



## **Středoškolská technika 2018**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **SAVONIOVA TURBÍNA**

**Jan Rejchrt, Lukáš Hrdina, Jan Voborský, Lukáš Lhoták**

Klasické gymnázium Modřany a základní škola, s. r. o.  
Rakovského 3136/II, 143 00 Praha 4

## Obsah

Úvod.....	3
Energie .....	4
Kinetická (pohybová) energie.....	4
Potenciální (polohová) energie .....	4
Mechanická energie .....	4
Chemická energie.....	5
Elektrická energie .....	5
Jaderná energie.....	5
Větrná energie.....	5
Historie využití větrné energie.....	6
Popis větrné elektrárny .....	8
Sigurd Johannes Savonius.....	12
Větrné turbíny .....	13
Savoniův rotor.....	13
Závěr .....	16
Zdroje .....	17

# Úvod

Světové zásoby ropy a uhlí dochází a lidstvo řeší, jak nejspíše nahradit docházející suroviny. Jedním z nejdiskutovanějších témat jsou obnovitelné zdroje, jmenovitě větrná, sluneční, vodní a geotermální energie. Veškerá tato energie je v podstatě pořád kolem nás, tak proč ji neuchopit a nevyužít ji. Problém je, jak efektivně získat tuto energii? Vodní energie je vázaná hlavně k řekám, ale bohužel ne každá řeka je vhodná pro elektrárnu. Tento problém se řeší stavbou přehrad, ale toto je velký zásah do krajiny. Sluneční elektrárny řeší podobné problémy. Místa, kde je nedostatek slunečního svitu, jsou pro solární elektrárnu nepoužitelná a zároveň místa, kde je dostatek slunečního svitu, jsou velmi často i místa s velmi úrodnou půdou (alespoň v našich podmínkách). Takže je na výběr jestli budeme využívat kvalitní půdu pro pěstování, nebo ji zastavíme polem solárních panelů, které nemusí mít až takovou návratnost. Takovéto problémy řeší každý druh výroby elektrické energie. U větrné elektrárny je problém nejčastěji estetický, ale je tu i mechanický. Je zapotřebí poměrně vysokých rychlostí větru, kdežto typ větrné turbíny, jež řešíme zde, má daleko nižší potřebnou rychlost proudění větru. Pokusíme se zde vysvětlit, co to je za typ elektrárny, a přijít na to, zda má budoucnost ve výrobě elektrické energie.

# Energie

Energie je fyzikální veličina, jejíž hodnota je v daných jednotkách plně určena jediným číselným údajem. Energie určuje schopnost hmoty, látky nebo pole konat práci.

Symbol energie se používá písmeno **E**. Hlavní jednotka energie v soustavě SI je joule, značka jednotky je písmeno **J**. *Je definován jako práce, kterou vykoná síla 1 N působící po dráze 1 m.* Ze speciální teorie relativity plyne:

$$E = m \cdot c^2$$

**E** je energie, **m** je hmotnost, **c** je rychlost světla ve vakuu.

*Základním zákonem, který pro energii platí, je zákon zachování energie. Tento zákon říká, že energii nelze vyrobit ani zničit, ale pouze přeměnit na jiný druh energie. Tento vztah vlastně znamená, že veškeré změny, které se v přírodě vyskytují, se dějí tak, že když někde energie přibude, jinde to samé množství energie ubude. Jinými slovy: všechny známé děje jsou jen projevy neustálého koloběhu přeměny energie. I I takový motor v autě pouze přeměňuje energii uloženou v benzínu, která je pouze uložená živočišná a rostlinná energie organických sloučenin.*

Celková energie uzavřeného systému, může být rozdělena různými způsoby. Existuje spousta typů energie:

## Kinetická (pohybová) energie

Kinetickou (pohybovou) energii mají všechna tělesa, která se vzhledem k dané vztažné soustavě pohybují. Abychom uvedli těleso do pohybu, je třeba vykonat určitou práci.

## Potenciální (polohová) energie

Potenciální energii mají tělesa, která se nacházejí v silových polích jiných těles - v tíhovém poli Země se jedná o tíhovou potenciální energii.

