

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Obnovitelné zdroje energie ve světě**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2016/2017

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

Jméno a příjmení: **Jindřich ČEJKA**  
Osobní číslo: **E14B0173P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Obnovitelné zdroje energie ve světě**  
Zadávající 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. Vysvětlete základní principy využívání a provozování obnovitelných zdrojů energie.
2. Rozeberte přírodní, legislativní a technické podmínky využití OZE v mimoevropských zemích.
3. Popište vývoj a rozvoj OZE ve světě a uveďte konkrétní příklady významných zařízení.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**1. přednášky z předmětu KEE/VEN**

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

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**

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



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

V Plzni dne 14. října 2016

---

## **Anotace**

Mnou napsaná bakalářská práce se zabývá technologií obnovitelných zdrojů energie (OZE) ve světě. Popisuje jejich princip funkce, složení, současné trendy a příklady největších zařízení ve světě. Cílem této práce je podat ucelený přehled o těchto obnovitelných zdrojích, o jejich typech, funkci a podmínkách. Sekundárním cílem je jejich porovnání v různých státech všude na světě.

## **Klíčová slova**

Obnovitelné zdroje energie, elektrická energie, světlo, slunce, fotovoltaický článek, solární tepelná elektrárna, fotovoltaika, systém, vítr, větrné elektrárny, voda, vodní elektrárny

## **Abstract**

This Bachelor thesis is about renewable sources (RES) in the world. It explains their functions, principles, compositions, current trends and examples of the world's largest facilities. The object of this thesis is a comprehensive overview about this renewable sources, their types, functions and conditions. The secondary object is their comparison between each others.

## **Key words**

Renewable sources of energy, electricity, light, sun, photovoltaic cell, solar thermal power station, photovoltaics, system, wind, wind power station, water, hydroelectric power

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Obnovitelné zdroje energie ve světě vypracoval samostatně na základě literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury a pod vedením svého vedoucího bakalářské práce.

.....

podpis

V Plzni dne

Jindřich Čejka

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Bělíkovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a systematické vedení mé práce.

## Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>8</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Větrné elektrárny</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Základní princip funkce větrné elektrárny</b> .....	<b>11</b>
1.1.1 Vznik větru .....	11
1.1.2 Princip funkce větrné elektrárny .....	12
1.1.3 Základní části větrné elektrárny .....	13
1.1.4 Výkon větrné elektrárny .....	14
<b>1.2 Přírodní, legislativní a technické podmínky VtE</b> .....	<b>17</b>
1.2.1 Přírodní podmínky .....	17
1.2.2 Legislativní podmínky – podpůrné programy ve světě .....	18
1.2.2.1 Spojené státy .....	18
1.2.2.2 Čína .....	18
1.2.2.3 Jiné země světa .....	18
1.2.3 Technické podmínky .....	19
1.2.3.1 Rozdíl v konstrukci pevninských, offshorových a plovoucích VtE .....	20
1.2.3.2 Připojení k rozvodné síti .....	21
1.2.4 Jiné typy větrných elektráren .....	21
<b>1.3. Vývoj, rozvoj a konkrétní příklady největších větrných farem ve světě</b> .....	<b>22</b>
1.3.1 USA .....	22
1.3.2 Japonsko .....	24
1.3.3 Čína a další země světa .....	24
<b>2. Solární elektrárny</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 Princip funkce solární elektrárny</b> .....	<b>26</b>
2.1.1 Světlo .....	26
2.1.2 Princip fotovoltaického článku .....	27
2.1.3 Výhody a nevýhody používání solárních panelů .....	28
2.1.4 Fotovoltaický systém .....	29
2.1.5 Solární tepelná elektrárna .....	32
2.1.5.1 Projekt Solar one a Solar two .....	33
<b>2.2 Přírodní, legislativní a technické podmínky FVE</b> .....	<b>34</b>
2.2.1 Přírodní podmínky .....	34
2.2.1.1 Zeměpisná poloha .....	34
2.2.1.2 Roční doba .....	34
2.2.2 Legislativní podmínky – podpůrné programy ve světě .....	35
2.2.3 Technické podmínky .....	36
2.2.3.1 Technologie tlustých vrstev .....	36
2.2.3.2 Technologie tenkých vrstev .....	37
2.2.3.3 Nekřemíkové technologie a organický solární panel .....	38
2.2.3.4 Připojení k rozvodné síti .....	38
<b>2.3 Konkrétní příklady největších a nejvýkonnějších FVE ve světě</b> .....	<b>39</b>
2.3.1 USA .....	39
2.3.2 Čína .....	41
2.3.3 Indie a další země světa .....	41



