

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví

**Výrobní technologie, historie
a budoucnost větrných elektráren**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kára, Csc.

Autor bakalářské práce: Petra Procházková

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: mechaniky a strojnictví	Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Petra Procházková**

Studijní obor: Obchod a podnikání s technikou

Název práce: Výrobní technologie, historie a budoucnost větrných elektráren

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Popsat konstrukci větrných elektráren. Elektrická část větrných elektráren, převodovkové a bezpřevodovkové provedení. Konstrukce a výroba vrtulí.

Osnova práce:

- 1) Úvod, význam větrných elektráren
- 2) Historický vývoj konstrukce větrných elektráren v zahraničí a ČR.
- 3) Nejčastější konstrukční prvky, technologické celky a systémy větrných elektráren
- 4) Charakteristika větrných elektráren pro různé podmínky (arktické oblasti, pouště, moře)
- 5) Diskuse a závěry

Metodika práce:

V souladu s podrobnou osnovou bakalářské práce a s přihlédnutím k obsahu zadaného tématu STUDIE

- popsat význam energetického využití větrných elektráren
- provést rozbor historického vývoje konstrukce větrných motorů pro energetické účely v zahraničí a ČR.
- zaměřit se zejména na konstrukční prvky, technologické celky a systémy větrných elektráren
- popsat konstrukční a výkonové parametry větrných elektráren vhodných pro různé podmínky

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Koč, B.: Šance pro vítr, Brno: Ekocentrum, 1996

Koč, B., Hošek, J.: Současné větrné elektrárny v ČR. EKO - ekologie a společnost, 2003, ročník XIV, č.3

Rychetník, V.: Využití větrné energie, SNTL Praha. 1994

Kára, J., Adamovský, R.: Obnovitelné zdroje energie, MZe ČR, 1993

Rychetník, V., Janoušek, J., Pavelka, J. Větrné motory a elektrárny. Praha: Vydavatelství ČVUT Praha, 1997, 370 s

Crome, H. Technika využití energie větru. Ostrava: Nakladatelství HEL, 2002, 144 s.

Janoška, M. Větrné mlýny v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Praha: Nakladatelství Libri, 2003, 179 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kára, Csc.

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010



prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

děkan

V Praze dne 30. 11. 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Výrobní technologie, historie a budoucnost větrných elektráren“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Káry, Csc. a použila jsem jen pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Praze dne 27. Dubna 2010

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Jaroslavu Károvi, CSc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

Zároveň děkuji prof. Ing. Vladimíru Jurčovi, CSc., za poskytnutí materiálů a rad při vypracování práce a také prof. Ing. Radomíru Adamovskému, DrSc., za zapůjčené podklady.

Na závěr patří poděkování rodině a blízkým za podporu a zázemí.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce bylo pomocí dostupných zdrojů a literatury popsat historii, konstrukci větrných elektráren, vývoj, jejich význam a energetické využití. V první části práce je popsána historie vývoje větrných elektráren ve světě a v České republice. Kapitola *Stále žhavá témata* rozebírá nejčastější problémy spojené s konstrukcí a provozem větrných elektráren. Dále se zde uvádí princip samotného fungování větrných elektráren, legislativa a informace o elektrárnách instalovaných v České republice. Kapitola *Konstrukční technologie* je věnována popisu a rozboru jednotlivých konstrukčních částí elektrárny. V poslední části bakalářské práce jsou popsány rozdíly elektráren z hlediska jejich umístění v pouštích, arktických oblastech a na moři.

Klíčová slova: větrná elektrárna, historie, vliv, stožár, motor, základy, ekonomika

Production technology, history and future of wind power plants

Summary: The aim of the Bachelor thesis was to use available resources to describe history, construction of wind power stations, their development, importance and use of energy. The first part of the work describes development history of the wind power stations in the world and in the Czech Republic. The chapter "Still Hot Topics" examines the most common problems associated with the construction and operation of the wind turbines. It goes on describing the very principle of operation of the wind power stations, legislation and information about those installed in the Czech Republic. The chapter "Construction Technology" is devoted to describing and analyzing the various construction parts of the wind power stations. The differences between the stations in terms of their location in the deserts, arctic areas and at the sea are described in the closing part of the work.

Key words: wind power station, history, influence, pylon, basement, economy

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 HISTORIE.....	2
2.1 HISTORIE VYUŽITÍ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN CELOSVĚTOVĚ	2
2.2 HISTORIE VYUŽITÍ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN ČESKÉ REPUBLIKY.....	2
3 STÁLE „ŽHAVÁ“ TÉMATA	3
3.1 PROBLÉM S HLUČNOSTÍ	3
3.2 OHROŽENÍ PTÁKŮ A PLAŠENÍ ZVĚŘE	5
3.3 VLIV NA PŘÍJEM TELEVIZE A RÁDIA	5
3.4 VLIV STÍNU ROTUJÍCÍ VRTULE (TZV. DISKOEFEKT).....	5
3.5 VÝHODY PRO MAJITELE POZEMKU.....	6
4 PRINCIP FUNGOVÁNÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY.....	6
5 ELEKTRÁRNY V ČR.....	7
6 ZÁKONY	11
7 EKONOMIKA, NÁKLADY A VÝNOSY VĚTRNÉ ENERGETIKY	12
8 KONSTRUKČNÍ TECHNOLOGIE	14
8.1 POPIS KONSTRUKCE VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	14
8.2 TYPY STOŽÁRŮ	16
8.2.1 Ocelový tubusový stožár	16
8.2.2 Příhradový stožár větrné elektrárny.....	17
8.2.3 Betonový stožár větrné elektrárny.....	18
8.3 ZÁKLADY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN.....	22
8.4 VĚTRNÉ MOTORY JE JEJICH ROZDĚLENÍ	25
8.4.1 Podle aerodynamického principu.....	25
8.4.1.1 VĚTRNÉ MOTORY PRACUJÍCÍ NA ODPOROVÉM PRINCIPU	25
8.4.2 Větrné motory pracující na vztakovém principu	26
8.4.3 Podle elektrického zařízení větrných elektráren.....	29
8.5 BEZPŘEVODOVKOVÉ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY.....	30
9 VELIKOST VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY A JEJÍ VÝVOJ	30
10 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY NA MOŘI.....	33
10.1 HISTORIE	34
10.2 POLITICKÁ PODPORA	34
10.3 STAVEBNÍ POTENCIÁL	35

10.4 HORNS REVA 160 MW	36
10.5 SPORNÉ BODY.....	36
10.6 INTEGRACE DO ELEKTRICKÉ SÍŤE.....	36
11 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY NA POUŠTI.....	37
12 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY V ARKTICKÝCH OBLASTECH	38
12.1 SKELLEFTÅ KRAFT – ULJABUODA.....	38
13 INSTALACE BUDOUCNOSTI.....	39
14 ZÁVĚR	40
15 ZDROJE	42
16 PŘÍLOHY.....	49

1 Úvod

Pro někoho krásné a tajemné, pro někoho strašidelné monstrum, na které se nedá dívat, to jsou větrné elektrárny. „Větrné mlýnky“ jak je známe z našeho dětství, hračky, které jsme měli zapíchané v květináčích anebo jsme s nimi pobíhali po trávníku před domem, dostali novou podobu. Jsou k vidění okolo nás, tyčí se do výšky 200 metrů a stávají se běžnou součástí našeho života. Na jedné straně určitě mají šance na své upotřebení, na straně druhé jsou pro některé zbytečná a neefektivní investice. Jsou provázeny spoustou mýtů a předsudků, které často pramení z neinformovanosti o změně technologie. Cílem mé práce je na základě dostupné odborné literatury vytvořit analýzu současného stavu, rozbor konstrukcí a uvést možnosti a využití větrných elektráren. Pokusit se zmapovat historický vývoj, typy větrných elektráren i technologií vývoj energie. Ve této práci je použito pro názornost větší množství obrázků a grafů, které lépe vystihují danou problematiku než slovní popis. V závěru práce se pokusím nastínit budoucnost využití větrných elektráren pro výrobu „čisté“ energie.

2 Historie

2.1 Historie využití větrných elektráren celosvětově

Pokud bychom pátrali v historických pramenech, tak první větrná kola byla popsána na Blízkém a Středním východě a jejich výstavba spadá do doby před naším letopočtem. Ty nejstarší dochované můžeme najít v Moonu u Alexandrie a jsou staré přes 3000 let. V Evropě se objevily až o něco později a to v Anglii někdy kolem roku 833. Co se týče největších pokroků ve vývoji využití větrné energie, tak ty mají na svém kontě američtí odborníci. Už koncem minulého století fungovalo v USA kolem šesti miliónů větrných elektráren. Samozřejmě je to dáno i tím, že USA má velké plochy oblastí, kde jsou velmi dobré větrné podmínky pro stavby celých farem větrných elektráren a to především v Kalifornii. Co se týče rozvoje technologie, tak nejdále se dostalo Dánsko, vzhledem k tomu, že je to země, kde fouká vítr téměř celý rok. Podle průzkumu je každá třetí elektrárna vyrobena v Dánsku. V této zemi najdete přes 3000 elektráren, které představují 7% instalovaného výkonu elektráren. Jelikož jsou větrné elektrárny ze strany Dánů masivně podporovány, předpokládá se, že letos pokryjí 10 – 13 % celostátní energetické spotřeby. Podobné plány má i Velká Británie, kde už v současné době vyrobí větrné elektrárny sedminásobek potřeby země. Shodný trend bychom mohli najít i v Německu a Rakousku. [1] [2] [3]

2.2 Historie využití větrných elektráren České republiky

I v české historii má využití větrné energie svou vlastní tradici. Pokud byste hledali první větrný mlýn na území našeho státu, našli byste ho na nezvyklém a nečekaném místě – je to naše hlavní město. Dle dochovaných záznamů Kosmovy kroniky první doložená větrná elektrárna vyrostla v roce 1277 v zahradách Strahovského kláštera právě v Praze. Samozřejmě nevypadala tak jako ji známe dnes, ale svůj účel plnila. Zhruba v prvním dvacetiletí 20. století se začaly využívat větrné turbíny k pohonu vodních čerpadel. Dnešní podoba větrných elektráren se datuje zhruba na konec 80. let minulého století.

V současnosti můžete najít funkční elektrárny v desítkách oblastí České republiky. Jsou ve vlastnictví velkých gigantů, ale i u soukromých subjektů. Z hlediska výkonnosti se pohybují od 300 kW pro soukromé účely až po 2 MW. Ze zdrojů informací Energického regulačního úřadu bylo v roce 2008 v České republice v provozu více než 133 MW. V letošním roce Česká společnost pro větrnou energii předpokládá zdvojnásobení výroby elektřiny z větrných elektráren oproti loňskému roku. Větrné elektrárny by tak výkonově měly dosáhnout na hranici 250 GWh. [1] [2] [3]

3 Stále „žhavá“ témata

Ať se již jedná o stavbu dálnice nebo instalaci větrné elektrárny, vždy se najdou stoupenci i odpůrci projektu, co řeší různá hlediska pro a proti. Samozřejmě mají i větrné elektrárny jistá rizika a nedostatky z pohledu soužití s lidmi. Spousta obav je ale zbytečná, vzhledem k tomu, že provoz větrných elektráren je podroben přísnému měření a posuzování.

3.1 Problém s hluchostí

V současné době je konstrukce moderních větrných elektráren na takové úrovni, že ve vzdálenosti zhruba 500 m od stavby větrné elektrárny například o výkonu 2 MW, splňuje hladina hluku zákonem dané hygienické limity, tj. 40 dB.

Aby se zvuk dal nazvat hlukem, musí překračovat hygienický limit stanovený právním předpisem – nařízením vlády č. 148/2006 Sb., O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku (A) $L_{Aeq,T}$.

Ve dne se stanoví pro osm po sobě jdoucích nejhluchnějších hodin a v noci pro jednu nejhluchnější hodinu. Hluk z dopravy na veřejných komunikacích a z leteckého provozu je měřen po celou denní i noční dobu. Součtem hladin hluku a příslušných korekcí pro danou lokalitu se poté stanoví největší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku. $L_{Aeq,T} = 50$ dB.

Pro hluk právě z větrných elektráren je nejdůležitější položkou výpočet hladiny akustického tlaku pro chráněný venkovní prostor staveb, tím je myšlen prostor ve vzdálenosti 2 m okolo bytového domu, rodinného domu, škol, předškolních zařízení, zdravotních a sociálních zařízení atd.

Limity pro stacionární zdroje jsou:

$L_{Aeq,T} = 50$ dB pro denní dobu (6:00 – 22:00)

$L_{Aeq,T} = 40$ dB pro noční dobu (22:00 – 6:00)

Pro srovnání uvádím níže tabulku stupnice hlučnosti, ze které vyplývá, že limit hlučnosti provozu větrné elektrárny nedosahuje úrovně klidné pracovny či běžného hovoru.

Tabulka 1: Stupnice hlučnosti

10 dB	Práh slyšitelnosti
20 dB	Hluboké ticho, zasněžený les, bezvětří, nahrávací studio
30 dB	Místnost v bytě v noci bez hluku, bez tikání budíku
40 dB	Ticho, tikot budíku ve vzdálenosti 2 m
50 dB	Klid, tichá pracovna, obracení stránek novin
60 dB	Běžný hovor, zpěv kosa v parku ze vzdálenosti 3 m
70 dB	Mírný hluk, běžný poslech televize, školní třída při vyučování
80 dB	Vysavač v bezprostřední blízkosti, hluk osobního automobilu
85 dB	Hranice, od níž po dlouhodobém (trvalém) vystavení této úrovni hluku existuje možnost poškození sluchu
90 dB	Silný hluk, mixér
100 dB	Symfonický orchestr – forte, přádelna
110 dB	Velmi silný hluk, rockový koncert
120 dB	Extrémně silný hluk, start vojenského proudového letadla ve vzdálenosti 300 m
130 dB	Práh bolestivosti, člověk neslyší hluk – vnímá bolest
140 dB	Akustické trauma, člověk který stojí 10 m od startujícího proudového letadla

(Zdroj: Odborný článek RNDr. Josefa Štekl, CSc. – Větrné elektrárny a životní prostředí, archiv ČSVE)

Větrné elektrárny způsobují dvojí hluk. Generátor a převodovka je zdrojem mechanického nízkofrekvenčního zvuku o kmitočtu cca 50 Hz a velikost je ovlivňována nastavením výkonu generátoru. Působením vzduchu okolo listů a zároveň pohybem listů kolem věže elektrárny vzniká aerodynamický nízkofrekvenční zvuk o kmitočtu 16 – 100 Hz. Jeho intenzita je závislá na

konstrukci listů, rychlosti otáčení a meteorologických podmínkách. Nízká oblačnost, déšť anebo sníh mohou intenzitu pohlcovat a tím snižovat. Naopak mráz nebo inverze zvuk odráží a tudíž zvyšuje.

Bohužel kritický přístup k hlučnosti větrných elektráren vyplynul hlavně z negativních zkušeností s hlukem, které měly větrné elektrárny starší konstrukce, vyrobené v první polovině 90. let minulého století. Výrobci větrných elektráren mají povinnost provádět atesty VTE. [4] [5]

3.2 Ohrožení ptáků a plašení zvěře

V tomto případě se jedná spíše o předsudek. Dle výzkumu britské Královské společnosti pro ochranu ptáků a na základě provedených měření ve Walesu vyplynulo, že na každých 10000 ptáků vychází jeden smrtelný úraz. V porovnání s automobilovým průmyslem a vedením vysokého napětí je to jen nepatrné množství. Například počet ptáků, kteří zahynou po usednutí na venkovní elektrické vedení, se pohybuje ve statisících.