## Mechanická energie

Situace kdy má těleso energii jak potenciální tak i kinetickou energii se nazývá energie mechanická - např. letadlo o hmotnosti  $m$  letící rychlostí  $v$  ve výšce  $h$  nad povrchem

Země má vzhledem k Zemi potenciální tíhovou i kinetickou energii. Součet potenciální a kinetické energie tvoří celkovou mechanickou energii  $E$  tělesa.<sup>1</sup>

## Chemická energie

Chemická energie je energie vázaná ve formě chemických vazeb mezi atomy a lze ji uvolňovat nebo naopak vázat pomocí chemických reakcí. I v případě chemických reakcí platí zákon zachování energie, takže součet energie vazeb před reakcí a dodané energie se rovná součtu energie vazeb po reakci a uvolněné energie.

Pokud je energie během reakce uvolněna, děje se tak obvykle ve formě tepla. Mluvíme pak o exotermické reakci. Naopak, pokud se při chemické reakci energie spotřebovává, jde o reakci endotermickou. V největší míře ji využíváme formou spalování fosilních paliv. Hořením dochází k porušení chemických vazeb mezi atomy a molekulami paliva a při tom se uvolňuje velké množství energie, tzn. tepla.<sup>2</sup>

## Elektrická energie

Elektrická energie je ve své podstatě energie složená z energie elektrostatického pole a magnetického pole. Dohromady tedy jde o energii elektromagnetického pole. Elektřina je tedy v podstatě elektrická práce elektrického proudu.

Elektřina je velice praktická forma energie, lze ji totiž snadno měnit na jiné formy energie, například světlo nebo teplo. Elektřina se nenachází pouze v našich domácnostech, ale běžně se vyskytuje i v přírodě.<sup>2</sup>

## Jaderná energie

V jádru atomu se nacházejí protony a neutrony. Tyto částice nazýváme jedním slovem nukleony (z latinského nucleus = jádro). Mezi nukleony v jádru působí přitažlivá jaderná síla, která je až milionkrát větší než odpudivá elektrická síla. Při jaderných reakcích se tyto silné vazby poruší a mění se tak složení a struktura atomových jader. Jadernou energii lze získat jaderným štěpením nebo jaderným slučováním.<sup>2</sup>

# Větrná energie

Vítr patří k nevyčerpatelným (obnovitelným) zdrojům energie. Energie větru patří k historicky nejstarším využívaným zdrojům energie. Nejobvyklejším využitím jsou dnes větrné elektrárny, které využívají síly větru k roztočení vrtule. K ní je pak připojen elektrický generátor. Teoreticky získatelný výkon je přímo úměrný třetí mocnině rychlosti proudící vzdušné masy. V České republice jsou možnosti využití energie větru, vzhledem k přírodním podmínkám (vnitrozemské klima s nepravidelným prouděním vzduchu), dosti omezené. Vhodné lokality pro využití

---

<sup>1</sup> *Vítejte na Zemi* [online] ©2013 [cit. 9.1.2016]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/>

větrné energie jsou většinou ve vyšších nadmořských výškách, kde vítr dosahuje vyšších rychlostí (nad 5m/s). Při využití všech lokalit s rychlostí větru vyšší než 4,8m/s by bylo možné v České republice vyrobit až 5TWh elektrické energie, tj. 8,5% současné spotřeby elektrické energie.

## Historie využití větrné energie

Člověk využíval síly větru, už v dávné minulosti. První zmínka o větrných mlýnech se objevuje už v 1. Století n. l. v Alexandrii. V Evropě je první zmínka z roku 1180 a v naší republice se poprvé objevily ve 13. Století. Mlely obilí, čerpaly vodu, řezaly dřevo atd. V mořeplavbě se vítr opíral do plachet lodí a tím je poháněl. Tato zařízení dnes patří do technického archivu, větrné mlýny jsou až na výjimky přestavěny na turistické atrakce, čerpadla pracují na elektřinu, lodní doprava není na větru závislá. Síla větru z přírody ale nevymizela a člověk ji začal využívat na výrobu elektřiny. První zařízení na výrobu elektřiny z větrné energie se začala objevovat už před sto lety. Větší větrné elektrárny vznikly ve Spojených státech v 80. letech minulého století a postupně se rozšířily do celého světa. Dnes je větrná energie využívána v tzv. malých elektrárnách (mikroelektrárny) a ve větších větrných elektrárnách, jejichž uskupením vznikají větrné farmy (5 a více větrníků).



