

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra fyziky

Energie Slunce a větru

bakalářská práce

Autor: Pavel Zelenka

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph. D.

Rok obhajoby: 2007

Anotace

Bakalářská práce se zabývá obnovitelnými zdroji energie. Konkrétně se zaměřuji na problematiku sluneční a větrné energie se specifikou na české prostředí.

Práce se skládá ze tří částí. V první části „Obnovitelné zdroje energie“ se zabývám podstatou energie, využitím obnovitelných zdrojů a celkovým úvodem do této problematiky.

V druhé části „Energie Slunce“ se podrobněji zaměřuji na možnosti využití sluneční energie, popisuji solárně termické systémy na ohřev TUV a vytápění. Zvláště pak se zabývám solárními kolektory. Neopomím ani cenovou problematiku, která hraje značnou roli při využívání solárních systémů.

Ve třetí části „Energie Větru“ se zabývám větrnou energií a způsoby jejího využití. Charakterizuji hlavní veličiny větru. Popisuji historii využití energie větru a provoz větrných elektráren. Zmiňuji se výhodách a nevýhodách instalace a provozu větrných elektráren. Pozastavuji se na výhledem do budoucna.

Short annotation

This bachelor thesis is about renewable resources of energy. I focus on the energy from the sun and wind, mainly in the Czech Republic.

The thesis has three parts. The first of them is called “Renewable resources of energy”. I explain there, what is the energy and which sources of it we can use.

In the second part – “Solar energy” - I explain, how the special systems for heating and warming up water work. Main part of it is about solar panels.

The third part is “Wind power”. I describe there ways of using wind energy. I also mention the main characteristics of wind. I wrote there about generating energy by the windmills in the history as well. You can find there advantages and disadvantages of installation of wind turbine or whole wind parks too.

In my opinion, it depends on many factors what the future of renewable resources of energy will be.

Touto cestou bych chtěl poděkovat RNDr. Pavlu Křížovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat ing. Edvardu Sequensovi za řadu cenných rad a za zprostředkování exkurze k větrným elektrárnám. Dík patří samozřejmě rodičům a blízkým, kteří mě psychicky podporovali.

**Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Energie Slunce a větru“
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.**

V Českých Budějovicích, 6. prosince 2006

.....

Pavel Zelenka

Obsah

Úvod.....	8
I. Energie.....	10
1.1 Obnovitelné zdroje energie.....	11
II. Slunce a jeho energie.....	13
2.1 Možnosti využití sluneční energie.....	15
2.2 Globální záření.....	16
2.3 Využití solární energie.....	17
2.4 Využití sluneční energie v termických solárních zařízeních.....	17
2.4.1 Pasivní systémy pro ohřev vody.....	20
2.4.2 Aktivní systémy pro ohřev teplé vody.....	20
2.5 Ploché kapalinové kolektory.....	21
2.5.1 Tepelné ztráty a povrch absorberu.....	23
2.5.2 Účinnost kolektorů.....	24
2.5.3 Sklon a orientace kolektorů.....	25
2.5.4 Uspořádání a propojení kolektorů.....	26
2.5.5 Tepelná ochrana solárních systémů.....	26
2.6 Koncentrující kolektory.....	29
2.7 Ohřev teplé užitkové vody (TUV).....	30
2.7.1 Funkce solárního zařízení pro ohřev TUV.....	30
2.7.2 Solární zásobník.....	31
2.7.3 Dimenzování solárních zařízení pro ohřev vody.....	32
2.7.4 Velká solární pole pro centrální ohřev.....	33
2.8 Solární zařízení pro vytápění kapalinovými kolektory.....	34
2.8.1 Velké solární systémy pro vytápění.....	34
2.8.2 Vytápěcí systémy se vzduchovými kolektory.....	35
2.9 Regulace solárního systému.....	36
2.10 Solární ohřev a ekonomika.....	37

III. Energie větru.....	40
3.1 Co je to vítr?.....	40
3.2 Rychlost větru.....	41
3.2.1 Měření rychlosti větru.....	41
3.3 Směr větru.....	45
3.4 Laminární a turbulentní proudění vzduchu.....	46
3.5 Historie využití energie větru.....	47
3.6 Větrné motory.....	50
3.6.1 Využívání větrných motorů.....	50
3.6.2 Základní typy větrných motorů a jejich rozdělení.....	50
3.7 Větrné elektrárny.....	53
3.7.1 Typy větrných elektráren.....	53
3.7.2 Popis větrné elektrárny.....	54
3.7.3 Regulace větrných elektráren.....	56
3.7.4 Vývoj parametrů větrných elektráren.....	57
3.7.5 Podmínky instalace větrné elektrárny.....	58
3.7.6 Výhody a nevýhody větrných elektráren.....	61
Závěr.....	64
Přehled použité literatury, pramenů a odkazů.....	66
Příloha	

Při dnešním způsobu civilizovaného života, si snad nikdo z nás neumí představit život bez elektrické energie. Snad možná jen málokdo pomyslel na to, co by se mohlo stát, kdyby se svět najednou ocitl bez přívodu elektřiny. Jaký by to mělo dopad v nemocnicích, na burzách, a prostě všude tam, kde lidskou práci nahrazují stroje.

A právě proto, že energie se pro náš život stala natolik nepostradatelná, vybral jsem si pro svou bakalářskou práci téma týkající se energie a jejích obnovitelných zdrojů.

Vzájemné vztahy mezi energetikou, ochranou životního prostředí a ekonomikou nejsou vždy zcela průhledné. Někdy není jasné pořadí jednotlivých hledisek, až teprve při katastrofách (ropná krize v 70. letech, války, přírodní katastrofy) si uvědomíme, že právo na energii, která je jednou z nezbytných lidských potřeb, nemusí být úplnou samozřejmostí. Zatím je fosilních paliv relativně dostatek, ale mají bohaté země nárok „zneužít“ tyto energetické zdroje a připravit o ně budoucí generace? Bezohledná, rychle se zvyšující spotřeba vyvolává výkyvy v zásobování a nekontrolovatelný růst cen. Prohloubí se tak obtíže chudých zemí. Jednou z možností jak změnit tuto situaci je větší využívání obnovitelných zdrojů. Musíme do budoucna přemýšlet nad tím, kde jinde energii čerpat, anebo kde ji uspořít.

Ve své bakalářské práci zpracovávám využití energie Slunce a větru. Nejprve se obecně zabývám podstatou energie, využíváním obnovitelných zdrojů a celkovým úvodem do této problematiky. V druhé části poukazuji na možnosti využití sluneční energie, a to hlavně v termických solárních zařízeních. Podrobně popisuji solární kolektory, jejich konstrukční provedení, účinnost, tepelné ztráty, sklon a orientaci kolektorů. Dále jsem se zaměřil na využití solární energie k ohřevu užitkové vody, vytápění a jejich dimenzování. Ve třetí části práce se zabírám problematikou energie větru. Při využití této energie, hrají podstatnou roli jednotlivé veličiny větru. Z historie zjistíme, že tento živel je využíván od pradávna. Nejvíce jsem se zaměřil na vznik a provoz větrných elektráren. Mezi zastánci těchto alternativních zdrojů najdeme samozřejmě i odpůrce, jejichž argumenty zde uvádím. Při instalaci i provozu jak solárních systémů, tak větrných elektráren hrají značnou roli finance. Stát nabízí určité finanční úlevy, například ve formě dotací nebo stanovením hranic výkupních cen za energii.

Ekologické problémy se stávají natolik závažnými, že z nich vznikají problémy globální, už se netýkají jednotlivců, ale nás všech.

I. Energie

Energie (E) je nejdůležitější vlastností hmoty a záření. Je obsažena v každém kousku hmoty i v paprsku světla. Je všude ve vesmíru a ve všem kolem nás.

Energie je významná skalární fyzikální veličina, která charakterizuje formy pohybu hmoty. Různým formám pohybu odpovídají různé druhy energie.

Známe energii mechanickou, elektrickou, vnitřní energii, jadernou, sluneční, větrnou aj. Energií lze rozumět schopnost konat práci, nebo práci vynaloženou k jejímu získání. Pojem práce (W) vyjadřuje především děj (proces) přeměny jednoho druhu energie na jiný, zatímco pojem energie vyjadřuje stav tělesa nebo nějakého jiného nosiče energie. energii lze získat jen z jiné energie, nelze ji vyrobit bez energie [1].

Jednotkou energie, práce a tepla je podle Mezinárodní soustavy jednotek SI joule (J). Tato jednotka vyhovuje fyzikům. Energetici počítají raději s kilowatthodinami $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

1.1 Obnovitelné zdroje energie

Životní úroveň člověka je přímo úměrná spotřebě **energie**. Průměrná spotřeba připadající na jednoho člověka za den je přibližně 2 kW. To je zhruba 20krát více, než spotřebuje lidský organismus ve formě potravy. Ve vyspělých zemích dosahuje průměrná spotřeba až 10 kW na obyvatele. V některých rozvojových zemích je naopak až stokrát nižší než průměr - tj. kolem 100 W na obyvatele. Jestliže miliardy obyvatel těchto zaostalých zemí budou také chtít žít civilizovaněji, bude to znamenat podstatné zvýšení spotřeby energie. S růstem počtu obyvatel a se vzrůstem jejich životní úrovně, porostou přirozeně i požadavky na výrobu energie. Nesmíme také zapomínat na stále se ztenčující ozonoféru a rostoucí koncentraci skleníkových plynů v atmosféře související s oteplováním zemské atmosféry vlivem CO₂, který vzniká spalováním uhlíkatých paliv.

Pro spotřebiče v domácnosti, průmyslu, dopravě a zemědělství se dnes energie čerpá především z fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) a v menší míře štěpením uranu. Atomová energetika sice přináší relativně levný provoz a nulové emise CO₂, ale nesmíme zapomínat na bezpečnost provozu, vysoké investiční náklady a definitivní likvidaci vyhořelého paliva. Zásoby fosilních paliv se ztenčují. Nikdo přesně neví, kolik zbývá neobnovitelných zdrojů. Uran a uhlí by měly vydržet ještě několik století, ale ropa a zemní plyn jsou vzácnější a mohou být brzy vyčerpány. Doba spotřeby se odhaduje na 50 až 70let.

Jedním ze způsobů jak tuto situaci řešit, je přechod na obnovitelné zdroje energie. Na rozdíl od fosilních a uranových paliv se **obnovitelné zdroje** energie neustále obnovují díky slunečnímu záření. Obnovitelné (alternativní) zdroje neznečišťují životní prostředí, jejich množství je mnohem větší a prakticky nevyčerpatelné.

K obnovitelným zdrojům energie patří:

- sluneční energie (viz níže)
- větrná energie (viz níže)
- energie tvořená z biomasy
- vodní energie
- geotermální energie

- odpadová a rekuperovaná energie včetně částí energie získávané tepelnými čerpadly
- slapová energie (energie přílivu a odlivu)
- energie mořských vln

Význam obnovitelných zdrojů bude stoupat. Česká republika v rozvoji čistých zdrojů energie zaostává. V přístupové smlouvě k EU jsme se do roku 2010 zavázali dosáhnout **8%** podílu obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě elektřiny (*tabulka 1*). Česká republika nemá takové přírodní podmínky, aby se mohla zaměřit pouze na jeden zdroj. Je třeba rozvíjet všechny obnovitelné technologie: největší nevyužitý potenciál můžeme hledat ve spalování biomasy. Studie Českého ekologického ústavu dokládá, že za padesát let můžeme zhruba **30%** našich současných energetických potřeb pokrývat pomocí obnovitelných zdrojů.

Rozvoj čistých obnovitelných technologií zvýší soběstačnost a bezpečnost v zásobování energiemi. Díky využití obnovitelných zdrojů, bychom mohli v České republice přispět ke zmenšení závislosti na dovozu strategických surovin (jako je například ropa nebo zemní plyn) z několika málo, většinou geopoliticky nestabilních regionů. Využívání obnovitelných zdrojů energie vytváří nové pracovní příležitosti (především na venkově) a přispívá ke snižování nezaměstnanosti.

Druh obnovitelného zdroje	Výroba v roce 2005 (GWh)	Předpokládaná výroba v roce 2010 (GWh)
Větrné elektrárny	21	930
Malé vodní elektrárny (do 10 MW)	716	1 120
Velké vodní elektrárny	1 165	1 165
Elektrárny spalující biomasu	338	2 200
Elektrárny využívající Geotermální energii	0	15
Fotovoltaické elektrárny	0	15
Celkem	2 730	5 445

Tabulka 1 - [2]

II. Slunce a jeho energie

Životně nejdůležitějším dodavatelem energie pro Zemi je Slunce. Je výchozím bodem pro chemické a biologické procesy na naší planetě. Je nejpřirozenější a tedy nejekologičtější ze všech zdrojů energií. Je středem planetární soustavy, do níž patří také naše Země. Slunce je od Země vzdáleno 150 milionů kilometrů. Sluneční paprsek urazí tuto vzdálenost za 8 minut a 20 vteřin. Slunce má tvar koule o průměru $1,39 \cdot 10^9 \text{ m}$, skládá se převážně z vodíku (70%), helia (28%) a z nepatrného množství ostatních prvků periodické soustavy (2%).

Zdrojem energie Slunce je termonukleární reakce (jaderná syntéza, fúze) probíhající v centrálních oblastech Slunce, při níž dochází k přeměně vodíku na helium. Podle množství helia a vodíku bylo vypočteno, že Slunce svítí téměř 5 miliard let, předpokládá se, že jaderné fúze budou pokračovat ještě dalších 5 až 10 miliard let. Celkový tok energie, který Slunce vyzařuje do kosmického prostoru je $3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$. Slunce září jako absolutně černé těleso (vysílá paprsky v celém rozsahu spektra) s povrchovou teplotou okolo 5 700 K. Sluneční záření zahrnuje vlnové délky od 10^{-10} m (rentgenové a ultrafialové záření) až do několika metrových délek (rádiové záření). Největší část energie však připadá na vlnové délky $0,2 \cdot 10^{-6}$ až $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ (světelné a infračervené záření).

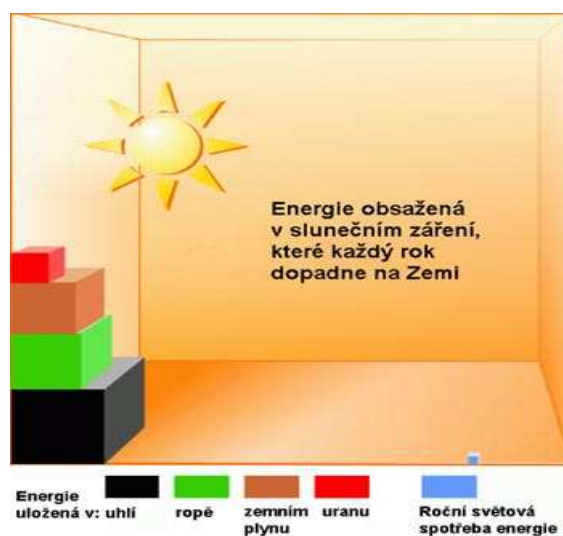
Sluneční záření není na cestě k Zemi ničím pohlcováno a přichází na hranici atmosféry Země v původní podobě v níž opustilo Slunce. Zmenšená je pouze intenzita záření díky tomu, že se s rostoucí vzdáleností od Slunce rozptýlí na větší plochu.

Na vnějším okraji zemské atmosféry představuje průměrná intenzita záření 1367 W/m^2 , to je tzv. sluneční konstanta. Ovzduším projde jen část záření, takže v létě je za jasného dne k dispozici 800 W/m^2 až 1000 W/m^2 (tzv. globální záření) k dalšímu použití.

Z celkového toku energie ze Slunce se zpět do vesmíru od mraků a zemského povrchu odrazí zhruba 34%. V atmosféře se pohltí okolo 19%, zbývající část je pohlcena zemským povrchem (47%). Záření pohlcené povrchem země se mění v teplo, které je vyzařováno z povrchu Země jako infračervené záření (14%). Infračervené záření je

pohlcováno v atmosféře víceatomovými plyny, což vede k trvalému zvýšení teploty zemského povrchu (skleníkový efekt). Značné množství energie dopadající na plochy oceánů se spotřebuje na vypařování vody (23%). Zbytek záření pohlceného zemským povrchem (10%) je odveden konvekci (větrem). Nepatrné množství sluneční energie dopadající na Zemi (1%) připadá na biologické reakce probíhající v biosféře. [3]

Samotná energie záření dopadající na zemský povrch činí 219 000 000 miliard kWh ročně. To je 10 000krát více, než lidstvo v současné době spotřebuje. Na obrázku 1 vidíme názorné srovnání množství energie, kterou přináší dopadající sluneční záření na Zemi za rok (oranžová krychle) s roční světovou spotřebou energie (modrá krychlička vpravo dole) a s energetickým obsahem dnes známých světových zásob uranu, zemního plynu, ropy a uhlí.