<b>3. Vodní elektrárny</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1 Základní princip funkce vodní elektrárny</b> .....	<b>42</b>
3.1.1 Výkon vodní elektrárny .....	42
3.1.2 Složení a části vodní elektrárny .....	43
<b>3.2 Přírodní, legislativní a technické podmínky vodních elektráren</b> .....	<b>44</b>
3.2.1 Přírodní podmínky .....	44
3.2.2 Legislativní podmínky .....	45
3.2.3 Technické podmínky .....	46
3.2.3.1 Rozdělení podle použité technologie .....	46
3.2.3.2 Nejpoužívanější vodní turbíny .....	47
3.2.3.3 Rozdělení vodních elektráren podle využití vodního toku .....	49
<b>3.3 Vývoj, rozvoj a konkrétní příklady největších zařízení ve světě</b> .....	<b>51</b>
3.3.1 První vodní elektrárna .....	51
3.3.2 Příklady největších vodních elektráren na světě .....	51
3.3.2.1 USA a Kanada .....	51
3.3.2.2 Čína .....	53
3.3.2.3 Brazílie .....	55
3.3.2.4 Rusko .....	55
3.3.2.5 Venezuela .....	56
<b>Závěr</b> .....	<b>57</b>
<b>Informační zdroje</b> .....	<b>58</b>
Literatura .....	58
Internet .....	58
<b>Obrázky</b> .....	<b>64</b>

## Úvod

Moje téma bakalářské práce je zaměřeno na problematiku obnovitelných zdrojů energie jako náhrady za fosilní paliva. Tuto práci jsem si vybral záměrně, jelikož mě obnovitelné zdroje zajímají, mají velký potenciál a je to stále více diskutované téma ve světě. Lidstvo si pomalu začíná uvědomovat, že fosilní paliva začínají docházet a náhradu za ně nevymyslíme přes noc. Potenciál obnovitelných zdrojů stále roste a jde ruku v ruce s vývojem účinnosti zařízení a environmentálním pojetím ochrany planety. Je však ještě spousta lidí, kteří tvrdí, že fosilní paliva nejsou příčinou globálního oteplování. Největším problémem tohoto tématu je, že tito lidé jsou často ve vrcholné politice a brání tak schválení některých zákonů, které by mohly naší planetě ulehčit.

Obnovitelných zdrojů známe více druhů a tato práce je přehledně popisuje. Jsou zde obsaženy obnovitelné zdroje, které známe a ty jsou dále rozebrány od jejich základů, na jakých principech fungují, jaký obnovitelný zdroj využívají a jak fungují celá zařízení. Dále je zde detailně rozepsáno, z jakých částí se daná zařízení skládají a jaký mají výkon. Zařízení, využívající obnovitelný zdroj energie lze vystavět a provozovat za vhodných přírodních, legislativních a technických podmínek. Nelze stavět, kde chceme a také nelze do stavby investovat velkou sumu peněz a očekávat zisk, pokud nebudeme znát veškeré problémy, které nás mohou při realizaci potkat. I tato problematika je zde rozebrána. V poslední řadě jsou zde uvedeny příklady nejvýkonnějších a nejvýznamnějších světových zařízení v různých zemích světa.

