

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**STUDIE VYUŽITELNOSTI OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ
ENERGIE V ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na obnovitelné zdroje energie a to na energii sluneční, větrnou, vodní, geotermální, na energii prostředí a na energii biomasy. V práci je uveden původ jejich vzniku, způsoby jejich využití za záměrem získání elektrické nebo tepelné energie a výhody respektive nevýhody jejich používání. U jednotlivých zdrojů je uveden jejich potenciál a způsoby využívání na území ČR. Popsán je též jejich podíl na energetice v ČR.

The Abstract

This bachelor's thesis is focused on the renewable sources of energy, especially on the solar, wind, water and geothermal energy and on energy of environment and biomass. The thesis includes information about their origin, ways of their using for the production of the electrical or thermal energy and advantages and disadvantages of their using. There is information about potential of the individual sources for the Czech Republic. There is described their contribution to the energetic industry in the Czech Republic as well.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Studie využitelnosti obnovitelných zdrojů energie v ČR“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 2. 6. 2016

Tomáš Kapras

Obsah

1. Úvod	7
1.1 Definice obnovitelných zdrojů	8
1.2 Historie využívání energie obnovitelných zdrojů	9
1.3 Výhody a nevýhody obnovitelných zdrojů	9
1.4 Výroba elektrické energie v ČR	9
2. Energie Slunce.....	11
2.1 Potenciál sluneční energie v ČR	12
2.2 Fotovoltaika.....	12
2.2.1 Fotovoltaický jev	13
2.2.2 Výroba a druhy fotovoltaických článků.....	13
2.2.3 Fotovoltaické systémy	14
2.2.4 Fotovoltaika v ČR.....	15
2.3 Sluneční teplo.....	16
2.3.1 Sluneční kolektory	16
2.3.2 Druhy slunečních kolektorů.....	18
2.3.3 Solární systém.....	18
2.3.4 Rozdělení solárních systémů	18
2.3.5 Využití slunečního tepla	20
2.4 Fotovoltaicko-tepelné kolektory	20
2.5 Solární tepelné elektrárny	20
3. Energie větru	21
3.1 Princip větrných elektráren	22
3.1.1 Princip odporový.....	23
3.1.2 Princip vztlakový	23
3.2 Přeměna mechanické energie na elektrickou	24
3.3 Druhy větrných elektráren.....	25
3.3.1 Větrná nabíječka	25
3.3.2 Větrné elektrárny a parky	25
3.4 Potenciál větrné energie v ČR.....	25
3.5 Větrné elektrárny v ČR	26
4. Energie vody.....	27
4.1 Vodní stroje.....	28

4.1.1	Vodní kola.....	28
4.1.2	Vodní turbíny.....	28
4.2	Vodní elektrárny.....	29
4.2.1	Vodní elektrárny říčního typu.....	30
4.2.2	Přečerpávací elektrárny.....	30
4.2.3	Mořské vodní elektrárny.....	31
4.3	Hydroenergetický potenciál v ČR.....	31
4.4	Vodní elektrárny v ČR a výroba elektřiny.....	31
5.	Geotermální energie	33
5.1	Způsoby využití geotermální energie.....	34
5.2	Potenciál geotermální energie v ČR.....	35
5.3	Využití geotermální energie v ČR.....	35
6.	Energie prostředí	36
6.1	Princip tepelného čerpadla	36
6.2	Druhy tepelného čerpadla	36
6.3	Systémy s tepelnými čerpadly.....	40
6.4	Tepelná čerpadla v ČR.....	40
7.	Energie biomasy	41
7.1	Rozdělení biomasy	41
7.1.1	Biomasa rostlinného původu	42
7.1.2	Biomasa živočišného původu	43
7.2	Způsoby využití biomasy k energetickým účelům.....	43
7.2.1	Termochemická přeměna.....	44
7.2.2	Biochemická přeměna.....	44
7.2.3	Fyzikálně-chemická přeměna	45
7.3	Emise při využívání biomasy	45
7.4	Biomasa v ČR	46
8.	Závěr	47

Seznam použitého značení

g	gravitační zrychlení	m/s^2
h	výška nad zemským povrchem	m
h_0	výška nad zemským povrchem	m
n	drsnost povrchu	–
r	reflexní schopnost skel	–
v	průměrná rychlost	m/s
v^*	průměrná rychlost ve výšce h	m/s
v_0^*	průměrná rychlost ve výšce h_0	m/s
E_T	hydroenergetický potenciál	W
H	geodetický spád	m
I_C	intenzita dopadajícího záření	W/m^2
I_0	solární konstanta	W/m^2
P_v	celkový výkon větru	W/m^2
Q	průměrný průtok	m^3/s
U	součinitel prostupu tepla	$W/m^2 \cdot K$
ρ	hustota	kg/m^3

1. Úvod

Energie je jedním z nejdůležitějších pojmů ve vesmíru. Bez energie by neexistoval život tak, jak ho známe, neexistovalo by lidstvo, ale ani živočichové a rostliny. Můžeme tedy říct, že jsme na energii neoddiskutovatelně závislí a to hlavně na energii dodávané na Zem Sluncem neboť právě to je zdrojem téměř veškeré energie na naší planetě. Výjimku tvoří energie radioaktivních prvků, která pochází už z dob vzniku Země.

V lidské historii existuje mnoho zdrojů energie a to od obyčejného ohně přes využívání zvířecí energie až po atomovou energii. Hlavním zdrojem energie jsou v současnosti tzv. fosilní paliva, kterými rozumíme ropu, zemní plyn, černé a hnědé uhlí a rašelinu. Tato paliva jsou spalována s kyslíkem, při čemž je produkováno teplo, které se následně převádí na mechanickou energii (spalovací motory) nebo pomocí dílčích procesů získáváme energii elektrickou (tepelné elektrárny).

Mnozí z nás si ani nedokáží představit život bez fosilních paliv, ale jejich ložiska nejsou nevyčerpatelnými. Existují mnohé prognózy, kdy dojde k jejich vyčerpání, podle některých už dnes mělo být lidstvo bez těchto zdrojů energie, jiné jsou mnohem optimističtější. Z toho plyne, že sice nevíme, kdy k tomu dojde, ale není to příliš vzdálená budoucnost a proto musíme hledat nové zdroje energií.

Omezená zásoba fosilních paliv ovšem není jediný problém proč hledat nové zdroje. Větším problémem je jejich nepříznivý vliv na životní prostředí. Při spalování fosilních paliv uniká do atmosféry oxid uhličitý CO_2 , který je jedním z tzv. skleníkových plynů, které zabraňují části slunečního záření, aby se odrazila zpět do vesmíru. Skleníkový efekt není způsobem jen lidským faktorem, je to přirozený jev, díky kterému žijeme na modré a ne na ledové planetě, ovšem jeho umocňováním způsobujeme nepříznivé globální oteplování. Z toho vyplývá, že lidstvo musí omezit spotřebu fosilních paliv a tím snížit emise oxidu uhličitého a zároveň je to další z důvodů proč hledat nové alternativní (obnovitelné) zdroje energie.

1.1 Definice obnovitelných zdrojů

Obnovitelnými zdroji energie jsou takové zdroje, které jsou nevyčerpatelné, sami se obnovují. Někdo by mohl namítnout, že Slunce také vyhasne a měl by pravdu, ovšem doba, za kterou dojde k jeho vyhasnutí je ve srovnání se zásobami fosilních paliv nesrovnatelně delší.

Český zákon o životním prostředí definuje obnovitelné zdroje následovně: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebování částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“ [1]

Zákon č. 180/2005 sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů definuje obnovitelné zdroje takto: „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ [2]

1.2 Historie využívání energie obnovitelných zdrojů

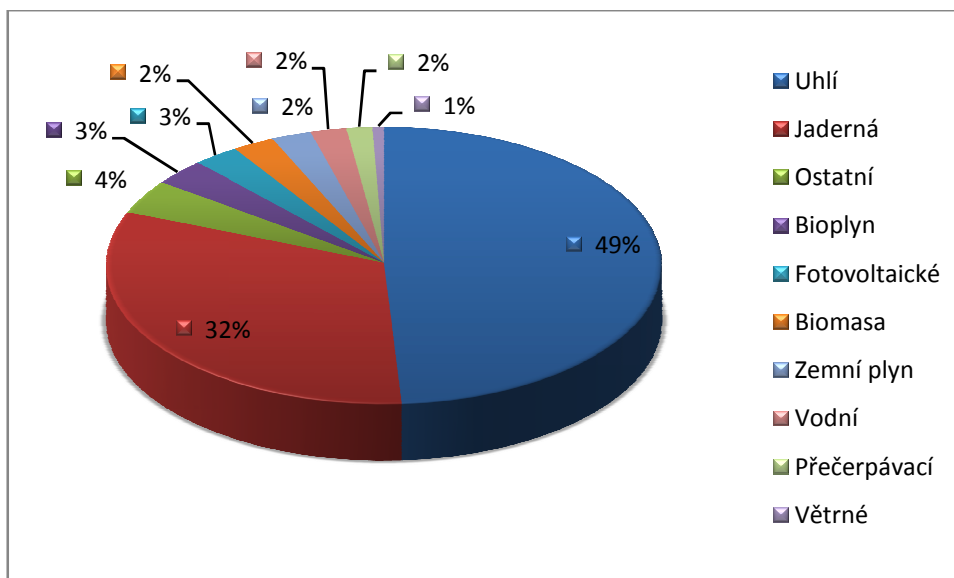
Obnovitelné zdroje energie nejsou pro lidstvo nové, jsou naopak využívány déle než fosilní paliva a dříve tvořili primární zdroje energie. Využívala se hlavně energie ohně, energie větru k roztáčení lopatek větrného mlýnu na mletí obilí a obdobně byla využívána energie vodních toků, která byla zároveň používána těžaři ke splavování dřeva z odlehlých oblastí. Ovšem se začátkem využívání uhlí, objevu spalovacího motoru a dalších vlivů naneštěstí upadly alternativní zdroje energie na druhou kolej. Dnes se ovšem opět dostávají do popředí a to z hlediska jejich nesporných výhod a perspektiv jejich využití.

1.3 Výhody a nevýhody obnovitelných zdrojů

Jednou z výhod je velký energetický potenciál, který by při zvýšení účinnosti zařízení konstruovaných na získávání energie z těchto zdrojů dokázal pokrýt primární spotřebu energie a nahradit fosilní zdroje. Další nespornou výhodou je, že při výrobě energie z těchto zdrojů nevznikají odpadní látky nebo pouze v malém množství a nezatěžují tak životní prostředí. Hlavní nevýhodou je nutnost vhodného umístění elektráren, stále malá účinnost výroby elektrické energie z těchto zdrojů a zároveň kolísavost těchto zdrojů. [3]

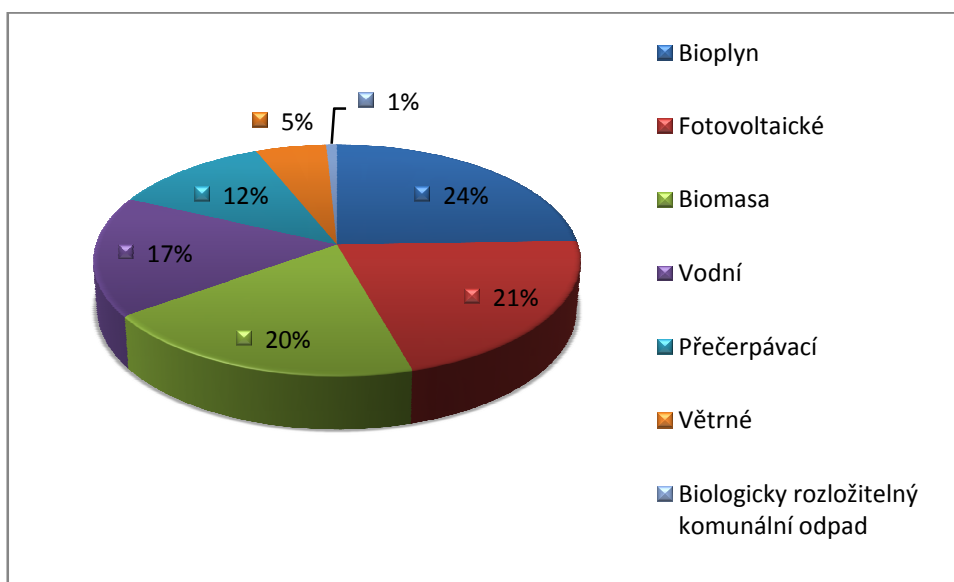
1.4 Výroba elektrické energie v ČR

V České republice se v roce 2015 vyrobilo celkem 83 888 GWh elektrické energie, z čehož nejvíce (49 %) vyprodukovaly uhelné elektrárny. Výroba z dalších zdrojů je uvedena na obrázku 1-1. [4]



Obr. 1-1 Výroba elektřiny brutto v ČR v roce 2015 [4]

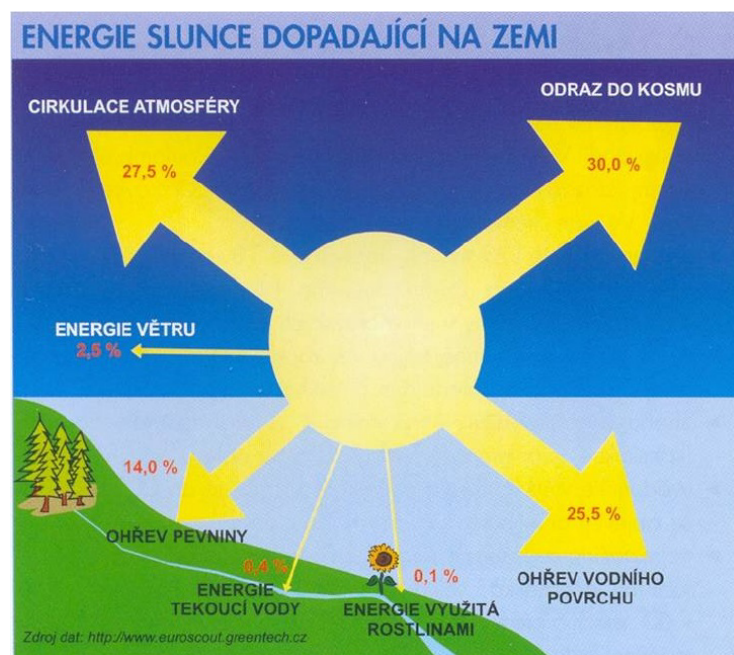
Podíl obnovitelných zdrojů na celkové brutto výrobě elektrické energie v ČR v roce 2015 byl 12,75 %, což představuje 10 699 GWh. Konkrétní podíl jednotlivých obnovitelných zdrojů na tomto množství je uveden na obrázku 1-2. Podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů na tuzemské brutto spotřebě se v roce 2015 dostal na hodnotu 13,27 %, v roce 2014 to bylo 13,17 %. [4]



Obr. 1-2 Výroba elektřiny brutto v ČR z obnovitelných zdrojů v roce 2015 [4]