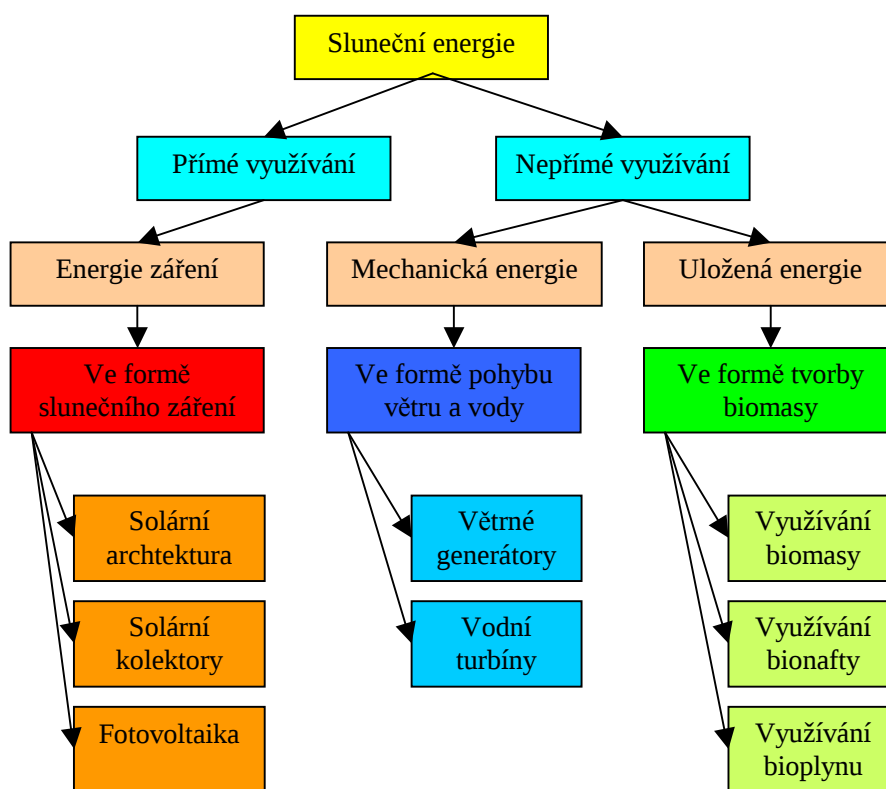


Obrázek 1 - Energie záření [4]

2.1 Možnosti využití sluneční energie

Sluneční energii je možno využívat mnoha různými způsoby. Rozlišujeme mezi přímými a nepřímými formami využívání sluneční energie (obrázek 2). Při **přímém** využívání se záření Slunce přímo přeměňuje na užitečnou formu energie, například slunečním tepelným kolektorem na teplou vodu.

O **nepřímém** využívání hovoříme, když se po jedné nebo několika přeměnách přímého slunečního záření využívají takzvané sekundární formy, jako je vítr, voda, biomasa atd. U nepřímých forem sluneční energie rozlišujeme mechanickou a uloženou formu energie.



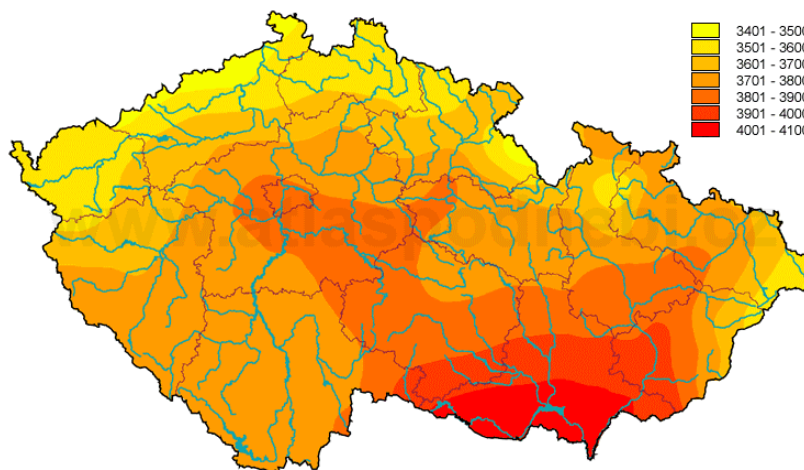
Obrázek 2 - Možnosti využívání sluneční energie v ČR.

2.2 Globální záření

Doba slunečního svitu a intenzita záření jsou závislé na zeměpisné poloze, ročním období a na povětrnostních podmínkách. Roční úhrny globálního záření dosahují v nejslunečnejších oblastech Země hodnot přes 2200 kWh/m². V Česku je v některých oblastech dosahováno hodnot 1100 kWh/m². Sluneční záření dopadající na zemský povrch se skládá z přímého a z rozptýleného záření. Mají rozdílnou směrovou charakteristiku. **Přímá** složka záření je tvořena rovnoběžnými paprsky, které po lomu v atmosféře přicházejí přímo od Slunce. Přímé záření vytváří stín.

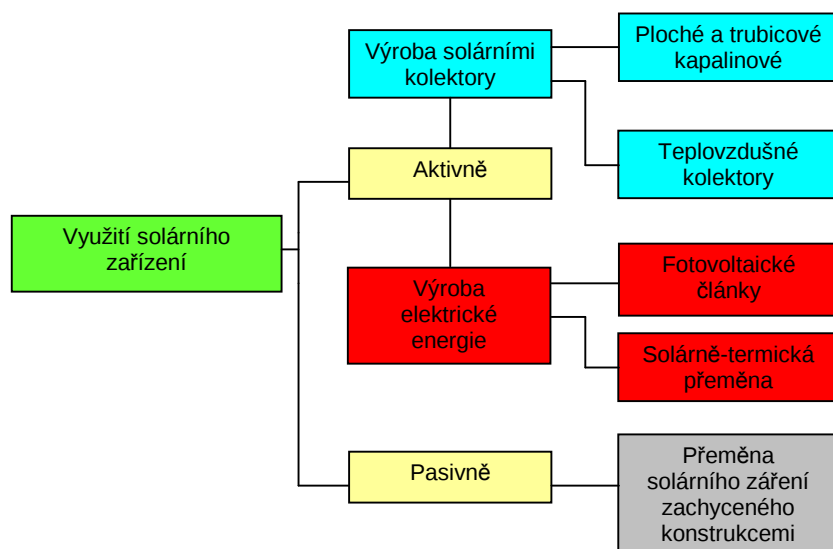
Difúzní – rozptýlené záření vzniká rozptylem slunečního světla na plynech v atmosféře (ve vodní páře, v mracích, mlze apod.). Při zatažené obloze na zemi dopadá vlastně jen difúzní záření. Ve střední Evropě hodnota difúzního záření dosahuje přibližně 55 % z celkového dopadajícího záření, výrazně se však mění dle meteorologických podmínek.

Součet záření přímého a difúzního se nazývá **globální záření**. Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1460 h/rok. Mapa (obrázek 3) ukazuje globální sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu o velikosti 1 m² za rok a dává tak představu o množství využitelné sluneční energie. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou, je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5 - 10%, někdy až 15 - 20%. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 m.n.m. lze počítat naopak s 5% nárůstem globálního záření.



2.3 Využití solární energie

Přeměna solárního záření na **teplo** (fototermální přeměna) může být **pasivní** (pomocí pasivních solárních prvků budov - prosklené fasády, zimní zahrady) nebo **aktivní** (pomocí přídavných technických zařízení - sluneční kolektory). Jinou aktivní možností je výroba elektřiny cestou **fotovoltaiky** nebo v **solárně termických** zařízeních. Podrobné rozdělení ukazuje následující obrázek.



Obrázek 4 - Využití solární energie – rozdělení

Pasivní systémy mají výhodu, že k provozu nepotřebují žádné další zařízení. Využívají sluneční záření, které dopadne do interiéru okny nebo jiným prosklením. Velmi důležité je vyřešení rizika **tepelné zátěže** během léta (řádné odvětrávání, akumulace do stavebních konstrukcí). V případě orientace prosklených ploch na jih nebo západ se zvyšuje riziko přehřívání interiéru v letních měsících. Konkrétní budovu je lépe navrhnout se specializovaným odborníkem. Energetický přínos zásadně závisí i na způsobu užívání budovy - např. dodatečně zasklená lodžie přináší úsporu jen pokud, pokud není v zimě vytápěná. Roční energetický přínos závisí tedy i na chování obyvatel domu.

Aktivní systémy je téměř vždy možné dodatečně instalovat na stávající budovu. Využívají se zejména k celoroční přípravě teplé užitkové vody (TUV), ohřevu bazénové

vody a k přitápění budov pomocí teplovodního vytápění (touto problematikou se budu podrobněji zabývat níže) nebo teplovzdušného vytápění.

Fotovoltaická zařízení představují jednoduchý způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla (fotony) dopadají na fotovoltaický článek a svou energií z něho uvolňují elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. Se stejnými základními stavebními prvky - solárními články - je možné realizovat aplikace s nepatrným výkonem (napájení kalkulačky) až po elektrárny s výkony v MW. Nevýhodou je poměrně nízká účinnost (13 až 16 %) a vysoká cena. V ČR lze na fotovoltaickou elektrárnu získat dotaci a současně jsou zde poměrně výhodné výkupní ceny. Bez dotace je návratnost investice srovnatelná s dobou životnosti panelů (15 až 20 let), s dotací může být návratnost menší než 10 let, což činí investici poměrně lukrativní.

Elektřinu z dopadajícího slunečního záření je možné vyrábět i technologiemi známými z klasických tepelných elektráren, kde pára pohání turbínu spojenou s generátorem. Vzniká tak **solárně termická** výroba elektřiny. K ohřevu vody se používá rovinných zrcadel odrážejících sluneční paprsky na věž, na níž je umístěn absorbér, v jehož ohnisku může být přes 1000 °C. Jiným způsobem ohřevu vody je soustava parabolických zrcadel, která ohřívá teplotonosné médium v jejich ohniscích. Takovéto elektrárny se v našich zeměpisných šířkách nevyskytují, neboť vyžadují více slunečního svitu, než máme k dispozici.

2.4 Využití sluneční energie v termických solárních zařízeních

Solární zařízení jsou systémy, které prostřednictvím technických zařízení (kolektorů) využívají teplo přinášené slunečním zářením k ohřevu tekutiny, kterou pak přivádějí ke spotřebiči. Solární termické systémy lze dělit podle různých kritérií.

- podle toho, k čemu používáme získanou energii:
 - systémy pro ohřev teplé vody,
 - systémy pro vytápění,
 - systémy pro ohřev bazénů,
 - systémy pro chlazení a klimatizaci;

- podle toho jakým způsobem je zajištěn přenos tepla:
 - **systémy pasivní** - Zde se teplo přenáší, bez použití jakéhokoliv technického zařízení a bez nároků na elektrickou energii. Výhodou je jednoduchost a spolehlivost, nevýhodou menší flexibilita (zásobník nad kolektory).
 - **systémy aktivní** - K přenosu tepla (cirkulaci teplotnosného média) se používá čerpadlo nebo ventilátor ve spojení s vhodným regulačním zařízením.

- podle toho, jaké médium slouží k přenosu tepla:
 - **systémy využívající k přenosu tepla vodu nebo nemrznoucí směs** - jsou nejběžnější. Jejich výhodou je, že voda má velkou tepelnou kapacitu, a proto stačí relativně malé průměry rozvodů (trubek).
 - **systémy využívající vzduch** – v ČR se uplatňují v nízkoenergetických a pasivních domech, které mají nucené větrání s rekuperací a přehřívání vzduchu. Jejich výhodou je jednoduchá konstrukce kolektoru. Nevýhodou je nutnost používat rozvodná potrubí o velkém průměru (vzduch má malou tepelnou kapacitu).

2.4.1 Pasivní systémy pro ohřev vody

Akumulační kolektor- patrně nejjednodušší systém na ohřev vody je černě natřená nádoba (plechový sud nebo plastový vak) umístěná na slunci. Má však některé velké nevýhody:

- velké tepelné ztráty, čímž vzniká malá účinnost a nemožnost uchování ohřáté vody po delší dobu;
- zřízení musí být umístěno tam, kde svítí slunce, nikoli na místě, kde vodu potřebujeme;
- kolektory nelze používat v zimním období, kdy hrozí zamrznutí,
- voda nemá dostatečný tlak.

Významným vylepšením je použití tlakové nádoby a její umístění do izolovaného boxu s transparentním zasklením. Často se používají dvě vrstvy zasklení a selektivní povrch. Díky tomu, že nádoba je tlaková, může se takové zařízení zařadit jako předeřev do existujícího systému pro ohřev teplé vody. Podstatné snížení tepelných ztrát v době bez slunečního svitu dosáhneme oddělením kolektoru a zásobníku. Pokud je kolektor umístěn pod zásobníkem, není třeba žádné čerpadlo ani regulační zařízení, protože v době slunečního svitu obíhá voda **samotížně**. Kapalina v systému proudí díky rozdílu hustoty mezi ochlazenou a ohřátou teplotosnou kapalinou. Samotížné systémy jsou běžné v zemích okolo Středozemního moře, kde nehrozí mrazy a kde se hojně používají ploché střechy, na něž se dají tyto systémy dobře umístit.

2.4.2 Aktivní systémy pro ohřev teplé vody

Významné větší flexibility dosáhneme, když pro oběh kapaliny použijeme čerpadlo spínané vhodným solárním regulátorem, tj. když přejdeme od pasivního systému k systému aktivnímu. Pak je možno umístit kolektor na střechu a zásobník teplé vody do sklepa nebo do koupelny, což minimalizuje tepelné ztráty v rozvodech. Potrubí od kolektorů k zásobníku může mít poměrně malý průměr a ani délka nehraje velkou roli. Systém lze jednoduše přizpůsobit požadavkům uživatele a dosáhnout dobré funkčnosti a

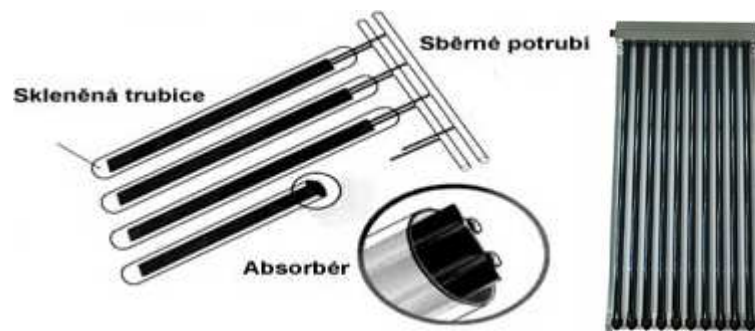
účinnosti. Výhody aktivního solárního systému jsou však zaplacený vyšší pořizovací cenou.

2.5 Ploché kapalinové kolektory

Základní a nejdůležitější části aktivního solárního systému pro ohřev vody jsou kolektory. Na trhu se setkáváme s kolektory několika různých konstrukčních typů. Nejčastěji se používá rozdělení podle toho, jakým způsobem sluneční záření dopadá na absorber. U plochých kolektorů je plocha absorberu stejná jako vstupní plocha kolektoru do níž vstupuje záření. U kolektorů koncentrujících, je absorber menší a vstupující záření je na něj soustředěno čočkou nebo zrcadlem. Podle materiálu absorberu dělíme dále kolektory na plastové nebo kovové. U plochých kolektorů se nejčastěji používá absorber tvořený plechem, ke kterému jsou přichyceny trubky jimiž proudí teplotná kapalina. Bez ohledu na konstrukční provedení plní všechny druhy absorberů svou základní funkci - zachytit dopadající záření a přeměnit jej na teplo.