První historicky doložený mlýn na našem území se nacházel ve Strahovském klášteře. V Čechách bylo zdokumentováno na 198 větrných mlýnů a na Moravě a ve Slezsku je toto číslo ještě vyšší. Zde se podařilo zdokumentovat na 681 větrných mlýnů. Největší počet jich fungoval v 19. století. První elektrický generátor poháněný větrem byl zkonstruován v roce 1890 v Dánsku. Ve čtyřicátých letech pracoval v USA ve Vermontu agregát s dvoulistou vrtulí o výkonu 1,25MW. V roce 1960 už na světě pracoval jeden milion zařízení na přeměnu větrné energie elektrickou. Zásadní rozmach

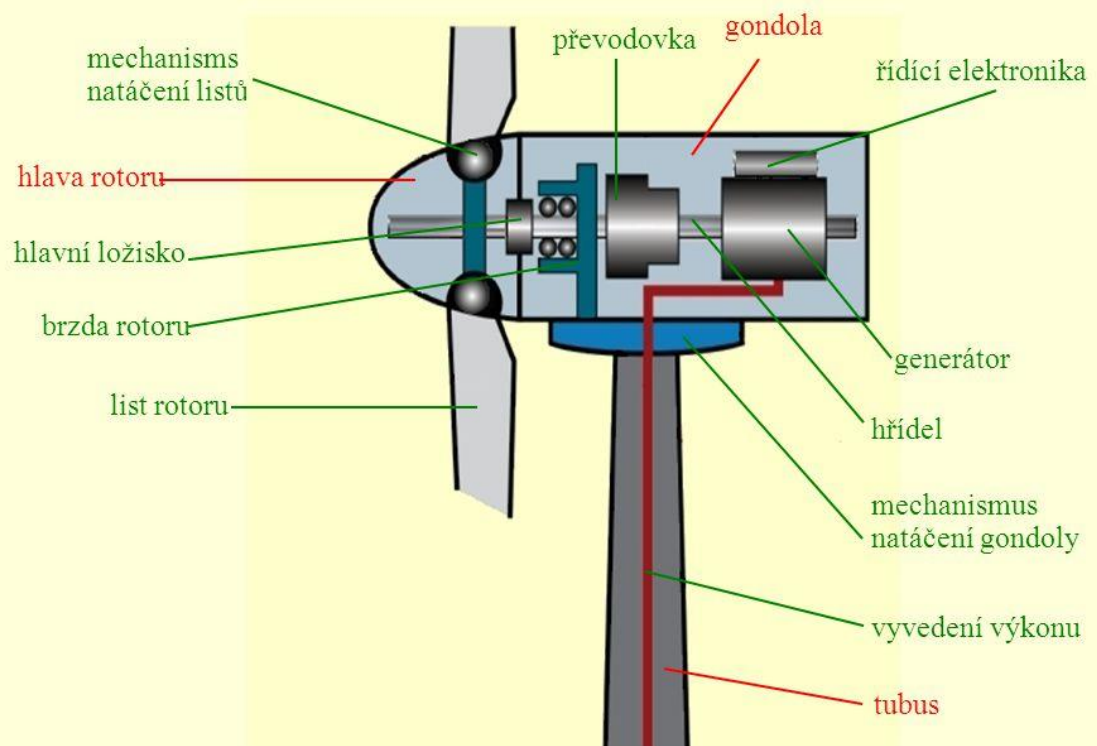
výstavby těchto zařízení započal v 70. letech hlavně ve spojitosti s ropnou krizí, kdy rapidně stoupala cena fosilních paliv. Například v Německu bylo v roce 2004 v provozu 16543 větrných elektráren o celkovém maximálním výkonu 16629MW což představuje 5,9% celkové německé spotřeby energie. Je třeba si ale uvědomit, že zde operujeme s výkony maximálními, které se od skutečných zásadně liší. Například v České Republice je při ideálních podmínkách využitelnost nižší než 20%. Je to dáno tím, že rentabilní lokality se v ČR vyskytují ve velice omezené míře a z velké části v chráněných lokalitách pohraničních hor. Proto je také třeba se střízlivým okem podívat na snahy některých firem o budování co nejvíce větrných elektráren, na které jsou vydávány státní dotace. Mnohdy jsou tato zařízení budována jen za jediným účelem, kterým je okamžitý zisk pozdější využitelnost je mizivá. Je sice samozřejmě dobré podporovat ekologicky šetrné projekty na výrobu elektřiny, ale proč si nechat každý druhý kopec "zkrášlit" otáčejícím se monstrem, které zásadně naruší krajinný ráz. Globálně se využitelný výkon větrné energie odhaduje na 3TW. Do roku 2000 byly na světě instalovány větrné turbíny s celkovým maximálním výkonem 6000MW. Započítáme-li koeficienty využití, můžeme se dostat někde k číslu 1200MW trvalého výkonu. Za využitelné se považují větry o rychlostech v rozmezí 3-26m/s.

