VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR

RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE JITKA MATĚJKOVÁ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. JAN FIEDLER, Dr.

SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jitka Matějková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Obnovitelné zdroje energie v ČR

v anglickém jazyce:

Renewable energy sources in CR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Odborná rešerše využívání obnovitelných zdrojů energie v ČR se zaměřením na větrnou energetiku

Cíle bakalářské práce:

-možnosti využívání obnovitelných zdrojů obecně
-technologie využívání energie větru
-technický popis větrné elektrárny v konkrétní lokalitě

Seznam odborné literatury:

Kolektiv: Obnovitelné zdroje energie, FCC Public , Praha 2002
Kolektiv: Obnovitelné zdroje energie, ČEZ, a.s. 2003

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 26.10.2009

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce je odborná rešerše zabývající se obnovitelnými zdroji energie v České republice. Úvodní část je věnovaná legislativě zabývající se obnovitelnými zdroji energie. Dále jsou popsány stručné charakteristiky jednotlivých zdrojů energie a možnosti jejich využití. Hlavní část se zabývá energii větru. Závěr práce se věnuje Větrnému parku Břežany. Popisuje technickou i ekonomickou stránku tohoto parku.

Abstract

This Bachelor's thesis is scholarly recherche dealing with renewable resources of energy in the Czech Republic. The preamble discusses legislation covering the topic of renewable resources of energy. Next part summarizes the different resources of energy and possibilities of their usage. The major part is dedicated to wind energy. The last part deals with the Wind park Břežany and its economical and technical specification.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, vítr, voda, slunce, biomasa, větrná elektrárna

Key words

Renewable energy sources, wind, water, sun, biomass, wind power plant

Bibliografická citace

MATĚJKOVÁ, J. Obnovitelné zdroje energie v ČR. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 35 s. Vedoucí bakalářské práce
doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Obnovitelné zdroje energie v ČR vypracovala a napsala samostatně a uvedla v seznamu literatury všechny literární a odborné zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2010 ……..……

Jitka Matějková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu této bakalářské práce doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za odborné vedení, cenné rady a věnovaný čas při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Michaele Lužové ze společnosti WEB Větrná energie s.r.o. za poskytnutí informací o Větrném parku Břežany.

Obsah

Úvod 12
1 Obnovitelné zdroje energie a legislativa 13
1.1 Směrnice 2001/77/ES 13
1.2 Zákon č. 180/2005 Sb. 14
1.2.1 Paragraf 1 14
1.2.2 Paragraf 2 14
1.2.3 Paragraf 3 14
1.2.4 Paragraf 4 14
1.2.5 Paragraf 5 15
1.2.6 Paragraf 6 15
1.3 Cenová regulace pro rok 2010 15
1.4 Směrnice 2009/28/ES 15
2 Energie vody 17
3 Energie biomasy 18
4 Energie slunečního záření 19
5 Energie větru 21
5.1 Historie 21
5.2 Výkon větru 21
5.3 Rozdělení 22
5.4 Stožáry větrných elektráren 23
5.5 Způsoby regulace výkonu vrtule 23
5.6 Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky 23
6 Větrný park Břežany 25
6.1 Vestas V52-850kW 25
6.2 Vliv rychlosti větru na výkon 27
6.3 Návratnost investic 30
7 Závěr 31
8 Seznam použité literatury 32
9 Seznam použitých zkratek 34
10 Seznam použitých veličin 34
11 Seznam obrázků 35
12 Seznam tabulek 35
13 Seznam grafů 35

Úvod

Lidé žijící ve 21. století jsou zcela závislí na elektrické energii, která se pro ně stává nepostradatelnou, protože ji potřebují pro svůj každodenní život (svícení, topení, cestování, atd.).

Spotřeba energie celosvětově každým rokem roste a nepředpokládá se, že by se poptávka po energii zastavila. Naopak se předpokládá růst, a to hlavně v závislosti na rozvoji méně vyspělých států

Energie se z velké části vyrábí z ropy, uhlí, zemního plynu či jaderným štěpením. Takové zdroje označujeme jako neobnovitelné zdroje a jejich velikou nevýhodou je vyčerpatelnost. Zásoby těchto paliv na Zemi jsou omezené a stále se zmenšují. Navíc vedlejším produktem při výrobě energie z těchto paliv je vznik škodlivých látek, které negativně ovlivňují celou Zemi. Z tohoto důvodu se začaly hledat nové zdroje energie, které by mohly nahradit nebo alespoň oddálit vyčerpatelnost neobnovitelných zdrojů. Měli by to být také takové zdroje, které by nenapomáhaly ničení životního prostředí.

Řešením tohoto problému by se měly stát obnovitelné zdroje energie. Řadíme sem energii vody, větru, slunečního záření, biomasu, dále geotermální energii, energii přílivu a další. Tyto zdroje jsou schopny se úplně nebo alespoň částečně obnovovat. Jejich nevýhodou je velká časová proměnlivost, například změny rychlosti větru. V dnešní době nejsou obnovitelné zdroje schopny zcela nahradit výrobu energie neobnovitelnými zdroji a nepředpokládá se, že by ji v nejbližší době zcela nahradily. Technologie pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů se stále vyvíjí a snaží se dosahovat větších výkonů.

Poloha České republiky umožňuje využívat hlavně energii větru, vody, slunečního záření a biomasu.

Ve své práci se zabývám obnovitelnými zdroji energie v České republice a to energií vody, větru, slunečního záření a biomasy. Nejvíce se věnuji energii větru a popisuji Větrný park Břežany.

1 Obnovitelné zdroje energie a legislativa

Většina světa považuje za nutnost podporovat obnovitelné zdroje energie a vyvarovat se tak blížící se zkáze. Proto tuto podporu můžeme najít v legislativě Evropské unie dále i v legislativě České republiky.

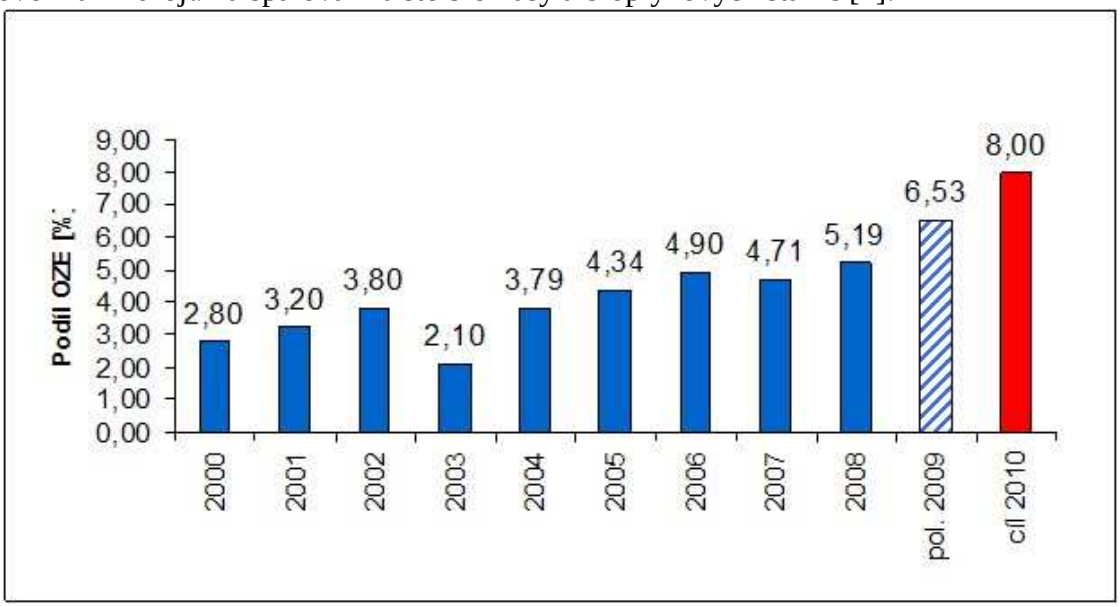
1.1 Směrnice 2001/77/ES

Se vstupem České republiky do Evropské unie jsme se zavázali k plnění závazků, které vycházejí z energetické politiky EU. Základním dokumentem je Směrnice 2001/77 ES o podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (dále jen OZE), která vstoupila v platnost 27. října 2001. Hlavní příčinou vzniku tohoto dokumentu je stále rostoucí celosvětová poptávka po fosilních palivech a energii z nich vyrobené. Zásoby fosilních paliv jsou soustředěny jen v několika málo zemích, a tedy roste i závislost na dovozu. Neméně důležitou příčinou vzniku dokumentu je změna našeho klimatu. Skleníkové plyny oteplují zeměkouli, což má značný vliv na hospodářství a ekosystémy.