Ploché vakuové trubicové kolektory (*obrázek 5*) jsou kolektory s nejvyšší účinností při vysokých teplotách pracovní kapaliny (nad 100°C). Kolektory využívají pro tepelnou izolaci vakuum, vytvořené mezi dvěma skleněnými trubicemi. Na vnitřní trubici je nanášena vysoce selektivní absorpční vrstva. Vzniklé teplo se odvádí speciálními hliníkovými lamelami do měděných trubiček, ve kterých proudí ohřívána kapalina. Kapalina může také proudit uvnitř skleněné trubky, která má na svém vnějším povrchu absorpční vrstvu. Tepelné ztráty trubicových kolektorů jsou díky tomu velmi malé a mohou získat teplo i při velmi slabém slunečním záření anebo při extrémních teplotách. Trubičky absorberu jsou naplněny látkou s nízkou teplotou fázové přeměny kapalina - plyn.

Vakuové trubicové kolektory jsou vhodné pro vysokoteplotní využití (nad 80 °C) a nebo v extrémních klimatických podmínkách, například na horských chatách. Nevýhodou je nemožnost obnovit vakuum uvnitř trubic a jejich vysoká cena.

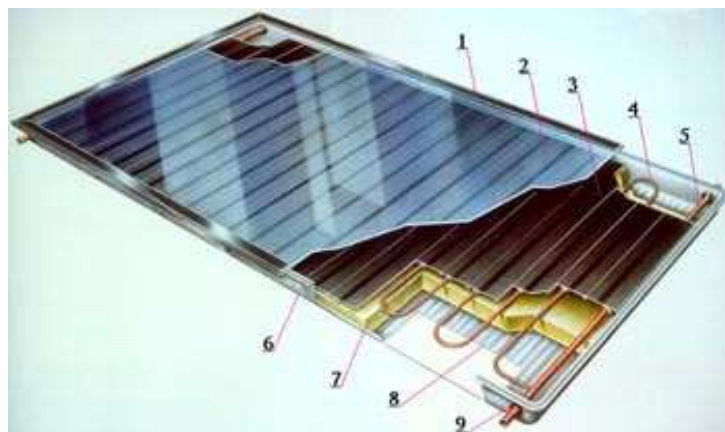


Obrázek 5 - Vakuový trubicový kolektor [4]

Ploché kolektory

V současnosti představují nejrozšířenější typ instalovaných kolektorů. Nejběžnější typ kolektoru má tvar obdélníkové desky. Hlavní funkční částí kolektoru je kovový absorbér, jež zachycuje dopadající záření. Umístěn je v plechové nebo i dřevěné vaně, v případě přímé integrace do střechy však tato část odpadá. Kolektor je zakryt transparentním krytem nejčastěji sklem. Uvnitř pak dochází k tzv. skleníkovému efektu, protože sklo nepropouští infračervené (tepelné) záření ven. Nejvýhodnější je používat sklo s minimálním obsahem železa které se neleskne a je kalené (solární sklo). Jehož účelem je snížit ztráty tepla a chránit absorbér před vlivy povětrnosti. Aby se pokud možno snížily tepelné ztráty zadními a bočními stěnami kolektoru, je kolektor opatřen tepelnou izolací - vyrobenou z materiálu odolávajícího vysokým teplotám

Známe celou řadu technického provedení absorbérů. Mohou to být jednolitě desky s prolisovanými kanálky, pásy přiletované ke sběrnému registru apod. Na obrázku 6 je znázorněno technické provedení kolektoru, tzv. Heliostat - nepoužívanější kolektor v ČR.



Obrázek 6 - kolektor Heliostat:

Popis kolektoru: 1-zasklívací rám, 2-solární sklo, 3-absorbér, 4-měděný trubkový registr, 5-sběrné potrubí, 6-těsnění krytu, 7-tepelná izolace, 8-kompaktní vana, 9-silikonová průchodka. [6]

Ploché vakuové kolektory jsou jedním z nejmodernějších výrobků v oblasti solární techniky. Jedná se o běžné ploché kolektory, které mají mezi kolektorovou vanou a krycím sklem rozpěrky, které umožňují vyčerpat z kolektorů vzduch na tlak menší než 100 Pa. Díky tomu se prakticky eliminují konvekční tepelné ztráty absorbéru a podstatně se sníží tepelné ztráty vedení tepla vzduchem. Lepšího výsledku se dosáhne, pokud zbylý vzduch zaměníme za argon nebo krypton, které mají menší tepelnou vodivost. Kolektory jsou připojeny na rotační olejovou vývěvu, která obnovuje vakuum v systému.

Nezakryté kolektory – plastové absorbéry jsou nejjednodušší a nejlevnější typy kolektorů, jež se hodí k sezónnímu ohřevu vody v bazénech případně i vody na chatách, zahradách apod. Jsou vyrobené z plastu odolného proti UV záření v podobě vaku nebo trubkového registru. Nejsou kryté sklem, mají malou účinnost, ale protože vodu ohřívají přibližně na teplotu okolního vzduchu, není to na závadu. Pro ohřívání vody v bazénu potřebujeme velké plochy kolektorů srovnatelné s plochou hladiny bazénu.

2.5.1 Tepelné ztráty a povrch absorbéru

Pokud má kolektor pracovat s velkým rozdílem teplot mezi absorbérem a okolím nebo pokud je k dispozici jen malá intenzita záření, pak je důležité, aby tepelné ztráty kolektoru byly co nejmenší. Nejjednodušší kolektor (např.: na ohřev bazénové vody), který je tvořen samostatným nezakrytým absorbérem, se ani v létě nevyhřeje na více než 60°C. Při této teplotě se tepelné ztráty absorbéru rovnají tepelným ziskům ze slunečního záření a užitečný výkon kolektoru je nulový.

Pokud potřebujeme větší teploty a vyšší účinnost, musíme absorbér vhodným způsobem izolovat. Izolovat zadní stranu absorbéru je jednoduché – použije se několik centimetrů minerální vaty a tepelná ztráta poklesne na zlomek původní hodnoty. Obtížnější je to na opačné straně, kam dopadá sluneční záření. Teplo se z této strany absorbéru do okolí přenáší nejčastěji třemi způsoby:

- konvekcí, tj. prouděním ohřátého vzduchu;
- radiací, tj. vyzařováním v dlouhovlnné infračervené oblasti spektra (tepelným sáláním);
- kondukcí, tj. vedením tepla vzduchem.

Nejvýznamnější jsou ztráty konvekcí, menší jsou ztráty radiací a nejméně významné jsou ztráty kondukcí. Nejjednodušším způsobem jak snížit ztrátu konvekcí je zakrýt absorbér jedním nebo více skly. Vzhledem k tomu, že sklo nepropouští dlouhovlnné infračervené záření, dojde současně i k omezení radiačních ztrát. Problém je ale v tom, že každé krycí sklo sníží množství záření, které dopadá na absorbér. Z tohoto důvodu se zpravidla používá jen zakrytí jedním sklem.

Dokonalého snížení tepelných ztrát konvekcí i kondukcí, se dá dosáhnout tím, že mezi krytem a absorbérem odstraníme vzduch. K významnému omezení **konvekce** stačí snížit tlak na úroveň pod 100 Pa. Po odstranění ztrát **kondukcí** je třeba použít vysoké vakuum (tlak pod 0,001 Pa). **Radiační ztráta** se dá výrazně snížit pomocí **selektivního** povrchu. Běžná matně černá barva sice dobře absorbuje sluneční záření, ale současně neméně dobře i teplo vyzařuje. Selektivní povrch je v oblasti viditelného a infračerveného záření černý a pohlcuje více než 90 procent slunečního záření, ale v dlouhovlnné infračervené oblasti spektra se chová jako kovově lesklý, nevyzařující povrch (vyzařuje méně než 20 procent tepla ve srovnání s černou barvou). Tyto

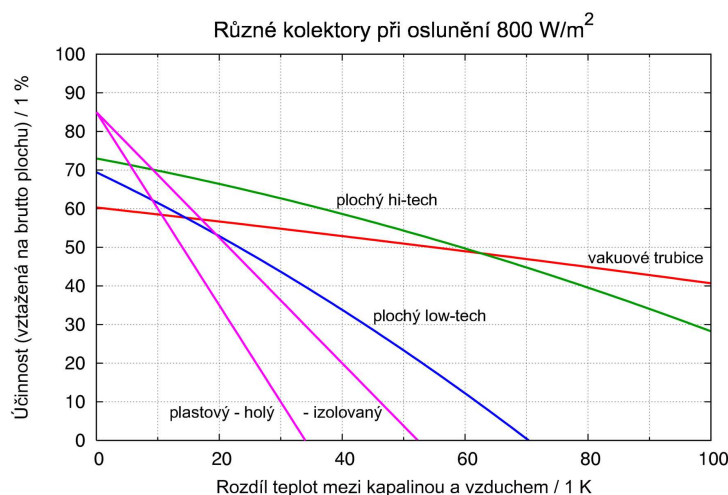
povrchy jsou obvykle tvořeny velmi tenkou vrstvičkou se směsí kovu a oxidu kovu (Cermet), která má vysokou pohltivost pro dopadající sluneční záření.

Selektivní vrstvičky lze na povrchu kovu vytvořit např.: galvanickým pokovením, černý chrom na měděném absorbéru. Galvanické postupy produkují poměrně velké množství odpadních vod. Z hlediska ochrany přírody je výhodné, a v poslední době se stalo oblíbenou technologií, vakuové napařování. Vakuové napařování má velkou výhodu i v tom, že lze vytvářet vícevrstvé struktury. Tyto struktury umožňují optimalizovat vlastnosti tak, aby bylo dosaženo vysoké pohltivosti slunečního záření a současně velmi malé hodnoty tepelného vyzařování. [7]

2.5.2 Účinnost kolektorů

Zobrazená křivka účinnosti kolektorů (*obrázek 7*) ukazuje nejvhodnější použití různých typů kolektorů. Kritériem pro volbu kolektoru je zejména potřebná výše teploty vody a plánovaný účel ohřevu. Plastové absorbéry mají nejvyšší účinnost při velmi nízkých rozdílech teplot mezi nimi a okolním vzduchem. Obvyklý dosah teplot je u nich 30°C. Při ohřevu vody nám stačí kolektor s neselektivní vrstvou (v obrázku 7 - plochý low-tech). Můžeme jej využít i v případě podlahového přitápění, které pracuje s malým teplotním spádem.

Pokud potřebujeme dosáhnout vyšších teplotních zisků, volíme kolektor se selektivní vrstvou (v obrázku 7 - plochý hi-tech). Dosah teplot u obou typů plochých kolektorů je cca 80 - 100°C. Vakuované kolektory dosahují teplot větších než 100°C, mají ale nižší účinnost v letním období. Pokud máme menší plochu pro umístění kolektorů, než je doporučená, volíme účinnější (a dražší) druh kolektoru, který nám zvýší zisky z dané plochy. Podobně při použití např. na horách, musíme volit účinnější, nejlépe selektivní nebo vakuovaný kolektor.



Obrázek 7 - účinnost kolektorů [8]

2.5.3 Sklon a orientace kolektoru

Pro montáž slunečních kolektorů jsou nejvhodnější plochy orientované na **jih**. Ale i odklony na východ a západ až do 45 stupňů je možné tolerovat. Jihozápadní směr je výhodnější, neboť maximum výkonu nastává obvykle kolem 14. hodiny, kdy jsou v důsledku nejvyšší denní teploty nejnižší tepelné ztráty. Automatické natáčení kolektorů za sluncem je neekonomické. Výnos získaný ze slunečního zařízení závisí také na tom, v jakém úhlu ke Slunci kolektor stojí.

Největšího výtěžku dosáhneme, když je kolektor orientován ke Slunci v pravém úhlu. Tento optimální sklon kolektoru je ovšem v různých ročních obdobích odlišný, protože Slunce stojí v létě výše než v zimě. Je-li plocha orientovaná na jih, získáme v letním období největší energetické zisky při sklonu 20 až 30 stupňů. V zimních měsících by nejvýhodnější úhel byl kolem 60 stupňů, fasádní kolektory bývají v úhlu 90 stupňů. Pro celoroční využití pro ohřev vody je v našich zeměpisných šířkách ideální úhel nastavení **45 stupňů**. Ten je výhodný i proto, že kolektory jsou především v přechodném období optimálně nasměrovány ke Slunci.

V létě nám o něco nižší zisky nevadí, neboť míváme problém s přebytky solární energie. Ne vždy je možná zcela optimální instalace. Dochází proto zpravidla k odchylkám, které mohou být kompenzovány zvětšením kolektorové plochy. Tento

způsob je většinou levnější, než nákladné upevňovací systémy, které korigují sklon střechy.

2.5.4 Uspořádání a propojení kolektorů

Pro zachycení potřebného množství sluneční energie je nutné sestavit z jednotlivých kolektorů větší plochu, tzv. kolektorové pole. Jednotlivé kolektory se řadí buď za sebou (**do série**) - voda teče z jednoho kolektoru do druhého, nebo vedle sebe (**paralelně**) – každý kolektor je samostatně napojen na potrubí od výměníku tepla v zásobníku. U více než 6-ti kolektorů můžeme kombinovat sériové a paralelní zapojení (**sériově-paralelní zapojení**). Při sestavování celého pole kolektorů je nutno brát v úvahu také otázky tepelné a hydraulické.

2.5.5 Tepelná ochrana solárních systémů

U solárních systémů je nutné, aby kolektory byly umístěny na volném prostranství, kam může co nejvíce slunce. To však znamená, že kolektory jsou trvale vystaveny všem nepříznivým vlivům počasí, zejména extrémním teplotám. V solárních systémech se jako teplonosná kapalina nejčastěji používá čistá voda. Její předností pro přenos tepla je velká měrná tepelná kapacita, velká tepelná vodivost a naopak malá viskozita. Nevýhodou vody je malý rozsah teplot pro kapalně skupenství 0°C do bodu varu 100°C. Zamrznutím nebo přehřátím se může solární zařízení poškodit.

Ochrana proti zamrznutí

Proti zamrznutí je možno chránit kolektory těmito způsoby:

- Použije se **nemrznoucích kapalinových směsí** nebo syntetických kapalin s nízkým bodem tuhnutí. Speciálně pro solární systémy byly vyvinuty hygienicky nezávadné kapaliny. Tento způsob ochrany proti zamrznutí je jednoduchý a přitom účinný a proto je nejpoužívanější.
- Kolektory se v zimě **uměle zahřívají**. Lze to provést buď teplou vodou ze zásobníku, nebo elektrickými přídavnými topnými spirálami. Nevýhodou je velká spotřeba energie.

- Z kolektorů se vypustí voda a **nahradí se interním plynem**, např. dusíkem, čímž se zabrání korozi kolektoru. Buď se voda vypustí na celé zimní období (systém pak není po celou zimu v provozu), nebo se vypustí jen za mrazivého počasí a při opětovném zvýšení venkovní teploty se do kolektorů znovu napustí. Střídavé vypouštění a napouštění musí být zajištěno automaticky.
- Kolektory se vyrobí z **materiálu odolných proti zamrznutí**. Tomuto požadavku vyhovují kolektory zhotovené z plastů, např. z polypropylenu (PP).

Ochrana proti přehřátí

Přehřátí solárních systémů lze předcházet zejména těmito způsoby:

- **Dostatečně velkým obsahem zásobníku**, který je nutný při dlouhodobé akumulaci tepla. V tomto případě nemůže dojít k přehřátí kolektorů, protože oběhové čerpadlo je v době, kdy svítí slunce, neustále v chodu (zásobník tepla se nabíjí).
- **Chlazením vodou z vodovodu** přiváděnou do zásobníku. Této ochrany se využívá jen u malých zařízení pro ohřev užitkové vody.
- **Odvádění nadbytečného tepla** zvláštním chladícím okruhem, který se připojí paralelně k okruhu kolektorů a odvádí nadbytečné teplo do studny nebo do velké vodní nádrže (bazénu).
- **Ochlazováním kolektorů** vyzařováním tepla do okolí v noci. Tím se předejde přehřívání solárního systému v následujícím slunečném dnu. V tomto případě je oběhové čerpadlo v chodu i v noční době.
- Přehřívání se také může zabránit, použije-li se **kolektorů s proměnlivou absorpční schopností**, např. s pomocí stínících otočných klapek, posuvných clon nebo samonabíjecích rolet s reflexní fólií umístěných na přední straně kolektorů, anebo použití selektivních absorpčních vrstev schopných měnit s teplotou svou pohltivost pro sluneční paprsky.
- **Použití kolektorů odolných proti vysokým teplotám**. Jsou vyrobeny z materiálů schopných odolávat teplotě (až 300°C). V uzavřeném kolektorovém okruhu se použije teplotnosné kapaliny s vysokým bodem varu.[9]

2.6 Koncentrující kolektory

Důvodem pro koncentraci záření je snížení tepelných ztrát absorbéru, a tím i možnost dosažení vyšší teploty. Koncentrátor také umožní snížit množství materiálu potřebného na absorbér, a tím i jeho cenu a tepelnou setrvačnost. Zpravidla je ale díky optice celý systém dražší než plochý kolektor stejného výkonu. Hlavní oblast pro použití koncentrátorů je proto v systémech pro výrobu elektřiny nebo pro získání vysokých teplot potřebných pro chemické reakce nebo tavení látek.

