

Stav a perspektiva větrné a sluneční energetiky

Antonín Filák

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Antonín FILÁK

Studijní program: B 2808 Chemie a technologie materiálů

Studijní obor: Chemie a technologie materiálů

Téma práce: Stav a perspektiva větrné a sluneční energetiky

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dostupné informační prameny.
2. Provedte kritické srovnání nalezených informací.
3. Formulujte závěry.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Časopis: EKO – ekologie a společnost

Časopis: 3 POL – Třetí Pól; internetové informační zdroje

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Milan Vondruška, CSc.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

9. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

27. května 2009

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.
ředitel ústavu



ABSTRAKT

Obsah bakalářské práce je zaměřen na současnou technologii výroby elektrické energie ze sluneční energie a větrné energie. V práci jsou popsány jednotlivé postupy přeměny větrné a sluneční energie v elektrickou energii. Zmíněný je i vliv jednotlivých elektráren na životní prostředí společně s jejich perspektivou.

Klíčová slova: Sluneční energie, sluneční energetika, sluneční elektrárny, větrná energie, větrná energetika, větrné elektrárny, elektrická energie.

ABSTRACT

Content of Bachelor thesis is oriented on actual technology of electric production from solar energy and windy energy. In Bachelor thesis are circumscribed individual routes of conversion windy and solar energy in electric energy. Mentioned is influence single power station on environment along with their perspective.

Keywords: Solar energy, solar energetics, solar power stations, wind energy, wind energetics, wind power stations, electrical energy.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Milanu Vondruškovi, CSc za metodickou, odbornou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Motto:

”

Vzdělání má hořké kořínky,

ale sladké ovoce.

”

Aristoteles

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 21.5.2009

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SLUNEČNÍ ENERGETIKA (SE)	10
1.1 SLUNEČNÍ ELEKTRÁRNY	10
1.1.1 Fotovoltaické elektrárny.....	11
1.1.1.1 Další vhodné materiály pro fotovoltaické články	14
1.1.2 Solárně termické elektrárny	15
1.1.2.1 Princip solárně termických elektráren věžového typu.....	15
1.1.3 Palivové články	16
1.1.4 Solární architektura	16
1.2 NOVÉ TECHNOLOGIE V SOLÁRNÍ ENERGETICE	17
1.3 POZITIVA A NEGATIVA SOLÁRNÍ ENERGIE	18
1.3.1 Pozitiva.....	18
1.3.2 Negativa	18
2 VĚTRNÁ ENERGETIKA (VE)	19
2.1 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	19
2.1.1 Princip fungování větrných elektráren	19
2.1.2 Specifikace větrných elektráren	21
2.1.3 Umístění větrných elektráren	22
2.1.4 Větrné elektrárny na širém moři	23
2.1.5 Větrné turbíny a architektura.....	24
2.1.6 Větrné elektrárny a jejich vliv na životní prostředí a člověka.....	25
3 SROVNÁNÍ SLUNEČNÍCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN S OSTATNÍMI TIPY ELEKTRÁREN	27
3.1 POROVNÁNÍ ELEKTRÁREN Z HLEDISKA VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	27
3.2 POROVNÁNÍ ELEKTRÁREN Z HLEDISKA CENY	29
4 PERSPEKTIVA SLUNEČNÍCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	30
ZÁVĚR	31
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	32
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	35
SEZNAM OBRÁZKŮ	36
SEZNAM TABULEK	37

ÚVOD

V současné době, kdy na celém světě stoupá poptávka po elektrické energii, je řešení problémů s její výrobou nejaktuálnějším tématem pro mnohé vědce, politiky i běžné občany. Avšak názory některých státníků či občanů na tuto problematiku jsou zaujaté, zkreslené, nebo matoucí, je to zapříčiněno buď zaslepeností, nebo neinformovaností jednotlivců. Myslet si, že stavba elektráren v současné době není potřeba, je jen odkládání problému s budoucím nedostatkem energie na další generace. Zejména státní představitelé by si měli uvědomit, jaký problém může v budoucnu přinést nedostatek elektrické energie pro občany, průmysl, služby. Z toho důvodu by si měli uvědomit jak nepostradatelná je elektrická energie pro lidstvo a začít budovat další elektrárny. Je jen na každém státu jak se k problematice postaví, či začne budovat jaderné, solární, větrné elektrárny atd..

Lidstvo si také musí uvědomit jak úsporně hospodařit s elektrickou energií. Je mnoho způsobů jak dosáhnou úspor ve spotřebě elektrické energie, ať už je to zakoupením úspornějších elektrospotřebičů nebo zefektivněním stávající výroby v podnicích, které jsou významnými odběrateli elektrické energie.

Samozřejmě nemůžeme opomenout jednotlivé škodlivé vlivy elektráren na člověka a životní prostředí. Je důležité rozmyslet si, jestli postavíme větrný park, nebo tepelnou elektrárnu spalující lignit. Následky těchto těžkých rozhodnutí mohou být pro daný region, kde elektrárna vyroste devastující.

I cena těchto zařízení je velmi rozmanitá a měla by hrát významnou roli při realizaci projektů. Ovšem myslet si, že cena a dopad na životní prostředí jsou jediné aspekty stavby elektrárny, tak to je omyl. Nezanedbatelnou součástí stavby elektráren jsou také prostorové nároky. Vybrat správnou lokalitu a začít s výstavbou, může být pro mnohé stavební inženýry a právníky nezdolatelý problém. Mohou při svém snažení narazit na spoustu druhů odporu, jak ze strany obyvatelstva, ekologů ba dokonce i státních orgánů sousedních států. Jak jsme byli svědky u jaderné elektrárny Temelín. Každý stát je brán jako suverénní a do jeho energetické politiky by mu neměl nikdo mluvit, samozřejmě pokud nemá daný projekt závažné nedostatky. Existují i další pro i proti realizaci staveb elektráren, ale o těch se již zmiňovat nebudu, jelikož výčet je takřka nekonečný.

Téma bakalářské práce je zaměřeno na sluneční a větrné elektrárny. U každého druhu elektrárny bude uveden princip výroby elektrické energie, zastoupení v energetickém systému a mnoho dalších aspektů pro danou elektrárnu. Dále se budou objektivně

posouzeny jejich klady a zápory z hlediska veškerých externalit, které mohou realizaci provázet.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SLUNEČNÍ ENERGETIKA (SE)

Slunce je termojaderný reaktor, v němž dochází k syntéze helia z jader vodíků ve vodíkovém cyklu. Cyklus probíhá při teplotě 10 milionů stupňů Kelvina. Takové podmínky se nachází jen v nitru slunce. Termojaderné procesy na Slunci probíhají již více jak 5 miliard let a zásoba vodíku vystačí ještě na dalších mnoho miliard let. Sluneční energie může za příznivých podmínek (obloha bez oblačnosti) v naší geografické poloze dosáhnout hodnoty asi 1 kW/m^2 plochy orientované kolmo k dopadajícímu záření. Což je dostatečné množství pro stavbu fotovoltaických elektráren [1].

SE je jedna z nejperspektivnějších alternativních výroby elektrické energie (EE). Energie vložená do výroby se vrátí po několika letech. "Palivo je zdarma" a životnost se pohybuje okolo 40 let. Výroba je bezpečná a spolehlivá, v případě křemíkových článků neprodukuje žádný nebezpečný odpad. Samozřejmě pokud nezahrnujeme skutečnou výrobu solárních panelů [2].

Důležitým faktorem pro stavbu slunečních elektráren (SLE) je umístění. Místní klimatické podmínky (průměrná doba slunečního svitu) je rozhodující podmínka pro stavbu SLE. Čím je doba průměrného slunečního svitu vyšší, tím je množství vyrobené EE vyšší [2].

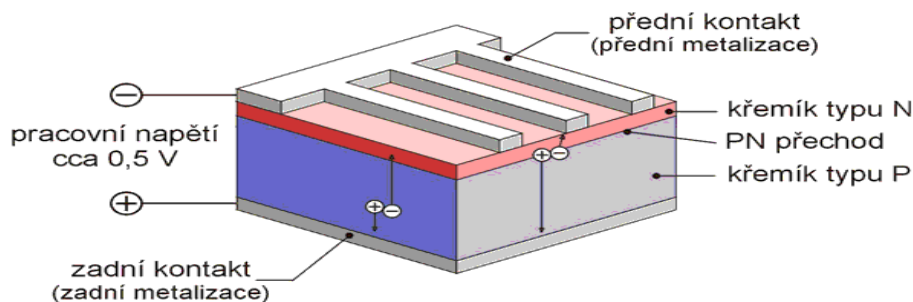
Samozřejmě nemůžeme zapomenout na cenu a účinnost těchto zařízení. Bohužel v současné době jsou technologie na přeměnu energie ze slunečního záření (EZSZ) velmi vysoké a návratnost zdlouhavá, proto vědci neustále přemýšlí nad co nejlevnějším a nejefektivnějším způsobem přeměny.