Co týče výzkumu změn chování a zvyklostí divoce žijících zvířat, který prováděl Ústav pro výzkum divoce žijících zvířat na veterinární univerzitě v Hannoveru, nepotvrdilo se, že by větrné elektrárny měly negativní vliv na život zvířat. [4] [5]

3.3 Vliv na příjem televize a rádia

Příjem běžného provozu televize, rádia nebo telefonního signálu mobilních operátorů sítě GSM není větrnou elektrárnou rušen pokud větrná elektrárna nestojí v bezprostřední blízkosti antény vysílače. Navíc vrtule turbín se nevyrábějí z vodivých materiálů, ale z umělých pryskyřic a díky tomu nedochází k odražení elektromagnetických vln. [4] [5]

3.4 Vliv stínu rotující vrtule (tzv. diskoefekt)

Často diskutované téma je diskoefekt. Ten se projevuje, když je slunce nízko nad obzorem. U prvních větrných elektráren se stávalo, že se sluneční paprsky

odrážely na otáčejících se lopatkách větrné elektrárny a záblesky poté zasahovaly do obydlí a obtěžovaly obyvatele. Již ve fázi projektu se dbá na to, aby záblesky zasahovaly do obytných zón jen minimálně. Navíc u dnešních větrných elektráren se již listy opatřují matným nátěrem, který zabraňuje diskoefektu a představuje úspěšné řešení tohoto problému. [4] [5]

3.5 Výhody pro majitele pozemku

Při výstavbě nových větrných elektráren se problematika místa výstavby nejčastěji řeší odkupem půdy od majitelů soukromých pozemků. Na betonový základ pro jeden kus stavby větrné elektrárny je potřeba čtverec 15 × 15 m. Celková zabraná plocha, která je potřebná pro stavbu, je cca 100 × 100 m. Tento rozsah umožňuje příjezd kamionů s technikou a technologiemi. Další součástí výstavby je vybudování přístupové komunikace a zavedení kabelů s elektrickým proudem. Co se týče konečného záběru plochy, tak se v podstatě jedná jen o základovou část elektrárny, kterou původní vlastník pozemku může za symbolickou částku dále využívat. [4] [5]

4 Princip fungování větrné elektrárny

Energii větru člověk využívá již několik století, ale z počátku ji používal jen pro pohon vodních čerpadel a k mletí obilí. Použití z hlediska výroby elektrického proudu je staré zhruba 100 let. Od roku 1990 se větrná energie využívá stále více. Díky novým technologiím ve výrobě se snižuje hmotnost a hlučnost generátorů a naopak roste výkon a účinnost.

Hlavním zdrojem větrných elektráren je vítr. Je to obnovitelný zdroj a tak se samozřejmě nabízí možnost jeho využívání. Na základě rozdílů mezi atmosférickými tlaky jako důsledek různého stupně ohřívání zemského povrchu, vzniká v atmosféře energický zážrak – vítr.

Vzduch, který je teplý, stoupá dle fyzikálních zákonů vzhůru až do výšky 10 km a na jeho pozici se tlačí vzduch studený. Že větrné proudy nemají stále stejný směr, ale stáčí se, za to může zemská rotace. Není to samozřejmě jen otáčení země, které ovlivňuje proudění větrů, ale i spousta dalších činitelů jako např. ráz

krajiny, její struktura, rostlinstvo anebo vodstvo. Princip fungování větrné elektrárny je tedy založen na působení aerodynamických sil, které působí na listy rotoru, které jsou společně s turbínou umístěny na stožáru. Právě turbína poté převádí zmiňovanou energii větru na energii rotační, mechanickou, která se stává prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Vznik elektrické energie je v podstatě cílem tohoto procesu. Dá se říci, že rotorové listy vypadají díky svému tvaru, jako křídlo letadla. Aby mohly aerodynamické síly přenášet, musí mít speciálně tvarovaný profil.

Vztlakové síly, které se vytvářejí v okolí listů, se zvyšují s rostoucí rychlostí proudu vzduchu a to s druhou mocninou rychlosti a energie, která je vyprodukována generátorem s třetí mocninou. Samozřejmě i laik zvládne násobení a je mu jasné, že musí být nějaká hranice, aby nedošlo k poškození. Rychlé a efektivní regulování rotoru je v tomto případě samozřejmě na místě, aby nedošlo k mechanickému poškození nebo případnému přetížení elektrárny. Právě regulace, přebytky a následná efektivnost je jedním z citlivých témat, které vrhají stín na uživatele větrné síly. [4] [5]

5 Elektrárny v ČR

Na konci roku 2009 byl zahájen provoz dvou moderních větrných elektráren u obce Věžnice patřící pod kraj Vysočina (obr. 1). Stroje provozuje společnost ČEZ Obnovitelné zdroje a mají plánováno ročně vyrobit až 9 milionů kWh elektrické energie, což by mělo pokrýt spotřebu téměř tří tisíc domácností.

Obr. 1: Větrné elektrárny Věžnice



(Zdroj: [http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/provozovane-
vetrne-elektrany/vetrne-elektrany-veznice.html](http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/provozovane-vetrne-elektrany/vetrne-elektrany-veznice.html))

Generálním dodavatelem projektu byla ŠKODA PRAHA Invest a technologii obou větrných elektráren s jednotkovým instalovaným výkonem 2 MW dodala německá společnost REpower Systems. Místo umístění elektráren se nachází mezi Polnou a Příbyslaví a jejich nadmořská výška je více než 500 m nad mořem, což zaručuje příznivé větrné podmínky. Rychlost větru je naměřena ve stometrové výšce průměrně 6-7 m/s. Původně bylo na pozemcích soukromých majitelů obce Věžnice počítáno s osmi stroji. Celá schvalovací záležitost se bohužel táhla od roku 2004 a nakonec došlo k redukci počtu větrných elektráren a odkoupené plochy. [6] [7]

Technologie větrných elektráren v lokalitě Věžnice:

Výrobce: REpower Systems AG

Typ větrné elektrárny: REpower MM92

Jmenovitý výkon: 2 050 kW

Výška do osy rotoru: 80 m

Průměr rotoru: 92,5 m

Celková výška: 126,3 m

Průměr paty věže: 4,3 m

Celková hmotnost: 254,8 tun

Regulace výkonu: Pitch, aktivní regulace otáček změnou úhlu náběhu rotorových listů

Pracovní otáčky rotoru: 7 – 16 ot/min

Generátor: asynchronní 900 - 1800 ot/min, $U = 690V$

Doba výstavby: září – prosinec 2009 (zemní práce, montáž, seřizování, předprovozní zkoušky). [6]

I u této elektrárny bylo samozřejmě provedeno měření hluku a zjišťován vliv na životní prostředí. Bylo konstatováno, že stavba splňuje všechny požadavky. V letech 1998 - 2007 provozoval ČEZ farmu větrných elektráren v lokalitě Mravenečník nad obcí Kouty nad Desnou s celkovým instalovaným výkonem 1,165 MW. Stroje jsou umístěny v sedle Medvědí hory nedaleko přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně v Jeseníkách a to dokonce v nadmořské výšce 1160 m. Což řadí toto uskupení k nejvýše položeným větrným elektrárnám v Evropě. Skládá se celkem ze tří elektráren: Wind World W-2500, EWT 315 kW a EWT 630 kW o výkonech 220 kW, 315 kW a 630 kW. V souhrnu tato trojice

větrných elektráren vyráběla mezi 175–478 MWh elektřiny ročně. V současné době je však jejich provoz zastaven. [6] [7]

Další elektrárna, která nese titul první větrná elektrárna ČEZ, a. s., byla spuštěna v listopadu 1993 v Dlouhé Louce nad Osekem u Litvínova v Krušných horách. Tato předváděcí elektrárna (typ EWT 315 kW) sloužila především k testování a různým měřením v dané nadmořské výšce (870 m n. m.). Provoz byl ukončen koncem října roku 2000 a za své působení vyrobila 1146 MWh elektřiny. Nejvýkonnější byl rok 1995, kdy dosáhla až na hranici 303 MWh. Pro porovnání, průměrná výroba dosahovala v té době 164 MWh ročně. Stroj byl značně poruchový, ale i tak bylo v roce 1995 dosaženo až 962 hodin využití instalovaného výkonu. [6] [7]

Obr. 2: Větrná elektrárna Dlouhá louka



(Zdroj: <http://www.ufa.cas.cz/html/dllouka/foto/louka03.jpg>)

Mezi další české elektrárny a zároveň do portfolia Skupiny ČEZ, patří i větrná farma v lokalitě Nový Hrádek u Náchoda. Původně instalovaný výkon byl 1600 kW. Její osud též nebyl věčný a v tuto chvíli je z důvodu hlučnosti dlouhodobě odstavena. Pro srovnání uvádím instalovaný výkon ve větrných elektrárnách zemí EU ke konci roku 2008. [6] [7]

Tabulka 2: Výkon instalovaný ve větrných elektrárnách zemí EU (ke konci roku 2008)

Země	Výkon v MW
Česká republika	150
Belgie	384
Bulharsko	158
Dánsko	3 180
Estonsko	78
Finsko	143
Francie	3 404
Irsko	1 002
Itálie	3 736
Kypr	0
Litva	54
Lotyšsko	27
Lucembursko	35
Maďarsko	127
Malta	0
Německo	23 903
Nizozemí	2 225
Polsko	472
Portugalsko	2 862
Rakousko	995
Rumunsko	10
Řecko	985
Slovensko	3
Slovinsko	0
Španělsko	16 740
Švédsko	1 021
Velká Británie	3 241

(Zdroj: http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/1004_01_General_Stats_2009.pdf)

Další z plánovaných budoucích projektů je výstavba 5 větrných elektráren o jednotkovém výkonu 2 - 3 MW s výškou stožáru 100 m a průměrem rotoru 90 až 100 m v Řešicích. Všechny elektrárny budou na pozemcích v katastru obce Rešice, která s výstavbou souhlasí. Projekt započal v roce 2008 a celkově potrvá až do roku 2012. Elektrárny nižších výkonů budou dodávány českými výrobci a ty s větším výkonem zajistí dodavatelé z Německa. [6] [7]

Společnost ČEZ neplánuje jen stavbu na území našeho státu. Jedním z aktuálních plánů je výstavba největší přímořské větrné farmy v Evropě s celkovým

instalovaným výkonem 600 MW. První fáze projektu se bude týkat 139 strojů GE 2,5xl o celkovém instalovaném výkonu 347,5 MW. Jsou to moderní větrné elektrárny s výškou 100 metrů a průměrem rotoru 99 metrů. Ve druhé fázi projektu se počítá s celkovým instalovaným výkonem 252,5 MW. Kompletní plán výstavby v těsné blízkosti větrných farem Fontanele a Cogevalac v rumunské provincii Dobrudža získala Skupina ČEZ od společnosti Continental Wind Partners LLC. Instalovaný výkon tohoto celku je dvakrát větší než výkon druhé největší evropské větrné farmy ve výstavbě a má trojnásobný výkon než dosud největší větrné farmy v Evropě (Guadalajara, Španělsko). Investice Skupiny ČEZ do tohoto projektu se bude řádově pohybovat kolem 1,1 miliardy eur (cca 27 miliard korun). Velký důraz je kladen na životní prostředí a na optimální větrné podmínky. Celkově bude farma představovat podíl 10 % z celkové energie na rumunském trhu z obnovitelných zdrojů. Co se týče dodávky turbogenerátorů, tak pro část větrné farmy o výkonu 252,5 MW byla vybrána společnost GE Energy, která dodá 101 větrných turbogenerátorů o jednotlivých výkonech 2,5 MW. Tyto větrné turbíny dosahují výšky a průměru rotoru 100 m a jsou z hlediska spolehlivosti a účinnosti vyrobeny pomocí nejnovějších technologií. Jsou to stejné turbíny jaké GE Energy využívá v první etapě výstavby větrné farmy Fontanele. GE Energy bude též zodpovídat za instalaci, spuštění, uvedení do provozu a to včetně dopravy a zkoušek spolehlivosti. Další činnosti s údržbou jsou rovněž součástí činností a budou prováděny servisním střediskem, které GE Energy buduje v blízkosti farmy. První etapa (Fontanele) bude dokončena během první poloviny letošního roku, dokončení druhé etapy (Cogevalac) by mělo následovat o rok později. [6] [7]

6 Zákony

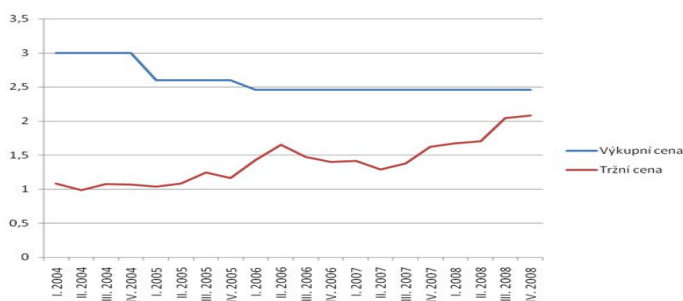
Pravidla, týkající se využívání obnovitelných zdrojů a následné výroby elektřiny v České republice upravují v současné době dva zákony - Zákon č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) a v Zákon č. 406/2000 Sb. (o hospodaření energií). Další stanovy jsou k dohledání v podzákonných normách (vyhlášky, cenová rozhodnutí, usnesení vlády).

1. Zákon č. 458/2000 Sb. - energetický zákon. Tento zákon upravuje v souladu s právem Evropských společenství podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.
 2. Dokument Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro r. 2005.
 3. Vyhláška ERÚ (Energetického regulačního úřadu) s výkupními cenami za elektřinu z OZE (obnovitelné zdroje energie).
 4. Vyhláška MPO (Ministerstva průmyslu a obchodu ČR) č. 252/2001 o způsobu výkupu elektřiny produkované z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla.
 5. Metodický pokyn k vybraným aspektům postupu orgánů ochrany přírody při vydávání souhlasu podle § 12 a případných dalších rozhodnutí dle zákona č. 114/1992 Sb., které souvisí s umístování staveb vysokých větrných elektráren.
- [8] [9] [10] [11]

7 Ekonomika, náklady a výnosy větrné energetiky

Pohled na náklady a následné zisky je různý. Všeobecně se objevuje hledisko, že takto získaná energie je drahá a její produkce se nevyplácí. V následujícím grafu je srovnán vývoj ceny elektřiny větrných elektráren s tržní cenou silové elektřiny v období uplynulých pěti let. [12]

Graf 1: Vývoj ceny elektřiny 2004 – 2008, svislá osa: Kč/kWh



(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/83>)

Pokud bychom srovnali i letošní rok, kdy výkupní cena poklesla, modrá křivka by se více přiblížila červené. Tato získaná data jsou tedy důkazem, že energie získaná z větrných elektráren není rozhodně několikanásobně dražší. Větrné elektrárny se řadí mezi zdroje energie využívající obnovitelné zdroje. Pokud budeme hodnotit výkupní ceny všech energií těchto zdrojů, bude větrná energie patřit mezi ty s nejnižší výkupní cenou viz srovnání cen níže. [12]

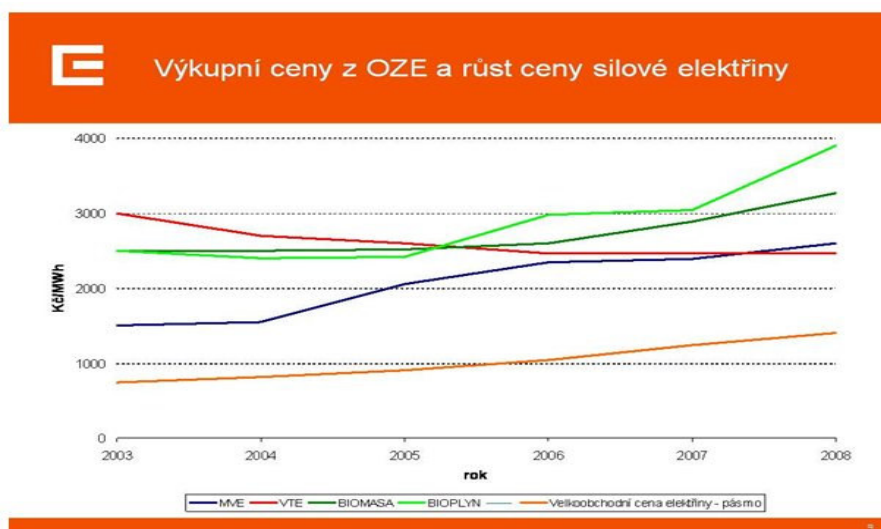
Tab. 3: Srovnání výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů

Výkupní ceny:	pro rok 2008	pro rok 2009
▪ fotovoltaika	13,46 Kč/kWh	12,79 Kč/kWh
▪ geotermální energie	4,50 Kč/kWh	4,50 Kč/kWh
▪ bioplynové stanice	3,30 – 3,90 Kč/kWh	3,55 – 4,12 Kč/kWh
▪ malé vodní elektrárny	2,60 Kč/kWh	2,70 Kč/kWh
▪ spalování biomasy	2,52 – 4,21 Kč/kWh	2,48 – 4,49 Kč/kWh
▪ větrné elektrárny	2,46 Kč/kWh	2,34 Kč/kWh

zdroj: ERÚ

(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/83>)

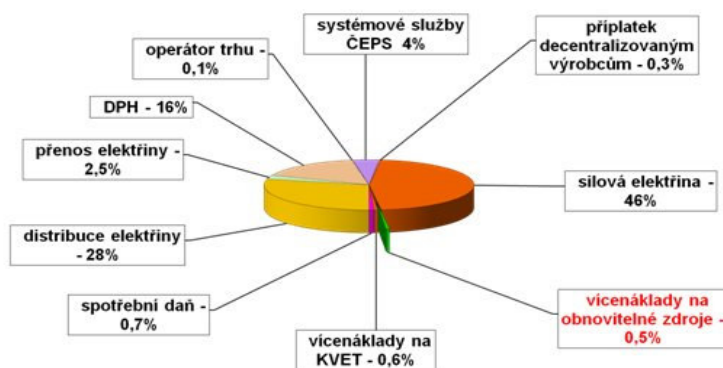
Graf 2: Výkupní ceny obnovitelných zdrojů energie a růst ceny silové elektřiny



zdroj: ČEZ OZE

(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/83>)