Sluneční záření lze soustředit na absorbér pomocí odrazu (zrcadlový koncentrátor) nebo lomu (čočkový koncentrátor). Lze použít klasické spojné čočky tvořené kulovými plochami nebo zrcadla ve tvaru rotačního paraboloidu. Je to stejná optika jaká se používá u astronomických dalekohledů. Lze dosáhnout značně vysokého stupně koncentrace. Teoreticky může koncentrační faktor dosáhnout hodnoty 46 000 a teplota absorbéru se tak může blížit teplotě povrchu Slunce. Koncentrační faktor udává, kolikrát je plocha absorbéru (na níž je záření soustředěno) menší než celková vstupní

plocha (apertura) kolektoru na niž záření dopadá. Tyto koncentrátoři je však nutno přesně navádět za Sluncem ve dvou na sebe kolmých směrech, tj. kompenzovat měnící se výšku Slunce nad obzorem a azimut Slunce, aby obraz slunečního kotouče stále dopadal na absorbér. Takové navádění zařízení je dosti nákladné, a proto se tento druh koncentrátorů pro ohřev vody nebo vytápění nepoužívá. Další nevýhodou je, že hustotu toku difúzního záření zvýšit neumí vůbec nebo jen málo, a že mimo slunečné počasí jsou zisky zanedbatelné.

2.7 Ohřev teplé užitkové vody (TUV)

Ohřev teplé užitkové vody je hned po vytápění největší položkou ve spotřebě tepla domu. Energie kterou nám slunce nabízí, postačí v letní polovině roku na pokrytí spotřeby vody z 80% až 100%, podle velikosti zařízení.

V přechodovém období a v zimních měsících teplo z kolektorů v každém případě vystačí pro předehřátí vody. Ta pak musí být ještě trochu dohřátá pomocí kotle nebo patrony pro elektrický dohřev. I v zimní polovině roku bývá ale ve slunečních dnech dosahováno solárním ohřevem teploty 30 – 50 °C. Úspory jsou tedy značné.

2.7.1 Funkce solárního zařízení pro ohřev Tuv (obrázek 8)

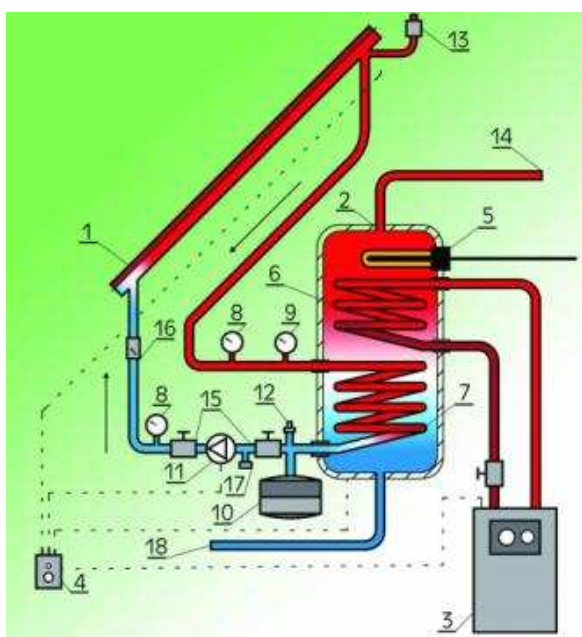
Teplo ve formě dopadajícího slunečního záření je kolektorem (1) předáváno teplotonosné kapalině solárního okruhu (nemrznoucí kapalině), která proudí potrubím do zásobníku/bojleru (2), v němž výměník tepla (7) ohřeje teplou vodu v bojleru. Instalováním přídatného topného tělesa například elektrického (5) je zabezpečena dostatečná teplota ohřáté pitné vody i při špatném počasí.

Kapalina, která byla ochlazená přidáním tepla do zásobníku, teče zpět ke kolektorům, tlačí ji tam oběhové čerpadlo (11). Elektronický regulátor (4) zabezpečuje, aby čerpadlo běželo pouze tehdy, kdy je voda v kolektoru patřičně teplejší než voda u dna zásobníku. Jak zásobník, tak i potrubí, jsou dobře tepelně izolovány, aby bylo zamezeno zbytečným tepelným ztrátám. K dalšímu základnímu vybavení solárního zařízení patří teploměry (8) a manometr (9).

Expanzní nádoba (10) vyrovnává změny objemu kapaliny při měnících se teplotách a udržuje v solárním zařízení vhodný pracovní tlak. Zpětná klapka (16) zabraňuje samotížnému proudění teplé vody při vypnutí zařízení. Přetlakový ventil (12) zabezpečuje, aby při nadměrně zvýšeném tlaku mohla kapalina ze solárního okruhu uniknout. Odvzdušňovací ventil (13) se montuje na nejvyšší místo, aby bylo možné vypustit plyn nashromážděný v nejteplejším místě okruhu. Dalšími doplňky zařízení jsou uzavírací (15) a plnicí kohouty (17).

V zimním období roku bývá voda v horní třetině zásobníku dohřívána topným kotlem (3) prostřednictvím dalšího přídavače tepla. Elektrický dohřev se pak u takových tzv. trivalentních zásobníků nepoužívá. Všechny prvky systému, které přenášejí teplo musí být dobře izolovány, aby se zabránilo ztrátám. Vhodné je izolovat i armatury, zejména čerpadlo.

Systém může být doplněn též výměníkem pro ohřev bazénové vody, který odvádí letní přebytek tepla.



Obrázek 8 - Popis zařízení pro ohřev TUV : 1 - solární kolektor, 2 - solární zásobník (trivalentní), 3 - kotel, ústřední vytápění, 4 - elektronická regulace solárního systému, 5 - elektrické topné těleso, 6 - výměník tepla okruhu ústředního vytápění, 7 - výměník tepla solárního okruhu, 8 - teploměry, 9 - manometr, 10 - expanzní nádrž, 11 - oběhové čerpadlo, 12 - přetlakový ventil, 13 - odvzdušňovací ventil, 14 - výstup teplé vody, 15 - uzavírací ventily, 16 - zpětná klapka, 17 - plnicí kohout, 18 - vstup studené vody. [8]

2.7.2 Solární zásobník

Zásobník má na výslednou účinnost solárního systému přinejmenším stejně velký vliv jako kolektory, a proto je třeba věnovat jeho výběru patřičnou pozornost. Sluneční energie není k dispozici stále ve stejnou dobu, potřebujeme teplo uložit – akumulovat na dobu, kdy jej budeme potřebovat. Zpravidla tak potřebujeme uchovat teplo jen po dobu několika dnů, ale existují i systémy pro sezónní akumulaci (tedy z léta do zimy).

Beztlakové otevřené zásobníky používané pro sezónní ohřev vody, např. na chatě nebo tábořišti, nejsou příliš vhodné pro použití v domech. Proto v se v praxi prosadily tlakové zásobníky. Tyto nádrže jsou vyráběny buď ze smaltované nebo nerezové oceli či jako ocelové nádrže s umělohmotnou povrchovou ochranou. Nádrž by měla být stojatá, vysoká a úzká, neboť se tak zaručí potřebné vrstvení tepla. Ležaté nádrže se z tohoto důvodu pro použití v solárním systému nehodí.

Standardní solární nádrž obsahuje ve spodní části tepelný výměník pro okruh, kterým protéká voda nebo nemrznoucí směs ze solárních kolektorů. V horní části je umístěn tepelný výměník pro druhý zdroj tepla (ústřední vytápění) a často i těleso pro elektrický dohřev. Studená voda přiváděná do spodní části nádrže se ohřívá na tepelném výměníku solárního systému. Studená voda zůstává při dně, protože její hmotnost je vyšší než u teplé vody. Jestliže se pak odebere teplá voda z horní části nádrže, posune se studená voda nahoru, aniž by došlo k jejímu výraznému promíchání s teplou vodou. Toto vrstvení je dobré také pro sluneční kolektor, neboť stupeň účinnosti kolektoru je tím vyšší, čím nižší je teplota vody v dolní části nádrže, kde je umístěn výměník. Aby naakumulovaná energie zůstala využitelná tak dlouho, jak je to jen možné, nádrž musí být bezpodmínečně dostatečně dobře tepelně izolována. Požadována je minimální tloušťka izolace 80 až 120 mm.

2.7.3 Dimenzování solárních zařízení pro ohřev vody

Pro dimenzování solárního zařízení (*tabulka 2*) je rozhodující denní spotřeba teplé vody v domácnosti. Protože může ale velice silně kolísat v závislosti na zvyklostech uživatelů objektu, je nutné ji před vlastní instalací slunečního zařízení pokud možno přesně odhadnout. Denní spotřeba teplé vody na osobu činí průměrně 30 – 70 litrů. Objem nádrže u zařízení pro ohřev vody by měl být 2 až 2,5 násobek spotřeby, aby bylo umožněno pokrytí spotřební špičky a zároveň překlenutí dnů kdy méně svítí. Z objemu nádrže se poté odvozuje velikost kolektorové plochy. Ta je také závislá na použitém druhu kolektoru a na nasměrování a sklonu kolektorové plochy .

Základem pro dimenzování slunečního zařízení jsou co nejvyšší solární výnosy, tj. pokrýt potřebu tepla na ohřívání vody solárním zdrojem asi ze 70% a vyhnout se příliš velkým solárním přebytkům v létě. Toto naddimenzování umožňuje v měsících mimo topnou sezónu (v květnu až září) téměř 100 % solární pokrytí, takže v tomto období není vůbec nutný provoz náhradního ohřevu teplé vody. Takového stavu dosáhneme při ploše kolektoru 1 až 2 m² na osobu a při velikosti zásobníku 40 až 60 l na 1 m² kolektorové plochy. [10]

Denní potřeba teplé vody [litrů]	Velikost nádrže [litrů]	Kolektorová plocha - černě natřený absorbér [m ²]	Kolektorová plocha - selektivní vrstva [m ²]	Tepelný výměník [m ²]	Expanzní nádoba [litrů]
100 – 200	300	6 – 8	5 – 6	1,8	24
200 – 300	500	8 – 11	6 – 8	2,5	24-35
300 – 500	800	12 – 15	9 – 12	3,6	35-50

Tabulka 2 - dimenzování solárních zařízení pro ohřev vody.

Výše uvedená pravidla pro dimenzování je třeba chápat jako orientační hodnoty. Abychom mohli učinit přesnější výpočet, je důležité rozměry stanovit vzhledem ke konkrétnímu zařízení a stanovišti. Toto provádějí s pomocí počítačových programů inženýrské kanceláře, firmy specializující se na solární technologii.

2.7.4 Velká solární pole pro centrální ohřev

S podobnými poli solárně termických kolektorů se můžeme setkat v severských zemích, ale i v Německu či Švýcarsku. Jde o tisíce metrů čtverečních kolektorů, které dodávají ohřátou vodu do centrálních systémů pro blízká sídla. Tyto systémy bývají spojeny se sezónní akumulací tepla ve velkoobjemových zásobnících. Také se zavádějí zásobníky ze skalních kaveren, odkud se v zimním období dostává nízkopotenciální teplo pomocí tepelných čerpadel, zkouší se užívání písku jako média pro uložení tepla.

2.8 Solární zařízení pro vytápění kapalinovými kolektory

Kapalinové kolektory jsou u nás daleko běžnější než vzduchové. Je to dáno hlavně tím, že převážná většina u nás vytápěcích systémů používá vodu jako médium pro přenos tepla. V zásadě je solární vytápěcí systém velmi podobný systému pro ohřev vody a prakticky je vždy pro ohřev vody používán. Rozdíl je především:

- Ve velikosti systému – pro ohřev vody v rodinném domku zpravidla stačí 6 m² kolektorů. Při použití solární energie na vytápění je plocha kolektorů troj- až čtyřnásobná.
- Ve sklonu kolektorů – často je výhodné podpořit solární zisky v zimním období větším sklonem kolektorů, tj. přibližně 60 stupňů, namísto obvyklých 45 stupňů.
- V akumulaci tepla - na rozdíl od ohřevu vody, kdy používáme akumulaci tepla vždy, některé solární systémy pro vytápění akumulaci vůbec nepoužívají. Teplo z kolektorů v režimu přitápění dodávají přímo do topných těles (obchází se tak spotřeba velkého zásobníku). Solární systém je zpravidla napojen na topení přes deskový výměník na zpátečce topného systému, tedy předehřívá topnou vodu před vstupem do kotle. Pokud se používá akumulace tepla pro vytápění, pak je objem zásobníku minimálně v řádu 1000 litrů: používají se zpravidla akumulační nádrže, které umožňují i ohřev teplé vody a současně i akumulaci tepla pro kotel na tuhá paliva.

- V použité regulaci – zpravidla se od regulační jednotky požaduje, aby optimalizovala rozdělení tepla mezi vytápěcí systém a ohřev vody. Ohřev vody má většinou prioritu.

2.8.1 Velké solární systémy pro vytápění

Nabídka slunečního záření je nepřímo úměrná spotřebě energie. Tj. v létě, kdy není potřeba tolik topit, je nabídka vysoká a v zimě, kdy je zapotřebí velké množství tepla, je nabídka nízká. To samozřejmě vede k otázce, jak energii akumulovat. V zásadě je možné energii získanou v létě uchovat na zimu ve velkých zásobnících vody (sezónní zásobníky o objemu 70 – 150 m³ pro 130 m² obytné plochy) a vystačit tak pouze se slunečním zásobováním. Předpokladem pro plné, ale i částečné solární vytápění je vysoká kvalita tepelného zaizolování budovy. Dalším předpokladem je nízkoteplotní topení, zvláště vhodné je vytápění podlahou, stěnami nebo stropem.

Z ekonomického pohledu je sezónní akumulace solární energie pro stavby rodinných domů velmi nákladná, není tudíž realizovatelná v širokém měřítku.

2.8.2 Vytápěcí systémy se vzduchovými kolektory

Pro vytápění domu lze využít jako teponosné médium vzduch. V tomto případě se solární vytápěcí systém skládá ze vzduchových kolektorů (umístěných na střeše nebo fasádě), ventilátoru, potrubí, regulace, a zásobníku (nejčastěji se k akumulaci používá šterk nebo valouny). Teplovzdušné vytápění není u nás tak běžné jako třeba v USA, nicméně v moderních nízkoenergetických domech se začínají výrazně uplatňovat ve spojení s rekuperací z větracího vzduchu.

Vzduchové kolektory bývají jednodušší než kapalinové kolektory. Je to dáno jednak tím, že nemusí být dokonale těsné, a také tím že pracují zpravidla při nižší teplotě než kolektory na ohřev vody. Zpravidla se jako absorbér kolektoru používá plech, který je zvlněný nebo opatřený žebry pro zlepšení přesunu tepla z povrchu plechu do vzduchu. Špatný přesun tepla z absorbéru je jednou z hlavních obtíží při konstrukci kolektoru.

Pokud se spokojíme jenom s předehřevem větracího vzduchu, pak může být kolektor velmi jednoduchý, v podstatě ho tvoří jen černý děrovaný plech zakrývající fasádu. Solární systém je pak otevřený, tj. větrací vzduch je nasáván otvory v plechu, průchodem podél sluncem zahřátého povrchu plechu se vzduch ohřeje a ze sběrného kanálu v horní části je ventilátorem hnán do větracího systému. V tomto systému není z pravidla žádná akumulace tepla.

Chceme-li systém používat k vytápění jen s minimem přísávání vzduchu z venku, musíme použít systém uzavřený. Takovýto kolektor se podobá kolektorům na ohřev vody. Rozlišíme je však snadno podle větší tloušťky a podle toho, že potrubí pro přívod a odvod vzduchu má velký průměr.

