

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rozvoj obnovitelných zdrojů energie v

České republice

Ondřej Němeček

2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej NĚMEČEK**
Osobní číslo: **E12B0195P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Rozvoj obnovitelných zdrojů energie v ČR**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Popište základní principy jednotlivých obnovitelných zdrojů energie.
2. Zhodnoťte přírodní, legislativní a technické podmínky pro využívání OZE v ČR.
3. Popište vývoj a rozvoj jednotlivých druhů OZE v ČR.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. přednášky KEE/VEN

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na rozvoj obnovitelných zdrojů energie v České republice. Snahou bude vytvořit určitý přehled, který může sloužit jako úvod do této problematiky. Práce je rozdělena do pěti hlavních témat, dle charakteru obnovitelného zdroje. Každé téma obsahuje historický vývoj, teoretický rozbor a vysvětlení základních funkcí a principů. Dále práce zahrnuje zhodnocení přírodních a technických podmínek včetně legislativních prvků, ale i přehled současného stavu a hypotetické nahlédnutí do budoucího rozvoje.

Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, větrná energie, solární energie, vodní energie, biomasa, bioplyn, geotermální energie

Abstract

This thesis is focused on the development of renewable energy in the Czech Republic. Effort will be to create some (certain) overview, which can be used as introduction into this issue. This thesis is divided into 5 main topics according to the character of renewable energy. Each topic contains historical development, theoretical analysis and explaining of the basic functions and principles. Thesis also contains assessment of biological and technical conditions including legislatives, summary of the current status and hypothetical view into the future development.

Keywords

renewable energy resources, wind energy, solar energy, hydroelectric power, biomass, biogas, geothermal energy

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne 4. 6. 2015

Ondřej Němeček

Poděkování

Tímto způsobem bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanovi Bělíkovi, Ph.D. za cenné a užitečné rady, poznatky a konzultace pro vypracování této bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD	9
1 VYUŽITÍ ENERGIE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	10
2 VYUŽITÍ POTENCIÁLU VODNÍ ENERGIE	11
2.1 HISTORIE	11
2.2 VODNÍ ENERGIE	15
2.2.1 Rozdělení vodních kol	16
2.2.2 Přehled a rozdělení vodních kol	16
2.3 PŘEHLED, POUŽITÍ A ROZDĚLENÍ VODNÍCH TURBÍN	20
2.3.1 Peltonova turbína	21
2.3.2 Bankiho turbína	22
2.3.3 Francisova turbína	23
2.3.4 Kaplanova turbína	24
2.4 SROVNÁNÍ VODNÍCH KOL S TURBÍNAMI	25
2.5 VODNÍ ELEKTRÁRNY A JEJICH ROZVOJ	25
2.6 PRINCIP A TYPY VODNÍCH ELEKTRÁREN	26
2.6.1 Princip vodní elektrárny	26
2.6.2 Typy vodních elektráren	28
2.7 VÝVOJ INSTALOVANÝCH VÝKONŮ A CEN ELEKTRINY Z ENERGIE VODY	29
2.7.1 Pohled do následujících let	30
3 VYUŽITÍ POTENCIÁLU VĚTRNÉ ENERGIE	31
3.1 HISTORIE	31
3.2 VĚTRNÁ ENERGIE	32
3.3 TYPY VĚTRNÝCH MOTORŮ	32
3.3.1 Odporové motory	33
3.3.2 Vztlkové motory	34
3.4 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY A JEJICH ROZVOJ	35
3.5 PRINCIP A TYPY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	37
3.5.1 Princip větrné elektrárny	37
3.5.2 Typy větrných elektráren	39
3.6 NEGATIVNÍ FAKTORY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	40
3.6.1 Hlučnost větrné elektrárny	40
3.6.2 Stroboskopický efekt a vliv elektrárny na faunu	40
3.6.3 Námraza na rotorových listech elektrárny	41
3.7 VÝVOJ INSTALOVANÝCH VÝKONŮ A CEN ELEKTRINY Z ENERGIE VĚTRU	41
3.7.1 Pohled do následujících let	43

4	VYUŽITÍ POTENCIÁLU SOLÁRNÍ ENERGIE	43
4.1	HISTORIE	43
4.2	SOLÁRNÍ ENERGIE	44
4.3	SOLÁRNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY	45
4.3.1	<i>Fototermické systémy</i>	45
4.3.2	<i>Fotovoltaické systémy</i>	48
4.4	FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY A JEJICH ROZVOJ	51
4.5	VÝVOJ INSTALOVANÝCH VÝKONŮ A CEN ELEKTŘINY Z ENERGIE SLUNCE	53
4.5.1	<i>Pohled do následujících let</i>	54
5	VYUŽITÍ POTENCIÁLU ENERGIE Z BIOMASY	55
5.1	HISTORIE	55
5.2	DEFINICE BIOMASY	55
5.2.1	<i>Vznik biomasy</i>	56
5.2.2	<i>Rozdělení biomasy</i>	56
5.3	ZDROJE BIOMASY	57
5.3.1	<i>Cíleně pěstovaná biomasa</i>	57
5.3.2	<i>Odpadní biomasa</i>	57
5.4	ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z BIOMASY	58
5.4.1	<i>Termochemické přeměny</i>	58
5.4.2	<i>Biochemické přeměny</i>	59
5.4.3	<i>Mechanicko-chemické přeměny</i>	60
5.5	BIOMASA A JEJÍ ROZVOJ	60
5.6	PRINCIP VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY A BIOPALIV JAKO ENERGETICKÉHO ZDROJE	61
5.6.1	<i>Biopaliva</i>	61
5.6.2	<i>Bioplynové stanice</i>	62
5.7	KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	62
5.8	POHLED DO NÁSLEDUJÍCÍCH LET	63
6	VYUŽITÍ POTENCIÁLU GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	64
6.1	HISTORIE	64
6.2	GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	64
6.3	ENERGETICKÉ VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	65
6.3.1	<i>Princip geotermální teplárny</i>	65
6.3.2	<i>Princip geotermální elektrárny</i>	65
6.4	ROZVOJ ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	66
6.5	POHLED DO NÁSLEDUJÍCÍCH LET	67
7	LEGISLATIVA	68
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	72

Seznam symbolů a zkratk

OZE	Obnovitelné zdroje energie
OZ	Obnovitelné zdroje
FV	Fotovoltaika
FVE	Fotovoltaická elektrárna
Grid-off	Systémy nepřipojené k rozvodné síti
Grid-on	Systémy připojené k rozvodné síti
MEŘO	Metylester řepkového oleje
ČR	Česká republika
KJ	Kogenerační jednotka
HDR	Druh geotermální elektrárny “Hot dry rock“
Q	Průtočné množství [m ³]
NO _x	Oxidy dusíku
CO	Oxid uhelnatý
SO ₂	Oxid siřičitý
ČOV	Čistírna odpadních vod
CHKO	Chráněné krajinné oblasti
MW	Jednotka výkonu megawatt
GW	Jednotka výkonu gigawatt

Úvod

Obnovitelné zdroje energie jsou zdroje energie, jejichž zásoba je z lidského pohledu nevyčerpatelná. V České republice jsou hlavními představiteli obnovitelných zdrojů zejména energie vody, větru, slunce a spalování biomasy. Z ekologického hlediska však nelze fungování populace postavit pouze na výrobě energie z OZE, a tak jsou využívány kombinace ostatních zdrojů, které bohužel nejsou ekologicky založené, ale za to mají velký přínos po stránce výroby elektrické energie.

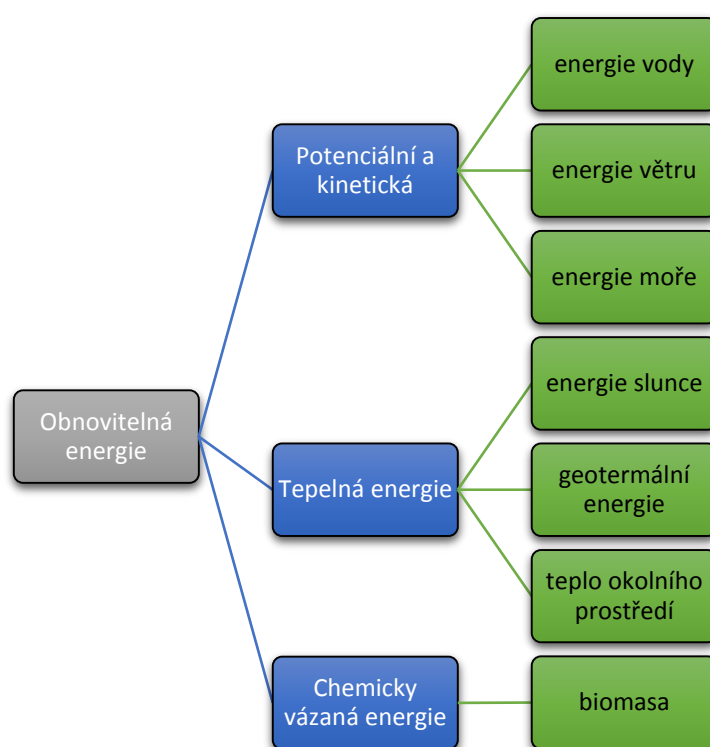
Cílem této bakalářské práce bude zaměření na jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů v České republice se zhodnocením využitelného potenciálu. Práce je rozdělena do pěti hlavních témat a jedné doplňující kapitoly, přičemž velká pozornost je věnována jednotlivým druhům využití potenciálu a zhodnocení daného obnovitelného zdroje. Poslední doplňující kapitola zahrnuje legislativní prvky, které souvisejí s tématem této bakalářské práce.

Autor se u každého druhu obnovitelného zdroje energie zaměřuje na historický vývoj, popis základních principů a funkcí včetně doplňujících informací k danému tématu. Není zde opomenuto ani zhodnocení technických a přírodních vlivů pro stávající a budoucí rozvoj. Dále se autor snaží pro každý druh obnovitelného zdroje energie nastínit hypotetické nahlédnutí do budoucích let.

V závěru autor poukazuje na legislativu související s tímto tématem. V práci je popsán vývoj daných zákonů včetně stručného popisu jejich obsahu.

1 Využití energie obnovitelných zdrojů

Energie obnovitelných zdrojů je energie, která má schopnost se částečně nebo úplně obnovovat. Veškerá obnovitelná energie je zpracovávána z přírodních zdrojů a jevů. Lze tedy říci, že pochází ze slunce, zemského tepla a rotace Země. Tato energie nabývá různých podob a naším úkolem je tyto jednotlivé podoby zachytit, dokázat je správně využít pomocí přeměn do využitelných podob a dále zpracovávat. Energie se často vyskytuje v podobě kinetické a potenciální energie, tepelné energie, ale dokonce i jako chemicky vázaná energie.



Obrázek č. 1: Rozdělení obnovitelných zdrojů a využití energií

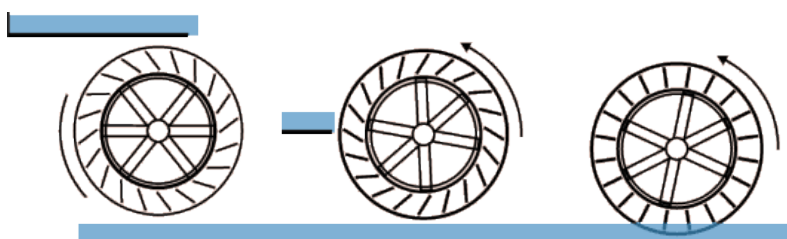
Využíváním kinetické a potenciální energie vody, větru, moře, získáváme energii elektrickou. Kdežto tepelnou energii lze využít nejen k výrobě elektrické energie, ale zároveň i jako zdroj tepla. Využití chemicky vázané energie biomasy je také zdrojem tepla, paliva a elektrické energie. Pro zpracování a přeměnu těchto energií využíváme vodní, větrné, fotovoltaické, elektrárny nebo pro zpracování biomasy, elektrárny a spalovny odpadů. [1]

2 Využití potenciálu vodní energie

2.1 Historie

Historie využití vodní energie sahá až do období starověku. Zde je položen historicky první kámen začátku využívání potenciálu vodní energie. Zpočátku byla vodní energie využívána k dopravě lodí, vorů či dřeva po proudu řek.

Postupem času se tyto základní principy vyvinuly v budování vodních kol. S tímto počátkem souvisí i vynález jednoduchých soukolí využívaných k přenosu síly lidí a zvířat. Vodní kola byla zpočátku používána jako čerpadla pro dopravu vody do zavlažovacích kanálků, nebo pro pohony čerpacích věder. Mezi historicky první se řadí vodní kola na spodní vodu. Tato kola byla stavěna velmi jednoduchým typem konstrukce a zároveň měla relativně nízkou účinnost. Dalším stupněm vývoje byla výstavba vodních kol na vrchní vodu a střední vodu. Vodní kolo na vrchní vodu dosahovalo mnohem vyšší účinnosti.



Obrázek č. 2: První vodní kola na horní, střední a dolní vodu, převzato z [12]

Jednotlivé typy vodních kol se začaly postupně inovovat a někde i využívat v mlýnech, hutích, vodních hamrech, pilách, dmychadlech, bucharech, škrobárnách, drtírnách kamene, čerpadlech vod v dolech nebo v hospodářství. Zmínka o prvních vodních mlýnech z oblasti Malé Asie sahá k prvnímu století před naším letopočtem. V roce 361 byly v Německu postaveny vodní mlýny na řece Mosel. Výstavba nespočívala pouze v rozšíření budování mlýnů nastálo, zde se začali vynalézat i mlýny plovoucí. Tento systém vodních mlýnů se využíval na nížinných řekách v místech, kde voda překonává silným proudem terénní zlom. V České republice byl první vodní mlýn postaven na Labi a byl uveden do provozu roku 1227, jednalo se konkrétně o plovoucí mlýn. Nejstarší historické zmínky o vodních hamrech se datují do 1. poloviny 14. století. Velké množství vodních hamrů bylo vystavěno v okolí železných rud. [12] [2]

Nejstarším dochovaným vodním hamrem v České republice je vodní hamr na Rokycansku v obci Dobřív. Hamr je v provozu od roku 1657, ale datum vybudování není znám. Od roku 1774 byl hamr vyzděn a takto je dochován až do dnes. Postupem času docházelo ke stále větším inovacím a novým vynálezům až se dostaneme k významným datům 19. a 20. století, kdy byly vytvořeny první modely používaných turbín. [2]



Obrázek č. 3: Vodní hamr v obci Dobřív

Výroba první přetlakové turbíny se datuje k roku 1827. Dalšími dnes již významnými modely byly výroby Francisovy, Peltonovy, Kaplanovy a Bankiho turbíny. Francisova turbína byla sestrojena roku 1847, dále pak Peltonova roku 1880 a poslední turbíny Bankiho a Kaplanova se uskutečnily v roce 1918. Další významný historický mezník byla výstavba první vodní elektrárny ve městě Písek. Vodní elektrárna Františka Křížíka byla uvedena do provozu roku 1887. Město Písek bylo historicky první město s elektrickým osvětlením. Tato malá vodní elektrárna, která dnes je již kulturní památkou, je osazena dvojicí Francisovo turbín. [2] [3]



Obrázek č. 4: Vodní elektrárna Františka Křížíka v Písku

Mezi další historické památky zcela jistě zapadá i Čeňkova pila, která byla zpočátku využívána jako pila a byly zde použity vodní kola pro pohon dřevoobráběcích strojů.

V roce 1912 bylo rozhodnuto o přestavbě na vodní elektrárnu s horizontální Francisovou turbínou. Čeňkova pila je v provozu dodnes a vyrobená energie je předávána do vodní elektrárny Vydra. Vodní elektrárna Vydra byla postavena o 30 let později. Obě tyto elektrárny jsou vystavěny na Šumavě.

Největší rozvoj v budování vodních elektráren na území České republiky nastal ve 20. století. Z první poloviny tohoto století stojí za zmínku elektrárna Štvanice, která je postavena v Praze a je v provozu do dnes. Elektrárna Štvanice je plně automatizována a je na dálku ovládána z centrály elektrárny Štěchovice.

V roce 1930 byla provedena inventarizace vodních děl, které přesahovaly výkon 1,5 kW. Jejím výsledkem bylo zjištění, že na území republiky se nacházelo celkem 14 482 vodních energetických zdrojů, přičemž 14 409 elektráren o výkonu 161 MW vyrobenou elektrickou energii spotřebovali ihned na místě. Zbýlých 73 výroben s výkonem 78 MW dodávalo elektrickou energii do soustavy. [13]

Větší pozornost je věnována zhruba druhé polovině 20. století, kdy vznikla velká vodní díla nejen Vltavské kaskády. Prvním vodním dílem Vltavské kaskády bylo vodní dílo Vrané. Vodní elektrárna Vrané byla postavena v roce 1936. Elektrárna je osazena dvojicí vertikálních Kaplanovo turbín o celkovém instalovaném výkonu 16 MW. Modernizace elektrárny proběhla v roce 1986, která měla za úkol zlepšení hltnosti turbín a později byla modernizována automatizovaným ovládáním z centrály Štěchovic, který měl za následek bezobslužný provoz elektrárny.

V roce 1944 byla postavena druhá elektrárna Štěchovice, která byla vybavena dvěma soustrojími s Kaplanovými turbínami o výkonu 22,5 MW.

Dalším vodním dílem bylo postavení elektrárny Slapy v roce 1955. Tato vodní elektrárna disponuje třemi soustrojími s Kaplanovo turbínami o výkonu 144 MW. Slapy využívají Štěchovickou nádrž pro vyrovnávání kolísavosti odtoku a jsou zároveň první větší stavbou z tehdejších elektráren.

Roku 1959 byly postaveny elektrárny Lipno I a Lipno II. V elektrárně Lipno I bylo použito Francisovo turbín, které zde pracují v dvou soustrojích. Naopak u elektrárny Lipno II, která byla postavena pro plnění funkce vyrovnávání odtoku z Lipna I, byla použita

Kaplanova turbína. To, že Lipno II je jen pomocnou elektrárnou svědčí i instalovaný výkon 1,5 MW, oproti tomu primární elektrárna Lipno I má instalovaný výkon 120 MW. Elektrárna je také dálkově regulovatelná z centrály Štěchovic.

V roce 1962 byly vybudovány současně další dvě díla, elektrárny Orlík a Kamýk. Akumulační vodní elektrárna Orlík dosahuje výkonu 364 MW a je opatřena čtyřicíti Kaplanovo turbín. Pro vyrovnávání kolísavého odtoku z vodní elektrárny Orlík byl postaven s instalovaným výkonem 40 MW za použití čtyřice Kaplanovo turbín Kamýk.

Posledními vybudovanými články této kaskády jsou elektrárny Hněvkovice a Kořensko. Hlavní náplní nádrže a elektrárny Kořensko je udržovat stálou hladinu a odstraňovat hygienické a estetické závady z okolní obytné rozlohy Týna nad Vltavou. Kořensko, jehož instalovaný výkon dosahuje 3,8MW bylo vybudováno v letech 1986-92 a je vybaveno dvěma soustrojím s Kaplanovo turbínami.

Hněvkovice byly postaveny v souvislosti s výstavbou Jaderné elektrárny Temelín. Hlavními úkoly nádrže jsou využívání hydroenergetického potenciálu v pološpičkové vodní elektrárně a dále slouží jako rezerva technologické vody pro areál elektrárny Temelín. Instalovaný výkon elektrárny Hněvkovice je 9,6 MW a zajišťují ho dvě soustrojí s Kaplanovými turbínami.

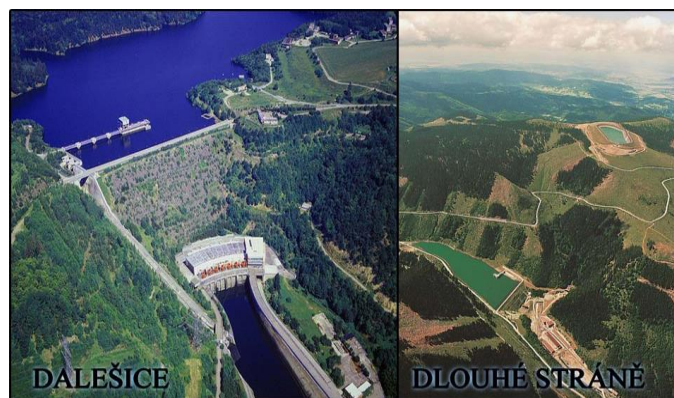


Obrázek č. 5: Vodní díla Vltavské kaskády, fotografie převzaty z [7]

Mezi další významné vodní díla, které výrazně zlepšily vodní energetiku, patří elektrárny Dalešice a Dlouhé Stráně. Roku 1978 byla spuštěna elektrárna Dalešice, která leží na řece Jihlavě. Dalešice se pyšní instalovaným výkonem 480 MW, o který se stará čtyřice reverzních Francisovo turbín. Každá turbína má výkon 120 MW a v provozu

bývají převážně v režimu jednoho nebo dvou soustrojí. Dalešice jsou nejrychlejší přečerpávací vodní elektrárnou v České republice. Rozběhnutí elektrárny na plný výkon trvá necelých 55 sekund.

