D.3.4.3_%20CzBA_CZ.pdf (2011)



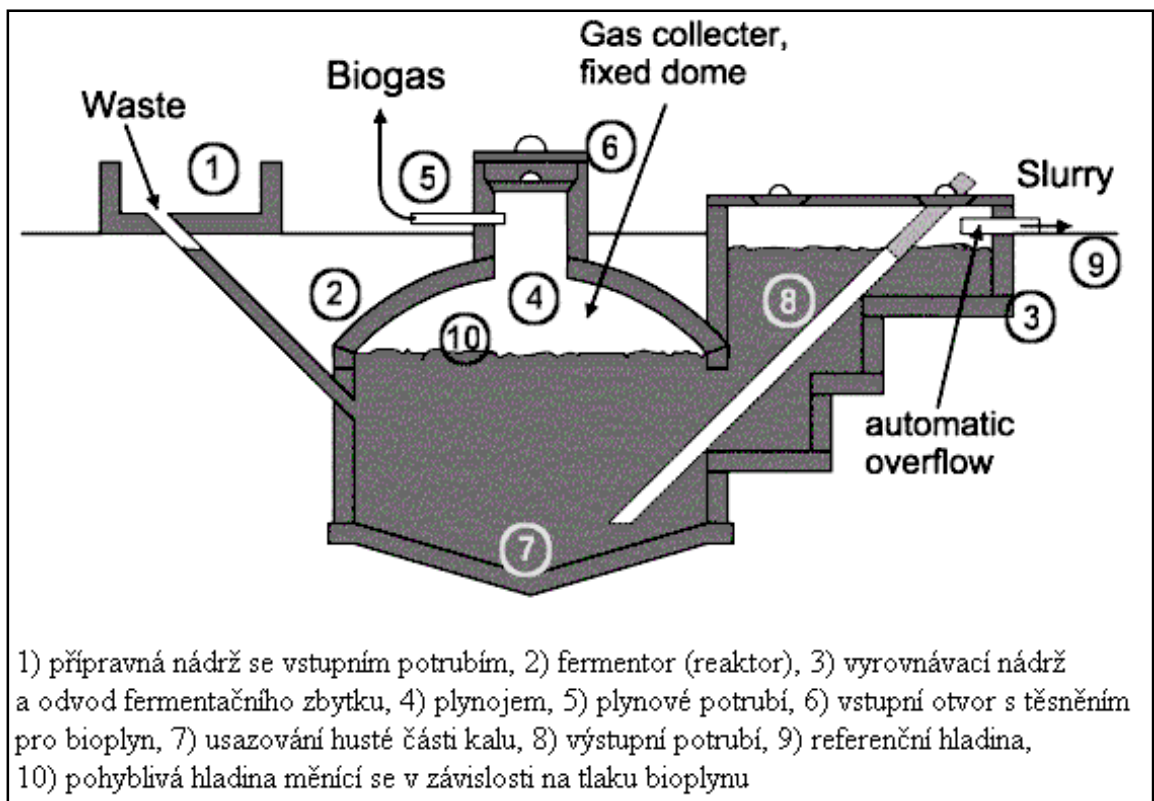
Orázek č. 11: bioplynová stanice typu plastového vaku, zdroj: <http://www.biogas.co.ke/> (2010)



Obrázek č. 12: Schéma bioplynové stanice typu plastového vaku, zdroj: https://energypedia.info/index.php/Types_of_Biogas_Digesters_and_Plants (2012)