2. Energie Slunce

Slunce je největším tělesem ve sluneční soustavě, jehož stáří je odhadováno na 4,6 miliard let a předpokládá se, že svítit bude ještě následujících 5 až 7 miliard let, což z něho činí dlouhodobý zdroj energie. Jedná se o kouli žhavého plazmatu o průměru zhruba 1 400 000 km, hustotě $1\,400\text{ kg/m}^3$ a o hmotnosti, která představuje 99,8 % hmotnosti soustavy. Složení není homogenní, jiné je složení na povrchu a jiné v jádře, ale odhaduje se, že se jeho hmotnost ze 75 % skládá z vodíku a z 25 % z helia. Teplota na povrchu Slunce je přibližně 5 800 K a v jádru, kde probíhají termonukleární reakce, dokonce $13 \cdot 10^6$ K. Právě termonukleární reakce v jádru činí ze Slunce obrovský zdroj energie. Výkon Slunce je zhruba $4 \cdot 10^{26}$ W, z čehož na Zem dopadá asi 45 miliardtin. Množství energie dopadající na jeden čtverečný metr zemské atmosféry je průměrně $1\,360\text{ W/m}^2$ a nazývá se solární konstantou I_0 . Velká část slunečního záření je pohlcena zemským povrchem a poté vyzářena zpět do vesmíru a rovněž nezanedbatelná část energie se spotřebuje na ohřátí a odpaření vody v oceánech (viz obrázek 2-1). [5]

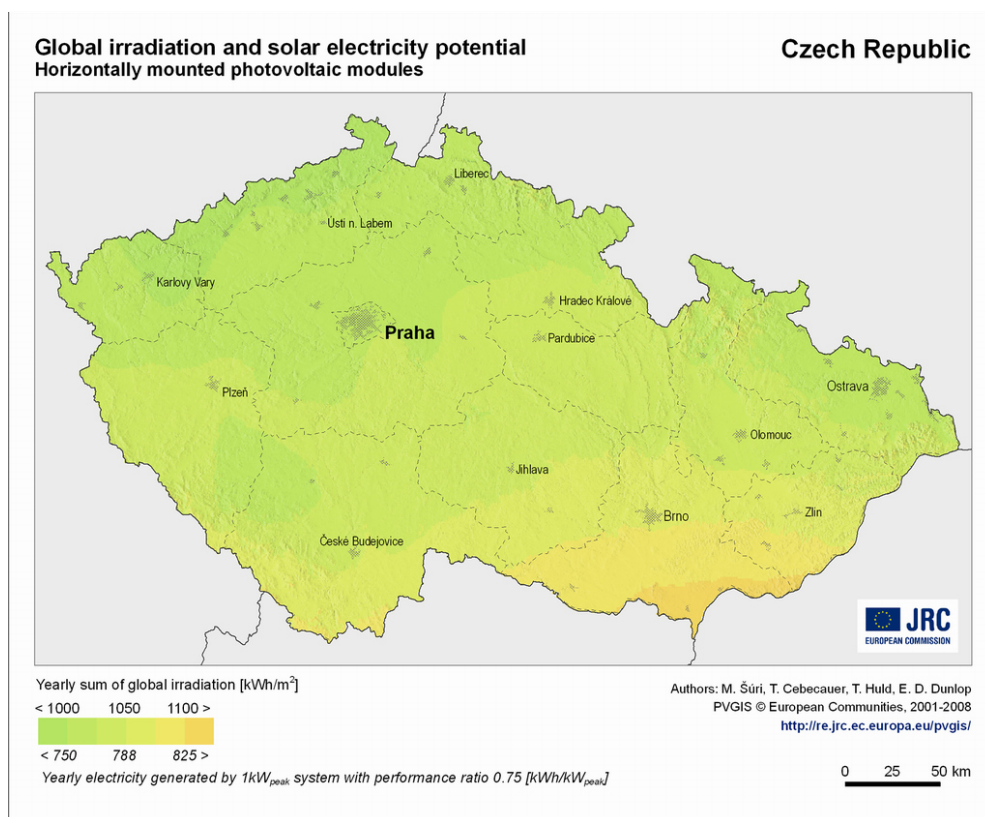


Obr. 2-1 Sluneční energie dopadající na Zemi [6]

Sluneční energii můžeme využívat třemi způsoby. Prvním a mnohem starším způsobem je způsob tepelný, který je využíván k ohřevu vody nebo vzduchu. Druhým a podstatně novějším způsobem je přímá přeměna slunečního záření v energii elektrickou pomocí fotovoltaických technologií. Třetím způsobem je výroba elektrické energie prostřednictvím solárních tepelných elektráren.

2.1 Potenciál sluneční energie v ČR

Česká republika leží v mírném podnebném pásmu, což má za následek menší dopadající množství sluneční energie než tomu je např. v jižní Evropě, ale i tak je to dostatečné množství pro využití za energetickými účely. Nejvíce slunečního záření dopadá na oblast jižní Moravy, naopak nejméně do oblasti severozápadních Čech. Množství dopadajícího slunečního záření během roku i dne kolísá a jeho průměrná roční suma se v ČR (obrázek 2-2) pohybuje mezi 1 000 a 1 100 kWh/m².



Obr. 2-2 Roční suma dopadajícího slunečního záření v ČR [7]

2.2 Fotovoltaika

Základem fotovoltaických technologií je tzv. fotovoltaický jev. Tento jev byl objeven francouzským fyzikem Edmundem Bequerelem v první polovině 19. století a později vysvětlen Albertem Einsteinem.

První využití fotovoltaické technologie připadá do kosmonautiky, kde je hlavním zdrojem energie pro vesmírné sondy a družice. Do běžného života se dostaly fotovoltaické články instalací do malých zařízení jako například do hodinek nebo kalkulaček. V posledních letech se fotovoltaika dostala do popředí zájmu a to zejména z důvodu perspektivy jejího budoucího využití jako zdroje energie a také z důvodu vládních dotací, které přilákaly zájem investorů. [8]

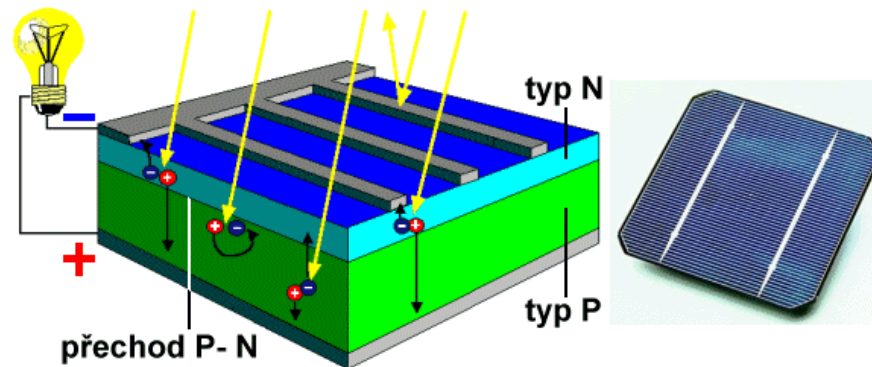
2.2.1 Fotovoltaický jev

Jedná se o základní princip fotovoltaických článků, který spočívá v uvolňování elektronů, čímž je v látce generován pár elektron – díra. Uvolnění elektronu je vyvoláno absorpcí elektromagnetického záření, jejímž důvodem je interakce fotonů slunečního záření s částicemi hmoty. [5]

Za nejjednodušší fotovoltaický článek můžeme označit diodu s PN přechodem (viz obrázek 2-3). Na přechodu materiálů P a N dochází ke vzniku přechodové vrstvy PN a elektrického pole o vysoké intenzitě. Toto pole je příčinou pohybu volných nositelů náboje. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi kontakty článku, vzniká stejnosměrný proud přímo úměrný intenzitě dopadajícího slunečního záření a ploše článku. [9]

K dosažení fotovoltaické přeměny musejí být splněny následující podmínky:

- foton musí být pohlcen,
- foton musí excitovat elektron do vyššího vodivostního pásu,
- vzniklá dvojice elektron (-) – díra (+) musí být separována, aby se znovu nespojila,
- oddělené náboje budou odvedeny ke spotřebiči. [9]



Obr. 2-3 Fotovoltaický článek [10]

2.2.2 Výroba a druhy fotovoltaických článků

Hlavní surovinou při výrobě fotovoltaických článků je křemík o čistotě vyšší než 99,9 %, jeho výroba je ovšem energeticky náročná. Z toho důvodu jsou fotovoltaické články posuzovány hlavně podle množství použitého křemíku a energetické náročnosti jejich výroby. [3]

Největší zastoupení v dnešní fotovoltaice mají články z krystalického křemíku (články tzv. první generace) a tenkovrstvé panely (články tzv. druhé generace). [11]

Křemíkové fotovoltaické články

Jedná se o nejpropracovanější technologii fotovoltaických článků současnosti. Zastupují až 85% podíl ze všech používaných fotovoltaických článků. Základ tvoří plátek, nejčastěji z monokrystalického křemíku, čtvercového tvaru (200x200 mm) o tloušťce 0,2 až 0,3 mm.

Sériově vyráběné křemíkové články se vyznačují dlouhou životností (minimálně 30 let) a účinností 14 až 17 % (u laboratorních článků až 30 %). Jejich nevýhodou je velká energetická náročnost výroby, která podle ČEZu dosahuje hodnoty rovné množství vyrobené energie těmito články za pět let provozu v našich geografických podmínkách. [11]

Tenkvrstvé panely

Výroba těchto panelů vyžaduje menší množství čistého křemíku, který je nahrazován křemíkem s polykrystalickou a amorfni strukturou. Tyto panely jsou vyrobeny přímo na nosné ploše (sklo, plastová folie, ocelový plech) a vyznačují se menší hmotností oproti křemíkovým článkům. Účinnost tenkvrstevných křemíkových panelů se pohybuje pod 10 %, oproti tomu struktura CIS (měď, indium, selen) dosahuje účinnosti až 15 %. [11]

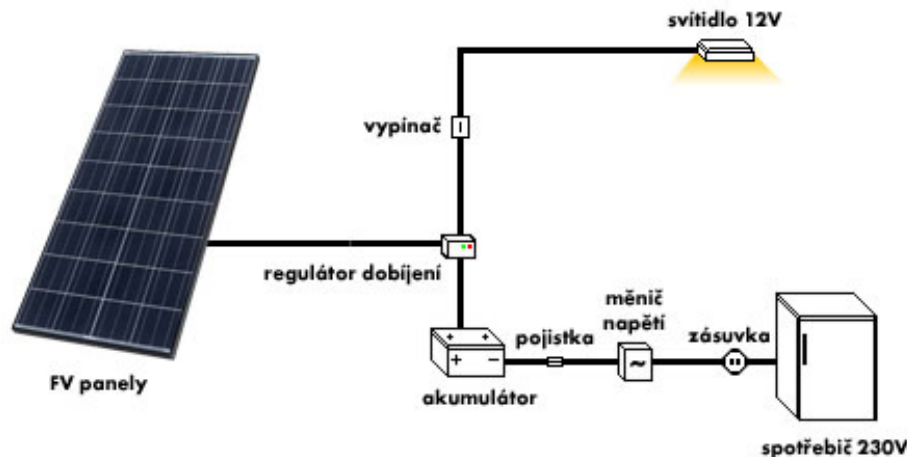
2.2.3 Fotovoltaické systémy

Ostrovní systémy

Pod pojmem ostrovní systém rozumíme takový systém, který není připojený na rozvodnou síť (grid – off). Budovány jsou na místech, kde jsou náklady na pořízení fotovoltaické technologie menší než na vybudování elektrické sítě (např. horské chaty). U této technologie je kladen důraz na minimalizaci ztrát energie. [12]

- a) **Systémy s přímým napájením** jsou používány tam, kde není vyžadován provoz připojeného zařízení v době bez dostatečné sluneční intenzity. Příkladem použití je napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu vody nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů. [12]
- b) **Systémy s akumulací elektrické energie** (obrázek 2-4) jsou opatřeny akumulátorovou baterií, která je v době dostatečné sluneční intenzity nabíjena a v době bez dostatečné sluneční intenzity zajišťuje dodávku elektrické energie do připojených elektrických zařízení. Příklady použití jsou rodinné domy, chaty, napájení dopravní signalizace nebo například zahradní svítílny. [12]

Systém s akumulací elektrické energie (12V i 230V)



Obr. 2-4 Ostrovní fotovoltaický systém [13]

- c) **Hybridní systém** bývá opatřen doplňkovým zdrojem elektrické energie (například malá větrná elektrárna nebo kogenerační jednotka), který pokrývá spotřebu v zimních měsících nebo při provozu zařízení s vysokým příkonem. Vyskytuje se také bez doplňkového zdroje, v tom případě však musí být instalován větší výkon systému, což sebou nese zvýšení finančních nároků. [12]

Systémy dodávající energii do sítě

Takové systémy v době dostatečné sluneční intenzity napájí elektrická zařízení v budově a případný přebytek je dodáván do elektrické sítě. Naopak v době nedostatku sluneční intenzity je elektrická energie ze sítě odebírána. Příklad použití: rodinné domy, posilovače koncových větví rozvodné sítě a v neposlední řadě fotovoltaické elektrárny. [12]

2.2.4 Fotovoltaika v ČR

Fotovoltaika v ČR se v posledních letech rozrůstá a to zejména díky vládní podpoře. Podle Energetického regulačního úřadu bylo k 31. 3. 2016 v ČR 28 294 instalací slunečních elektráren o celkovém instalovaném výkonu 2 123,12 MW, což v přepočtu na obyvatele klade ČR na šesté místo v žebříčku států Evropské unie. Za rok 2015 bylo fotovoltaickou technologií v ČR vyrobeno 2 264 GWh elektrické energie, což představuje 2,7 % celkové brutto výroby elektřiny. [4][14][15]

Jak už bylo uvedeno výše, v České republice se vyskytuje velké množství fotovoltaických aplikací a to od malých instalací až po fotovoltaické elektrárny. Největší českou fotovoltaickou elektrárnou je Ralsko Ra 1 (obrázek 2-5), která byla

spuštěna v roce 2010 a její instalovaný výkon dosahuje 38,3 MW. Budování nových fotovoltaických elektráren je podmíněno vyhledáním vhodné lokality a nemalými investičními náklady. [16]



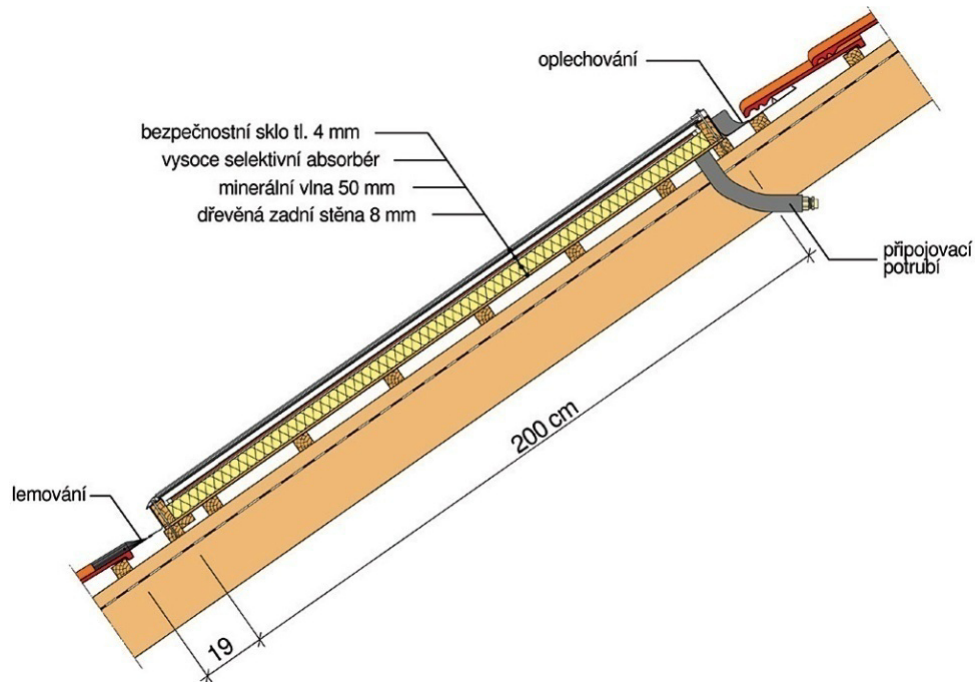
Obr. 2-5 Fotovoltaická elektrárna Ralsko Ra 1 [17]

2.3 Sluneční teplo

Využívání slunečního tepla je nejstarším způsobem využití sluneční energie. Dříve se využívalo k ohřevu vody v nádobě. V současné době je základní princip, ohřev teplotosné látky, stále stejný, pouze způsob se poněkud změnil. Teplotosná látka proudí trubicemi solárních kolektorů, kde je ohřívána sluneční energií.