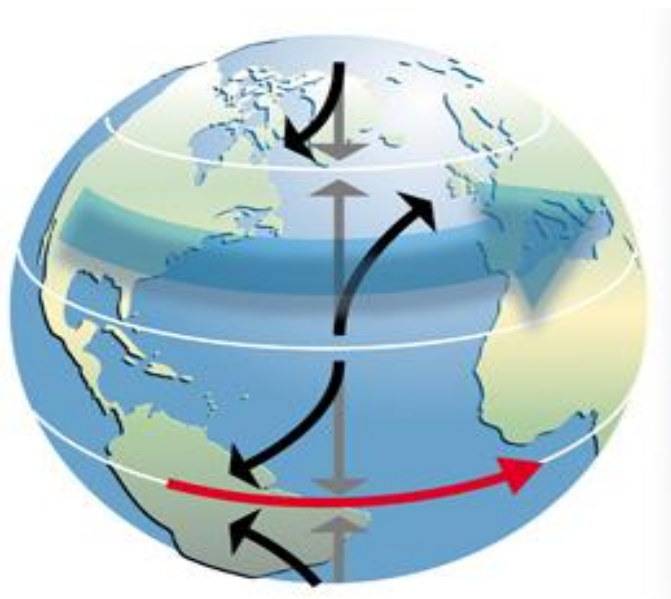
# 1. Větrné elektrárny

## 1.1 Základní princip funkce větrné elektrárny

### 1.1.1 Vznik větru

Vítr je proudění vzduchu, které vzniká působením slunečního záření, dopadajícího na povrch Země. Slunce vyzařuje velké množství energie a přibližně 2% této energie jsou přeměňovány na proudění vzduchu. Proudění vyvolává rozdíly v tlaku vzduchu, které je vyvoláno rotací Země. Záleží na barvě a členitosti terénu, protože některé části se zahřívají rychleji, než jiné. Například poušť se zahřeje daleko rychleji, než např. vodní plocha nebo les. Zahříváním povrchu vzniká teplý vzduch, který stoupá do výše a na jeho místo se tlačí vzduch studenější. Studený vzduch je těžší než teplý. Následně dochází k vyrovnávání těchto tlaků a vznikají takzvané tlakové výše a tlakové níže. To zapříčiňuje pohyb masy vzduchu. [1, 2]

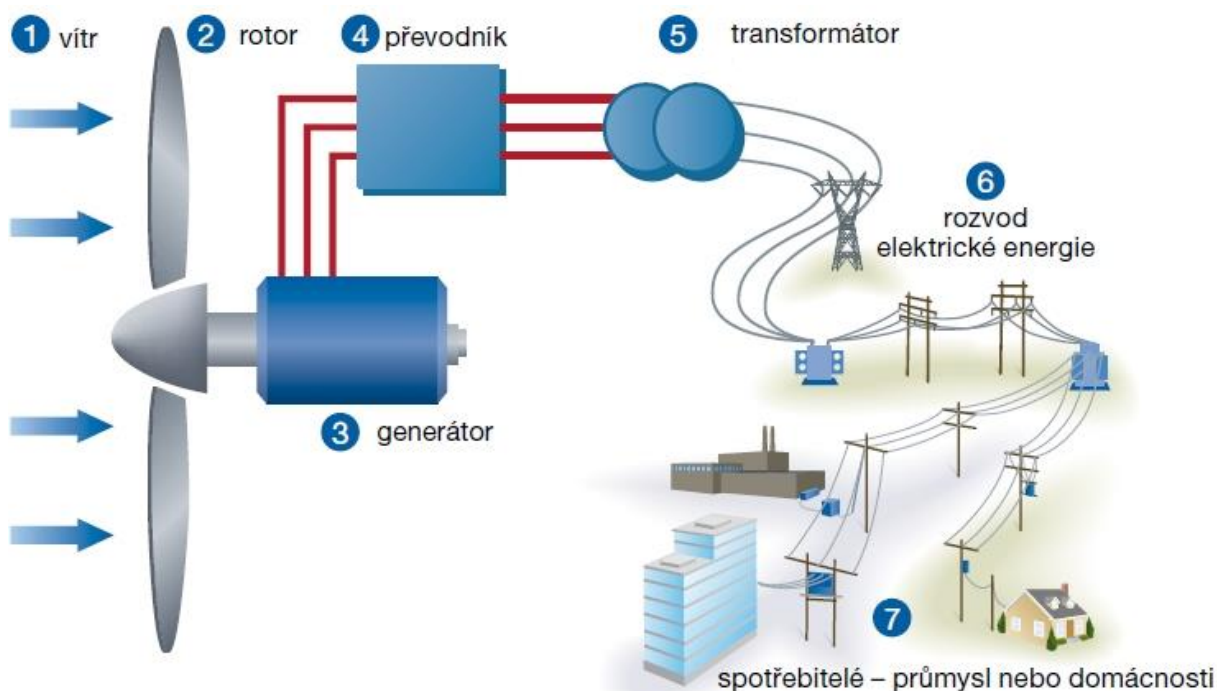
Cirkulací vzduchu zjednodušeně vznikají tři cirkulační buňky: Hadleyova, Ferrelova a Polární buňka. Proudění vzduchu je také odkláněno rotací Země, což do značné míry způsobuje rovnoměrné proudění větrných proudů. Následnou nerovnoměrnost zapříčiňují různé povrchy (např. poušť, les, pole, vodní plocha) a členitost terénu (hory, nížiny, údolí). [1, 2]