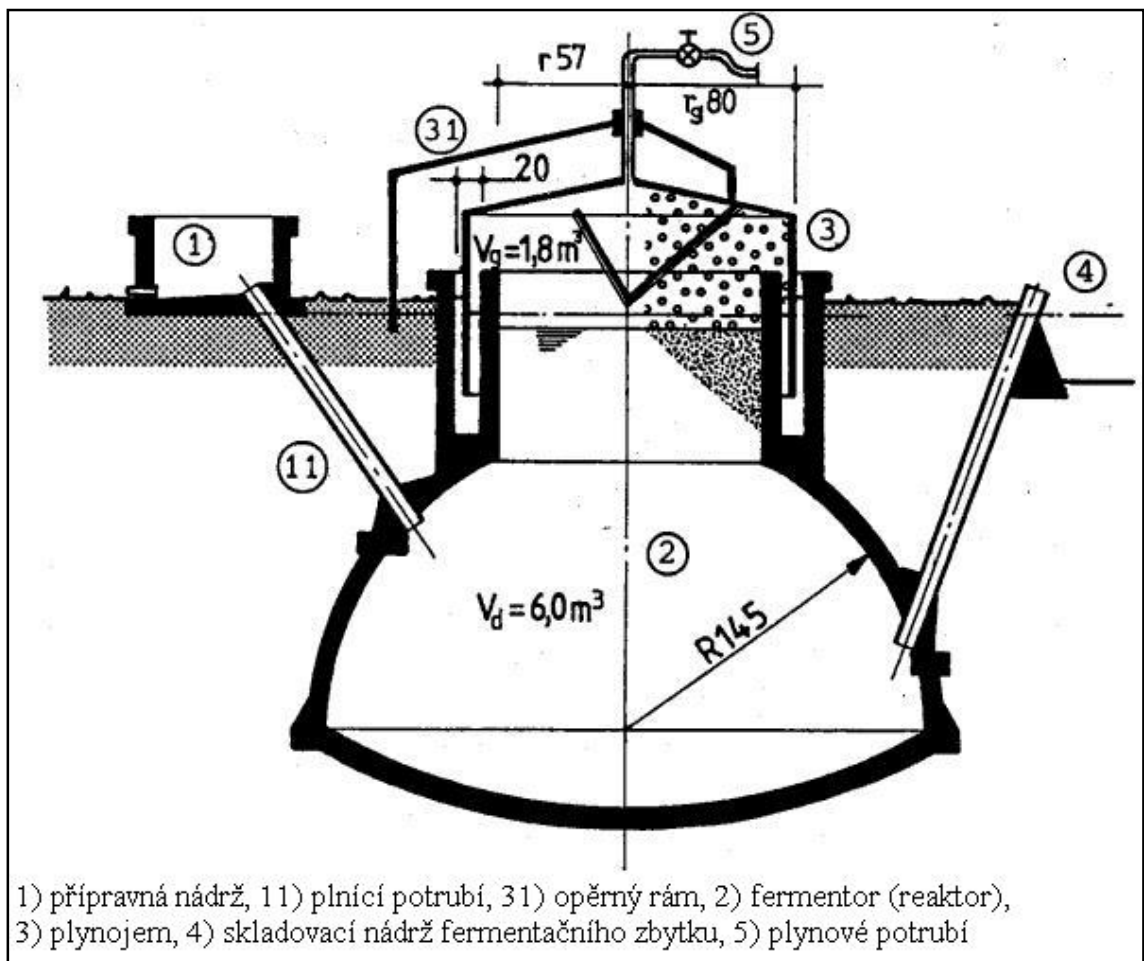
Obrázek č. 13: Zděná bioplynová stanice v Pákistánu, zdroj: <http://bio-gas-plant.blogspot.com/2011/08/biogas-plant-pakistan-photo-gallery.html> (2011)