Vodní elektrárna Dlouhé stráně je elektrárna s největším instalovaným výkonem 650 MW z hlediska hydroenergetiky. O tento vysoký výkon se stará dvojice Francisovo turbín, každá o výkonu 325 MW. Při reverzním chodu jsou turbíny schopny pracovat o výkonu 312 MW. Dlouhé stráně jsou vybudovány v krajinné oblasti Jeseníky. Tato nejvýkonnější elektrárna byla uvedena do provozu roku 1996, ačkoli stavba byla zahájena roku 1978. Konstruktivní řešení pro ekologické důvody bylo řešeno vybudováním podzemní kaverny. Horní nádrž je umístěna na vrcholu hory Dlouhé stráně v nadmořské výšce 1350 metrů. Dolní nádrž je spojena se samotnou elektrárnou a nachází se na řece Divoká Desná. [7]



Obrázek č. 6: Letecký pohled na vodní elektrárny Dalešice a Dlouhé Stráně, fotografie převzaty z [7]

2.2 Vodní energie

Vodní energie je obsažena v koloběhu vody, který je vyvoláván energií z dopadajícího slunečního záření. Lze ji tedy vhodně a účinně využít k přeměně na elektrickou energii. Vodní energie je charakterizována potenciální a kinetickou formou energie. Potenciální forma zahrnuje tlakovou a polohovou energii. Kinetická forma je v podobě pohybové energie. Pro přeměnu vodní energie do podoby energie elektrické se využívá tlakové, pohybové nebo kombinací obou těchto energií. Kinetická energie je projevoována rychlostí proudění vodních toků, naopak potenciální neboli tlaková energie vzniká vlivem gravitace a je závislá na výškovém rozdílu hladin. [1] [6]

2.2.1 Rozdělení vodních kol

Základní rozdělení spočívá ve způsobu ukotvení. Vodní kola lze ukotvit do vertikální nebo horizontální polohy.

Dělení lze uvážit i z pohledu přívodu proudu vody na vodní kola. Toto dělení pak člení kola na přívod vody svrchní, střední a dolní. Nelze opomenout dělení dle směru otáčení kola vzhledem k proudění spodní vody, poté kola dělíme na kola s otáčením ve směru proudu dolní vody a kola s otáčením proti směru proudu dolní vody. [4] [5]

Další specifické dělení kol je dle charakteru využívání vodní energie. Vodní kola využívající převážně kinetickou energii vody jsou označovány názvem lopatková kola. Název vyplývá z provedené konstrukce, na rotoru jsou upevněné lopatky, na které působí proud vody a tím pohání rotor kola. Druhým způsobem provedení jsou vodní kola korečková, využívající převážně potenciální energii vody. Konstrukce kola spočívá ve spojení dvou věnců kol, mezi nimiž jsou umístěny korečky, kam se nalévá voda. Dopad vody na korečky způsobuje pohon kola. [4]

2.2.2 Přehled a rozdělení vodních kol

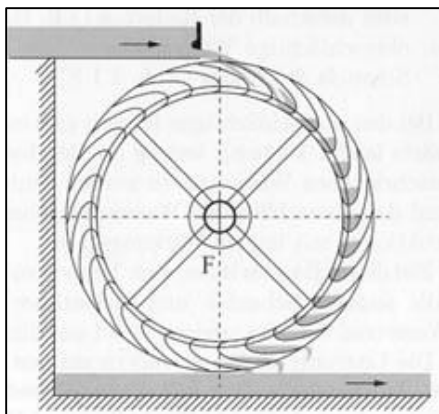
2.2.2.1 Kola s vrchním nátokem vody

Vodní kola s klasickým chodem

Vodní kola s vrchním nátokem vody členíme dvě podskupiny, a to vodní kola s klasickým chodem a vodní kola se zpětným (obráceným) chodem.

Princip funkce vodních kol s normálním chodem a vrchním nátokem vody spočívá v dopadu proudu vody z horní části přivedeného koryta na korečky kola, dopad vody udává kolo do pohybu (viz obr. č. 2). Při plnění jednotlivých koreček vodního kola působí voda na vodní kolo nejdříve svoji kinetickou energií. Po uklidnění vody začne postupně působit potenciální energií. Výtok nateklé vody je poté uskutečněn u spodní části kola, kde se voda v jednotlivých komůrkách postupně vylévá. V tomto momentu dochází k přerušení působení potenciální energie vody na vodní kolo. Prázdné korečky kola jsou dále připraveny k dalšímu plnění. U spodní části kola může docházet k předčasnému úniku

vody z koreček a to má za důsledek snížení účinnosti. Velikost vodního kola odpovídá téměř velikosti spádu. Účinnost tohoto kola dosahovali 75 až 86%. [4]



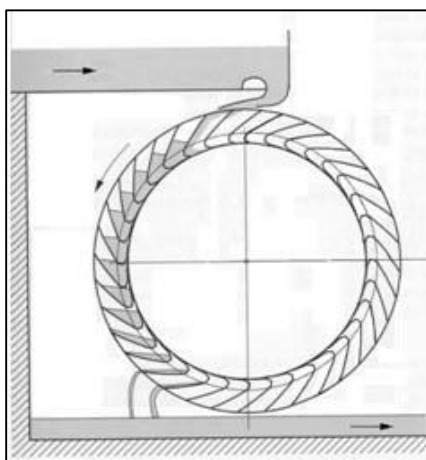
Obrázek č. 7: Princip funkce horního nátoku při normálním chodu kola, převzato z [4]

Vodní kola na horní vodu s klasickým chodem:

- Korečnick na horní vodu s klasickým chodem

Vodní kola s obráceným chodem:

Vodní kolo s obráceným chodem využívá stejného principu funkce jako vodní kola s klasickým chodem na horní proud vody. Podstatný rozdíl je v otáčení kola proti směru oproti klasickému provedení. Voda přivedená korytem je do vodního kola vpouštěna otvorem ve dně koryta. Poté dochází k naplnění jednotlivých korečkových komor a vzniká pohyb kola vlivem potenciální energie odevzdané vody. Ačkoli účinnost při chodu vodního kola je nižší (70 – 80%), výhody a vyšší účinnosti nabývá tehdy, když dojde k vzestupu dolní vody. Vodní kolo se pak otáčí ve směru proudící vody. Tento typ vodních kol bývá navrhován pro spády 3 až 7 metrů. [4]



Obrázek č. 8: Princip funkce horního nátoku při obráceném chodu kola, převzato z [4]

Příklad vodního kola na horní vodu se zpětným chodem:

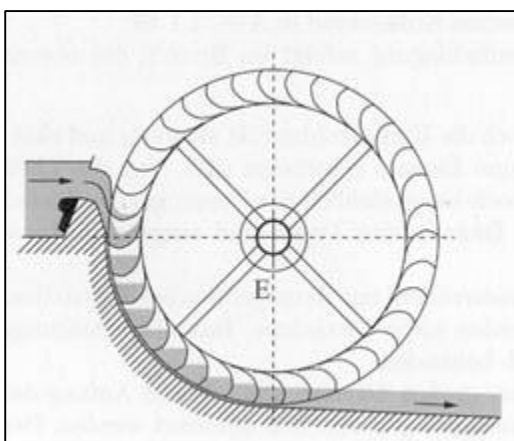
- Korečnick na horní vodu se zpětným chodem

2.2.2.2 Kola se středním nátokem vody

Vodní kola s přítokem vody pomocí kulisy

Princip tohoto provedení je bezmála stejný jako u vodních kol s horním přítokem vody. Rozdíl je pouze v přívodu vody do středu kola pomocí přívodní kulisy. Voda je přiváděna pomocí kulisy do požadovaného vstupního úhlu, pod kterým vtéká do kola. Tento typ provedení vodního kola se navrhuje pro spád 1,5m až 4,5m.

Vodní kolo se středním nátokem vody pomocí kulisy je v porovnání s vodními koly na spodní vodu účinnější. Oproti kolům s horním nátokem mají tato kola větší hltnost. Účinnost se pohybuje v rozmezí 70 – 85%. [4]



Obrázek č. 9: Princip funkce vodního kola s přívodem pomocí kulisy, převzato z [4]

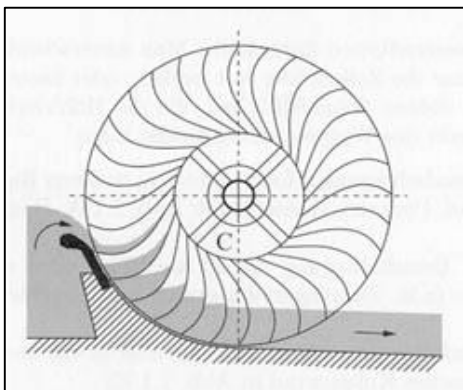
Příklady vodních kol na spodní vodu s přítokem pomocí kulisy:

- Bachovo kolo
- Zuppingerovo kolo s kulisou

Vodní kola s přepadem

Funkčnost vodních kol s přepadem spočívá v natékání vody přes regulační stavidlo mezi jednotlivé lopatky vodního kola. Regulační stavidlo má za úkol vytvořit dostatečně velký spád pro počáteční zrychlení nátoků vody do komor kola. Komory utvořené jednotlivými lopatkami jsou postupně naplňovány proudící vodou. Voda předává svou kinetickou energii lopatce a dále již využívá její potenciální energii. Tímto způsobem je zajištěn pohyb vodního kola. Provedení těchto kol s přepadem se používá pro malé spády od 1m až do 3m, při středním až velkém průtoku vody.

Účinnost kola se pohybuje v rozmezí 70-75%. Nevýhodou je znemožnění průtoku vody při blokaci rotace kola. [4]



Obrázek č. 10: Princip funkce vodního kola s přepadem, převzato z [4]

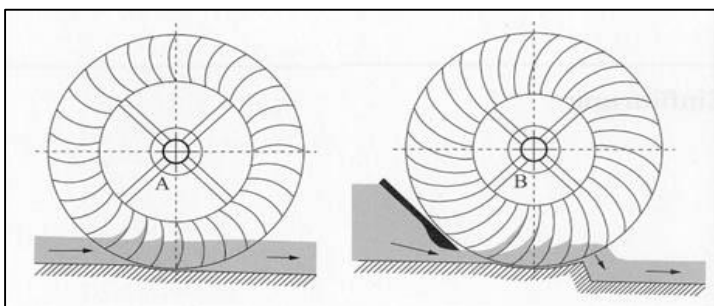
Příklady vodních kol na spodní vodu s přepadem:

- Zuppingerovo vodní kolo
- Sagebienovo vodní kolo

2.2.2.3 Vodní kola se spodním přítokem vody

Velmi jednoduchý princip funkce spočívá v průtoku vody pod kolem, tento průtok se opírá do lopatek vodních kol a dále postupuje ve směru proudění. U klasického provedení dochází k hnutí vody za kolem a to má za následek snížení účinnosti. Zde se účinnost pohybuje od 20 – 30%. Z tohoto důvodu se kolo inovovalo do podoby Ponceletova vodního kola, kde dochází k úpravě vstupního proudu pomocí stavidla a lopatek vodního kola pro lepší nátok vody. Za samotným kolem je mírná prohlubeň, která odstraňuje problém hnutí vody. Účinnost Ponceletova kola se pohybuje v rozmezí 30 – 65 %. Využívá se nadále obou typů vodních kol. [4]

Vodní kola se spodním přítokem vody jsou nejjednodušší vodní kola. Jejich jednoduchost spočívá především v konstrukci a v místech použití, kde jsou jen malé spády s malým průtokem vody. Tato kola jsou určena pro mělké a rovinné krajiny. U míst použití není potřeba nijak zasahovat do krajinného terénu. Avšak je zde velká nevýhoda v malé účinnosti. [4] [1]



Obrázek č. 11: Princip funkce vodních kol na spodní vodu, převzato z [4]

Příklady vodních kol na spodní vodu:

- Stříkový hřebenáč
- Ponceletovo kolo

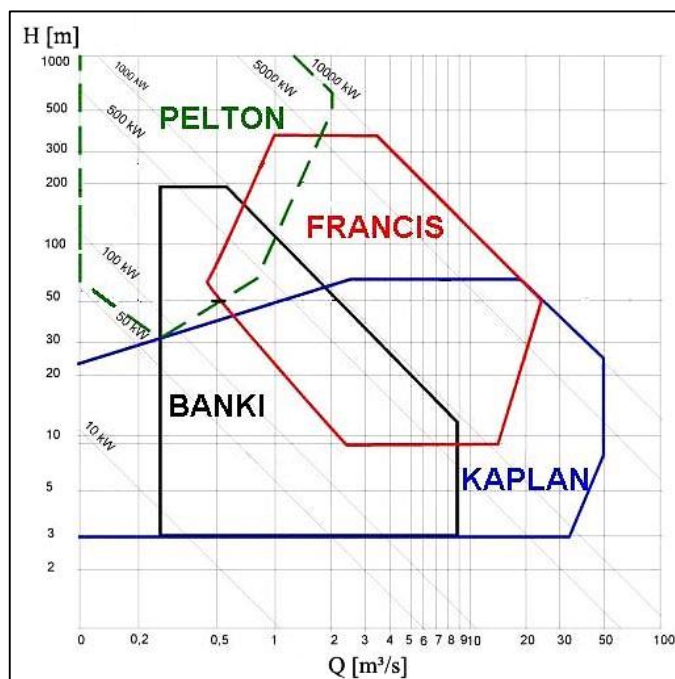
2.3 Přehled, použití a rozdělení vodních turbín

Přehled vodních turbín dělíme dle způsobu transformace, měrné energie a výkonu na turbíny rovnotlaké a turbíny přetlakové. Z pohledu členění dle měrné energie a výkonu na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. Dále pak dle směru pracovního proudění na axiální, radiální, radiálně - axiální, diagonální, tangenciální, s dvojnásobným průtokem, se šikmým průtokem, centrifugální a centripetální. V neposlední řadě lze členit také podle vstupní části turbíny a to na spirální, kašnová, kotlová, násosková a přímoproudá část.

Turbíny rovnotlaké neboli akční pracují pouze v rotoru s energií kinetickou za stálého tlaku. Příkladem tohoto provedení je Peltonova turbína. Naopak turbíny přetlakové neboli reakční transformují v rotoru energii kinetickou a tlakovou. Mezi reakční turbíny se řadí Francisova, Kaplanova a od roku 1955 i Dériazova turbína. [1] [6]

Nejrozšířenější typy vodních turbín používaných na území České republiky jsou zejména Francisovy, Kaplanovy a Peltonovy turbíny. Ačkoli jsou kladeny určité požadavky pro výstavbu samotných vodních elektráren a výběr vhodných turbín, je třeba zmínit určitá kritéria. [7]

Tyto kritéria zahrnují krajinný terén, který určuje výšku spádu, se kterým souvisí rozhodující množství protékající vody. Základní volbu určitého typu vodní turbíny lze určit z následujícího grafu, kde je vyobrazena závislost průtoku vody Q [m^3/s] a výškový rozdíl (spád) H [m]. [6] [5]



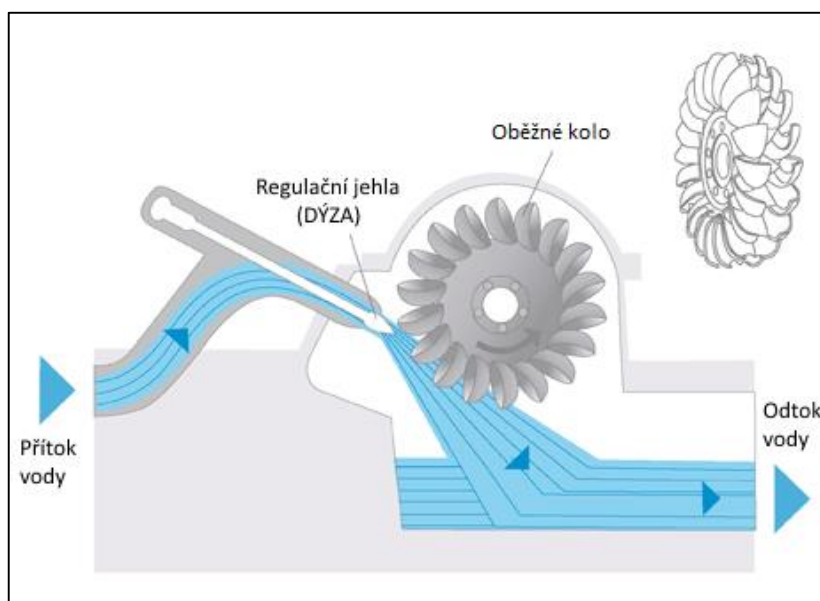
Obrázek č. 12: Charakteristika použití druhů turbín, převzato z [15]

2.3.1 Peltonova turbína

Peltonova turbína je jedna z nejčastěji používaných typů rovnotlakých turbín. Princip funkce spočívá v jednoduché hydraulické konstrukci.

V přivaděči vody se potenciální energie vody mění na tlakovou. V dýze se tlaková energie mění na energii kinetickou pomocí regulační jehly. Proud vody dopadající na lopatky rotoru poté vlivem změny jeho hybnosti předává kinetickou energii při konstantním barometrickém tlaku.

Výkonnější Peltonovy turbíny mohou být osazeny až deseti regulačními dýzami. Úkolem regulační jehly je regulace výkonu samotné turbíny. Regulace spočívá v přívodu proudu vody. Při snižování výkonu turbíny je jehla zapuštěna hlouběji ve výstupní části přivaděče vody, tak aby byl průtok vody omezen. Pro zvýšení výkonu je princip opačný, tedy umístění jehly tak, aby byl průtok vody co nevyšší. [1] [6]



Obrázek č. 13: Schéma a popis Peltonovy turbíny, převzato z [9]

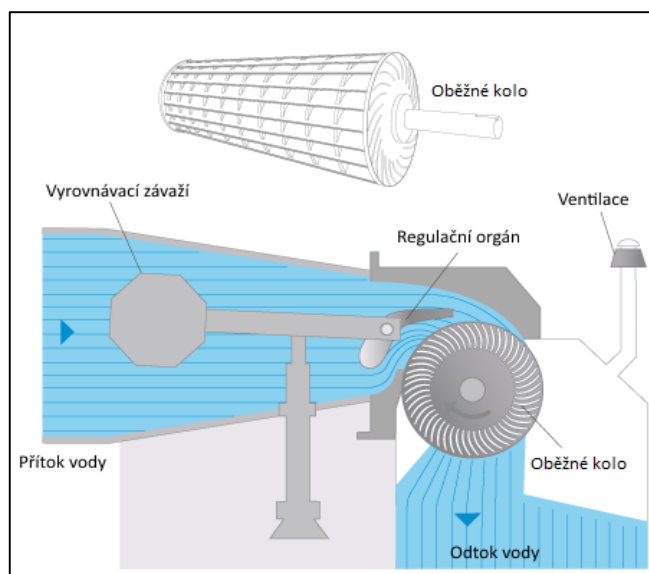


Obrázek č. 14: Oběžné kolo Peltonovy turbíny, převzato z [10]

2.3.2 Bankiho turbína

Bankiho turbína se řadí mezi rovnotlaké typy podobně jako turbína Peltonova. Zde je jistá změna na rozdíl od Peltonovy turbíny a to v dvojnásobném průtoku. Díky její nenáročné konstrukci lze tento typ turbíny využít v celé řadě malých vodních elektráren. [1] [8]

Princip této turbíny spočívá v přívodu vody potrubím do konstrukce turbíny skrz mezikus, který je umístěn před samotným vstupem turbíny. Mezikus mění průřez potrubí a tím i proud vody na obdélný. Následuje regulační součást, nejčastěji v podobě klapky. Štěrbina, která je vymezována regulační klapkou a zakřivenou stěnou má za následek změnu energie na kinetickou energii ze spádu vody. Voda vstupuje do samotné turbíny, kde jednotlivé lopatky plní funkci odklonění směru tekoucí vody do středu kola k hřídeli. Tato změna směru způsobuje předávání energie turbíně. Voda postupuje do lopatek protější strany turbíny, kde je přinucena opět změnit směr a předává další část své energie. Po opuštění turbíny dále vytéká pod oběžné kolo. [1] [6] [8]



Obrázek č. 16: Schéma a popis Bankiho turbíny, převzato z [9]

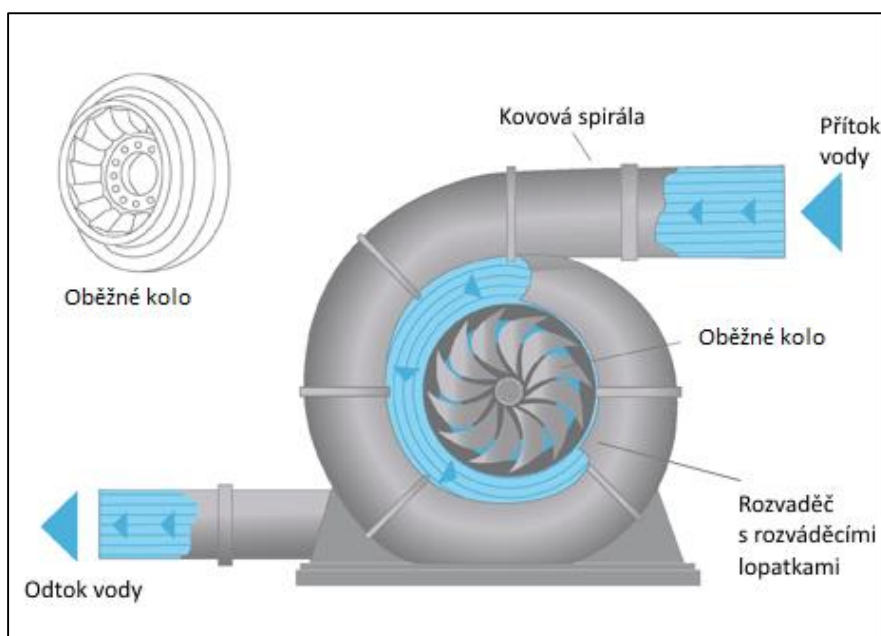


Obrázek č. 15: Oběžné kolo Bankiho turbíny, převzato z [43]

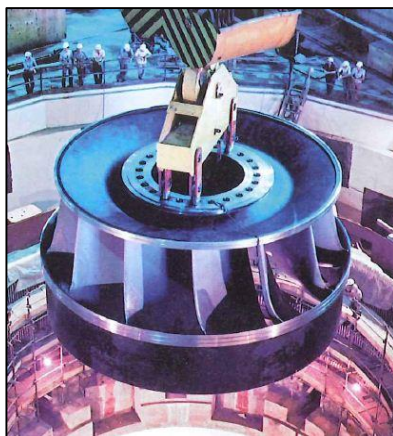
2.3.3 Francisova turbína

V minulosti byla Francisova turbína nejrozšířenějším typem přetlakové turbíny. Využití našla především u malých vodních elektráren. Součástí turbíny je regulační orgán, který obsahuje natáčivé rozváděcí lopatky. Ty pak spolu s hřídelí tvoří součást statoru. Pomocí nichž lze regulovat přívod vody na oběžné kolo. Další částí jsou pevné lopatky, které tvoří součást rotoru.