Obr. 1.1 Globální cirkulace větru

### 1.1.2 Princip funkce větrné elektrárny

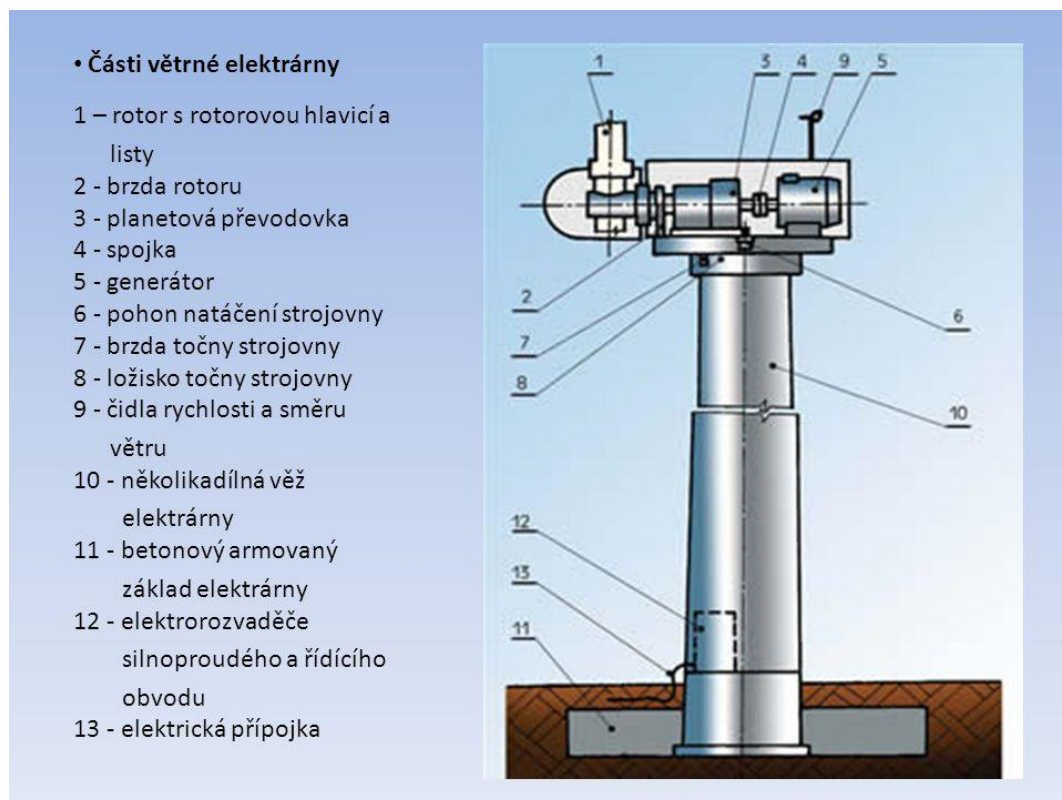
Působením větru na listy rotoru dochází k jeho roztočení. Listy rotoru musí mít specifický tvar, aby se vlivem větru mohl rotor otáčet. Rotor je připojen hřídelí na generátor, který převádí mechanickou energii větru dodávanou z rotoru na energii elektrickou. V dnešní době existují dva typy generátorů: s převodovkou a bez převodovky. Převodovka mění pomalé otáčky rotoru na mnohem vyšší otáčky generátoru. Toto provedení je však náchylné na poruchy, proto je rozšířenější provedení bez převodovky. Dále z generátoru odchází proud o napětí 400 – 690 V. Jelikož je elektrárna připojena do sítě 22 kV nebo 35 kV, musí toto napětí projít přes transformátor, kde je transformováno na již zmíněných 22 kV nebo 35 kV. Z transformátoru je napětí vedeno přes distribuční síť ke spotřebitelům (domácnosti, firmy). Jedna větrná elektrárna je v ideálním případě schopna napájet elektrickou energií přibližně 2500 domácností, ale záleží na jejím instalovaném výkonu. [1, 10, 11]