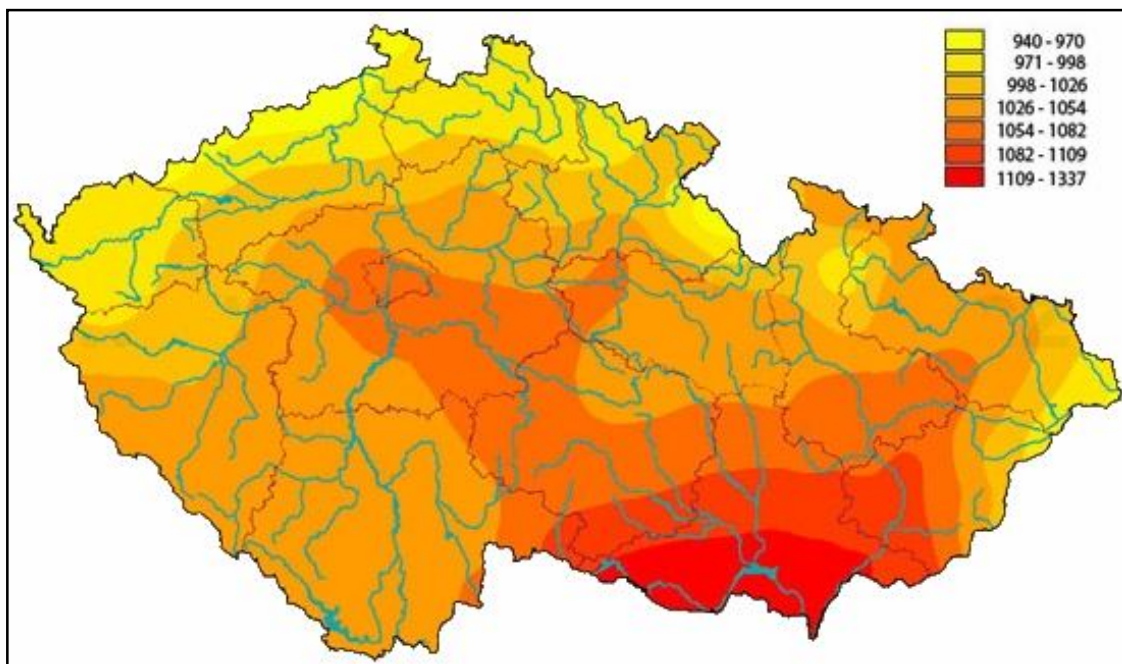
Obrázek č. 14: Schéma zděné bioplynové stanice, zdroj: http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/BIOGSHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML (2012)



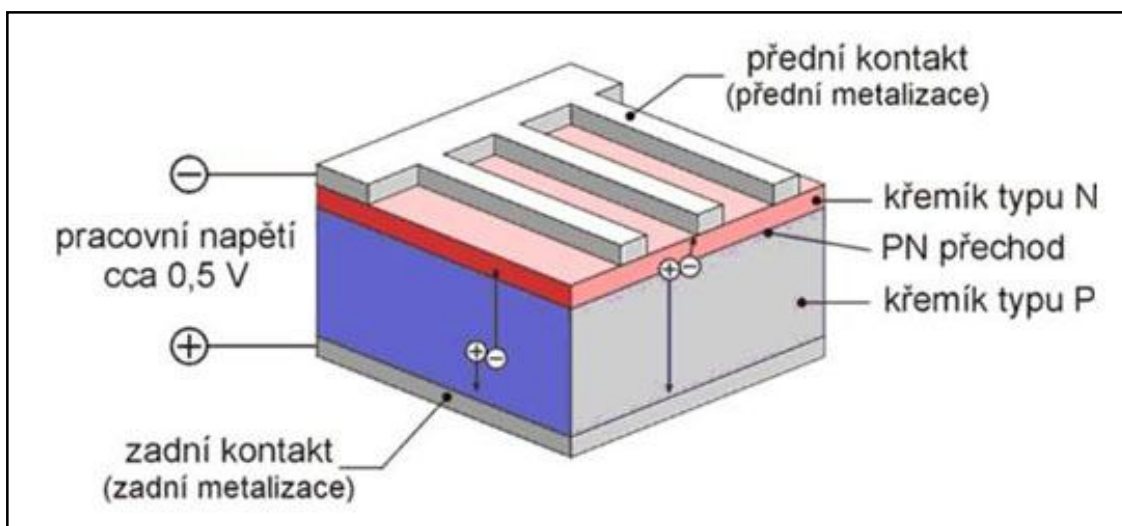
Obrázek č. 15: Kompozitní bioplynová stanice v Indii, zdroj:
<http://bio-gas-plant.blogspot.com/2011/05/biogas-gobar-gas-in-india.html> (2011)



Obrázek č. 16: Schéma kompozitní bioplynové stanice, zdroj:
http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/BIOGSHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML (2012)