Princip a použití větrné elektrárny Díky proudění větru se otáčejí lopatky rotoru, které jsou přes převody napojeny na elektrický generátor. U větrných elektráren lze rozlišit dva základní typy, podle toho jak jsou konstruovány. Buď jde o konstrukce s horizontální osou, které jsou rozšířenější a mají vyšší účinnost až kolem 48% nebo jde o konstrukce s osou vertikální, které mají maximální účinnost jen kolem 38%. Princip fungování větrných elektráren spočívá v tom, že podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztlakové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická.

## Popis větrné elektrárny



### Schéma větrné elektrárny



**Hlava rotoru** – je zařízení, které slouží k přeměně rotačního pohybu na tah nebo naopak tah na rotační pohyb. Je tvořena dvěma nebo třemi listy uchycenými na rotor. Listy jsou vyrobené převážně ze sklolaminátu a jsou zkonstruovány tak, aby jejich optimální tvar umožňoval efektivní přenášení síly větru na rotor. Průměr listů se pohybuje od 25 m do 130 m.

**Systém regulace rotoru** – má za úkol udržovat požadované otáčky vrtule, případně vrtuli zabrzdit. Rozlišují se systémy s pevnou vrtulí – vybavené aerodynamickou brzdou, která se vychýlí v případě vysokých otáček rotoru, a systémy s nastavitelnou vrtulí – brzděného efektu je dosaženo pomocí mechanismu natáčení listů tak, že dojde ke změně úhlu nastavení listů.



**Gondola** – je „hlava“ větrné elektrárny umístěná na vrcholu stožáru, ve které je uložena celá strojová část větrné elektrárny.

**Hřídel** – je polodlouhá rotační součást zařízení, která slouží k přenosu krouticího momentu. Jsou na ní připevněny další součásti, které se spolu s hřídelí otáčejí kolem její osy. Sama je k zařízení upevněna pomocí jednoho nebo několika ložisek.

**Převodovka** – slouží k přizpůsobení rychlosti otáček potřebám elektrického generátoru.

**Generátor** – slouží k přeměně mechanické energie větru na elektrickou energii.

**Pomocná zařízení** – ovládací a kontrolní systém (řídící elektronika), který lze rozdělit na část technickou (tvořenou řídicím počítačem a ovládacími prvky na řídicím panelu) a část programovou (což je speciálně vyvinutý balík programů, určený k ovládání jednotlivých částí větrné elektrárny a režimů jejich činnosti).

**Mechanismus natáčené gondoly** – systém natáčení strojovny větrné elektrárny do směru větru – slouží k zajištění správné orientace rotoru vzhledem ke směru větru.

**Stožár** – je hlavní částí nosného systému větrné elektrárny, kdy rotor spolu s gondolou jsou na stožáru namontované tak, aby se mohly otáčet okolo vertikální osy do směru větru. Jsou vyrobené z oceli nebo betonu. S konstrukcí stožáru úzce souvisí také velikost a tvar základů pro větrnou elektrárnu.