Obr. 3: Skladba ceny elektřiny v domácnostech za rok 2008



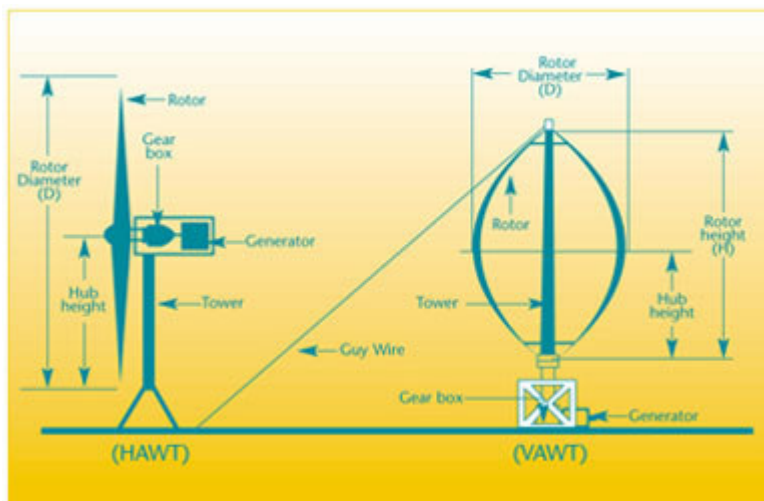
(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/83>)

8 Konstrukční technologie

8.1 Popis konstrukce větrné elektrárny

Základní nosnou částí větrné elektrárny je tubus, který musí být dostatečně vysoký a pevný, protože jeho výška souvisí s celkovým výkonem elektrárny. Další částí je hlavice neboli gondola, která obsahuje převodovou skříň. Její vrtule se otáčí mezi 8 – 17 ot/min, což ale není dostatečné pro výrobu elektrické energie, a proto je potřeba zvýšit otáčky na více než 1500 ot/min. Variantním provedením jsou tzv. bezpřevodkové stroje, u kterých je využito pomaloběžného mnohapólového generátoru, který zajišťuje, že převodky již není potřeba. Další součástí hlavice je generátor, ložiska, natáčecí a řídicí systém. K zabránění přenosu vibrací slouží tlumení, které se instaluje mezi tubus a hlavici. Další důležitý parametr je i rychlost větru. Optimální rychlost větru je 4 až 26 m/s. Pokud je jeho rychlost vyšší než 26 m/s, větrná elektrárna se z bezpečnostních důvodů automaticky zastavuje. V praxi to probíhá tak, že se rotor zabrzdí a dojde k nastavení lopatek proti směru větru s nejužším profilem. Dnešní větrné elektrárny jsou nejčastěji osazeny dvojlistými nebo třílistými vrtulemi s průměrem 80 – 100 m. Při rychlosti větru okolo 13 m/s dosahují jmenovitého výkonu 2 – 3 MW. Konstrukce může být vertikální a nebo horizontální a rozdíl v konstrukci je znázorněn na obr. 5. [13]

Obr. 4: Rozdíl mezi horizontální (HAWT) a vertikální konstrukcí (VAWT)



(Zdroj: http://1.bp.blogspot.com/_uO3dxm8iJYc/R4jRPTG1sBI/AAAAAAAAAAc/X1i4YahfyEg/s1600-h/hawt-vawt.jpg)

Obr.5: Typologie větrných elektráren

Typologie větrných elektráren



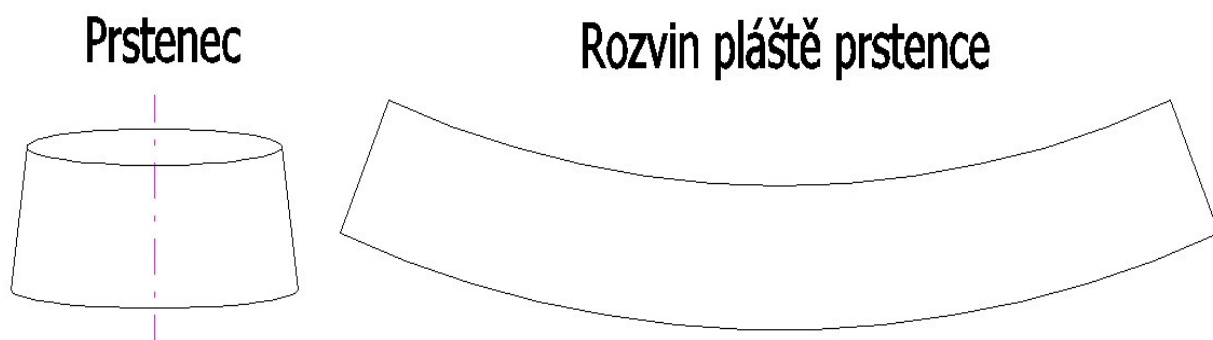
(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/strucny-popis-konstrukce-vetrne-elektrarny/19>)

8.2 Typy stožárů

8.2.1 Ocelový tubusový stožár

V Evropě se nejčastěji používá ocelový tubusový stožár. Nejběžnější výška je mezi 40 až 105 m. Jednotlivé stožáry jsou z důvodu přepravitelnosti rozděleny na segmenty po 25 metrech. Každý segment je svařenec. Na povrchu je použit žárový zinek anebo nátěr barvami. V České republice tyto stožáry vyrábí chrudimská společnost SIAG. V tomto výrobním závodu je vyprodukováno až 150 ks stožárů ročně, které jsou potom následně instalovány v zemích střední a jižní Evropy. K výrobě stožáru je použit plech třídy S355K2, J2, JR, JO+N. Tento plech není zařazen mezi české normy, takže ho můžeme jen připodobnit k 11 523.1, liší se vrubovou houževnatostí a svařitelností. Tepelná úprava není potřeba, protože je dodáván normalizačně žíhaný v tloušťce 12 – 45 mm (případně až 70 mm). Tloušťky se liší v závislosti na umístění na stožáru. U patní části stožáru bývá tloušťka stěny 30 – 45 mm a naopak u vrcholu minimálně 12 mm. Plech je otryskán litinovými broky z důvodu odstranění koroze a nečistot. Pomocí kyslíko - acetylenového plamenu jsou vyráběny polotovary pro skružování. K vypalování dochází za použití třech hořáků současně. První z nich je pálicí ve směru svislém a další dva jsou použity k pálení úkosů velikosti $\pm 50^\circ$ s otupením na čele přibližně 3 – 5 mm. Další výrobní postup stožáru je uveden v příloze 1. [14]

Obr. 6: Ukázka rozvinu plechu a pláště

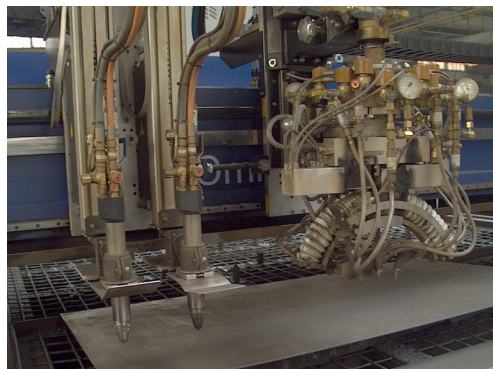


(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229>)

Obr. 7: Vypalovačka



Obr. 8: Detail trojice hořáků



Obr. 9: Vypájený polotovár



Obr. 10: Okraje vypálených plechů



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229>)

8.2.2 Příhradový stožár větrné elektrárny

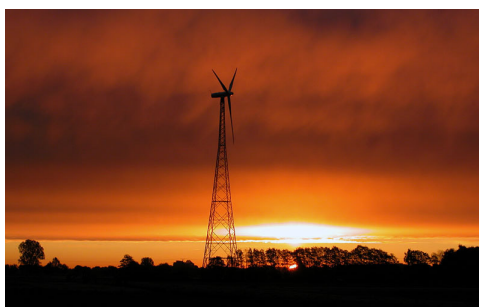
Tento typ stožárů se nepoužívá v Evropě tak často. Má oproti klasickému ocelovému tubusu dvě výhody, které lze uplatnit:

- Je ekonomicky výhodnější, pokud je vyžadován stožár nad 100m
- Má snazší přepravu z důvodu montáže a ž na místě stavby.

Další rozdíl mezi tubusovým a příhradovým je jeho viditelnost. Příhradový se v krajinném rázu v dálce ztrácí a nenarušuje tedy tolik ráz krajiny. Příhradový typ stožáru najdeme především na území Číny a Indie. V Evropě pouze ve výjimečných případech. Možná že ale jeho potřeba použití vzroste, protože současný trend je stavět stále vyšší stavby. Každý metr představuje 0,9% nárůst

k ročnímu vyrobenému množství elektřiny. Ve srovnání se stožárem 160 m a 100 m vysokým, bude u 160 - ti metrového o 35 – 45 % vyšší výroba elektrické energie. Pokud budeme hledat nejvyšší větrnou elektrárnu v Evropě, musíme zmínit Führländer 2500 (2,5MW), která je postavena na východě Německa. Její příhradový stožár je vysoký 160m a listy dosahují až do výšky 205m. [15]

Obr. 11: Nejvyšší větrná elektrárna v Evropě



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prihradovy-stozar-vetrne-elektrarny/228>)

Betonové patky tvořící základy pro tuto rekordní věž jsou od sebe vzdáleny 29m. Na konstrukci jsou použity standardní válcované L profily. Všechny prvky konstrukce jsou žárově zinkovány. Jejich spojení je provedeno pomocí pevnostních šroubů. Celková váha stožáru je 374 tun. V tomto konkrétním případě probíhala montáž od konce července do poloviny září, tedy necelé 2 měsíce. [15]

8.2.3 Betonový stožár větrné elektrárny

Jedná se o poměrně novou technologii, používanou zejména v Evropě. Podstatou je betonový stožár, který je až na místě stavby složen z jednotlivých dílů, které jsou tvořeny betonovými skořepinami s vnitřní ocelovou výztuží. Díly jsou malých rozměrů a dají se tedy dopravit do různých podmínek. [16]

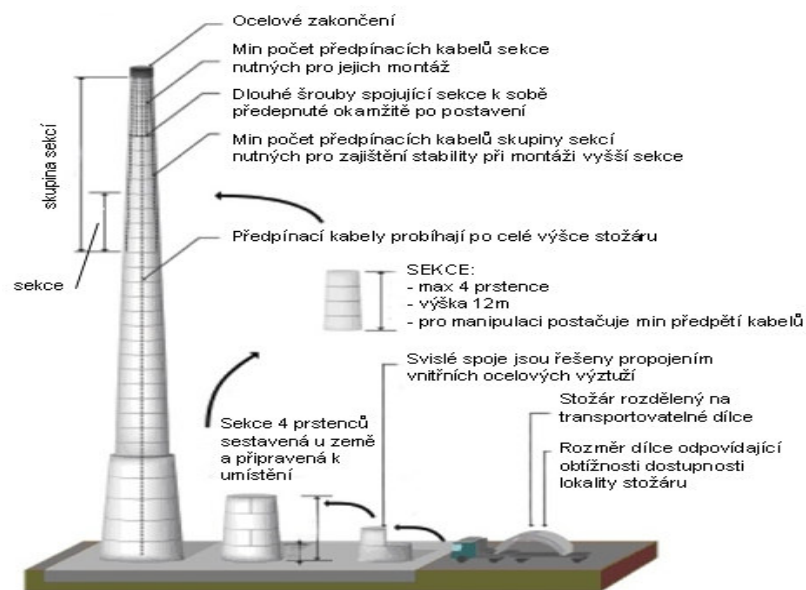
Výhody betonových stožárů:

- Jednoduchá přeprava na jakékoli místo díky malým dílům.
- Variabilita výšky díky skládání z dílů.
- Dlouhá životnost a nízké náklady na opravy .

- Rychlá montáž stavby a s minimálními následky na znehodnocení krajiny.
- Při použití výztuh stožáru z CFRP (polymer vyztužený uhlíkovými vlákny) se oproti stožáru s ocelovými výztuhami snižuje hmotnost o polovinu
- Betonový stožár převyšuje ocelový i tlumícími vlastnostmi. Následkem jsou menší vibrace a hluk.
- Vysoká odolnost proti korozi, které lze využít při instalaci na pobřeží a nebo u offshore větrných parků.
- Není potřeba speciální výroba, větrné elektrárny lze vyrobit z místních zdrojů.

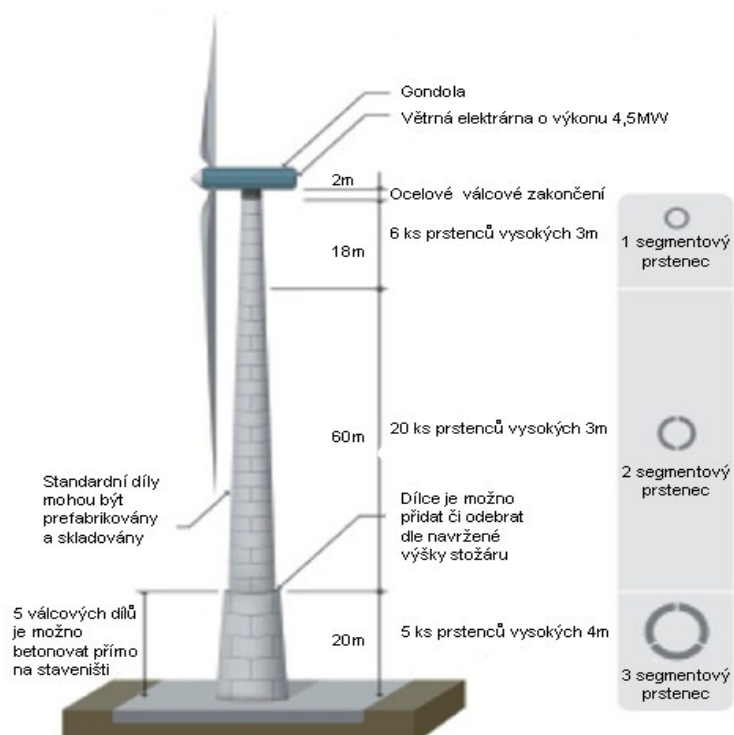
Betonový stožár je vhodný z ekonomického hlediska pro elektrárny s větším výkonem než je 1,35MW a vyšší než 80m. [16]

Obr. 12: Názorný popis vzniku předepjatého betonového stožáru



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>)

Obr. 13: Přehledné schéma předejatého betonového stožáru



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>)

Obr. 14: Základová poloskořepina včetně dveří



Obr. 15: Detail ocelové výztuže



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>)

Ze 4 prstenců se pak staví kuželovitá sekce stožáru. Sekce dosahuje maximální výšky 12m a její 4 prstence jsou navzájem propojeny předepínacími kabely. Předpětí kabelů je zde ale zatím minimální. Pomocí velkého jeřábu je pak sekce umístěna na svoji definitivní pozici. Při výstavbě roste se stožárem souběžně také podpůrná konstrukce. Na budovaný betonový stožár je z boku připojena konstrukce (protilehle dva příčnickové segmenty). Ty zajišťují vertikální stabilitu a po této konstrukci se také pohybuje montážní plošina, která stožár kompletně obíhá a umožňuje dělníkům pohodlnější montáž. První dva prstence se umísťují shora, což je vyobrazeno na obr. 16. [16]

Obr. 16: Umístění prvních dvou prstenců.