Obr. 1.2 Zjednodušené schéma principu funkce větrné elektrárny

### 1.1.3 Základní části větrné elektrárny

- 1) Rotor
- 2) Gondola a strojovna
- 3) Stožár
- 4) Základna



Obr. 1.3 základní části větrné elektrárny

Obrázek 1.3 popisuje základní části větrné elektrárny:

- 1) – (1) rotor s rotorovou hlavou: napojený na generátor, který mění mechanickou energii větru na elektrickou
- 2) – (2 - 9) Gondola a strojovna: slouží k natáčení rotoru kolmo ke směru proudění větru, strojovna obsahuje např. generátor a v některých případech i brzdu a převodovku
- 3) – (10) Stožár (věž): vysoký několik metrů tak, aby na rotor působil vítr alespoň o rychlosti 6 m/s
- 4) – (11) betonová základna: upevnění v zemi, aby se při poryvech větru elektrárna nezřítla [3, 10, 11]

### 1.1.4 Výkon větrné elektrárny

Výkon větrné elektrárny závisí na mnoha faktorech. Je to především hustota vzduchu, rychlost proudění větru, plocha rotoru a účinnost stroje. Pro výpočet činného výkonu ve wattech použijeme obecný vzorec pro výkon. [4]

$$P = \frac{E}{t} [W]$$

Po úpravě dostaneme, že:

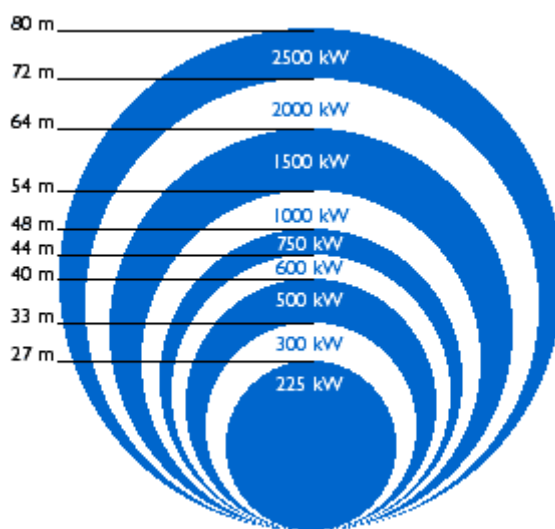
$$P = \frac{1}{2} * \rho * v^3 * c_p * S [W]$$

kde  $c_p$  je součinitel výkonnosti nebo Betzův koeficient (pro ideální případ  $c_p=0,59$ )

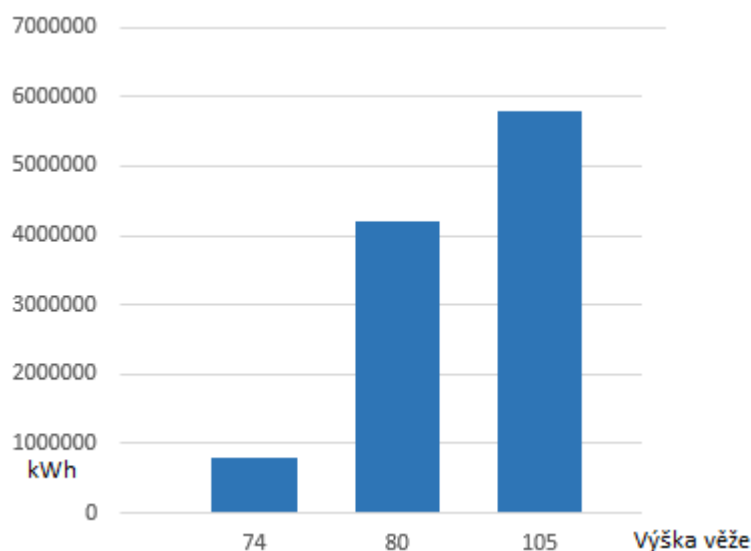
Pro reálné turbíny platí:

$$P = \frac{v^3}{2} * \rho * \pi * c_p * \frac{D^2}{4} [W]$$

Po další úpravě lze dojít k závěru, že výkon větrné elektrárny je závislý na druhé mocnině průměru rotoru. [4, 11]



Obr. 1.4 Závislost průměrné velikosti rotoru na vytěženém výkonu [4]



Obr. 1.5 Roční výroba elektrické energie v závislosti na výšce věže  $VtE$  [4]