Pro turbíny s větším výkonem se voda přivádí mohutnými kovovými nebo betonovými konstrukcemi do tvarů spirál. Francisovy turbíny se využívají také ve zpětném chodu (reverzibilní chod), kdy plní funkci čerpadlové turbíny. [1] [6] [8]



Obrázek č. 17: Schéma a popis Francisovy turbíny, převzato z [9]

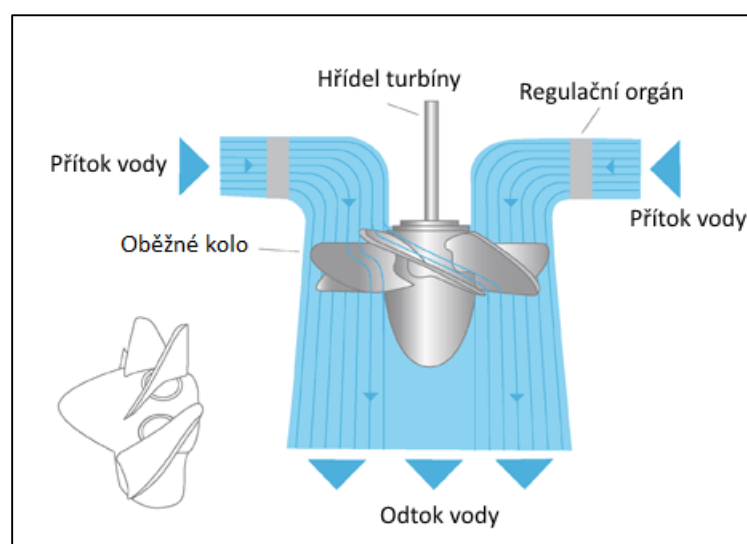


Obrázek č. 18: Oběžné kolo Francisovy turbíny, převzato z [10]

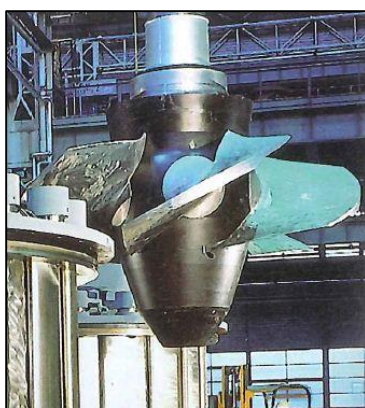
2.3.4 Kaplanova turbína

Kaplanova turbína vznikla v roce 1919. Dnešní již zdokonalený model je označován jako přetlakový typ turbíny. Turbína je tvořena hřídelí, na jejímž konci je připevněná hlavice oběžného kola. Oběžné kolo Kaplanovy turbíny je osazeno rozváděcími natáčivými lopatkami. Tato funkce má za následek regulaci turbíny a následně zlepšování účinnosti v širokém rozmezí průtokových poměrů. Hydraulické zařízení pro natáčení lopatek je uloženo uvnitř mohutného náboje.

Z konstrukce Kaplanovy turbíny se využívají podobné konstrukční varianty vycházející z původního modelu. Propelerová turbína má regulační rozvaděč a pevné lopatky oběžného kola. Druhým příkladem je Thomannova turbína, která má pevný rozvaděč a natáčivé lopatky oběžného kola. Nejjednodušší provedení má pevný rozvaděč i oběhové lopatky toto zařízení je označováno jako neregulovatelná axiální turbína. [1] [6]



Obrázek č. 19: Schéma a princip Kaplanovy turbíny, převzato z [9]



Obrázek č. 20: Oběžné kolo Kaplanovy turbíny, převzato z [10]

2.4 Srovnání vodních kol s turbínami

Vodní kola jsou dnes považována za překonaný historický mezník. Nelze je však zcela zanedbat, jelikož nacházejí své opodstatnění z hlediska mikrozdrojů energie. Stále je možné využít hydroenergetický potenciál na místech, kde jsou nejmenší spády 0,3 až 1,5m. Zde je začátek výhod vodních kol oproti turbínám a to v několika bodech. Z ekonomických a praktických důvodů se nevyplatí stavět turbíny pro malé spády. Zhotovení a návrh vodního kola je stále mnohonásobně jednodušší a ekonomicky výhodnější než u konstrukce turbíny. Další významnou výhodou vodních kol je provoz za nepřiměřených podmínek. Vodním kolům nebrání v provozu listí, tráva, ledová tříšť, dokáží pracovat při větším i menším proudu při stejném výkonu. U turbín dochází k poklesu výkonu i účinnosti. Vodní kola díky své setrvačnosti dokáží pracovat i při kolísání zatížení, díky převodům, které udrží stálé otáčky. [5]

2.5 Vodní elektrárny a jejich rozvoj

Výroba elektrické energie pomocí vodních elektráren v České republice se pohybuje okolo 4%. Důvodem takto malého podílu jsou špatné poměry pro budování velkých vodních děl. Špatné poměry jsou především kvůli malým vodním spádům a množství vody v tocích. Díky tomuto nedostatku, je výroba elektrické energie využívána především jako doplňková. Význam vodních elektráren je v použití při vysokých výkonových špičkách, zejména v ranních a večerních hodinách. V té době dochází k nadměrnému odběru elektrické energie. Zde je potřeba zmínit jejich obrovskou výhodu, která spočívá ve velmi rychlém njetí na vysoký výkon, a tím dokáží okamžité vyrovnání energetické bilance v elektrizační soustavě. Mezi další nesporné výhody spadá šetrnost k životnímu prostředí. Nedevastují okolní krajinu, neznečišťují ovzduší a díky vysokému stupni automatizace přispívají k vyrovnávání změn na vodních tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí. Největší předností vodních elektráren jako obnovitelných zdrojů je jejich poměrně rovnoměrný výkon oproti solární nebo větrné energii. Za normálních podmínek lze usuzovat, že voda je trvalý zdroj vstupní energie pro vodní elektrárny.[7] [1] [10]

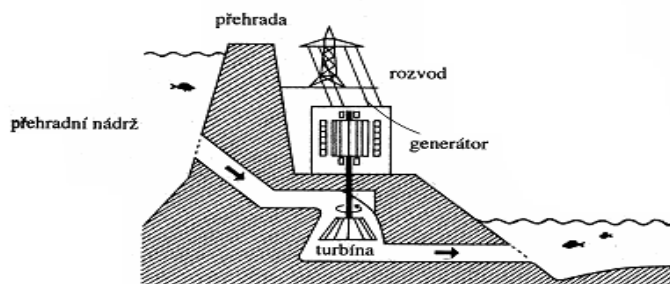
Výstavba nových hydroenergetických děl výrazně ovlivňuje původní přírodní prostředí. Velká vodní díla zasahují v mnohem větší míře do krajinného terénu nežli výstavba malých vodních elektráren. Rozvoj spojený s výstavbou nových děl je limitován vhodnou polohou, které jsou ve velké míře v chráněných krajinných oblastech. Převážně se využívá rekonstrukce a inovace již původních děl, která se v minulosti využívala. Poslední dobou je tedy od výstavby nových děl opouštěno a o to více se využívá řešení pomocí inovací a rekonstrukcí. Důvody jsou především ekonomické. Pokud je rozhodnuto o výstavbě nové vodní elektrárny, klade se požadavek na co nejcitlivější zásah do přírodní krajiny s ekologickými souvislostmi. [7] [6]

V České republice lze největší podíl vodních elektráren nalézt na řece Vltavě, kde společně tvoří kaskádu označovanou také jako Vltavská kaskáda. Výstavba a uvedení do provozu těchto mohutných vodních děl je datována zhruba okolo 50. let 20. století. Kaskáda je tvořena soustavou vodních staveb počínaje elektrárnami Lipno I, Lipno II, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice II, Štěchovice I, Vrané, Modřany a končící elektrárnou Štvanice. Další vodní díla lze nalézt na řece Jihlavě a na Divoké Desné. Většina vodních elektráren na území České republiky je osazena Kaplanovo turbínou. Skupina ČEZ zaujímá významnou pozici jakožto provozovatel většiny vodních elektráren v České republice. Vodní elektrárny na Vltavské kaskádě, ale i na tocích Labe, Dyje a Moravy spadají pod kompetenci právě skupiny ČEZ. [7]

2.6 Princip a typy vodních elektráren

2.6.1 Princip vodní elektrárny

Princip funkce výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách spočívá v přívodu toku vody přes přívodní kanál. Turbína je na společné hřídeli s generátorem elektrické energie a společně tvoří celek označovaný jako turbogenerátor. Mechanickou energii zajišťuje proudící voda, která se mění na energii elektrickou. Dále se transformuje a odvádí do míst spotřeby. Jednotlivé vodní elektrárny jsou osazovány různými druhy turbín nebo jejich kombinacemi. [10] [1]



Obrázek č. 21: Schéma přehradní elektrárny, převzato z [11]

Vztahy pro určení práce a výkonu potenciální energie vodního toku:

Vztah pro práci vykonanou elementárním úsekem:

$$A_i = dl * S * \rho * g(z_A - z_B) = V * \rho * (E_A - E_B) \quad (1.1)$$

kde S – průřez konstantního toku [m^2]
 dl – délka elementárního úseku [-]
 ρ – hustota [m^3]
 z_A, z_B – změny při přesunu těžiště z bodu A, B
 V – výsledný objem [m^3]
 E_A, E_B – měrná energie v bodě A, B

Teoretický výkon je poté stanoven vztahem:

$$P_s = \frac{A_i}{t} = \rho * \frac{V}{t} * (E_A - E_B) = \rho * Q * \Delta E \quad (1.2)$$

kde Q – průtok [m^3/s]

- Výkon se stanovuje pro průměrný střední průtok označován $Q_{50\%}$ a pro průtok s 95% překročením označován $Q_{95\%}$. Výsledné výkony jednotlivých úseků se sečtou a dají nám teoretický výkon. Pro určení skutečného výkonu se počítá se ztrátami objemovými, hydraulickými, účinnostmi přeměny energie v zařízeních, ale berou se v úvahu i podmínky geologické a hydrologické.

2.6.2 Typy vodních elektráren

Vodní elektrárny lze členit na tři základní druhy. Průtokové, akumulární a přečerpávací. Dále lze dělit také z pohledu instalovaného výkonu. Mikro zdroje jsou elektrárny, kde instalovaný výkon nepřesáhne 100 kW. Malé vodní elektrárny se člení do 10 MW instalovaného výkonu. Střední vodní elektrárny do 100 MW a nad 100 MW jsou určeny velké vodní elektrárny.

Akumulární elektrárny se vyznačují převážně hrází a jezerem, kde je soustředěno velké množství vody. Elektrárna může být situována přímo v hrázi nebo v okolí poblíž hráze. Je spojena soustavou přetlakových trubek, které přivádějí vodu do strojovny. Ve strojovně pohání voda turbíny, které pohánějí generátory, a tím vzniká elektrický proud.

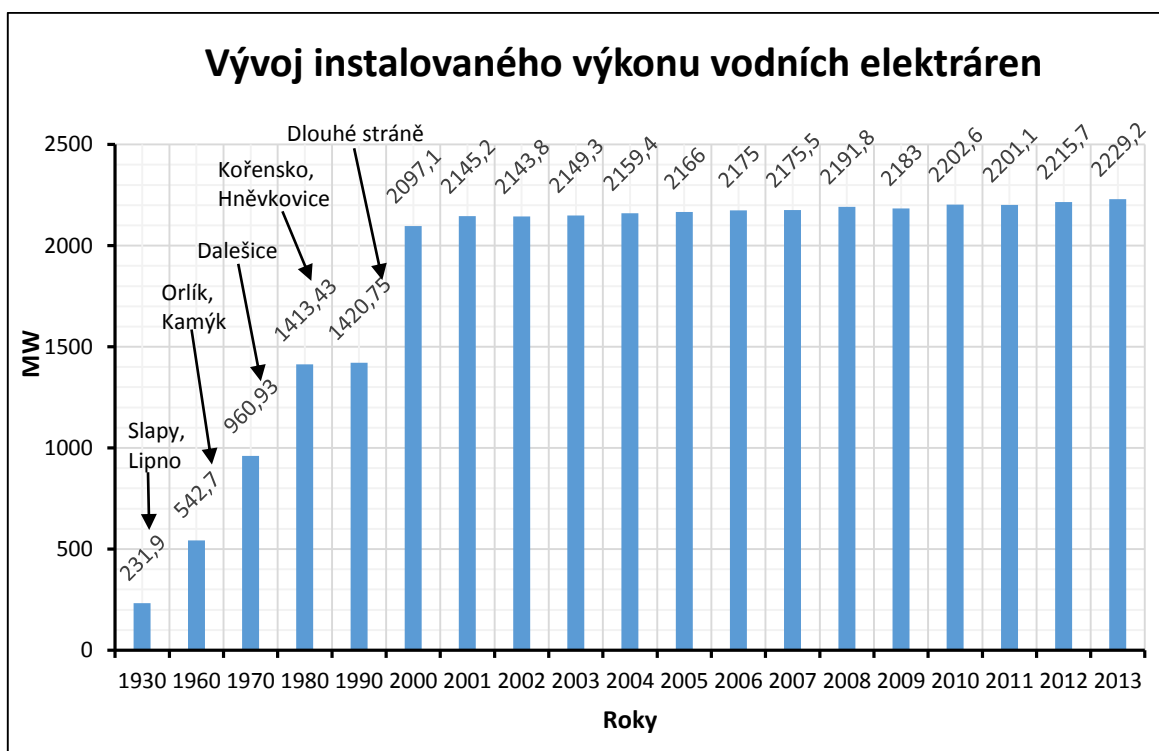
Průtokové elektrárny využívají téměř přímo kinetickou energii vody pro pohyb turbín. Jsou jedním z nejjednodušších výstavbových prvků, a proto je snadné tyto elektrárny postavit. Stačí k tomu pouze místo, kde je k dispozici velký výškový rozdíl. Hráz zadržuje vodu, tím se vytváří vzdutí, které má za následek vytvoření výškového rozdílu hladin před a za elektrárnou. Na přítoku je vstup opatřen vodním česlem, které zabraňuje pronikání naplavenin a odpadků. Vstupující voda natéká na turbínu, ta pohání generátor. Transformátor mění napětí generátoru na napětí využívané v rozvodné síti. Nevýhoda těchto typů je omezení a závislost na momentálním průtoku vody. Samotné průtoky, na kterých jsou elektrárny zřizovány, jsou kolísavé a ovlivněné počasím a ročním obdobím.

Přečerpávací elektrárny, jinak označovány jako reverzibilní vodní elektrárny jsou charakteristické výstavbou soustavy dvou nádrží, které musí mít co největší vzájemný spádový rozdíl. Během dne, kdy je zapotřebí velkého odběru elektrické energie, je voda vypouštěna z horní nádrže přes přívodní tlakové potrubí na lopatky turbíny a dále vedena do spodní nádrže. V noci, kdy je menší odběr elektřiny, dochází k přepnutí turbín do zpětného (reverzního) chodu. Následně se přečerpává voda z dolní nádrže do horní. Celý stroj funguje jako elektromotor, který odebírá nadbytečnou elektrickou energii ze sítě a pohání turbínu. V tomto reverzním stavu mohou nastat komplikace zejména při velkých výkyvech tlaku. To může způsobit poškození tlakových přivaděčů, ale i dílů samotného soustrojí. Pro zamezení těchto vlivů slouží vyrovnávací komora, která reguluje změny tlaku. [10] [45]

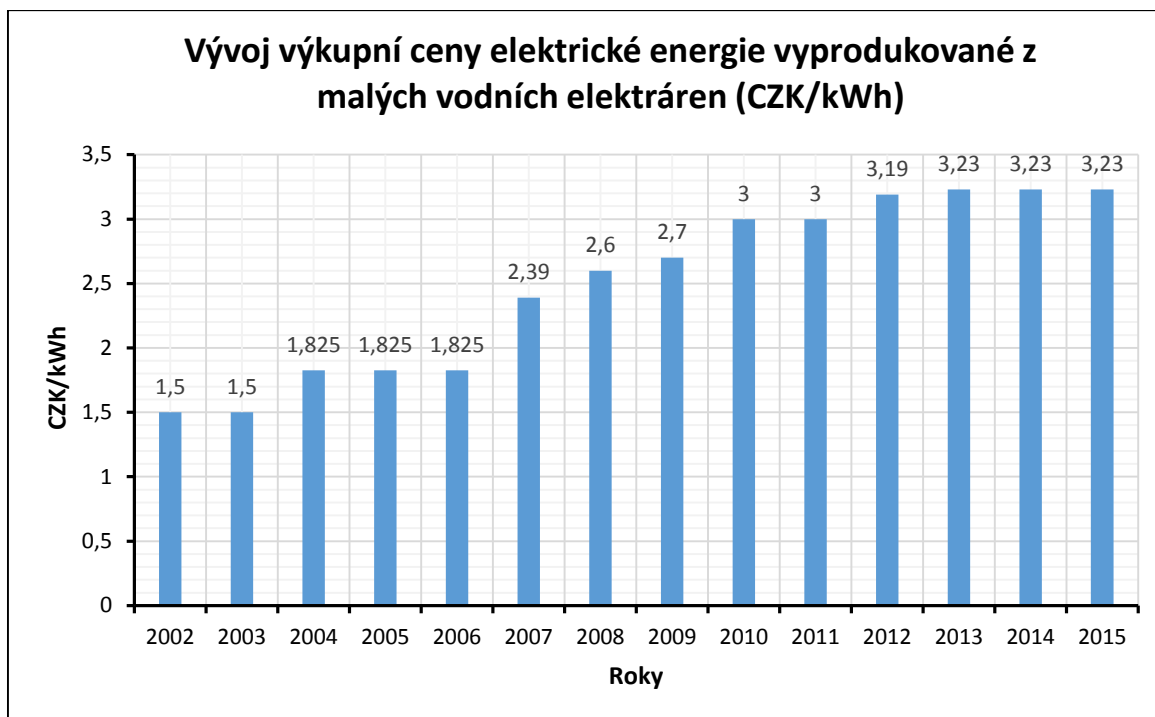
2.7 Vývoj instalovaných výkonů a cen elektřiny z energie vody

Z grafu vývoje instalovaného výkonu je za posledních 13 let vidět největší přírůstek výkonu mezi roky 1960 a 2000. Energetická síť byla rozšířena o 1554,4 MW. Grafické znázornění ukazuje pozvolný nárůst instalovaného výkonu a tím tedy i využívání potenciálu vody. Vodní elektrárny zastupují největší podíl obnovitelných zdrojů energie a proto je jasné, že dosahují i největších instalovaných výkonů. K roku 2013 dle Energetického regulačního úřadu je instalovaný výkon zastoupen vodními elektrárnami 2229,2 MW.

Z křivky grafu vývoje výkupní ceny elektrické energie vyprodukované z malých vodních elektráren je vidět pozvolný nárůst. Výkupní cena je v tomto případě poslední tři roky ustálena na hodnotě 3,23 Kč/kWh. Výkupní ceny u ostatních obnovitelných zdrojů jako jsou například větrné a fotovoltaické elektrárny naopak pozvolna klesají.



Graf č. 1: Vývoj instalovaného výkonu vodních elektráren od roku 1930, data převzata z [22],[13]



Graf č. 2: Vývoj výkupní ceny elektrické energie vyprodukované z malých vodních elektráren od roku 2002, data převzata z [44]

2.7.1 Pohled do následujících let

Rozvoj obnovitelných zdrojů z pohledu rozšíření energetické soustavy o další vodní díla je otázkou následujících let. V současné době se uvažuje o výstavbě šesti nových přečerpávacích elektráren, které by měly být postaveny v horských oblastech, aby se docílilo vysokého výškového rozdílu mezi nádržemi. Uvažované oblasti by měli být Slavič u Frýdku-Místku, Šumný důl a Červená jáma v Krušných horách, Spálený vrch, Smědavský vrch v Jizerských horách a Velká Morava v Jeseníkách.