1.1 Sluneční elektrárny

EZSZ je přeměňována přímo nebo nepřímo na EE. Děje se tak fotovoltaickou (přímou) nebo solárně termickou (nepřímou) přeměnou ta je založena na získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku sběračů jsou umístěny termočlánky, které mění teplo v elektrinu. Termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckově jevu (v obvodu ze dvou různých drátů vzniká elektrický proud, pokud jejich spoje mají různou teplotu). Takto vyrobený termoelektrický článek má účinnost závisící na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou dráty vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi teplým a studeným spojením. Spojením termoelektrických článků vzniká tzv. termoelektrický generátor [2].

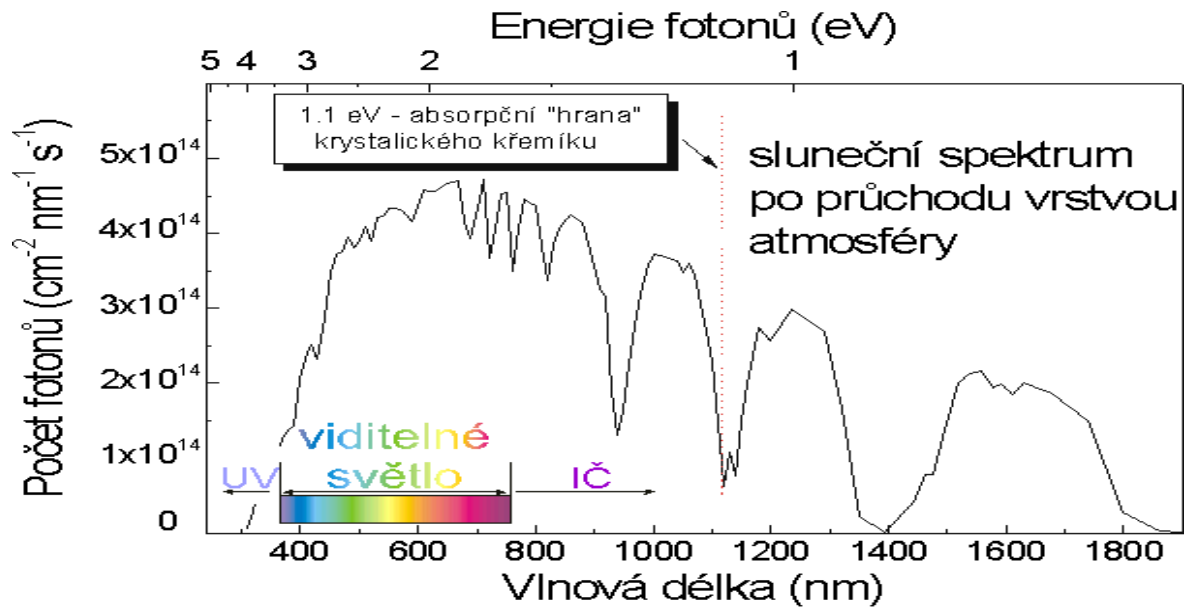
1.1.1 Fotovoltaické elektrárny

K přeměně slunečního záření v EE jsou používány sluneční panely, jež jsou složeny ze slunečních článků. Sluneční článek je velkoplošný polovodič převážně vyráběný z křemíku arsenidu galia, teluridu kadmia atd. U křemíkových článků bylo dosaženo účinnost 24%, kdežto u složených článků byla zjištěna účinnost až 32%. Ve zmíněných polovodičích dochází k absorpci fotonů a následkem toho k vytváření nosičů elektrického proudu (elektronů a děr). Tyto nosiče proudu je pak nutno v polovodičové struktuře rozdělit pomocí tzv. vnitřního elektrického pole na přechodu p-n a poté dopravit ke kontaktům. Výsledkem tohoto fyzikálního procesu je elektrické napětí na svorkách slunečního článku [2, 3].



Obr. 1. Schéma křemíkového fotovoltaického článku [7].

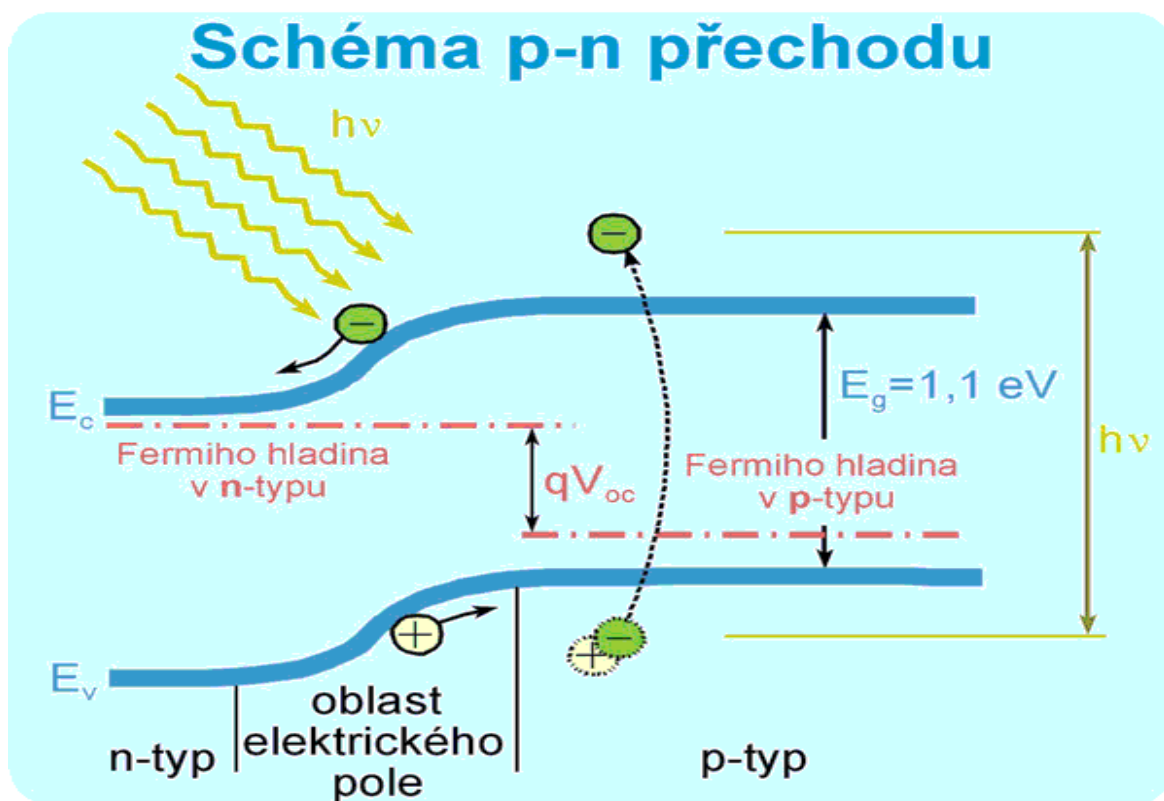
Nejvýznamnějším prvkem pro výrobu článků je křemík. Ten absorbuje světlo o vlnové délce zhruba 1 mikrometr (fotony o větší energii než zhruba 1,1 elektronvoltů), to jest část infračerveného, celé viditelné a ultrafialové spektrum. Absorbuje tedy větší část celého slunečního spektra. To je znázorněno na Obr. 2., kde vidíme spektrum slunečního záření po průchodu atmosférou, spolu s absorpční hranou křemíku [7].



Obr. 2. Graf spektra slunečního záření po průchodu atmosférou a absorpční hrany Si [6].