Obrázek č. 17: Mapa intenzity slunečního svitu v České republice (hodnoty uvedené v kWh/m²), zdroj: <http://www.enertec.cz/teorie> (2012)



Obrázek č. 18: Schéma fotovoltaického článku, zdroj: <http://www.profitsolar.cz/o-solarni-energii.php> (2009)



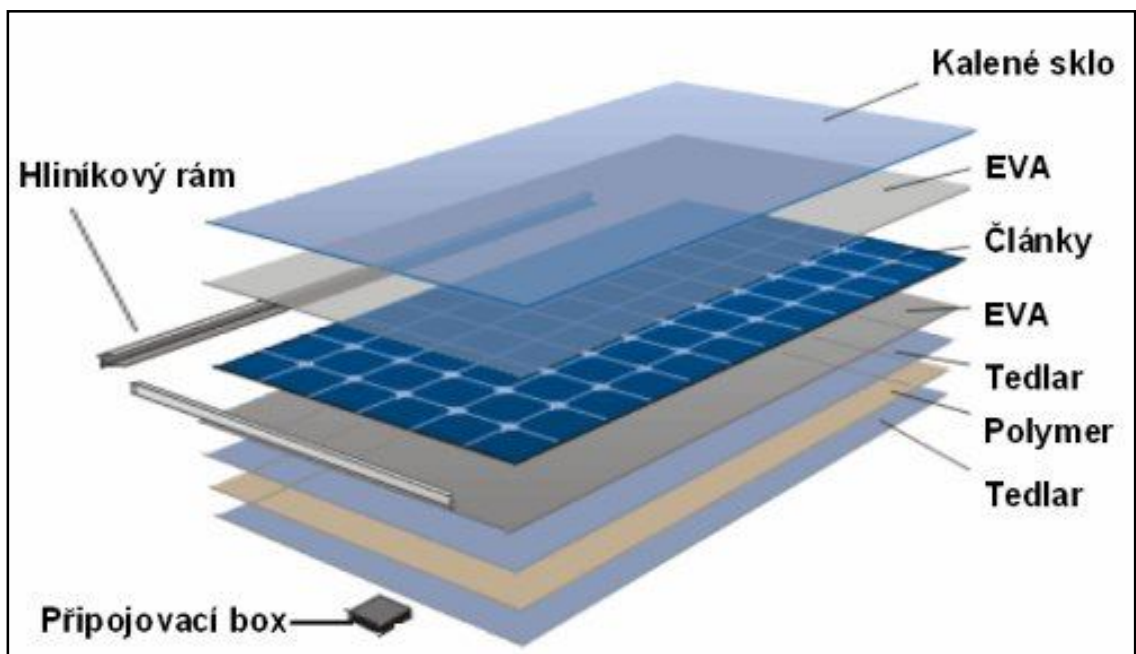
Obrázek č. 19: Fotovoltaické články z monokrystalického a polykrystalického křemíku, zdroj: <http://www.tzb-info.cz/5073-problemy-fotovoltaickych-projektu-z-hlediska-energetickeho-auditu> (2008)



Obrázek č. 20: Hydroizolační fólie na bázi amorfního křemíku, zdroj: <http://www.aelsolar.cz/produkty/fatrasol.html> (2012)



Obrázek č. 21: Fotovoltaické panely instalované na střeše rodinného domu, zdroj: http://hobby.idnes.cz/fotovoltaicke-panely-jsou-investici-jakou-nenabidne-zadna-banka-pxf/hobby-domov.aspx?c=A090421_172846_hobby-domov_bma (2009)



Obrázek č. 22: Skladba panelu s krystalickými křemíkovými články (EVA - Etylen-Vinyl-Acetát), zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku> (2009)



Obrázek č. 23: Ploché kolektory na ohřev vody instalované na střeše rodinného domu, zdroj: <http://www.solarlab.mtf.stuba.sk/teplnysystem.html> (2012)



Obrázek č. 24: Koncentrující solární kolektory v provedení tzv. solárních věží, zdroj: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.html (2004)