Z pohledu nových instalovaných výkonů se odhadují opravdu vysoké hodnoty. Slavič by měla dosahovat výkonu 1124 MW. Výkony elektráren v lokalitách Šumný důl a Spálená by měl být 880 MW. Červená jáma by měla dosahovat výkonu 674 MW, Smědavský vrch 620 MW a hodnota výkonu Velké Moravy by měla být 536 MW.

Lokalita pro výstavbu elektrárny Slavič byla již v minulosti plánována a nakonec uskutečněna nebyla. Místo původního plánu se přešlo k výstavbě nádrže Dlouhé stráně. Výstavby jsou bohužel doprovázeny vysokými ekonomickými vlivy. Ceny v průměru překračují investice ve výši 25 miliard Kč. Nejdražší odhadovaná výstavba je právě již

zmiňovaná Slavíč, kde se uvažují investice ve výši 29 miliard Kč, a tak není příliš jasné, zda se výstavba odsouhlasí. Ostatní zmiňované elektrárny by měly být postaveny do roku 2025. [13]

3 Využití potenciálu větrné energie

3.1 Historie

Využívání větrné energie mělo obrovský význam v námořní dopravě. První historické zmínky pocházejí ze staré Číny poté z Persie a Egypta. Větrná energie přispívala k funkci pumpování vody do zavlažovacích systémů. Kolem roku 1105 se ve Francii začali stavět první větrné mlýny k pohonu pil, k čerpání vody, ale především k pohonu obilných mlýnů. Technologie se roku 1274 rozšířila i do Holandska, kde později nastal obrovský rozmach. Holandsko v té době na rozdíl od ostatních států využívalo energii především z větrných strojů. Další rozvoj nastal v druhé polovině 18. století v Anglii, kde je počátek výstavby větrných motorů s kovovou konstrukcí. Vznik nových typů větrných motorů s lehkou konstrukcí a vylepšenou samočinnou regulací nastal v 19. století v Americe. Tyto motory se využívali především k pohodu studničních čerpadel.

Historicky první zmínka o výstavbě větrného mlýna na území České republiky se datuje k roku 1277. Mlýn byl postaven v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Největší rozšíření větrného mlynářství bylo ve 40. letech 19. století v Čechách. Na Moravě a ve Slezsku byla první zmínka o větrném mlýnu již polovině 14. století.

Nejvíce využívané lokality pro výstavbu větrných mlýnů byly: Moravské brána, Hornomoravský úval, Haná a hlavně Slezsko. [18]



Obrázek č. 22: Historická památka větrného mlýnu německého typu z obce Choltice, převzato z [19]

Počátek výstavby prvních větrných elektráren v České republice ukazuje na 80. a 90. léta 20. století, největší zájem o rozvoj tohoto druhu obnovitelného zdroje se projevil okolo roku 1990 až 1995. [6]



Obrázek č. 23: Historická památka větrného mlýna holandského typu z obce Jalubí, převzato z [19]

3.2 Větrná energie

Větrná energie je společně s energií vody nejpoužívanějším typem využití obnovitelných zdrojů. Vznik této energie je díky proudění větru. Vítr lze popsat přibližně jako pohyb horizontální složky vzduchu, který je vyvolán krátkodobou přeměnou sluneční energie na teplo a rotací Země. Sluneční energie zahřívá nerovnoměrně vzduch u povrchu Země a to způsobuje proudění vzduchu. [1]

3.3 Typy větrných motorů

Větrný motor je zařízení, které přeměňuje mechanickou energii větru na mechanickou rotační energii motoru.

Prioritním kritériem pro členění typů větrných motorů je aerodynamický princip. Aerodynamický princip nám určuje činnost, pro kterou má větrný motor největší význam. Díky tomuto kritériu dělíme motory na vztlkové a odporové. Porovnáme-li celkové výkony odporových a vztlkových motorů za stejných podmínek, zjistíme, že dosahují vztlkové motory mnohem vyšších výkonů. [14]

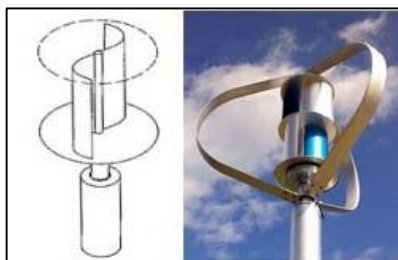
3.3.1 Odporové motory

Větrné motory pracující na odporovém principu jsou charakteristické svislou osou rotace, která je kolmá na směr větru. Funkce je založena na rozdílném součiniteli odporu zakřivených ploch při obtékání větrem z konvexní a konkávní strany. Platí zde úměra, čím vyšší součinitel odporu, tím většího výkonu lze dosáhnout.

Podstata tohoto systému spočívá v nastavení plochy proti větru tak, aby plocha kladla aerodynamický odpor. Proud vzduchu je zpomalován a na ploše vzniká síla, která je mechanicky přeměňována na rotační pohyb. Pro správné nastavení polohy se využívá několika možností. První možností je, že funkční plocha má takový tvar, který ovlivňuje její odpor v různých směrech pohybu. Druhé opatření se týká osazením části rotoru krycím štítem, který se natáčí dle směru větru. Poslední varianta spočívá v měnící se velikosti plochy rotoru, která je vystavená větru. [1] [6] [45]

Příklady provedení odporového motoru:

- Větrný mlýn
- Plachetní větrné kolo
- Savoniův motor



Obrázek č. 24: Odporový motor typ Savonius (ilustrační, reálné foto), převzato z [15]

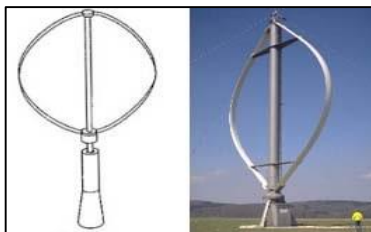
3.3.2 Vztlakové motory

Základním prvkem vztlakového motoru je list nebo lopatka, které lze posuzovat jako rotující křídlo. Charakteristickým znakem tohoto provedení je konstrukční uspořádání, kde osa vrtule je rovnoběžná se směrem větru. Pro toto zajištění se používá směrovka podobná typům na trupech letadel.

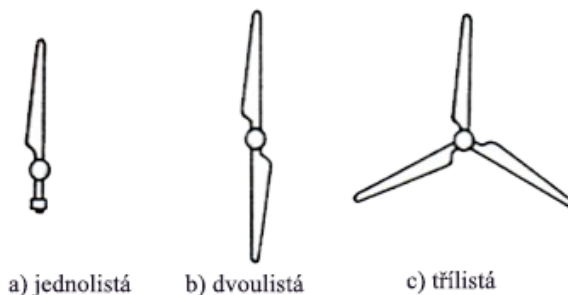
Mezi větrné motory využívající vztlakový princip, patří vrtule a větrná kola s vodorovnou osou. Vrtule se nejčastěji vyskytují ve dvoulistém nebo třílistém provedení, ale dříve se využívalo i jednolistové vrtule s protizávažím. U některých rotorů jsou vrtulové listy natáčivé kolem své podélné osy. To umožňuje snadnější rozběh rotoru, lehčí regulaci otáček a výkonu, aerodynamické brždění. Pokud je potřeba tak i snížení odporu vrtule při zastaveném rotoru. [1] [45]

Příklady provedení vztlakového motoru:

- Vrtule
- Darreiov motor
- Mnohalopátkový rotor



Obrázek č. 25: Vzlakový motor typ Darreius (ilustrační, reálné foto), převzato z [15]

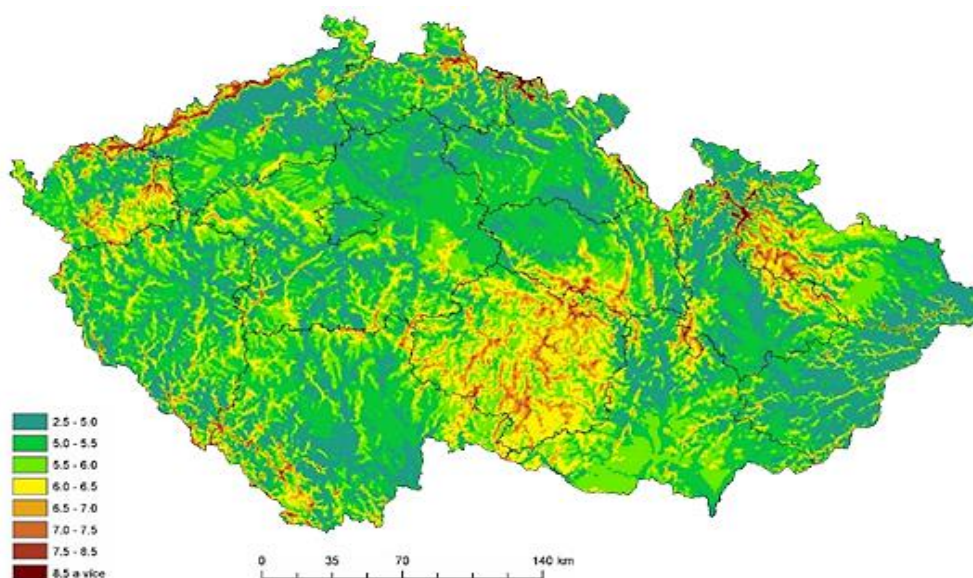


Obrázek č. 26: Uspořádání vrtulí větrných motorů, převzato z [1]

3.4 Větrné elektrárny a jejich rozvoj

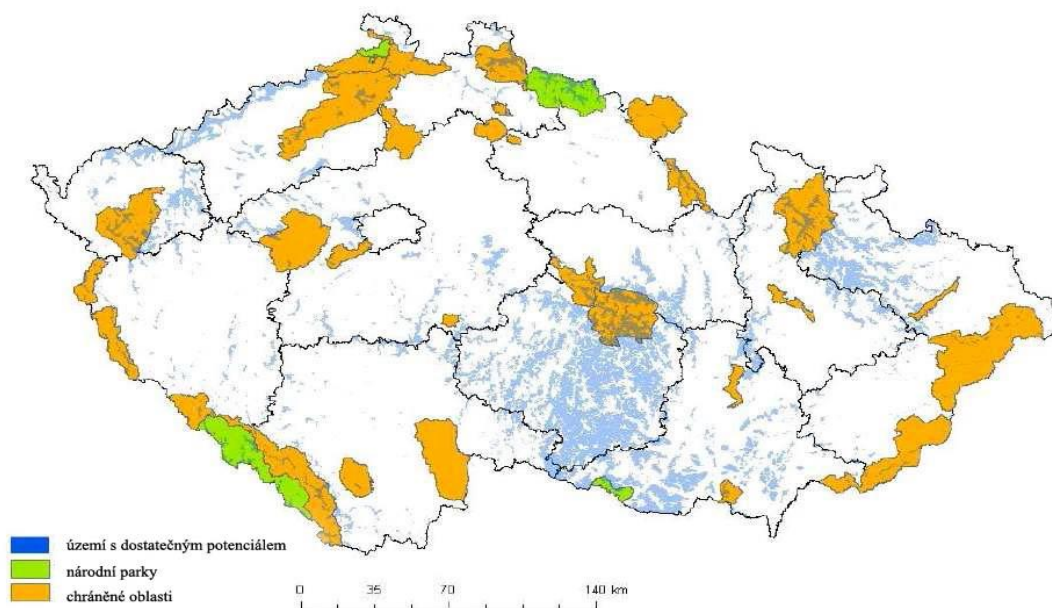
Zastoupení a podíl vyrobené energie pomocí větrných elektráren má v České republice slabé zastoupení, lze tady uvažovat o minimálním příspěvku výroby elektrické energie 1% v porovnání s ostatními zdroji. Důvodem malého rozvoje jsou nepříznivé podmínky pro výběr vhodné lokality k výstavbě nových větrných kolosů. Česká republika nedisponuje přímořskými oblastmi, vyvýšeninami s dobrým přístupem, kde mají větrné elektrárny perspektivní využití. Její rozloha převážně situována v nížinných oblastech. [6]

Klíčová podmínka pro volbu vhodné krajiny souvisí se směrem a střední rychlostí větru, která by měla dosahovat minimálně 6 m/s při výšce 100 m nad zemským povrchem. Tuto podmínku splňují oblasti, jako jsou Milešovice, Praděd a planiny Krušných hor, kde hodnota střední rychlosti větru dosahuje až k 8,5 m/s. Mezi další lokality lze zařadit Českomoravskou vrchovinu a Nízký Jeseník. Ačkoli oblasti pohoří Hrubého Jeseníku a Krkonošských hor jsou velmi výhodné po stránce větru, nelze však využít tohoto potenciálu pro malé plochy. [1] [6]



Obrázek č. 27: Mapa České republiky zobrazující průměrnou rychlost větru, měřenou ve 100m, převzato z [20]

V oblastech České republiky je rozvoj mimo jiné také ovlivněn chráněnými krajinnými oblastmi a národními parky, které omezují výstavbu nových elektráren.



Obrázek č. 28: Území České republiky s vyznačenými chráněnými oblastmi a dobrým větrným potenciálem, převzato z [20]

Vývoj větrných elektráren lze sledovat v inovacích technologií a v rozměrech samotné elektrárny. Zde se projevuje novodobý trend maximalizace - čím větší elektrárny, tím větší dodávaný výkon z hlediska generátorů. Zvětšením rotoru lze docílit také zvýšení energie.

Větrné elektrárny nabízejí velké množství výhod. Přednosti využívání potenciálu větru spočívají především v nevyčerpatelnosti zdroje energie, výroby energie bez škodlivých emisí a odpadů, získávání dotací a bonusů, ale i po stránce ekonomického přínosu pro obce, které mají podíl na zisku.

Ze strany druhého pohledu je zapotřebí zmínit i nevýhody, které sebou výstavba nese. Hlavní nevýhodou je estetické narušení krajiny a složitý výběr lokality, dále pak nerovnoměrnost dodávky elektrické energie a neznámá návratnost počáteční vložené investice. Problémem je bohužel také technicky náročné provedení a vysoce nákladné stavby. [20]

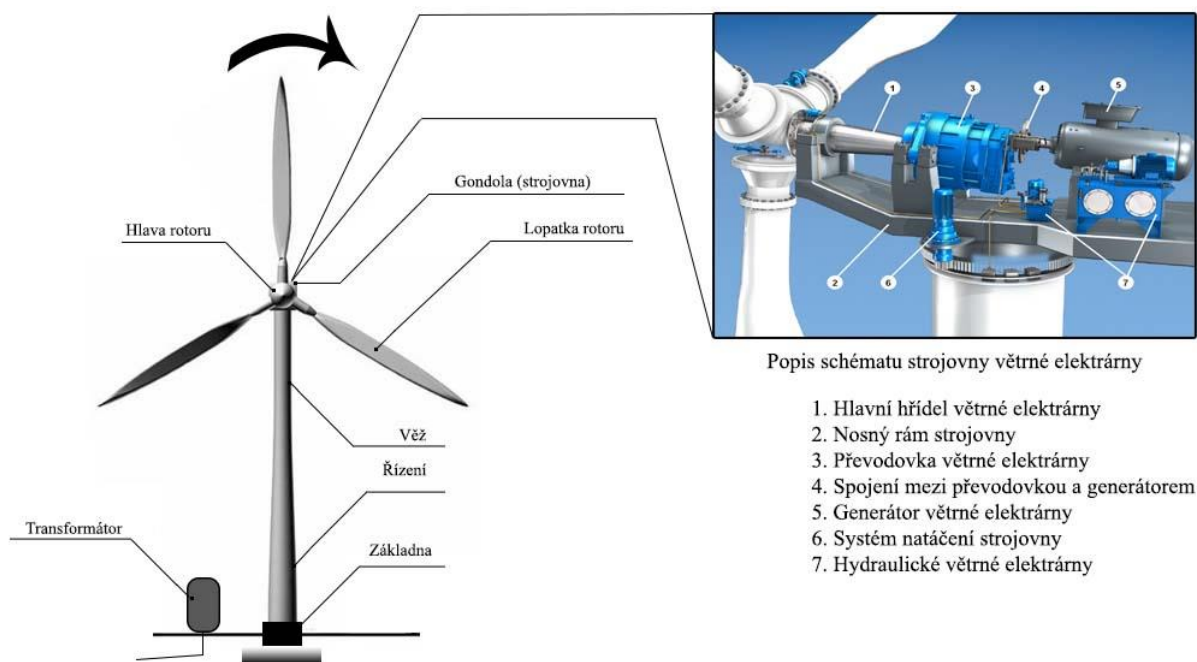
S výstavbou větrných elektráren se pojí i další nechtěné aspekty. Počínaje hlučností, možností poškození elektrárny při silném větru, stroboskopickými efekty a rušení zvířete.

3.5 Princip a typy větrných elektráren

3.5.1 Princip větrné elektrárny

Princip a funkce větrné elektrárny spočívá v působení aerodynamických sil na povrch jednotlivých listů rotoru. Působením proudu větru na lopatky dochází k otáčení rotoru. Zde dochází k přeměně energie proudění větru na energii rotační. Výkon rotoru je přenášen do převodovky, která zvyšuje otáčky pro generátor. Generátor zajišťuje přeměnu této energie na elektrickou energii a ta je dále vedena do transformační stanice. Větrná elektrárna je opatřena brzdou pro případ zastavení rotoru. Brzda je umístěna na spojovací hřídeli mezi převodovkou a generátorem. Dále může být strojovna opatřena elektropohony pro natáčení celé strojovny. [1] [10]

Používané elektrické generátory ve větrných elektrárnách se člení do tří typů. Mezi základní používané generátory patří asynchronní, synchronní a dále pak generátory stejnosměrné. [10]



Obrázek č. 29: Schéma větrné elektrárny a její strojovny, část strojovny, převzata z [21]

Uspořádání stroje si volí každý výrobce sám, avšak základní části zůstávají stejné. Na výše uvedeném obrázku je vyobrazené zjednodušené schéma stroje větrné elektrárny od firmy Siemens. [21]

Vztahy teoretického a skutečného výkonu větru

Teoretický výkon lze vyjádřit ze vztahu:

$$P_v = S * \frac{\rho * w^2}{2} * w = \frac{\pi}{4} * D^2 * \frac{1}{2} * \rho * w^3 \quad (2.1)$$

kde S – plocha opisovaná konci listů rotoru větrného motoru [m^2]
 ρ – hustota vzduchu [kg/m^3]
 w – rychlost větru [m/s]
 D – průměr vrtule [m]

Skutečný výkon je poté stanoven vztahem:

$$P_s = \eta * P_v = \frac{\pi}{8} * D^2 * \rho * w^3 * \eta \quad (2.2)$$

kde η – účinnost rotoru větrného motoru

Účinnost větrného rotoru

Je charakterizována jako poměr výkonu větrného rotoru k výkonu větru. Je také závislá na poměru rychlosti větru před a za rotorem. Maximální skutečná účinnost, které lze dosáhnout je označována jako Betzova účinnost a je charakterizována vztahem:

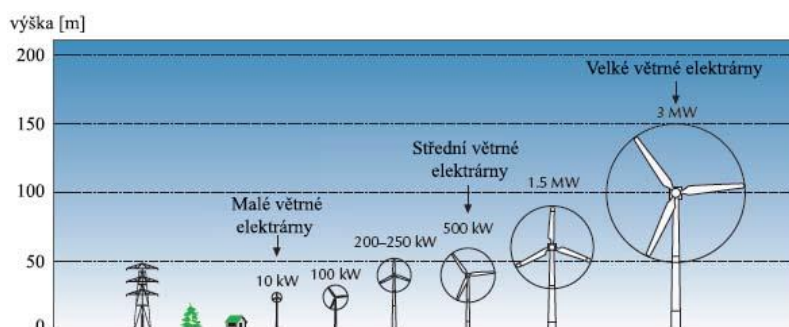
$$\mu_{max} = \frac{P_r}{P_v} \quad (2.3)$$

kde P_r – výkon rotoru [W]
 P_v – výkon větru [W]

Stanovená hodnota účinnosti je 0,5926. Tato hodnota má opodstatnění ohledně nemožného odebrání veškeré energie z pohyblivého vzduchu, který by se za rotorem zastavil a začal se hromadit. [45]

3.5.2 Typy větrných elektráren

Větrné elektrárny lze rozdělit dle mnoha aspektů, ať už na samotné bázi principu použitého motoru, nebo dle uložení rotoru, zdali se nachází na svislé nebo vodorovné ose. Nejčastěji se setkáme s rozdělením dle poskytovaného výkonu a z tohoto hlediska lze dělit větrné elektrárny na elektrárny malé, střední a velké. [6]



Obrázek č. 30: Přehled rozdělení větrných elektráren, převzato z [28]

Miniaturní větrné elektrárny někdy označované jako mikroelektrárny jsou takové elektrárny, které nacházejí své opodstatnění zejména na jachtách, hausbótech, karavanech nebo dokonce i v odlehlých chatových oblastech, kde plní menší úlohy v kombinaci s akumulátory. Využívají se zejména k osvětlení chaty nebo k čerpání vody, v mobilních zařízeních pro dobíjení akumulátorů. Tyto mikroelektrárny dosahují výkonu okolo 220 W.