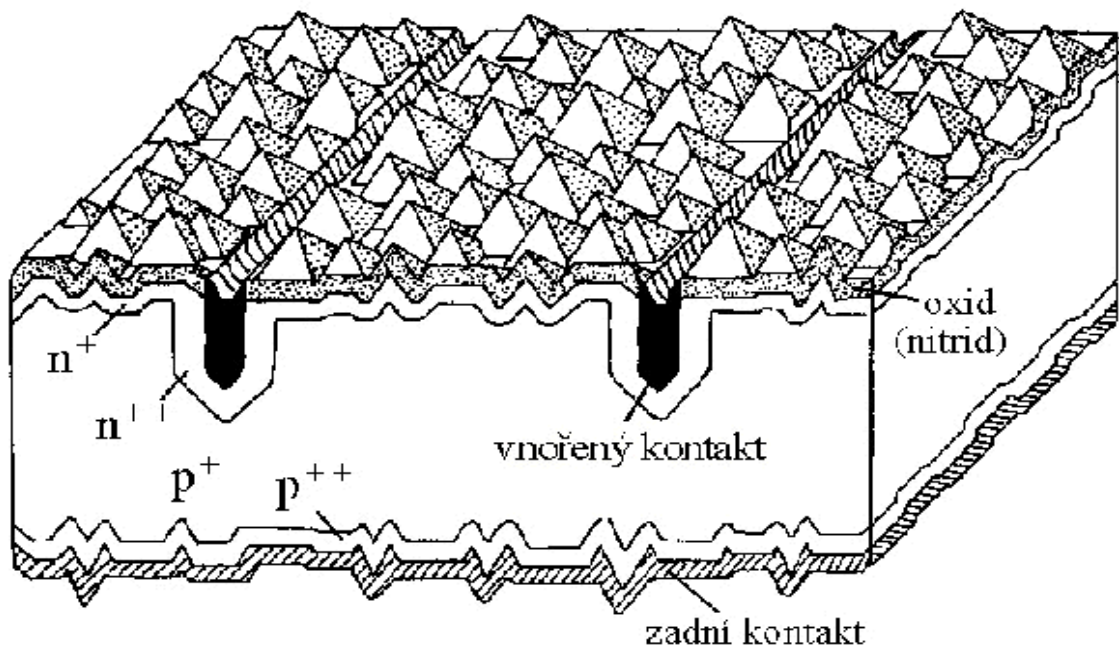
K tomu, aby sluneční článek sloužil jako zdroj elektrického proudu, musí v něm nastat rozdělení elektronů a děr. Sluneční článek není homogenní polovodič, ale skládá se z části mající elektronovou vodivost (materiál typu n, například křemík s příměsí fosforu) a části mající děrovou vodivost (materiál typu p, například křemík s příměsí boru). Na přechodu p-n dojde k oddělení elektronů a děr a na kontaktech vznikne napětí (v případě křemíku typicky 0,5-0,6 V). Připojíme-li ke kontaktům spotřebič, protéká tímto elektrický proud [6].

Dopadá-li na křemík foton o energii menší než 1,1 eV (elektronvoltů), projde křemíkem a není absorbován. Když je jeho energie větší než 1,1 eV (tato energie odpovídá šířce zakázaného pásu $E_g = E_c - E_v$ a tedy absorpční hraně křemíku), pak je tento foton absorbován a v polovodiči vzniknou volné nosiče náboje - záporný elektron a kladná díra [6, 7].



Obr. 3. Pásové schéma p-n přechodu krystalického Si za osvětlení (energie fotonů) [6].

Fotovoltaický sluneční článek je tedy polovodičová dioda (přechod p-n) mající velkou plochu (decimetry čtvereční), spodní celoplošný kovový kontakt (reflektor) a vrchní kovový kontakt (mřížku, hřeben) zabírající velmi malou plochu (4-8% plochy článku), aby nestínil. Skutečná struktura je mnohem složitější, s cílem zmenšení všech možných ztrát (reflexe světla, rekombinace nosičů proudu) a realizace co největší účinnosti přeměny EZSZ v EE. Teoretická účinnost v případě článku z krystalického křemíku je okolo 30%. Vyšší teoretické účinnosti lze dosáhnout u článků složených z různých materiálů s různou absorpční hranou nebo koncentrací světla, která zvyšuje (logaritmicky) získané napětí. Sluneční články se spojují sériově a paralelně do slunečních panelů, které již dávají požadované napětí a stejnosměrný proud [6].



Obr. 4. Schematické znázornění struktury křemíkového solárního článku se zanořenými kontakty na přední straně [6].

1.1.1.1 Další vhodné materiály pro fotovoltaické články

Jsou to polovodiče typu chalkogenidů především sloučeniny síry, selenu, teluru, kadmiuma nebo kombinace mědi s indiem či galiem. Nejznámějším takovým materiálem je CdTe nebo CuInSe_2 . Starší systém fotovoltaického článku n-typ CdS / p-typ CdTe je z důvodu toxicity kadmia nahrazován v současnosti nejperspektivnějším systémem CuInSe_2 , s případným dalším přidáním galia a síry [6].

Všechny tyto články používají heteropřechod mezi *n*-typovým průhledným materiálem a slabě *p*-typovým materiálem (absorbérem viditelného a části infračerveného záření). Absorpce světla v takto vytvořených materiálech s přímými optickými přechody je velmi silná, stačí vrstva tloušťky několika mikrometrů [6].

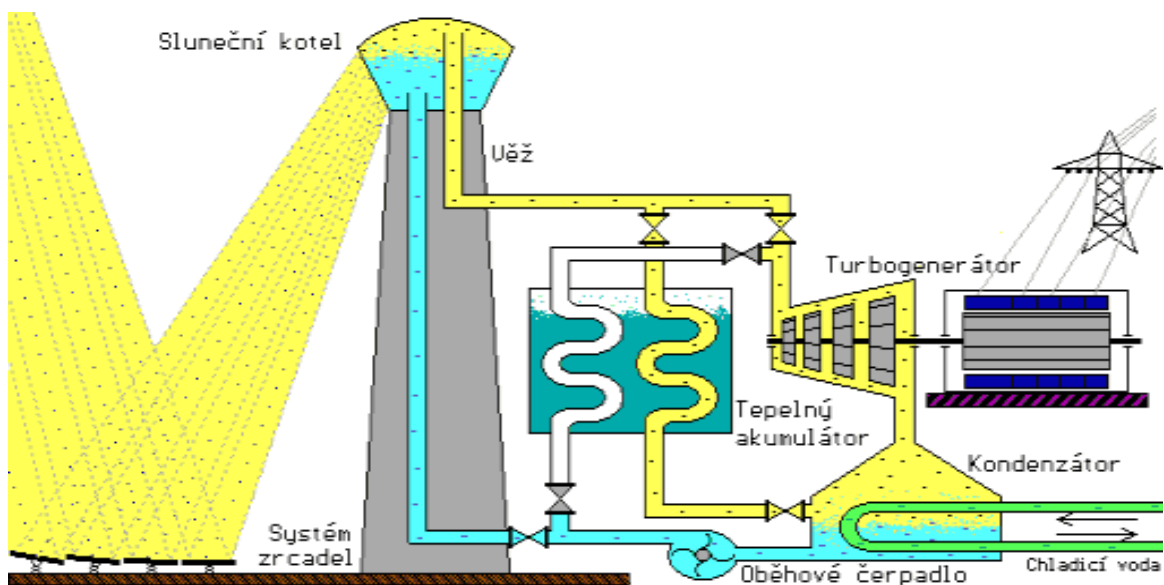
Zatímco laboratorní články dosahují účinnosti až 18%, ovšem takto vyrobené a používané články dosahují účinnost pouze lehce nad 12% [1,4].

1.1.2 Solárně termické elektrárny

1.1.2.1 Princip solárně termických elektráren věžového typu

Na pole automaticky směřovaných zrcadel (rovinných nebo parabolických) dopadá sluneční záření, které je směřováno na sluneční kotel umístěný na vrcholu věže. Kotel zachytává sluneční záření v ohnisku velkého fokusačního (ohniskového) sběrače a odevzdává absorbované teplo, látce (např. vodě), která cirkuluje v uzavřeném oběhu. Pomocí systému armatur se látka transportuje k turbíně (za plného slunečního svitu se část energie odvádí do tepelného akumulátoru, který slouží jako vyrovnávač nedostatku tepelné energie při v době nedostatečného svitu slunce), kde na základě adiabatické expanze, dochází k přeměně části vnitřní energie transportní látky na mechanickou energii turbogenerátoru. Takto vytvořenou kinetickou energii přemění elektrický generátor, za pomoci magnetického rotoru, na elektrický proud. Látka z turbogenerátoru proudí do tepelného akumulátoru, kde předává své teplo chladicí vodě, jež je odváděna do chladicí věže. K tomu, aby se docílilo nepřetržitého čerpání oběhové látky, je do systému zařazeno oběhové čerpadlo, které látku opět přečerpá do kotle k dalšímu zahřátí [8].