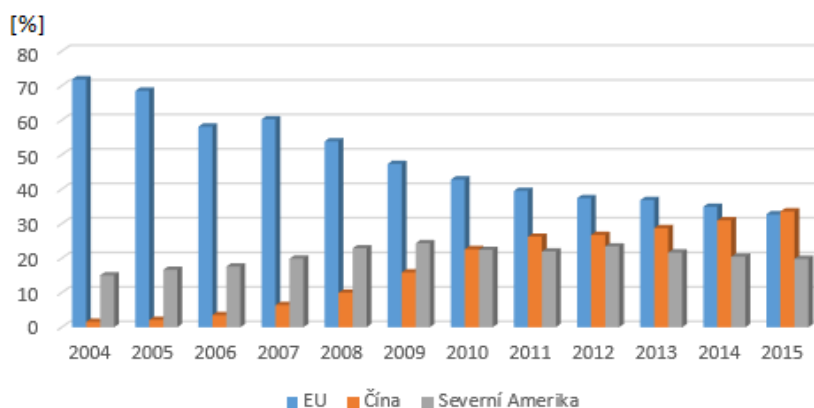
Z grafu (obr. 1.5) je patrné, že výkon větrné elektrárny závisí na výšce věže i průměru rotoru. Z toho vyplývá, že pokud zvedneme výšku věže na 74 m a použijeme rotor o průměru 52 m s generátorem 850 kW, dosáhneme výkonu téměř 1 000 000 kWh. Prostřední sloupec ukazuje, že pokud zvýšíme věž jen o dalších 6 metrů (na 80 m), ale zvýšíme průměr rotoru téměř na dvojnásobek (90 m) s generátorem 2 MW, dostaneme téměř 5x tak velký výkon. Žlutý sloupec pak ukazuje další nárůst výkonu, pro 2MW generátor, pokud zachováme průměr rotoru (90 m), ale věž zvýšíme ještě o 15 m na 105 m výšky. [4]

Z tabulky a grafu (tab. 1.5 a obr. 1.6) lze vyčíst, že od roku 2004 se zvyšuje počet VtE, čímž se zvyšuje celkový výkon, který jsou schopné vyrábět (největší světový výrobci jsou uvedeni v tabulce). V roce 2004 byla Evropa majoritním výrobcem elektrické energie pomocí VtE. Čína jako samostatný celek pomocí VtE v roce 2015 vyrobila více elektřiny, než celá Evropa nebo Severní Amerika (USA, Kanada, Mexiko). [5]

Tabl.1.1 Nárůsty instalovaných výkonů VtE v MW mezi roky 2004 - 2015 [4]

Rok	EU [MW]	Čína [MW]	Severní Amerika [MW]	Svět [MW]
2004	34 205	765	7 169	47 620
2005	40 504	1 260	9 835	59 091
2006	43 069	2 604	13 035	74 052
2007	56 535	6 050	18 664	93 820
2008	64 949	12 104	27 606	120 550
2009	74 767	25 104	38 478	157 889
2010	84 650	44 733	44 306	197 637
2011	93 947	62 364	52 184	237 669
2012	105 696	75 564	66 207	282 482
2013	117 289	91 412	68 894	318 105
2014	129 060	114 604	75 571	369 695
2015	141 578	145 104	85 671	432 419

V roce 2015 bylo nově nainstalováno 63 GW pomocí VtE. Celkový světový instalovaný výkon ke konci roku 2015 činil 432 GW. Samotná Čína nainstalovala téměř polovinu tohoto instalovaného výkonu 48,4%, dále pak USA (13,6%) a Německo (9,5%). Za tuto trojici zemí se dále do top 10 řadí Indie, Španělsko, Velká Británie, Kanada, Francie, Itálie a Brazílie. [5]