Obr. 17: Pohled na montážní plošinu



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>)

Sekce, která je umístěna na stožár, je ihned s tou spodní v místě sesazení propojena dlouhými předepjatými šrouby. 3 sekce poskládané na sebe tvoří skupinu sekcí, která je opět propojena předepjatými kabely. Teprve poté se může stavět další sekce. Na vrchol stožáru je umístěno ocelové zakončení, na které již přímo dosedá otočové ložisko gondoly. Celý stožár včetně ocelového zakončení je opět propojen předepínacími kabely. Stožár je ještě nutné vybavit vnitřními

komponenty a povrch stožáru se musí natřít barvou, chránící jej proti vnějším povětrnostním vlivům. [16]

Obr. 18: Celkový pohled na stožár



Obr. 19: Celkový pohled na stožár



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>)

8.3 Základy větrných elektráren

Nejtěžší částí větrné elektrárny je její základ, který se začíná budovat již několik týdnů před instalací. Pro představu velikostí a hmotností je uveden příklad větrné elektrárny VESTAS V90 s jmenovitým výkonem 2 MW:

Gondola a rotor:

- Průměr rotoru – 90m
- Hmotnost gondoly – 68 tun
- Hmotnost rotoru – 38 tun

Stožár:

- ocelový tubus vysoký 105m
- hmotnost stožáru 225 tun

Betonový základ:

- čtvercový základ 15,9 x 15,9 m, výška 1,8 – 2,0 m
- 500m³ betonu

- 1 104 tun betonu
- 40 tun ocelové armovací výztuže
- celková hmotnost betonového základu 1 144 tun [17]

Jako prvotní krok stavby větrné elektrárny musíme provést geologický výzkum podloží, abychom zjistili jeho stabilitu. Na základě výsledků se poté případně upraví podloží. Jednou z technologií je třeba míchání zeminy s cementem u sprašového podloží. Zemina se odebere dle potřeb půdy, promíchá se s cementem a poté se vrátí na původní místo. Jako příklad je uvedena stavba základů větrné elektrárny Vestas o výkonu 2MW a výšce stožáru 105m, jejíž postup je uveden v příloze 2. Základ nemusí být jen čtvercového průřezu, můžeme se setkat s různými druhy. [17]

Obr. 20: Šestiboký základ

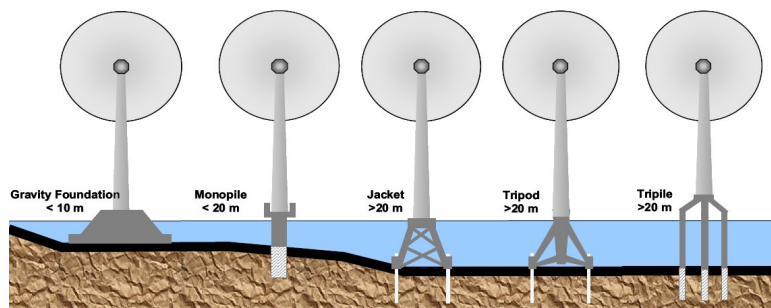


Obr 21: Kruhový základ



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektren/224>)

Obr. 22: Příklady možných typů základů



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektren/224>)

V některých případech lze použít i mikropiloty. Speciální základy jsou potom použity pro offshore větrné elektrárny, větrné elektrárny umístěné na moři.

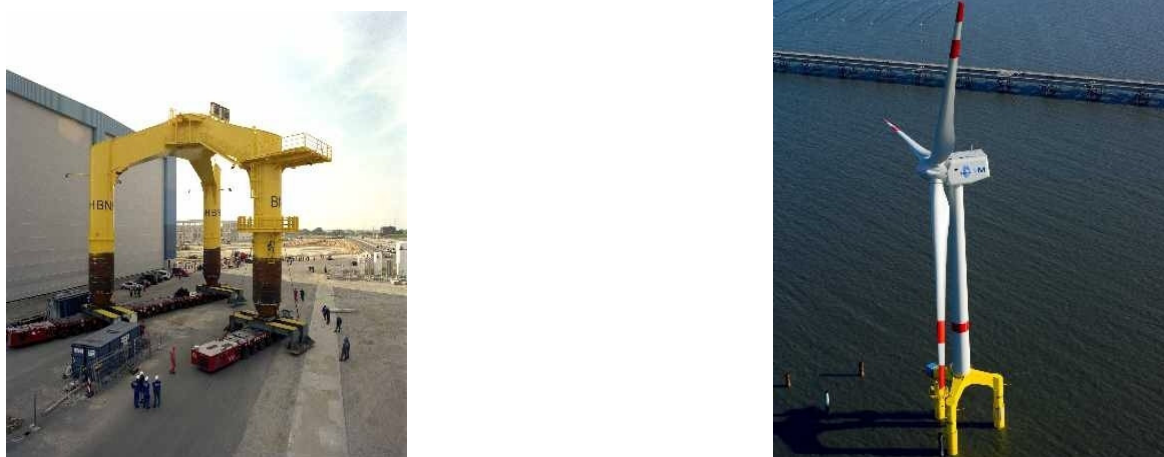
Obr. 23: Praktická ukázka výše uvedených mořských instalací



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektren/224>)

Na obr. 24 jsou znázorněny základy, které se používají u elektráren Off shore.

Obr.24: Ukázka základů pro off shore typu Tripile



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektren/224>)

8.4 Větrné motory je jejich rozdělení

8.4.1 Podle aerodynamického principu

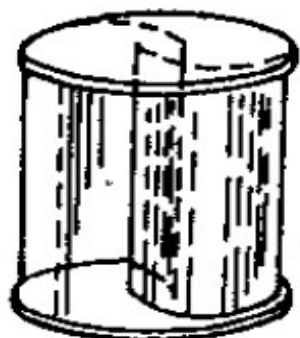
Jedná se o nejčastější typ rozdělení, které je nejdůležitější pro činnost motoru.

8.4.1.1 Větrné motory pracující na odporovém principu

Větrné motory pracující na odporovém principu jsou konstrukčně nejstaršími typy větrných motorů a mohou mít svislou i vodorovnou osu otáčení. Mohou se lišit z hlediska konstrukce, ale princip je založen na aerodynamickém odporu větru, který klade plocha natočená proti větru. Proud vzduchu je zpomalován a na ploše je vytvořena síla, která je poté přeměňována na rotační pohyb. Plocha se pohybuje menší rychlostí než proud vzduchu a přibližně stejným směrem, nastává tedy problém, jak ji dostat na původní místo. Toto je řešeno několika způsoby:

1. Funkční plocha je konstruována v takovém tvaru, aby při různých směrech pohybu byl různý odpor, příkladem je miskový anemometr. Mezi tyto typy motorů patří i **Savoniův rotor**, který se využívá v oblastech výkonů pod 1 kW. [18]

Obr. 25: Savoniův rotor [1]



Obr. 26: Miskový anemometr [1]



2. Krytím části rotoru, která se pohybuje proti větru, pomocí štítu, který se natáčí podle směru větru. [18]

3. Změnou se velikost plochy rotoru v závislosti na jeho pohybu, který může být buď ve směru větru anebo naopak. Tento princip se používal zejména u starých čínských motorů. [18]

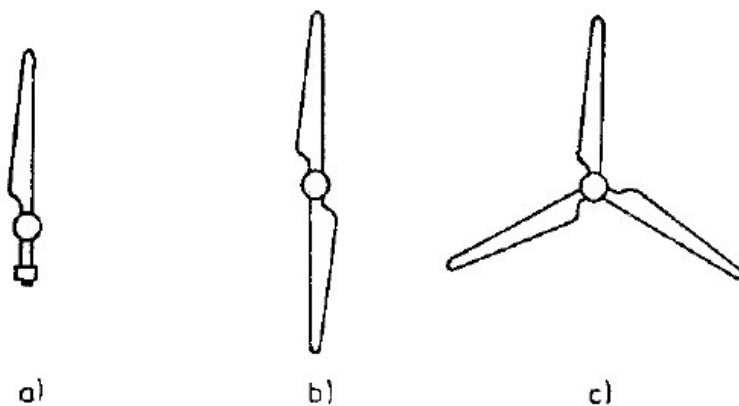
8.4.2 Větrné motory pracující na vztlakovém principu

Mezi tyto větrné motory patří vrtule a větrná kola, které mají vodorovnou osu otáčení a rovinu otáčení kolmo proti proudu větru. Nejvyšší možná dosažitelná účinnost zařízení je až 45 %. [18]

a) Vrtule

Počet listů vrtulí bývá obvykle ve dvou až třílistém provedení, ale používají se i jednolísté s protizávažím a čtyřlísté varianty. [18]

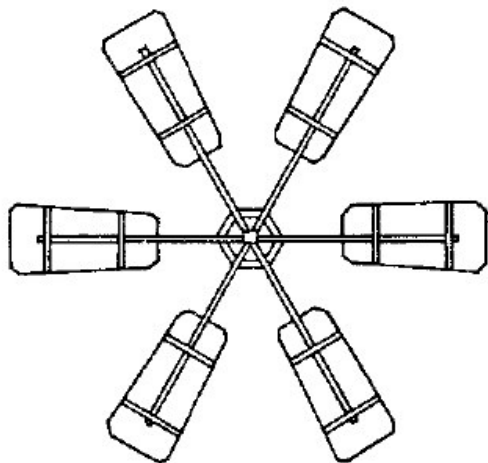
*Obr. 27: Uspořádání vrtulí větrných motorů:
a) jednolístá s protizávažím, b) dvoulístá, c) třílístá [1]*



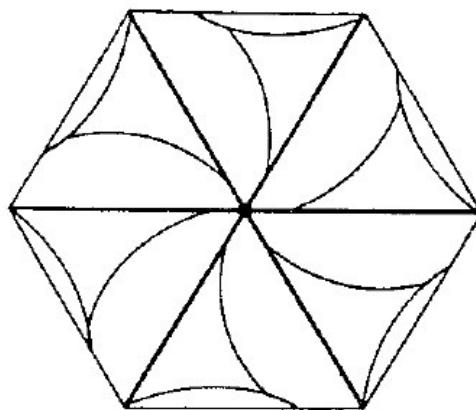
b) Větrné kolo

Používají se různé typy lopatkových kol. Větrná kola mají místo vrtulových listů lopatky. Většinou bývají jednoduché, plechové v počtu od čtyř až po několik desítek. Účinnost je 20 - 43% a využívají se pro výrobu elektrického proudu pro vlastní spotřebu a čerpání vody. [18]

Obr. 28: Rotor moderního větrného čerpadla se šesti plechovými lopatkami [1]



Obr. 29: Plachtový rotor větrného čerpadla používaný na Krétě [1]



Natáčení osy rotoru vrtulí a lopatkových kol se děje samovolně, když je rovina vrtule za osou natáčení gondoly, po směru větru (obr.31). U rotoru umístěného před stožárem, proti směru větru. Větší větrné motory mívají pomocná zařízení ke správné orientaci rotoru. U menších je to kormidlo. [18]

Obr. 30: Uspořádání rotoru (po větru) se samočinnou orientací rotoru



(Zdroj:<http://www.radio.cz/cz/clanek/67351>)

Obr. 31: Uspořádání rotoru (proti větru) s orientací rotoru pomocí kormidla

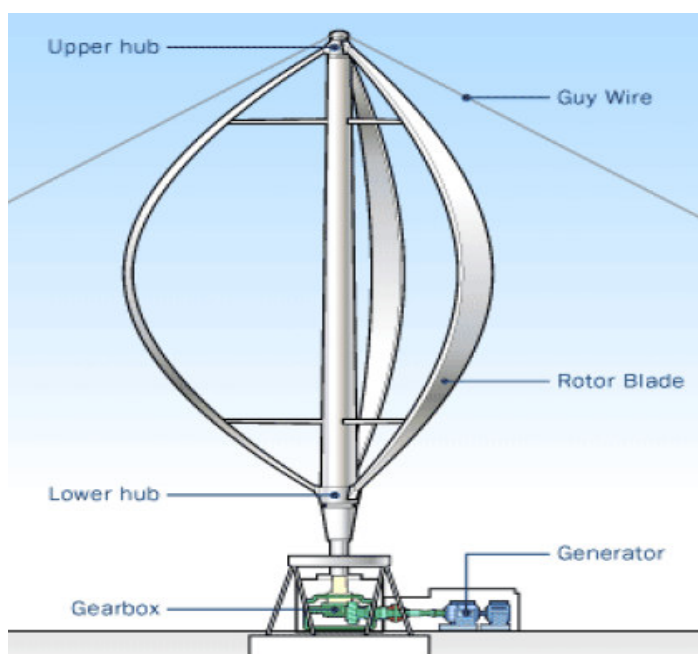


(Zdroj:<http://www.energ.cz/index.phtml?polozka=26>)

c) Darrieův rotor (obr. 32)

Darrieův rotor má svislou osu otáčení a je složen ze dvou až čtyř listů, které rotují kolem vertikální osy. Listy mají aerodynamický profil a jsou tvarovány tak, aby jejich namáhání odstředivými silami bylo co nejmenší. Darrieův rotor dosahuje účinnosti až 38% a není potřeba ho je natáčet podle směru. V praxi se ale moc nepoužívají a to z důvodu velkého dynamického namáhání na rozdíl od rotorů s vodorovnou osou. Používá se pro výrobu střídavého i stejnosměrného proudu. [18]

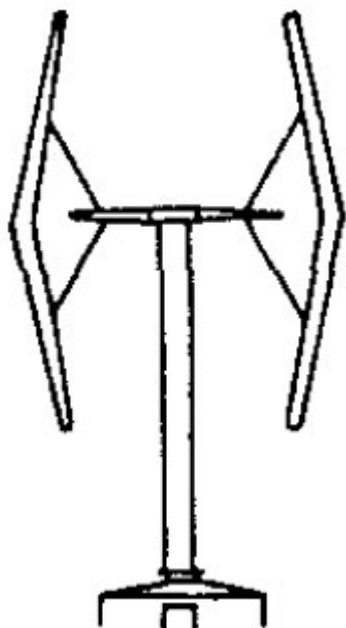
Obr. 32: Rotor Darrieus se zakřivenými lopatkami ve tvaru Φ



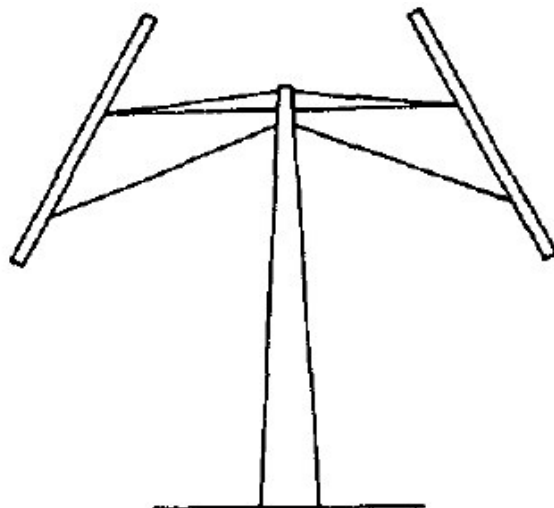
(Zdroj: <http://science.howstuffworks.com/wind-power1.htm>)

Darrieus zkonstruoval a nechal si patentovat i další typy vertikálních profilů listů rotorů. Jedním z nejvíce používaných typů je tzv. „giromill“ nebo profil ve tvaru písmene H (obr. 34). U těchto rotorů jsou použita namísto dlouhých “vejcovitých křídel” běžného Darrieova rotoru rovné svislé listy připevněné na hlavní stožár vodorovnými podporami. Rotory typu “giromill” jsou jednodušší na stavbu, ale jejich nevýhodou je hmotnost křídel. [18]

Obr. 33: Rotor Darrieus se svislou osou s listy ve tvaru H [1]



Obr. 34: Rotor Darrieus s prizmatickými listy [1]



8.4.3 Podle elektrického zařízení větrných elektráren

Generátory se u větrné stavby používají k přeměně kinetické energie větru na elektrickou energii. Elektřina je vytvářena nejčastěji pomocí synchronních a asynchronních generátorů trojfázového střídavého proudu. Jejich vlastnosti se pak mění podle typu elektrárny a to na základě toho, jestli pracuje samostatně anebo je zapojena do rozvodné sítě. [18]

a) Synchronní

Synchronní generátory, které jsou přímo připojené na rozvodnou síť mají konstantní otáčivou rychlost danou kmitočtem sítě a počtem pólů. Jsou vhodné k použití pro malé, střední i velké větrné elektrárny z důvodu velké účinnosti a širokého rozsahu práce s rychlostmi větru. Také se používají jako záložní zdroje v případě přerušení dodávky elektřiny. Jsou to nejčastější používané generátory.