Umístění takto zkonstruovaných elektráren bývá zpravidla do oblastí pouští, kde je pro instalaci mnoha set zrcadel dostatečný prostor a příznivý počet slunečných dnů v roce [8].



Obr. 5. Schéma solárně termické elektrárny věžového typu [3].

1.1.3 Palivové články

Elektřinu lze získávat ze slunečního záření také prostřednictvím energie chemické tak, že pomocí slunečního záření rozložíme vodu na vodík a kyslík v přítomnosti kovového katalyzátoru např. zinku. Tím se původní energie záření uskladní jako energie chemická do obou plynů. Při slučování obou plynů, tj. při okysličování vodíku, vzniká opět voda. Nahromaděná energie se přitom uvolní buď jako teplo (při hoření), nebo v palivovém článku jako elektrický proud. Palivový článek je měnič, ve kterém se energie chemická mění v energii elektrickou [8, 9].

Palivové články budou důležitým zdrojem elektrické energie v budoucnosti. Představují uskladněnou sluneční energii a lze je získávat v neomezené míře. Účinnost palivových článků je vysoká (až 90 %), kdežto generátory elektráren na fosilní paliva dosahují jen 35% účinnosti [8, 9].

Provoz palivových článků je absolutně čistý, neboť jejich odpadním produktem je voda. Články pracují zcela bezhlučně, jelikož neobsahují mechanické části. Pomocí palivových článků lze získávat elektřinu pro domácnost, lehký průmysl ale i pro astronautiku (největší využití) [8, 9].

1.1.4 Solární architektura

Často se říká, že sluneční architektura je doménou kreativních lidí a to jak těch, kteří dům navrhují, tak těch, kteří budou v domě bydlet [10].

Výstavba sluneční domů a celých slunečních aglomerací je nejdůležitějším úkolem současné rekonstrukce společnosti do solární podoby. Na trhu se objevují různá řešení, jak vybavit vlastní dům či administrativní budovu solárními panely. Takto vyrobená EE slouží nejenom jako zdroj pro domácnost, ale část nespotřebované energie se dále, pomocí rozvodné sítě, transportuje k dalším odběratelům. Štědré dotace států, podporujících rozvoj umístňování solárních panelů na střechy domů, mají za následek vysoký růst zájmu o solární panely. Do roku 2020, kdy podle celosvětové dohody má činit výroba z obnovitelných zdrojů 20% produkce EE, by měla hrát solární architektura významnou roli v produkci EE [10].



Obr. 6. Koncept domu, který je z 95% tepelné závislý pouze napřímou dopadající sluneční energii [10].

1.2 Nové technologie v solární energetice

Na počátku roku 2009 byl světu představen solární článek, který umí vyrobit elektřinu třikrát levněji a bez přímého slunečního svitu za pomoci supertenkých vláken (elektrostaticky zvlákněné roztoky polymerů). Tato nanovláknna bývají často označována za materiál třetího tisíciletí. Nanovláknna jsou schopna nahradit klasické křemíkové články. Nabízí možnost fungování i za snížených světelných podmínek, tedy bez slunečního svitu. Jako perspektivní se jeví jejich využití pro mobilní zdroje energie. Takto zkonstruované články by se na trhu mohly objevit do dvou let [11].

Jako solární panely mohou být využita například okna velkých budov. Nová technologie, označovaná jako "solární koncentrátor", má za úkol sbírat světelné paprsky na velkých plochách jako jsou právě okenní panely a koncentrovat je do rohů takovýchto oken. Představená technologie by měla přinést o 50 až 60 % vyšší efektivnost než tradiční solární panely. Hlavním problémem solárních panelů je stále jejich cena, nicméně využití solárních kolektorů v oknech může přinést v této oblasti zajímavý posun. K tomu, aby okna fungovali jako sluneční panel, se musí natřít skleněné nebo i plastové tabule speciálními barvivy, která absorbují světlo v různých vlnových délkách. Na okrajích okenního panelu se umístí solární články, ve kterých se bude tato energie uskláňovat.

Očekává, že by systém mohl být implementován do dvou let a stát se alternativou k solárním panelům [12].

Mezi nejnovější technologie v oblasti slunečního hospodářství patří znovu využití tří miliónů křemíkových plátů, které jsou každoročně vyřazeny. Jedná se o nový zdroj materiálu pro výrobce solárních panelů, kteří se potýkají s nedostatkem materiálu. Společnost IBM představila inovativní proces zpracování použitých polovodičových plátů, který byl vynalezen v jejím výrobním závodě. Nový proces pomocí specializované techniky odstraňování vzorů umožňuje přepracovat vyřazené polovodičové pláty do formy použitelné pro výrobu křemíkových solárních panelů. Touto novou metodou by se mohl snížit nedostatek křemíkových materiálů na trhu [13].

Toto jsou jen jedny z mála nápadů jak efektivněji využívat energii ze slunce. Časem budou přibývat nové technologie, budou se modernizovat staré postupy a vývoj v oblasti půjde rychlým tempem dopředu, jelikož ve slunečním hospodářství je spatřována velká perspektiva.

1.3 Pozitiva a negativa solární energie

1.3.1 Pozitiva

Solární energie je relativně nejčistší zdroj EE, ačkoli dopad znečištění prostředí během výroby komponentů a stavby by neměl být zanedbaný.

Zařízení mohou pracovat takřka bez údržby nebo jen s malými zásahy po počátečním nastavení.

1.3.2 Negativa

Umístění slunečních elektráren k obratníkům nebo dále směrem k pólům, je z hlediska průměrné intenzity slunečního záření značně nevýhodné. Z toho plyne, že státy nacházející se v těchto oblastech nemají maximální využití panelů po celý rok.

Solární panely nepracují v noci a jen částečně při oblačnosti, tím se snižuje spolehlivost vrcholného výkonu.

2 VĚTRNÁ ENERGETIKA (VE)

VE patří společně se SE k nejvíce se rozvíjejícím druhům alternativního získávání EE. Rozvoj jde nezadržitelně kupředu s tím, jak stoupá spotřeba EE. Ovšem v dalším rozvoji brání nesmyslnými připomínkami „někteří ekologové“, kteří si vymýšlí faktory, které ovlivňují veřejné mínění a tím i možnost stavby větrných elektráren. Lidé si pak myslí, že větrná elektrárna je hlučná, brání hnízdění ptáků či hyzdí ráz krajiny. Pravda je však úplně na opačném konci. Větrná elektrárna je nehlučná, vliv na ptactvo nepotvrdila žádná studie, a jestli větrná elektrárna patří do koloritu krajiny, o tom ať si udělá každý svůj vlastní názor. Toto jsou jen některé z aspektů, které brzdí výstavbu větrných elektráren a tím zpomalují rozvoj energetických sítí států.

2.1 Větrné elektrárny

Vítr vzniká v atmosféře na základě rozdílu atmosférických tlaků jako důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí vzduch studený. Zemská rotace způsobuje stáčení větrných proudů, jejich další ovlivnění způsobují morfologie krajiny, rostlinný pokryv, vodní plochy, vzdálenosti od moře [14].

Pro výstavbu větrných elektráren se počítá s územími o minimálních nadmořských výškách nad 600 m, technologický rozvoj již umožňuje vyrábět elektřinu z větru efektivně i v mimohorských oblastech [16].