Mezi malé větrné elektrárny řadíme zařízení, které dosahuje výkonu do 60 kW s průměrem vrtule rotoru do 16 m. Zde je možné ještě zařadit dva typy elektráren, které můžeme ještě podrobněji určit na elektrárny, jejichž výkon dosahuje maximálně do 2,5 kW a průměr vrtule nabývá rozměru 1,5 až 3 m. Tento typ se využívá především k dobíjení akumulátorů. Druhý typ se pohybuje v rozmezí výkonů 2,5 kW až 10 kW a průměr vrtule od 3 do 8 m. Využití je především v napájení menších stavení, ať už rodinných domků nebo firemních budov nebo nacházejí uplatnění pro pohon čerpadel a menších elektrických strojů.

Střední větrné elektrárny se pohybují v rozmezí výkonů 60 kW až 750 kW, průměr vrtule v rozmezí od 16 do 45 m. Uplatňují se především pro napájení větších objektů bez připojení na síť.

Velké větrné elektrárny dosahují výkonů v rozmezí 750 kW až do 6,4 MW s průměrem vrtule od 45 m do 128m. Tyto obrovské větrné elektrárny jsou často využívány pro provoz na moři. [14]

3.6 Negativní faktory větrných elektráren

3.6.1 Hlučnost větrné elektrárny

Větrné elektrárny se potýkají s několika aspekty, které je nechvalně provázejí. Jedním z těchto aspektů je hlučnost. Za tímto problémem stojí převážně obce, které jsou proti výstavbě větrných elektráren v jejich okolí. Před výstavbou elektrárny, jsou prováděna měření ve zkušebních laboratořích. Dnes jsou technologie větrných elektráren na vysoké úrovni. Emise hluku jsou tak nízké, že lidské ucho není schopno rozeznat tyto frekvence. Prokazatelná hlučnost může ojediněle nastat v případě mechanické závady. Dalším přispívajícím faktorem je výstavba v dostatečné vzdálenosti od obce. [14]

3.6.2 Stroboskopický efekt a vliv elektrárny na faunu

Tento efekt je v zásadě vyvoláván Sluncem, které je nízko nad obzorem. Stroboskopický efekt je nežádoucím jevem, který se projevuje vrháním pohyblivých stínů rotoru na zem. Podle studií a řešení tohoto problému se došlo k závěru výstavby elektrárny ve vzdálenosti 0,6 – 0,7 km od přilehlé obce pro snížení možnosti výskytu tohoto efektu. Výstavba se provádí většinou ve vzdálenosti 1 km od obydlí, poté efekt není tak zřetelný.

O rušení zvěře a zabíjení ptáků se vedli mnohé hypotézy a diskuze, avšak dle posledních studií se prokázalo, že větrné elektrárny nemají vliv ani nikterak nenarušují faunu v jejím okolí. Zvířata žijící v okolí nejsou nijak omezena díky své adaptaci. Další hypotézy a diskuze se vedly ohledně zabíjení ptactva. I tento fakt byl popřen. Dle kalifornských výzkumů se tato problematika úmrtí ptactva vyskytovala převážně v dřívějších dobách, kdy elektrárny ještě nedosahovaly dnešních rozměrů, ale zasahovaly do výšky, ve které ptáci létají. Přesto k nehodě dojít může, ale výskyt úmrtí zapříčiněný větrnou elektrárnou je opravdu minimální, oproti jiným příčinám, jako jsou nárazy do budov, prosklených ploch, vedení vysokého napětí a jiné.

Před započítáním výstavby jsou projekty pečlivě zkoumány i posuzovány z ekologického hlediska a z hlediska vlivů na životní prostředí. V chráněných oblastech a oblastech ochrany ptactva se výstavby neprovádí. [14]

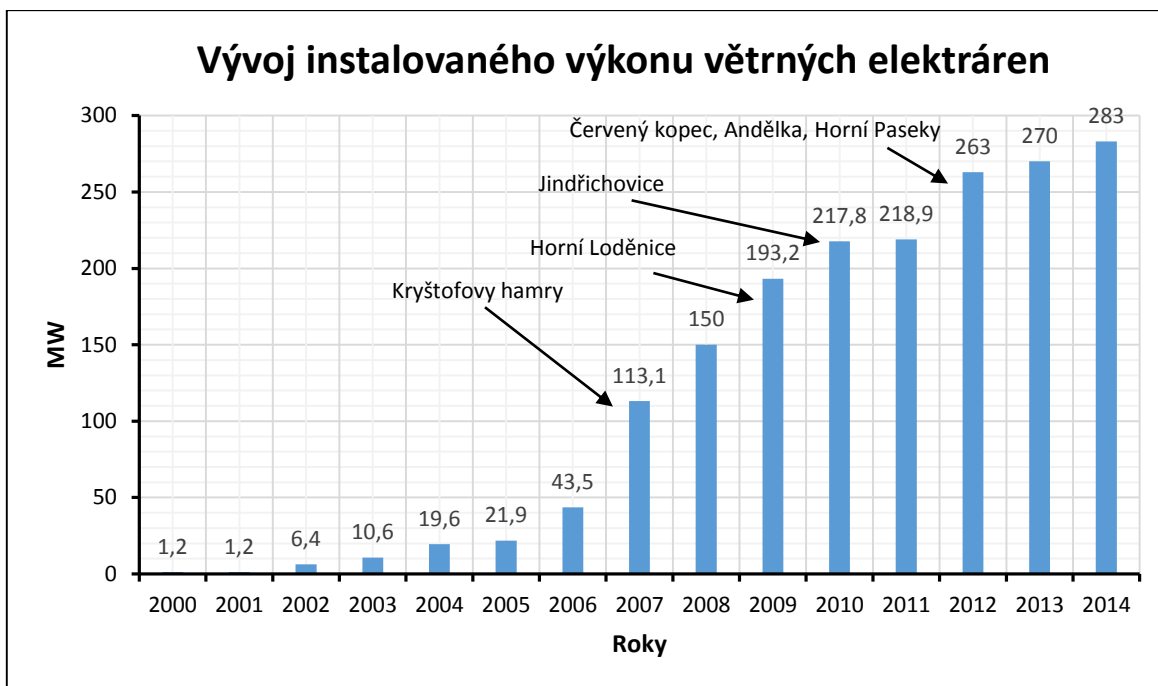
3.6.3 Námraza na rotorových listech elektrárny

Námraza na jednotlivých listech elektrárny vzniká při nízké teplotě pod bodem mrazu. Tento nežádoucí jev je pro okolí elektrárny velmi nebezpečný, zvláště když námraza ulpí na náběžných hranách lopatek. Aby se takovému problému předešlo, řešení spočívá v odstavení elektrárny. Pro lepší provozní podmínky začali někteří výrobci jednotlivé rotorové lopatky doplňovat o vyhřívací systém, který je zabudován uvnitř lopatek. Funkce vyhřívacího systému spočívá ve foukání ohřátého vzduchu do hran lopatek. Vzduch proudí uvnitř lopatky a odráží se od stěn. Vyhřívací systém je náročnější nejen po energetické stránce, ale také po stránce ekonomické, a proto je nutné zvážit toto hledisko jako vhodné řešení. [14]

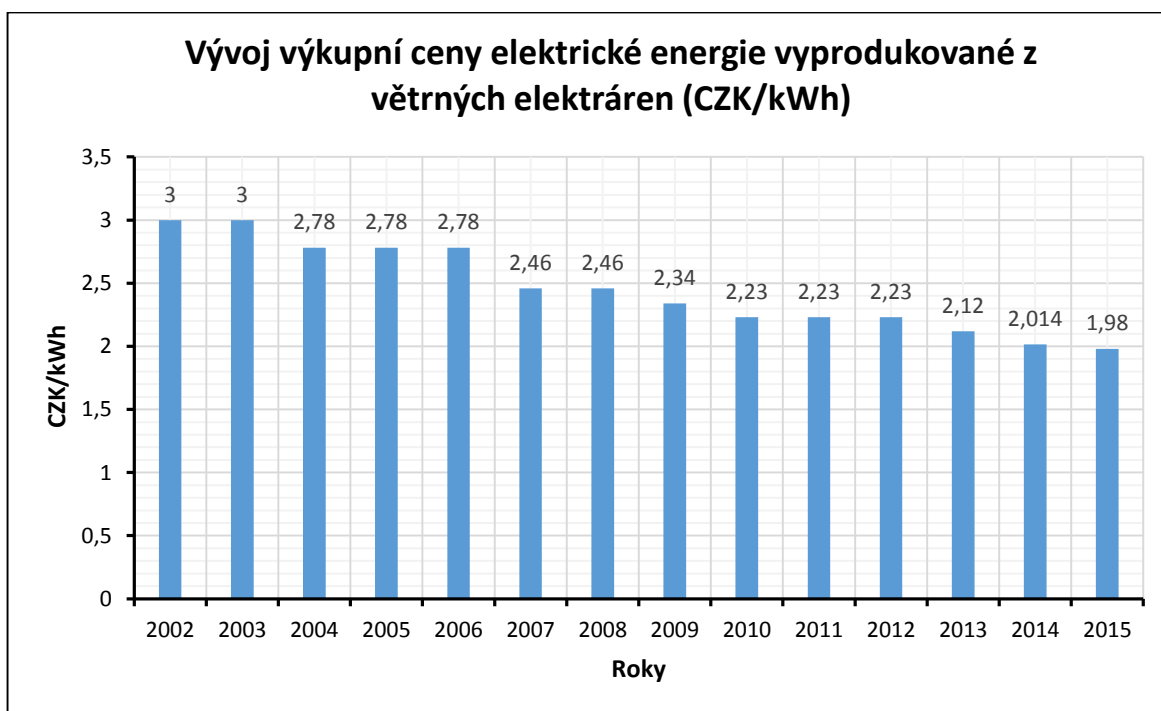
3.7 Vývoj instalovaných výkonů a cen elektřiny z energie větru

Z níže uvedeného grafického znázornění instalovaného výkonu lze zjistit, že největší přelom rozvoje větrných elektráren nastává mezi roky 2006 a 2007. V tomto přelomu bylo instalováno zhruba jedenáct větrných elektráren a byl spuštěn větrný park Kryštofovy Hamry. Další významnější pokrok nastává v přelomu roku 2011 a 2012, kde je vidět, že instalovaný výkon vzrostl o 44,1 MW. Prozatím se větrné elektrárny v elektrizační soustavě vymezují instalovaným výkonem 283 MW.

Z výsledného grafu vývoje výkupní ceny elektrické energie vyprodukované z větrných elektráren je vidět, že cena neustále pozvolna klesá. V roce 2007 byla hodnota výkupní ceny 2,46 Kč/kWh. Při porovnání s cenou v letošním roce, která činí 1,98 Kč/kWh je zde pokles o 0,48 Kč/kWh.



Graf č. 3: Vývoj instalovaného výkonu větrných elektráren od roku 2000 do roku 2014, data převzata z [22]



Graf č. 4: Vývoj výkupní ceny elektrické energie vyprodukované z větrných elektráren od roku 2002, data převzata z [44]

3.7.1 Pohled do následujících let

Rozvoj a budoucnost větrných elektráren na území České republiky je v mnoha případech jasná. Jelikož Česká republika zdaleka nevyčerpala veškerý potenciál pro výstavbu nových větrných kolosů, můžeme dále čekat nové výstavby. Nové větrné elektrárny by měly být stavěny mimo CHKO a národní parky. V roce 2017 by měla započít výstavba dvou elektráren na území Slezska. Také se uvažuje o čtyřech nových větrných elektrárnách v Mosteckém kraji a na Příbramsku. Zde měli být plánované čtyři, ale dvě z nich nebyly odborníky doporučeny. Jedním z důvodů proč u nás větrné elektrárny nemají tak veliký rozvoj je také malá politická podpora. [20]

4 Využití potenciálu solární energie

4.1 Historie

Historické využití solární energie je známe od počátku věků. Bez této energie by nebyl život na Zemi vůbec možný. Sluneční energie je a byla zdrojem života dodnes. Dodává nám teplo a světlo a umožňuje rostlinám provádět fotosyntézu. Sluneční energie dále stojí za vznikem přírodních paliv. V poslední řadě ji lze využívat k přeměně do podoby elektrické energie.

Tento historický milník je datován k roku 1839, kdy byl objeven fotovoltaický jev, který byl tehdy popsán jako změna proudu mezi kovovými elektrodami ponořenými v roztoku při změně intenzity osvětlení. Za tímto faktem stál Alexandr Edmond Becquerel. Dalšími skutečnostmi o vývoji fotovoltaického jevu bylo provádění několika experimentů a teorií, kde také významnou roli sehrál Albert Einstein, který popsal fyzikální princip fotoelektrického jevu a jeho zákonitostí. Díky tomu získal Albert Einstein v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. Postupem času se systém stále vylepšoval. Vznikaly články na bázi platiny a selenu a teprve roku 1940 byl vyroben článek na bázi křemíku. [30]

Fotovoltaické články v podobě zdroje elektrické energie byly nejprve využívány v kosmických družicích k napájení spotřebičů. Tento trend se uchoval dodnes a byl velmi přínosný, jelikož nebylo vhodnějšího východiska z pohledu stálých zdrojů energie mimo baterií. V této době se fotovoltaické články vyskytovaly v monokrystalické podobě křemíku. Tato technologie byla postupem času zdokonalována, ale objevovaly se i nové

články. Fotovoltaické články se poté začali objevovat i v pozemských podmínkách, kde jejich nejčastější výskyt byl v odlehlých lokalitách nebo například v bójích. Tento systém bylo zcela nemožné připojit do elektrizační soustavy, jelikož místa, kde byl systém využíván, byla ve většině případů odlehlá od komunikace. Větší rozmach a zájem o instalace pozemních systému nastal v 70. letech 20 století, zde se začalo s intenzivnějším výzkumem a vývojem, který měl za následek zlepšení kvality, zvýšení účinnosti a životnosti článků a panelů. [25] [29]

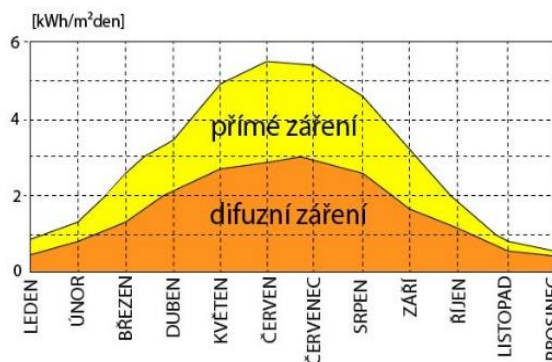
V České republice byly fotovoltaické panely od počátku používány spíše jen pro napájení rekreačních chat, kde zdroj elektrické energie nebyl připojen na rozvodnou síť. Ve větších městech byly využívány nejen jako zdroj energie pro parkovací automaty. V ojedinělých případech sloužily pro napájení měřicích, registračních, komunikačních zařízení, které byly instalovány v terénu, kde bylo nemožné přivést napájení z elektrické sítě. Mezi první větší fotovoltaické systémy patřila zařízení, které sloužila jako prezentační. Systémy také nebyly připojeny k rozvodné síti. V roce 1998 se již začali ukazovat nová provedení FVE vhodné pro připojení do soustavy a první takový systém byl postaven na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách. Kvůli problémům spojených s odlehlostí byla elektrárna přestěhována poblíž jaderné elektrárny Dukovany. Nová éra fotovoltaiky v České republice odstartovala s rokem 2000. Vznikla velká propagace a státní správa s místní samosprávou zaváděly různé nástroje pro její podporu ve formě propagandy, výzkumů a vývoje. Velkorysý tah pro právnické a fyzické osoby jako provozovatele FVE nastal v roce 2003, kdy byly poskytovány 30% dotace pro nové instalace a zvýšené výkupní ceny za dodanou elektrickou energii. [20]

4.2 Solární energie

Zdrojem solární neboli sluneční energie je Slunce. Převážná část se vyskytuje na Zemi. Z působení sluneční energie dále vystupuje energie vodní, větrná a jiná. Energie vzniká z termonukleárních reakcí ve středových oblastech Slunce při teplotě 13 000 000 K. Při reakci, dochází k přeměně vodíku v helium.

Celková energie slunečního záření je vyjádřena jako součet přímého a difúzního záření. Přímé sluneční záření definujeme jako záření dopadající na plochu bez jakéhokoliv

rozptylu v atmosféře. Difúzní sluneční dopadá na plochu po změně směru záření vlivem rozptylu v atmosféře o částice prachu a molekuly plynů. [6]



Obrázek č. 31: Závislost složek slunečního záření na ročním období, převzato z [26]

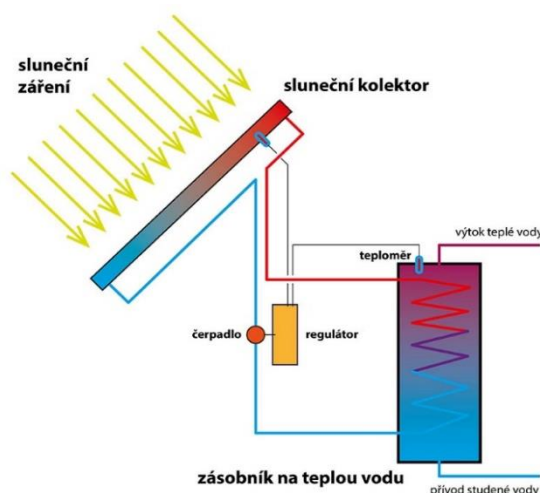
Sluneční konstanta je vyjádření toku sluneční energie procházející plochou 1 m^2 , která je kolmá na směr paprsků. Hodnota sluneční konstanty je $I_0 = 1366 \text{ W/m}$. [1]

4.3 Solární energetické systémy

4.3.1 Fototermické systémy

Fototermické systémy využívají fototermického principu, jehož hlavním úkolem je získávání tepelné energie ze solárního záření pomocí solárních kolektorů. Uživatelé si zřizují tyto systémy zejména pro ohřev vody v bazénech, pro ohřev užitkové vody, pro přitápění, sušení a podobné práce. Hlavní důvod je výhled snížení ekonomických nákladů.

Fototermické systémy jsou rozděleny na systémy se samotížným oběhem (gravitační) a s nuceným oběhem. Dále pak dle počtu okruhů na systémy jednookruhové a dvouokruhové. [10]



Obrázek č. 32: Schéma fototermického systému, převzato z [31]

Systém je složen ze solárních kolektorů s absorbéry, akumulární nádrže, rozvodného potrubí, čerpadla, regulační techniky a zabezpečovacích prvků. Solární kolektor s absorbérem obsahuje několik speciálních trubíc, v kterých je obsaženo ohřívané médium a díky samotnému absorbéru dochází na kolektoru k přeměně slunečního záření na tepelnou energii. Pomocí teplotních čidel, které jsou v kolektoru a v zásobníku vody dochází k vyhodnocování rozdílu teplot. Pokud je zjištěna vyšší teplota v kolektoru, dojde ke spuštění regulace oběhového čerpadla a to má za následek dopravení teplotného média z kolektoru do zásobníku vody, kde započne předávání tepelné energie. Po dokončení tohoto cyklu dojde k pozastavení funkce, dokud nenastane teplotní rozdíl hodnot a kolektor bude schopný dalšího nahřátí, poté se celý cyklus opakuje. V dnešní době jsou tyto systémy využívány po celý rok a proto se jako teplotné médium využívá nemrznoucích směsí.

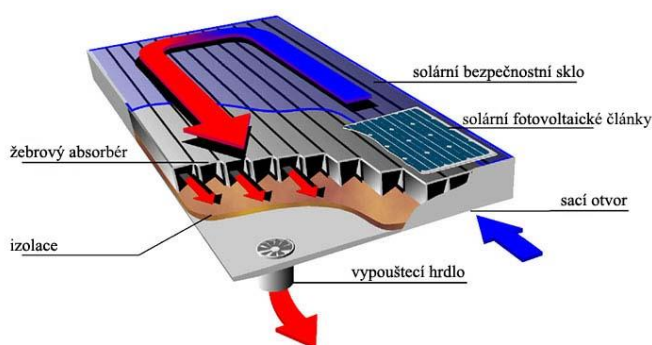
Ačkoliv se dnes při instalaci fototermických systémů využívá nejnovějších technologií, jejich účinnost se pohybuje okolo 50-60%. Největší ztráty se projevují v samotném přesunu média v rozvodném potrubí. Nejefektivnější instalace kolektorů je v nastavení sklonu 34° až 45° a umístění s orientací na jih. [10] [1]

Druhy fototermických kolektorů

Základní dělení solárních kolektorů lze dělit dle mnoha kritérií počínaje teplotou látkou, konstrukcí, absorbéru, zasklení nebo tlaku výplně. Dělení dle teploty látky lze členit na vzduchové a kapalinové kolektory.

Vzduchové kolektory

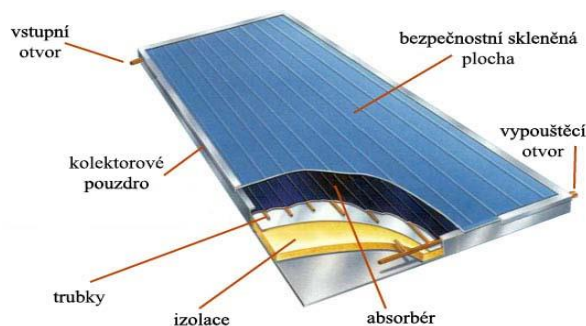
Tento typ solárních kolektorů má jako teplotní médium vzduch. Hlavní uplatnění je tedy pro ohřev vzduchu, kde kolektor slouží jako podpora vytápění. Konstrukční řešení není nikterak odlišné od kolektorů s vodním průtokem.