„Hlavním cílem Směrnice je zajistit, aby byl v rámci Společenství splněn globální indikativní cíl 12% podílu obnovitelných zdrojů energie v celkové energetické spotřebě v roce 2010 a zejména indikativní cíl 21% podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2010.” [1]

K naplnění tohoto cíle jsou členské státy EU povinny zavést systém podpory využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Česká republika se zavázala plněním 8% indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě v roce 2010. Zda tento cíl bude naplněn je otázkou. Za první pololetí roku 2009 podíl výroby spotřeby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie dosáhl 6,5 %. Na Grafu Graf **1** je znázorněn vývoj podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě. Pro rok 2010 se předpokládá další nárůst fotovoltaických elektráren, zprovoznění zdrojů na spalování čisté biomasy a bioplynových stanic [2].



Graf 1: Graf podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě [2]

1.2 Zákon č. 180/2005 Sb.

Sbírka zákonů č. 180/2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) vznikla na základě Směrnice 2001/77/ES po vstupu České republiky do EU.

1.2.1 Paragraf 1

Cílem tohoto zákona je:

- podpora využití obnovitelných zdrojů energie,
- naplnění 8% indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě v roce 2010,
- snížení emisí skleníkových plynů a ostatních škodlivin za účelem ochrany životního prostředí,
- přispět k vyšší zaměstnanosti v regionech,
- zvýšení podnikatelské jistoty investic do obnovitelných zdrojů energie [1], [3].

1.2.2 Paragraf 2

Další část zákona, paragraf 2, se zabývá definicí základních pojmů (obnovitelné zdroje energie, biomasa, elektřina z obnovitelných zdrojů, hrubá spotřeba energie, zelený bonus, provozovatel regionální distribuční sítě), které jsou dále používány v tomto zákoně.

Uveďme si tu snad nejdůležitější definici, a to způsob jakým zákon definuje obnovitelné zdroje energie: *„Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.”* [3] V porovnání s definicí evropské směrnice 2001/77/ES je vynechána energie přílivu a vln, které u nás nenalezneme.

1.2.3 Paragraf 3

Paragraf 3 říká, jaká výroba elektřiny je předmětem podpory. Patří sem pouze elektřina z obnovitelných zdrojů vyrobená na území ČR s výjimkou větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu nad 20 MWe umístěných na rozloze 1 km^2. Dále se týká pouze některých druhů výroby elektřiny z biomasy [1], [3].

1.2.4 Paragraf 4

V této části se zákon zabývá právy a povinnostmi subjektů na trhu s elektřinou z obnovitelných zdrojů. Dočteme se tu například, že provozovatelé přenosové soustavy nebo provozovatelé distribučních soustav jsou povinní na svém vymezeném území přednostně připojit k přenosové soustavě nebo k distribučním soustavám zařízení výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů. Dále se zde hovoří o výkupu elektřiny. Elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů můžeme nabídnout k výkupu za výkupní ceny nebo za ni může požadovat zelené bonusy [1], [3].

1.2.5 Paragraf 5

Tento paragraf definuje podmínky podpory, výkupu a evidence výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výrobce elektřiny je povinen předat údaje o množství vyrobené elektřiny příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy [1].

1.2.6 Paragraf 6

V tomto paragrafu jsou uvedena pravidla pro stanovování výkupních cen a cen zelených bonusů. Výši cen stanovuje Energetický regulační úřad. Základním pravidlem pro stanovení výkupních cen a zelených bonusů je dosažení minimální patnáctileté doby návratnosti investic. Dále je zde stanoven meziroční pokles výkupních cen, který může být maximálně 5 % [1].

Dále se v zákoně hovoří o pravidelném vyhodnocování podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, o kontrolách dodržování tohoto zákona. Je zde i část, která se věnuje změně zákona o ochraně ovzduší [3].

1.3 Cenová regulace pro rok 2010

Dne 3. 11. 2009 vydal Energetický regulační úřad cenové rozhodnutí č. 4/2009, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny, tepla a druhotných energetických zdrojů pro rok 2010. Toto ustanovení ale neobsahovalo nové výměry cen elektrické energie z fotovoltaických elektráren. Cenové výměry fotovoltaiky byly vydány až 23. 11. 2009. Důvodem vyčkávání Energetického regulačního úřadu bylo projednávání novely zákona, která by mohla snížit výkupní ceny z obnovitelných zdrojů o více než stanovených 5 %. To vše zapříčinilo dramatický nárůst fotovoltaických elektráren.

Mezi lety 2007-2008 stoupl nárůst instalovaného výkonu u fotovoltaických zdrojů o bezmála 1500 %. Počet žádostí o připojení nových fotovoltaických zdrojů stále roste. Důvodem zvýšeného zájmu je pokles investičních nákladů do fotovoltaického zdroje, neboť ceny fotovoltaických panelů se snížily o více než 40 %. Zákon zatím umožňuje meziroční snížení výkupní ceny pouze o 5 %, což vede k významnému zvýhodnění fotovoltaických elektráren oproti ostatním obnovitelným zdrojům energie. Další problémem prudkého rozvoje fotovoltaických zdrojů je špatný vliv na řízení celé elektrizační soustavy. Výroba elektřiny fotovoltaiky je závislá na intenzitě slunečního záření, která je proměnná, a je tedy do sítě dodávána nahodile. Rostou náklady na řízení soustavy a budování záložních zdrojů, které dodávají elektrickou energii v době nepříznivých slunečních podmínek [2], [4].

1.4 Směrnice 2009/28/ES

V roce 2009 byla schválena nová směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2009/28/ES ze dne 23. dubna o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. Povinnost řídit se touto směrnicí mají členské státy EU. Tato směrnice stanovuje cílovou hodnotu podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2020.

Pro Společenství byl schválen 20% podíl energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie, kterého má být dosaženo do roku 2020 a 10% podíl biopaliv na celkové spotřebě benzinu a nafty v dopravě [4].

Pro Českou republiku byl stanoven podíl energie z obnovitelných zdrojů, zahrnující jak výrobu elektřiny, tak i energii z tepla, chladu a paliv pro dopravu v roce 2020 na 13 %. Pro českou legislativu to znamená, že v roce 2010 bude implementovat přijaté směrnice 2009/28/ES do zákona č. 180/2005 Sb [5].

2 Energie vody

Energie vody je nejvíce využívaný obnovitelný zdroj v ČR. Energie vody v rámci obnovitelných zdrojů se podílí 54 % na výrobě elektrické energie, což jsou 3 % z celkové výroby elektrické energie v ČR. Na celkovém instalovaném výkonu se podílí přibližně 17 %.

Vodní elektrárny jsou schopny reagovat na vyšší spotřebu energie, neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu, jsou bezodpadové a jsou nezávislé na surovinách. Nevýhodou je nutnost zaplavit část území při stavbě přehradní nádrže. Tento problém se týká hlavně velkých nádrží.