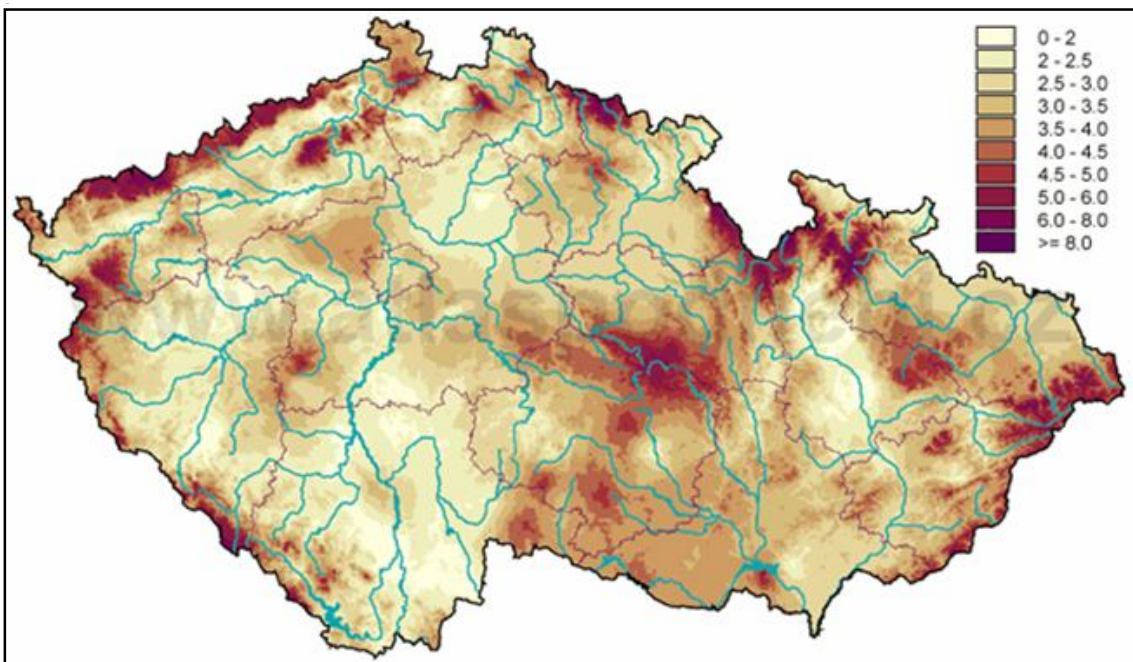
Obrázek č. 25: Koncentrující solární kolektory v provedení tzv. solárních talířů,
zdroj: <http://asolarheater.net/201-parabolic-dish-solar-collector.html> (2012)



Obrázek č. 26: Velká solární elektrárna v obci Brniště,
zdroj: <http://www.solartime.cz/Reference.aspx> (2012)



Obrázek č. 27: Drobné solární zařízení pro okamžité dobíjení akumulátorů,
zdroj: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika> (2012)



Obrázek č. 28: Povětrnostní mapa České republiky (hodnoty uvedeny v m/s),
zdroj: <http://www.solarni-vetrne-elektrarny.cz/vetrna-mapa> (2010)



Obrázek č. 29: Miskový anemometr,
zdroj: <http://www.cbfaltus.cz/fotky.php?albumNr=8> (2006)



Obrázek č. 30: Rotor větrné elektrárny typu vrtule,
zdroj: <http://www.newenergynexus.com/1997/home-wind-energy> (2012)



Obrázek č. 31: Savoniův rotor, zdroj: <http://www.ecogreen4us.com/stories/green-technology-stories/horizontal-vertical-axis-wind-turbine/> (2012)



Obrázek č. 32: Darrierův rotor, zdroj: <http://www.brighthub.com/environment/renewable-energy/articles/92978.aspx> (2011)



Obrázek č. 33: Farma větrných elektráren u Znojma,
zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/energie-vetru> (2012)



Obrázek č. 34: Větrný park na hladině moře poblíž pobřeží Německa,
zdroj: <http://toryaardvark.com/2012/01/03/german-wind-farm-fiasco/> (2012)



Obrázek č. 35: Větrné elektrárny zásobující českou polární stanici v Antarktidě, zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru> (2012)