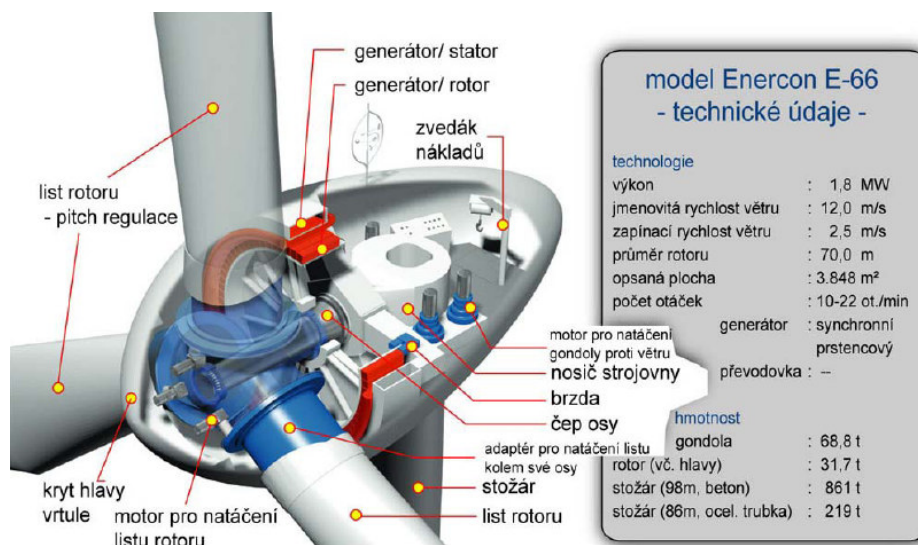
b) Asynchronní

Asynchronní generátory se používají vyrábějí střídavý proud a napětí a můžou se připojit k síti. K využití u větrných elektráren se využívají z důvodu jednoduchosti a nízkých pořizovacích nákladů. [18]

8.5 Bezpřevodkové větrné elektrárny

U bezpřevodkových větrných elektráren se využívá pomaloběžných vícepólových generátorů. Tento generátor dokáže pracovat s nízkými otáčkami rotoru, aby se dostal skluzem do generátorového režimu chodu a vyráběl elektrickou energii o správné frekvenci a napětí. Lze tedy poté propojit rotor větrné elektrárny přímo s rotorem generátoru jen přes spojku, tudíž není nutná převodovka. Čím méně součástí větrné elektrárny, tím je samozřejmě stavba výhodnější. I bezpřevodkové provedení má své nevýhody. Jednou z nich je velký průměr generátoru a to z důvodu velkého počtu pólů. Z hlediska výkonnosti se vyrábějí pro stejné rozpětí jako běžné převodkové elektrárny. Jedním z průkopníků výroby je německá společnost ENERCON, která vyrábí stavby až do výkonu 2 MW. [19]

Obr. 35: Schéma gondoly bez převodovky



(Zdroj: <http://www.windtechnology.cz/technologie.html>)

9 Velikost větrné elektrárny a její vývoj

Větrné elektrárny se stále vyvíjejí a to jak z hlediska velikosti, tak i výkonnostně. Výpočet výkonu větrné elektrárny, který dokazuje, že výkon je závislý na průměru rotoru:

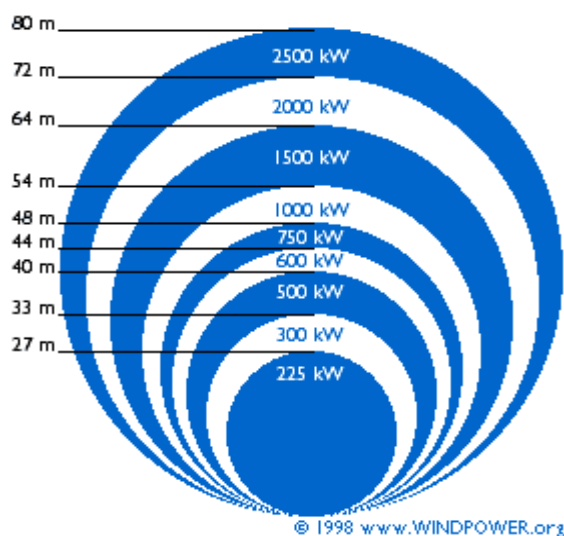
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot c_p \cdot S$$

P	...	výkon VtE [kW]
ρ	...	hustota vzduchu – 1,225 kg.m ³
V	...	rychlost proudění vzduchu [m.s ⁻¹]
C_p	...	výkonový součinitel
S	...	plocha rotoru [m ²]

(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>)

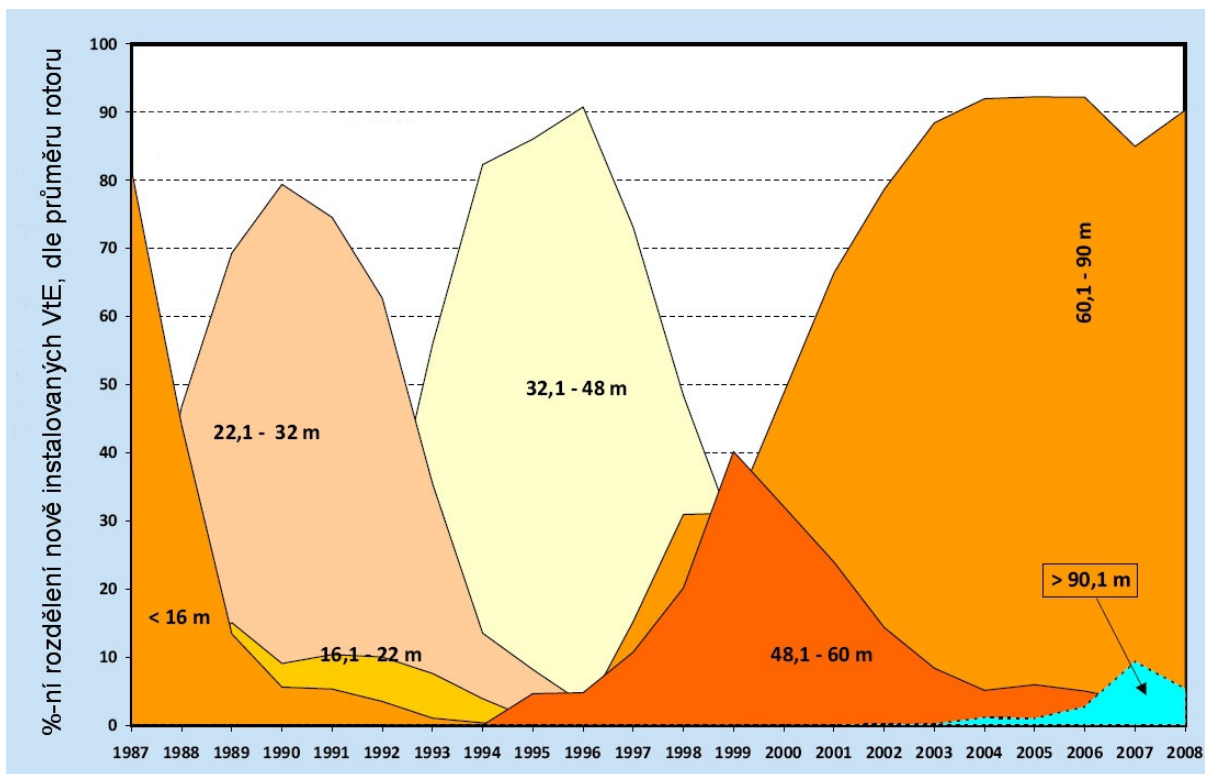
Na následujícím obrázku je jmenovitému výkonu přiřazena průměrná velikost rotoru.

Graf 3: Závislost jmenovitého výkonu VtE na průměru rotoru



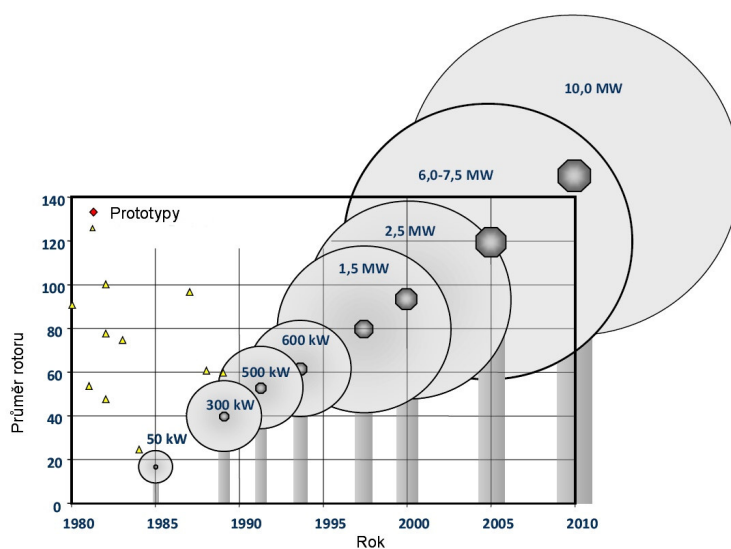
(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>)

Graf 4: procentní rozdělení nově instalovaných VtE (VtE jsou řazeny do skupin, dle průměru rotoru)



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>)

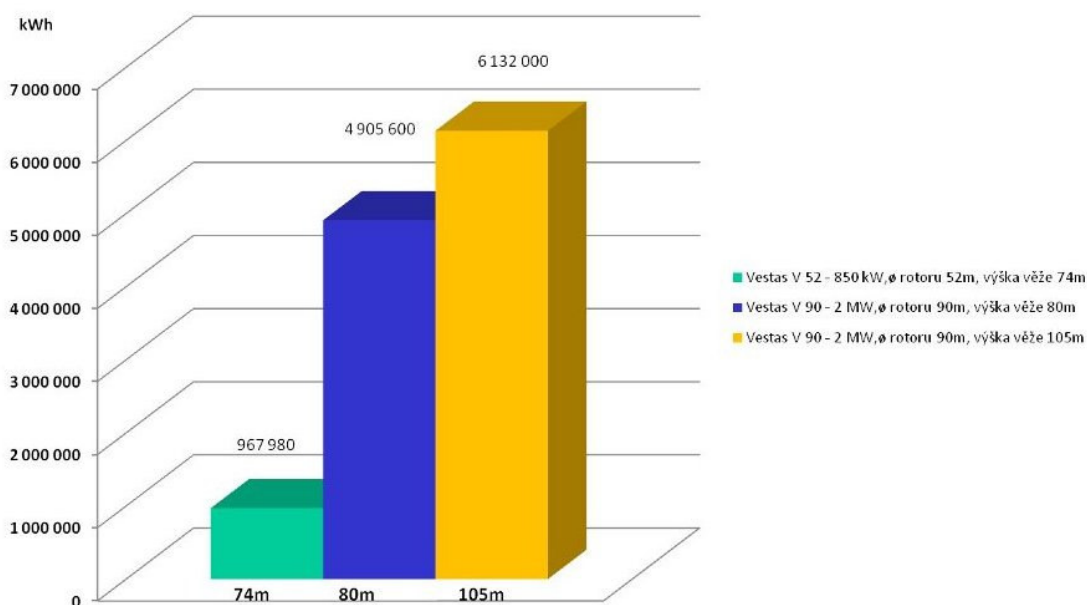
Graf 5: Vývoj velikosti VtE v čase



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>)

Z předchozích grafů můžeme vyčíst, že trendem výstavby dnešních větrných elektráren je tedy větší průměr rotorů a vyšší stožáry. A samozřejmě pokud máme k dispozici vhodnou lokalitu, cílem je maximální využití k získání co největšího množství energie. K dosažení cílů je výhodnější použít menší množství vyšších staveb, to z důvodu fyzikálních zákonů. Ve větších výškách proudí vzduch výrazně rychleji a větší rotor tedy sbírá energii pomocí větší plochy. Zvětšení rotoru o metry přinese nárůst plochy o stovky až tisíce metrů čtverečných. Pokud tedy zvýšíme výšku stožáru o 6 m a zároveň velikost rotoru, můžeme pozorovat výrazný nárůst produkce energie. Těchto výkonů nedosáhneme ani navýšením počtu menších elektráren. [20]

Graf 6: Roční výroba energie v závislosti na rozměrech VtE



(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>)

10 Větrné elektrárny na moři

Větrné elektrárny již nepatří jen pevninám. Ať už je v tom nedostatek místa nebo ambice, stěhují se z mořských mělčin dál do větších hloubek. Plány ukazují stavbu tzv. offshore větrných farem. Tento směr se velmi dynamicky vyvíjí a to nejen

z hlediska výkonu, ale i jejich umístění a ukotvení. Využití moře je přitom projekt stejně starý jako počátky větrných elektráren.

Na přelomu 70. a 80. let byla společností Nordtank v Dánsku postavena na východním pobřeží Jutského poloostrova u Ebeltoftu větrná farma s 16 stroji s 65 kW instalovaného výkonu. Větrné elektrárny nestály přímo ve vodě, ale bylo pro ně vybudováno umělé kamenné molo. V severní části ostrova Amger na okraji Kadaně vyrostly poté ještě větší stroje. I v tomto případě byly použity kamenné hráze. Tyto elektrárny větrné farmy Lynetten s jednotlivými výkony 600 kW jsou vidět přes záliv od Malé mořské víly v Kodani. Dánsko bylo tedy průkopníkem a i v dnešní době je stále na čele budování větrných elektráren. [21] [22]

10.1 Historie

V mělčinách moří můžeme najít offshore větrné parky ze začátku devadesátých let minulého století. První z nich byl postaven severním směrem od pobřeží ostrova Lollandu u městečka Vindeby. Jednalo se o 11 větrných elektráren Bonus s jednotlivým výkonem 450 kW a provoz byl spuštěn v říjnu roku 1991. Ročně tyto elektrárny vyprodukují průměrně 10,6 mil kWh. Instalovaný výkon je tak využit téměř z 25 % a je tedy důkazem, že jsou využity lepší větrné podmínky než na souši. Vítr je tu mnohem kvalitnější z hlediska rychlosti, pravidelnosti a výskytu turbulencí. S rostoucími výkony elektráren, jež dosáhly v polovině 90.let přes hranici 1 MW a ještě před příchodem roku 2000 už dosahovaly hranice 2 MW, se více a více stěhují větrné elektrárny na moře. A tomuto směru je přizpůsobována jejich výroba. [21] [22]

10.2 Politická podpora

Na podporu rozvoje větrných elektráren byl vyhotoven dánský vládní program Energy 21, jenž má za cíl postavit do roku 2030 na moři větrné elektrárny s celkovým instalovaným výkonem 4000 MW. Co se týče pevnin, tam je počítáno s nižší hranicí a to s výkonem 1500 MW výkonu. Je to opačný stav než je současnost, kdy moře zaujímá asi 500 MW a na souš připadá 2600 MW. Dánská vláda tedy směřuje svůj plán ke stoprocentnímu pokrytí potřeby elektřiny.

Kompenzace výkyvů bude probíhat mezi skandinávskými zeměmi a to především výkonem hydroelektráren v Norsku a Švédsku. V tomto programu je počítáno s investicí 48 miliard DKK, což je v přepočtu asi 155 mld. Kč. Jedná se tedy o největší světovou investici v této oblasti. [21] [22]

10.3 Stavební potenciál

Pro použití na moři mají výrobci mnohem volnější ruku. Jedná se o nevýkonnější stroje vycházející ze staveb na souši a není třeba se tolik omezovat v jejich hlučnosti či omezovat jiné parametry na úkor jejich výkonu. Větrné farmy v mělčinách mohou sloužit jako příbytky pro mořský život a zároveň jeho ochrana před rybolovem. V podstatě by se svou obaleností mohly podmínkami přirovnat k podmořským vrakům lodí. Samostatnou kapitolou je stavba, především však uložení a ukotvení elektráren na mořském dně. U prvních větrných farem bylo použito tradiční stavbařské kotvení k mořskému dnu. Větrná farma Middelgrunden v průlivu Oresund má unikátní způsob kotvení. Těchto dvacet větrných elektráren Bonus s výkonem po 2 MW bylo instalováno v lince 3,4 kilometrů na konci roku 2000. Díky vlastní hmotnosti stojí tyto stavby bez kotvení jen na urovnané plošině. Základem těchto elektráren je železobetonová deska o průměru 16,7 až 17,6 metru. Z té potom vyrůstá betonovaná slabší část s tvarováním proti působení ledu, pokud by mělo dojít k výjimečnému zamrznutí průlivu Oresund. Výška těchto základů je 8 až 11,3 metru podle místa uložení. Základové desky byly betonovány v suchém bazénu a z nich poté dopravovány speciálním plavidlem a pomocí GPS systému přesně umístěny. Následně byly nainstalovány stožáry, hlavice a rotor pomocí speciálních mořských jeřábů. Tyto elektrárny dosahují výše 60 metrů s průměrem rotoru 76 metrů. Provoz tohoto větrného parku lze sledovat na internetových stránkách www.midrdelgrund.com, kde jsou zobrazeny aktuální klimatické podmínky, okamžitý výkon jako celku a zároveň i jednotlivých staveb včetně dalších technických podrobností. Lze se tu dočíst například i o počtu hodin v provozu či dodané kWh do sítě. Dánové se na stavbě mohli podílet i finančně a to nákupem více než 40 tisíc akcií po 4250 DKK (asi 16 tis. Kč), s minimálním garantovaným výnosem 7,3 % během prvních deseti let. Celkové náklady na

stavbu pokryly ze 47 % právě akcie a zbylou část proinvestovala elektrárenská společnost SEAS a také samo město Kodaň. [21] [22]

10.4 HORNS REVA 160 MW

Rok 2002 byl mezníkem velikosti. V Dánsku byla postavena největší mořská větrná farma ve vzdálenosti 16 km západně od Esbjergu, na mělčině Horns Rev v Severním moři. Celkem se jedná o 80 větrných elektráren Vestas V80-2,0 MW v „offshore“ provedení v 10 řadách po 8 kusech s celkovým instalovaným výkonem 160 MW a její kapacita byla využita z více než 40 %. Velikost investice na výstavbu, včetně servisních služeb, byla 1 miliarda DKK, což je v přepočtu 3,6 mld. Kč. Investorem se stala dánská elektrárenská společnost ELSAM. Pokud bychom srovnali náklady na jadernou elektrárnu Temelín, tak u té bylo spotřebováno 100 mld. Kč. Co se týče provozních nákladů, tak rozhodně vede větrný park, protože má minimální počet zaměstnanců, žádné náklady na palivo, žádný odpad, mnohonásobně rychlejší energickou návratnost, snadnou údržbu a v podstatě žádná rizika pro životní prostředí. [21] [22]

10.5 Sporné body

Rozvoj větrných elektráren sebou přináší řadu problémů jako jsou finanční prostředky, rozdělení přímořských oblastí, začlenění se do rozvodové sítě a samozřejmě střety s ochranářmi životního prostředí. Stavbě větrné elektrárny na moři předchází několik problémů. Mezi tyto problémy patří například zvolení stanoviště nebo získání povolení. Ve vzdálenosti přibližně do 12 mil, což je 22,2 km je potřeba žádat o povolení u příslušných úřadů dané země. Turbíny pro přímořské elektrárny jsou již předmětem testování a to s výkony 3 MW až 5 MW. [21] [22]

10.6 Integrace do elektrické sítě

Větrné elektrárny jsou stále výkonnější a je jich stále více. Naproti tomu je kolikrát elektrická síť beze změny a danou dimenzí pojmout určité množství elektrické energie. Při napojení větrných elektráren se musí počítat s více dodávkami, ale

hlavně je třeba připravit podmínky pro náhlé výpadky, které jsou spojeny právě s větrnými elektrárnami s důvodu jejich nestability.