Obrázek č. 33: Vzduchový kolektor, převzato z [10]

Kapalinové kolektory

Tento typ solárních kolektorů má teplotní médium kapalinu. Využívá se pro ohřev dané kapaliny. Hlavní součástí jsou měděné trubky, v kterých se ohřívá teplotní kapalina. Kolektory jsou chráněny speciálně tvrzeným sklem, které je uloženo na vrchní části kolektoru. [10]



Obrázek č. 34: Kapalinový kolektor, převzato z [10]

4.3.2 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaický systém je označení pro několik částí, které pospolu spolupracují a zajišťují danou úlohu. Pojmem FV systém rozumíme základní části, jako jsou solární článek (fotovoltaický panel), akumulátorová baterie, regulátor dobíjení, napěťový střídač, měniče, indikační a měřicí přístroje. Realizace fotovoltaického systému je odlaďuje dle konkrétního řešení, ale je tvořena kombinací již zmíněných součástí. [1]

Solární systémy můžeme dělit dle uspořádání soustavy na dvě základní skupiny. První skupina se označuje jako nezávislé systémy na rozvodné síti "GRID-OFF" a druhá je označována jako systémy závislé na rozvodné síti "GRID-ON". Dále lze fotovoltaické systémy využívat i jako vytápěcí a ohřívací zařízení viz kapitola Fototermické systémy.

4.3.2.1 Systémy připojené k rozvodné síti – GRID ON

Systémy označované zkratkou GRID ON jsou závislé na rozvodné síti, jsou tedy instalovány v oblastech sítí elektrických rozvodů. Pokud je dostatek slunečního záření, systém je v provozu z vlastní získané energie a přebytečná je dodávána do veřejné sítě. Naopak je tomu v případě nízkého slunečního svitu, kdy systém k provozu potřebuje napájení z veřejné sítě. Výkon u těchto instalovaných soustav se pohybuje od jednotek kW až po jednotky MW. Provoz a typ zapojení je zcela automatický díky mikroprocesorovému řízení. Solární moduly generují stejnosměrné napětí, kdežto veřejné sítě pracují s napětím střídavým, proto jsou systémy opatřeny měniči. Tyto měniče transformují stejnosměrné napětí z fotovoltaických panelů na napětí střídavé, které lze dále využít ve veřejné síti. Je zde kladen velký požadavek na vysokou účinnost měniče, kvůli případným ztrátám. Současné měniče dosahují účinnosti 95% a více.

4.3.2.2 Samostatné systémy nepřipojené k rozvodné síti – GRID OFF

Systémy označované zkratkou GRID OFF jsou nezávislé na rozvodné síti, někdy označované také jako ostrovní. Tento typ provedení pracuje autonomně a není připojen k veřejné síti. Provedení nachází nejčastěji uplatnění v náramkových hodinkách, automatech na parkovné, kalkulačkách a jiných, kde se nevyplatí, nebo nelze uskutečnit připojení k veřejné síti. Lze je také využívat jako zdroje přímého napájení s akumulací a jako hybridní ostrovní systémy. První možnost se uplatňuje především v místech, kde je

zapotřebí využívat elektrickou energii i při nízkém slunečním svitu. Bývá zde využita akumulátorová baterie, která je pomocí regulátoru optimálně nabíjena a vybíjena. Hybridní systémy, jak už název napovídá, jsou systémy, které jsou doplněny o alternativní zdroj energie. Navrhují se i pro zimní provoz, kdy není výkon tak vysoký. Výkony u těchto systémových provedení se pohybují od jednotek W do 10 kW. Z důvodu malého výkonu se klade důraz na co nejnižší elektrické ztráty, z čehož plyne i použití úsporných spotřebičů.

[10]

Vztahy pro stanovení vyrobené energie a účinnosti fotovoltaického článku:

Výpočet instalovaného výkonu fotovoltaického zařízení:

$$E = S * r * H * PR \quad (3.1)$$

kde

- E – vyrobená energie [kWh]
- S – využitá plocha modulu [m²]
- r – výtěžek solárního panelu [%]
- H – průměrné sluneční záření [kW/ m²]
- PR – ztrátový součinitel [-]

Výpočet účinnosti fotovoltaického článku:

$$\eta = \frac{E}{S * I} \quad (3.2)$$

kde

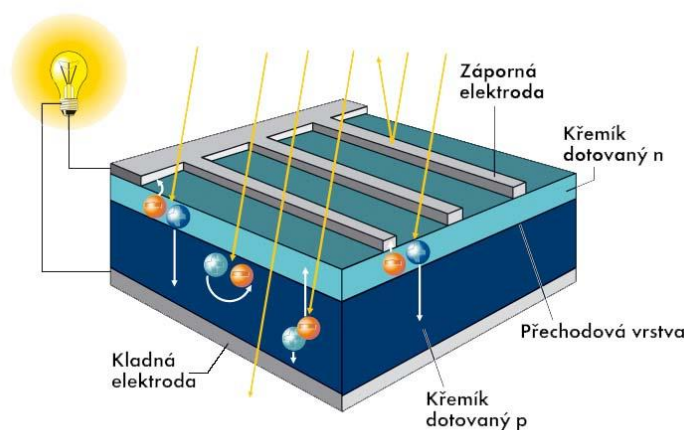
- E – [W]
- S – vstupní energie slunečního záření
- I – dopadající sluneční záření

4.3.2.3 Fotovoltaický jev

Fotovoltaický jev lze popsat jako přeměnu záření na elektrickou energii. Podrobnější vysvětlení lze uvést na příkladu funkce fotovoltaického článku. Fotovoltaický článek je polovodičový článek, který je podobný polovodičové diodě.

Článek je složen z polovodičových materiálů P, kde jsou majoritní nosiče díry a polovodičového materiálu N, kde jsou majoritní nosiče elektrony. Mezi těmito materiály je přechodová vrstva (P-N). Fotovoltaický jev nastane tehdy, když dojde k dopadu světla na čelní plochu článku. Zde dochází k odrazu, absorpci nebo k průniku fotonu skrz křemík.

Pokud je foton absorbován, dojde k uvolnění elektronu z krystalové mřížky. Uvolnění elektronu má za následek narušení elektrického pole a na přechodu vrstev P-N se vytvoří elektrické napětí o velikosti 0,5 V (u křemíkových článků), začne procházet proud. Elektrický proud je z článku odváděn pomocí elektrod, na které je připojen vnější obvod. [6] [10] [23]



Obrázek č. 35: Princip fotovoltaického jevu, převzato z [23]

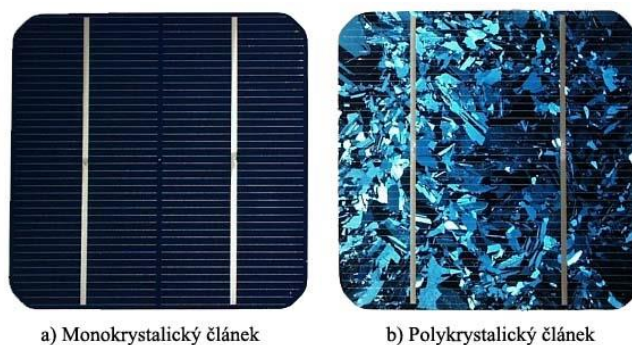
4.3.2.4 Druhy fotovoltaických článků

Fotovoltaické panely jsou tvořeny pospojováním jednotlivých fotovoltaických článků o délce strany 6 palců do sériového zapojení. Vzniklé panely pak dosahují různých velikostí dle jejich budoucích využití. Instalované panely jsou neustále vystavovány namáhání přírodními vlivy (např. koroze). Jednotlivé články jsou lehce zničitelné a pro ochranné opatření jsou články ukládány do speciálního plastu mezi skleněný kryt na vrchu panelu a plastovou fólii na spodní straně panelu. Alternativou plastové folie může být velmi transparentní skleněný kryt, který zajišťuje mnohem lepší stabilitu. Vnitřní plastová výplň jsou dvě tenké fólie z etylenvinylacetátu. Výsledný panel prochází procesem laminování při teplotě 100 °C, dochází ke spojení článků se sklem. Výsledkem je hotový laminát odolný vůči přírodním vlivům. [10]

Pro výrobu fotovoltaických článků se používá vhodný materiál s nízkými světelnými a elektrickými ztrátami. Vhodným materiálem, který splňuje tyto vlastnosti je křemík. Současné články se vyrábí z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. Rozdíl mezi těmito druhy je v účinnosti článku, ceně, místa využití a výrobní technologii.

Monokrystalické články jsou po laboratorní úpravě schopny dosahovat účinnosti až 30%, avšak tento fakt neplatí u klasického provedení, které se běžně používá. U těchto článků je pak účinnost nižší a pohybuje se okolo 14 – 22%.

Polykrystalické články jsou primárně určeny pro pozemskou výrobu elektrické energie. Účinnost je v tomto případě okolo 12 – 14%. Tento fakt se snaží vědci stále prozkoumávat a zdokonalovat v navýšení účinnosti. Ceny těchto článků jsou při hromadné výrobě neustále snižovány. [6]



Obrázek č. 36: Druhy fotovoltaických článků, převzato z [24]

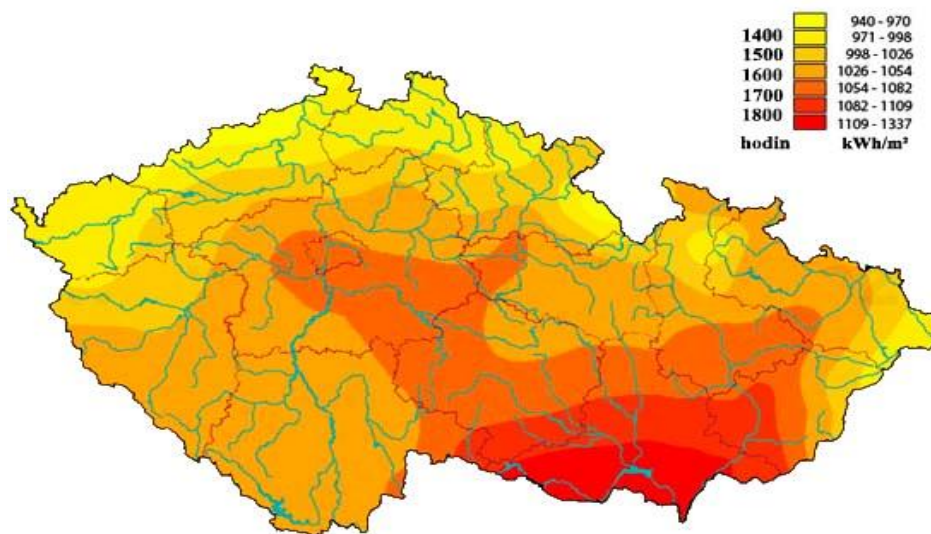
4.4 Fotovoltaické elektrárny a jejich rozvoj

Rozvoj fotovoltaických elektráren v České republice je relativně mladé odvětví oproti ostatním obnovitelným zdrojům. První elektrárna v České republice byla postavena a uvedena do provozu v roce 1998 na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách. Jednalo se o elektrárnu s instalovaným výkonem 10 kW. V současné době podíl instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren na území ČR je něco málo přes 2 GW. Proto si solární elektrárny zajišťují druhé místo ze všech obnovitelných zdrojů hned za vodními elektrárnami. Největší FVE v České republice dosahují instalovaného výkonu okolo 35 - 38 MW. Avšak největší počet bychom našli v rozmezí výkonů 3 – 10 MW. Nespornou výhodou rozvoje fotovoltaických systémů je zřízení jako podpůrného zdroje elektrické energie na rodinné domy, průmyslové fabriky, panelové stavby a případně i rekreační chaty. V některých speciálních případech jsou fotovoltaiky využity i jako části konstrukcí různých budov. [14] [20]

Hlavními podmínkami pro úspěšnou a efektivní výrobu elektrické energie jsou hodnoty intenzity slunečního záření, počet hodin slunečního svitu, orientace, sklon panelů

a množství stínících překážek. Nejlepší navrzení konkrétního systému se dimenzuje pro skutečné místní podmínky a způsob využívání. Nelze však opomenout další faktory ovlivňující dimenzování a to jsou podmínky připojení systému k veřejné síti, způsobu napojení na doplňkový zdroj energie a popřípadě zjištění provozních hodin a typu připojených spotřebičů. Volba ideálního nastavení orientace FV panelů by měla být na jih nebo jihozápad, při sklonu 38 – 45°.

V České republice je dopadající záření charakterizováno pomocí mapy globálního slunečního záření, která vychází z dlouhodobého meteorologického měření. Jelikož je Česká republika situována v severní polokouli ve středu evropského světadílu, není zde až tak velký potenciál pro využití sluneční energie jako v oblastech v okolí rovníku. Podmínky pro využití sluneční energie jsou i tak poměrně dobré. Celková doba slunečního svitu se pohybuje v rozmezí 1400 – 1700 hodin za rok a hodnoty slunečního záření se pohybují okolo 944 – 1140 kWh/m². Údaje z ročního úhrnu globálního slunečního záření jsou vysoce důležité pro výpočty a návrhy budoucích fotovoltaických systémů a jejich energetické bilance včetně návratnosti počáteční investice.



Obrázek č. 37: Roční úhrn globálního slunečního záření a trvání slunečního svitu na území České republiky, převzato z [10]

Volba vhodné lokality pro využití sluneční energie je nejlépe vystižena na mapě s ročním úhrnem globálního slunečního záření. Ukazuje nám, že nejefektivnější využití je na jižní Moravě a v oblastech Středočeského kraje. Naopak horší podmínky jsou v severních oblastech České republiky, kde je o poznání menší intenzita slunečního záření.

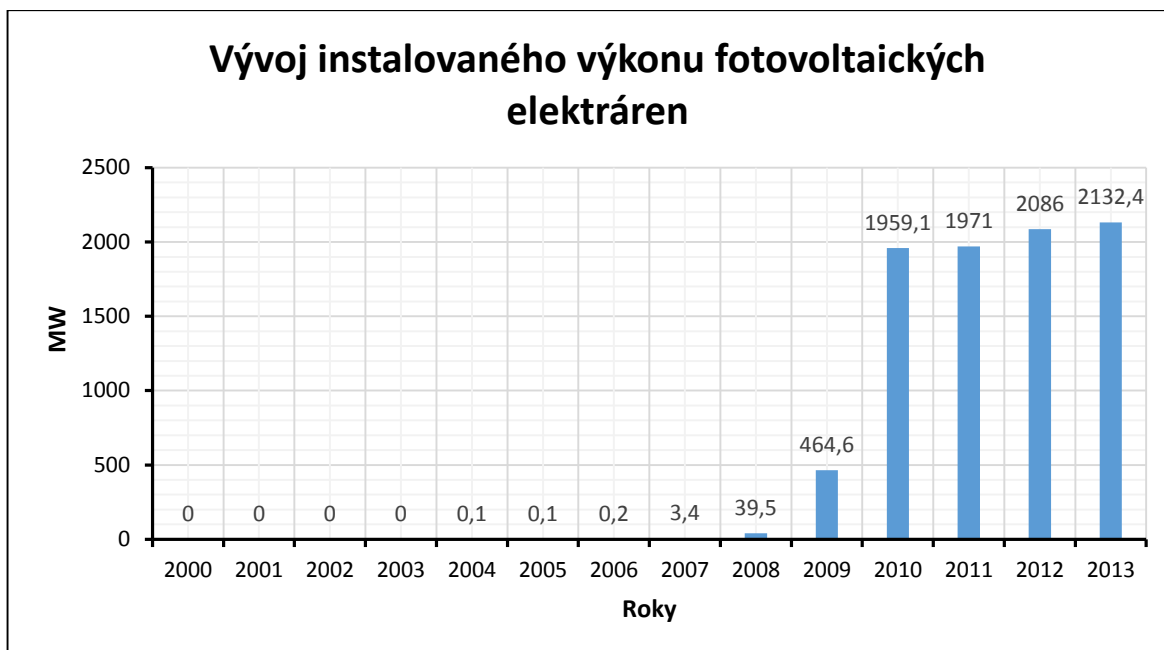
Výstavba FVE je možná víceméně kdekoliv, v nezastíněné ploše, kde může systém odvádět svoji práci. Systémy lze namontovat na statickou plochu, ale i na natáčecí podpůrný systém. Natáčení je náchylnější na mechanické poškození a zároveň se musí často udržovat. Nevýhoda pořizování těchto systémů je ve vysoké ceně. Naopak je tomu u statických systémů, kde nevýhod je opravdu málo, snad jen vysoká počáteční investice. [45]

Nesporné výhody používání statických systémů jsou v ekologickém faktoru. Bezúdržbový provoz, neomezená energie ze slunce a dlouhá životnost panelů, která postupem času snižuje účinnost v řádu jednotek procent. Úspora fosilních paliv a ekonomický faktor nám zlepšují kvalitu životního prostředí. Nespotřebovanou energii, lze pomocí zelených bonusů prodat do veřejné sítě.

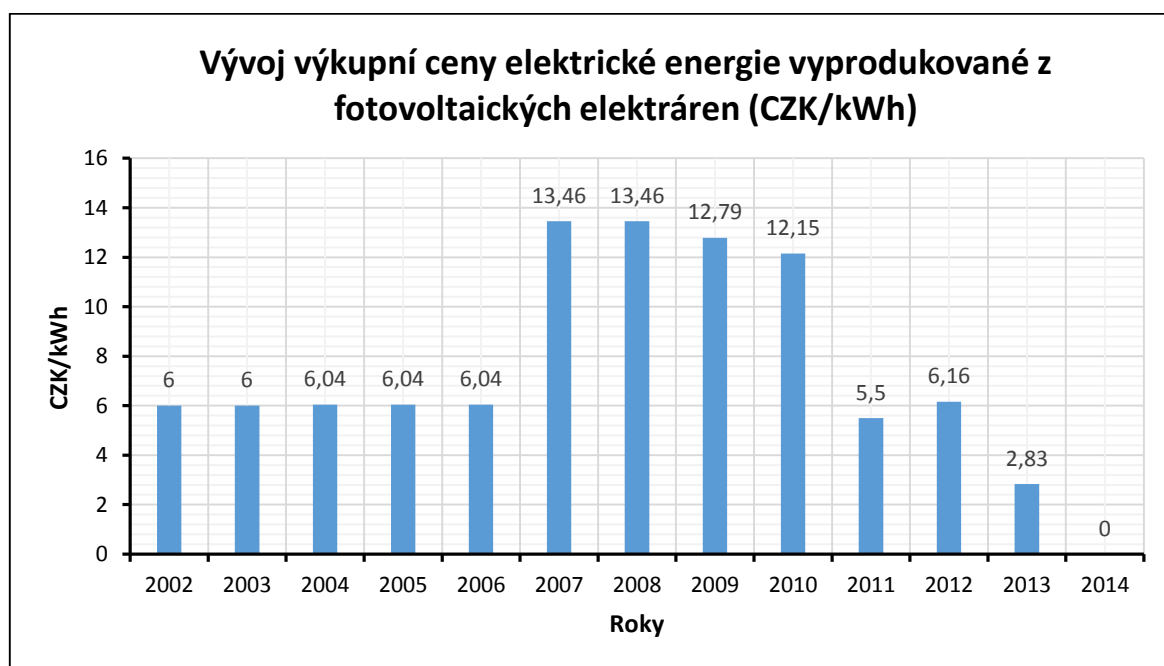
4.5 Vývoj instalovaných výkonů a cen elektřiny z energie slunce

Z grafické závislosti instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren je patrné, že výsledná data poukazují na fakt, že největší rozvoj nastal v období let 2008 až 2011. Toto období je často označován jako “solární boom“. Ceny FV systémů byly nízké a výkupní ceny z výroby elektrické energie relativně vysoké. Později vláda novelizovala zákon o podpoře výkupních cen energie. V současné době se instalovaný výkon z FVE pohybuje okolo 2,1 GW. [22]

Vývoj výkupní ceny elektrické energie vyprodukované z FVE pozvolna klesá. Největší výkupní cena byla v letech 2007 a 2008 před největším rozvojem FVE. Od roku 2011 jsou podporované pouze FVE s výkonem do 30 kWp, v grafu je uvedena cena pro FVE splňující toto kritérium. Výraznou roli zde hrají tzv. zelené bonusy, které jsou provozovatelům vypláceny v podobě renty za přebytečnou energii, kterou dodávají do sítě. Výrazně ovlivňujícím faktorem této renty je datum připojení do sítě, dle legislativy. Podle toho se provozovateli vypočte výše zelených bonusů.



Graf č. 5: Vývoj instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren od roku 2000, data převzata z [22]



Graf č. 6: Vývoj výkupní cen elektrické energie vyprodukované z fotovoltaických elektráren od roku 2002, data převzata z [44]

4.5.1 Pohled do následujících let

V minulých letech byly fotovoltaické elektrárny na rodinné domy zřizovány nejen za cílem ušetření vlastní spotřeby, ale hlavně za vidinu zisku z prodeje. V současné době jsou FVE charakterizovány dle legislativy, tak že zřizovatel by měl v ideálním případě využívat

energii výhradně pro svoji spotřebu a nadbytečná energie by měla být odkupována za stanovený zelený bonus, který je různý dle výkonu FVE a data připojení k síti. Samozřejmě i do budoucna se budou tyto elektrárny zřizovat byť už jen pro provozovatelův účel aby ušetřil na svém vlastním provozu. Problém, se kterým se budou provozovatelé nově zřízených instalací potýkat, bude snižování podpory.