2.9 Regulace solárního systému

Důležitou součástí solárního zařízení je regulace. Na trhu je nabízena řada typů regulátorů spínajících dle rozdílů teplot s rozsáhlými možnostmi použití i pro řízení složitějších systémů.

Spínací jednotka porovnává při nejjednodušší variantě dvě teplotní čidla: teplotu absorberu s teplotou v zásobníku ve výšce předavače tepla. Oběhové čerpadlo zapne tehdy, když je teplota absorberu o určitou nastavenou teplotu vyšší než teplota spodku zásobníku. Pokud toto již neplatí jednotka čerpadlo opět vypíná. Vedle této základní funkce nabízí většina spínacích zařízení ještě funkce přídatné. Jako je limitování teploty v zásobníku za účelem snížení tvorby vodního kamene na výměníku tepla při teplotách přes 60 °C a také pro zabezpečení zásobníku proti přehřátí. Při překročení nastavitelné maximální teploty je buď zabráněno dalšímu přísunu energie vypnutím solárního čerpadla, nebo se přebytečná energie ze zásobníku začne odebírat prostřednictvím okruhu ústředního topení, nebo bazénu. V zimě může jednotka spínat také automatické dohřívání zásobníků prostřednictvím systému ústředního topení.

Řídící jednotky od různých výrobců, které jsou na trhu koncipovány tak, aby pro každou standardní hydraulickou variantu soustavy existovalo hotové elektronické řešení. Z toho jednoznačně vyplývá, že trend směřuje k volně programovatelnému přístroji s nímž je v zásadě možné řešit všechny standardní varianty.

Zvláště velký důraz musíme klást na montáž teplotních čidel. Čidla mění teplotu na elektrické signály, které mohou být řídicí jednotkou porovnávány. Pro snímání teplot má rozhodující význam správné umístění čidel. Kolektorové čidlo by mělo měřit teplotu v blízkosti výstupu z kolektoru uvnitř sběrné trubice nebo na jejím povrchu a umožňovat co nejpřesnější zjištění teplot kapaliny v kolektoru. Zásobníkové čidlo měří teplotu vody v zásobníku v oblasti výměníku tepla. Na všech solárních zásobnících je pro uložení čidla připravena buď mufna nebo je v nich už rovnou dutá jímka pro čidlo.

2.10 Solární ohřev a ekonomika

Cena solárního systému závisí na jeho velikosti, na typu použitých kolektorů a zásobníků a dalších částí, na náročnosti montáže, apod. Neexistuje žádná univerzální cena. Malý systém pro ohřev vody v rodinném domě se třemi plochými kolektory a zásobníkem na 300 l lze orientačně pořídit za 80.000 až 120.000 korun. Za systém pro přitápění zaplatíme 180.000 až 350.000 korun.

Pro instalaci solárního systému můžeme získat státní dotaci (*tabulka 3, příloha 1*) ze Státního fondu životního prostředí. Pro zlepšení ekonomické efektivity solárního systému je dotace velmi žádoucí. Její zásadní nevýhodou je, že není nárokována. I když žadatel splní všechny podmínky, nemusí dotaci obdržet, a nebo získá jen část z původně požadované částky, a tudíž jde žadatel podáním žádosti do rizika.

Zásady pro poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR: [11]

- 1) Podpory se poskytují na základě Rozhodnutí o poskytnutí finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR, podepsaném ministrem (dále jen rozhodnutí) a řádně uzavřených smluv mezi Fondem a příjemcem podpory.
- 2) Rozhodnutí s bližšími pokyny k uzavření smlouvy zašle Fond příjemci podpory do 15 dnů od jeho obdržení z MŽP.
- 3) Základem pro výpočet podpory jsou náklady na pořízení, případně instalaci zdroje tepla, včetně příslušenství tohoto zdroje, u CZT též náklady na veřejné rozvody (bez otopných soustav v objektech). Náklady na výrobu informačních tabulí, které musejí být instalovány na všechny akce financované Fondem, budou započítávány do uznatelných nákladů.
- 4) Smlouva o poskytnutí podpory bude obsahovat závazek provozovatele, že bude provozovat předmět podpory po dobu nejméně 5 let.

V roce 2006 byly pro solární systémy vyhlášeny tyto programy:

1.A. Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody v rodinných domech pro fyzické osoby

1.A.b Podpora bude poskytována pouze na již ukončené akce. Podmínkou získání podpory je splnění stanovených kritérií uvedených v osnově odborného posudku. Žádosti, neuspokojené z důvodu nedostatku finančních prostředků, budou vráceny žadatelům. Žadatel může v rámci programu požádat o podporu pouze v případě, že systém, na který žádá podporu, je již prokazatelně v trvalém provozu, maximálně však do 12 měsíců od data uvedení do trvalého provozu.

10.A. Slunce do škol

Jde o instalace fotovoltaických nebo fototermických zařízení malých výkonů ve školských zařízeních. Účelem tohoto programu je především demonstrace možností

získávat energii ze slunečního záření pro žáky a studenty základních a středních škol jako součást osvěty a vzdělávacího procesu.

Číslo programu	Název programu	Typ žadatele	Max. limit [%] podpory/příspěvku ze základu pro výpočet podpory
1.A	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody pro byty a rodinné domy pro fyzické osoby a) kotle na biomasu, b) solární systémy	E	a) 50 ^{1/} b) 50 ^{1/}
10.A	Slunce do škol	A	90 ^{6/, 7/}

Tabulka 3 - dotace na solární systémy

Legenda k tabulce:

Typ žadatele- **A** - nepodnikatelské subjekty (zejména obecně prospěšné organizace, nadace, obce a samosprávné celky, občanská sdružení), **E** - fyzické osoby (podporované zařízení je určeno pouze pro domácnost)

1/ Maximální výše dotace na jednu akci činí 50 tis. Kč.

6/ Pro fotovoltaická zařízení s instalovaným výkonem do 220 W_p a pro fototermická zařízení s plochou kolektorů do 4 m² je maximální výše podpory 105 tis. Kč.

7/ Pro specializované vysoké školy za účelem výuky, případně pro vědecko-výzkumné účely, je maximální výše dotace stanovena na 80 % ze základu pro výpočet podpory.

Další možnosti získání podpory:

Programy podpor také vyhláší Česká energetická agentura (ČEA). Žádat lze jednou ročně, program má vyhlášenou uzávěrku, do kdy je potřebné podat žádost. Podpora solárních systémů je zahrnuta v programu pro podporu obnovitelných zdrojů energie *Vyšší využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie*. Dotace může činit až 15 % celkových investičních nákladů na úsporná zařízení, max. 3 mil. Kč na jednu akci. Podpora není nárokována. Veškeré podklady se získají na- www.ceacr.cz .

III. Energie větru

Větrná energie je jedna z forem, do níž se transformuje sluneční záření, neustále dopadající na naši planetu.

3.1 Co je vítr?

Vítr je jeden z nejstarších zdrojů energie, které lidstvo využívá. Je to masa pohybujícího se vzduchu, která v důsledku nerovnoměrného ohřívání atmosféry Sluncem proudí z jednoho místa na druhé. Teplý vzduch je lehčí než studený, a tak vzduch ohříváný slunečním zářením stoupá vzhůru a na jeho místo se tlačí vzduch studený. Tím se tvoří vzdušné proudění a vzniká vítr.

Lehký teplý vzduch působí na zemský povrch menším tlakem než studený. Vzniká tak oblast tlakové níže. Zahřátý vzduch stoupá vzhůru a dělá tak místo přicházejícímu

studenějšímu vzduchu. Studený vzduch klesá, tím se vytvoří oblast vysokého tlaku. Vzduch má neustálou snahu vyrovnávat v atmosféře rozdíly tlaku vzduchu, vznikající působením Slunce. Čím větší je rozdíl atmosférických tlaků mezi dvěma oblastmi, tím **silnější** bude vítr. Vzduch se však bohužel v blízkosti zemského povrchu nepohybuje vždy tak stejnoměrně, jak by bylo pro optimální provoz větrného zařízení žádoucí. Hory, kopce, stromy, keře a budovy brání stejnoměrnému proudění a brzdí jej.

Vítr je charakterizován především dvěma veličinami, které se zjišťují měřením na meteorologických stanicích. Jsou to **směr** větru a **rychlost** větru.

3.2 Rychlost větru

Nejdůležitějším údajem při využívání energie větru je jeho rychlost. Má největší vliv na celkový i využitelný výkon větru. Udává se převážně v m/s (metrech za sekundu). Poblíž zemského povrchu je proudění vzduchu ovlivňováno drsností povrchu, ale s rostoucí výškou se rychlost větru logaritmicky zvyšuje. Je tedy velký rozdíl mezi rychlostí větru ve výšce 10 m a 100 m nad terénem. Vítr je nad terénem různě zpomalován, zejména terénními překážkami, např.: stavbami nebo kopci, dále také druhem povrchu (tráva, les, vodní hladina, sníh).

3.2.1 Měření rychlosti větru

Rychlost větru se měří ocejchovanými **anemometry**. Rozdělujeme je na:

- **dynamické**

Anemometry s pitotovou trubicí měřící rozdíl mezi celkovým a statickým tlakem větru v plovákové komoře. Výhodou tohoto měření je robustní měřidlo tvořené Robinsonovým křížem a pitotovou trubicí. Ta je umístěna na směrovce. Vlastní čidlo je plovákovou komorou, kam se celkový tlak přenáší. Záznam je prováděn na registrační pásku. V současné době se od tohoto principu měření, starého téměř 80 let, upouští.

- **lopatkové** (Woodmanovo kolo nebo čelní vrtule)

Zařízení snímající směr a rychlost pomocí směrovky a lopatkového kola nebo vrtule. Natáčející se proti větru plochou rotujících lopatek, které přenášejí točivý moment pomocí radiální hřídele na dynamo vyrábějící stejnosměrný proud, jehož hodnoty se napětově nebo proudově přenášejí do vyhodnocovací části, kalibrované přímo v jednotkách rychlosti větru.

- **ultrasonické anemometry a sodary**

Oba typy přístrojů pracují na principu šíření a odrazu zvukových vln od různě hustých vrstev. Jejich výhodou je absence točivých částí. Chybí tedy mechanické převody, ve kterých se ztrácí část energie a které jsou zdrojem poruch. Tyto přístroje jsou sice dražší, avšak díky možnosti lepší ochrany před námrazou spolehlivější.

- U ultrasonických přístrojů, pracujících v neslyšitelných vlnových délkách, je principem tříosý systém vysílačů a přijímačů, který zachycuje fluktuaci vzduchové částice.
- U sodarů (akustické lokátory, pracující ve slyšitelných vlnových délkách) se využívá dopplerovských efektů. Vzhledem k poměrně vysoké intenzitě zvukových signálů jsou však využívány pouze v málo obydlených místech (u velkých podniků, na letištích atp.)

- **miskové** (Robinsonův kříž se směrovkou nebo bez ní)

Čtyř nebo tříramenný horizontální věnec s polokulovitými miskami axiálně uložený. Převádí točivý moment na tachodynamo opět vyrábějící proud nebo napětí, které se přepočtem zobrazuje na displeji přímo v jednotkách rychlosti. Nevýhodou je omezená možnost vyhřívání jako ochrany proti námraze. Důvodem je možné vysychání maziva ložisek při použití vyšší teploty a jejich choulostivosti.[13]

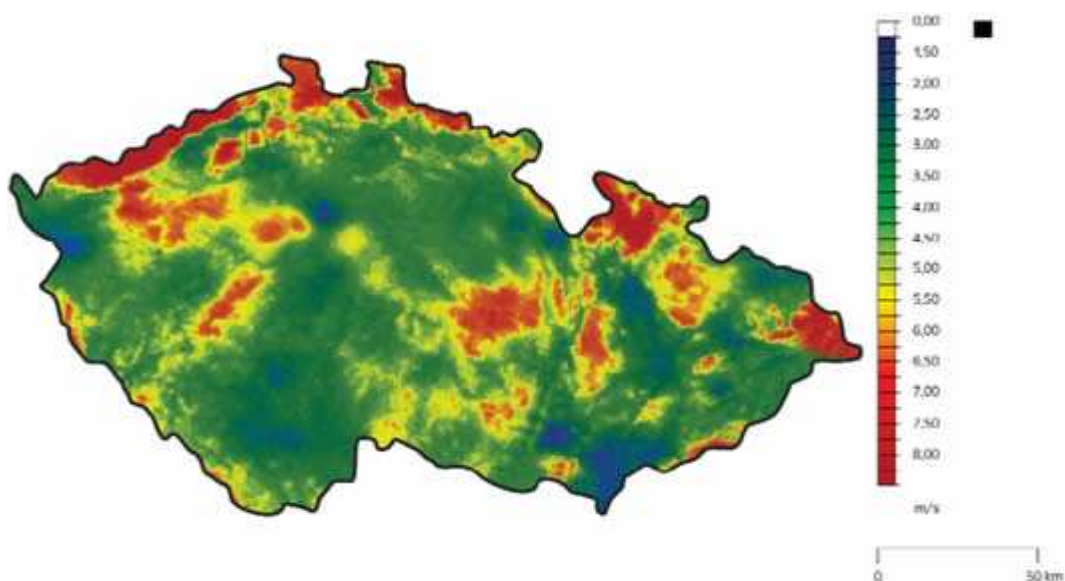


Obrázek 9 - Miskový anemometr [12]

Měření rychlosti větru se provádí ve výšce 10 m (pokud ji není možno dodržet, jsou údaje dohodnutým způsobem přepočítány na tuto výšku) nad hladkým povrchem, tj. v otevřeném terénu s povrchem pravidelně kosené trávy.

Z praktických důvodů se průměrné hodnoty rychlosti větru všeobecně registrují v desetiminutových nebo v hodinových intervalech. Výhodou je přehledná množina dat, která je pro posuzování stanoviště postačující. Zvlášť významné jsou pro posouzení stanoviště z hlediska výnosu energie měsíční průměrné hodnoty rychlosti větru. Pro praktické využití energie větru jsou zajímavé výšky 40 až 100 m nad zemským povrchem. V tomto rozmezí závisí rychlost větru zejména na tvaru okolního terénu. Čím hladší je jeho povrch, tím vyšší je rychlost větru.

Na základě těchto dlouhodobých měření byla sestavena tzv. **Větrná mapa ČR** udávající průměrnou rychlost větru 10 m nad povrchem země.



Obrázek 10 - Větrný atlas České republiky [13]

Z mapy je zřejmé, že vhodné podmínky pro vyžívání větrné energie mohou být v Krušných a Jizerských horách, Krkonoších, na Českomoravské vrchovině a v Beskydech. To znamená především v horských oblastech. Tam je bohužel rozvoj větrných elektráren omezen požadavky na ochranu přírody.

Odhadem je možné stanovit rychlost větru vizuálně a výsledky lze porovnat s **Beaufortovou** stupnicí síly větru, (tabulka 4) která byla zavedena britským admirálem Sirem Francisem Beaufortem na počátku 19. století. Tato stupnice byla založena na jevech, které lze pozorovat na širém moři. Později byla tato stupnice doplněna o jevy pozorovatelné na zemi.