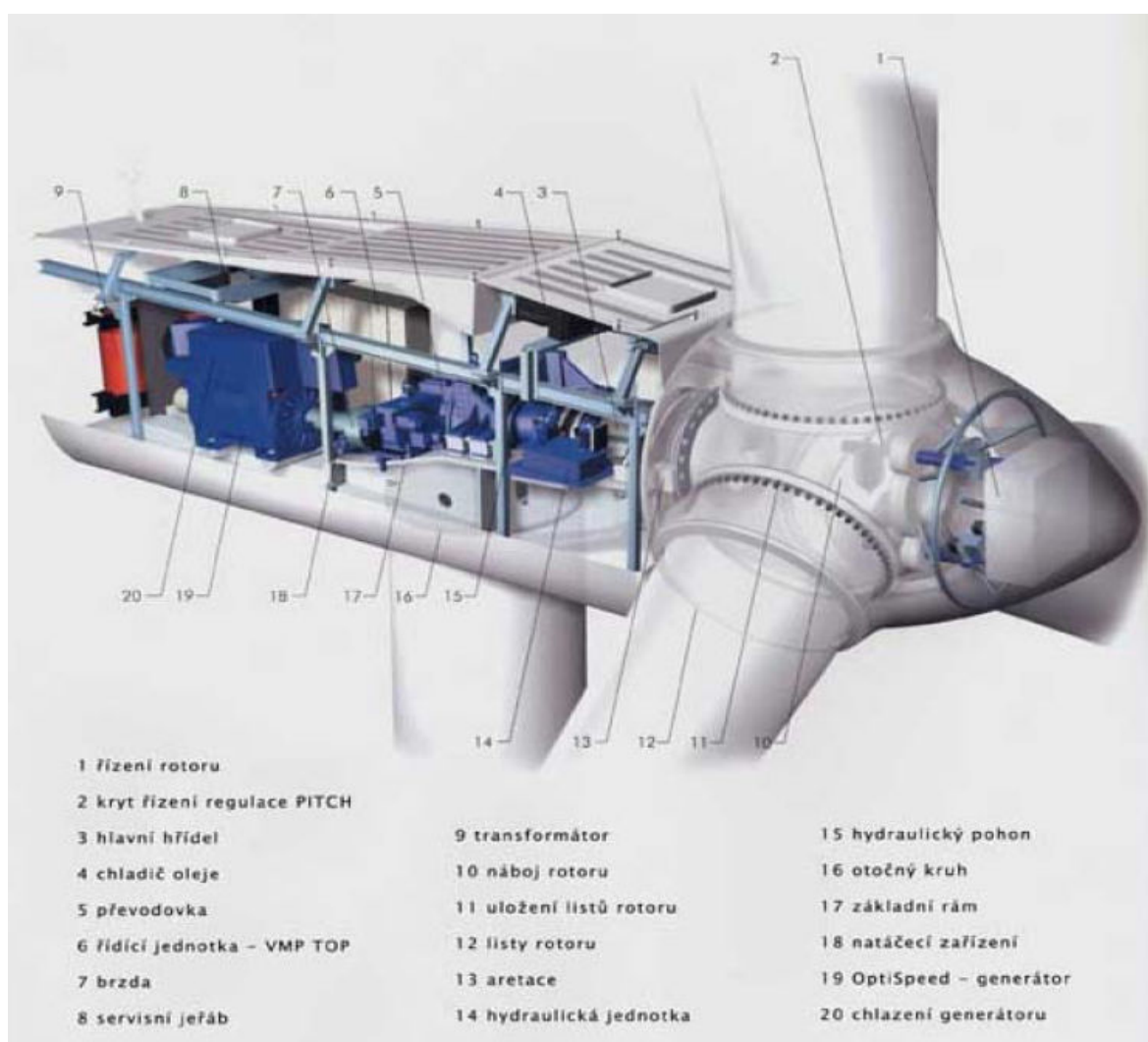
Větrné elektrárny jsou konstruovány převážně do velikosti cca 2 MW a nejvíce je jich situováno v místech se stabilním prouděním vzduchu (horské průsmyky, a na mořském pobřeží). Velmi výhodnou variantou jejich umístění je lokalizace v šelfech mělkých moří, kde pracují spolehlivě a neomezují žádné další využívání prostoru. V současné době, kdy výška stožárů dosahuje až 150 metrů, se otevírá možnost využít i zalesněných ploch, ale tento plán naráží na odpor ekologů, dle jejich názoru je to velký zásah do rázu krajiny [16].

2.1.1 Princip fungování větrných elektráren

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, proto listy musejí mít speciálně tvarovaný profil, podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové 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 elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu [14, 17].

Efektivní využití poskytují místa, kde je průměrná rychlost větru minimálně 4 m/s ve výšce 10 m. Optimální rychlost větru by měla být kolem 12 m/s, při rychlosti blížící se a vyšší jak 25 m/s musí být větrná elektrárna odstavena, aby nedošlo k jejímu zničení [14, 15].

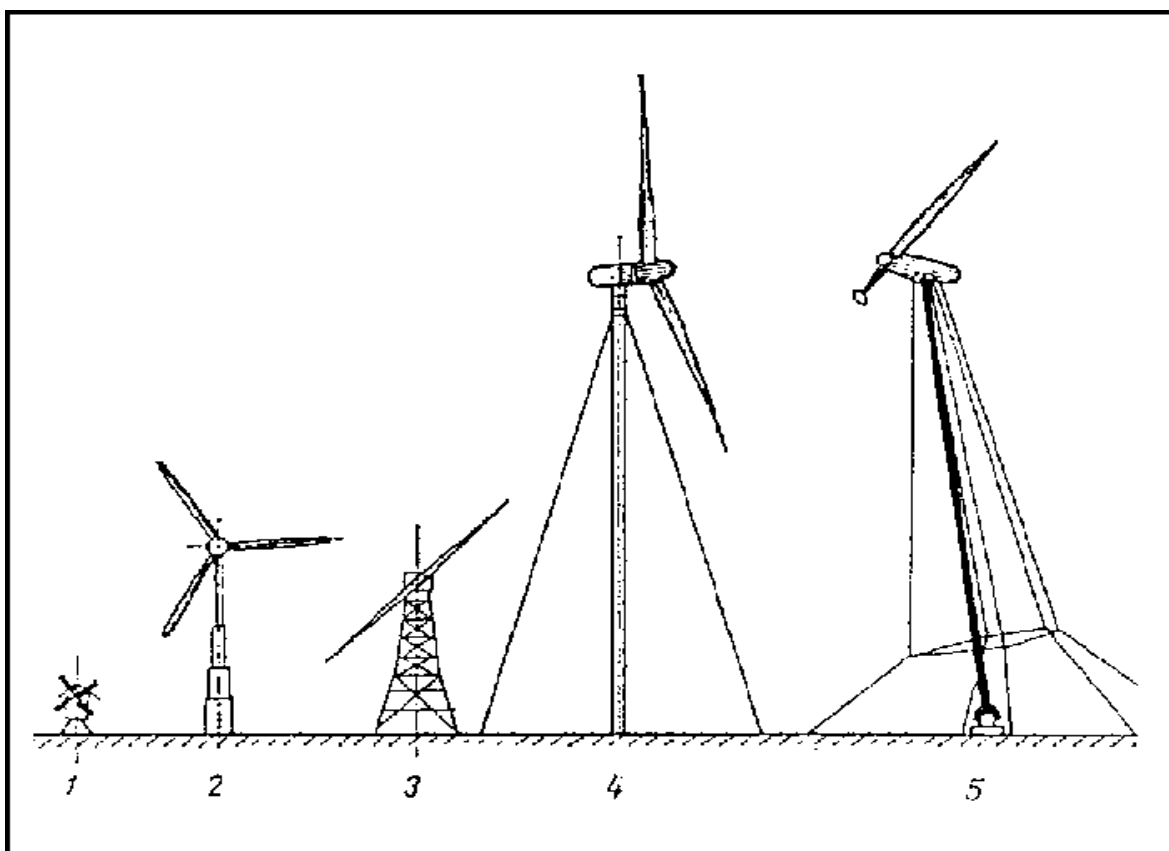


Obr. 7. Schéma větrné elektrárny [17].

2.1.2 Specifikace větrných elektráren

Větrné elektrárny se dělí podle výkonu na: malé, střední a velké. Elektrárny s výkonem nad 20 kW bývají zapojovány do elektrické sítě, ostatní s nižším výkonem slouží jen jako lokální zdroj elektrické energie např. pro farmy nebo malé podniky [18].

Větrné elektrárny lze také rozdělit na zařízení s vertikální osou otáčení (Savoniův a Daurieův rotor, které nejsou závislé na směru větru) nebo horizontální osou otáčení (nyní jsou nejrozšířenější, ale musí natáčet proti větru nebo po větru) [18].