5 Využití potenciálu energie z biomasy

5.1 Historie

Počátky používání biomasy jako zdroje energie je známo už desítky tisíc let. Lze uvažovat, že využití biomasy můžeme přisuzovat k datu, kdy se člověk naučil rozdělávat oheň. Při porovnání s ostatními OZE, si lze povšimnout, že energie vody a větru se používá oproti biomase jen tisíce let. V 19. století patřila biomasa k hlavním zdrojům energie. České země mají relativně dlouhou tradici ve využívání biomasy v podobě různých forem. Jde o biomasu pěstovanou na zemědělských půdách za účelem výroby energie, dřevní biomasy pro dřevoplynové agregáty, které dále sloužili jako pohon automobilů za druhé světové války. Dále šlo o pěstování brambor pro výrobu lihu, který se přidával do paliva letadel. Určitě nelze opomenout využívání biomasy jako krmiva pro hospodářská zvířata, která ulehčila fyzickou práci lidí.

V České republice v 90. letech nabralo využívání energetického potenciálu nových rozměrů. Vybudovaly se a zprovoznily se nová zařízení schopná spalovat alternativní média. V Rybníšti na Děčínsku se začaly využívat jako palivo piliny, v Kardašově Řečici se začaly využívat odpady z tužkárny. Další místa, kde byla hojně využívaná biomasa, byla Rokytnice v Orlických horách, Nová Cerekve, Pelhřimov a Něžnašov.

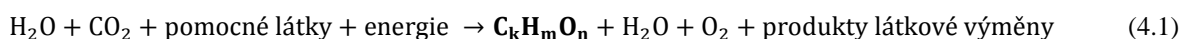
5.2 Definice biomasy

Pojem biomasa lze charakterizovat jako označení pro hmotu biologického původu, tedy živočišného a rostlinného. Rozumí se tím biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů z odvětví zemědělství, lesnictví a průmyslových odvětví, které s nimi souvisejí. Spadají sem zcela jistě i biologicky rozložitelné části průmyslových a komunálních

odpadů. Biomasu je možné cíleně pěstovat nebo je možné ji zpracovávat jako odpad z výše zmíněných zdrojů. Pro růst a rozvoj biomasy má zásadní vliv sluneční svit a voda. [10] [1]

5.2.1 Vznik biomasy

Fotosyntéza v rostlinách mění oxid uhličitý, vodu a pomocné látky (nerosty) na biomasu a kyslík. Tento jev se dá popsat chemickou rovnicí:



kde H_2O – voda
 CO_2 – oxid uhličitý
 $\text{C}_k\text{H}_m\text{O}_n$ – vzniklá biomasa
 O_2 – kyslík

5.2.2 Rozdělení biomasy

Biomasu je možno rozdělit dle obsaženého množství vody do tří kategorií.

Suchá biomasa - dřevní a rostlinný odpad. Lze ji zpracovat přímým spalováním, zplyňováním nebo pyrolýzou.

Mokrý biomasa - siláže nebo výkaly hospodářských zvířat. Lze ji zpracovat vyhnívacími procesy, kvašením a pomocí dalších bioplynových technologií.

Speciální biomasa - plodiny obsahující škrob a cukr, olejniny. Zpracovávají se speciálními technologiemi pro získání energetických látek, převážně jsou to mechanicko-chemické procesy.



Obrázek č. 38: Dřevěné pelety, převzato z [40]

5.3 Zdroje biomasy

5.3.1 Cíleně pěstovaná biomasa

Biomasa cíleně pěstovaná pro energetické využití je pojem, který doprovází pěstování energetických rostlin na zemědělské půdě. Do této kategorie zcela jistě spadají rychle rostoucí dřeviny, obiloviny, travní porosty, olejnaté rostliny a rostliny škrobo-cukernaté. Energetické rostliny lze rozdělit dle časového horizontu růstu na rostliny jednoleté a víceleté. Jednoleté rostliny jsou zejména rostliny bylinného charakteru a rostliny víceleté jsou rychle rostoucí dřeviny a trávy. Příklady používaných rostlin a dřevin jsou například vrba, líska, olše, platan, topol, žito, šťovík krmný, sléz, brambory, cukrová třtina, kukuřice, len, křídlatka japonská a mnoho dalších. [1]

Tabulka č. 1: Produkce cíleně pěstované biomasy, převzato z [1]

Typ rostliny	Produkce [t/rok,ha]	Produkce [kg/m ² ,rok]
Topol, vrba	10÷12	1÷1,2
Šťovík krmný	20	2
Sláma obilná	3,5÷4	0,35÷0,4
Sláma řepková	2,8	0,28
Semena řepky olejné	3	0,3

5.3.2 Odpadní biomasa

Odpadní biomasou jsou myšleny veškeré odpadní zbytky z rostlin, z lesního hospodářství, ze živočišné výroby a z komunálních a průmyslových organických odpadů.

Rostlinná odpadní biomasa vzniká ze zemědělské výroby. Svoji roli zde hraje zejména dobrá výhřevnost, která se pohybuje okolo 14,4 MJ/kg. Příklady rostlinné odpadní biomasy jsou zejména, obilné seno a sláma, dále pak sláma řepky či kukuřice. Další možné příklady mohou být odpadové zbytky po údržbě zelených a travnatých ploch nebo odpady ze sadů a vinic.

Lesní odpady vznikají především při těžbě dřeva, je tedy jasné, že zbytkové odpady jsou v tomto případě pařezy, kořeny, větve a dále nevyužitelné části stromů. Tato oblast odpadní biomasy je u nás nejvíce využívanou částí pro další zpracování. Výhřevnost se zde odvíjí od vlhkosti zpracovávané dřevní hmoty. Čím vlhčí dřevo, tím se snižuje účinnost vydaného tepla. Ve výsledku se výhřevnost pohybuje v rozmezí 15-19 MJ/kg.

Odpady ze živočišné výroby jsou odpady, které jsou produkovány nebo mají souvislost zejména s hospodářskými zvířaty. Zbytky krmiv, kejda, ale i zvířecí exkrementy jsou využívány jako hnojiva, která jsou aplikována na zemědělské půdy. Dalším efektivním způsobem jak lze s těmito odpady nakládat je využít procesu kvašení v bioplynových stanicích.

Organické odpady vznikající v průmyslových odvětvích zahrnují zbytky z dřevařských závodů, jatek, mlékáren nebo i ze závodů na zpracovávání a skladování rostlinných produktů. Naopak je tomu u komunálních organických odpadů, které jsou označovány jako zbytkové biomasy. Nezanedbatelnou součástí z komunálního odpadu je i podíl obsažené biomasy, který je okolo 40%. [35] [40]

5.4 Získávání energie z biomasy

5.4.1 Termochemické přeměny

Spalování

Přímé spalování biomasy patří k nejstarší známé metodě zpracování biomasy. Proces lze popsat čtyřmi fázemi. První fází je sušení paliva, aby bylo docíleno snížení obsahu vody a pozvolného zahřívání. Po dosažení zápalné teploty nastává proces pyrolýzy, kdy při dostatečném přísunu kyslíku dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty a zuhelnatělý zbytek. Uvolněné hořlavé plyny začnou postupně hořet a tím dochází k prodloužení plamene a zvýšení teploty plynných spalin. Posledním krokem je spalování pevných složek, které potřebují dostatečný přísun kyslíku.

Pyrolýza

Je charakterizována jako tepelný proces k rozkladu biomasy bez přístupu vzduchu. Biomasa je vkládána do zásobníku s drtičem, poté postupuje do konvertoru, kdy se začne zahřívát na teplotu cca 400°C. V tomto momentu dochází k uvolňování směsi plynů a vodních par, které jsou odváděny do cyklónu. Prvním výsledným produktem je dřevěné uhlí. Plyny v cyklónu jsou separovány od tuhých nečistot a takto očištěné plyny dále postupují do kondenzátorových jednotek. V prvním kondenzátoru je kondenzován olej s vysokým bodem varu a v druhém kondenzátoru je kondenzován olej s nízkým bodem

varu společně s vodou. Zbylý plyn, který nebyl zkondenzován, proudí do zásobníku plynu, odkud bývá využíván jako podpůrná pomoc pro předsoušení vstupní biomasy.

Zplyňování

Proces zplyňování lze charakterizovat jako uvolňování hořlavých plynných složek vlivem vysoké teploty. Hořlavé plynné složky jsou označovány jako dřevoplyn. Za přítomnosti vzduchu vzniká běžné spalování, plyn se uvolňuje a odvádí do spalovacího prostoru. Pak se spaluje podobným způsobem, jako se spalují plynná paliva. Účinnost této metody může dosahovat až 85%. [35]

5.4.2 Biochemické přeměny

Alkoholová fermentace

Alkoholová fermentace neboli kvašení je proces, který probíhá v mokřém utěsněném prostředí, kde je zamezen přístup vzduchu. Celý tento proces probíhá v objektu označovaným jako fermentor. Výsledný produkt je následně destilován a tím vzniká alkohol. Ten je možné po přidání antikoročních přípravků využívat jako plnohodnotné palivo pro spalovací motory.

Aerobní fermentace

Aerobní kvašení je proces, který je znám z výroby kompostu. Působením vzduchu a mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. Průmyslové aerobní kvašení trvá cca 2 až 3 týdny. Výslednými produkty jsou hnojivové substráty, vodní pára a oxid uhličitý. Proces je možno regulovat obracením, převrstvováním a provzdušňováním odpadu.

Anaerobní vyhnívání

Rozkládáním organických látek v uzavřených nádržích bez přístupu vzduchu vzniká bioplyn, který je výsledkem anaerobního vyhnívání. Bioplyn je tvořen z největší části metanem (55 – 70 %), oxidem uhličitým (27 – 44 %) a procentuální zastoupení připadá minoritním plynům, jako jsou sulfan, vodík a kyslík. Ve vzduchotěsném reaktoru bioplynové stanice se biomasa zahřívá na provozní teplotu cca 55 °C, při které je povolna promíchávána a ponechána delší dobu. Vyroběný bioplyn je odváděn do zásobníku, odkud je dále odváděn pro další využití (výroba elektřiny nebo tepla). [35]

5.4.3 Mechanicko-chemické přeměny

Zde se zahrnují procesy jako je lisování, esterifikace, výroba tuhých paliv. Ze surovin, jako je řepkové semeno je možné lisováním získat olej, který za působení katalyzátoru a vysoké teploty dokáže transformovat na metylester řepkového oleje (MEŘO). Toho označení je víceméně odborný název pro bionaftu. Výroba bionafty je velice nákladná oproti klasické motorové naftě, a proto se nachází možnost mísení s některými lehkými ropnými produkty. Bionafta a její výroba má opodstatnění především v ekologickém faktoru, jelikož při spalování dochází k rychlejšímu odbourávání spalin. [10]

5.5 Biomasa a její rozvoj

Biomasa je jedním z perspektivních obnovitelných zdrojů. Energetické využití biomasy a bioplynu zaujímá v současné době velký podíl ve výrobě elektrické energie. Dá se říci, že obě skupiny dohromady dokáží vyrobit větší množství energie než fotovoltaické a větrné elektrárny. Výhody používání biomasy spočívají především v možnosti využití odpadních materiálů, lze ji dobře skladovat, univerzální použití jako zdroje energie, lze ji upravovat (pelety, štěpky), běžná dostupnost technologií pro spalování biomasy a nelze opomenout poměrně velký nevyužitý potenciál biomasy v podmínkách ČR. Pro výrobu tepla je nejvíce využívána právě biomasa.

K nevýhodám používání patří větší pracnost, technologická náročnost, nutnost skladovacích úložišť, náklady na dopravu, využívání dalších energií při její transformaci do jiné formy a vznikající emise a imise při spalování. Dále se potýkáme s náročností při pěstování energetických plodin, které jsou hojně ovlivněny místem výsevu, druhem hnojení a pH půdy. Na některých místech ČR se pěstované biomase nedaří jako v jiných oblastech. [1]

Emise a imise jsou také negativním faktorem, které sebou spalování biomasy nese. Škodliviny, které vznikají při spalování, jsou oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), oxid siřičitý (SO₂), tuhé znečišťující látky a organické látky (uhlovodíkové látky).

5.6 Princip využívání biomasy a biopaliv jako energetického zdroje

Biomasu lze po energetické stránce využívat k výrobě tepla a elektrické energie. V současné době se využívá více k výrobě tepelné energie oproti elektrické energii. Důvod je prostý, výroba elektrické energie si vyžaduje velké množství biomasy a proto se volí metoda přidávání biomasy do kotle s uhlím. Takto zvolené spalování není pro dnešní kotle v elektrárnách či teplárnách problém. Jako hlavní paliva se používají zejména dřevní odpady, piliny a štěpka. Jelikož je biomasa volně dostupná jako palivo, je zřejmé, že mnoho domácností volí toto řešení. Jedinou menší překážkou je investice do vhodného kotle od vybraných výrobců, kteří nabízejí nové a moderní kotle umožňující spalování biomasy. [1] [10] [37]

5.6.1 Biopaliva

5.6.1.1 Bioolej

Výroba bioolejů patří mezi nejsnadnější výrobu biopaliv. V olejných mlýnech se rostlinný olej přímo vylisuje nebo je extrahován. Pro jeho výrobu lze využít velké množství olejnatých rostlin. Nejrozšířenější rostlinné oleje jsou řepkový, palmový a sójový. Bioolej má své využití ve spalování ve vznětových motorech.

5.6.1.2 Bionafta

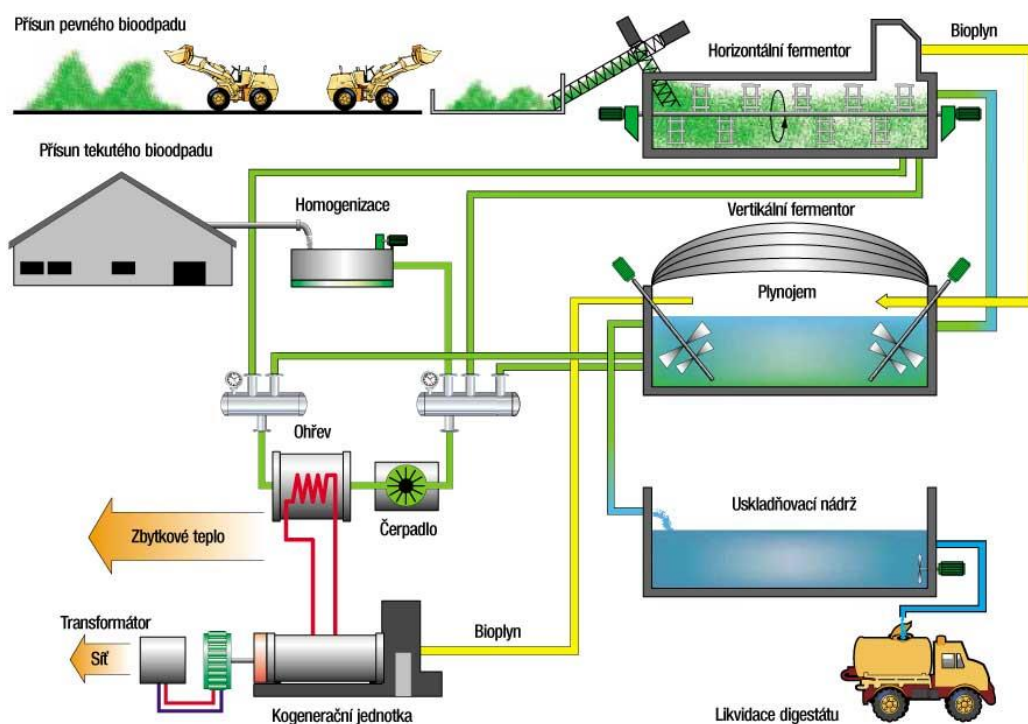
Vstupní látky pro výrobu bionafty jsou rostlinné oleje nebo živočišné tuky. Svými vlastnostmi se více podobá běžné naftě pro vznětové spalovací motory. Výsledná bionafta se může používat jako náhradní případně doplňkový zdroj fosilních paliv na bázi ropy pro vznětové spalovací motory.

5.6.1.3 Bioethanol

Výroba bioethanolu lze uskutečnit pomocí glukózy nebo škrobu a celulózy. Surovinou pro výrobu tohoto biopaliva může být například cukrová třtina, cukrová řepa nebo obilí. Bioethanol vzniká pomocí fermentace již zmíněné glukózy. Škrob a celulóza jsou před reakcí štěpeny. Výsledný bioethanol lze použít jako doplňkové palivo k benzínu pro zážehové spalovací motory. [10] [40]

5.6.2 Bioplynové stanice

Hlavním úkolem bioplynové stanice je zpracování bioodpadů za cíleným produktem, kterým je bioplyn. Dále se využívá k výrobě tepelné nebo elektrické energie. Vedlejším produktem bioplynových stanic je tzv. digestát. Jedná se o materiál, který se dále velmi efektivně využívá k hnojení nebo jako suroviny pro tvorbu kompostu. Další zajímavostí, které si lze na níže uvedeném schématu všimnout je zařazení kogenerační jednotky. Kogenerační jednotka je velmi velkou výhodou, pro místa, kde lze zpracovávat vyrobený bioplyn pro výrobu tepla nebo již zmíněné el. energie. Tyto jednotky nejsou využívány jen v bioplynových stanicích, ale například i v čistírnách odpadních vod (viz Plzeňská ČOV). [1]



Obrázek č. 39: Schéma bioplynové stanice, převzato z [41]

5.7 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou technologická zařízení, která slouží pro společnou výrobu tepla a elektrické energie. Jako dominantní palivo slouží zemní plyn, avšak v poslední době roste prudce používání bioplynu, skládkových plynů a kalových plynů jako formy alternativních paliv. Zařízení je složeno z několika částí, počínaje spalovacím motorem,

generátorem, soustavy tepelných výměníků a řídicího systému. Celá jednotka je automatizována a pomocí řídicího systému ji lze ovládat i dálkovým systémem pomocí PC.

Pomocí absorpčního chladiče je možné s kogenerační jednotkou společně vyrábět teplo, elektrickou energii i chlad. To je velmi užitečné pro technologické procesy nebo klimatizace a zároveň tím lze dosáhnout prodloužení provozu jednotky na celoroční periodu. Kogenerační jednotka umí přeměnit teplo na chlad a tím dokáže efektivněji pracovat v letních a přechodných měsících. Celý systém je poté označován jako Trigenerační jednotka.

Hlavní uplatnění nacházejí tyto jednotky v místech, kde se využije plného potenciálu, který je KJ nabízen. Systémy doplňkové a decentrální jsou převážně využívány tam, kde lze energii okamžitě využít a pokrýt tím vlastní spotřebu. Příkladem vhodné instalace KJ jsou čistírny odpadních vod, bioplynové stanice ale i hotely, internáty, nemocnice, městské výtopy, průmyslové podniky. Výhoda je v bezeztrátovém přenosu a distribuci elektrické energie a využití jednotky jako záložního zdroje energie. [39]



Obrázek č. 40: Strojovna kogenerační jednotky, převzato z [38]

5.8 Pohled do následujících let

Jak to bude s využíváním biomasy v budoucích letech, je otázka, která je dle české energetiky naprosto jasná. Budoucí vize je zahrnutá i v návrhu nové Státní energetické koncepce, podle které by měla být biomasa jedním z hlavních zdrojů energie v budoucích letech. Rozvoj by měl vést zejména k zvýšení využívání biomasy v domácnostech. Jelikož je pořízení biomasy nákladnější než pořízení klasického uhlí, je nutné biomasu podporovat

dotacemi. Současný systém podpor je označován jako nekoordinovaný a kontraproduktivní z ekologického hlediska. V budoucnu by měl být dle návrhu zefektivněn a to by mělo příznivě ovlivnit využívání biomasy. Celkový instalovaný výkon zdrojů na biomasu je přes 1600 MW, čímž je řazen jako druhý nejvíce využívaný zdroj obnovitelné energie.

6 Využití potenciálu geotermální energie

6.1 Historie

Historická zmínka o využívání geotermální energie se datuje do období starověkého Říma, kde Římané využívali přírodních vod k vytápění svých termálních lázní. Tento princip využívání termálních pramenů nebyl však využíván jen v Římě, ale i v ostatních zemích např. v Itálii, Španělsku, Řecku, Turecku, Anglii ale dokonce i na Blízkém východě. Dalším historickým mezníkem byl rok 1888, kdy lidé na Islandu začali využívat teplou vodu k vytápění skleníků. Hlavní město Islandu, Reykjavík byl v roce 1928 postupně zásobován teplem z geotermálních zdrojů. Avšak první průmyslové využití nastalo v roce 1927, kdy Francesco Larderel využil přehřáté páry na výrobu kyseliny Borité. První geotermální elektrárna byla postavena v Itálii v roce 1927 a nese jméno Landrello. Druhá geotermální elektrárna byla postavena na Novém Zélandu.