Vodní elektrárny se dělí do tří základních skupin:

- akumulační a průtočné vodní elektrárny:
- malé vodní elektrárny,
- přečerpávací vodní elektrárny.

Do akumulačních a průtočných vodních elektráren se řadí velké elektrárny s výkonem nad 10 MW. Převážnou část těchto elektráren můžeme nalézt na řece Vltavě, kde tvoří takzvanou vltavskou kaskádu. Pro další stavbu velkých vodních elektráren na území ČR nejsou podmínky. Proto se snaha o rozšíření vodního potenciálu soustřeďuje na stavbu malých vodních elektráren.

Jako malé vodní elektrárny se označují vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW. V roce 2009 na území ČR bylo v provozu přibližně 1300 malých vodních elektráren, ale bohužel většina z nich má zastaralou technologii a potřebovaly by rekonstrukci, kterou by se zvýšila jejich efektivita. Na našem území stále existují lokality, které jsou vhodné pro stavbu malých vodních elektráren, ale dosud pro tento záměr nebyly využity.

Dále na území ČR můžeme najít tři přečerpávací elektrárny Štěchovice, Dalešice a nejnovější Dlouhé Stráně. Tyto elektrárny se skládají ze dvou nádrží. Při špičce, kdy je energie nedostatek, jsou spuštěny a voda z horní nádrže je vypouštěna přes turbínu do spodní nádrže. V noci, kdy je naopak energie dostatek, je voda přečerpána zpět do horní nádrže.

Podle způsobu přenosu energie rozlišujeme turbíny:

- Rovnotlaké: turbína Bánkiho (spád 5 - 30 m) a Peltonova (spád 30 - 70 m).
- Přetlakové: turbína Kaplanova a její modifikace (spád 1,2 - 50 m), turbína Francisova (spád 10 - 70 m), turbína Reifensteinova, čerpadlová a turbína vírová (spád 1 - 3 m). Poslední jmenovaná turbína je stále ve zkušebním provozu. Uvedení této turbíny do běžného provozu by mělo velký význam pro vodní energii. Tato turbína dosahuje velice velké účinnosti a je dimenzovaná na malé spády, které se hojně vyskytují na našem území. Došlo by tedy k zefektivnění výroby energie [1], [6].

Moderní turbíny, při přeměně potenciální či kinetické energie v energii elektrickou, dosahují účinnosti téměř 94 %.

3 Energie biomasy

Využívání energie biomasy známe už od dávných časů, kdy byla biomasa využívána ve formě dřeva jako zdroj energie. S nástupem fosilních paliv nastal její útlum. Po první světové válce se biomasa v českých zemích začínala využívat pro tvorbu biopaliv. Dnes se opět k biomase vracíme jako ke zdroji výroby elektrické energie.

Český zákon definuje biomasu takto: *"Biomasa je rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytříděného průmyslového a komunálního odpadu."* [3]

Pro zemědělství znamená biomasa cílené pěstování energetických rostlin. Velikou výhodou je, že tyto rostliny mohou být pěstovány na půdách, které nejsou vhodné pro produkci potravin. Řadíme sem například orné půdy po záplavách, devastované půdy z důlních činností atd. Vhodné půdy pro pěstování těchto energetických rostlin se u nás nachází na území o rozloze asi 0,5 milionů hektarů.

Biomasa je využívána k výrobě tepla, elektřiny, ke kogeneraci či ke zpracování na hodnotnější paliva. Biomasa zaujímá více jak jednu čtvrtinu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie v ČR. Stejně jako ostatní obnovitelné zdroje je i výroba elektrické energie z biomasy podporována státem. Výše výkupní ceny a zelené bonusy jsou závislé na použité technologii.

Technologie zpracování biomasy se dělí na:

- suché procesy (termochemická přeměna biomasy): spalování, zplyňování, pyrolýza
- mokré procesy: (biochemické přeměny biomasy): alkoholové kvašení, metanové kvašení
- fyzikální a chemické přeměny biomasy: štípání, drcení, peletování, esterifikace surových bioolejů
- získání odpadního tepla při zpracování biomasy: kompostování, čištění odpadních vod, anaerobní fermentace

Nejčastější technologie zpracování biomasy je spalování a následná výroba elektrické energie v soustrojí parní turbíny. Tato technologie je již velice probádaná a technologicky zvládnutá. Spalování biomasy probíhá ve speciálních kotlích. Nevýhodou je účinnost, která dosahuje pouhých 26 %. Dalším způsobem je spalování biomasy s uhlím ve stávajícím elektrárenském kotli. Tento způsob je nejjednodušší a nejlevnější.

Technologie termické zplyňování představuje proces přeměny biomasy na plynné palivo. Celý proces začíná sušením, kde dochází k odpaření vody. Následuje pyrolýza, vzniká plyn, plynné dehty, oleje a zbytkové dřevěné uhlí. Proces je zakončen částečnou oxidací pevného dřevěného uhlí a pyrolýzou vzniklých dehtů a plynů.

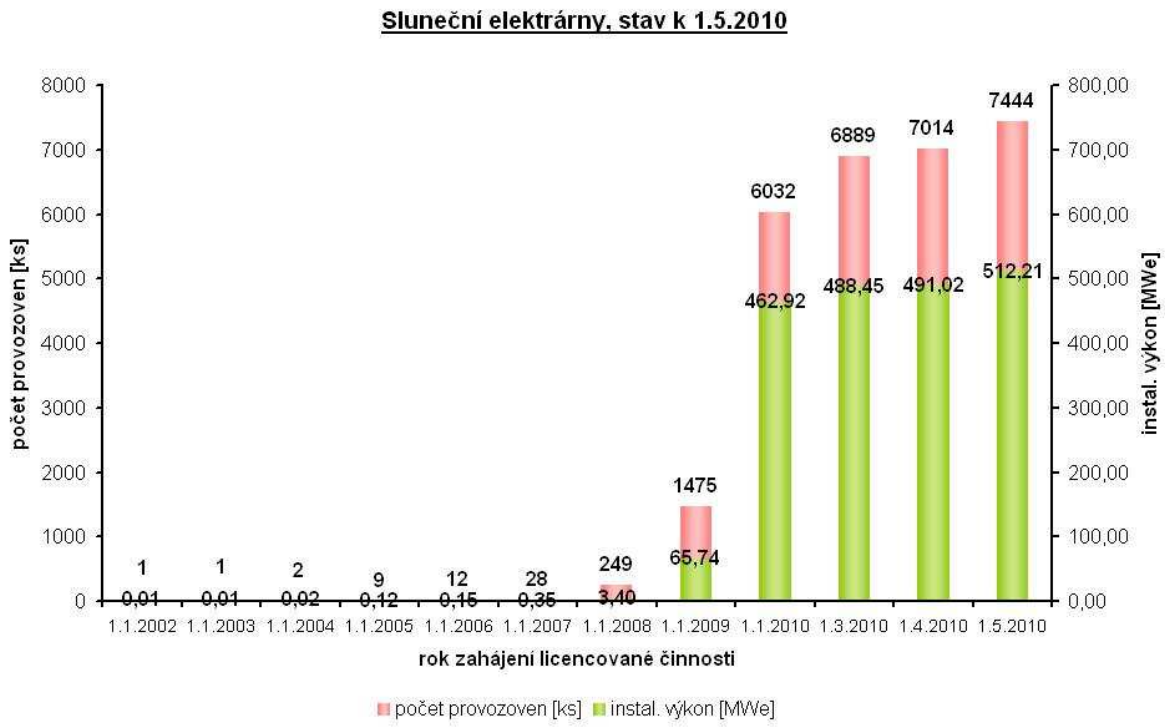
Anaerobní fermentace znamená rozklad organických látek v uzavřených nádobách bez přístupu vzduchu a za vzniku bioplynu. Biomasa zůstává v reaktoru po dobu cca 20-30 dnů. Výsledným produktem je bioplyn a hnojivý substrát [1].