2.3.1 Sluneční kolektory

Sluneční neboli solární kolektory se skládají z několika paralelních vrstev a to z vrstvy transparentní, absorpční a izolační. Energie slunečního záření se mění na teplo a pomocí vedení, proudění a sálání je ohřívána teplotosná látka. Schéma slunečního kolektoru je znázorněno na obrázku 2-6. [18]



Obr. 2-6 Schéma kolektoru [19]

Vrchní vrstvou kolektoru je krycí sklo, které je zároveň osluněnou plochou kolektoru. Na krycí sklo dopadá sluneční záření, které se z části odráží, ale z větší části je propouštěno. Zde dochází ke ztrátám a to ke ztrátám optickým. Pro velikost optických ztrát je důležitá reflexní schopnost skel r [–], která závisí na tloušťce a druhu skel a pohybuje se mezi 0,1 až 0,2. Z toho nám vyplývá, že 80 až 90 % dopadajících slunečních paprsků je propouštěno. Optickou účinnost kolektoru můžeme při známé hodnotě intenzity dopadajícího slunečního záření I_c [W/m^2] vyjádřit výrazem $(1 - r)I_c$, v případě dvou skel $(1 - 2r + r^2)I_c$. Z uvedených vztahů je patrné, že optická účinnost kolektoru s jedním krycím sklem je větší než optická účinnost kolektoru se dvěma skly. V praxi při teplotách do 50 °C dosahují kolektory s jedním krycím sklem vyšší energetické účinnosti. Naproti tomu kolektory s dvěma krycími skly jsou vhodné pro dosažení vyšších teplot.

V kolektorech dochází, mimo optických ztrát, ještě ke ztrátám tepelným. Tepelné ztráty závisí na hodnotě celkového součinitele prostupu tepla U vrstev nad absorbérem a pod ním. U běžných solárních kolektorů s jedním sklem dosahuje součinitel prostupu tepla hodnoty $U = 6,0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ a v případě kolektorů se dvěma skly $U = 4,0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$. [18]

2.3.2 Druhy slunečních kolektorů

Podle druhu teplotnosné látky dělíme kolektory na kapalinové a vzduchové, ve kterých, jak už vyplývá z jejich názvu, je k přenosu tepelné energie využita kapalina respektive vzduch.

Podle tvaru dělíme kolektory na ploché a trubicové, které mají absorber zatavený ve vakuové trubici, což snižuje ztráty a zvyšuje účinnost kolektoru.

Dále existují tzv. koncentrační kolektory, které mají menší absorpční plochu. Koncentrační kolektory dosahují vyšších teplot a účinnosti, často bývají doplněny polohovacím zařízením. [12]

Mezi kolektory můžeme také zařadit energetické fasády. Před venkovní zdí objektu je vytvořen transparentní plášť, zeď je ohřívána slunečním zářením a od ní je pak ohřívám i proudící vzduch. Takovéto provedení můžeme vidět na budově Fakulty stavební ČVUT v Praze v Dejvicích. [8]

2.3.3 Solární systém

Hlavní součástí solárního systému jsou již výše popsané sluneční kolektory. Opatření může být také oběhovým čerpadlem, které zajišťuje cirkulaci teplotnosné látky. Další součástí je solární zásobník sloužící k přípravě a akumulaci teplé vody, a aby nedošlo k poškození, musí mít solární zásobník objem odpovídající ploše kolektorů. Zásobník je opatřen přívodem studené a vývodem teplé vody, solárním výměníkem tepla umístěným co nejnižší, výměníkem ústředního topení zajišťující ohřev při nedostatku sluneční energie a často také elektrickým topným tělesem. [12]

2.3.4 Rozdělení solárních systémů

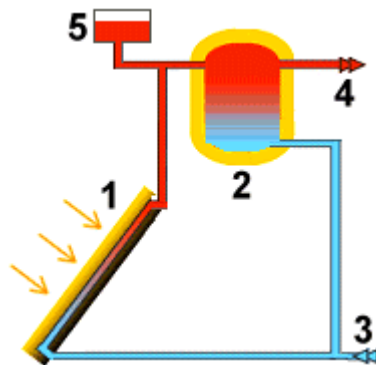
Podle způsobu oběhu teplotnosné látky

- a) **Solární systémy se samotížným oběhem**, ve kterých je k cirkulaci teplotnosné látky využíván rozdíl hustot mezi ohřátou a ochlazenou teplotnosnou látkou. Z toho důvodu je nezbytné umístit kolektory níže než zásobník. Výhodou solárních systémů se samotížným oběhem je jejich jednoduchost, nižší pořizovací náklady a spolehlivost. Naopak nevýhodou je horší regulace průtoku kapaliny kolektorem. [12]
- b) **Solární systémy s nuceným oběhem**, u kterých je k cirkulaci teplotnosné látky využíváno oběhové čerpadlo. Oproti samotížnému oběhu je možnost regulace průtoku kapaliny kolektorem, což má za následek vyšší účinnost. Nevýhodou je

větší složitost, pořizovací náklady a závislost na spolehlivosti oběhového čerpadla. [12]

Podle počtu okruhů

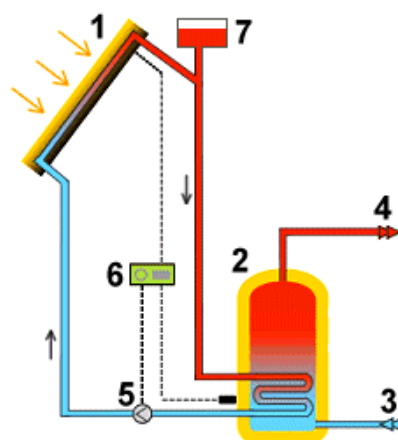
- a) **Jednookruhové systémy** (viz obrázek 2-7) ohřívají vodu bez výměníku tepla. Využívají se výhradně v jednoduchých systémech pro sezónní ohřev vody (bazény) a to z důvodu nebezpečí zamrznutí vody při nízkých teplotách a vlivem používání neupravené vody k zanášení koroze. Výhodou je jejich jednoduchost, nízké pořizovací náklady a vysoká účinnost přenosu tepla. [12]



1. solární kolektor
2. zásobník teplé vody
3. přívod studené vody
4. odběr teplé vody
5. expanzní nádoba

Obr. 2-7 Jednookruhový systém [20]

- b) **Dvouokruhové systémy** (viz obrázek 2-8) jsou opatřeny výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy, z nichž jeden ohřátou kapalinu odvádí od kolektorů do výměníku a druhý vede teplo z výměníku do místa spotřeby. Oproti jednookruhovým systémům je možné využívat dvouokruhové systémy pro celoroční provoz. Nevýhodou jsou ztráty ve výměníku, z čehož vyplývá horší účinnost, dále jejich složitost a vyšší pořizovací náklady. [12]



1. solární kolektor
2. tepelný výměník
3. přívod studené vody
4. odběr teplé vody
5. oběhové čerpadlo
6. automatická regulace
7. expanzní nádoba

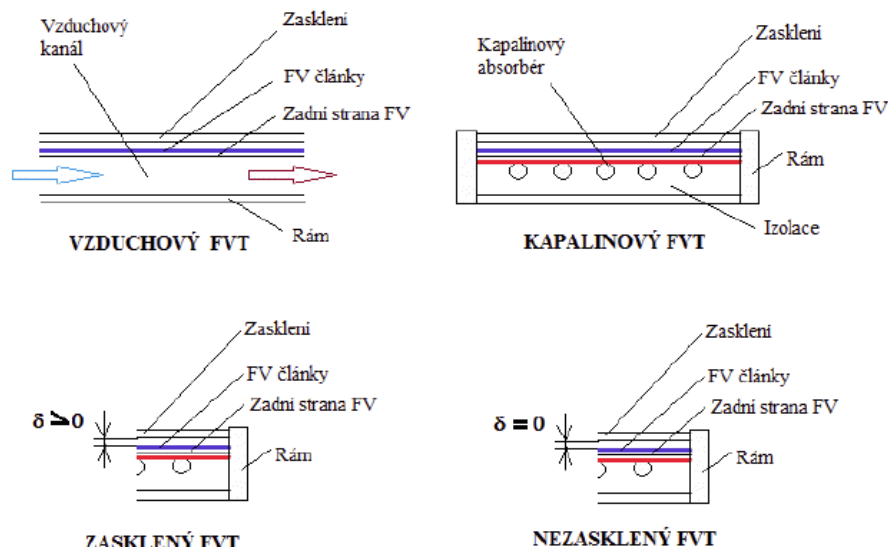
Obr. 2-8 Dvouokruhový systém [21]

2.3.5 Využití slunečního tepla

Systémy pro využití sluneční energie se jako zdroje tepla používají např. k ohřevu vody v bazénech, vody pro ústřední vytápění, chlazení prostorů nebo k sušení zemědělských plodin. [18]

2.4 Fotovoltaicko-tepelné kolektory

Jedná se o kombinované využití sluneční energie k výrobě elektřiny a k ohřevu teplotosné látky. Princip spočívá v odvádění tepla teplotosnou látkou z fotovoltaického panelu, který se chová jako tepelný absorbér. Odvod tepla má za následek zvýšení účinnosti fotovoltaické přeměny a následné využití tohoto tepla sebou nese zvýšení efektivity využívání dostupné plochy. [22]



Obr. 2-9 Schéma základních typů fotovoltaicko-tepelných kolektorů [22]

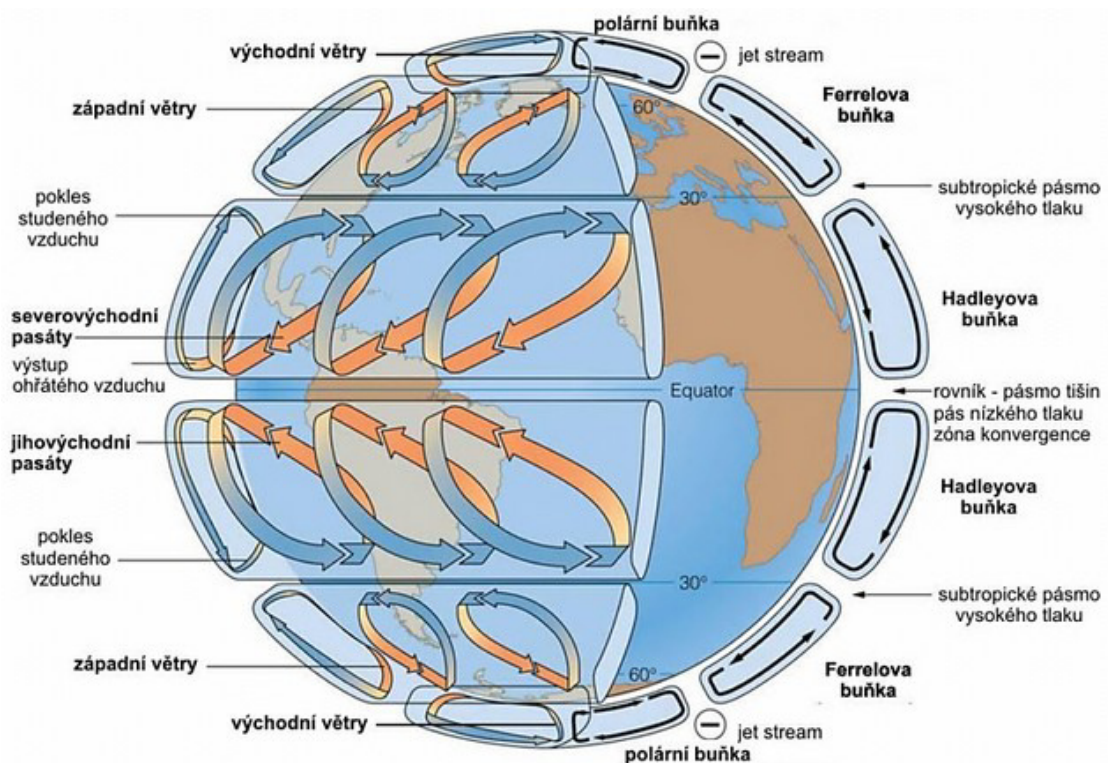
2.5 Solární tepelné elektrárny

Solární tepelné elektrárny jsou založeny na principu koncentrace slunečních paprsků pomocí zrcadel do ohniska na absorbéru, čímž je ohříváno teplotosné médium (např. speciální tepelný olej), které se odpařuje a následně uvádí do pohybu turbínu a generátor elektrické energie. Za turbínou pára kondenzuje a je vedena zpět do oběhu. Příklady provedení solárních tepelných elektráren jsou např. parabolické žlabové elektrárny nebo solární věžové elektrárny.