Ze zkušeností v Dánsku a Německu vyplývá, že elektrická síť může pojmout zvyšující se množství větrných elektráren, ale s pomocí prognóz a plánování. Jinými slovy je nutné se zvyšujícími se investicemi do větrných elektráren potřeba investovat i do rozvodových sítí. Integrace distribučních sítí si jako hlavní cíl zvolila TSO (Transmission System Operators) a neměla by představovat technický problém. Na platbách by se měla podílet vláda a distributoři elektrické energie. Jak tomu bude nakonec zatím zůstává nezodpovězeno. Jedním z kroků je také zkoumání vlivu elektráren na dané prostředí ještě před tím, než je oblast nabídnuta budoucím investorům. [21] [22]

11 Větrné elektrárny na poušti

Obr. 36: Větrné elektrárny v Kalifornii



(Zdroj: <http://www.energy.ca.gov/wind/overview.html>)

V roce 2004 bylo v Kalifornii díky větrným elektrárnám energii vyprodukováno 4,258 mil elektrické energie, což je více než 1,5 % z celkové produkce státu. Pro představu je to množství, kterou by tato energie osvětila město o velikosti San Francisca. Více než 95 % větrných elektráren v Kalifornii, což je více než 13000 kusů, je umístěno ve třech lokalitách: Altamont Pass (východně od San Francisca), Tehachapi (jihovýchodně od Bakersfieldu) a San Geronio (nedaleko Palm Springs, východně od Los Angeles). V roce 2005 tyto oblasti vyprodukovaly 30 % veškeré světové produkce energie. Větrná energie je celkem kreativní pracovní příležitost. Podle American Wind Energy Association bylo díky ní od roku

1990 vytvořeno 1200 pracovních míst přímých v kalifornském větrném průmyslu a více než 4000 nepřímých. Celkově soukromé investice do větrné energie v Kalifornii představovaly v roce 1991 částku 3,2 biliónů dolarů. Menší turbíny mohou se používají na farmách, domech a firmách ve větrných oblastech, stejně tak jako podél pobřeží. [23]

12 Větrné elektrárny v arktických oblastech

První úspěšný projekt využívání větrné energie vznikl na Aljašce. Již několik let tu využívá energii malé pobřežní město Kotzebue. Elektrárny byly přizpůsobeny pro arktické podmínky. Instalace pokrývá spotřebu 200 domácností a to v 6 %. Celkově zde žije 3500 obyvatel. Projekt čítá 10 instalací větrných elektráren o výkonu 660 kW. [24]

12.1 Skellefteå Kraft – Uljabuouda

Obr. 37: Pohoří Uljabuouda



(Zdroj: [/www.aidea.org/AEA/Reports%20and%20Presentations/Wind-Turbine-Provides_Electricity-for-Arctic-Town_CADDET-Kotzebue-Article.pdf](http://www.aidea.org/AEA/Reports%20and%20Presentations/Wind-Turbine-Provides_Electricity-for-Arctic-Town_CADDET-Kotzebue-Article.pdf))

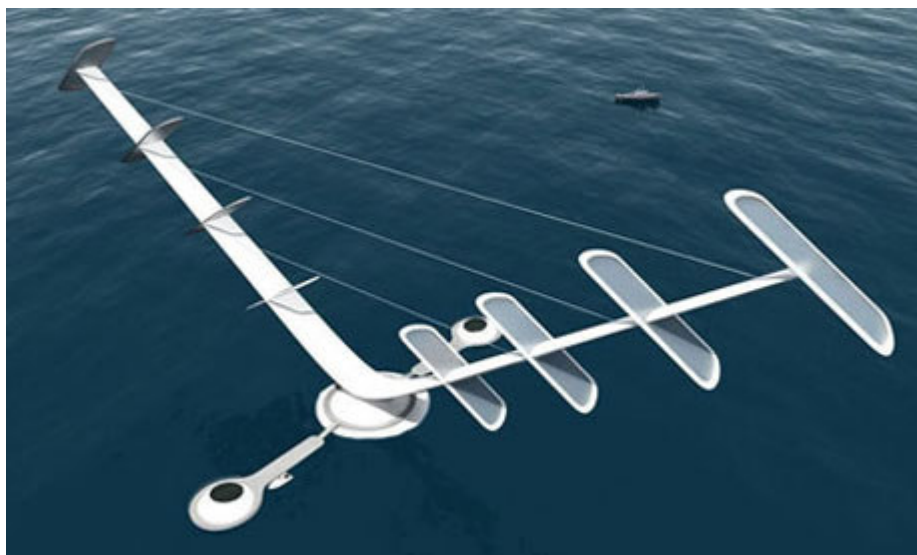
Skellefteå Kraft je první projekt větrných staveb nacházejících se v lokalitě pohoří Uljabuouda v Arjeplog Municipality ve Švédsku. Tyto nízké hory tvoří ideální podmínky, protože rychlost větru se tu pohybuje kolem 8 m/s. Větrná farma zahrnuje 10 turbín s celkovou produkcí 80 GWh a bude zásobovat elektřinou více než 3000 domácností. Projekt byl podroben monitorovacímu programu, který analyzoval potencionální dopad na faunu a flóru a obdržel certifikaci. Nízké teploty

jsou všeobecně problémem bránící provozu, a proto inovátoři vyvinuli speciální oteplovače, které brán usazování námrazy na křídlech, která by mohla odléhat od lopatek. Projekt započal v roce 2007 budováním infrastruktury. První čtyři elektrárny byly zapojeny do sítě na podzim loňského roku a zbylých šest bude uvedeno do provozu v letošním roce. [24]

13 Instalace budoucnosti

Vertikální větrná elektrárna s výkonem 9MW

Obr. 38: Vertikální větrná elektrárna s výkonem 9MW



(Zdroj: <http://www.guardian.co.uk/technology/2008/jan/29/wind.energy.aerogenerator>)

Tento inovativní model je ve tvaru písmene „V“, je 144 m vysoký a umožňuje vyprodukovat více než 9 MW elektrické energie, což je zhruba třikrát více než klasická větrná elektrárna stejné velikosti. Bude montován jako offshore a v tuto chvíli je ve fázi prototypu, který byl dodán Grimshaw Architects, postaven ve své zmenšené podobě a testován v Británii nedaleko pobřeží u města Blyth. Vertikální elektrárny mají určitě budoucnost. Jeden z problémů horizontální turbíny jsou nepřístupné převodovky a generátor, protože se nacházejí až na samém vrcholu stavby. To rovněž komplikuje údržbu. Design musí být přizpůsoben kvůli natočení

proti větru. Vertikální elektrárny mohou zachytit vítr jakéhokoliv směru a to jim zaručuje větší efektivnost práce bez použití dalších mechanismů. Vertikální elektrárny mohou být také výškově nižší. Bohužel tyto obří elektrárny s výkonem 9 MW neuvidíme dříve než v roce 2013. [25]

Další inovativní přístupy jsou zobrazeny na obrázcích v příloze č. 5.

14 Závěr

Podle vyhotovené studie společnosti Euroenergy pro rok 2010 se počítá s instalovaným výkonem ve větrných elektrárnách maximálně 1044 MW. Pokud by byl využit tento výkon z 20% mohla by výroba dosáhnout v roce 2010 až k hranici 1828 GWh. Do budoucna je pro výstavbu větrných elektráren počítáno zpravidla s plochami v nadmořských výškách nad 600 m, ale technologický vývoj jde do předu a v podstatě lze elektřinu za pomoci větru vyrábět takřka kdekoliv. Nejvíce jsou využívány pohraniční oblasti Jeseníků, Krušných hor či Českomoravské vrchoviny. Bohužel ta nejvhodnější místa často spadají do státem chráněných území, což je v důsledku o 60 - 70 % méně možností. Vzhledem k výšce stožáru 100 – 150 m je teoreticky možná i zalesněná plocha. Větrné elektrárny by se podle specialistů v nejbližších letech mohly objevit v severních Čechách, na severní Moravě případně na jižní Moravě a v Čechách západních. Naopak místem, kde se asi do budoucna s žádnou větrnou elektrárnou nesetkáme z důvodu nejhorších povětrnostních podmínek, jsou jižní Čechy. Například energetická Skupina ČEZ plánuje do roku 2020 investovat do rozvoje nových větrných elektráren zhruba 20 miliard korun. Pro Evropu bude zajímavý i projekt evropských zemí. Devítka tvořená Německem, Francií, státy Beneluxu, Velkou Británií, Dánskem, Irskem, Lucemburskem a Norskem má v plánu postavit a zprovoznit obrovské větrné elektrárny na pobřeží Severního moře, které plánují mezi sebou propojit po dně vedenými vysokonapěťovými kabely. Celková realizace by měla trvat až deset let. Celkové náklady jsou odhadovány na 30 miliard eur a tato síť by měla dosahovat šesti tisíc kilometrů.

Větrné elektrárny mají v současné době zelenou, protože v budoucnu bude stále více a více potřeba obnovitelných zdrojů energie. Nejčastěji diskutovanou otázkou využití větrných elektráren jsou přebytky energie. Tyto problémy se v současnosti řeší a posledním trendem je využití přebytku energie na elektrolýzu vody na kyslík a vodík. Dochází k ukládání vodíku, aby mohl být zpět přeměněn na elektrickou energii pro případ bezvětří. Nejedná se ale o 100% řešení, při tomto procesu dochází ke ztrátám. Dalším způsobem vyřešení přebytků energie je umístění velkých elektročlánků do elektráren, které by se zároveň napájel zemním plynem. Více o článku v příloze č.5. Univerzální řešení pro všechny elektrárny zatím neexistuje, ale určitě jednou bude k dispozici. V každém, případě využívání obnovitelných zdrojů je nutné a na místě je kombinace více výrobních technologií a hlavně vybudování celkového systému jako celku. Příkladem může být Dánsko, země, která dokazuje, že lze vyrábět energii pouze s využitím alternativních zdrojů. Na ostrově Samsó bude veškerá elektřina pocházet pouze z větrných mlýnů a teplo ze spalování slámy a dřeva. Uvidíme, kdo tyto poznatky využije v budoucnu. Jak říká lidové rčení: „Větru, dešti neporučíš“, však určitá možnost spolupráce a kooperace je určitě možná. [26] [27]

15 Zdroje

Zdroje citací

[1] Z historie využívání energie větru v českých zemích. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/clanky/detail/36>>

[2] FCC Public s. r. o. Z historie větrných elektráren. In *ELEKTRO*. Praha : FCC Public s. r. o., , 2005 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26559>. ISSN 1210-0889.

[3] JANOŠKA, M. *Větrné mlýny v Čechách, na Moravě a ve Slezku*. Praha : Nakladatelství Libri, 2003. 179 s.

[4] Mýty a fakta o větrných elektrárnách. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 04.05.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/myty-a-fakta-o-vetrnych-elektrarnach/69>>

[5] SEQUENS E., - HOLUB, P. *Větrné elektrárny: mýty a fakta*. Praha: Sdružení Calla a Hnutí DUHA, 2006. 32s. 2. aktualizované vydání. ISBN: 80-86834-09-03

[6] Provozované větrné elektrárny. Skupina ČEZ [online]. 2010, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/provozovane-vetrne-elektrarny.html>>

[7] Větrná energie v ČR 2009 - aktuální stav a výhled do budoucna. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 04.12.2009, [cit. 16.03.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/vetrna-energie-v-cr-2009-aktualni-stav-a-vyhled-do-budoucna/216>>

[8] Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 25.04.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z

WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/zakon-o-podpore-vyroby-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju-energie/89>>

[9] Evropská legislativa o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 14.11.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/evropska-legislativa-o-podpore-vyuzivani-obnovitelnych-zdroju-energie/195>>

[10] Směrnice 2001/77/ES o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 14.11.2009, [7] [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/smernice-2001-77-es-o-podpore-elektriny-vyrobene-z-obnovitelnych-zdroju-energie-na-vnitrim-trhu-s-elektrinou/196>>

[11] Směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 14.11.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/smernice-2009-28-es-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju-a-o-zmene-a-naslednem-zruseni-smernic-2001-77-es-a-2003-30-es/197>>

[12] Ekonomika větrné energetiky. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 20.05.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/clanky/detail/83>>

[13] Stručný popis konstrukce větrné elektrárny. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/strucny-popis-konstrukce-vetrne-elektrarny/19>>

[14] Ocelový tubusový stožár. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 08.01.2010, [cit. 21.04.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229>>

- [15] Příhradový stožár větrné elektrárny. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 06.01.2010, [cit. 16.03.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/prihradovy-stozar-vetrne-elektrarny/228>>
- [16] Prefabrikovaný betonový stožár větrné elektrárny. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 05.01.2010, [cit. 16.03.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/prefabrikovany-betonovy-stozar-vetrne-elektrarny/227>>
- [17] Základy větrných elektráren. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 04.01.2010, [cit. 16.03.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektraren/224>>
- [18] RYCHTENÍK, V. - JANOUŠEK, J. - PAVELKA, J. *Větrné motory a elektrárny*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 199s. ISBN: 80-01-01563-7
- [19] ENERCON GmbH [online]. 2004 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <http://www.enercon.de/en/_home.htm>.
- [20] Velikost větrné elektrárny a její vývoj. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 16.06.2009, [cit. 16.03.2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>>
- [21] FCC Public s. r. o. Větrné elektrárny na volném moři mají budoucnost. In *ELEKTRO*. Praha : FCC Public s. r. o., , 2007 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: < http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34656>. ISSN 1210-0889.
- [22] WWW.4-construction.com/cz [online]. 27.12.2009 [cit. 2010-04-12]. Vzdelavani-knihovna/clanek/ vetrne-elektrarny-miri-na-more/. Dostupné z WWW: <<http://www.4-construction.com/cz/vzdelavani-knihovna/clanek/vetrne-elektrarny-miri-na-more/>>.

- [23] [Http://www.energy.ca](http://www.energy.ca) [online]. State of California : California Energy Commission, 2009, 15.5.2009 [cit. 2010-04-12]. Wind/overview.html. Dostupné z WWW: <<http://www.energy.ca.gov/wind/overview.html>>.
- [24] Wind Turbine Provides Electricity for Artic Town. *Technical Brochure* [online]. 2001, 143, [cit. 2010-04-12]. Dostupný z WWW: <http://www.aidea.org/AEA/Reports%20and%20Presentations/Wind-Turbine-Provides_Electricity-for-Arctic-Town_CADDET-Kotzebue-Article.pdf>.
- [25] GRAHAM-ROWE , Duncan . [Http://www.guardian.co.uk](http://www.guardian.co.uk) [online]. 29.1.2008 [cit. 2010-04-12]. Technology/2008/jan/29/wind.energy.aerogenerator. Dostupné z WWW: <<http://www.guardian.co.uk/technology/2008/jan/29/wind.energy.aerogenerator>>.
- [26] [WWW.4-construction.com/cz](http://www.4-construction.com/cz) [online]. 21.3.2010 [cit. 2010-04-12]. Vzdelavani-knihovna/clanek/veterna-energie-s-plynem/. Dostupné z WWW: <<http://www.4-construction.com/cz/vzdelavani-knihovna/clanek/veterna-energie-s-plynem/>>.
- [27] KÁRA, J. - ADAMOVSKEÝ, R. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Mze ČR, 1993.