4 Energie slunečního záření

Elektrická energie získaná ze slunečního záření patří mezi nejčistší a nejšetrnější způsob z hlediska životního prostředí. Je využíváno přímé přeměny světelné energie v elektrickou energii v polovodičovém prvku, který nazýváme fotovoltaický nebo také solární článek.

Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabyté částice. Elektrony jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek rozdíl napětí. Pokud je obvod uzavřen, protéká jím stejnosměrný elektrický proud, jenž je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření [1].

Křemíkové solární články dosahují účinnosti pouhých 15 %. Avšak technologie solárních



Graf 2: Vývoj slunečních elektráren [8]

článků se stále vyvíjí. V laboratořích dosahují až 28 %. I přesto, že je výroba fotovoltaek velice náročná, energie vložená do výroby panelu by se měla, v našich podmínkách, do 5 let tímto panelem vyrobit zpět. Životnost článků je stanovena na více jak 30 let.

Jako druhá generace technologie solárních článků jsou označovány panely vyrobené tenkovrstvou technologií. Solární články, včetně jejich propojení, jsou vytvořeny přímo na nosné podložce depozicí velmi tenkých vrstev materiálů. Použitým nanášeným materiálem bývá amorfní křemík, mikrokrystalický křemík, kadmium teluridové, sloučeniny india a gallia. Účinnost, které dosahují sériově vyráběné panely se moc neliší od křemíkových solárních panelů, avšak v laboratorních podmínkách byl již vyvinut solární článek s účinností 35,8 % [1].

Technologie výroby solárních panelů jde stále dopředu a vylepšuje se. Klesá pořizovací cena a rapidně roste počet instalovaných solárních panelů. Nárůst instalovaného výkonu mezi roky 2007/2008 činil téměř 1500 %. Počet solárních elektráren stále roste. Růst je znázorněn v Graf 2 [2].

V ČR je hlavním milníkem pro fotovoltaiku rok 2000. V tomto roce vznikají první projekty na podporu solárních panelů, je vyhlášen program Slunce do škol. Dále jsou vyhlášeny programy na podporu instalací fotovoltaických systémů a nakonec v roce 2005 vychází zákon č.180/2005, který je založen na garantování výkupních cen [1].

Fotovoltaika nachází své uplatnění i v architektuře. Bývá instalována na střechách a fasádách budov. Na střeše je můžeme najít v podobě střešních tašek [1].

5 Energie větru

Energie větru je v dnešní době využívána hlavně k výrobě elektřiny. Ve větrných elektrárnách dochází k přeměně energie větru ne energii elektrickou, která je převážně dodávána do rozvodné sítě.

V ČR se větrná energie podílí 0,3 % na celkové výrobě elektrické energie. Počet větrných elektráren každým rokem stoupá. Bohužel při snaze zřídit větrnou elektrárnu, se zřizovatelé dostávají do velkých problémů, kvůli spoustě odpůrcům větrných elektráren [1].

5.1 Historie

Větrná energie byla využívána již v dávnověku. Tehdy sloužila k pohánění plachetnic, čerpání vody či mletí mouky. Historicky první doložený větrný mlýn na našem uzemí pochází z roku 1277. Nacházel se v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Ve 40. letech 19. století byl zaznamenán největší rozmach větrných elektráren v Čechách, na Moravě a ve Slezsku až o něco později. Z této doby je doloženo 879 větrných mlýnů.

Zájem využívat větrnou energii pro výrobu elektrické energie se začal projevovat na začátku 70. let minulého století. Tehdy se začaly objevovat první myšlenky z obavy vyčerpání neobnovitelných zdrojů energie, dopadu skleníkových plynů na životní prostředí. Průkopníkem větrných elektráren se stalo Německo a Dánsko. V ČR byl zaznamenán rozkvět větrných elektráren v letech 1990-1995. Bylo postaveno 24 elektráren, bohužel třetina patřila do skupiny nevyhovujících a nebo více poruchových. Některé elektrárny byly postaveny ve špatných lokalitách, kde nebyla nedostatečná zásoba větrné energie.

Novou vlnu větrných elektráren odstartoval zákon č. 180/2005. K 31. 12. 2009 je na území ČR evidováno 138 větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu 191 MW [1], [9], [10].

5.2 Výkon větru

Energie pohybující se hmoty vzduchu je vyjádřena vztahem

$$E = \frac{1}{2} m v^2 .$$

Hmotnost m vyjádříme pomocí objemu V a hustoty vzduchu ρ

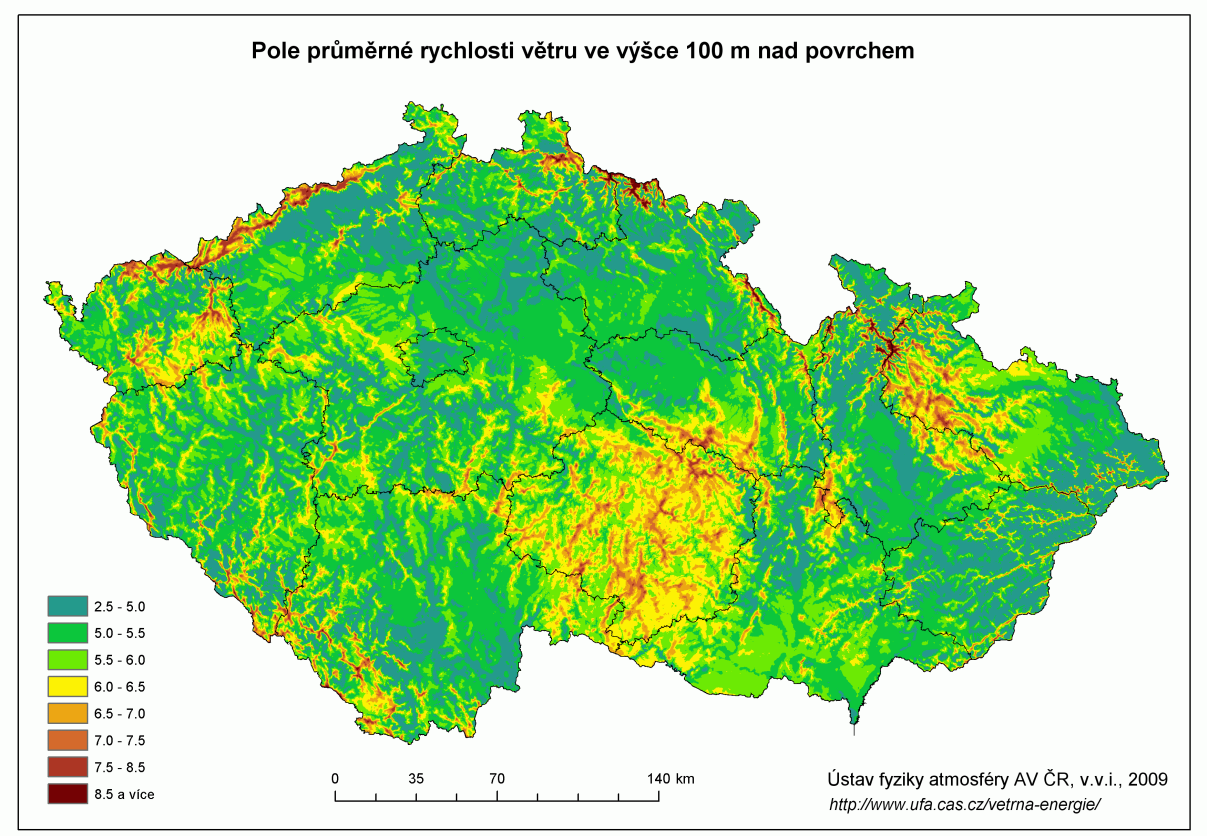
$$m = \rho V = \rho S s .$$

Potom výkon protékajícího neporušeného proudu vzduchu přináší výkon

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \rho \frac{Ss}{t} v^2 = \frac{1}{2} \rho S \frac{s}{t} v^2 = \frac{1}{2} \rho S v^3 .$$

Poslední vztah nám říká, jak moc je důležitá rychlost větru, pro dosažení co největšího výkonu. Výkon je funkcí třetí mocniny rychlosti větru a druhé mocniny průměru rotoru. Dále je přímo úměrný hustotě vzduchu [11].