Optimálními místy pro umístění solární tepelné elektrárny jsou místa s dostatkem slunečního svitu. V současnosti je využíván nejvíce v pouštních oblastech na jihozápadě USA v blízkosti velkých měst. Evropským tahounem v této oblasti je Španělsko. V ČR není dostatečný sluneční svit pro solární tepelné elektrárny a k výrobě elektrické energie ze sluneční se využívají pouze fotovoltaické články. [3][6]

3. Energie větru

Příčinou vzniku větru je gravitace Slunce a rotace Země. Zemský povrch se neohřívá rovnoměrně, na rovníku dopadá větší množství energie než to, které je vyzářeno zpět do vesmíru, naopak na pólech je přijímáno menší množství energie, než je vyzářeno do prostoru. Ohřátý povrch předává teplo okolnímu vzduchu, který stoupá vzhůru, což má za důsledek vznik tlakových rozdílů, který je kompenzován vznikem větru. V globálním měřítku teplý vzduch na rovnících stoupá vzhůru, kde se ochlazuje a vane směrem k obratníkům, kde opět klesá a vane při zemském povrchu zpět k rovníku (tzv. pasáty). Obdobné je to při cirkulaci vzduch za obratníky, vznikají tak pravidelné vzdušné proudy, které jsou vlivem zemské rotace odkloněny. Globální cirkulace je zobrazena na obrázku 3-1. Tyto pravidelné vzdušné proudy znali i naši předkové a využívali je při oceánských cestách. [3][5]



Obr. 3-1 Globální cirkulace vzduchu [23]

Při stavbě větrné elektrárny je třeba počítat s místními klimatickými podmínkami. Důležitým faktorem při využívání energie větru je jeho rychlost, která je závislá na členitosti zemského povrchu. Nad mořem nejsou překážky, které by vítr brzdily. Nad pevninou ztrácí vítr svoji rychlost vlivem nerovností zemského povrchu. Optimálním místem pro využívání větrného potenciálu jsou tudíž pobřežní nebo přímo

mořské oblasti, ve vnitrozemských oblastech jsou to vyšší nadmořské výšky, kde není vítr tolik brzděn. [3] [5]

Pro rychlost větru v rovinném terénu platí:

$$\frac{v^*}{v_0^*} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^n, \quad (1)$$

kde v^* je průměrná rychlost větru ve výšce h nad zemským povrchem,

v_0^* je průměrná rychlost větru ve výšce h_0 ,

n je drsnost povrchu (viz tabulka 3-1). [5]

Tab. 3-1 Hodnoty drsnosti povrchu [8]

Typ povrchu	n
a – hladký povrch (vodní hladina, písek)	0,14
b – louka s nízkým travnatým porostem, oranice	0,16
c – vysoká tráva, nízké obilné porosty	0,18
d – porosty vysokých kulturních plodin	0,21
e – les	0,28
f - vesnice	0,48

Celkový výkon větru je přímo úměrný hustotě vzduchu a třetí mocnině rychlosti větru. Výkon je tedy dán vztahem:

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 [W/m^2], \quad (2)$$

kde ρ je hustota vzduchu [kg/m^3],

v je rychlost proudění vzduchu [m/s].

Dnešní elektrárny využívají pouze část kinetické energie větru, protože vítr pouze zpomalují. Celkového výkonu větru bychom teoreticky dosáhli pouze při úplném zastavení větrného proudění. Podle německého fyzika Karla Betze maximálního využitelného výkonu větru docílíme při jeho zpomalení na třetinu původní rychlosti. Z výzkumu vyplývá, že je možné využít 59,3 % výkonu větru. Moderní větrné stroje dokáží přeměnit na elektrickou energii téměř 50 % výkonu větru. [3]

3.1 Princip větrných elektráren

Větrné elektrárny využívají kinetické energie větru, kterou přeměňují předem na mechanickou energii, která je následně pomocí generátoru transformována na energii elektrickou. Větrné elektrárny můžeme rozdělit podle několika hledisek. Hlavní dělení

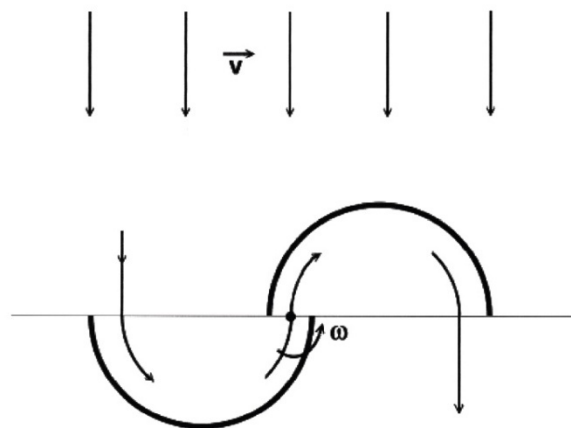
je podle aerodynamického principu, na kterém pracují. Rozlišujeme dva principy využití větru:

- princip odporový,
- princip vztlakový. [24]

3.1.1 Princip odporový

Jedná se o starší princip, který není v moderní energetice příliš častým a to z důvodu jeho malé účinnosti pohybující se mezi 15 a 23 %. Podstatou je vytváření aerodynamického odporu na ploše nastavené proti směru větru. Tím je proud vzduchu zpomalován a je vyvozována síla, která se přeměňuje na rotační pohyb. Mezi typické zástupce patří např. Savoniův rotor. [24]

Savoniův rotor (obrázek 3-2) se skládá ze dvou lopatek, které jsou uprostřed předsazeny do protisměru. Výhodou je jeho jednoduchá konstrukce, nezávislost na směru větru a použitelnost i při nízkých rychlostech větru (2 m/s). Nevýhodou je již uvedená nízká účinnost. [5]

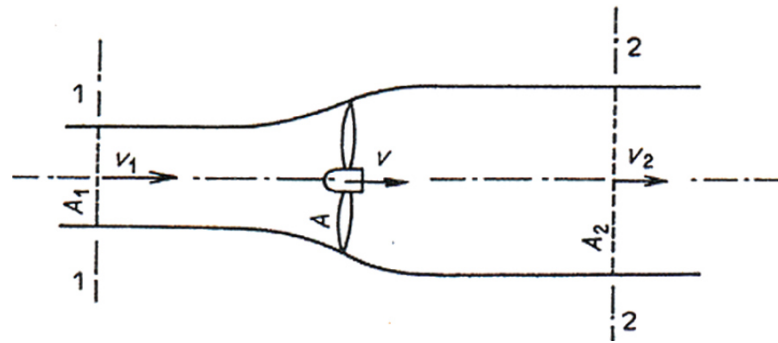


Obr. 3-2 Savoniův rotor [5]

3.1.2 Princip vztlakový

Do této kategorie řadíme rotory a větrná kola s vodorovnou osou a plochou nastavenou kolmo ke směru větru. Nejčastěji se vyskytují dvoulisté nebo třílisté vrtule, ale je možno použít i vrtule jednolísté nebo čtyřlísté. Na vztlakovém principu pracují i některé motory s vertikální osou (například motor Darrieus). [24]

Princip vychází z rovnice kontinuity. Dochází k přeměně kinetické energie větru na mechanickou práci, čímž je větru odnímána část energie a dochází ke zpomalení rychlosti jeho proudu (viz obrázek 3-3). [5]



Obr. 3-3 Vztlakový princip [5]

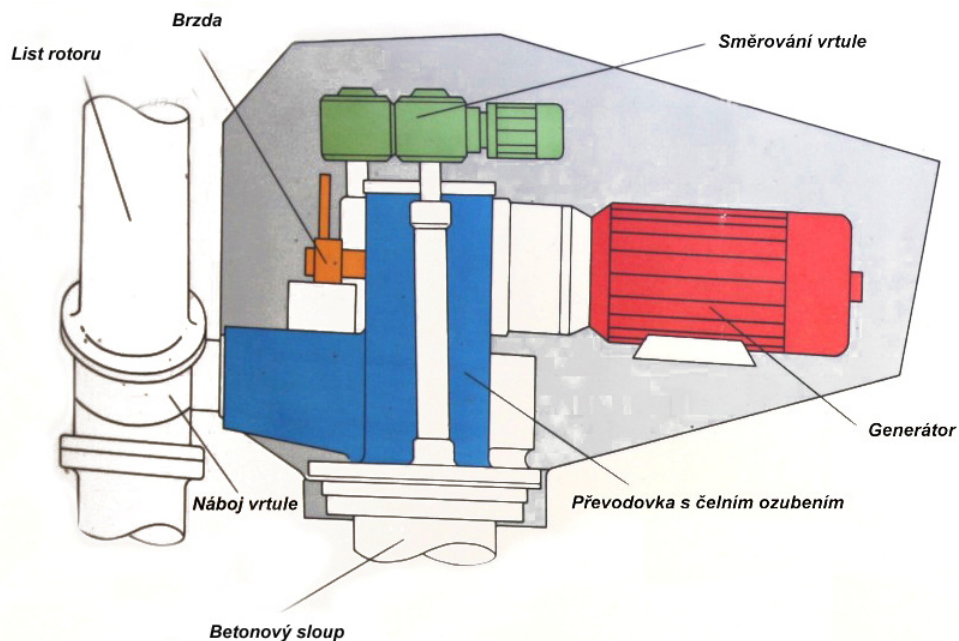
Výhodou vztlakového principu je vyšší účinnost oproti odporovému principu a to přes 40 %. Nevýhodou je vyšší rozběhová rychlost, která se pohybuje kolem 5 m/s. Tyto rotory jsou vhodné pro výrobu elektrické energie. [5]

3.2 Přeměna mechanické energie na elektrickou

K výrobě elektrické energie ve větrných elektrárnách (schéma je znázorněno na obrázku 3-4) jsou používány synchronní a asynchronní generátory.

Asynchronní generátor je z pohledu provozu spolehlivější a jednodušší. Vyznačuje se jednoduchým rozběhem a připojením na síť. Jeho nevýhodou je malé rozpětí otáček.

Synchronní generátor ke svému provozu vyžaduje synchronní otáčky. Z důvodu jeho využitelnosti v širším rozmezí otáček se vyskytuje požadavek na usměrnění vyrobené elektrické energie a její opětovné převedení na frekvenci sítě. [5]

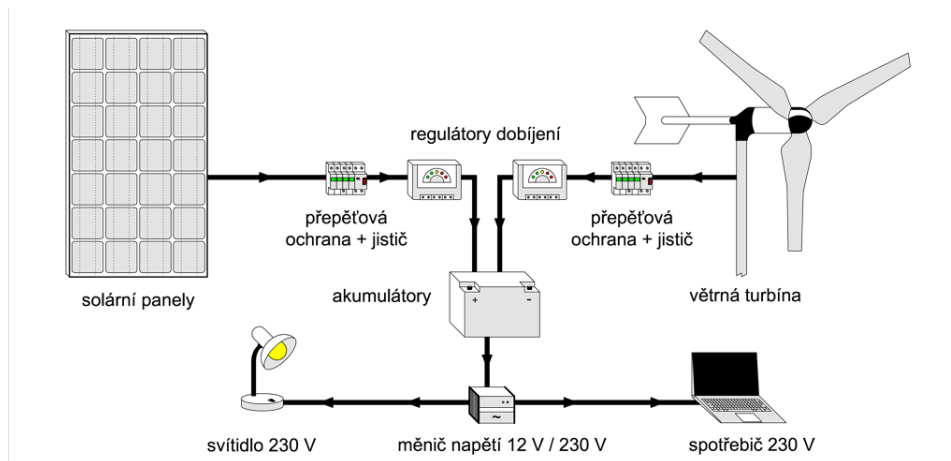


Obr. 3-4 Schéma větrné elektrárny s horizontální hřídelí [25]

3.3 Druhy větrných elektráren

3.3.1 Větrná nabíječka

Pod pojmem větrná nabíječka rozumíme větrnou elektrárnu, která není připojená do sítě. Můžeme říci, že se jedná o obdobu solárních ostrovních systémů. Tyto malé větrné elektrárny se často umísťují na malé stožáry a používají se k nabíjení akumulátorů. Často ovšem narazíme na systém, který obsahuje jak solární panely, tak i větrnou nabíječku (viz obrázek 3-5). [3]



Obr. 3-5 Kombinovaný ostrovní systém [26]

Zapojení se skládá z usměrňovače, regulátoru nabíjení a tepelného odporu. Usměrňovač slouží k usměrnění vyrobeného střídavého proudu na proud stejnosměrný používaný k nabíjení akumulátoru. Z důvodu možnosti poškození generátoru větrné elektrárny v době bez zátěže (nabitého akumulátoru) je zapotřebí regulátoru nabíjení, který v takovém případě připojí na generátor tepelný odpor. [3]

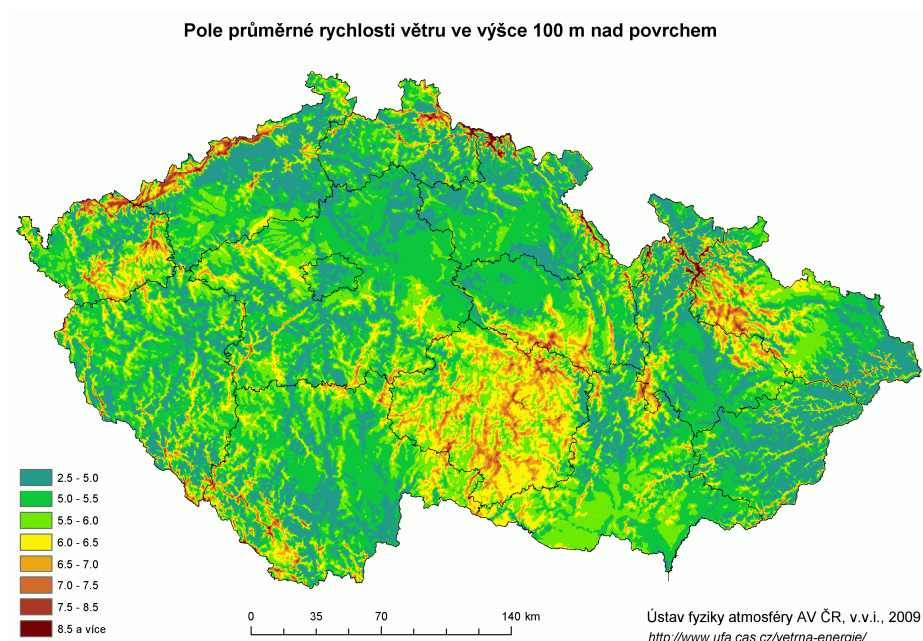
3.3.2 Větrné elektrárny a parky

Větrné elektrárny jsou zpravidla mohutné stavby s výkonem až 5 MW, jejichž průměr rotorů dosahuje i 110 m. Umísťovány mohou být jednotlivě nebo ve větším množství do tzv. větrných parků, u kterých se musí brát zřetel na dostatečnou vzdálenost mezi zařízeními tak, aby nedocházelo ke vzájemnému stínění. Větrné parky mohou být stavěny na pevnině (tzv. onshore) a v novějším pojetí i na moři (tzv. offshore). [3]

3.4 Potenciál větrné energie v ČR

Optimální polohou pro stavbu větrné elektrárny jsou přímořské oblasti nebo horské hřebeny, to vyplývá i z větrné mapy ČR (viz obrázek 3-6). Tyto oblasti ovšem

v ČR leží většinou v oblastech národních parků a chráněných krajinných oblastí, kde je stavba větrných elektráren omezena případně i zakázána. I přes uvedená omezení lze v ČR najít vhodné lokality pro větrné elektrárny.