Seznam použitých obrázků

- Obrázek 1: Větrné elektrárny Věžnice (www.cez.cz)
- Obrázek 2: Větrná elektrárna Dlouhá louka (www.ufa.cas.cz)
- Obrázek 3: Skladba ceny elektřiny v domácnostech za rok 2008 (www.csve.cz)
- Obrázek 4: Rozdíl mezi horizontální (HAWT) a vertikální konstrukcí (VaWT) (<http://1.bp.blogspot.com>)
- Obrázek 5: Typologie větrných elektráren (www.csve.cz)
- Obrázek 6: Ukázka rozvinu plechu a pláště (www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229)
- Obrázek 7: Vypalovačka (www.csve.cz)
- Obrázek 8: Detail trojice hořáků (www.csve.cz)
- Obrázek 9: Vypájený polotovar (www.csve.cz)
- Obrázek 10: Okraje vypálených plechů (www.csve.cz)
- Obrázek 11: Nejvyšší větrná elektrárna v Evropě (www.csve.cz)
- Obrázek 12: Názorný popis vzniku předepjatého betonového stožáru (www.csve.cz)
- Obrázek 13: Přehledné schéma předepjatého betonového stožáru (www.csve.cz)
- Obrázek 14: Základová poloskořepina včetně dveří
- Obrázek 15: Detail ocelové výztuže (www.csve.cz)
- Obrázek 16: Umístění prvních dvou prstenců (www.csve.cz)
- Obrázek 17: Pohled na montážní plošinu (www.csve.cz)
- Obrázek 18: Celkový pohled na stožár (www.csve.cz)
- Obrázek 19: Celkový pohled na stožár (www.csve.cz)
- Obrázek 20: Šestiboký základ (www.csve.cz)
- Obrázek 21: Kruhový základ (www.csve.cz)
- Obrázek 22: Příklady možných typů základů (www.csve.cz)
- Obrázek 23: Praktická ukázka výše uvedených mořských instalací (www.csve.cz)
- Obrázek 24: Ukázka základů pro off shore typu Triple (www.csve.cz)
- Obrázek 25: Savoniův rotor [1]
- Obrázek 26: Miskový anemometr [1]
- Obrázek 27: Uspořádání vrtulí větrných motorů [1]
- Obrázek 28: Rotor moderního větrného čerpadla se šesti plechovými lopatkami [1]
- Obrázek 29: Plachtový rotor větrného čerpadla používaný na Krétě [1]
- Obrázek 30: Uspořádání rotoru (po větru) se samočinnou orientací rotoru (www.radio.cz)

Obrázek 31: Uspořádání rotoru (proti větru) s orientací rotoru pomocí kormidla
(www.energ.cz)

Obrázek 32: Rotor Darrieus se zakřivenými lopatkami ve tvaru Φ
(<http://science.howstuffworks.com>)

Obrázek 33: Rotor Darrieus se svislými listy [1]

Obrázek 34: Rotor Darrieus s prizmatickými osou s listy ve tvaru H [1]

Obrázek 35: Schéma gondoly bez převodovky (www.windtechnology.cz)

Obrázek 36: Větrné elektrárny v Kalifornii (www.energy.ca)

Obrázek 37: Pohoří Uljabuouda (www.aidea.org)

Obrázek 38: Vertikální větrná elektrárna s výkonem 9MW (www.guardian.co.uk)

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Stupnice hlučnosti (archív ČSVE)

Tabulka 2: Výkon instalovaný ve větrných elektrárnách zemí EU (ke konci roku 2008)
(www.ewea.org)

Tabulka 3: Srovnání výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů (www.csve.cz)

Seznam použitých grafů

Graf 1: Vývoj ceny elektřiny 2004 – 2008 (www.csve.cz)

Graf 2: Výkupní ceny obnovitelných zdrojů energie a růst ceny silové elektřiny
(www.csve.cz)

Graf 3: Závislost jmenovitého výkonu V_tE na průměru rotoru (www.csve.cz)

Graf 4: Procentní rozdělení nově instalovaných V_tE (www.csve.cz)

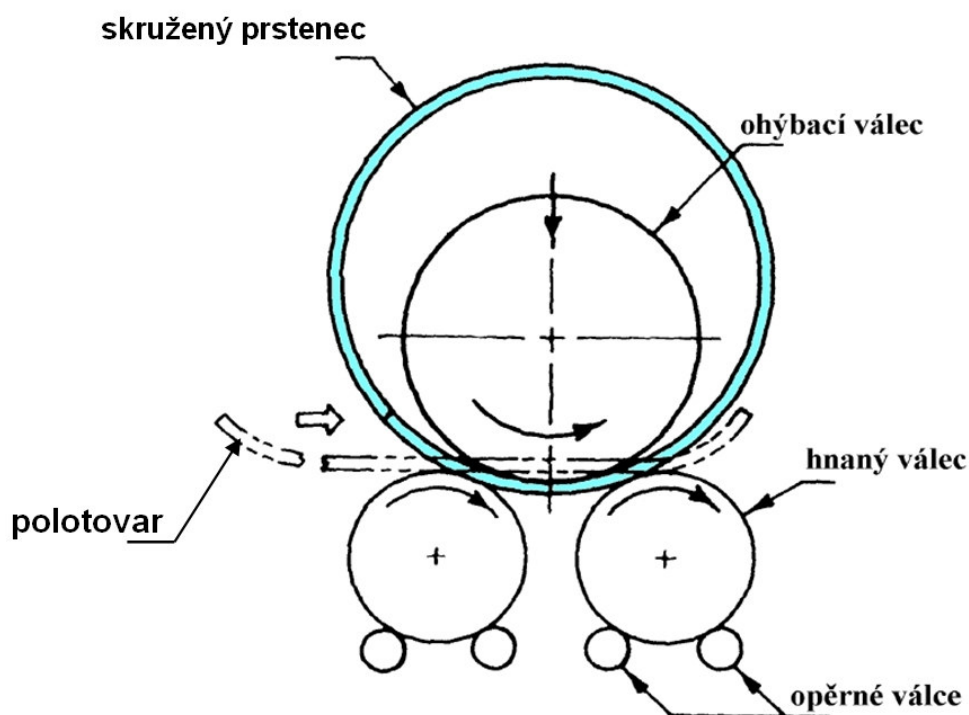
Graf 5: Vývoj velikosti V_tE v čase (www.csve.cz)

Graf 6: Roční výroba energie v závislosti na rozměrech V_tE (www.csve.cz)

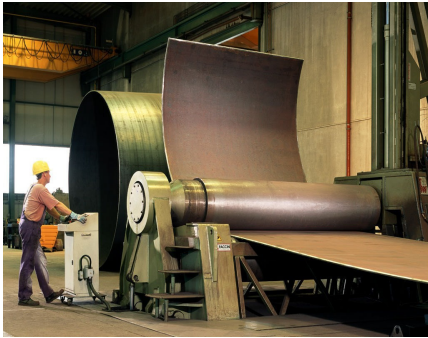
16 Přílohy

Příloha 1:

Skružování probíhá na válcové skružovací stoličce, přičemž skružovaný průměr bývá 1,5 – 4,5m. Vlastní skružování probíhá na tří- či čtyřválcové skružovací stoličce a to na několikrát (celý polotovar se musí několikrát protočit, než je dosaženo potřebného průměru). Je ale snahou technologů, aby se skružení dařilo zvládnout na jedno protočení. Při skružování bývá problém, že se prstenec „bortí“ svojí vlastní vahou a je tedy nutné jej podepírat pomocnými rameny. Tvarová kontrola se zde provádí pomocí šablon, protože proměřování u takto rozměrných prstenců není prokazatelné. Takto se připraví všechny prstence, ze kterých se pak svařují jednotlivé segmenty stožáru.



Princip skružování na 3 - válcové stoličce



Skružování plechu v praxi



Skružené prstence



Již skružený prsteneček



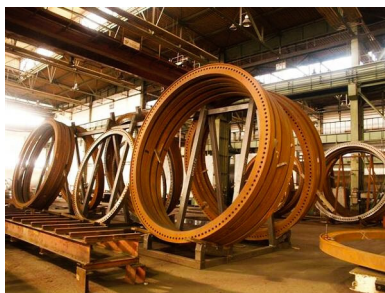
Skružené prstence

Na každém prstenci pak musí dojít ke svaření podélného spoje. Nejdříve se provede sestehování na několika místech budoucího svaru. Potom se provede podvaření po celé délce svaru, to vše svařovací metodou MAG - svařování tavící se elektrodou v aktivní ochranné atmosféře (u nás je metoda známa pod lidovým označením CO₂). Prsteneček pak již drží svůj tvar a tak je spoj možné dokončit (vyvářit zbývající část svaru) metodou „svařování pod tavidlem“.



Dvě krajní hubice dopravují sypké tavidlo (čelní hubice jej sype, zadní jej odsává) a dvě vnitřní hubice fungují jako svařovací elektrody, ze kterých je podáván přídatný materiál ve formě drátu do tavné lázně

U svařování pod tavidlem je oblouk zapalován mezi svařencem a koncem svařovacího drátu, přičemž obojí je pokryto vrstvou tavidla (odtud název "pod tavidlem"). Část tavidla se roztaví a vytvoří ochranný struskový kryt nad tavnou lázní. Tavidlo je sypáno z hubice před lázní a zbytek tavidla se odsává další hubicí za lázní a používá se znovu. Segment stožáru je pak složen z několika prstenců. V první fázi se nejdříve přivaří příruby pro šroubové spojení segmentů na krajní prstence. Příruby vznikají z obdélníkového profilu skružením za tepla. Používá se na ně jemnozrnné svařitelné oceli S355NL (11 503 dle ČSN). Do kruhové příruby se ještě na horizontální frézce vyvrtají otvory pro šrouby. Otvorů, resp. budoucích šroubů bývá 60 – 160 v jedné kruhové přírubě, to dle jejího průměru a umístění ve stožáru.



Přípravené příruby pro navaření na čela jednotlivých segmentů stožáru

Aby příruby horního a spodního segmentu na sebe při konečné montáži stožáru přesně „seděly“, sešroubují se vždy 2 příruby k sobě a takto se přivařují ke krajním prstencům. Příruba se přivaří na krajní prstenec horního segmentu a ihned po té se k druhé přírubě přivaří prstenec spodního segmentu.



Přivaření příruby ke krajnímu prstenci.

Svařování probíhá při smontovaných dvou přírubách. K nim se přivařují krajní prstence budoucího horního i spodního segmentu.

Když jsou připraveny krajní prstence, přichází na řadu sestavení a svaření celého segmentu. Prstence jsou díky své velikosti manipulovány portálovými jeřáby. Postupné svařování celého segmentu probíhá ve svařovacím přípravku, který umožňuje jeho otáčení okolo podélné osy. Ke krajnímu segmentu se do přípravku umístí následující segment. Je snaha, aby čelní plochy těchto prstenců na sebe dosedaly naprosto přesně, bez žádné mezery po celém obvodu. Provede se úvodní zavaření kořenové housenky metodou MAG a potom se celý svár dokončí svařováním pod tavidlem. Takto se postupně k sobě přivařují všechny segmenty. Poslední segment se pak musí před přivařením ustavit do takové polohy, aby obě příruby segmentu byly ve správné vzdálenosti a poloze. Sice existuje možnost dorovnání přírub po zavaření (tím, že je zafrézujeme pomocí speciální frézky na otočném rameni), ale nyní se výrobní proces posunul to takových přesností, že je to třeba jen ve výjimečných případech. Pokud totiž přírubu zafrézujeme, snižujeme její tloušťku a tedy i její pevnost. Jak je vidět z následujícího obrázku, svařovací automat (svařování pod tavidlem) je umístěn na dlouhém posuvném rameni. Toto rameno je vsunuto do segmentu, až na místo obvodového svaru. Automat je stacionární a otáčí se prstencem.



Rameno se svařovacím automatem je umístěno do tubusu.

Celý tubus se otáčí okolo podélné osy, pomocí přípravku (značeno šipkou) na kterém je umístěn.

Metoda svařování pod tavidlem byla vybrána pro tuto aplikaci, protože se jedná o velmi efektivní metodu svařování. Nyní se již používá tandemový proces, kdy jsou

naráz zapojeny dvě svařovací hubice, tedy dva svařovací dráty. Rychlost svařování se pak pohybuje na hodnotě 70-80 cm/min (u 1 hubice je svařovací rychlost 55 cm/min). Přípravek, ve kterém je umístěn segment, se otáčí, a tak může dojít k zavaření celého prstence bez přerušení. Většinou se z vnější strany vaří jeden svar a z vnitřní strany se vaří min. 2 svary. Přídavný materiál se používá ve formě drátu o \varnothing 4 mm. U nízkouhlíkových ocelí s vyšší pevností vzrůstá uhlíkový ekvivalent (CE nebo CEW) obvykle s rostoucí tloušťkou stěny. Navíc tloušťka stěny zajišťuje intenzivnější odvod tepla během svařování. Musí se proto předcházet zkřehnutí v tepelně ovlivněné oblasti a praskání za studena (předehřev, správné vnesené teplo, vícevrstvé svařování a nízký obsah difuzního vodíku v přídavných materiálech). Z vnější strany segmentů se proto umísťují plynové hořáky, které předehřívají oblast svaru. Předehřev se používá u jemnozrnných ocelí, tedy při svařování příruby k prstenci, v okolí dveří a u tloušťek materiálu větších, než 25mm. Potřebná teplota předehřevu se počítá dle EN 1011.



Plynové hořáky kontinuálně předehřívají oblast svaru

I u takto dlouhých svařenců jsou předepisovány vcelku dosti přísné tvarové tolerance. Například rovinnost příruby se musí pohybovat v rozmezí 1,5 – 2 mm, vlny na čele příruby mohou být max. 0,5 mm, měřeno ve 30° výsečích. Při výrobě jsou předepsány velmi přísné kontrolní postupy. Jestliže se začíná s výrobou nového typu věže, je předepsána 100% kontrola svarů ultrazvukem a opticky a 20% kontrola svarů magnetickou rezonancí. Pokud se odhalí chyba ve svaru, předpisy dovolují pouze jednu opravu špatně zavařeného místa. Pokud je již výroba daného stožáru zavedena, snižuje se postupně podíl kontroly svarů ultrazvukem až na 20%.

UT (ultrazvukové testování) - zkouška pomocí ultrazvuku

Ultrazvuková metoda umožňuje zjistit přítomnost vnitřních vad materiálu, a to i ve velké hloubce pod povrchem. UT metoda má největší dosah ze všech nedestruktivních metod zkoušení materiálu. Princip ultrazvukové metody využívá skutečnosti, že pevné materiály (kovové i nekovové) jsou dobrými vodiči zvukových vln. Ultrazvukové vlny vyslané do materiálu se odrážejí od každého rozhraní, a tedy i od vnitřních vad (nehomogenit). Čím vyšší je frekvence vlnění, tím menší vady je možno detekovat. Pro zkoušení se využívají frekvence od 0,5 MHz do 25 MHz.

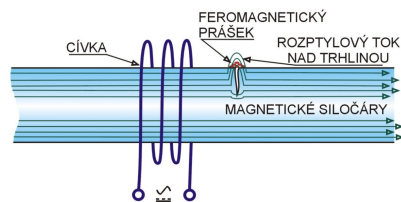
VT (vizuální testování) optická kontrola

Metoda je zaměřena na zjišťování a hodnocení stavu (vlastností) povrchů výrobků či součástí pouhým okem, nebo pomocí speciálních přístrojů či zařízení. Metoda VT je využívána při klasické nedestruktivní kontrole, kdy hledáme vady jako třeba trhliny, zápaly, povrchové póry, dále zjišťujeme tvarové odchylky - měříme a hodnotíme lineární přesazení, převýšení kořene svaru, přesazení forem u odlitku, dále kontrolujeme stav povrchu.

MT (magnetické testování)

MT jsou zjišťovány povrchové a podpovrchové vady typu trhlin, prasklin, pórů, vměstků apod. feromagnetických materiálů (Fe).

Vhodným zmagnetováním feromagnetického materiálu dojde k jeho magnetickému nasycení. Případná vada v materiálu má jiné magnetické vlastnosti - většinou bývá nemagnetická (vzduch v trhlíně, struska, plyn v póru). V místě vady dochází k deformaci magnetického pole, jeho siločáry vystupují nad povrch. Vzniká tzv. rozptylový magnetický tok, který je nositelem informace o místní změně magnetických vlastností. Na povrch materiálu se nanáší jemný feromagnetický prášek, jenž se magneticky přichytí na povrch, avšak pouze v místě rozptylového toku. Prášek na povrchu vytváří indikaci, zobrazující reliéf rozptylového toku způsobeného vadou. Indikace se hodnotí na základě vizuálního vjemu barevného nebo jasového kontrastu. Detekční schopnost metody začíná při šířce vady v jednotkách tisícín milimetru.



Princip magnetického testování



Do segmentu stožáru se ještě musí vevarit úchyty pro budoucí technologie (žebřík, kabelový rošt, výtah...)