Výběr lokality pro stavbu větrné elektrárny je tedy velice důležitý. K určení nejlepších lokalit nám poslouží větrná mapa Obr. 1, kterou vyvíjí Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR. Bohužel se většina vhodných lokalit pro stavbu větrné elektrárny nachází v chráněných územích a je tedy těžké získat povolení pro stavbu.



Obr. 1: Větrná mapa ČR [12]

5.3 Rozdělení

Podle dosahovaných výkonů dělíme větrné elektrárny na malé, středí a velké, viz. Tab. 1.

Větrné elektrárny								
malé			střední			velké		
vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW
průměr [m]	plocha [m²]		průměr [m]	plocha [m²]		průměr [m]	plocha [m²]	
≤ 8	≤ 50	10	16,1–22	200,1–400	130	45,1–64	1600,1–3200	1500
8,1–11	50,1–100	25	22,1–32	400,1–800	310	64,1–90	3200,1–6400	3100
11,1–16	100,1–200	60	32,1–45	800,1–1600	750	90,1–128	6400,1–12800	6400

Tab. 1: Rozdělení větrných elektráren [1]

Malé větrné elektrárny jsou určeny pro dobíjení baterií, vytápění, ohřev vody, atd., ale nejsou určeny pro dodávání elektrické energie do rozvodné sítě.

V ČR se nacházejí větrné elektrárny všech tří kategorií. Střední a velké větrné elektrárny dodávají elektrickou energii do sítě. Větrná elektrárna s největším jednotkovým instalovaným výkonem 3 MW se nalézá v Pcherách [1], [10].

5.4 Stožáry větrných elektráren

Nejčastěji používané stožáry větrných elektráren mají podobu mírně kónických ocelových tubusů. Celý stožár je obvykle složen ze tří nebo čtyř částí. Tyto stožáry dosahují výšky 100 m. Pro vyšší věže se nabízejí stožáry betonové či příhradové konstrukce.

Příhradové stožáry mají plno předností oproti tubusovým věžím. Při výrobě se spotřebovává méně oceli, jsou levnější a montáž je jednoduší. Jejich doprava je jednodušší i do špatně přístupného terénu. Naproti tomu najdeme plno odpůrců, kteří tvrdí, že tento typ stožárů hyzdí krajinu.

5.5 Způsoby regulace výkonu vrtule

Vysoké rychlosti větru, sice vedou k vysokému výkonu, ale mohou poškozovat generátor. Z toho to důvodu je nutné regulovat výkon vrtule.

Mezi způsoby regulace patří:

- regulace „stall“,
- regulace „pitch“,
- regulace „aktiv stall“.

Regulace „stall“ je způsobena odtržením proudu na listech vrtule s konstantním úhlem nastavení listů. Toto konstrukční řešení je jednoduší, není náročné na údržbu a je zde vysoká spolehlivost regulace výkonu. Avšak výkon vrtule při vysokých rychlostech větru klesá a následně klesá i účinnost při nejvyšších rychlostech větru. Další nevýhodou je nutný elektromotor, který provádí start vrtule. Využívá se u větrných elektráren do nominálního výkonu 1 MW.

Dalším způsobem regulace je „pitch“ představující aktivní systém. Tento systém reaguje na změnu rychlosti větru. Pokud je překročen jmenovitý výkon generátoru, systém změní úhel natočení listů rotoru na větší úhly. Tím dochází ke snížení výkonu a vztlakové síly. Regulace „pitch“ dosahuje vyšší produkci energie než u systému regulace „stall“. Start rotoru je způsoben pouze změnou nastavení úhlu náběhu. Aktivní systém také snižuje zatížení listů rotoru při velkých rychlostech větru. Nevýhodou této regulace jsou vyšší pořizovací náklady než u systému „stall“.

Systém regulace „aktiv stall“ je v první fázi stejný jak systém „pitch“, ale je zde prováděno zmenšování úhlu listů vrtule. Poté dochází ke snížení vztlakové síly, zvýšení odporu a poklesu výkonu. Tento systém je méně citlivý k znečišťování povrchů náběžných hran [1].

5.6 Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky

Větrné elektrárny se tradičním způsobem vyrábí s převodovkou. Firma Enercon vyrábí mladší typ větrné elektrárny bez převodovky.

Větrné elektrárny s převodovkou využívají hnací hřídel, ložiska, převodovky a spojky pro převedení nízké rychlosti rotoru na vyšší rychlosti generátoru. Tento typ můžeme vidět na Obr. 4. Všechny tyto součástky jsou standardní a vyrábí se v sériových výrobách, jejich cena tedy není vysoká. Životnost toho typu větrných elektráren se pohybuje kolem 20 let.

Bezpřevodovkové řešení obsahuje menší počet hnacích soustrojí. Rotor je přímo spojen s nízkorychlostním multipólovým generátorem. Rotor má tedy stejné otáčky jako generátor. Multipólový generátor dosahuje větších rozměrů a mohou nastat problémy s přepravou. U bezpřevodovkové větrné elektrárny není zapotřebí hydraulických olejů, neobsahují ani tolik strojních součástí a jejich údržba je jednodušší. Schéma bezpřevodovkové elektrárny je na Obr. 2 [1].

Obr. 2: Schéma větrné elektrárny ENERCON [13]

6 Větrný park Břežany

Větrný park Břežany se nachází v okrese Znojmo, nedaleko obce Břežany. Skládá se z pěti větrných elektráren Vestas V52-850 kW, které jsou v řadě a vzdáleny od sebe cca 270 m. Provozovatelem Větrného parku Břežany, viz. Obr. 3, je společnost WEB Větrná energie s.r.o., Brno. Tato společnost se zabývá vývojem, realizací a provozováním větrných, fotovoltaických a vodních elektráren.

Celkový instalovaný výkon je 4,25 MW.

Proces plánování větrného parku začal v roce 2002. Výstavba větrných elektráren začala v říjnu 2005 a v prosinci 2005 bylo všech pět větrných elektráren uvedeno do provozu [14].

Obr. 3. Větrný park Břežany [15]

6.1 Vestas V52-850kW

Dánská firma Vestas patří mezi největší firmy zabývající se větrnou energií. Historie této společnosti se začala psát již v roce 1898. Od té doby se Vestat stal špičkovou firmou ve výrobě a vývoji větrných elektráren. V roce 2007 měl Vestat instalováno více než 33.500 větrných turbín v 63 zemích a na 5 kontinentech. A každé 4 hodiny instaluje firma Vestas novou větrnou turbínu. Vestas vyrábí 9 různých typů turbín [14], [16].