Obr. 3-6 Průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad povrchem [27]

3.5 Větrné elektrárny v ČR

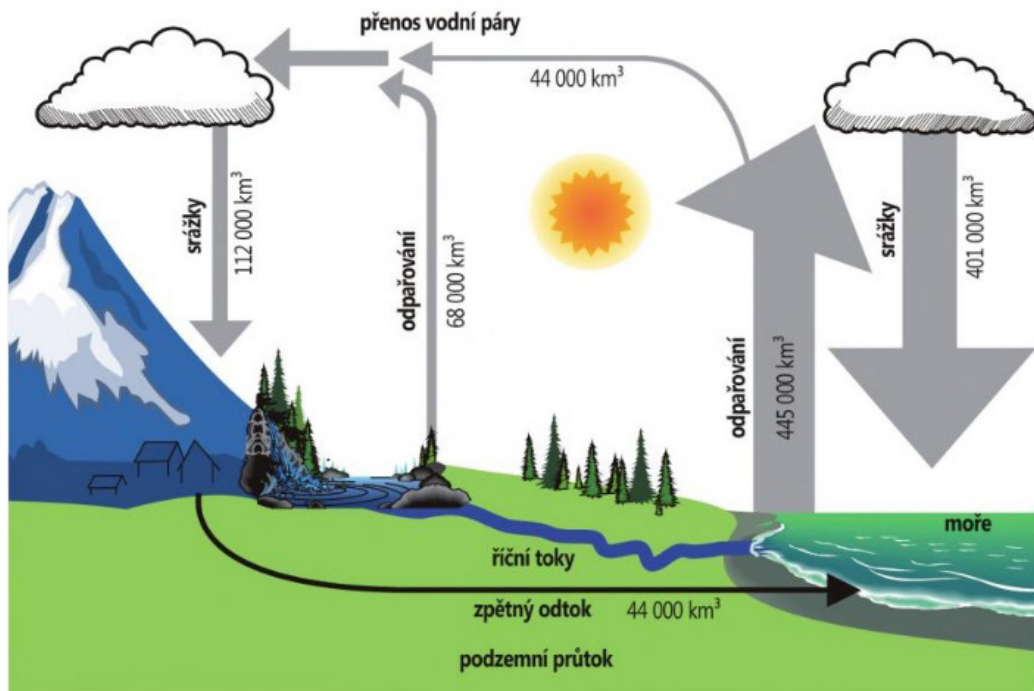
K 31. 3. 2016 bylo v ČR v provozu 128 provozoven s celkovým instalovaným výkonem 284,98 MW. Přepočítaný výkon na obyvatele je ve srovnání s ostatními státy Evropské unie značně podprůměrný. Za rok 2015 vyrobili větrné elektrárny v ČR 572,6 GWh elektrické energie, to odpovídá pouze 0,7 % z celkové produkce elektrické energie. Největší podíl na instalovaném výkonu má Ústecký kraj, kde se také nachází největší český větrný park Kryštofovy Hamry (obrázek 3-7) s instalovaným výkonem 42 MW. [4][28][29]



Obr. 3-7 Větrný park Kryštofovy Hamry [29]

4. Energie vody

Voda zaujímá 71 % zemského povrchu. Vlivem Slunce je voda ze zemského povrchu odpařována a následně se ve formě srážek vrací na zemský povrch. Zhruba 80 % srážek spadne zpět do moře, zbytek spadne na pevninu. Tento jev se nazývá koloběh vody (viz obrázek 4-1) a je důvodem, proč energii vody nazýváme jedním z obnovitelných zdrojů. [3]



Obr. 4-1 Koloběh vody [3]

Energie vody je využívána již po dlouhá staletí. V minulosti byla voda využívána k pohonu mlýnských kol. K velkému rozkvětu využívání vodní energie došlo s rozvojem vodních turbín datovaného do průmyslové revoluce. Srdcem dnešních vodních elektráren jsou právě turbíny.

Využitelnost energie vodního toku vyjadřuje hydroenergetický potenciál, jehož teoretická hodnota se určí následujícím vztahem:

$$E_T = g \cdot \int_0^H Q(H) \cdot dH \quad [\text{W}], \quad (3)$$

kde $Q(H)$ je střední objemový průtok elementárního úseku toku [m^3/s],

H je geodetický spád mezi začátkem a koncem toku [m],

dH je element geodetického spádu [m],

g je gravitační zrychlení [m/s^2]. [5]

Z důvodu ztrát během přeměny energie a nereálnosti 100% využití celkového spádu je technicky využitelný potenciál menší než potenciál teoretický. [5]

4.1 Vodní stroje

4.1.1 Vodní kola

Historicky se jedná o starší vodní stroje, které již dnes nedosahují tak častého uplatnění jako v době, kdy se na vodních tocích nacházelo nemalé množství vodních mlýnů. Vodní kola jsou konstruována především pro malé spády a rozeznáváme jejich dva základní typy a to vodní kola lopatková a korečková.

Lopatková vodní kola jsou konstruována na spodní vodu, tudíž využívají zejména kinetickou energii vody. Oproti tomu korečková vodní kola jsou konstruována na střední a horní vodu a využívají tedy spíše potenciální energii vody. [8]

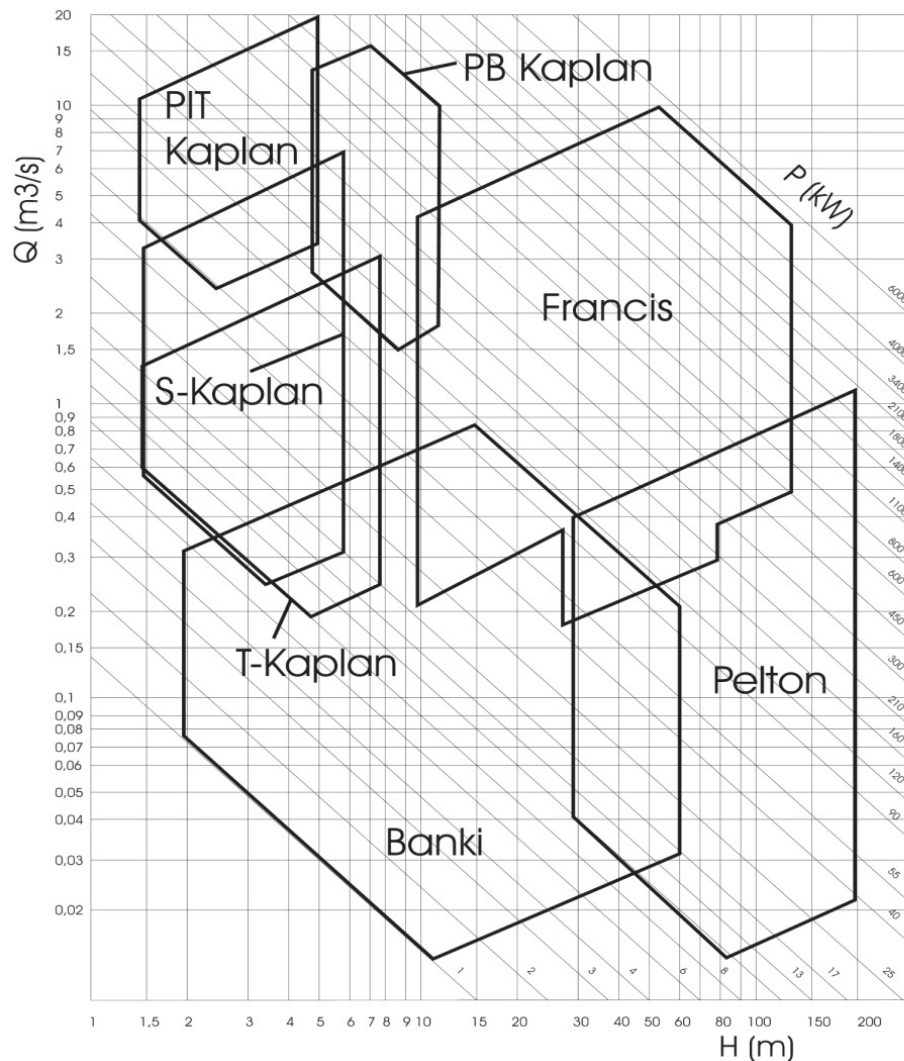
4.1.2 Vodní turbíny

Vodní turbíny představují historicky mladší vodní stroje. Využitelné jsou pro spády převyšující 1 m až po spády pohybující se v řádech stovek metrů. Vodní turbíny jsou tvořeny třemi základními částmi, jimiž jsou:

- oběžné kolo,
- zařízení pro přívod vody,
- zařízení pro odvod vody.

Pomocí oběžného kola se dociluje přeměny mechanické energie vody na energii elektrickou. V zařízení pro odvod vody z oběžného kola dochází ke snižování rychlosti proudění vody. Součástí odváděcího zařízení je savka, která umožňuje snížení tlaku pod oběžným kolem, což může mít za následek zvýšení účinnosti.

Vodních turbín existuje několik typů, mezi nejčastěji používané patří turbína Peltonova, Francisova nebo Kaplanova. Hlavními rozhodujícími faktory při volbě typu turbíny je průtok a spád (viz obrázek 4-2). [8]



Obr. 4-2 Oblasti využitelnosti turbín [11]

4.2 Vodní elektrárny

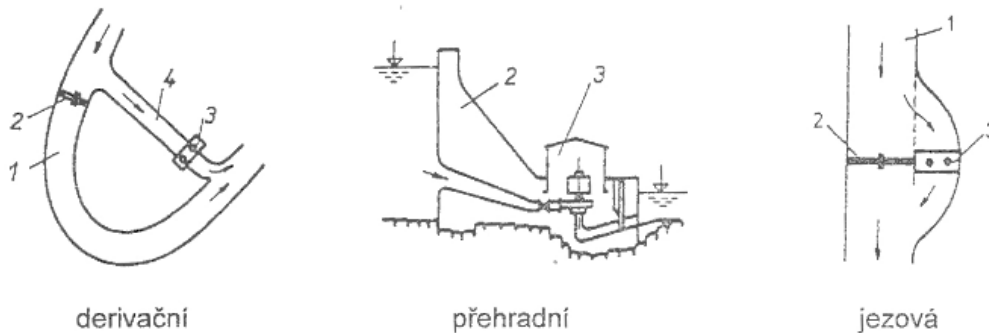
Vodních elektráren dnes existuje několik typů. Základní rozdělení spočívá v tom, jestli využívají energii vodních toků nebo moří. Mezi elektrárny využívající energii vodních toků řadíme elektrárny průtočné, derivační a akumulární. K elektrárnám využívající energii moří přiřazujeme elektrárny slapové, vlnové a elektrárny poháněné mořskými proudy. Zvláštním typem vodních elektráren jsou elektrárny přečerpávací.

Vodní elektrárny ve většině případů pracují na podobném principu jako elektrárny uhelné nebo jaderné. Princip spočívá v roztočení turbíny pomocí vody, v případě některých vlnových elektráren pomocí proudu vytlačovaného vzduchu. Turbína je na stejné hřídeli jako elektrický generátor, tím dochází k přeměně mechanické energie proudící vody na energii elektrickou, která je odváděna do rozvodné sítě. [3]

4.2.1 Vodní elektrárny říčního typu

U elektráren říčního typu je vyžadováno přehrazení vodního toku a tím vytvoření rozdílných výšek hladin před a za hrází, což může být realizováno pomocí přehrady nebo jezu.

Průtočné elektrárny jsou umístěny přímo na vodním toku. Oproti tomu derivační jsou umístěny na uměle vytvořeném kanálu, ze kterého se voda po určitém úseku vrací zpět do říčního toku. [11]



1 – koryto vodního toku, 2 – vzdouvací zařízení, 3 – strojovna, 4 – derivační přivaděč

Obr. 4-3 Základní varianty řešení vodních elektráren [30]

Akumulační elektrárny se stavějí ve výhodných zeměpisných polohách, kde je možné zadržet velké množství vody. Přehrady tohoto typu mohou dosahovat značných výšek a to dokonce i přes 300 m. [3]

Mezi výhody vodních elektráren využívající energii vodního toku, kromě ekologické výroby elektrické energie, patří možnost regulace vodního toku, případně i možnost využití přehrad jako zásobárny pitné vody. Jejich nevýhodou je ovšem jejich dopad na podobu krajiny. V posledních letech se často staví malé vodní elektrárny do 1 MW, které nevyžadují tak razantní zásah do krajiny a splňují cíl většího využití hydroenergetického potenciálu říčních toků.

4.2.2 Přečerpávací elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny se skládají ze dvou nádrží a to horní a dolní, mezi nimiž by měl být co největší výškový rozdíl. Jedna z nádrží je napájena vodním tokem, pokud tomu tak není, tak hovoříme o tzv. čistých přečerpávacích elektrárnách. Účinnost přečerpávacích elektráren se pohybuje mezi 70 až 80 %.

Voda je přiváděna potrubím z horní nádrže a po roztočení turbíny, která je spojena s generátorem, je odváděna do dolní nádrže. Při přebytku elektrické energie se elektrárna přepne do reverzního chodu, kdy je voda z dolní nádrže přečerpávána zpět do

horní. Elektrické zařízení funguje jako elektromotor a pohání turbínu, která funguje jako čerpadlo. Z důvodu vzniku tlakových rozdílů je přečerpávací elektrárna opatřena vyrovnávací komorou, která reguluje změny tlaku.

V posledních letech význam těchto elektráren vzrostl a to zejména z ekonomického hlediska. V době, kdy je elektrické energie v síti přebytek je proud levný, v době kdy je vyráběn a je ho nedostatek, může být do sítě dodáván za vyšší ceny. Další výhodou tohoto typu elektráren je stálost jejich výkonu. Nevýhodou jsou finanční nároky na budování dvou nádrží. [3]

4.2.3 Mořské vodní elektrárny

Vodní elektrárny využívající energii moří pochopitelně nejsou v České republice použitelné, ale k ucelenému přehledu o obnovitelných zdrojích rozhodně patří.