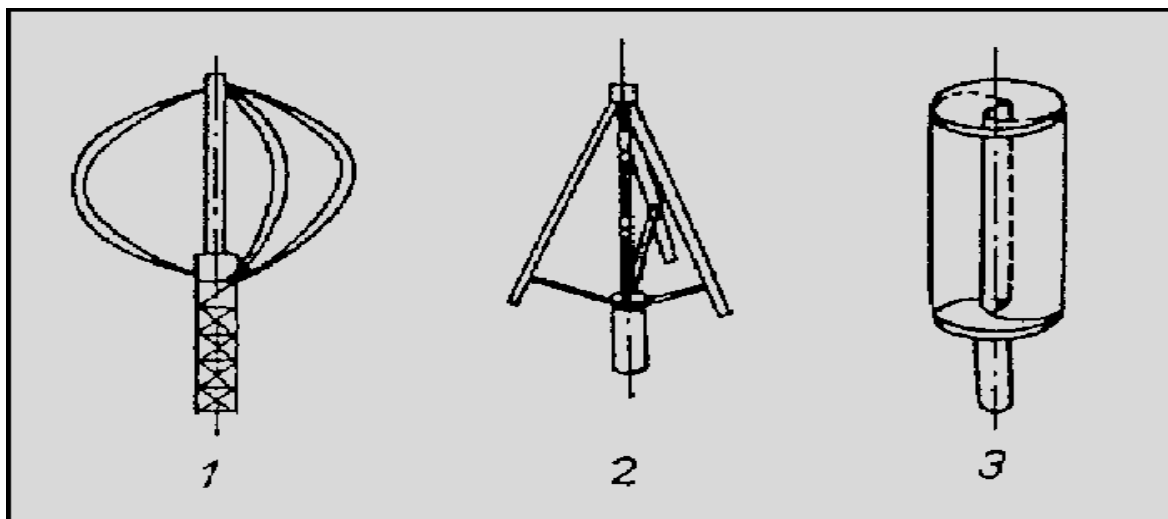


Obr. 8. Příklady typů větrných elektráren [18].

1 - malá větrná elektrárna do výkonu 0,09 MW, 2 - větrná elektrárna TVIND o výkonu 2 MW (Dánsko), 3 - větrná elektrárna v Severní Karolíně, 4 - větrná elektrárna GROWIAN o výkonu do 2 až 3 MW, 5 - jednokřídlová větrná elektrárna budoucnosti, výkon až 10 MW [19].

Současně lze elektrárny rozdělit podle používaných motorů (konvertorů) na dva základní typy. Odporový (větrný mlýn, plachetní větrné kolo a Savoniův rotor) s teoretickou

účinností maximálně 20 %. S motorem tohoto typu se pro energetické využití dnes již nepočítá. Vztlakový (vrtule, Darrieův rotor, mnohalopátkový rotor) s teoretickou účinností maximálně 59,3 % (dnešní motory dosahují účinnosti až 45 %) [18].



Obr. 8. Rotory větrných elektráren se svislou osou: 1, 2 - typ Darrieus, 3 – Savonius [18].

2.1.3 Umístění větrných elektráren

K tomu abychom dosáhli maximálního využití přeměny větrné energie na elektrickou energii, musíme uvažovat nad tím, kde je nejvýhodnější umístit toto zařízení. Není ekonomicky výhodné umístit elektrárny na území, kde nefouká vítr, nebo počet větrných dnů v roce je velmi malý. Proto vědci zpracovali naměřené údaje o rychlosti větru do map, které slouží jako vodítka k umístění elektráren [19].



Obr. 9. Rozdělení středních rychlostí větru na povrchu Země [18].

2.1.4 Větrné elektrárny na širém moři

Turbíny na volném moři jsou několikanásobně výkonnější než turbíny ve vnitrozemí, jejich instalace a údržba je však obtížnější. Je otázkou, jestli se v rozpočtech přímořských států najde dostatečná suma na to, aby mohly být tyto turbíny postaveny a uvedeny do provozu. Turbíny na moři mohou běžet na plný výkon až 50% času, zatímco ve vnitrozemí je to zhruba 20% času. Proto je považováno stěhování elektráren na širé moře, z hlediska udržení rozvoje VE, jako nepostradatelný jev [20].

Průměr rotoru větrné elektrárny je 80 m. Provozovatelé větrných farem sní o ještě mnohem větších rotorech. Výhledově je pro podobné aplikace plánována výroba větrných generátorů s průměrem rotorů až 160 m a tím i zvýšení výroby elektrické energie [20].

Před instalací větrné turbíny na širé moře se musí pečlivě zvážit vlivy na životní prostředí a všechna možná rizika pro námořní dopravu. Některé z výsledků studií mohou vést k aplikacím speciálních postupů výroby a montáže větrných turbín. Mezi rizika pro základny a věž elektrárny jsou např. kolize s lodí, příliv a odliv, proudění a vzedmutí moře, plovoucí kry, poryvy větru. Pro každou oblast, kde se elektrárny postaví, mohou být rizika jiná a konstruktéři s těmito faktory musí počítat [20, 21].



Obr. 10. Větrné elektrárny u pobřeží Dánska, nedaleko Kodaně [21].

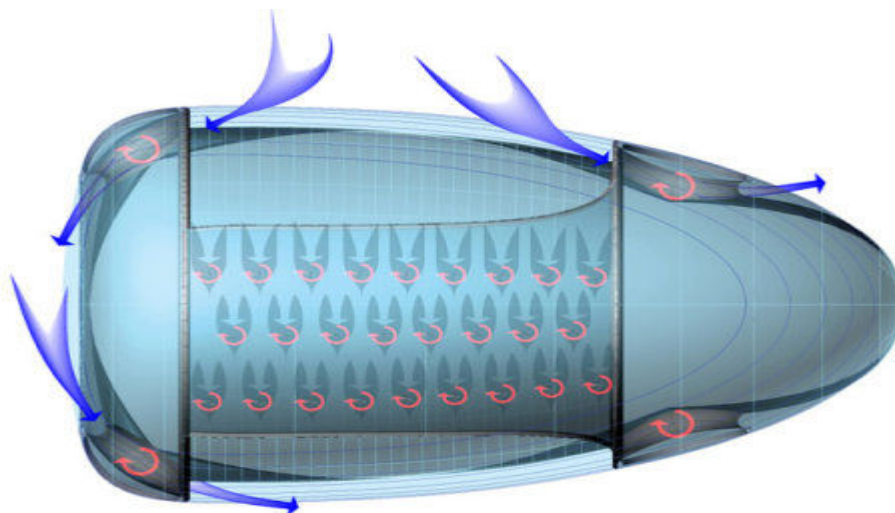
2.1.5 Větrné turbíny a architektura

Na světě existují různorodá řešení umístění větrných rotorů. Příkladem může být padesátipatrový komplex dvou totožných 240 m vysokých věží je spojen třemi mosty. Na každém z nich byla nyní umístěna větrná turbína o průměru 29 m. Větrná energie se postará o zajištění zhruba 11 – 15 % celkové spotřeby elektřiny obou budov [22].



Obr. 11. Větrné turbíny na Bahrain World Trade Center [22].

Mezi zajímavé stavby budoucnosti s větrnými turbínami patří i projekt architektonického ateliéru s názvem Clean Technology Tower. V rozích budovy budou umístěny větrné turbíny, které zachytí vítr v nejvyšších rychlostech. Směrem k vrcholu hustota větrných turbín bude stoupat a dvojitá střecha umožňuje využívat podtlak k ventilaci celého interiéru. Zároveň mrakodrap bude využívat solární energie zachycené solárními články [23].



Obr. 12. Střecha Clean Tower s větrnými turbínami [23].

Toto jsou jen některé z ukázek jak konstruovat energeticky nezávislé budovy. Postupem času budou zaujímat velkou část nových stavebních projektů a stanou se tak stavbami budoucnosti [23].

2.1.6 Větrné elektrárny a jejich vliv na životní prostředí a člověka

Větrná energetika neprodukuje žádné tuhé emise, plynné emise a odpadní teplo. Nezatěžuje okolí odpady ze své produkce, k provozu potřebuje pouze vítr. Námitky ve smyslu újmy na estetickém vzhledu krajiny mají vždy subjektivní charakter a vnímání symbiózy přírodních a umělých prvků v krajině je věcí názoru každého obyvatele planety [24].