Podle výkonu se větrné elektrárny dělí na malé (do 40 kW), střední (od 40 do 500 kW) a velké (od 500 kW výše). V ČR se pyšní prozatím největším instalovaným jednotkovým výkonem dvojice větrných elektráren u obce Pchery na Kladensku, které mají každá výkon 3 MW. Jejich rotor má průměr 100 metrů, přičemž výška osy rotoru (tzn. výška stožáru) dosahuje 88 m. Díky tomu jsou i nejvyššími větrnými elektrárnami v ČR. Podobné prvenství ve světě náleží belgickému městečku Estinnes, kde jsou instalovány turbíny o jmenovitém výkonu 7,5 MW, s průměrem rotoru 126 m a s výškou stožáru 198 m. Pokud je na jednom místě více větrných elektráren pohromadě, mluvíme o větrné farmě. Zatím největší větrnou farmu na světě mají v Texasu (USA). Je tvořena 627 větrnými turbínami, má výkon 781,5 MW a je schopna vyrábět elektrickou energii pro 230 000 domácností.

Moderní větrné generátory se od starých větrných mlýnů podstatně liší. Jejich horní část, která vypadá jako obrovitá vrtule se dvěma nebo třemi listy, se nazývá rotor a upevňuje se na vrchol vysokého ocelového nebo betonového sloupu. Rotory uvádějí do pohybu hřídel, která pohání elektrický generátor. Výkon takového zařízení závisí na velikosti listu a výšce sloupu, protože vítr s výškou nabývá na intenzitě a větší plocha listu zachytí více větrné energie. Zdvojnásobením délky listu se výkon zařízení zvětší čtyřikrát. Důležitějším faktorem je pochopitelně rychlost větru, protože získaný výkon je úměrný její třetí mocnině. To znamená, že zvýší-li se rychlost větru dvakrát,

výkon generátoru se zvýší osmkrát. Větrné generátory přesto nepotřebují příliš bouřlivé počasí a ani pro něj nejsou konstruovány. Většina z nich pracuje v rozmezí rychlostí větru 21 až 97 km/h. Aby se předešlo sebezničení, zařízení se při rychlosti větru vyšší než 97 km/h automaticky zastavuje. Většina větrných generátorů se konstruuje tak, aby poskytovala stejný výkon bez ohledu na sílu větru. Zvyšuje-li se rychlost větru, listy rotoru se automaticky natáčejí a udržují přibližně konstantní rychlost otáček. Stálý přísun energie je výhodnější než kolísavý, spojený s čekáním na nárazový vítr. Větrné generátory se musí směřovat přímo proti větru, nebo přímo od něj. Z tohoto důvodu se rotory připevňují na otočnou plošinku a kontrolují se elektromotorem spojeným se senzory, které řídí směr jejich natočení. Problém nasměrování podle větru se dá zcela obejít. Jsou-li listy rotoru umístěny vertikálně, na směru větru přestane záležet. Vertikální větrné generátory, zvané Darreiovy, mají kromě toho řadu dalších výhod. Zařízení přeměňující větrnou energii na elektřinu se nemontuje na vrchol sloupu, nýbrž na zem, a rotor je tak vystaven mnohem menší námaze. Nevýhodou Darreiových generátorů je prvotní potřeba startu, buď manuálně, nebo elektromotorem. Jednou z největších výhod větrných turbín je jejich ekologický přínos. Větrná energie je ekologicky velmi příznivá. Méně jsou však lidé nakloněni pohledu na větrné turbíny na každém kopci. Prováděly se i pokusy s umístěním větrných turbín v moři. Nevýhodou byly potíže spojené s jejich zakotvením a obtížný přenos vyrobené elektřiny na zem. Podle odhadu britského ministerstva energetiky by skupinky větrných turbín rozmístěných na mělčinách podél pobřeží Velké Británie mohly poskytnout až jeden a půl násobek současné spotřeby elektrické energie. Před pokusy v moři se však konstruktéři nejprve chtějí blíže seznámit s činností větrných generátorů zakotvených v zemi.