Slapové elektrárny využívají rozdílných výšek hladin vody při přílivu a odlivu. Vlnové elektrárny využívají potenciální energii mořských vln třemi systémy (plovákový, komorový a TapChan). Elektrárny využívající mořské proudy jsou obdobou větrných elektráren s tím rozdílem, že je rotor umístěn pod vodou. [3]

4.3 Hydroenergetický potenciál v ČR

Na území ČR se nacházejí tři evropská rozvodí. Hydroenergetický potenciál je v ČR rozložen a využíván nerovnoměrně, což je způsobeno hlavně nízkým spádem českých řek. Technicky využitelný potenciál jednotlivých povodí je uveden v tabulce 4-1. [11]

Tab. 4-1 Technicky využitelný potenciál jednotlivých povodí [11]

Povodí	Výkon (MW)	Výroba (GWh/rok)
Labe	114	420
Vltava	164	430
Ohře	78	300
Odra	56	100
Morava	100	250
Celkem	512	1500

4.4 Vodní elektrárny v ČR a výroba elektřiny

V ČR se nachází nepřehlédnutelné množství malých vodních elektráren, k 31. 3. 2016 bylo na území ČR v provozu 1 612 vodních elektráren do 10 MW a jejich celkový instalovaný výkon činil 348,04 MW. [31]

Velkých a středních vodních elektráren (nad 10 MW), vyjma přečerpávacích, je v ČR celkem sedm: Lipno I, Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice I, Vrané a Střekov. Kromě vodní elektrárny Střekov, která se nachází na Labi poblíž Ústí nad Labem, jsou všechny součástí vltavské kaskády. Nejvýkonnější je Orlík s instalovaným výkonem 364 MW. [32]

Přečerpávací elektrárny jsou na území ČR provozovány celkem tři: Dlouhé Stráně, Dalešice a Štěchovice II. Nejvýkonnější je přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně (obrázek 4-4), která s instalovaným výkonem 650 MW je zároveň nejvýkonnější vodní elektrárnou v ČR vůbec. [33]

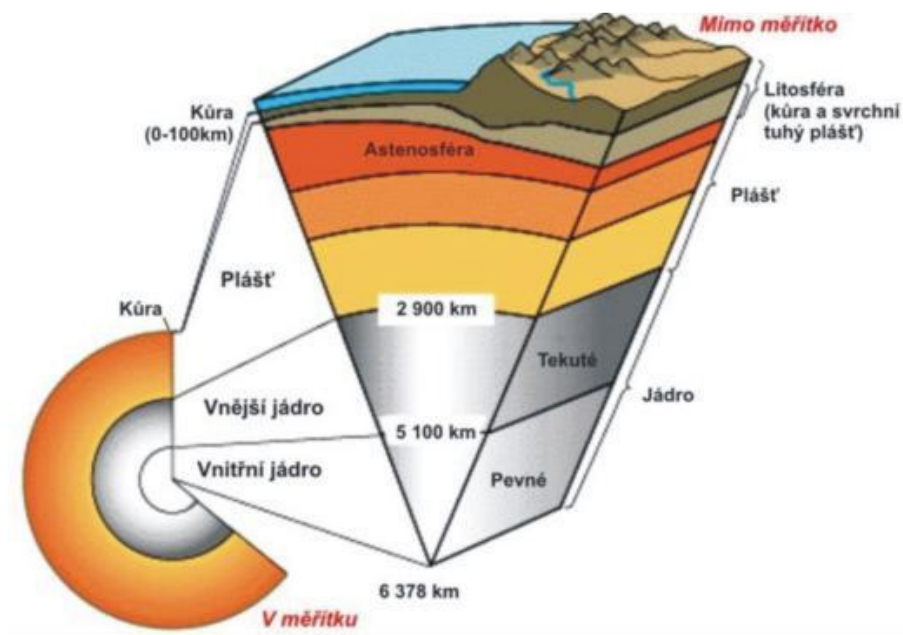
V roce 2015 bylo vodními elektrárnami (včetně přečerpávacích) v ČR, o celkovém instalovaném výkonu 2 217 MW, vyrobeno 3 071 GWh elektrické energie, což představuje 3,66 % z celkové výroby v ČR. V současnosti nelze předpokládat stavbu velkých vodních elektráren, spíše dochází ke stavbě malých a ke zdokonalování technologií současných vodních elektráren. [4][32]



Obr. 4-4 Přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně [34]

5. Geotermální energie

Geotermální energie, často označována jako energie z hlubin, pochází ze zemského jádra. Planeta Země se skládá ze zemské kůry, zemského pláště a zemského jádra (viz obrázek 5-1), které se dále dělí na tekuté vnější jádro a vnitřní jádro tvořené pevným materiálem. Zemské jádro převážně sestává z železa a niklu a panují zde teploty až 6 500 °C. Tlak v zemském nitru dosahuje až 400 GPa, což má za následek pevnou strukturu vnějšího jádra. [3]



Obr. 5-1 Vnitřní stavba Země [35]

Energie v zemském nitru pochází z části z doby vzniku planety Země a z části z rozpadu radioaktivních prvků (například uran, thorium a draslík), ze které pochází 40 % této energie. Nesmíme opomenout také pohyb litosférických desek, který má za následek výraznější pronikání energie zemského nitra na povrch v podobě vulkanické činnosti. Průměrný výkon zemské kůry je $0,057 \text{ W/m}^2$, v oblastech již zmíněné sopečné činnosti může dosáhnout hodnoty až 300 W/m^2 . [5]

Přenos energie z nitra Země je zprostředkován prostřednictvím vody respektive páry. Voda vniká puklinami do hlubin Země, kde se ohřívá a vrací se zpět k povrchu, kde vyvěrá v podobě gejzírů a vroucích pramenů. Může nastat případ, kdy voda vracející se zpět k povrchu zůstane uvězněna pod nepropustnou vrstvou, v tom případě hovoříme o geotermálním rezervoáru, který je mohutným zdrojem energie. Odhaduje se, že v hloubce 10 km je $7 \cdot 10^4$ krát větší množství energie, než je energie, která by vznikla ze všech zásob vytěžitelného uhlí. Naprostá většina této energie se však na

povrchu projevuje nepatrně a její smysluplné využití je možné pouze v oblastech většího tepelného toku. [6]

Zdroje geotermální energie rozdělujeme podle teploty do tří skupin:

- **nízkoteplotní zdroje** nacházející se jen několik desítek metrů pod zemským povrchem, teplota zde nepřesahuje 150 °C a jsou využívány zejména k vytápění,
- **středněteplotní zdroje** dosahující teplot 150 až 200 °C, které jsou využívány k vytápění i k výrobě elektrické energie,
- **vysokoteplotní zdroje** nacházející se několik kilometrů pod povrchem, teplota je zde větší než 200 °C a jsou využívány zejména k výrobě elektrické energie. [6]

5.1 Způsoby využití geotermální energie

Geotermální energie je pro výrobu elektrické energie a získávání tepla využívána v zařízeních geotermálních elektráren a tepláren, které pracují na několika principech. [5]

Metoda suchých par

Pára, která je využita k pohonu turbíny, je pomocí vrtů odebírána z hlubin země. Následně se voda zavádí zpět, čímž se dosahuje větší účinnosti cyklu. Nevýhodou jsou nezkondenzované plyny, které snižují výkon turbíny. Tyto elektrárny jsou provozovány například v italském Larderellu nebo v Kalifornii. [5]

Metoda mokrých par

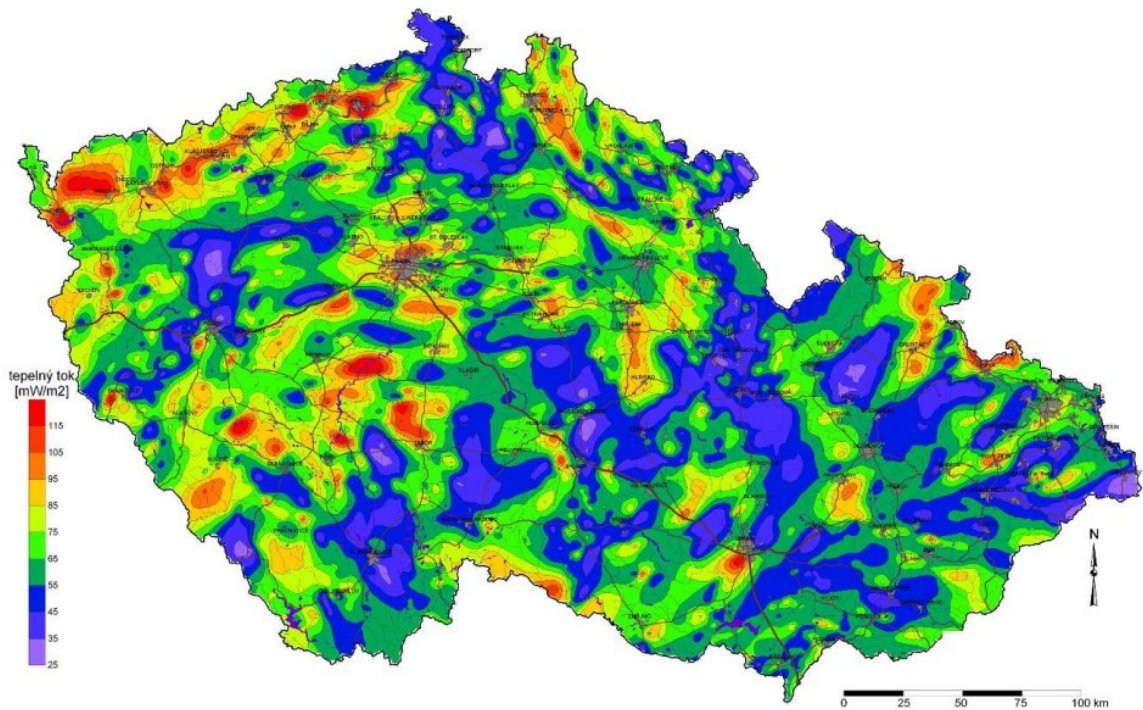
Z vrtu je čerpána voda o teplotě alespoň 160 °C, z které je pomocí Rankin-Clausiova oběhu vyráběna elektrická energie, případně může být získávána i tepelná energie. Elektrárny pracující na principu mokrých par jsou využívány např. na Islandu nebo v Japonsku. [5]

HDR – Hot Dry Rock

Hloubka vrtu pro tuto metodu je 5 až 6 km, teplota v této hloubce je 180 °C až 220 °C a tlak je do 165 MPa. Proudící voda rozruší horniny a je následně puklinami jímána zpět na povrch. Nevýhodou je velký únik vody a možnost projevení mikro zemětřesení na povrchu. Tato metoda může, jako jediná, mít potencionální využití v ČR. [5]

5.2 Potenciál geotermální energie v ČR

Hodnocení geotermálního potenciálu probíhá z hlediska tepelného toku a tepelné vodivosti hornin. Tepelný tok v ČR (viz obrázek 5-2) dosahuje nejvyšších hodnot na severozápadě území, které je tudíž vhodnou lokalitou pro využívání geotermální energie. Naopak nejnižších hodnot dosahuje v oblastech se silnou zemskou kůrou jako např. v Jeseníkách. [36]



Obr. 5-2 Tepelný tok v ČR [36]

5.3 Využití geotermální energie v ČR

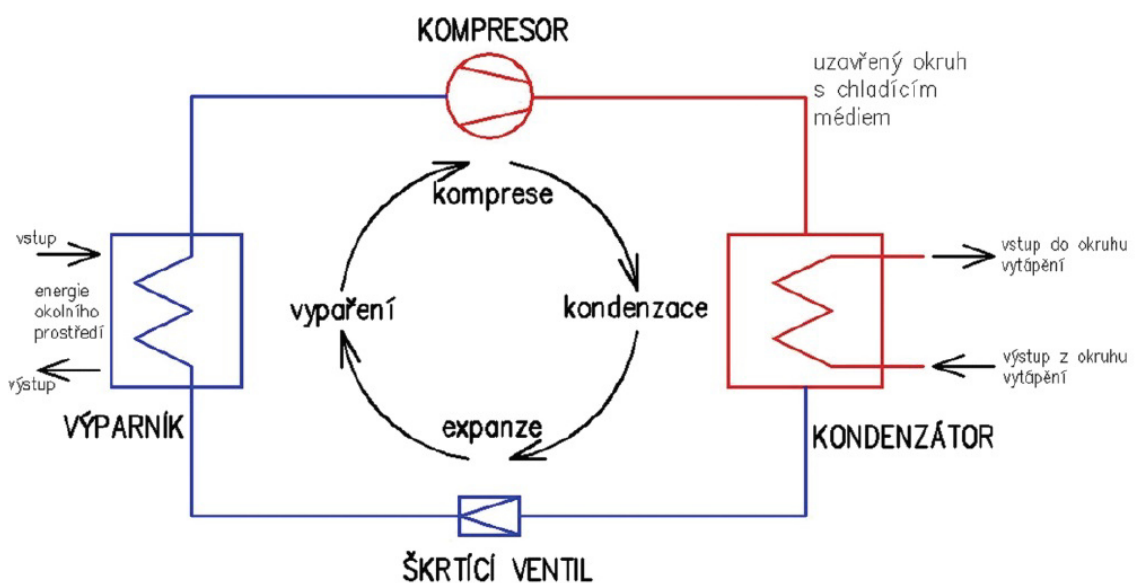
Geotermální energie v ČR nepatří mezi příliš rozšířené zdroje energie. Využívána je hlavně v lázeňství a to zejména v oblasti Karlových Varů a pro vytápění budov pomocí tepelných čerpadel (viz kapitola 6. Energie prostředí) respektive v teplárnách (Děčín). Existuje několik projektů na využití geotermální energie pro výrobu elektřiny, které ovšem ztroskotávají na nejistotě návratnosti investic popřípadě na obavách obyvatelstva. To se ovšem netýká projektu v Litoměřicích, které byly schváleny jako vhodná lokalita pro stavbu geotermální elektrárny a navazující teplárny na principu HDR, jejichž stavba by měla být zahájena v roce 2016. [36]

6. Energie prostředí

Energie prostředí je využívána pomocí tepelných čerpadel zejména k vytápění. Hlavními zdroji jsou nízkoteplotní zdroje tepla vhodné k transformaci na vyšší teplotní úroveň. Konkrétními zdroji je venkovní i vnitřní vzduch, povrchová i podpovrchová voda a teplo zemské kůry. Tepelná čerpadla používají zdroje o teplotě do 30 °C, zdroje o vyšších teplotách mohou být využívány přímo. [18]

6.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo se skládá z výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu. Ve výparníku dochází při nízké teplotě k předání odebraného tepla ze zdroje pracovní látce. Ohřátím pracovní látky dochází k jejímu odpaření, následně jsou vzniklé páry stlačeny na vysoký tlak v kompresoru a v kondenzátoru během kondenzace předávají svoje teplo ohřívané látce. Tlak pracovní látky je na závěr cyklu v expanzním ventilu snížen na svoji původní hodnotu. Pro provoz čerpadla je nezbytný přívod elektrické energie, jejíž spotřeba je přibližně rovna třetině výkonu čerpadla. [6]



Obr. 6-1 Technologické schéma tepelného čerpadla [5]

6.2 Druhy tepelného čerpadla

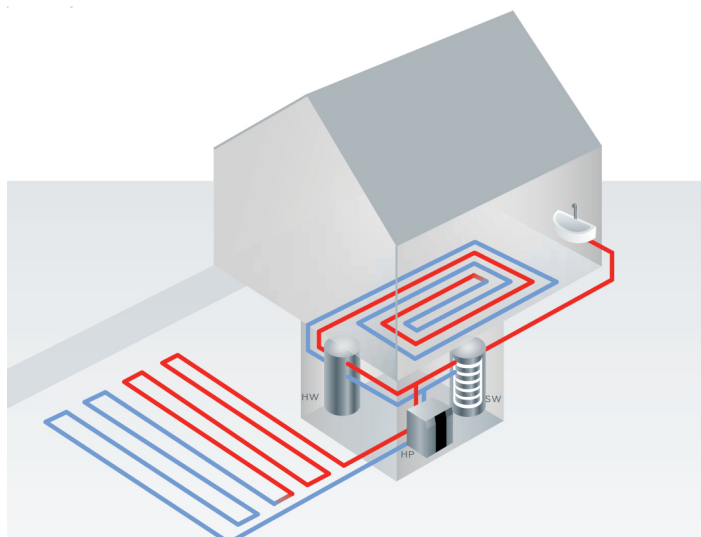
Tepelná čerpadla se dělí podle využívaného zdroje do tří skupin:

- země – voda
- vzduch – voda
- voda – voda. [5]

Země – voda

Jednou z možností získávání tepla z půdy je čerpání tepla pomocí vrtů, jejichž hloubka je závislá na tepelné vodivosti půdy a běžně se pohybuje mezi 50 a 150 metry. Výhodou těchto čerpadel je velmi dobrá hodnota topného faktoru, která se během roku příliš nemění.