Parametry

Rotor

- Průměr: 52 m
- Záběrná plocha: 2 124 m^2
- Jmenovité otáčky: 26 ot./min
- Provozní interval: 14,0-31,4 ot./min
- Počet listů: 3
- Regulace výkonu: úhel sklonu/OptiSpeed®

Věž

- Typ: kónická trubková věž, třídílná
- Výška hlavy: 74 m
- Průměr horní příruby: 2 m

Rotor

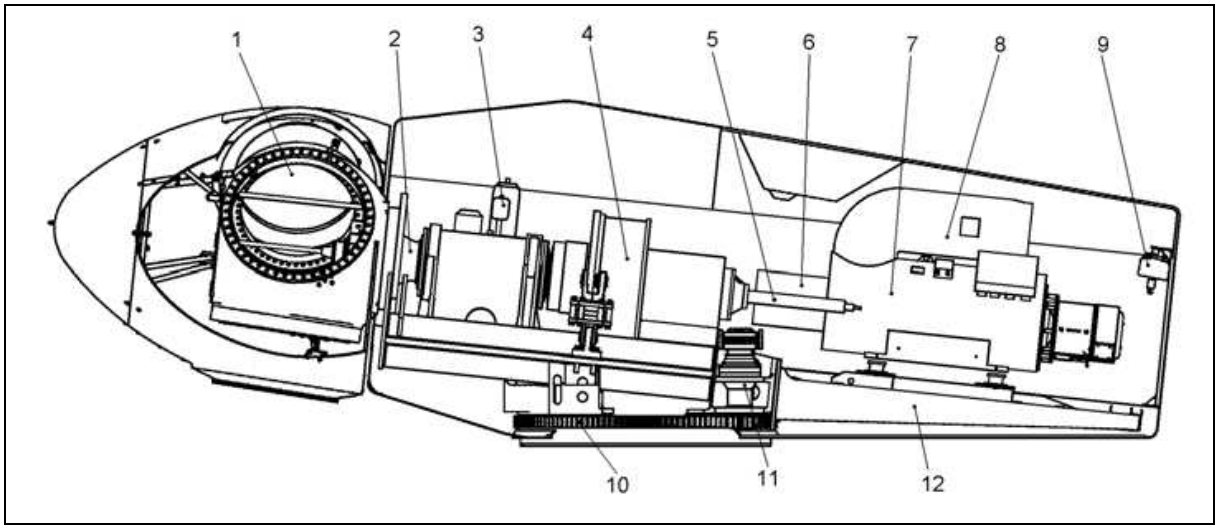
- Typ: Asynchronní generátor s rotorovým vinutím vyvedený na kroužky a se systémem OptiSpeed®
- Jmenovitý výkon: 850 kW
- Frekvence: 50Hz

Hnací mechanismus

- Jednostupňová planetová převodovka, dvoustupňová převodovka s čelním ozubením

Řízení

- Mikroprocesorem řízené monitorování všech funkcí větrných elektráren. Regulace a optimalizace výstupního výkonu pomocí generátoru OptiSpeed a regulace úhlu sklonu OptiTip.[17]



Obr. 4: Gondola [18]

Popis obrázku: 1. Hlava rotoru, 2. Hlavní hřídel, 3. Hydraulický agregát, 4. Převodovka, 5. Naklápěcí válec, 6. Spojka, 7. Generátor, 8. Chladič generátoru, 9. Jeřáb, 10. Otočný věnec, 11. Motor převodovky pro otáčení, 12. Rám strojovny

Typ V52-850W je návětrná elektrárna s naklápěcím mechanismem a třílistým rotorem s aktivním směrováním větru. Rotor je vybaven systémem OptiSpeed® [17].

Naklápění listů je řízeno zvláštním systémem OptiTip® od firmy Vestas. Úhel náběhu listů rotoru je neustále upravován podle aktuálních větrných podmínek. Tím je optimalizována výroba energie i hlukové emise [17].

Listy rotoru jsou vyrobeny z epoxidové pryskyřice, která je zpevněná skelnými vlákny. List rotoru tvoří dvě poloviny přilepené k nosníku. Speciální ocelové vložky slouží k ukotvení a spojují listy rotoru s ložiskem. Ložisko listu rotoru je čtyřbodové kuličové a je sešroubované s hlavou listu rotoru [17].

Mechanická energie z rotoru se přenáší prostřednictvím hlavního hřídele přes převodovku na generátor. Převodovka je kombinací planetové převodovky a převodovky s čelním ozubením. Přenos výkonu z převodovky je zprostředkován pomocí bezúdržbové kompozitní spojky. V52-850kW obsahuje speciální čtyřpólový asynchronní generátor s rotorovým vinutím vyvedeným na sběrací kroužky.

Dále jsou v gondole umístěny mikroprocesorové jednotky, které řídí veškeré funkce větrné elektrárny. Změny úhlu nastavení listů rotoru se aktivují za pomoci hydraulické soustavy prostřednictvím momentového ramena. To umožňuje listům rotoru axiální rotaci v rozsahu 95°.

Gondola je oplášťována sklolaminátem chránící veškeré součásti uvnitř. Dále je v gondole umístěn údržbový jeřáb [17], [18].

6.2 Vliv rychlosti větru na výkon

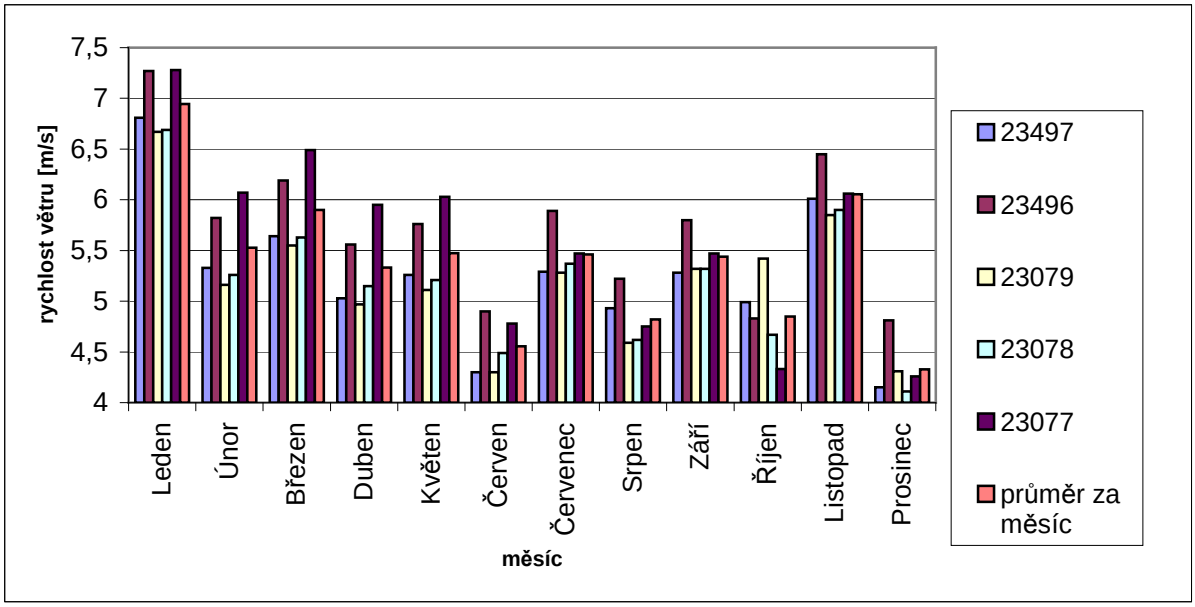
Jak je již uvedeno, nejdůležitějším parametrem pro vybírání vhodného místa pro větrnou elektrárnu jsou větrné podmínky v místě lokality výstavby, protože výkon větrného motoru je funkcí třetí mocniny rychlosti větru. V následujících tabulkách a grafech je uvedena průměrná rychlost větru a výkon za rok 2007 ve Větrném parku Břežany.