Například v Kalifornii pokryje celková výroba elektrické energie z větru potřeby obyvatel města většího než je San Francisco. V Dánsku pocházejí z větru 3 procenta elektrické energie.

## Budoucnost větrné energetiky v České republice



**Rozvoj větrné energetiky** u nás začal zpomalovat přibližně kolem roku **2008**, což souviselo jednak se začátkem **finanční krize**, která způsobila pro investory nepříznivé změny v úvěrové politice bank. V letech 2009 – 2010 také došlo ke **snížení výkupní ceny elektřiny z větrných elektráren**, což mnohé projekty postupně posunulo pod hranici rentability. Oblast větrné energetiky tak v současnosti zažívá období stagnace, přičemž oživení tohoto sektoru je zatím v nedohlednu. Nejistota budoucího přístupu našeho státu k otázce obnovitelných zdrojů pak potenciální investory jen dále odrazuje. Větrnou energetiku čeká v příštích letech řada novinek souvisejících s výraznými legislativními změnami. Jaký konkrétní dopad tyto změny přinesou zatím, však není zcela jasné. Mnozí odborníci vidí budoucnost větrné energetiky v ČR spíše pesimisticky. Výstavba větrných elektráren se u nás navíc stále častěji setkává s velkým odporem veřejnosti, úředníků i politiků. Světové trendy ve využívání síly větru jdou však zcela opačným směrem a světová větrná energetika zažívá velký rozmach. Je proto možné, že se i u nás začne situace v budoucnu postupně měnit k lepšímu. Česká republika má velký nevyužitý potenciál pro výrobu energie z větru, myšlenka dalšího rozvoje tohoto odvětví je proto dosti reálná.

# Sigurd Johannes Savonius

Sigurd Johannes Savonius se narodil 2. listopadu 1884 ve městě Hämeenlinna ve Finsku, měl dva bratry.

V mládí ho bavilo experimentovat s výbušninami. Při pokusu s červeným fosforem, do kterého dal vidličku a nůž přišel o dva prsty a oslepl na pravé oko.

V roce 1901 vystudoval střední školu v Helsinkách a v roce 1906 vystudoval architekturu na Helsinské Polytechnické univerzitě, ačkoliv vždy počítal, že se stane inženýrem a později se především prosazoval právě jako inženýr s jeho technickými projekty.

Se svou stejně starou manželkou, Angličankou Englishwoman Mary Appleyard, se setkal prostřednictvím svých bratrů, kteří s ní chodili do anglické třídy. Měli spolu sedm dětí, čtyři dcery a tři syny, jeho nejmladší syn podlehnul zraněním při zimní válce v roce 1884.

8. října 1920 zakládá firmu Savonius & Company.

Svůj první patent získá na zařízení, které vyrobí pitnou vodu ze sněhu (tání sněhu) a později získá druhý patent na optimalizovanou verzi tohoto přístroje. Svůj třetí patent získal na přístroj, který umožňoval vařit na kamenném krbu. Od roku 1920 se začal věnovat větru, konkrétně nejefektivnější získávání energie z větrného proudění. Jeho pozornosti neunikla loď, která byla postavena v Německu roku 1923, která byla poháněna dvěma velkými válcovými rotory. Chtěl zjistit, zda by tato loď byla schopna plavby na větrný pohon, tedy bez motoru. Chtěl využít efekt Magnus.

Roku 1924 Savonius vyvinul rotor, který známe pod názvem „Savonius-Rotor“. Je to otevřený válec, který pomocí větru vyrábí vysoký točivý moment a ten se může využít pro výrobu energie. Není bohužel známo, zda se mu pomocí tohoto rotoru povedlo pohánět loď, ale Savonius tak získává další dva patenty. Později svůj rotor ještě vyvíjí a nakonec získá další tři patenty za: turbínu s nezávisle regulovaným počtem otáček, za systém pro světelné displeje a za ventilační systém na jeho rotoru.

Při stavbě prvního větrného tunelu ve Finsku, který byl stavěn v prostorách jeho firmy, nachladnul a na následný zápal plic 31. května 1931 umírá. Jeho firmu přebírá jeden z jeho bratrů, ten rozšiřuje nabídku firmy.