V mnoha případech bývá ochránci přírody nadhodnocován negativní vliv akustických emisí na okolí. Jde přitom o hluk, jehož zdrojem je strojovna elektrárny, popř. interakce proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzduchových vírů za hranou listů. Tento hluk je snižován modernější konstrukcí listů vrtule, popř. variantností typů rotorů (za cenu snížení hlukové emise se snižuje i výkon generátoru). Hladina hluku

na úrovni 500 m od stroje se pohybuje okolo 35–40 dB, což je zhruba hladina hluku v obývacím pokoji [24, 25].

Chování ptáků, ale i divokých zvířat v blízkosti větrných elektráren je rozdílné. Některé druhy ptáků staví svá hnízda částečně v úkrytu generátorových skříní, jiné druhy se okolí elektráren vyhýbají. Pokud jsou větrné elektrárny dobře naplánované a postavené, nepředstavují pro ptáky a zvířata vážné nebezpečí. Existuje studie Veterinární univerzity v Hannoveru, která sledovala rozsáhlé území s celkem 36 větrnými elektrárnami a srovnávala ji s oblastí, kde turbíny nejsou. Hustota zvěře na území s elektrárnami zůstávala stejná, nebo se dokonce zvyšovala. Touto studií byla námitka, na negativní vliv na faunu, nepotvrzena [24, 25].

Vliv stínu rotující vrtule (disko efekt). Tento jev se projeví pouze, je-li slunce nízko nad obzorem. Tento problém řeší stavitelé umístěním větrných elektráren tak, aby rušivý vliv jejich stínů zasahoval lidská obydlí co nejméně. Zároveň se používají speciální matné barvy na povrchy rotorových listů větrných elektráren [24, 25].

3 SROVNÁNÍ SLUNEČNÍCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN S OSTATNÍMI TIPY ELEKTRÁREN

Každý ze zdrojů elektrické energie lze hodnotit z mnoha hledisek. Pokud se takové hodnocení soustředí jen na některé přednosti nebo nevýhody, není objektivní porovnání možné. Lze však s jistotou tvrdit, že žádná elektrárna není ideální. Životní prostředí je ovlivňováno všemi zdroji energie. Námitky lze uplatnit vůči vlivu na krajinnou ekologii, vůči spalovacím technologiím (zejména vzhledem k emisím skleníkových plynů), k úrovni jaderné i radiační bezpečnosti a mnohým jiným [27].

Z hlediska životního prostředí jsou významné všechny negativní efekty spojené s použitým palivem. Od jeho těžby přes dopravu, úpravu, využití až po emise a odpady. Globální hodnocení se tak netýká pouze vlastního provozu té které elektrárny, ale všech eventuálních ekologických škod plynoucích z využití určitého paliva pro výrobu EE [27].

3.1 Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí

V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny údaje vztažené k srovnatelnému výkonu elektráren (1000 MW), nebo roční výrobě elektřiny 8 800 GWh. U jednotlivých typů elektráren bylo zohledněno reálné roční využití (jaderné – 90 %, olejové – 80 %, uhelné a plynové – 75 %, spalující biomasu – 70 %, vodní – 60 %, větrné, fotovoltaické a sluneční tepelné – 20 %). Potřebná plocha byla počítána takto: běžná elektrárna na biomasu může mít výkon 30 MW a potřebuje 142 km² na pěstování energetických plodin. Při přepočtu na výkon 1000 MW je to už 4 714 km². Protože roční využití je asi 70 %, zvýšily by se požadavky na půdu na 6 734 km² (jedná se o ornou půdu) [27].

Tab. 1. Potřeba plochy pro stavbu a chod elektrárny přepočtené na výkon 1000 MW/rok, emise SO₂ (tun/rok), emise CO (tun/rok) [27].

Elektrárna	Potřeba plochy (km ²)	Emise SO ₂ (tun/rok)	Emise CO (tun/rok)
Jaderná	10,117	0	0
Uhelná	4,046	11300	1900
Olejová	1,214	4500	1400
Plynová	0,809	0	3000
Větrná	607,028	0	0
Na biomasu	6733,968	600	100000
Sluneční tepelná	202,343	0	0
Fotovoltaická	131,523	0	0
Vodní	32,375	0	0

Vlivy na okolí mohou být jak pozitivní, tak negativní. CO₂ produkovaný spalováním fosilních paliv a biomasy podporuje příznivě růst rostlin. Vodní přehrady chrání před záplavami, umožňují zavlažování a rekreaci. Naopak zdroje na fosilní paliva vyžadují nákladná a složitá zařízení na odstranění popílku, SO₂ a oxidů dusíku. Nejvíce pevných prachových částic vzniká při spalování biomasy. Jaderné elektrárny produkují nebezpečný odpad, ve srovnání s uhelnými však v nepatrném množství, a není tudíž problém jej bezpečně zlikvidovat [27].

Tab. 2. Hodnocení ekologického vlivu elektráren [27].

Elektrárna	Znečiš. ovzduší	Znečiš. vod	Produkce odpadů	Vliv na organizmy a biotop	Ostatní ekologické vlivy
Jaderná	Z	N	N	N	N
Uhelná	V	V	V	S	V
Olejová	V	N	N	S	S
Plynová	S	N	N	N	S
Větrná	Z	Z	S	S	N
Na biomasu	V	V	V	V	V
Sluneční tepelná	Z	Z	S	S	S
Fotovoltaická	Z	Z	S	S	S
Vodní	Z	S	V	V	N

(Hodnocení ekologického vlivu: v - vysoký, s - střední, n - nízký, z - zanedbatelný)

Jaderné, plynové, fotovoltaické, sluneční tepelné a větrné elektrárny mají relativně nejmenší dopad na životní prostředí, elektrárny spalující uhlí, ropu, plyn a biomasu největší společně s vodními elektrárnami [27].

3.2 Porovnání elektráren z hlediska ceny

Objektivně porovnat cenu elektráren nelze, existuje příliš mnoho parametrů, které musí být brány v potaz např. délka výstavby s tím související inflace, výkup pozemků atd. Důležitou roli hrají dotace, ty jsou určeny především pro stavbu větrných a slunečních elektráren, přičemž dochází ke snížení nákladů na stavbu [26].

Nejdražší a nejděší výstavbu mají jaderné elektrárny, ale produkují nejlevnější elektrickou energii, kdežto výstavba fotovoltaické elektrárny není tak drahá ani zdlouhavá jako u jaderné elektrárny, ale výkon je v porovnání s jadernou elektrárnou mizivý [26, 27].

4 PERSPEKTIVA SLUNEČNÍCH A VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN

Současné trendy ve výzkumu nových technologií pro sluneční a větrnou energetiku dávají tomuto alternativnímu zdroji EE dobrou šanci na uplatnění v budoucnosti. Ovšem je nesprávné se domnívat, že by větrné a sluneční elektrárny mohli významně zásobovat lidstvo elektrickou energií. Člověk by měl uvažovat nad těmito alternativními zdroji energie, jen jako vedlejšími zdroji, jelikož výkonově se nemohou rovnat s většími elektrárnami ať už atomovými či tepelnými. Další vývoj by se měl soustředit především na fotovoltaické panely pro rodinné domy nebo administrativní budovy a na větrné elektrárny umístěné na moře a do oblastí řídko osídlených s vysokou průměrnou rychlostí větru. Je důležité si uvědomit, že SE a VE nemůže pokrýt spotřebu EE a proto bychom měli spíše rozvíjet jadernou energetiku, jenž svým výkonem zásobí mnohem více odběratelů.

ZÁVĚR

Sluneční energii se dá zpracovat fotovoltaickou přeměnou, solárně termickou přeměnou. Technologie jsou ovšem velmi drahé a výkon není dostačující. Na životní prostředí nemá zásadní vliv jen při výrobě fotovoltaických panelů dochází k znečištění prostředí. Důležité je dbát na umístění konektorů a to do oblastí s dostatečným slunečním svitem. Největší perspektiva je spatřována v umístění panelů na střechy domů a administrativních budov.