Beaufortovo číslo	Rychlost větru (m/s)	Výška vln (m)	Označení	Popis
0	0,0 – 0,4		Klid	Kouř stoupá kolmo vzhůru
1	0,5 – 1,5		Lehký větřík	Směr větru vychyluje kouř
2	2,0 – 3,0	0,15 – 0,30	Lehký vítr	Je cítit ve tváři, listí stromů šelestí
3	3,5 – 5,0	0,60 – 1,0	Mírný vítr	Vítr napíná praporky, čeří hladinu vody
4	5,5 – 8,0	1,0 – 1,50	Střední vítr	Zvedá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů
5	8,1 – 10,9	1,8 – 2,5	Čerstvý vítr	Keře se hýbou
6	11,4 – 13,9	3,0 – 4,0	Silný vítr	Pohybuje silnějšími větvemi, dráty sviští, obrací deštník
7	14,1 – 16,9	4,0 – 6,0	Prudký vítr	Pohybuje celými stromy, nesnadná chůze
8	17,4 – 20,4	5,5 – 7,5	Bouře	Ulamuje větve, znemožňuje chůzi
9	20,5 – 23,9	7,0 – 9,75	Vichřice	Menší škody na stavbách, strhává střešní krytinu
10	24,4 – 28,0	9,0 – 12,5	Silná vichřice	Vyvrací stromy, škody na obydlích
11	28,4 – 32,5	11,3 – 16,0	Mohutná vichřice	Rozsáhlé škody
12	32,6 – 35,9	13,7	orkán	Odnáší střechy, demoluje těžké předměty

Tabulka 4 - Beaufortova stupnice síly větru [14]

3.3 Směr větru

Směr větru se určuje pomocí světových stran, případně v úhlových stupnicích. Například vítr severní proudí od severu k jihu, jihozápadní pak od jihozápadu k severovýchodu. Směr větru se udává v celých desítkách stupňů azimutu, případně v meteorologii závaznými anglickými zkratkami. Rozlišujeme 36 směrů větru: 01, 02,

03,...35, 36. Údaj 00 označujeme bezvětří (calm), severní vítr (N – north) 36, jižní (S – south) 18, východní (E – east) 09, západní (W- west) 27. [14]

Pro směr větru je určující celková meteorologická situace v širším měřítku. Pro naše poměry pak především rozhoduje rozdělení tlakových polí nad oblastmi Atlantiku, Evropy a Středozemního moře. Směr proudění je ovlivňován také místními podmínkami. Směr a rychlost větru se obvykle neustále mění. Příčinou energie větru je rotace Země a sluneční energie. Tak například nad zemským povrchem ohřátým sluncem vzrůstá teplota vzduchu. Tím se vzduch roztahuje. Nad sousedícím mořem zůstává vzduch chladnější. Kolísání hustoty vzduchu, které tak vzniká, má za následek rozdíly tlaku vzduchu, které zase způsobují proudění vzduchu. Nad povrchem země začíná vát vítr z moře na pevninu. V noci se směr větru mění na opačný, protože voda je teplejší než povrch země, který se ochlazuje rychleji. Měření směru větru se provádí anemometry nebo tzv. větrnými rukávy.

Údaje o směru větru mohou být významné při volbě vhodných lokalit pro větrné elektrárny. Je důležité leží-li například ve směru převládajících větrů nějaká překážka, nebo způsobuje-li reliéf zemského povrchu v některém směru zvýšení rychlosti větru. Rovněž při rozmisťování více větrných elektráren ve skupině je důležité znát převládající směr větru, aby se minimalizovalo jejich vzájemné ovlivňování.

3.4 Laminární a turbulentní proudění vzduchu

V nauce o proudění se rozlišují dva základní stavy proudění: **laminární** a **turbulentní** proudění.

U **laminárního** (klidného, stálého) proudění se vrstvy s rozdílnou rychlostí proudění vzájemně paralelně posouvají bez tvoření vírů. Rychlost větru bez tvoření vírů narůstá s výškou. Rozdělení rychlostí nad zemí přitom závisí na rychlosti větru samotné, na hustotě vzduchu, charakteru povrchu země a v malé míře také na teplotě.

U **turbulentního** proudění se k hlavnímu proudění přidává více či méně silné víření. Vzniká turbulentní proudové pole, u něhož se molekuly vzduchu posouvají nejen paralelně. Při analytickém pozorování lze u proudění pozorovat pohybové komponenty napříč nebo dokonce proti směru hlavního proudění, které rovněž obsahují energii. Turbulentní složky nelze změřit miskovým anemometrem. Lze je změřit speciálními elektronickými anemometry, které jsou schopny měřit třírozměrné komponenty proudění. [14]

3.5 Historie využití energie větru

Možnosti využití energie větru si lidé uvědomili již před dávnými věky. Vítr byl zřejmě první živel, který člověk začal využívat k vlastní potřebě. Bylo doloženo, že Egypťané používali sílu větru k pohonu lodí již kolem roku 5000 př. n. l. Dovídáme se tak

z kreseb znázorňující plavidla na Nilu s plachtou. Už v 17. století před Kristem babylonský král Hammurabi zamýšlel zavodňovat úrodné roviny Mezopotámie pomocí větrné energie. Podle pramenů záznamy o prvních větrných mlýnech pocházejí z Persie již 200 let před Kristem.

Prvními prakticky využitelnými stroji, které přeměňovaly vítr v mechanickou energii se staly větrné mlýny (*obrázek 11*). Sám název - větrné mlýny - napovídá, že se tyto stroje využívaly k mletí obilí. Stejný princip se však používal i ke zpracování cukrové třtiny, k čerpání vody atd.

V Číně a Persii se používaly již v 7. století k čerpání vody z řek a poději i na mletí zrní. Už v 10. století se díky Arabům objevují ve Španělsku a do ostatních evropských zemí postupně pronikaly ve 12. a 13. století.



Obrázek 11 - Větrné mlýny [12]

Ve 13. století se začaly používat v Itálii, Francii, Španělsku a Portugalsku, později také ve Velké Británii, Holandsku a Německu. Vedoucí pozici ve využívání větrných motorů zaujalo ve 14. století Holandsko. Účelem bylo odvodňování mokřin a jezírek v ústí Rýna. Začátkem 17. století byl vysušen první polder.

Větrné motory byly také využívány při výrobě oleje, papíru a k pohonu pil. V USA dochází k využívání větrných motorů při osidlování západních oblastí. V polovině 19. století zde bylo postaveno více než 6 milionů malých mnoholopatkových větrných motorů určených převážně k čerpání vody pro potřebu farmářů a napájení dobytka, k různým pohonům a později k výrobě elektřiny.

Na našem území se větrná energie využívala v minulosti pro pohon větrných mlýnů. Historicky je postavení prvního větrného mlýnu na území Čech, Moravy a Slezska doloženo v roce 1277, v zahradě Strahovského kláštera v Praze. V České republice existuje v současné době ještě několik starých klasických větrných mlýnů nebo jejich pozůstatků. Jedná se o dva typy – tzv. holandský, který má pouze otočnou nástavbu a tzv. německý, který se otáčí celý.

Velmi zachovalý větrný mlýn je např. v Kuželově na jižní Moravě. Další větrný mlýn je v Třebíči. Byl používán ke mletí kůry pro koželužny. V Budišově na Moravě stojí zachovalá stavební část větrného mlýna holandského typu. V Příčovech u Sedlčan se nacházel snad největší větrný mlýn v Evropě z 15. století. Dodnes se zachovalo jen torzo jeho obvodní zdi.

Úpadek větrných motorů souvisí s rozšířením parního stroje v 19. století. Malé větrné motory ztratily svůj význam s rozšiřující se elektrizací a s rozvojem malých spalovacích motorů, které byly při nízkých cenách paliv a pro svoji větší pracovní pohotovost značně výhodnější.

První větrnou elektrárnu na světě postavil Američan Charles F. Brush, který na přelomu let 1887 a 1888 sestrojil první automatickou větrnou turbínu, napojenou na generátor elektrického proudu. Rotor elektrárny měl průměr 17m a skládal se ze 144 paprskovitě uspořádaných lopatek z cedrového dřeva. Výkon generátoru byl při otáčkách 500 min^{-1} 12 kW. Tento stroj byl postaven v Clevelandu (Ohio). Elektrárna byla jednak technologicky, tak i výkonem dokonalejší než elektrárna v dánském Askově postavená o tři roky později.

Evropský primát v konstrukci větrných elektráren patří univerzitnímu profesorovi v dánské obci Askov Poulu la Courovi (18461 - 1908). Ten zde od roku 1878 vyučoval matematiku, fyziku a chemii. Roku 1891 sestrojil první větrnou elektrárnu se čtyřmi až šesti “křídly”, tvořenými plachtami napnutými na rámové konstrukci, která se podobala klasickému větrnému mlýnu. Pro zkoušení modelů větrných motorů si vynálezce postavil i první zkušební větrný tunel, jehož kompresor byl poháněn parním strojem

V šedesátých letech dvacátého století docházelo k výraznému útlumu všech projektů větrných motorů, protože jimi vyrobená energie byla při tehdejších cenách kapalných a jiných paliv výrazně dražší.

Prudký vzestup cen paliv v sedmdesátých letech dvacátého století, zvýšená péče o životní prostředí a vědomí omezenosti fosilních paliv změnily názor na využívání větrných motorů v současnosti. Začínají se ve větším měřítku stavět větrné elektrárny a to hlavně v Dánsku.

Na konci roku 2005 dosáhl instalovaný výkon větrných elektráren na celém světě více než 59 322 MW. Takové množství postačuje na zásobení zhruba 29 milionů typických evropských domácností. V celé Evropě bylo ve stejné době instalováno 40 500 MW přičemž v roce 2000 to bylo jen 12 822 MW. A naši sousedé? Do roku 2006 vstupovalo Německo s 17 600 elektrárnami s celkovým instalovaným výkonem více než 18 400 MW. Větrné elektrárny se podílejí na zajištění celkové spotřeby elektřiny v zemi 6,7 % a v tomto odvětví se zaměstnávalo přes 61 tisíc pracovníků. [2]

Větrné elektrárny v ČR vznikaly koncem 80. let 20. století a jejich výstavba pokračuje i nadále. První profesionálně vyrobená větrná elektrárna z maximálním výkonem 150 kW byla postavena roku 1988 u obce Kuželov nedaleko známého větrného mlýna. V současné době větrné elektrárny pracují na mnoha lokalitách v ČR. Jejich výrobci jsou jak české firmy, tak dodavatelé z Dánska, Německa, Rakouska a Itálie.

Dnes se z větru získává hlavně elektřina. Velké větrné elektrárny dodávají elektřinu do sítě, drobná zařízení slouží pro zásobování odlehlých objektů nepřípojených k síti, malé větrné elektrárny se používají na lodích pro dobíjení baterií apod.

3.6 Větrné motory

Větrné motory se používají k přeměně kinetické energie větru na mechanickou práci. Základní princip jejich funkce spočívá v tom, že zpomalují proud vzduchu, který protéká jejich pracovní plochou a tím odnímají část jeho energie.

3.6.1 Využívání větrných motorů

Větrné motory mají rozsáhlé uplatnění, které je možno rozdělit do několika základních skupin:

- Výroba elektrické energie. Větrné motory pohánějí elektrické generátory od výkonů desítek wattů až do několika megawattů.
- Čerpání vody větrnými motory z řek a studní se užívá běžně pro potřeby zavlažování a odvodňování. Kromě vody lze větrnými motory čerpat i jiné látky, jako např. různá chladiva v soustavách pro chlazení a výrobu ledu.
- Mechanické pohony ve spojení s větrnými motory se používaly dříve zejména pro mletí obilí, při pohonu pil a různých pracovních strojů v dílnách.

3.6.2 Základní typy větrných motorů a jejich rozdělení

Větrné motory dělíme podle různých kritérií. Za nejdůležitější je třeba pokládat aerodynamický princip, který má pro činnost větrného motoru největší význam. Podle něj dělíme větrné motory na **odporové a vztlakové**

a) Odporové motory

Větrné motory pracující na **odporovém** principu patří mezi nejstarší a mohou mít vodorovnou i svislou osu otáčení. Svojí konstrukcí se mohou značně lišit. Jejich podstatou je, že plocha nastavená proti větru mu klade aerodynamický odpor, zpomaluje proud vzduchu a síla, které je vystavena, je mechanicky přeměňována na rotační pohyb. Plocha nastavená proudu vzduchu se pohybuje přibližně v jeho směru menší rychlostí, než je rychlost větru. Vzniká však problém, jak ji dostat na výchozí místo. To lze zajistit několika způsoby :

- **Funkční plocha má takový tvar, aby její odpor byl různý při různých směrech pohybu.** Příkladem tohoto typu provedení je miskový **anemometr** (*obrázek 9 – str.42*). Polokoule orientovaná svou dutinou proti větru mu klade odpor 3,5krát větší než polokoule nastavená proti větru svou vypuklou částí. Na rotoru složeném ze 3 až 4 dutých polokoulí, pravidelně rozmístěných po obvodu, vzniká moment, který jím otáčí. Dalším příkladem je motor se **Savoniovým rotorem**. Je založen také na podobném principu jako miskový anemometr, ale zde jsou kulové plochy nahrazeny plochami válcovými. Savoniův motor patří k nejdokonalejším odporovým větrným motorům.
- **Mění se velikost plochy rotoru vystavená větru** podle toho, zda se pohybuje v jeho směru nebo ve směru opačném. Vyžaduje se zvláštní mechanismus, který umožňuje samočinné natáčení lopatek rotoru nebo sám jejich natáčení ovládá.[3]

b) Vztlakové motory

Základním prvkem větrného motoru pracujícího na vztlakovém principu je list nebo lopatka, které odebírají energii větru. K tomu musí být vytvarovány zcela zvláštním způsobem. Stanovení jejich tvaru poskytuje **aerodynamika**.

V každém případě musí mít řez lopatkou tzv. vztlakový profil. Mezi motory pracujícími na vztlakovém principu patří **vertule a větrná kola** s vodorovnou osou, které jsou orientovány svojí rovinou otáčení kolmo ke směru větru.

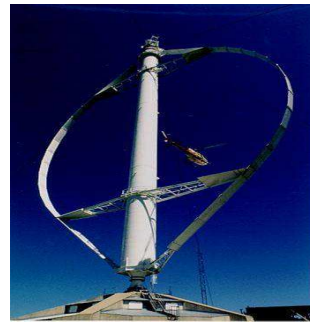
Vertule se vyskytují nejčastěji ve dvou nebo třílistém provedení (*obrázek 12*). U některých rotorů jsou vrtulové listy kolem své osy natáčivé a umožňují snadnější rozběh, lepší regulaci otáček a výkonu rotoru.

Větrná kola mají místo vrtulových listů jednoduché, obvykle plechové lopatky, jejichž počet se pohybuje od čtyř do několika desítek podle velikosti kola a podle požadované rychloběžnosti. Na principu vztlaku pracují také větrné motory s **vertikální osou**

(obrázek 13), které patentoval francouzský inženýr Darrieus. Jejich rotor může mít dvou, tří i čtyřlísté provedení .[3]



Obrázek 12 - vrtule [15]



Obrázek 13 - Rotor Darrieus [15]

3.7 Větrné elektrárny

Větrné elektrárny přeměňují kinetickou energii pohybujícího se vzduchu na elektrickou energii.



Obrázek 14 - větrné elektrárny [13]

3.7.1 Typy větrných elektráren

Větrné elektrárny dělíme::

a) podle aerodynamického principu (kapitola 3.6.2) na větrné motory:

- vztlkové
- odporové

b) podle osy rotace na:

- svislé
- vodorovné

Elektrárny se svislou osou otáčení mohou pracovat na odporovém principu (typ Savonius) nebo i na vztlkovém principu (typ Darrieus). Výhodou elektráren pracujících na vztlkovém principu je, že mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení, a tím i vyšší účinnosti.

c) podle výkonu větrného motoru na:

- malé (výkon do 20 kW)

- střední (výkon 20 až 50 kW)
- velké (výkon nad 50 kW)

Malé větrné elektrárny s výkonem do 5 kW jsou výhodné především pro dobíjení akumulátorů nebo jako zdroj nízkého napětí pro objekty bez přípojky elektrického proudu.

Elektrárny o výkonu 5 kW až 20 kW lze využít ke dvojímu účelu: dodávání elektrické energie do sítě a využití energie pro ohřev užitkové vody v domácnostech. Elektrárny s výkonem nad 20 kW se výhradně používají pro dodávku elektřiny do sítě.

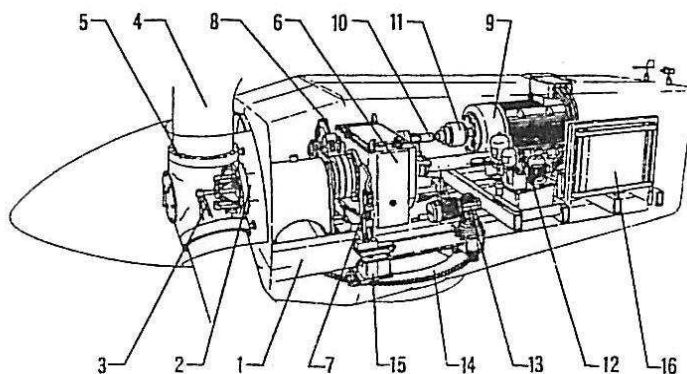
V současné praxi nejvíce používané jsou vztahové větrné elektrárny s podélnou osou rotace, kde vítr obtéká lopatky. Elektrárny jsou natáčeny proti směru větru elektronickým nebo hydraulickým pohonem. Jen nejmenší elektrárny jsou natáčeny přímo větrem pomocí směrového křídélka.