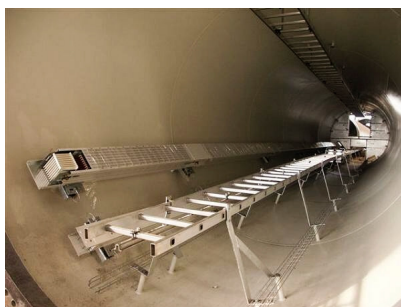
„Dovybavení“ segmentu stožáru úchyty pro jeho budoucí vnitřní technologie Segment je poté již připraven pro povrchovou úpravu. Nejprve se celý segment znovu otryská, aby se z povrchu odstranily nečistoty. Dle technologického postupu se pak musí do několika hodin nanést barva. Většinou se používá technologie stříkání. Velice často si zákazník předepisuje polyuretanovou barvu. Tloušťka stříkaného povrchu se pohybuje okolo 240 μm.



Nástřik barev na segment stožáru

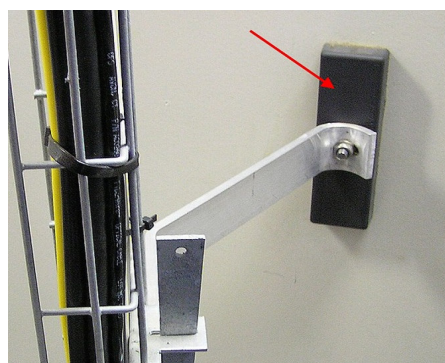
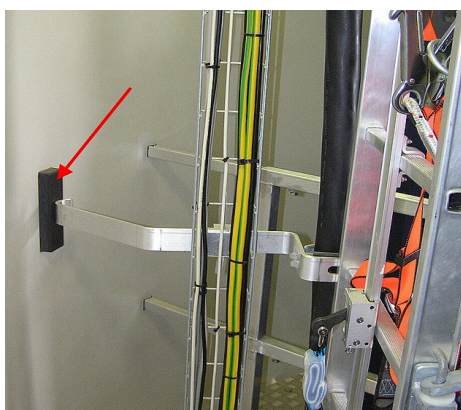
Závěrečnou výrobní operací je vyzbrojení segmentu stožáru. Do segmentu se musí nainstalovat výstupový žebřík, kabelový rošt a technologická plošina na horní straně segmentu (ve vzdálenosti cca 0,7m od horního čela). Při sestavování

stožáru se po této plošině pohybují montéři, kteří šrouby spojují jednotlivé segmenty k sobě. Do kabelového roštu se pak ještě umísťují výkonové kabely. Jde až o 8ks svazků vodičů, které jsou pomocí upínacích prvků FIMO přichyceny k roštu. Konce kabelů jsou pak zataveny, aby nemohly korodovat do doby, než bude stožár nainstalován a kabely v jednotlivých segmentech navzájem propojeny.



Vybavení segmentu stožáru žebříkem, kabelovými lávkami, někdy i výkonovými kabely

Zajímavou technologickou novinkou posledních let je připevnění veškerých žebříků, roštů a technologií na vnitřní stěnu stožáru pomocí magnetů. Je to výhodnější jak z konstrukčního, tak technologického hlediska. Doposud se muselo na vnitřní stranu stožáru přivařit velké množství pomocných platí a výstupků, na které se pak montovaly jednotlivé technologie, čímž je ale vnášeno do stěny stožáru místní napětí a je to také poměrně pracná metoda.



Přichycení vnitřní technologie pomocí magnetů (magnet značen červeně).

Technologie „magnetů“ je velmi jednoduchá a výhodná v tom, že odpadá práce při výrobě stožáru a na místě je tento systém variabilní.

Další možností je přímo do stěny stožáru vyvrtat otvor a vytvořit závit a na tento závitový otvor pomocí šroubu připevnit technologii. Tato metoda je ale velmi nevhodná z konstrukčního hlediska, protože těmito otvory jsou vytvářeny vruby v konstrukci. Snižuje se tím pevnost konstrukce, ale především tyto vruby hrají podstatnou roli v únavových vlastnostech materiálu a šíření trhlin.

(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229>)

Příloha 2:

Betonový základ má čtvercový půdorys o velikosti 15,9 x 15,9m. Na kraji je jeho výška 1,8m, ve středu pak 2m. Po odkrytí základové spáry se na ní musí vytvořit betonová deska tloušťky necelých 80mm, která nám zaručí pevný a rovný podklad pro usazení ocelového fundamentu stožáru a vylití betonového základu.



Odkrytá základová spára



Betonová deska, na níž bude vybetonován vlastní základ elektrárny

Po vyzrání této základové desky se na ni umístí základový ocelový kruh - fundament, jenž má průměr okolo 4 m a hmotnost cca 28 tun. Ve fundamentu jsou připraveny otvory pro armování a je i připraveno potrubí pro vyvedení kabeláže. Fundament se ve většině případů „ustavuje“ na distanční šrouby pro zajištění jeho vodorovné polohy.



Přeprava ocelového fundamentu



Detail otvorů



Distanční šroub

Horní obruba základového kruhu se tedy musí ustavit do vodorovné polohy a to s tolerancí 2mm. S přihlédnutím k tomu, že již sama horní příruba má výrobní toleranci 1mm, je nutné vlastní fundament ustavit do vodorovné roviny s přesností 1mm.



Přesné usazení fundamentu na určené místo

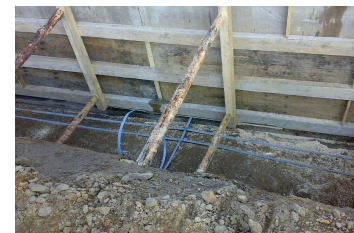
Následuje armování, při němž se spotřebuje 40 tun ocelové výztuže. Souběžně s armováním se instalují trubky, které slouží pro vyvedení kabeláže a celá armatura se řádně uzemní.



40 tun armovacího železa



Okolo základu



Detail bednění



Pohled do základu



Pracovní prostředí



Celková armovací výztuž



Potrubií vyvádí výkonovou kabeláž ven z betonového základu



Následuje vylití bednění betonem, jehož je třeba více než 500m³. Beton se musí řádně ztuhnout, hlavně v oblasti fundamentu, aby tam při pozdějším provozu elektrárny nedošlo k porušení soudržnosti.



Postupné betonování základu



Čekání na beton

Jak již bylo zmíněno výše, celkově je v tomto případě potřeba cca 500m³ betonu, což představuje asi 70 – 80 domíchávačů. Podle vzdálenosti k nejbližší betonárce občas bývá logisticky náročné zajistit, aby byl stále k dispozici nový beton a tak zbývají i chvíle na odpočinek dělníků. Základ se začíná betonovat hned po rozednění a je to práce na celý den. Celý objem základu se musí vybetonovat naráz, a proto se někdy rovnou připravuje noční osvětlení, aby se mohlo pracovat kontinuálně i za tmy.



Noční osvětlení betonáže



Horní plocha základu se spáduje k okrajům, aby voda odtékala mimo



Pohled dovnitř vybetonovaného fundamentu



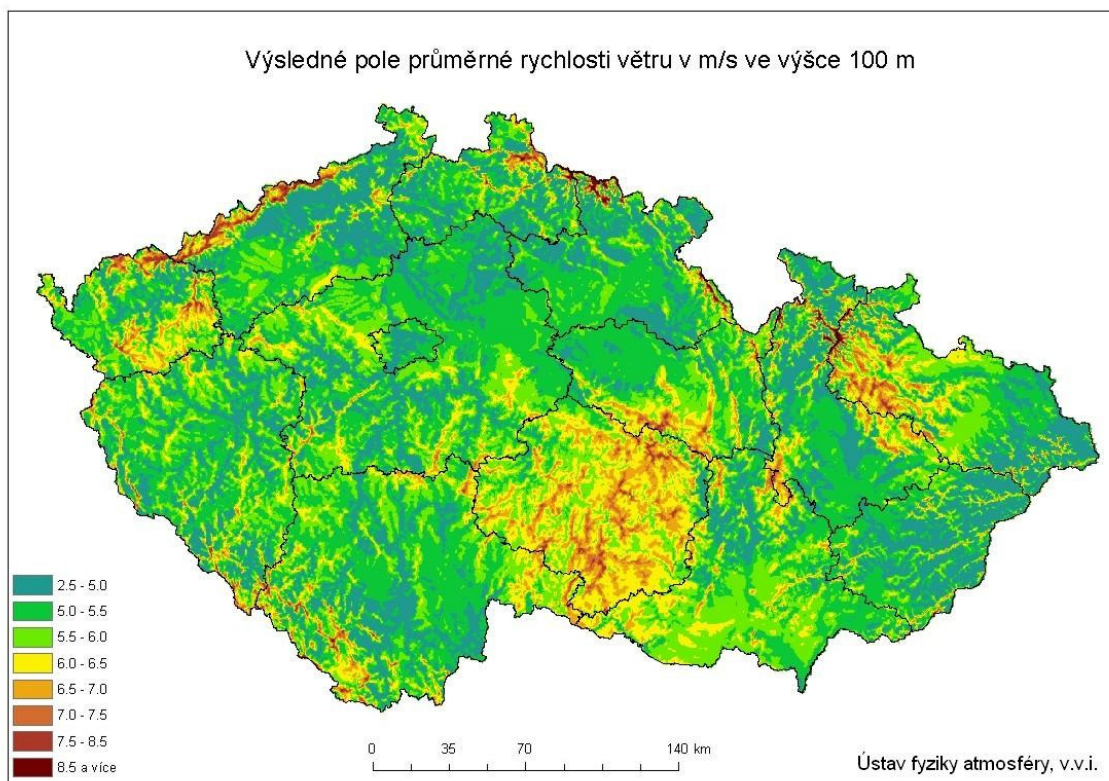
Celkový pohled na hotový železobetonový základ větrné elektrárny

Po vyvrání betonu, které trvá až 5 týdnů, se ještě provede po celém povrchu asfaltový penetrační nátěr. Oblast styku fundamentu a betonového základu je pak natřena „plastickým“ nátěrem, který je schopen kompenzovat jejich vzájemný pohyb a odlišnou teplotní roztažnost. Má za úkol zabránit pronikání vlhkosti mezi styčné plochy fundamentu a betonu. Pak již následuje pouze protažení kabeláže až dovnitř fundamentu a zavezení celého základu zeminou a její zhutnění. Nakonec se provedou jen konečné terénní úpravy a zasetí trávy.

(Zdroj: <http://www.csve.cz/cz/clanky/zaklady-vetrnych-elektaren/224>)

Příloha 3:

Větrná mapa ČR



(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/35>)

Příloha 4:

Tabulka aktuálních instalací k 31.12.2009

SEZNAM VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN V ČR					
Lokalita	Výkon (MW)	Typ	Provozovatel	Instalace	dle ERÚ
Hostýn	0,225	Vestas V27	Matice Svatohostýnská	1993	
Ostružná - Ramzová v Jeseníkách	3 (6x 0,5)	Vestas V39	VE Ostružná s.r.o.	1994	
Velká Kraš	0,225	Vestas V29	Obec	1994	
Mravenečník	1,17 (0,22 +0,315 +0,63)	Energowars +WindWorld	Benoco s.r.o.	1993 - 96	
Boží Dar - Neklid I	0,315	Energowars	Neznámá dáma	2001	
Protivanov	0,1	Fuhrländer	Pravoslavná akademie Vilémov	2002	
Jindřichovice pod Smrkem	1,2 (2x 0,6)	Enercon E40	Obec	2003	
Nová Ves v Horách na Mostecku	3 (2x 1,5)	REpower MD77	Wind Tech s.r.o.	2003, 04	
Vítkov (Heřmanice,	3,1 (5x 0,5)	Tacke TW500 + ?	Konotech s.r.o.	2004	

Lysý Vrch)	+0,6)				
Loučná pod Klínovcem	1,8 (3x 0,6)	DeWind D4	Green Lines s.r.o.	2004	
Mladoňov	0,5	Tacke repasovaný	Caurus s.r.o.	2004	17MW
Potštát	0,45 (3x 0,15)	Bonus	VAPOL CZ s.r.o.	2005, 09	
Hraničné Petrovice	0,85	Vestas V52	APB Plzeň a.s.	2005	
Hraničné Petrovice	0,85	Nordex N54	Haná Metal Wind s.r.o.	2005	
Protivanov	3 (2x 1,5)	REpower MD77	Wind Invest s.r.o.	2005	
Břežany u Znojma	4,25 (5x 0,85)	Vestas V52	WEB Větrná energie s.r.o.	2005	28MW
Pohledy u Svitav	0,75 (3x 0,25)	Fuhrländer	S&M CZ s.r.o., Jaroslav Etzler 2x	2004, 06	
Čížebná u Nového Kostela - Skalná	1,815 (3x 0,5 +0,315)	Tacke TW500 + Vítkovice VE315	Aleš Kastl, dřevovýroba	2006	
Pavlov I	4 (2x 2)	Vestas V90 2MW	APB Plzeň a.s.	2006	
Pavlov II	1,7 (2x 0,85)	Vestas V52	WIND POWER s.r.o.	2006	
Nové Město u Teplic	6 (3x 2)	Enercon E70	WINDTEX s.r.o.	2006	
Anenská	0,5 (2x	Fuhrländer	S&M CZ s.r.o.,	2006	

Studánka I	0,25)		HT Energo s.r.o.		
Rusová (Měděnec)	7,5 (3x 2,5)	Nordex N80	Green Lines Rusová s.r.o.	2006	
Boží Dar, Jáchymov - Neklid II	0,66 (2x 0,33)	Enercon E33	Benoco s.r.o.	2006	
Drahany	2	Vestas V90 2MW	Větrné farmy a.s.	2006	
Solitary - Gruna - Žipotín	0,6	DeWind D4	Ing. Jan Hikele	2006	
Gruna - Žipotín	0,6	DeWind D4	S&M CZ s.r.o.	2006	54MW
Petrovice (Ústí)	4 (2x 2)	Enercon E70	SVEP a.s.	2005, 07	
Gruna - Žipotín	4 (2x 2)	DeWind D8	APB Plzeň a.s.	2007	
Brodek u Konice	1,2 (2x 0,6)	DeWind D4	BRODO Energetická s.r.o.	2007	
Veselí u Oder	4 (2x 2)	Vestas V90 2MW	Wind Finance a.s.	2007	
Norberčany - Stará Libavá	2	Enercon E70	Natur Energo s.r.o.	2007	
Mníšek	4 (2x 2)	Enercon E70	ALTENERG s.r.o.	2007	
Kryštofovy Hamry - Měděnec	42 (21x 2)	Enercon E82	ecoenerg Windkraft GmbH	2007	

Klíny	2	Enercon E70	ALTENERG s.r.o.	2007	116MW
Pchery	6 (2x 3)	WinWinD WWD3	VTE Pchery s.r.o.	2008	
Bantice	2	Vestas V90 2MW	WEB Větrná energie s.r.o.	2008	
Kámen	2	Vestas V90 2MW	Wind Finance a.s.	2008	
Maletín	2	Vestas V90 2MW	Wind Finance a.s.	2008	
Anenská Studánka II	5 (4x 1,25)	DeWind D6	S&M CZ s.r.o., 1x HT Wind s.r.o.	2008	
Lipná	2	Vestas V90 2MW	Wind Finance a.s.	2008	
Trojmezí	2,7 (0,6 +0,6 +1,5)	Vestas V52, V47 a Tacke TW600	Farma Trojmezí a.s.	2008	
Hora sv. Šebestiána	4,5 (3x 1,5)	Nordex S70	Drobil Energo s.r.o.	2008	
Strážní Vrch u Nové Vsi	8 (4x 2)	REpower MM92	Větrné elektrárny Strážní Vrch a.s.	2008	150MW
Horní Částkov	4 (2x 2)	Vestas V90 2MW	Winding We s.r.o.	05/2009	
Janov	4 (2x 2)	Wikov W2000spg	ČEZ Obnovitelné zdroje s.r.o.	06/2009	
Horní	18 (9x	Vestas V90	Větrná energie	06/2009	

Loděnice - Lipina	2)	2MW	HL s.r.o.		
Ostrý Kámen	3,75 (3x 1,25)	DeWind D6	Obec Karle, S&M CZ s.r.o., HIKELE s.r.o.	07/2009	
Věžnice	4 (2x 2)	REpower MM92	ČEZ Obnovitelné zdroje s.r.o.	12/2009	
Tulešice	2	Vestas V90 2MW	V-STAV Invest s.r.o.	12/2009	
Mlýnský vrch, Krásná u Aše	8 (4x 2)	Vestas V90 2MW	APB Plzeň a.s.	12/2009	
Celkový funkční výkon	191,0	stav k 31. 12. 2009			

Dalších malých VtE může být po republice rozmístěno několik desítek, ovšem spíše pro vlastní spotřebu.

(Zdroj: <http://www.csve.cz/clanky/detail/120>)

Příloha 5:



Větrné elektrárny na autostrádách

(Zdroj: http://www.instablogsimages.com/images/2007/10/11/two-horizontal-axis-shaped-wind-turbines-on-a-highway-signage-to-produce-wind-energy_179.jpg)

Santorini Wind/Solar Hybrid pouliční lampy



(Zdroj: <http://www.urbangreenenergy.com/turbines.php?id=15>)