Větrná energie se přeměňuje na elektrickou za pomoci větrných turbín, které bývají umístěny na různě vysoké stožáry. I v tomto případě je nutné volit vhodnou lokalitu pro výstavbu elektráren, volíme taková místa, kde je dostatek větrných dnů v roce. Vliv větrných elektráren na krajinu může pro někoho být zásadní, ale vzhledem k posunu ve snižování hlučnosti a disko efektu turbín nespátřuji problém pro schválení stavby. Tak jako se slunečními elektrárnami musí lidstvo počítat jen jako s vedlejším zdrojem elektrické energie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Fotovoltaické panely a vše co seženu kolem nich. : SLUNEČNÍ ENERGIE . *Ekoenergie* [online]. 2004 [cit. 2009-05-01]. Dostupný z WWW: <http://ekoenergie.webzdarma.cz/index.php?pid=fotovolt_uvod>.
- [2] MÍCHAL, Dr. Ing. Vladimír. *První česká multimediální Encyklopedie energie* [online]. c2006 [cit. 2009-03-25]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=4.4.3&PHPSESSID=3fa8731c751535e1ae9c6bc1d257d628>.
- [3] *Energyweb : Schéma sluneční elektrárny* [online]. c2001 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.simopt.cz/energyweb/web/schemata/slunecni/index.htm>>.
- [4] *Jak funguje sluneční elektrárna : Elektrárny a životní prostředí* [online]. Skupina ČEZ, c2008 [cit. 2009-03-25]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/slunce/flash-model-jak-funguje-slunecni-elektrarna.html>>.
- [5] KRUCKÝ, Jan. *Eurosolar.cz : Sluneční energie a obnovitelné zdroje* [online]. c2008 , 28.3.2009 [cit. 2009-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eurosolar.cz/phprs/showpage.php?name=fotovoltaika>>.
- [6] VANĚČEK, M. PŘEMĚNA SLUNEČNÍ ENERGIE V ENERGII ELEKTRICKOU. *Československý časopis pro fyziku* [online]. 2000 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.fzu.cz/texty/brana/fotovoltaika/slunecni_energie.php>.
- [7] *PRINCIP PŘEMĚNY SLUNEČNÍ ENERGIE V ENERGII ELEKTRICKOU* [online]. [2003] , 16.4.2003 [cit. 2009-03-15]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <http://www.fzu.cz/texty/brana/fotovoltaika2/princip_premeny.html>.
- [8] Actum s.r.o. - Agentura pro elektronický a internet marketing. *Alternativní zdroje energie : Sluneční elektrárny (solární energie)* [online]. [2007] , 6.9.2007 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/slunecni-solarni-elektrarny.htm>>.
- [9] PAVELKA, Jindřich. *ENVIROS : Palivové články jako perspektivní technologie* [online]. [2007] , 18.10.2007 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.enviros.cz/palivove_clanky/palivove_clanky.html>.

- [10] KRUCKÝ, Jan. *Eurosolar.cz : Sluneční energie a obnovitelné zdroje* [online]. c2008 , 28.3.2009 [cit. 2009-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.eurosolar.cz/phprs/showpage.php?name=solarni_architektura>.
- [11] NERIS S.R.O., ČTK, Elmarco představilo nové solární články s nanovláknem. *České noviny.cz* [online]. 2009 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.ceskenoviny.cz/tema/index_view.php?id=364997&id_seznam=12666>.
- [12] NOSKA, Martin. Nová technologie změny okna v solární panely. *ScienceWorld* [online]. 2008 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://scienceworld.cz/fyzika/nova-technologie-zmeni-okna-v-solarni-panely-450>>.
- [13] RADECKÝ, Alexandr. IBM recykluje křemík pro výrobu solárních panelů. *CIO : Business World.cz* [online]. 2007 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://businessworld.cz/veda-a-historie/ibm-recykluje-kremik-pro-vyrobu-solarnich-panelu-2558>>.
- [14] FG FOREST, A.S.. *Jak funguje větrná elektrárna : Elektrárny a životní prostředí* [online]. c2008 [cit. 2009-03-25]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html>>.
- [15] OPIČKA, František. *Větrná energie* [online]. c2008 , 10.12.2008 [cit. 2009-03-25]. Windows-1250. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/vitr.htm>>.
- [16] FG FOREST, A.S.. *Jak funguje větrná elektrárna : Elektrárny a životní prostředí* [online]. c2008 [cit. 2009-03-25]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vitr/informace-o-vetrne-energetice.html>>.
- [17] NECHANICKÝ, Milan. Rozdělení elektráren. *Elektrárny* [online]. 2005 [cit. 2009-03-24], s. 14-17. Dostupný z WWW: <<http://www.elnet.wz.cz/web/elektrarny.pdf>>.
- [18] Obnovitelné a netradiční zdroje energie. *Školská fyzika* [online]. 2002, č. 7 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://sf.zcu.cz/rocnik07/cislomm/1-4def.html>>.

- [19] *Encyklopedie Energie - Výklad* [online]. [2009] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=4.3.4&PHPSESSID=0c8351b02de91a72c97b7657452161fd>.
- [20] ECONOMIA, A.s. VĚTRNÁ ENERGIE. *Technik : Technické a technologické novinky pro výzkum, výrobu a trh* [online]. 2008 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <http://technik.ihned.cz/c4-10002520-28888460-800000_d-elektrarny-se-naucily-plavat>.
- [21] Německé větrné elektrárny míří na širé moře. *Ekolist.cz* [online]. 2007 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=2061123>>.
- [22] HORČÍK, Jan. *Ekologické bydlení : Ekologie, nízkoenergetické bydlení, zelená energie* [online]. [2009] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekobydleni.eu/vetrna-energie/vetrne-turbiny-na-bahrain-world-trade-center#more-151>>.
- [23] *MetaEfficient : Innovative Tower To Feature Atrium Of Wind Turbines* [online]. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.metaefficient.com/architecture-and-building/innovative-tower-to-feature-atrium-of-wind-turbines.html>>.
- [24] *Energie, aneb jak se v 21. století (alternativně) zahřát* [online]. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://209.85.129.132/search?q=cache:952m09yve2cJ:www.dvorek.eu/dwn/1572/14823cs_CZ_ENERGIE.pdf+V%C4%9Btrn%C3%A1+energetika+neprodukuje+%C5%BE%C3%A1dn%C3%A9+tuh%C3%A9+emise&cd=3&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>.
- [25] ACTUM S.R.O. . *Alternativní zdroje energie : vetrne elektrarny* [online]. 2007 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>.
- [26] LASTOVIČKA, Radek. SOLLARIS : sluneční elektrárny. *SOLLARIS s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.sollaris.cz/index.php?A=faq>>.
- [27] Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí. *Třetí PÓL*. 1.10.2007, č. 4/2007, s. 14. Dostupný z WWW: <<http://www.tretipol.cz/download/rijen2007.pdf>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SE	Sluneční energetika
EE	Elektrická energie
SLE	Sluneční elektrárny
EZSZ	Energie ze slunečního záření
eV	Elektron volt
E_g	Šířka zakázaného energetického pásu
E_c	Valenční energetická hrana
E_v	Vodivostní energetická hrana
MW	MegaWatt
dB	Decibel
GWh	GigaWatt hodina

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma křemíkového fotovoltaického článku [7].</i>	11
<i>Obr. 2. Graf spektra slunečního záření po průchodu atmosférou a absorpční hrany Si [6].</i>	12
<i>Obr. 3. Pásové schéma p-n přechodu krystalického Si za osvětlení (energie fotonů) [6].</i>	13
<i>Obr. 4. Schematické znázornění struktury křemíkového solárního článku se zanořenými kontakty na přední straně [6].</i>	14
<i>Obr. 5. Schéma solárně termické elektrárny věžového typu [3].</i>	15
<i>Obr. 6. Koncept domu, který je z 95% tepelné závislý pouze napřímo dopadající sluneční energii [10].</i>	17
<i>Obr. 7. Schéma větrné elektrárny [17].</i>	20
<i>Obr. 8. Příklady typů větrných elektráren [18].</i>	21
<i>Obr. 9. Rozdělení středních rychlostí větru na povrchu Země [18].</i>	23
<i>Obr. 10. Větrné elektrárny u pobřeží Dánska, nedaleko Kodaně [21].</i>	24
<i>Obr. 11. Větrné turbíny na Bahrain World Trade Center [22].</i>	24
<i>Obr. 12. Střecha Clean Tower s větrnými turbínami [23].</i>	25

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Potřeba plochy pro stavbu a chod elektrárny přepočtené na výkon 1000 MW/rok, emise SO₂ (tun/rok), emise CO (tun/rok) [27].</i>	28
<i>Tab. 2. Hodnocení ekologického vlivu elektráren [27].</i>	28