3.7.2 Popis větrné elektrárny

Stožár elektrárny je dnes většinou tvořen ocelovou rourou, která je složena z několika dílů (tubusů). S rostoucí výškou se může stožár kónicky nepatrně zužovat. Samozřejmostí je perfektní nerezová povrchová úprava. K železobetonovým základům je stožár elektrárny uchycen přírubou na jeho spodním konci pomocí několika desítek šroubů ukotvených v základech ze železobetonu. Elektrárnu lze tedy snadno rozebrat po době své životnosti (ta se udává přibližně 20 let). Uvnitř stožáru se nachází žebřík pro výstup do strojovny, občas zde bývá zbudován i výtah. Středem stožáru jsou svedeny všechny kabely, jak silový pro transport vyrobené elektrické energie, tak i kabely pro monitorování provozu a dálkové řízení chodu zařízení.

Pohyblivé části větrné elektrárny jsou umístěny na vrcholu stožáru v podobě gondoly se strojovnou. Na následujícím obrázku 15 je znázorněna strojovna v gondole větrné

elektrárny s asynchronním generátorem, která je vyráběná firmou Vestas v Dánsku (V27-225 kW).



Obrázek 15 - Strojovna v gondole větrné elektrárny 225 kW [17]

Základem strojovny je tuhý rám (1), na kterém je hlavní hřídel (2) uložen ve valivých kuličkových ložiskách, zachycující radiální a axiální síly. Na hlavním hřídeli je nasazen odlitek hlavy vrtule (3). Listy vrtule (4) jsou zasazeny do ocelového kořene s přírubou (5), který umožňuje jejich natáčení kolem podélné osy. Dvouступňová převodová skříň (6) je umístěna na konci hlavního hřídele. Nosník převodovky (7), přenášející reakční momenty na přední část rámu strojovny, je konstruován tak, aby přenášel stejné zatížení na obě strany rámu. Kotoučová brzda (8) je umístěna na vysokootáčkovém hřídeli převodovky. Elektrický generátor (9) je tímto hřídelem převodovky poháněn přes karban (10) a kluzkou spojku (11). Hydraulická jednotka (12) napájí brzdu a zařízení pro regulaci větrného motoru natáčením listů. Horizontální natáčení vrtule do směru větru se provádí natáčením strojovny dvěma převodovkami (13), umístěnými na rámu strojovny a poháněnými elektromotory. Pastorky převodovek zabírají s natáčecím kolem (14), přichyceným k vrcholu stožáru. Natáčení je řízeno řídicí jednotkou (15). Ta také chrání přívodní kabel do strojovny proti překroucení. Centrální jednotka (16) řídí chod celé elektrárny. [16]

Všechny funkce zařízení jsou monitorovány, vyhodnoceny a řízeny mikropočítačem, umístěným zpravidla uvnitř stožáru elektrárny, hned u vstupu. Větrné poměry jsou snímány anemometry, jejich vyhodnocování je však svěřeno opět počítačovému programu. Ten zajišťuje chod elektrárny v optimálním režimu, od rozběhu přes provozní režim až po zablokování při překročení horní hranice rychlosti větru, při které

je provoz nebezpečný. Výrobce u každého typu elektrárny uvádí i **tři hodnoty větru**:

1. nejnižší, při níž je provoz nastartován (většinou se pohybuje od 2,5 m/s);
2. optimální, při níž dosahuje elektrárna svého jmenovitého výkonu a
3. maximální, při jejímž překročení dochází k zastavení provozu.

Rozběh elektrárny je možný buď přímo větrem po nastavení rotoru do optimální polohy a po odbrzdění osy uvnitř gondoly, nebo případně pomocí rozběhového elektromotoru. Tento způsob urychluje rozběh a energetická ztráta provozem startéru na proud ze sítě je zpravidla menší, než energetický zisk celého zařízení umožněný rychlejším náběhem do optimálních otáček.

Ve větrných elektrárnách středních a velkých výkonů se k výrobě elektrické energie nejčastěji používají běžné **asynchronní** motory s kotvou nakrátko pracující v generátorickém chodu. Jejich výhodou je zejména vysoká provozní spolehlivost, nenáročná údržba a také relativně nízké pořizovací náklady. Pro větrné elektrárny velkých výkonů nebo speciálního provedení se používají **synchronní** generátory s budícím vinutím na rotoru .

Rotor elektrárny má dnes většinou 2 nebo 3 listy vyrobené z různě zpevněného laminátu. Často bývají kvůli námraze vyhřívané.

3.7.3 Regulace větrných elektráren

Při příliš silném větru je třeba snížit otáčky rotoru. V současné době převládají dva typy regulace výkonu v závislosti na rychlosti větru:

- **Regulace Stall - pasivní** (stall=zdržovat)

Rotor elektrárny má pevné listy a pro regulaci využívá odtržení proudnice vzduchu od listu rotoru při určité rychlosti větru. Po odtržení dojde ke snížení výkonu. Výhodou je o něco vyšší výroba elektrické energie při vyšších rychlostech větru s větrnými nárazy a nižšími pořizovacími náklady.

V současné době se používá i aktivní varianta regulace typu Stall, která spočívá v pomalém aktivním natáčení listů v závislosti na okamžitých klimatických podmínkách, např. hustotě vzduchu.

- **Regulace Pitch – aktivní** (pitch=stavět)

Využívá natáčení celého listu rotoru podle okamžité rychlosti větru tak, aby byl celkový náběh větrného proudu v daném okamžiku optimální (dosažení nejvyšší výroby). Výhodou je vyšší výroba elektrické energie zejména při nižších rychlostech větru, kdy se optimalizace projeví nejvíce. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [16]

3.7.4 Vývoj parametrů větrných elektráren

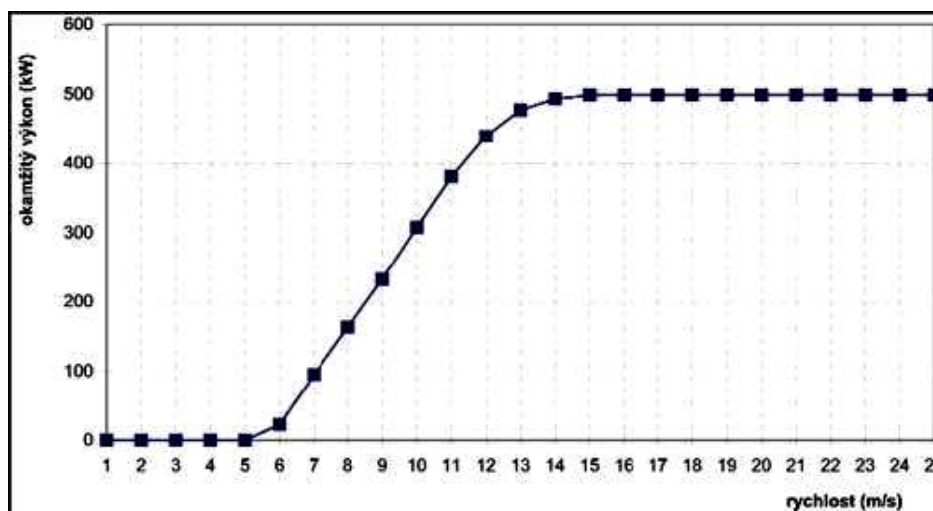
Větrné elektrárny prodělaly velmi rychlý technický rozvoj (*tabulka 5*) Jestliže v polovině devadesátých let byly pro podmínky České republiky dostupné elektrárny o výkonu maximálně okolo 600 kW, dnes jsou běžné výkony 1 až 2 MW na jeden stroj. Pro lokality v pobřežních mořských vodách se zkouší elektrárny s výkonem 3,5 až 5 MW. Obvykle se pak na jedné lokalitě staví více elektráren do tzv. větrných farem pro optimalizaci nákladů na výstavbu a provoz.

Rok	1980	1985	1990	1995	2000	2006
Jmenovitý výkon(kW)	30	80	250	600	1500	5500
Průměr rotoru (m)	15	20	30	46	70	115
Výška stožáru (m)	30	40	50	78	100	120
Roční výroba (MWh)	35	95	400	1250	3500	17000
Přibližná cena (tis. EURO)	55	125	250	570	1650	2500

Tabulka 5 - vývoj parametrů [17]

3.7.5 Podmínky instalace větrné elektrárny

Nejlepší podmínky pro instalaci jsou větrná stanoviště a vysoký stožár. V případě vnitrozemských oblastí, tedy v podmínkách ČR, jsou příhodné lokality převážně ve vyšších nadmořských výškách, obvykle nad 500 m n. m. V nižších výškách je roční průměrná rychlost větru nízká (2 až 4 m/s). **Rychlost větru** je naprosto **zásadní** parametr. Výkon elektrárny se mění s **třetí mocninou** rychlosti větru. Do výkonu elektrárny se tak výrazně promítne i malá odchylka v rychlosti větru. (obrázek 16).



Obrázek 16 - Výkonová charakteristika větrné elektrárny s výkonem 500kW [8]

K ohodnocení dané lokality je nejvhodnější stanovení distribuční charakteristiky, což je rozdělení četnosti rychlostí větru zjištěné kontinuálním měřením rychlosti, nejlépe ve výšce osy rotoru. Ideální je alespoň roční měření porovnané s dlouhodobými údaji na blízkých meteorologických stanicích.

Před rozhodnutím o stavbě elektrárny je třeba znát následující údaje:

- **Měřené průměrné rychlosti** větru včetně **četnosti směru**. V České republice jsou vhodné podmínky pro provoz větrných elektráren všude tam, kde je roční průměrná rychlost větru vyšší než 4 m/s (obrázek10).
- **Množství a parametry překážek**, které způsobují turbulenci a brání laminárnímu proudění větru (porosty, stavby, stromy).
- **Roční venkovní teploty či jiné nepříznivé meteorologické jevy: např. námrazy**. V zimních měsících, kdy jsou větrné podmínky obecně lepší než v létě, dochází k četným odstávkám elektráren právě kvůli masivní námraze, která obaluje listy rotorů i měřící zařízení. Rotor je nevyvážený a řídicí systém

nemůže správně vyhodnotit rychlost větru. V některých lokalitách tak v zimních měsících výroba energie klesá na pouhou desetinu předpokládaného výtěžku.

- **Nadmořskou výšku** (hustota vzduchu).
- Možnost **umístění** vhodné technologie:
 - únosnost podloží, kvalita podkladu a seismická situace, **geologické podmínky** pro základy elektrárny;
 - **dostupnost lokality** pro těžké mechanizmy, případně vhodnost pro vybudování potřebné zpevněné komunikace;
 - **vzdálenost od přípojky** VN nebo VVN **s dostatečnou kapacitou**
Budování několikakilometrové přípojky nebo omezená volná kapacita mohou záměr budování elektrárny zkomplikovat, případně odsoudit k neúspěchu. Je také zapotřebí získat souhlas majitele distribučních sítí (rozvodných závodů) s připojením do patřičného vedení;
 - **vzdálenost od obydlí**, která by měla být dostatečná kvůli minimalizaci možného rušení obyvatel **hlukem**. Je proto důležité nechat zpracovat odborný posudek – **akustickou studii**, která hodnoty od výrobce přepočte na hladinu slyšitelného zvuku v konkrétním místě. Výsledek musí potvrdit dodržení platných hygienických limitů hluku. Ty jsou ve venkovním prostoru obytných budov 50 dB ve dne (6 až 22 hodin) a 40 dB v noci. Podmínka je většinou splněna při vzdálenosti 400 m jedné nové elektrárny od obydlí. Akustický výkon udává výrobce turbíny na základě měření akreditované zkušebny. U moderních elektráren o výkonu 1 MW činí zhruba 100 až 106 decibelů, podle typu turbíny a rychlosti větru, při němž je zvuk měřen. Měřitelný hluk u paty 100 metrů vysoké elektrárny bývá mezi 50 až 60 decibely. V tabulce 6 jsou uvedeny různé úrovně hluku, se kterými se běžně setkáváme.
Zvuky, které větrné elektrárny vydávají, mají dvě příčiny: otáčející se mechanické prvky ve strojovně (zejména převodovka, generátor) a proudění vzduchu kolem listů vrtule.

Při výstavbě **větrné farmy** s více elektrárnami se úroveň hluku jednotlivých elektráren nesčítá, stejně jako lidské vnímání zvuků. Při výstavbě druhé elektrárny se úroveň hluku orientačně zvýší jen o 3 dB, u

tří elektráren to je asi o 5 dB. V praxi má však největší vliv elektrárna nejbližší, protože hladina hluku s rostoucí vzdáleností rychle klesá.

Příklad zvuku	Vzdálenost v [m]	Hladina intenzity Zvuku [dB]
Práh zvuku, slyšení		0
Šelest listí		10
Šepot, velmi klidný byt	1	30
Tichý rozhovor	1	40
Pouliční hluk (normální)		50
Motor automobilu	5	70
Sbíječka	5	100
Startující letadlo	10	110
Práh bolesti		130

Tabulka 6 - úroveň hluku

- **Míra zásahu do okolní přírody** - zátěž při výstavbě elektrárny, zátěž budováním přípojky, zásah do vzhledu krajiny (umístění lokality v CHKO velmi komplikuje povolovací řízení). Musí být zpracována studie vlivu na životní prostředí (EIA). Elektrárna **nesmí** mít negativní dopad na své okolí.
- **Majetkoprávní vztahy** k pozemku, postoj místních úřadů, občanů, vlastnictví či dlouhodobý pronájem pozemků. Pro stavbu elektrárny je nutno získat v první řadě územní rozhodnutí a následně **stavební povolení**. Pokud přípojka elektrárny k síti **nepovede** pouze po pozemcích investora, je třeba získat svolení pro instalaci a vedení po všech soukromých či veřejných pozemcích (event. zřídit věčná břemena k těmto pozemkům).
- Chceme-li **dodávat elektřinu do sítě**, je třeba získat licenci k výrobě elektřiny (případně k přenosu) podle energetického zákona č. 458/2000 Sb. Dále musíme splnit technické podmínky pro připojení k síti a získat souhlas příslušného provozovatele distribuční soustavy (veřejné sítě).

Řešení většiny těchto problémů je časově a administrativně náročné.

3.7.6 Výhody a nevýhody větrných elektráren

Omyly o větrných elektrárnách

I když jsou větrné elektrárny často symbolem ekologické výroby elektřiny, jsou jim někdy vytýkána i negativa. Současné elektrárny jsou mnohem modernější, než byly před deseti lety.

- **Stroboskopický efekt** (vrhání pohyblivých stínů, je-li Slunce nízko nad obzorem) není v praxi závažný. Podobně i odraz slunce na lopatkách je díky matným nátěrům již minulostí.
- **Rušení zvěře** podle praktických zkušeností nenastává. Dokladem je divoká zvěř pasoucí se těsně v blízkosti elektrárny. Podobně se nepotvrdilo ani to, že by rotující listy zabíjeli ptáky. Ke kolizím dochází, ale poměrně vzácně, zejména v noci a za mlhy. Výjimkou byly případy, kdy elektrárna stála v místě tahu migrujících ptáků.
- **Narušení krajinného rázu** je asi nejproblematictější. Někomu se elektrárny líbí, někomu ne. Trend stavět stále větší stroje vede k tomu, že elektráren může být méně, ale zároveň budou více vidět. Elektrárny však mohou také pomoci snížit počet různých stožárů v krajině. Na stožár jedné elektrárny lze umístit několik různých telekomunikačních zařízení., které bohužel často mají každý svůj vlastní stožár. Pronájem stožárů za tímto účelem by mohl být ekonomicky zajímavý.
- **Větrné elektrárny odrazují turisty** – naopak mohou mnoho turistů přilákat. V České krajině jde o poměrně nový fenomén a lze předpokládat, že bude budit zájem, například do Jindřichovic pod Smrkem se na dvě větrné elektrárny během prvního roku přijelo podívat 12 tisíc lidí. Větrné turbíny jsou zde symbolem ekologicky orientovaného rozvoje a ochrany přírody, což přispívá k pozitivnímu hodnocení obce.

Proč využívat větrnou energii?