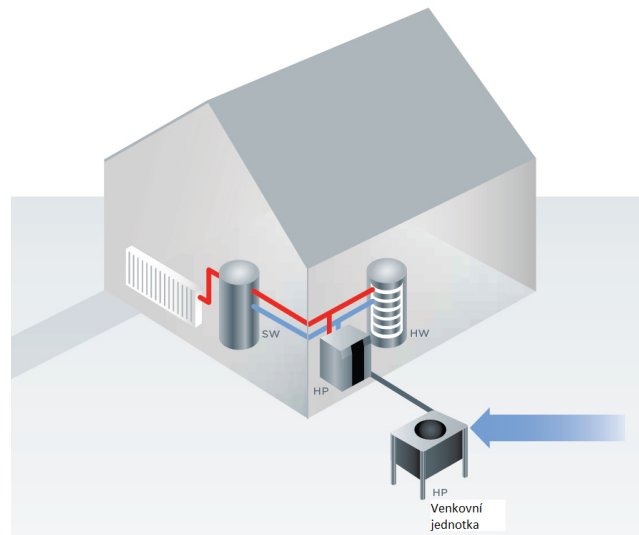
Druhou možností je využití půdního kolektoru (obrázek 6-2). Ochlazování půdy probíhá pomocí výměníku z polyetylenového potrubí umístěnému 1,5 až 2 metry pod povrchem. Oproti vrtům má tento způsob menší hodnotu topného faktoru, ale zároveň nižší pořizovací náklady. [37]



Obr. 6-2 Země – voda: půdní kolektor [38]

Vzduch – voda

Čerpadla na venkovní vzduch (viz obrázek 6-3) se vyznačují nižšími pořizovacími náklady a snadnou instalací z čehož plyne jejich poměrně časté využívání. Jejich velkou nevýhodou je nízký topný faktor v období nejnižších venkovních teplot, kdy je potřeba tepla v objektu nejvyšší. [37]

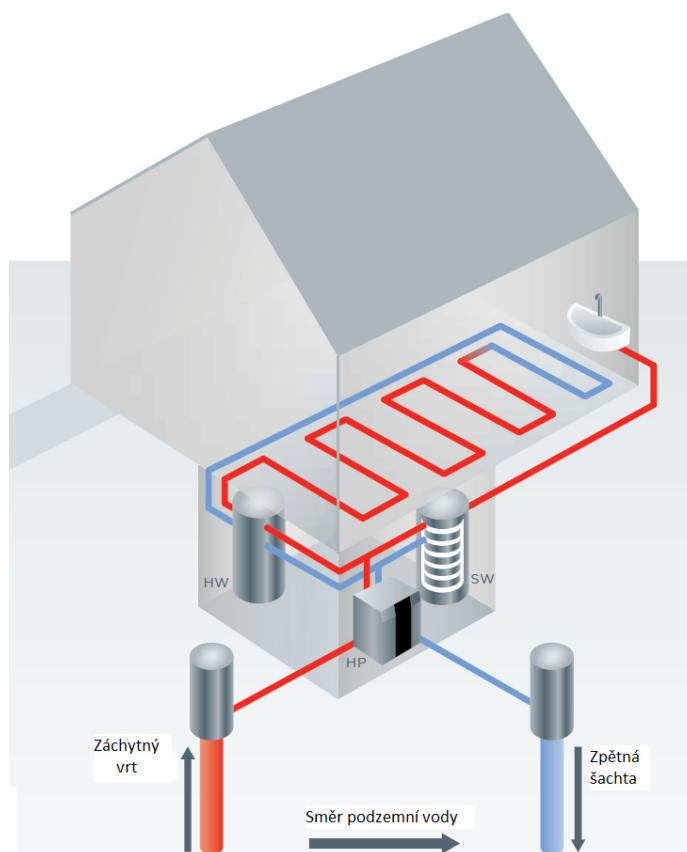


Obr. 6-3 Vzduch - voda: venkovní jednotka [39]

Čerpadla na vnitřní vzduch je možné použít v objektech, které jsou vybaveny nuceným větráním. Vnitřní vzduch má vysokou teplotou okolo 20 °C. Nevýhodou je omezené množství větracího vzduchu, z čehož plyne, že čerpadlo není schopno pokrýt celou spotřebu. [37]

Voda - voda

Podzemní voda je čerpána pomocí zdrojové studny a po jejím zchlazení je vypouštěna do vypouštěcí studny (schéma je na obrázku 6-4). Průměrná roční hodnota topného faktoru je nejvyšší a zároveň jsou nejnižší pořizovací náklady. Nevýhodou je nutnost umístění dvou studní a často nedostatečně vydatný zdroj poblíž objektu, který omezuje instalaci tohoto druhu čerpadla. [37]



Obr. 6-4 Podzemní voda – voda [40]

Povrchová voda není příliš využívána a to z důvodu její nízké teploty, která během roku kolísá. Kolektor ochlazující vodu je umístěn na dno rybníku, nádrže nebo řeky. Nevýhodou je častá velká vzdálenost vytápěného objektu od zdroje. Konkrétním příkladem je školící a rekreační středisko ČVUT v Herbertově. Zde se nacházejí dvě tepelná čerpadla, která odebírají teplo vodě proudící náhonem k vodní elektrárně, Výměník (obrázek 6-5) je tvořen 1 600 m dlouhým výměníkem, ve kterém se nachází směs vody a propylenglykolu, která plní funkci teplotonosné látky. [37][41]



Obr. 6-5 Výměník v náhonu Herbertov [41]

6.3 Systémy s tepelnými čerpadly

Monovalentní systém

Jediným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo, které musí být vhodně dimenzováno, aby i v období s nejnižší teplotou dokázalo pokrýt veškeré tepelné ztráty. Monovalentní systém není příliš využíván a to z důvodu ekonomických a energetických požadavků na čerpadlo. [5]

Bivalentní systém

Jedná se o nejpoužívanější systém s tepelným čerpadlem. Tepelné čerpadlo v bivalentním systému pokrývá alespoň 60 % tepelných ztrát, zbytek je pokrýván doplňkovým zdrojem, kterým bývá elektrokotel, plynový kotel nebo solární systém. Doplňkový zdroj tepla běží v období větší potřeby dodávky tepla. Instalovaný výkon tepelného čerpadla tak může být nižší než maximální, což sebou nese nižší pořizovací náklady. [5]

6.4 Tepelná čerpadla v ČR

Instalace čerpadla je omezena zejména dostupností tepelného zdroje. Podle odhadu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR bylo v roce 2013 v ČR celkem instalováno více než 55 tisíc tepelných čerpadel. V českých domácnostech bylo instalováno přes 46 tisíc tepelných čerpadel o celkovém výkonu cca 530 MW. [42]

7. Energie biomasy

Pod pojmem biomasa rozumíme hmotu biologického původu a to rostlinného i živočišného. Energie biomasy provází lidstvo po celou dobu jeho existence, vždy sloužila jako zdroj potravy a od objevu ohně je využívána i pro energetické účely. Oproti historii je v současnosti biomasa pro energetické potřeby záměrně pěstována nebo je záměrně využíváno odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu.

Roční celosvětová produkce biomasy se podle odborníků pohybuje kolem 100 miliard tun, což odpovídá energetickému potenciálu přibližně 1 400 EJ. V porovnání se spotřebou fosilních paliv se jedná zhruba o pětinasobek. Využívání biomasy k energetickým účelům je ovšem limitováno několika faktory:

- konkurence dalších způsobů využití biomasy (např. potravinářské a krmivářské účely),
- rozšiřování produkčních ploch, popřípadě zvyšování intenzity výroby je spojeno s nutností rostoucích investic,
- získávání energie z biomasy v současných podmínkách s obtížemi ekonomicky konkuruje využití klasických energetických zdrojů,
- nerovnoměrné rozložení zdrojů biomasy na zemském povrchu (nedostatečné zdroje biomasy např. v pouštních a polárních oblastech).

Nelze ovšem opomenout výhody využívání biomasy. Mezi výhody uvedme např. jejich menší negativní dopad na životní prostředí, v některých případech i nulový, nebo snížení závislosti na dovozu energetických zdrojů. [43]

7.1 Rozdělení biomasy

Biomasu využívanou pro energetické účely můžeme rozdělit několika způsoby. Jedním způsobem je dělení podle způsobu jejího získávání a to zda se jedná o záměrně pěstovanou biomasu pro energetické účely (cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina, olejniny atd.) nebo o biomasu odpadní (rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny, odpady z živočišné výroby, komunální organické odpady, lesní odpady atd.). Další možný způsob rozdělení je podle toho, zda se jedná o biomasu rostlinnou nebo živočišnou. [5][43]

7.1.1 Biomasa rostlinného původu

Dřevo a dřevní odpad

Jedná se o klasické palivo, které je používáno zejména k vytápění, kvalitní dřevo je zpracováváno dřevozpracujícím průmyslem pro jiné než energetické účely. Pro pěstování je využíváno tzv. rychlerostoucích dřevin, které jsou charakteristické krátkým obdobím mezi sklizněmi. Dřevo jako palivo je využíváno v několika formách. Nejtradičnější formou je dřevo nařezané a rozštípané, dalšími formami jsou pelety a brikety. [5][44]

Pelety jsou granule o délce 1 až 5 cm kruhového průřezu o průměru 6 až 20 mm. K výrobě pelet se používá dřevo ve formě pilin s minimem dřevního prachu a s obsahem vody pohybujícím se kolem 10 %. Dřevěné pelety mají vyšší účinnost spalování než uhlí a jejich výhřevnost je přibližně 18 MJ/kg. [44]

Brikety se skládají ze sypkého materiálu, které je bez přídavných pojiv lisováno do podoby vhodné pro spalování. Surovinou pro výrobu briket je materiál s maximálně 15 % vody, jehož zrnitost je v jednom směru menší než 15 mm. Výhřevnost standardních briket je 18 až 20 MJ/kg, v případě použití tvrdého dřeva lze dosáhnout větší výhřevnosti. [44]

Sláma

Sláma představuje odpad při sklizni potravinářských plodin, konkrétně se jedná o slámu obilovin, kukuřice, řepky, píce atd. Sláma je zpracovávána obdobně jako dřevo a to do formy pelet a briket případně ve větších kotlích se používá sláma lisovaná do balíků. Výhřevnost slámy se pohybuje mezi 12 a 16 MJ/kg. Oproti spalování dřeva vzniká při spalování slámy větší množství jemného popele a z toho důvodu jsou kotle na spalování slámy opatřeny odlučovači, který zachycuje odletující popel. [6]

Olejnate plodiny

Z této kategorie jsou využívána olejnata semena řepky (obrázek 7-1), slunečnice, lnu a dalších olejnatých plodin. Semena jsou za tepla lisována, čímž se získává olej, který je dále chemickými procesy přeměňován na biopaliva. [5]



Obr. 7-1 Řepka olejná [45]

7.1.2 Biomasa živočišného původu

Jedná se o exkrementy hospodářských zvířat. Jejich kvalita a využitelnost se hodnotí podle jejich složení. Při anaerobní fermentaci je produkován metan, jehož vyprodukované množství se projeví na obsahu sušiny. Kvalitu metanu a jeho produkci také ovlivňuje druh zvířat, způsob jejich chovu, druh podestýlky a krmivo. [5]

7.2 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

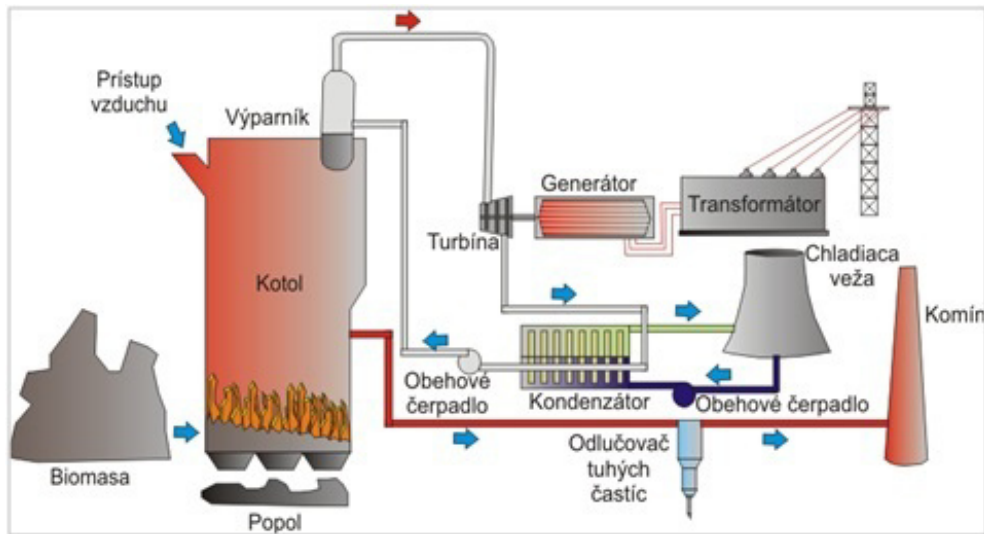
Zpracování biomasy je určeno jejími vlastnostmi, z nichž velmi důležitou vlastností je vlhkost biomasy. Mezní hodnotou mezi mokrymi a suchými procesy je 50 % sušiny. V případě vyšší hodnoty se jedná o suché procesy a v opačném případě o procesy mokré. Podle principu využíváme a připravujeme biomasu pro energetické účely několika způsoby:

- termochemická přeměna (spalování, zplyňování, pyrolýza),
- biochemická přeměna (alkoholové a metanové kvašení),
- fyzikální a chemická přeměna – mechanicky (štípání, drcení, briketování, peletování apod.) a chemicky (esterifikace surových bioolejů),
- získávání odpadního tepla při zpracování biomasy. [43]

7.2.1 Termochemická přeměna

Spalování

Nejčastěji je spalováno dřevo respektive dřevní produkty, sláma, rostlinné zbytky atd. Kromě klasického spalování v krbových kamnech je využíváno spalování v teplárnách a elektrárnách na biomasu (schéma elektrárny na biomasu je na obrázku 7-2), případně je biomasa spoluspalována s fosilním palivem, což je ekologičtější varianta při zachování výhodných parametrů fosilního paliva. [5]



Obr. 7-2 Schéma elektrárny na biomasu [46]

Zplyňování

Jako palivo je nejvhodnější použít palivové nebo odpadní dřevo, které je většinou za přítomnosti vzduchu zplyňováno. Přeměna pevného paliva na plynné má čtyři fáze, které mají tento průběh: sušení, pyrolýza, oxidace a redukce. [5]

Pyrolýza

Pyrolýza probíhá při teplotách 400 až 700 °C, kdy dochází k termickému rozkladu hmoty. Produktem je plyn a pevná složka (dřevěné uhlí) s vysokým obsahem uhlíku. Výhodou jsou nižší emise škodlivých látek oproti klasickému spalování biomasy. [5]

7.2.2 Biochemická přeměna

Bioetanol

Bioetanol je získáván pomocí fermentace roztoků cukrů a následné destilace produktu fermentace. Pro výrobu je využívána cukrová řepa, obilí, kukuřice nebo

brambory. Takto vzniklý alkohol se stává palivem pro spalovací motory. Jednoznačnými výhodami bioetanolu je jeho ekologická čistota a oproti fosilním palivům má antidetonační vlastnosti. Nevýhodou ovšem je jeho schopnost vázat vodu, což může mít za následek korozi motorů. [12]

Bioplyn

Bioplyn vzniká rozkladem organických látek bez přístupu vzduchu (anaerobně) v uzavřených nádržích. K výrobě se používá kejda, slamný hnůj nebo bioodpad. Bioplyn se tedy ve výsledku skládá převážně z metanu, oxidu uhličitého a v malých zastoupeních z dalších látek.