označení jednotlivých elektráren	23497	23496	23079	23078	23077	průměr
měsíc	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
leden	6,81	7,27	6,67	6,69	7,28	6,94
únor	5,33	5,82	5,16	5,26	6,07	5,53
březen	5,64	6,19	5,55	5,63	6,49	5,90
duben	5,03	5,56	4,97	5,15	5,95	5,33
květen	5,26	5,76	5,11	5,21	6,03	5,47
červen	4,3	4,9	4,3	4,49	4,78	4,55
červenec	5,29	5,89	5,28	5,37	5,47	5,46
srpen	4,93	5,22	4,59	4,62	4,75	4,82
září	5,28	5,8	5,32	5,32	5,47	5,44
říjen	4,99	4,83	5,42	4,67	4,33	4,85
listopad	6,01	6,45	5,85	5,9	6,06	6,05
prosinec	4,15	4,81	4,31	4,11	4,26	4,33
průměr dané elektrárny	5,25	5,71	5,21	5,20	5,58	5,39

Tab. 2: Průměrné rychlosti větru v roce 2007 [19]

Rychlost větru je měřena vyhřívaným ultrazvukovým anemometrem. Ukládání informací o velikosti rychlosti větru probíhá každých 10 sekund, ale probíhá pouze pokud je větrná

elektrárna připojena k elektrickému proudu. Hodnoty uvedené v Tab. 2 jsou průměrné hodnoty vypočítané ze zaznamenaných hodnot měřené na každé elektrárně. Hodnoty jsou pouze orientační a nemůžeme je považovat za průměrnou rychlost větru v dané lokalitě, protože každá z elektráren byla několik hodiny bez dodávky elektrické energie a tedy neprobíhalo ukládání dat.



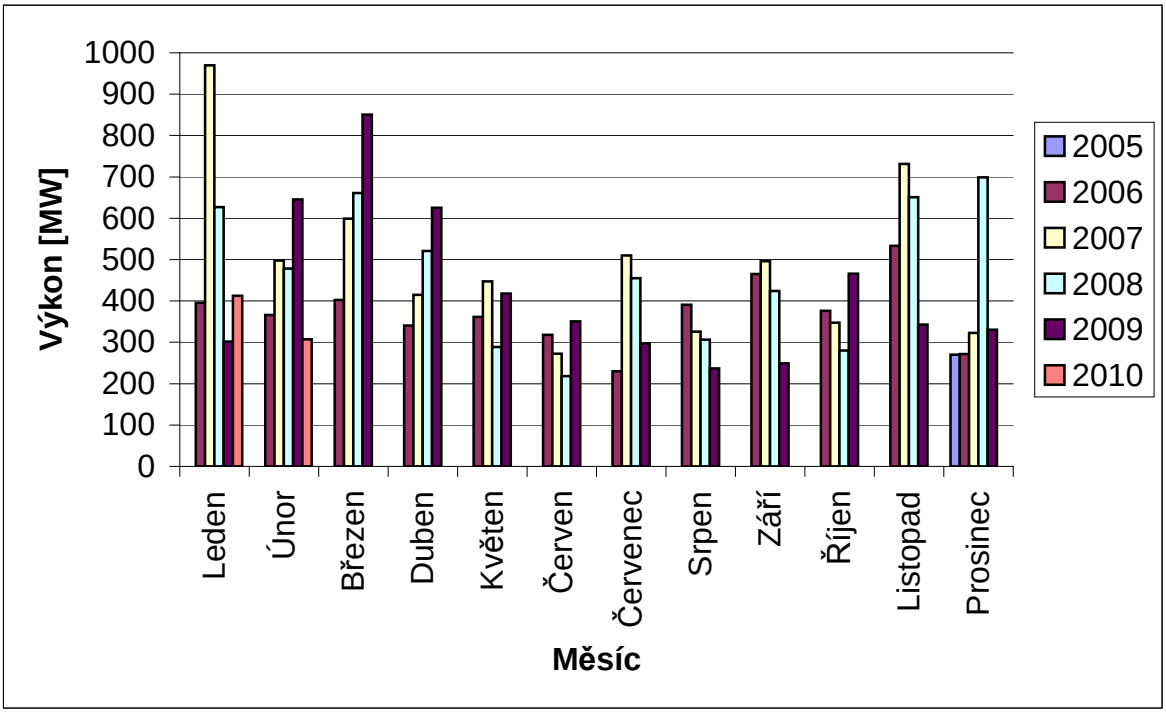
Graf 3: Průměrné rychlosti větru v jednotlivých měsících v roce 2007

Jak můžeme vidět z Grafu Graf **3** a Tab. 2 jsou průměrné rychlosti větru na jednotlivých elektrárnách různé a to jsou jednotlivé elektrárny od sebe vzdáleny jen několik stovek metrů.

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Výkon celého parku	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
Leden		395,827	969,963	627,315	301,907	412,401
Únor		366,465	497,892	477,972	645,713	306,958
Březen		402,855	598,925	660,977	850,84	
Duben		340,933	414,878	520,644	625,605	
Květen		361,664	447,696	289,052	418,176	
Červen		317,824	272,807	218,063	350,706	
Červenec		229,565	509,826	454,954	296,976	
Srpen		390,924	325,569	306,853	236,511	
Září		465,073	495,815	424,028	249,13	
Říjen		376,459	347,887	280,066	465,766	
Listopad		533,345	731,101	650,894	342,654	
Prosinec	269,956	271,627	323,025	699,194	330,61	
celkem	269,956	4452,561	5935,384	5610,012	5114,594	719,359

Tab. 3: Výkon v jednotlivých měsících provozu

Rychlost větru se odrazila na výrobě elektrické energie. Výrobu elektrické energie v jednotlivých měsících za rok 2007 jsou spolu s dalšími roky, kdy větrný park Břežany fungoval, v Tab. 3 a dále znázorněny v Graf 4.



Graf 4: Výkony v jednotlivých měsících

Z Graf 4 je patrné, že výkony v jednotlivých měsících, se liší. Například v lednu 2007 dosahoval výkon 970 MW, o dva roky později v lednu 2009 byl výkon pouze 301 MW, a tedy bezmála pouze jedna třetina výkonu roku 2007. Dodávaný výkon do sítě je velice nestabilní a tudíž se nedá předpokládat dopředu kolik energie bude vyrobeno.

Tato vlastnost větrných elektráren, kdy dodávaný výkon do sítě je nestabilní a závislý na povětrnostních podmínkách, je velice nevýhodná.

6.3 Návratnost investic

Na vybudování Větrného parku Břežany bylo potřeba investovat 126,7 milionů Kč. Životnost se odhaduje na 20 let.

Z výkonů za jednotlivé roky a výkupních cen můžeme spočítat jaký byl teoretický zisk za celou dobu provozu Větrného parku Břežany.

Celkový výkon		Výkupní ceny	
rok	[MW]	cena za MW	zisk
2005	269,956	2 650,00 Kč	715 383 Kč
2006	4452,561	2 700,00 Kč	12 021 915 Kč
2007	5935,384	2 750,00 Kč	16 322 306 Kč
2008	5610,012	2 820,00 Kč	15 820 234 Kč
2009	5114,594	2 930,00 Kč	14 985 760 Kč
2010 - leden, únor	719,359	2 990,00 Kč	2 150 883 Kč
celkem	22101,87	celkový zisk po únor 2010	62 016 482 Kč
průměr za rok	5200,439		

Je to pouze teoretický zisk z důvodu nezapočítání nákladů na údržbu, provoz větrného parku. Za 4 roky a tři měsíce provozu větrného parku se vrátilo již necelých padesát procent investovaných peněz.

náklady	127 600 000 Kč	100,0%
zisk	62 016 482 Kč	48,6%
	65 583 518 Kč	51,4%

Pro výpočet teoretické návratnosti investic použiji průměrný roční výkon. Dále uvažuji výkupní cenu po celou dobu stejnou a to ve výši výkupní ceny za rok 2010.