- Při využití energie větru se do atmosféry neuvolňují žádné skleníkové plyny, takže se nepřispívá ke globálním změnám klimatu.
- Větrná energie je sice dražší než získávání energie z fosilních paliv, ovšem to je dáno tím, že u fosilních paliv není dodatečným zdaněním zohledněna jejich vyčerpatelnost a negativní vliv na životní prostředí (např. zplodiny a tepelné znečištění vody)
- Větrná energie je bezpečná (nehrozí riziko zamoření jako v případě havárie jaderné elektrárny)
- Výstavba větrných elektráren představuje dekoncentraci velkých zdrojů elektřiny na více malých zdrojů - tím se snižuje riziko velkoplošných výpadků v případě havárií rozvodné sítě nebo teroristických útoků. Také se snižují náklady na rozvod elektrické energie a ztráty, které při tomto rozvodu nastávají.

Argumenty odpůrců větrné energie

- Větrné elektrárny jsou v našich podmínkách vysoce neefektivní. Základní problém v našich podmínkách je proměnlivost větru. Vítr většinu času fouká příliš slabě nebo naopak silně, takže větrné elektrárny dodávají v průměru jen malou část nominálního výkonu. Praktickým důsledkem je několikanásobně vyšší cena výroby energie oproti klasickým elektrárnám.
- Dalším problémem je výkon větrné elektrárny neboť je velmi proměnlivý, neregulovatelný a nijak nesouvisící s proměnlivostí potřeby. Elektrická energie se velmi špatně skladuje, a tak pro průmyslové použití se výkon větrného zdroje musí zálohovat dalším zdrojem schopným okamžité výroby. Vzhledem k legislativní regulaci v ČR tyto náklady neovlivní provozovatele elektrárny, ale zaplatí je zákazník, který si nemůže vybrat větrné elektrárny nepoužívat.
- Důsledkem je zvýšení rizika havárií v elektrické distribuční soustavě při masovém zavedení větrných elektráren.
- Větrné elektrárny poškozují přírodu ve svém okolí. V okruhu až několika set metrů hluk přesahuje hygienické normy pro obydlenou zástavbu.
- Větrné elektrárny hyzdí krajinu.
- Výstavba větrných elektráren vede ke zvýšení nákladů na rozvod elektrické energie. Náklady na provoz rozvodné sítě prakticky nezávisí na množství přenesené energie. Připojení větrné elektrárny může běžné náklady pouze zvýšit.

- Provoz větrných elektráren obvykle vede ke zvýšení ztrát v rozvodné síti.

(Uvedené argumenty platí pro české území)

Výhled do budoucnosti

Po relativně neúspěšných pokusech minulých let zaznamenává v současné době větrná energetika obrození. Donedávna panovala stagnace, která byla určena znevýhodňujícími podmínkami ve výkupních cenách, nejistotou dlouhodobé stability výkupních cen a přetrvávajícím nedostatkem investičních prostředků. Změna nastala s přijetím nového zákona č. 180/2005 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Ten výrobcům elektřiny garantuje minimální výkupní ceny po dobu 15 let. Pro větrné elektrárny Energetický regulační úřad č. 10/2005 stanovil sazbu ve výši **2,46 Kč/kW** (platné pro rok 2006), pokud není technologie starší dvou let. Dále je možnost získat finanční dotaci na výstavbu větrné elektrárny ze Státního fondu životního prostředí, od Ministerstva průmyslu a obchodu nebo ze strukturálních fondů Evropské unie.

Trend vývoje v ČR směřuje, podobně jako ve světě, k výkonově větším zařízením (okolo 0,85 - 2,5 MW). Pro zajímavost uvádím spuštění větrného parku v Pavlově u Jihlavy. Stojí zde 2 větrné elektrárny, výška každé dosahuje i s vrtulí 150 m. Záběrová plocha rotoru je 6,362 m². Větrný generátor pracuje s instalovaným výkonem 2 MW a ročně je tedy schopen vyrobit až 8 mil. kWh el. energie. Toto množství je schopno z hlediska spotřeby el. energie pokrýt požadavky až 4000 domácností. Jedná se o největší elektrárny v ČR. Stavba jedné elektrárny stála 75 mil. korun a návratnost se pohybuje kolem 10 let. Do provozu byly uvedeny v září 2006. [18]

Větrné elektrárny se budou instalovat i na lokalitách s nižšími průměrnými rychlostmi větru, než bylo dosud obvyklé. Za tímto účelem se konstruuji nové typy elektráren, které takové podmínky optimálně využijí. V důsledku masové výroby se ceny elektráren snižují, v průměru klesá reálná cena instalovaného výkonu každoročně zhruba o 5 %.

Závěr

Problematika využívání obnovitelných zdrojů energie, a tedy i energie Slunce a větru je v současné době velmi aktuální. Hlavní zájem o využívání obnovitelných zdrojů je soustředěn v zemích s rozvinutým průmyslem a s příznivými provozními podmínkami.

Česká republika se zavázala v přístupové smlouvě k EU do roku 2010 dosáhnout 8% podílu obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě elektřiny. Tento závazek můžeme částečně i naplnit pomocí využití energie Slunce a větru.

Z praktického hlediska využívání solární energie mají největší význam systémy poskytující teplo na vytápění a ohřev vody v obytných domech. Pro tento účel se spotřebovává velká část veškeré vyrobené energie a potenciál pro náhradu části této spotřeby solární energie je tedy ohromný. Musíme si ale uvědomit, že v našich klimatických podmínkách se pro vytápění budov v zimním období získá slunečními kolektory jen kolem jedné třetiny požadované energie. Proto je nezbytné doplnit systém dalším zdrojem tepla. Pak ale vzniká složitý kombinovaný systém, který je i investičně drahý. Příznivější podmínky mají aktivní systémy s dlouhodobou akumulací tepla zachyceného kolektory v letním období, které se pak využívá v zimním období, to je jedna z cest, jak překlenout celoroční nepravidelný přísun slunečního záření. Dalším způsobem, jak zefektnit využití solární termické energie, je výrazné snížení spotřeby energie na vytápění, tj. snížení tepelných ztrát domu.

Poněkud jiná situace nastává u solárních systémů pro ohřev užitkové vody. Zde je potřeba vody plynulá po celý rok. Zisky ze slunečního záření kryjí přibližně dvě třetiny z celkové spotřeby energie. Potom se již vyplatí kombinovaný systém s kolektory a dalším např.: plynovým nebo elektrickým ohříváním.

Využívání solární energie má minimální dopady na životní prostředí, její pokrytí je plošné a energie je k dispozici zadarmo. Velkým pozitivem je, že solární systémy se dají instalovat i v husté městské zástavbě a na jejich instalaci není většinou potřeba ani stavební povolení. Významným limitujícím faktorem při využívání solárních systémů je doba návratnosti investice. Z tohoto důvodu se systémy optimalizují tak, aby pokryly maximální část naší energetické potřeby, a aby se investice v rozumné době vrátila (nebo alespoň aby doba návratnosti nebyla delší než doba životnosti systému). Proto je

pro rozvoj solárních systémů velice důležitá i státní podpora. Stát by měl toto odvětví podporovat více než doposud a hlavně by podpora měla být nárokována.

Česká republika se vzhledem ke své poloze nemůže chlubit příznivými podmínkami pro využití větrné energie. Většinu našeho území tvoří plochy s malou nadmořskou výškou. V pohraničních horách, které by se daly využít k výstavbě větrných elektráren, se z velké části nalézají přírodní parky nebo jiná chráněná území. Pokud se nějaký investor odhodlá větrná zařízení postavit, zjistí, že bez státní pomoci to není možné. Investiční náklady na jeden instalovaný kW výkonu se totiž pohybují na úrovni 35 000 až 50 000 korun. Tato částka se blíží nákladům na výstavbu jaderné elektrárny. Zatím postavené a provozované větrné elektrárny v ČR, pracují totiž s výkonem 8 – 10% z instalovaného výkonu. Pokud si spočítáme využití výkonu větrné elektrárny v našich podmínkách, zjistíme, že pouze výjimečně překročí 1000 hodin za rok, přičemž roční časový fond činí 8760 hodin.

Přes všechny tyto problémy se využívání větrné energie v České republice postupně rozvíjí. Pomohlo tomu také přijetí zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a jistě také možnost využít dotací na výstavbu, především ze strukturálních fondů Evropské unie, přičemž výše podpory není pro podnikatele nijak zanedbatelná. Z výše uvedeného vyplývá, že větrná energetika nemá v přírodních podmínkách České republiky na různých zrovna ustláno, avšak energetická politika ČR do roku 2030 s rozvojem obnovitelných zdrojů včetně větrné energie do budoucnosti počítá.

S ohledem na končící životnost většiny fosilních paliv v průběhu tohoto století, by energetiku 22. století měly ovládnout nové čisté technologie výroby energie, tzn. vodíková energie ve spojení s novými jadernými reaktory a obnovitelnými a druhotnými zdroji energie.

Přehled použité literatury a pramenů

- [1] Kleczek, Josip: Energie. Praha, Albatros, 2002. ISBN 80-00-01060-7
- [2] Sequens, Edvard: Větrné elektrárny:mýty a fakta.České Budějovice, Sdružení Calla, 2006. ISBN 80-86834-09-3
- [3] Brož, Karel; Šourek Bořivoj: Alternativní zdroje energie.Praha, ČVUT,2003. ISBN 80-01-02802-X
- [4] <http://www.calla.cz/> (Calla – Sdružení pro záchranu prostředí)
- [5] <http://www.chmi.cz/meteo/ok/atlas/> (Český hydrometeorologický ústav atlas podnebí)
- [6] <http://www.thermosolar.sk/> (Themo-solar výrobce solárních kolektorů)
- [7] Murtinger, Karel; Truxa Jan. Solární energie.Brno, Era, 2005. ISBN-80-7366-029-6
- [8] <http://www.ekowatt.cz/> (EkoWATT, středisko pro úspory energie)
- [9] Cihelka, Jaromír: Solární tepelná technika. Praha, T. Malina,1994. ISBN 80-900759-5-9
- [10] Themessl, Armin; Werner Weiss. Solární systémy.Praha, Grada, 2005. ISBN 80-247-0589-3
- [11] <http://www.sfzp.cz/cs/> (Státního fondu životního prostředí České republiky)
- [12] <http://cs.wikipedia.org/wiki/> (Wikipedie – internetová encyklopedie)
- [13] <http://www.chmi.cz/> (Český hydrometeorologický ústav)
- [14] Crome, Horst: Technika využívání energie větru. Ostrava, HEL, 2002. ISBN 80-86167-19-4
- [15] <http://www.projekt-ev.wz.cz/> (Větrné elektrárny)
- [16] Rychetník,Václav; Pavelka, Jiří. Větrné motory a elektrárny.Praha, ČVUT,1997. ISBN 80-01-01563-7
- [17] <http://www.vetrnyserver.cz/> (Česko – německý větrný informační server)
- [18] Informační letáky získané při exkurzy větrného parku Pavlov a Protivanov.

- Bacher, Pierre: Energie pro 21. století. Praha, Krigl, 2003.
- Berabovský, Jiří: Energeticky soběstačná obec. Praha, Ekowat, 2006.
- Beranovský, Jiří; Truxa, Jan: Alternativní energie. Brno, ERA, 2004.
- Hallenga, Uwe: Malá větrná elektrárna. Ostrava, HEL, 2006.
- Halley, Andres; Humm, Otomar; Voss, Karsten: Solární energie. Praha, Granda Publishing, 2002.
- Handle, Heinz: Průmyslová elektronika a informační technologie. Praha, Europa, 2003.
- Koč, Břetislav: Šance pro vítr. Brno, EkoCentrum, 1996.
- Libra, Martin; Poulek, Vladislav: Solární energie. Praha, ČZU, 2005
- Mittermair, Franz: Zařízení se slunečními kolektory. Ostrava, HEL, 1995.
- Pastorek, Zdeněk: Biomasa, Obnovitelné zdroje energie. Praha, FFC Public, 2004.
- Šubrt, Roman: Alternativní zdroje energie. České Budějovice, Energy Centre, 2002.
- Trávníček, J.; Kalandra, P.; Stehlík, J.: Obnovitelné zdroje energie. Praha, FFC Public, 1994

Odkazy na webové stránky:

<http://www.proventi.cz/>

<http://www.eccb.cz/>

<http://www.spvez.cz/>

<http://vetrnemlyny.unas.cz/>

<http://www.i-ekis.cz/>

<http://www.tzb-info.cz/>

<http://www.ceacr.cz/>

<http://www.solarniliga.cz/>

Příloha:

Příloha 1 Doklady potřebné pro získání dotace

Příloha 1

Doklady, které jsou požadovány jako příloha k Formuláři žádosti program 1.A.b

- 1) Výpis z katastru nemovitostí na objekt, ve kterém bude obnovitelný zdroj instalován ne starší než 3 měsíce v době podání žádosti (originál nebo ověřená kopie).
- 2) Doklad, kterým je určena osoba pověřená jednáním s Fondem – ověřená plná moc v souladu s § 31 občanského zákoníku pro pracovníka pověřeného jednáním s Fondem. Platí v případě, že žádost vyřizuje jiná osoba než majitelé uvedení ve výpisu z katastru nemovitostí.
- 4) Odborný posudek.
- 5) Předávací protokol o tlakové zkoušce systému.
- 6) Fakturaci (úhradu nákladů dle rozpočtu) - potvrzení o zaplacení předmětu realizace (originály faktur včetně dodacích listů, doklady o úhradách). V případě platby z hypotečního úvěru i kopie smlouvy o úvěru.
- 7) Tři různé barevné fotografie formátu 9x13 cm dokládající realizaci zařízení, (z toho 1 fotografie objektu, ve kterém je zařízení instalováno).
- 8) Vyjádření příslušného stavebního úřadu k předmětu realizace – stavební povolení, ohlášení stavebních úprav.
- 9) Kopie dodavatelských smluv (smlouva o dílo) včetně položkového rozpočtu.
- 10) Kolaudační rozhodnutí (je-li předmět podpory součástí vydaného stavebního povolení), v ostatních případech Předávací protokol o uvedení zařízení dodavatelskou firmou do trvalého provozu.
- 11) Certifikát instalovaného zařízení (doloženo certifikátem, resp. protokolem o zkoušce typu (o posouzení shody typu) dle nařízení vlády č.163/2002 Sb., §5, resp. §7.

Doklady, které jsou požadovány jako příloha k Formuláři žádosti program 10.A

- 1) Doklad, ze kterého je patrná právní subjektivita žadatele.
- 2) Dokumentace v takovém stupni přípravy, která umožní posouzení možnosti podpory z technického, ekonomického a ekologického hlediska.
- 3) Odborný posudek systému (viz výše).
- 4) Prohlášení žadatele, zda je či není plátcem DPH.
- 5) Údaje o zdrojích financování - doklady ověřující celkové financování předmětu podpory po celou dobu výstavby.

- 6) Doklad, kterým je určena osoba pověřená jednáním s Fondem – plná moc v souladu s § 31 občanského zákoníku pro pracovníka pověřeného jednáním s Fondem.
- 7) Stanovisko zřizovatele o perspektivě existence školy (u vysokých škol zřízených zákonem pak čestným prohlášením rektora).

Žadatel v případě vydání kladného “Rozhodnutí” ministra předloží Fondu podklady pro uzavření písemné smlouvy o podpoře.

Doklady, které jsou požadovány pro uzavření písemné smlouvy o poskytnutí podpory:

- 1) Doklady prokazující dodržení zákona č. 40/2004 Sb., o zadávání veřejných zakázek v platném znění.
- 2) Kopie dodavatelských smluv včetně rozpočtu.
- 3) Stavební povolení, respektive vyjádření stavebního úřadu k předmětu podpory.

Nezbytné doklady, které jsou požadovány jako příloha k Formuláři závěrečného vyhodnocení akce (ZVA), jsou následující:

- 1) Soupis faktur včetně jejich věcné náplně, kopie příslušných faktur a odpovídajících bankovních výpisů, popř. účetní doklady.
- 2) Protokol o předání a převzetí dokončení předmětu podpory, příp. doklad o dokončení vyplývající z podmínek SOD.
- 3) Doklad o uvedení předmětu podpory do trvalého provozu ve smyslu stavebního řízení.

Podrobnější informace a podklady jsou k dispozici na webových stránkách Státního fondu životního prostředí- <http://www.sfzp.cz/cs/>