# Větrné turbíny

Větrná turbína je stroj, který přeměňuje kinetickou energii větru na mechanickou energii. Jestliže je mechanická energie používána přímo strojem (např. jako čerpadlo nebo pohon mlýnských kamenů), pak se takové zařízení označuje jako větrný mlýn. Když je mechanická energie přeměňována na elektrickou energii, pak se stroj nazývá větrný generátor.

Prehistorií a bezesporu prvním využitím větrné elektrárny v Arktidě byla instalace větrné elektrárny na palubě lodě Fram při slavné Nansenově expedici v letech 1893–96.

Podle aerodynamického principu dělíme větrné motory na vztlakové (vrtule, Darrieuův rotor, mnohalopátkový rotor) a odporové (např. větrný mlýn, plachetní větrné kolo a Savoniův rotor). Odporové motory jsou z historického hlediska starší. Jejich princip je jednodušší, ale jejich účinnost dosahuje maximálně 20 %, proto se s jejich využitím v energetice nepočítá. Odporové motory využívají různého odporu vůči proudícímu vzduchu a tím i rozdílu sil působících na lopatky. Toho je docíleno buď různým tvarem lopatek (miskové lopatky) nebo jejich natočením.

Podle směru osy rotace rozdělujeme větrné motory na vodorovné a svislé. Elektrárny se svislou osou otáčení se v praxi moc nerozšířily, protože u nich dochází k mnohem vyššímu dynamickému namáhání, které snižuje jejich životnost. U turbín se svisle uloženým rotorem odpadají problémy s odstavením rotoru při velké rychlosti větru. Systém Darrieus má navíc tu přednost, že celé velmi hmotné technické zařízení spočívá nízko pod rotorem, což zvyšuje stabilitu konstrukce.

Savoniův rotor vynalezl kolem roku 1925 finský lodní důstojník Sigurd J..

## Savoniův rotor

Tento rotor se stává ze dvou vodorovných kruhových kotoučů, mezi něž jsou svisle postaveny dvě lopatky. Tyto lopatky jsou uprostřed vzájemně přesazeny do protisměru, takže část větru je ze zadní strany momentálně pasivní lopatky směřována na přední stranu aktivní lopatky. Lopatky rotoru jsou koncipovány tak, aby výsledný moment působil levotočivý pohyb turbíny. Turbína obsahuje dvoustupňový Savoniův rotor, kde jednotlivé stupně rotoru jsou vzájemně pootočené o devadesát stupňů.

Savoniova turbína patří do skupiny turbín s **vertikální osou otáčení** (VAWT). Nejedná se prakticky o nikterak složitý mechanismus, který by musel být vyráběn na speciálních strojích - každý zručný člověk dokáže svou MVE vyrobit!

Samotná turbína má dvě **protilehlé velkoplošné lopatky** s překryvem - v této variantě dochází k tzv. mrtvému bodu otáčení - ten je překročen díky setrvačnosti. Rotor však může mít lopatky tři - v tomto případě je mrtvý bod eliminován bez nutnosti využití setrvačnosti. Turbíny mohou být v sestavách (i více stupňových - různé průměry), kde dochází k nárustu výkonu (především vyšší setrvačnosti a eliminaci mrtvých bodů otáčení vlivem pootočení lopatek). Soustavy mohou být vertikální či horizontální. U vertikálních je nutné zabezpečit vysokou stabilitu osy. Turbína má výhodu, že nemusí být nikterak vysoko na stožáru - roztáčí se již při nízké rychlosti větru (v závislosti na typu turbíny a místních podmínkách). To však s sebou nese nutnost opatřit turbínu ochranou sítí (úrazy dětí a zvířat).

Často se pro výrobu turbíny používají velké **plechové sudy** (s prolisem), které se svisle rozříznou - vzniknou tak mohutné pevné lopatky.

V dnešní době se začínají na trhu objevovat komerčně vyráběné větrné zdroje typu Savonius, avšak nejedná se o klasické provedení, nýbrž jde o tzv. spirálový rotor. Lopatka toho rotoru je tvořena plochou, kterou získáme tak, že profil lopatky, který je stejný jako u klasického vytáhneme do určité výšky po šroubovici.