V České republice se geotermální energie zatím používá pouze pro vytápění objektů. O výstavbě geotermálních elektráren se v současné době jen spekuluje. Města, která disponují technickým zařízením pro využívání geotermální energie, jsou Děčín a Ústí nad Labem. Využívání geotermální energie je relativně mladé odvětví a v České republice se začíná pozvolna rozvíjet. [32]

6.2 Geotermální energie

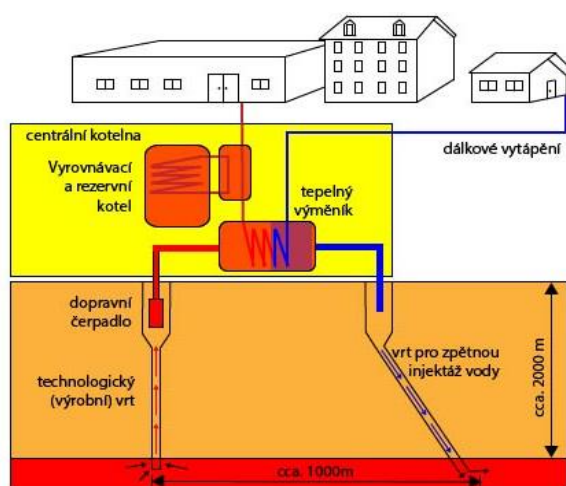
Geotermální energie je charakterizována jako teplo, které se získává ze zemského jádra. Vzniká tedy rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Zemské teplo zahřívá podzemní vody, které jsou obsaženy v zemních vrstvách a při výstupu na povrch dosahují vysokých teplot. Vody jsou získávány pomocí hlubinných vrtů. Z hlediska energetického využívání se vody dělí dle teploty do kategorií nízkoteplotní (<90 °C), středněteplotní (90 – 150 °C) a vysokoteplotní (>150 °C). Nejvíce využívané jsou

nízkoteplotní a středněteplotní vody do cca 100 °C. Vodu je možné využívat dvojitým způsobem a to buď ve formě tepelné energie pro vytápění, nebo ji lze využít pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. [10]

6.3 Energetické využití geotermální energie

6.3.1 Princip geotermální teplárny

Základem pro vybudování geotermální elektrárny nebo teplárny je hlubinný vrt ve vhodné lokalitě. Geotermální teplárna poté z vrtu čerpá pomocí dopravního čerpadla horkou termální vodu na povrch. Voda je obohacena ve velké míře o minerální soli a určité radioaktivní příměsi. Následně je načerpána do tepelného výměníku, kde odevzdává svoji vnitřní tepelnou energii, ta je poté předána do sítě dálkového vytápění. Ochlazená voda z tepelného výměníku je dopravena skrz vrt pro zpětnou injektáž zpět do země. Hloubka vrtů se pohybuje do 2000 m, jelikož v této hloubce dosahuje voda teploty do 100 °C je nejvíce vhodná pro vytápění. [10]



Obrázek č. 41: Princip geotermální teplárny, převzato z [10]

6.3.2 Princip geotermální elektrárny

Provedení geotermálních elektráren je složitější než provedení geotermálních tepláren. Energetika se v tomto směru potýká s nízkou teplotou geotermálního média a to sebou přináší značné komplikace. Z tohoto důvodu se využívá nových koncepcí výroby elektrické energie. Základní typ používaných geotermických elektráren funguje na principu přímého využití páry k pohybu turbíny. Tato zařízení vyžadují lokality, kde lze využít páry o teplotě 200 – 300 °C.

Další koncepcí je princip využívání mokré páry. Funkce zde spočívá ve využití vroucí vody načerpané z nitra geotermálního rezervoáru. Voda je pod velkým tlakem a dosahuje teplot větších než 180 °C. V expanzním stupni lze vodu s těmito parametry odpařit a to má za následek pohyb turbíny. Voda, která se netransformovala na páru, je vrácena zpět do geotermálního rezervoáru.

Binární princip funguje na bázi ohřevu tekutého média. Využívá se vroucí vody v rozmezí teplot 70 – 150 °C k ohřevu tekutého média, které má mnohem nižší teplotu varu než voda. Ohřátá tekutina se mění v páru při teplotě vroucí vody a to má za následek pohyb turbíny. Tento princip se využívá u novějších elektráren.

Geotermální HDR elektrárny nesou označení Hot Dry Rocks. Z názvu je patrné, že hlubinné vrty dosahují hloubek do 5000 m. V těchto hloubkách se udržují teploty v řádu 200 °C a důležitým faktem je výskyt horkých suchých hornin. Princip funkce je zde založen na vhánění vody pod tlakem pomocí čerpadla skrz injektážní vrt do míst výskytu hornin. Ohřátá voda je poté odváděna pomocí čerpadla vedlejším technologickým vrtem do tepelného výměníku. [10]

6.4 Rozvoj energetického využití geotermální energie

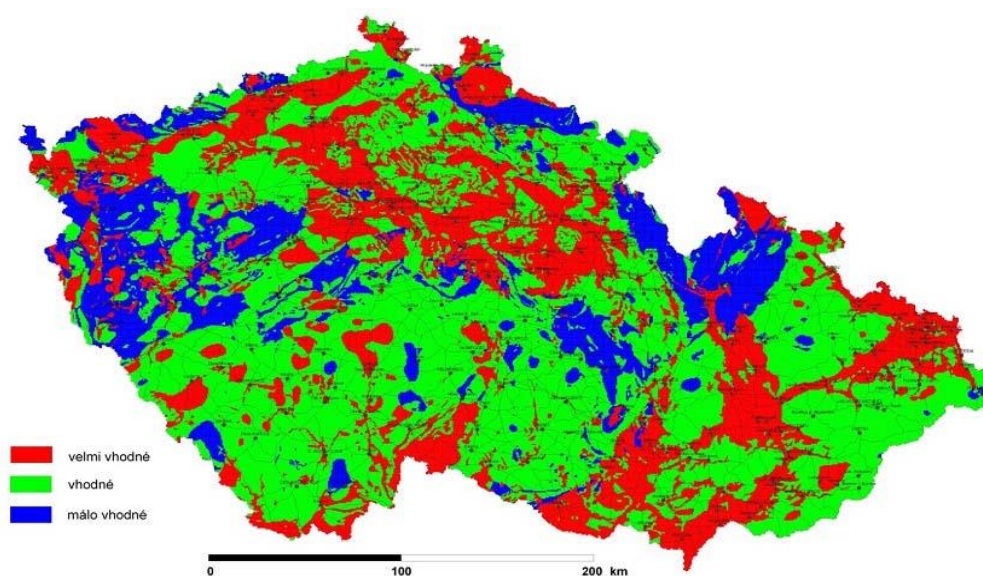
Využití geotermální energie v České republice není zatím až tak rozvinuté jako ostatní odvětví z OZE. Města Ústí nad Labem a Děčín jsou jediné oblasti, kde se využívá geotermální energie jako zdroj tepelné energie. Zajímavostí je, že Děčín je z poloviny vytápěn pomocí výtopny, která využívá geotermální energii. Ačkoliv jsou v České republice, dle níže uvedené mapy, relativně velké rozlohy, kde je vhodné nebo dokonce i velmi vhodné využití geotermálního potenciálu, nelze tak učinit z hlediska krajinných oblastí a přírodních vlivů. Poloha České republiky značně omezuje plné použití geotermálních systémů pro energetické účely. Z hlediska krajinného terénu a přírodních podmínek lze tedy usoudit, že vhodným východiskem je tedy budování tzv. geotermálních HDR elektráren. [20] [35]

Výhody využívání geotermální energie spočívají především v malých vlivech na životní prostředí, nezávislosti na dodávkách paliva, téměř bezobslužný provoz, nenarušuje

své okolí a nevypouští žádné škodliviny do ovzduší. Nespornou výhodou je relativně stálý výkon oproti proměnlivým výkonům některých OZE.

Nevýhody geotermální energie jsou v nejistotě ohledně geologických podmínek a vysokých investičních nákladů včetně investic zkušebních vrtů, které nakonec nemusí potvrdit vhodnost výstavby v plánovaném místě.

Svoji úlohu zde plní i tepelná čerpadla, která jsou využívána především koncovými uživateli. Zde se pak uvažuje nad počáteční investicí, která může být vysoká, ale je potřeba hledět na budoucí návratnost. [33] [35]



Obrázek č. 42: Potenciál využívání geotermální energie na území České republiky, převzato z [35]

6.5 Pohled do následujících let

V budoucích letech lze očekávat pozvolný rozvoj v oblasti využívání geotermální energie. V plánu je již započatá výstavba geotermální elektrárny, která by měla být postavena v Litoměřicích. Tato elektrárna by měla využívat systému HDR a měla by dosahovat tepelného výkonu až 40 MW. Výrobu elektřiny není prozatím možné předvídat. Z těchto parametrů je jasné, že elektrárna by měla být primárně zdrojem tepelné energie. Zkušební vrt byl započatý v listopadu roku 2006. [36]

Podle návrhu Státní energetické koncepce není však s výrazným rozvojem v této oblasti do budoucna počítáno.

7 Legislativa

Na závěr této práce je třeba zmínit několik legislativních zákonů souvisejících s problematikou tohoto tématu.

Mezi nejdůležitější zákony zcela jistě patří Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, který je stále platný. Tento zákon je nejvýznamnějším předpisem, který upravuje obnovitelné zdroje energie v České republice. Vznik byl podnícen zrušením dosavadního Zákona č. 180/2005 Sb., který zanikl ke dni 1. 1. 2013.

Předchůdcem zákona č. 180/2005 Sb. byly zákony č. 222/1994 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci a zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích.

Zákon č. 222/1994 Sb. obsahoval informace o nutnosti vykupování elektrické energie z OZE. Výkupní cenové tarify byly určovány dle předpisů, ale až v roce 1999 byly stanoveny mezi společnostmi a výrobcí dohody o výších cen za vyrobenou energii z OZE. Vzhledem k malé účinnosti této úpravy byl k datu 31. 12. 2000 zrušen.

V důsledku zrušení zákona č. 222/1994 Sb. byl vytvořen nový zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích, který nabyl platnosti 1. 1. 2001.

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů je rozdělen do sedmi částí. První část tohoto zákona se zabývá podporovanými zdroji energie. Je rozdělena do deseti hlav. První hlava se týká obecných ustanovení, které upřesňují předmět, účel, pravidla podpory a základní pojmy, které popisují OZE. Druhá hlava zahrnuje národní akční plán týkající se různých opatření a způsobů dosažení závazných cílů ohledně podílu energie z obnovitelných zdrojů. Třetí hlava obsahuje podporu elektřiny z obnovitelných zdrojů a druhotných zdrojů a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla. V této hlavě se objevují nejen podpory elektřiny a tepla, ale především jsou zde uvedeny práva a povinnosti subjektů na trhu s elektřinou,

formy podpory elektřiny, zelené bonusy na elektřinu a výkupní ceny včetně její výše. Čtvrtá hlava se týká odvodu z elektřiny ze slunečního záření. Pátá hlava pojednává o podpoře tepla z obnovitelných zdrojů. Šestá hlava je o financování podpory elektřiny a tepla. Podporou biometanu se zabývá hlava sedm. Zahrnuje podmínky a formu podpory včetně jejího financování, dále pak pojednává o zeleném bonusu na biometan. Hlava osm obsahuje podporu decentrální výroby elektřiny. Devátá hlava zmiňuje podmínky pro vydání, evidenci a uznávání záruk původu elektřiny z OZE a osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných zdrojů. Poslední, tedy desátá hlava se týká společných ustanovení, které zahrnují např. kontrolu, správní delikty právnických a podnikajících fyzických osob, rozhodování sporů, přechodná a zrušovací ustanovení.

Část dvě, tři a čtyři jsou o změnách a úpravách stávajících zákonů. Konkrétně o změnách energetického zákona, zákona o hospodaření energií a zákona o odpadech.

Část pátá a šestá se zabývá změnami ohledně zákona č. 402/2010 Sb. a zákona č. 281/2009 Sb. V zákoně č. 281/2009 Sb., který pojednává o změně některých zákonů v souvislosti s přijetím daňového řádu, se část sto padesátá druhá ruší.

Poslední částí tohoto zákona je sedmá část, která pojednává o účinnosti zákona.

Zákon má přispět k ochraně klimatu a životního prostředí, tím že se bude více podporovat a využívat obnovitelných zdrojů. Dále se zde vyskytuje pojem zelený bonus, to je označení pro druh podpory (výkupní cenu) za vyrobenou energii. [42]

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit a popsat rozvoj obnovitelných zdrojů energie v České republice z přírodního, technického a legislativního pohledu. Práci jsem tedy rozčlenil do jednotlivých okruhů podle druhu OZE. Může sloužit jako určitý přehled a náhled do problematiky oblasti OZE. Obsahem jednotlivých okruhů je historie, vysvětlení principů a funkcí, popis rozvoje, zhodnocení přírodních a technických vlivů.

Nejprve jsem začal popisem využití potenciálu vodní energie, protože má v České republice největší podíl na výrobě elektrické energie z představitelů OZE. Nejlepší možné využití vodní energetiky je v oblastech prudkých toků s velkými spády. Lze tedy říci, že v tomto odvětví nelze očekávat velký rozvoj do budoucích let, jelikož potenciál pro nová vodní díla o vysokém výkonu je takřka vyčerpán. Vodní elektrárny v ČR plní úlohu především jako zdroje doplňkové.

Význam větrných elektráren v ČR není tak velký jako v zahraničních státech, ve kterých mají lepší přírodní podmínky (zejména ve státech s přímořskými oblastmi). Výstavba větrných elektráren se vyplatí jen v horských oblastech, kde je dostatečná rychlost větru. Největší příspěvek do větrné energetiky přináší zcela jistě větrný park Kryštofovy Hamry, jedná se o největší a jediný park v ČR.

Solární energie má v ČR určitou perspektivu zejména pak fototermické systémy, které jsou čím dál tím více oblíbené. Fotovoltaické elektrárny zažily největší rozkvět v letech 2008-2010, kdy došlo k poklesu pořizovacích cen FV systémů při výších státní podpory. Toto období bylo označováno jako solární boom. Důsledkem byla úprava a novelizace zákona o snížení výkupních cen. Obecně má však fotovoltaika v ČR velký potenciál, ale dnes spíše jen pro úsporná opatření.

Využití potenciálu biomasy má v ČR také budoucnost. Biomasa jako zdroj energie je čím dál tím více využívána to i v domácnostech. Naopak kogenerační jednotky nejsou v ČR moc rozšířené. Své využití nachází tam, kde lze vyrobenou energii ihned spotřebovat a využít ji tak pro pokrytí své spotřeby.

Geotermální energie nemá v ČR výhodné podmínky, pro velký rozvoj. Využívají se spíše jen tepelná čerpadla a větší zařízení jsou v ČR použity jen dvě, využívaná také pro tepelné účely. Dle mého názoru nelze očekávat v budoucích letech výrazný pokrok, protože toto odvětví není perspektivním řešením z pohledu cena / výkon.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-01-02802-x.
- [2] Historické mezníky. *Abeceda vodních pohonů* [online]. [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/index.htm>
- [3] Křižíkova elektrárna. *Borovice.cz* [online]. [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.borovice.cz/tema-borovice/technicke-pamatky/krizikova-elektrarna/>
- [4] Vodní kola – Přemysl Socha. *Typy vodních kol* [online]. © 2009 – 2012 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: http://www.vodnikola.cz/typy_vodnich_kol.html
- [5] J. ŠKORPIL, J.M. *Obnovitelné zdroje energie I: vodní elektrárny*. 2. vyd., přeprac. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000. ISBN 9788070826751.
- [6] KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 1998, 96 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [7] Vodní elektrárny ČEZ v České republice. *SKUPINA ČEZ* [online]. [2015] [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny-cez/ceska-republika.html>
- [8] Vodní energie. *Ekwatt* [online]. © 2008 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/vodni-energie.shtml>
- [9] Turbinenarten. *Bayerische Landeskraftwerke* [online]. [2015] [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.landeskraftwerke.de/turbinenarten.htm>
- [10] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 9788024732503.
- [11] Teplo vody a její pohybová energie. *Tzbinfo* [online]. 2007 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4184-teplo-vody-a-jeji-pohybova-energie>
- [12] Voda. *ČEZ*. [online]. [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: http://www.cez.cz/eede/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/01/voda_1.html
- [13] KUBÍN, Miroslav a kol. *Rozvoj energetiky v Československu*. Praha: České energetické závody, koncern, 1989
- [14] KOLEKTIV AUTORŮ. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. Praha 2003 [cit. 27. 3. 2015]. Dostupné v elektronické verzi z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/obnovitelne_zdroje_v_cr.pdf
- [15] DIERET: Hydro. *HYDROPOWER* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.inforse.org/europe/dieret/Hydro/hydro.html>
- [16] Výstavba nových vodních elektráren v ČR. *nazeleno* [online]. 2011 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vystavba-novych-vodnich-elektraren-v-cr-jake-jsou-plany.aspx>

- [18] Větrné mlýny v českých zemích. *Povětrník* [online]. 2010 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.povetrnik.cz/rs/view.php?cislocclanku=2005121201>
- [19] Větrné mlýny v českých zemích. *Povětrník*. [online]. 1997-2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.povetrnik.cz/rs/>
- [20] HANSLIAN, David; HOŠEK, Jiří; ŠTEKL, Josef. *Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území ČR* [online]. Praha 2008 [cit. 28. 3. 2015]. Dostupné v elektronické verzi z: http://www.ufa.cas.cz/files/OMET/potencial_ufa.pdf
- [21] Strojovna větrné elektrárny. *ČSVE* [online]. 2013 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny/324>
- [22] Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2013* [online]. Praha 2014 [cit. 18. 3. 2015] Dostupné v elektronické verzi z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2013.pdf/20c3f587-a658-49f7-ace9-56be8a66b7b9
- [23] Solar is future: Získávání energie ze světla. *Myslete na budoucnost – počítejte se Sluncem* [online]. 2015 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.solar-is-future.cz/energie-ze-slunce/jak-funguje-fotovoltaika/ziskavani-energie-ze-svetla/index.html>
- [24] Problémy fotovoltaických projektů z hlediska energetického auditu. *Tzbinfo* [online]. 2008 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5073-problemy-fotovoltaickych-projektu-z-hlediska-energetickeho-auditu>
- [25] Stručná historie fotovoltaiky. *Tzbinfo* [online]. 2014 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>
- [26] Aplikace solárních fotovoltaických systémů. *Publi* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/06.html>
- [27] Druhy OZE. *Czech RE Agency* [online]. 2003-2009 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze>
- [28] Ready for wind power? It's time. *ELECTRICAL ENGINEERING PORTAL* [online]. 2011 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://electrical-engineering-portal.com/ready-for-wind-power-its-time>
- [29] Solární historie v ČR a SR. *Tzbinfo* [online]. 2004 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1940-solarni-historie-v-cr-a-sr>
- [30] Historie fotovoltaiky. *profielektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/historie-fotovoltaiky/view>
- [31] Solární systémy a jejich využití. *Pozorování Slunce* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>
- [32] Historie výzkumu a využití geotermální energie. *Geoterm* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.geoterm.cz/geotermalni-energie/historie-vyzkumu>

- [33] ŠPIČKOVÁ, I; ŠTURCOVÁ, J; ŠUDŘICHOVÁ M. *Využití geotermální energie* [online]. [cit. 28. 3. 2015]. Dostupné v elektronické verzi z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf
- [34] ÚSTAV FYZIKY A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ. *Energie biomasy* [online]. Zlín [cit. 28. 3. 2015]. Dostupné v elektronické verzi z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_14.pdf
- [35] Sílu geotermální energie v Česku zatím nikdo nevyužívá. Brzy by se to však mohlo změnit. *Prumysl.* [online]. 2012 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.prumysl.cz/silu-geotermalni-energie-v-cesku-zatim-nikdo-nevyuziva-brzy-by-se-to-vsak-mohlo-zmenit/>
- [36] Projekt "Geotermální energie Litoměřice". *Litoměřice Geotermální energie.* [online]. 2013 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://prvnigeotermalni.cz/cz/o-projektu/projekt-geotermalni-energie-litomerice>
- [37] MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy.* 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 106 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.
- [38] Kogenerace pro rodinné domy: Vyrábějte teplo a elektřinu najednou. *air technic* [online]. 2013 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.airtechnic.cz/vyroba-elektricke-energie-zplynovanim-biomasy.html>
- [39] Co jsou kogenerační jednotky. *TEDOM* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/co-jsou-kogeneracni-jednotky.html>
- [40] Energie biomasy. *ekoWATT* [online]. 2007 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [41] Bioplynová stanice. *Ekonom* [online]. 2010 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://img.ihned.cz/attachment.php/850/25377850/aisuv487HLMNOj6Pbcdehpqrxyz0Tw2V/25_EK18_25.jpg
- [42] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. *Tzbinfo* [online]. 2010 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-o-podporovanych-zdrojich-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu>
- [43] MVE Pod Zámkem. *KOVOVITÁK* [online]. 2013 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.opravymve.cz/mve-pod-zamkem/>
- [44] Energetický regulační úřad. *Cenové rozhodnutí ERÚ 4/2013* [online]. Jihlava 2013 [cit. 18. 3. 2015] Dostupné v elektronické verzi z: http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/ERV7_2013titul_konec_fi.pdf
- [45] ŠKORPIL, J. Vodní elektrárny, nekonvenční zdroje. (přednáška) Plzeň: ZČU FEL, 10.2.2015.