Obrázek č. 36: Akumulační vodní elektrárna Orlik, zdroj: <http://www.akpm.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007060001> (2012)



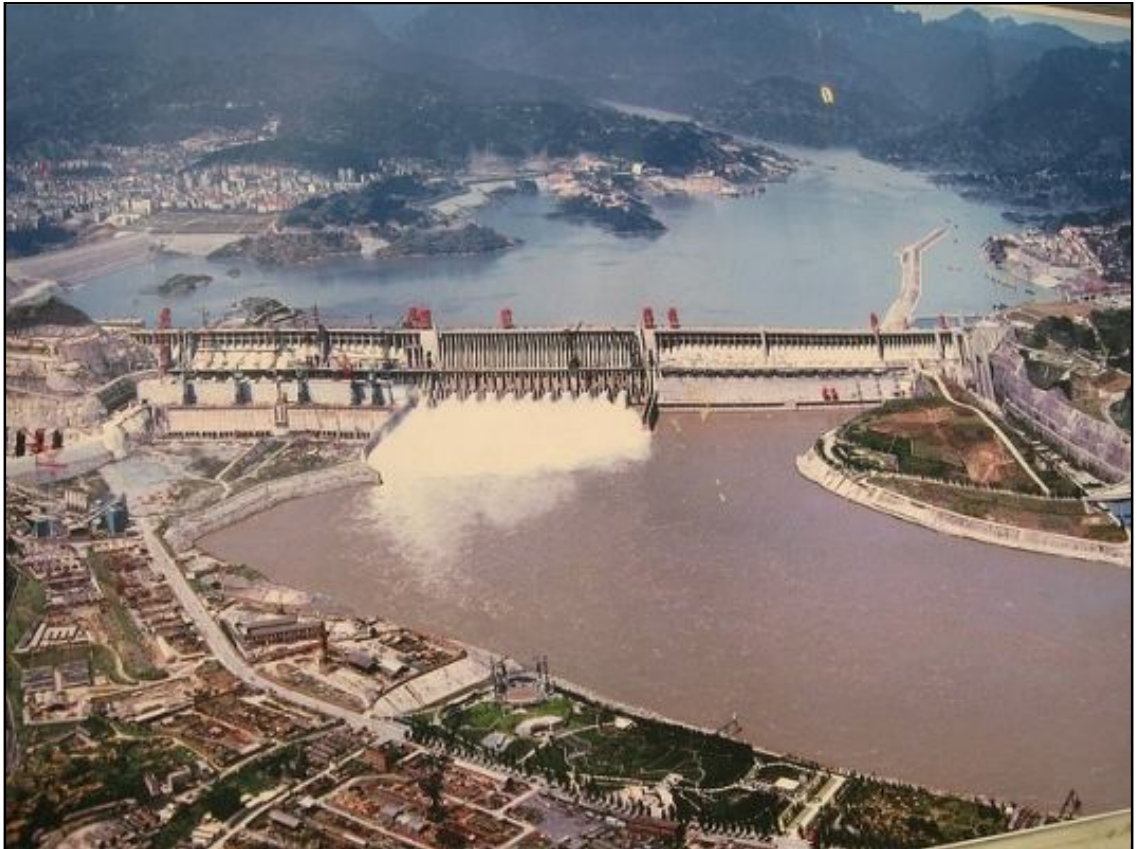
Obrázek č. 37: Průtočná vodní elektrárna Laufenburg (Německo),
zdroj: http://www.berliner-grossmarkt.de/dt/grueneenergie_dt.asp?site=bgm (2009)



Obrázek č. 38: Přečerpávací vodní elektrárna Dalešice,
zdroj: <http://www.elektrarny.xf.cz/dalesice.php> (2005)



Obrázek č. 39: Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně,
zdroj: http://buddymag.cz/data/images/texty/big/pve_ds_i_a_ii_aerofoto.jpg (2012)



Obrázek č. 40: Akumulační vodní elektrárna Tři soutěsky (Čína),
zdroj: http://www.eoearth.org/article/Three_Gorges_Dam,_China (2012)