Větrné elektrárny Savonius mají rotor, tvořený dvěma přesazenými válcovými plochami, tedy vypuklou a vydutou plochou na společné svislé ose. Otáčivý pohyb je vyvolán pouze rozdílem tlaku proudícího vzduchu (větru) na vypuklou a vydutou plochu. Protiváhou této velmi jednoduché konstrukce rotoru je jeho malá účinnost. Z rozvojových zemí jsou známy také rotory vyrobené ze dvou polovin podélně rozpůleného barelu, připevněných jednou hranou ke společné svislé ose tak, že svým půdorysem tvoří podobu písmene S – což je snad nejnázornější, i když nepřilíží technicky čisté znázornění podoby rotoru. Modernější konstrukce těchto rotorů využívají laminátů a jejich účinné plochy jsou občas spirálovitě stočeny. Problémem rotorů typu Savonius je také jejich menší konstrukční odolnost a větší riziko destrukce silným větrem nebo vichřicí.

### *Výhody a Nevýhody*

Hlavní nevýhody turbíny Savonius jsou: nízká účinnost a nízká výroba energie, které

jsou samozřejmě velmi vážné, pokud chceme vyrábět elektrickou energii ve větším množství.

Jednou z hlavních výhod je, že Savonius turbína se vždy sama orientuje do větru, bez ohledu na to, jakým směrem fouká vítr. Nepotřebuje tedy mechanismus pro otáčení do větru. Savonius turbína se také zapne při relativně nízkých rychlostech.

V srpnu roku 2002 byla na zkušební základně ÚFA AV ČR na Nové Louce v Krušných Horách instalovaná unikátní MVtE využívající rotoru typu Savonius, modifikovaného do šroubovité podoby, od moldavského konstruktéra M. Poleacova. Po necelých dvou týdnech se potvrdila malá odolnost tohoto typu rotoru při silném větru. Náraz větru s rychlostí 21,7 m/s celý 140 cm vysoký rotor s průměrem 48 cm zničil a rozmetal po okolí

Zatímco převažujícím smyslem výstavby velkých větrných elektráren je byznys, malé větrné elektrárny jsou stavěny především pro místní výrobu a spotřebu elektřiny.

Využití získané energie

Bez připojení k síti

1) Bez připojení k síti

- a. zdroj nabíjení akumulátorů (cca 300 W – 5 kW) televize atd.
- b. Využití: u nízkonapěťových spotřebičů (např. rádií, lamp)
- c. zdroj pro ohřev (cca 3 kW a více) Využití: ohřev vody v bojleru, nabití akumulčních kamen

2) S připojením k síti

- a. doplňkový zdroj (cca 5 kW a více) Využití: ohřev vody, popř. teplo z akumulčních kamen Elektřina je při nadbytku dodávána do sítě, při nedostatku naopak čerpána ze sítě
- b. odprodej do rozvodné sítě

# Závěr

Savoniova větrná turbína je výborná jako dodatečný zdroj elektrické energie na místa, kde není potřeba vysoký přísun energie například na chatu. Její hlavní nevýhoda, nízká účinnost, se kompenzuje spojením dvou, či více Savonioových turbín a zároveň možným připojením dalšího druhu rotoru. Považujeme Savoniovu turbínu za jednu z možných alternativ výroby elektrické energie z toho důvodu, že poměrně nízká pořizovací cena a používání nižších rychlostí větru nám dává možnost tyto turbíny instalovat přímo do měst na jednotlivé budovy, kde budou plnit svůj účel téměř bezobslužně.



## Zdroje

<http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr>

*Vítejte na Zemi* [online] ©2013. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/>

*Netzero Guide* [online] ©2017 Dostupné z: <http://www.netzeroguide.com>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1\\_energie](https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_energie)

<http://www.nazeleno.cz/vetrna-energie.dic>

[http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrna\\_energie&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrna_energie&site=energie)

<https://publi.cz/books/90/02.html>

<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>

<https://ekowatt.cz/uspory/vetrna-energie.shtml>

<http://portal.setrime-energie.cz/clanky/vetrna-energie/>