Výhodou využívání bioplynu je omezení volně unikajícího metanu, který má na klimatické změny větší dopady než oxid uhličitý. Další výhodou je zpracování organických odpadů při jeho výrobě, které by jinak mohly kontaminovat vodu. [5][12]

7.2.3 Fyzikálně-chemická přeměna

Bionafta

Pod pojmem bionafta se rozumí metylester řepkového oleje, který vznikl za vysoké teploty a působení katalyzátoru z oleje lisovaného z řepkového semene. Často bývá takto vzniklý metylester mísen s ropnými produkty. Výsledná směs musí obsahovat alespoň 30 % metylesteru a její vlastnosti se více blíží k vlastnostem motorové nafty. [12]

7.3 Emise při využívání biomasy

Při spalování biomasy dochází k uvolňování CO_2 , který je jedním ze skleníkových plynů. Množství uvolněného CO_2 je ovšem přibližně rovno množství téhož plynu, které je spotřebováno při fotosyntetických procesech tvorby organické hmoty. Z toho vyplývá, že spalování rostlinné hmoty představuje z hlediska bilance CO_2 prakticky uzavřený cyklus. [11]

Není možné opomenout nepřímé emise CO_2 , které vznikají při sklizni a přepravě biomasy, samozřejmě pokud k tomuto účelu nebyla využita energie z obnovitelných zdrojů. Dalším problémem mohou být škodliviny vznikající při spalování biomasy. Elektrárny a teplárny jsou opatřeny filtračními zařízeními, ale to se netýká domácích krbů, kde škodliviny volně unikají do okolí. [3]

7.4 Biomasa v ČR

Bioenergetika v ČR představuje výrobu elektřiny, tepla, pevných a kapalných biopaliv a bioplynu. V podmínkách ČR by se biomasa měla v budoucnosti stát hlavním obnovitelným zdrojem energie. [47]

Teplo z biomasy je v ČR získáváno při spalování palivového dřeva v domácích krbech a ve větším množství je získáváno v teplárnách, kde je biopalivo často spoluspalováno s uhlím. Obdobné je to i při výrobě elektrické energie, ale existují i zařízení, kde je využíváno pouze biopaliva. Často se využívá kombinovaná výroba elektrické energie a tepla, což představuje maximální využití pro výrobu energie. Taková zařízení nalezneme např. v Hodoníně nebo v Jindřichově Hradci. Elektrická energie je v ČR také vyráběna v bioplynových stanicích (např. bioplynová stanice Číčov na obrázku 7-3), kde je jako palivo pro výrobu bioplynu využívána kukuřičná siláž, řepné řízky a kořínky. [48]

V roce 2015 bylo v ČR z biomasy vyrobeno 2 091 GWh elektrické energie (2,49 % z celkové výroby) a z bioplynu 2 614 GWh (3,12 % z celkové výroby). [4]



Obr. 7-3 Bioplynová stanice Číčov [49]

8. Závěr

Obnovitelné zdroje energie jsou nedílnou součástí budoucnosti energetického průmyslu a to hlavně z důvodu jejich nesporných výhod jako např. kladný vztah k životnímu prostředí a jejich velký energetický potenciál. Nevýhodou ovšem stále zůstává závislost některých obnovitelných zdrojů na počasí a z toho plynoucí nestabilní množství vyrobené energie. Dále pak náklady na pořízování a samozřejmě nezbytnost investic do vývoje technologií za účelem zdokonalení získávání energie.

V současnosti se ve světě vyskytuje snaha o jejich zařazení do energetického systému a v dlouhodobém výhledu by měly nahradit fosilní paliva a omezit tak produkci CO₂. Státy respektive Evropská unie se snaží o podporu využívání a vývoje technologií na výrobu energie z obnovitelných zdrojů.

Výborným příkladem v oblasti využívání obnovitelných zdrojů je Portugalsko, které dokázalo na počátku května 2016 po čtyři dny pokrýt svoji spotřebu elektrické energie pouze energií sluneční, větrnou a vodní, což je historický milník v energetice. Dalším takovým příkladem je Německo, kde obnovitelné zdroje dokáží pokrýt většinu spotřeby. V ČR se prozatím takových čísel nedosahuje, což je dáno především její geografickou polohou a s tím souvisejících přírodních podmínek, ale rozhodně v celosvětovém měřítku výrazně nezaostává. [50]

Zdroje:

- [1] *Zákon o životním prostředí*. č 17/1992 sb.
- [2] *Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)*. č 180/2005 sb.
- [3] QUASCHNING, V. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [4] ERÚ [online]. *Roční zpráva o provozu ES v ČR 2015*. 2016. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03
- [5] MASTNÝ, P. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [6] Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s. [online]. *Obnovitelné zdroje energie*. Dostupné z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/obnovitelne_zdroje_energie_energeticka_agentura_zlinskeho_kraje.pdf
- [7] Global irradiation and solar electricity potential. In: *JRC European Commission* [online]. PVGIS © European Communities, 2001 – 2008. [cit. 27. 5. 2016]. Dostupné z: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_hor/G_hor_CZ.png
- [8] BROŽ, K. a ŠOUREK, B. *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2802-X.
- [9] KAMINSKÝ, J. a VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1998. ISBN 80-707-8445-8.
- [10] Fotovoltaický článek. In: *ČEZ, a. s.* [online]. © 2016 ČEZ, a. s. [cit. 2. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/k32-1.gif>
- [11] ČEZ, a. s. [online]. *Obnovitelné zdroje energie a možnost jejich uplatnění v ČR*. 2007. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/tiskoviny/19.html>
- [12] BERANOVSKÝ, J. a TRUXA J. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-865-1759-4.
- [13] Systém s akumulací elektrické energie (12V i 230V). In: *PavelRichterNet* [online]. © 2007 Pavel Richter. [cit. 6. 4. 2016] Dostupné z: <http://pavelrichter.net/wp-content/uploads/2012/03/off-grid.jpg>

- [14] ERÚ [online]. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu podporovaných zdrojů energie ke dni 31. 3. 2016: sluneční elektrárny*. 2016. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/463106/SLE_16_03.pdf/42e1e350-1ae0-4c38-bc19-91f14ede1c77
- [15] Observ'ER [online]. *Photovoltaic barometr 2016*. 2016. Dostupné z: <http://www.eurobserv-er.org/pdf/photovoltaic-barometer-2016-en-observer/>
- [16] *Největší české elektrárny* [online]. NWT a. s. [cit. 27. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaiickepanely.eu/fotovoltaika/nejvetsi-ceske-elektrarny/>
- [17] Letecký pohled na část solární elektrárny Ralsko 1a. In: *snižujeme.cz* [online]. © 2016 snizujeme.cz. [cit. 27. 5. 2016]. Dostupné z: http://www.snizujeme.cz/wp-content/uploads/2014/01/FVE_Ralsko_Ra1a_web.jpg
- [18] PETRÁŠ, D. et al. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.
- [19] Schéma solárního kolektoru. In: *receptář.cz* [online]. © 2016 VIZUS & Tarsago. [cit. 15. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/res/data/155/018715.jpg?seek=1311586726>
- [20] Jednookruhový solární systém. In: *ČEZ, a. s.* [online]. © 2016 ČEZ, a. s. [cit. 20. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/akt2.gif>
- [21] Dvouokruhový solární systém. In: *ČEZ, a. s.* [online]. © 2016 ČEZ, a. s. [cit. 20. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/akt1.gif>
- [22] BUCHTA, L. Solární hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory – přehled. In: *oze.tzb-info.cz* [online]. Topinfo s.r.o., 2012 [cit. 14. 6. 2016]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/9138-solarni-hybridni-fotovoltaicko-tepelne-kolektory-prehled>
- [23] Schéma všeobecné cirkulace atmosféry. In: *Klimatologie a hydrologie pro učitele* [online]. Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita. [cit. 4. 4. 2016] Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/04-cirkulace.html
- [24] RYCHETNÍK, V., PAVELKA, J. a JANOUŠEK, J. *Větrné motory a elektrárny*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. Vytápění. ISBN 80-010-1563-7.

- [25] Schéma funkce elektrárny s horizontální vrtulí. In: *WEB OK2IMH* [online]. Milan OK2IMH. [cit. 28. 5. 2016]. Dostupné z: http://www.ok2imh.com/storage/201203171954_prop_1.jpg
- [26] Schéma zapojení ostrovního systému s větrnou turbínou. In: *Solární experti* [online]. Solární experti s.r.o. [cit. 28. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.solarniexperti.cz/wp-content/uploads/schema-zapojeni-ostrovnioho-systemu-s-vetrnu-turbinou.png>
- [27] Pole rychlosti větru v České republice ve výšce 100 m. In: *Ústav fyziky atmosféry* [online]. © Akademie věd České republiky. [cit. 28. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/>
- [28] ERÚ [online]. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu podporovaných zdrojů energie ke dni 31. 3. 2016: větrné elektrárny*. 2016. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/463106/VTE_16_03.pdf/64e75028-9d3e-4e00-9a55-2a8c73cd574d
- [29] VINŠOVÁ, M. 5 největších větrných elektráren v ČR. In: *nazeleno.cz* [online]. Nazeleno.cz, 2011 [cit. 28. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/aktualne/5-nejvetsich-vetrnych-elektaren-v-cr.aspx>
- [30] STUDENÍK, J. a SVITAVSKÝ, M. *Energie větru, vody, biomasy* [online]. Brno: 2015. ISBN 978-80-88058-08-3. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/Cover.html>
- [31] ERÚ [online]. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu podporovaných zdrojů energie ke dni 31. 3. 2016: vodní elektrárny*. 2016. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/463106/VE_16_03.pdf/b62748d1-daab-4900-bf01-9a082e8855f0
- [32] PROŠKOVÁ, T. Vodní elektrárny v České republice: Kolik vyrobí elektřiny?. In: *nazeleno.cz* [online]. Nazeleno.cz, 2010 [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektřiny>
- [33] VOBOŘIL, D. Přecherpací vodní elektrárny v České republice. In: *oenergetice.cz* [online]. Oenergetice.cz, 2015 [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektarny-cr/precerpavaci-vodni-elektarny-v-ceske-republice/>
- [34] PVEDS letecký pohled. In: *Olomoucký kraj* [online]. Olomoucký kraj. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupný z: http://www.olomoucky-kraj.com/files/object43/1113-216-PVEDS-letecky_pohled.jpg
- [35] Geosféry Země s určením hloubek rozhraní. In: *Institut geologického inženýrství* [online]. © 2016 VŠB-TU Ostrava. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/jelinek/Nauka_o_Zemi_PTO_htm_files/144.jpg

- [36] VOBOŘIL, D. Geotermální energie v ČR. In: *oenergetice.cz* [online]. Oenergetice.cz, 2015 [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalni-energie-v-cr/>
- [37] SRDEČNÝ, K. a TRUXA, J. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA, 2005. 21. století. ISBN 80-736-6031-8.
- [38] Princip tepelného čerpadla země – voda. In: *Tepelná čerpadla Gorenje* [online]. © 2013 TopHeat. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/files/images/Funkce%20Terragor.png>
- [39] Princip tepelného čerpadla vzduch – voda. In: *Tepelná čerpadla Gorenje* [online]. © 2013 TopHeat. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/files/images/Funkce%20Aerogor.png>
- [40] Princip tepelného čerpadla voda – voda. In: *Tepelná čerpadla Gorenje* [online]. © 2013 TopHeat. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/files/images/Princip%20%20C4%8Derpadla%20voda-voda.png>
- [41] BROŽ, K., MATUŠKA, K. a ŠOUREK, B. Vícenásobný zdroj ve školícím a rekreačním středisku Herbertov. In: *oze.tzb-info.cz* [online]. Topinfo s.r.o., 2008 [cit. 14. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4739-vicenasobny-zdroj-ve-skolicim-a-rekreacnim-stredisku-herbertov>
- [42] PERGL, J. Tepelná čerpadla mají své kořeny v Česku. Používají se už desítky let. In: *nazeleno.cz* [online]. Nazeleno.cz, 2014 [cit. 14. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/tepelna-cerpadla-maji-sve-koreny-v-cesku-pouzivaji-se-uz-desitky-let.aspx>
- [43] PASTOREK, Z., KÁRA, J. a JEVIČ, P. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-865-3406-5.
- [44] MALAŤÁK, J. a VACULÍK, P. *Biomasa pro výrobu energie: obnovitelný zdroj energie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.
- [45] Řepka olejná. In: *Herbář Wendys* [online]. © 2016 Herbář Wendys. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: http://botanika.wendys.cz/images/stories/741/O741_1.jpg
- [46] Elektrárna na biomasu. In: *ELUC* [online]. Olomoucký kraj. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/10744/content_elektrarna_na_biomasu.jpg
- [47] *Biomasa* [online]. Topinfo s.r.o. [cit. 30. 5. 2016]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa>

- [48] KARPÍŠKOVÁ, D. Biomasa: Jak jsme na tom s výrobou elektřiny?. In: *nazeleno.cz* [online]. Nazeleno.cz, 2010 [cit. 30. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/biomasa/biomasa-jak-jsme-na-tom-s-vyrobou-elektriny.aspx>
- [49] Bioplynová stanice Číčov. In: *ČEZ, a. s.* [online]. © 2016 ČEZ, a. s. [cit. 1. 6. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/img/energie-a-zivotni-prostredi/bps-cicov-mala.jpg>
- [50] NESLEN, A. Portugal runs for four days straight on renewable energy alone. In: *theguardian* [online]. © 2016 Guardian News and Media, 2016 [cit. 2. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/environment/2016/may/18/portugal-runs-for-four-days-straight-on-renewable-energy-alone>