Výpočet budoucího zisku

průměrný výkon za rok	5200,439
výkupní cena za MWh	2 990 Kč
potřebný zisk	65 583 518 Kč
počet teoretických let návratnosti	4,22

Z vypočítaných hodnot za 4 roky provozu a dále teoretického výpočtu budoucího zisku, by se investice měla vrátit po přibližně 8 a půl letech, tedy v roce 2014. To by platilo pouze za zachování výkupních cen elektrické energie a průměrného ročního výkonu.

7 Závěr

Bakalářská práce se zabývá obnovitelným zdroji energie vyskytujících se v České republice. Mezi tyto obnovitelné zdroje řadíme energie vody, energie slunečního záření, energie biomasy a energie větru.

Obnovitelnými zdroji se zabývá čím dál víc lidí. Je to východisko z pomalu vznikající energetické krize. Fosilní paliva začínají docházet a jejich cena tedy stoupá. Dalším důvodem je negativní vliv neobnovitelných zdrojů na životní prostředí, na naše klima.

Pro podporu a rozvoj obnovitelných zdrojů byl důležitý vznik zákona č. 180/2005. Tento zákon definoval co jsou obnovitelné zdroje a říká jakým způsobem jsou podporovány. Zákon vznikl na základě směrnice Evropské unie, která se rozhodla podpořit jejich rozvoj. Každému členskému státu stanovila cíl, který udává kolikaprocentní podíl výroby elektrické energie pochází z obnovitelných zdrojů. Pro ČR byl stanoven 8% podíl v roce 2010. A tak se s napětím očekává zda tento cíl bude naplněn.

Největší zastoupení obnovitelných zdrojů v ČR má energie vody. Ještě k lepšímu využití energie vody by přispěla modernizace malých vodních elektráren.

Energie slunečního záření v našich podmínkách nemá velký význam. Sice nastal jejich prudký rozvoj, ale důvodem byla rychlá návratnost investovaných peněz. Zatím slouží spíše pro dodávání elektrické energie pro soukromé objekty, než že by se využívala pro dodávání energie do sítě. Lepší využitelnost je závislá na rozvoji technologií solárního článku, tedy zvýšení jeho účinnosti.

Energie biomasy je hojně podporována Skupinou ČEZ, která v ní vidí budoucnost.

Hlavní pozornost byla věnována větrné energii. Již v historii se na našem území hojně vyskytovali větrné mlýny. Dnes jsou to větrné elektrárny, ze kterých získáváme elektrickou energii. Míst, která by byla vhodná pro stavbu větrných elektráren, je poměrně hodně. Tato místa se ale převážně nachází na chráněných územích, a je tedy problém s jejich výstavou. Dalším problémem je nestálost dodávané energie do sítě. Výkon větrných elektráren je závislý na rychlosti větru. Při vyhodnocování dat získaných z Větrného parku Břežany se tento aspekt potvrdil. Rychlost větru byla velice proměnlivá a lišila se i na jednotlivých elektrárnách, které jsou od sebe vzdáleny jen několik set metrů. Při porovnání výkonů daného měsíce v každém roce je patrné, že větrné elektrárny nedosahují konstantního výkonu, a tedy nelze předpokládat, jaký výkon bude dodáván do sítě. Tento problém se týká území České republiky, neplatí globálně pro celou Zemi. I přes tento problém by měl Větrný park Břežany po 10 letech svého fungování splatit investice a dalších deset let již jen vydělávat.

Obnovitelné zdroje energie mají své nevýhody, ale je důležité jim věnovat pozornost a podporovat je. V budoucnu nás mohou zachránit před energetickou krizí a před zničením životního prostředí, v kterém teď žijeme.

8 Seznam použité literatury

[1] MOTLÍK, Ing. Jan, et al. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. Praha: ČEZ, 2007. 182 s. Dostupné z WWW: http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>.

[2] POLÁK, Roman; KUSÝ, Petr; ERÚ. Podpora OZE pro rok 2010 z pohledu ERÚ. Alternativní ENERGIE. 2009, 6, s. 6-7.

[3] ČR. Zákon ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny zobnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). In Sbírka zákonů, Česká republika. 2005, 66, 180, s. 3726-3731. Dostupný také z WWW: <http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/180-2005-sb>

[4] KUČERA, Zdeněk; ; ERÚ. Pětiprocentní cenová regulace pro rok 2010. Alternativní ENERGIE. 2009, 6, s. 4-5.

[5] EU. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. In Úřední věstník Evropskéunie. 2009, s. 1-47. Dostupný také z WWW: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:cs:PDF>

[6] PROŠKOVÁ, Tereza. Vodní elektrárny v České republice: Kolik vyrobí elektřiny?. Nazeleno [online]. 16.3.2010, [cit. 2010-03-21]. Dostupný z WWW: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>.

[7] ERÚ. ERU [online]. 2010 [cit. 2010-03-21]. Roční zpráva o provozu ES ČR 2008 - ERÚ. Dostupné z WWW: http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2008/index.htm

[8] Informace o výrobě elektřiny ze solárních zdrojů. Energetický regulační úřad [online]. 13. 4. 2010, [cit. 2010-04-25]. Dostupný z WWW: http://www.eru.cz/

[9] Z historie využívání energie větru v českých zemích. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 18.05.2010]. Dostupný z WWW: http://csve.cz/clanky/detail/36

[10] Tabulka aktuálních instalací k 31.12.2009. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 10.01.2010, [cit. 19.05.2010]. Dostupný z WWW: <http://csve.cz/clanky/detail/120>

[11] RYCHETNÍK, V.; JANOUŠEK, J.; PAVELKA, J. Větrné motory a elektrárny. Praha : ČVUT, 1997. 199 s.

[12] Větrná mapa. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 20.05.2010]. Dostupný z WWW: http://www.csve.cz/clanky/detail/35

[13] RESEC, s.r.o. [online]. 2010 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <http://www.resec.cz/cs/web/vetrna-energie/technologie/>.

[14] WEB větrná energie s.r.o. [online]. c2009 [cit. 2010-04-14]. Dostupné z WWW: http://www.vetrna-energie.cz/

[15] WEB Větrná energoe s.r.o. [online]. 2009 [cit. 2010-05-21]. Větrný park Břežany. Dostupné z WWW: <http://www.vetrna-energie.cz/img/fotky/brezany06.jpg>.
[16] Vestas [online]. c2007 [cit. 2010-04-14]. Dostupné z WWW: http://www.vestas.com/en/
[17] Popis výrobku : V52-850kW. : V-CEU/PM, 2005. 12 s.
[18] Návod k provozu : V52-850kW. : V-CEU/PM, 2005. 33 s.
[19] LUŽOVÁ, Michaela. WEB Větrná energie s.r.o., 6.4.2010.

9 Seznam použitých zkratek

EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
OZE	Obnovitelné zdroje energie

10 Seznam použitých veličin

E	[J]	energie
m	[kg]	hmotnost
v	[ms^{-1}]	rychlost vzduchu
ρ	[kgm^{-3}]	hustota vzduchu
V	[m^3]	objem
S	[m^2]	plocha
s	[m]	dráha pohybujícího se vzduchu
P	[W]	výkon
t	[s]	čas

11 Seznam obrázků

Obr. 1: Větrná mapa ČR [12] 22
Obr. 2: Schéma větrné elektrárny ENERCON [13] 24
Obr. 3. Větrný park Břežany[15] 25
Obr. 4: Gondola [18] 26

12 Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdělení větrných elektráren [1] 22
Tab. 2: Průměrné rychlosti větru v roce 2007 [19] 27
Tab. 3: Výkon v jednotlivývh měsících provozu 28

13 Seznam grafů

Graf 1: Graf podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě [2] 13
Graf 2: Vývoj slunečních elektráren [8] 19
Graf 3: Průměrné rychlosti větru v jednotlivých měsících v roce 2007 28
Graf 4: Výkony v jednotlivých měsících 29