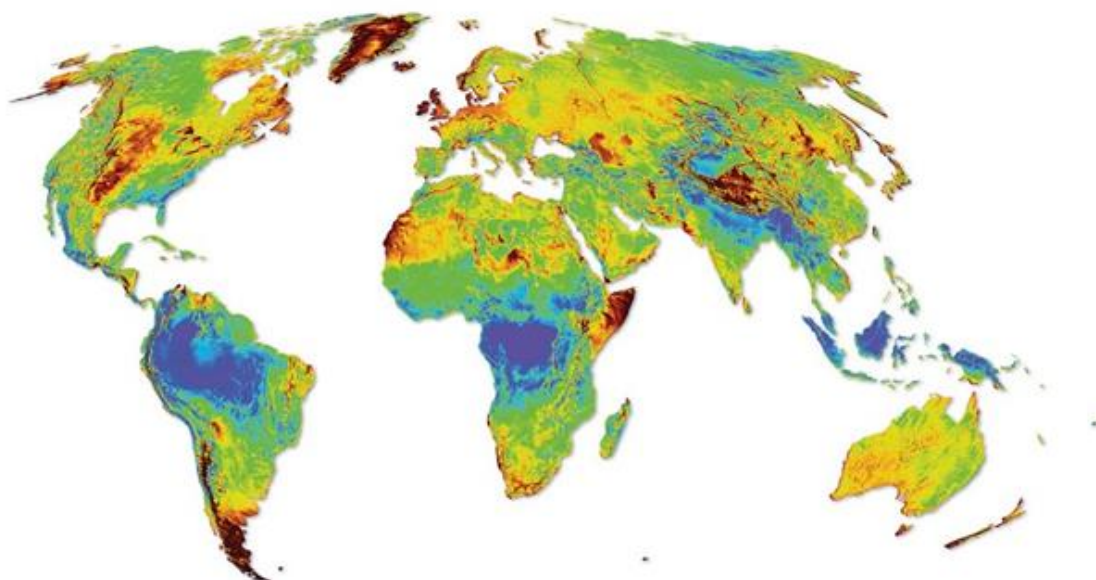
Obr. 1.6 Nárůst instalovaných výkonů jednotlivých zemí vyjádřený v procentech



## 1.2 Přírodní, legislativní a technické podmínky VtE

### 1.2.1 Přírodní podmínky

Větrné elektrárny je nutné umístit do lokalit s vhodnými povětrnostními podmínkami. Obvykle jsou to místa alespoň 500 metrů nad mořem. Další nutná podmínka pro to, aby se výstavba větrné elektrárny vyplatila, je minimální roční průměrná rychlost větru, která činí 6 m/s. Ideální hodnoty se však pohybují výše a to v rozmezí 8 – 12 m/s. Co se týče offshorových větrných elektráren nebo elektráren na velkých planinách, musí být rotory bržděny, aby nedošlo k poškození vnitřních částí stroje, protože zde dochází k vyšším a vyrovnanějším rychlostem větru. Na obrázku (obr. 2.1) je vidět, kde je největší (červená) a nejmenší (modrá) průměrná rychlost proudění větru na světě ve výšce 80 metrů nad povrchem. [6, 10]



Obr. 2.1 Větrná mapa světa ve výšce 80 m [6]

Podle povětrnostních podmínek vybereme lokalitu, která je vhodná pro výstavbu jedné větrné elektrárny nebo celé skupiny větrných elektráren. Větší uskupení větrných elektráren se nazývají větrné farmy. Tyto farmy mohou obsahovat i několik set věží s rotorem. Příkladem je největší větrný park Gansu v Číně, který obsahuje přes 3 500 větrných elektráren. [6, 10]

## 1.2.2 Legislativní podmínky – podpůrné programy ve světě

### 1.2.2.1 Spojené státy

Koncem roku 2016 si ve státě New York v USA dali za cíl vyrábět do roku 2030 50% veškeré elektrické energie obnovitelnými zdroji a snížit tak emise skleníkových plynů o 40%. Chtějí toho dosáhnout dotacemi pro majitele větrných elektráren podle vyráběných MWh a to ve výši 22 – 35 USD za jednu vyrobenou MWh. Chtějí tak udělat obnovitelné zdroje pro investory atraktivnější. Ostatní státy v USA podporují touto cestou pouze obnovitelné zdroje, jen New York do tohoto programu přidal i podporu jádra, což se nelíbí některým zastáncům, kteří si myslí, že by se veškeré tyto výhody měly směřovat pouze do obnovitelných zdrojů. V roce 2013 stvrdil Barack Obama podpisem zákon, týkající se větrné energie, který všem investorům, kteří zahájí výstavbu svých projektů do roku 2020, zajišťuje daňové úlevy. [7, 8]

### 1.2.2.2 Čína

Čína se vydává v podpoře větrných elektráren zcela jinou cestou. Namísto dosavadní podpory v rámci dotací, jako je tomu například v USA, Čína zavede 1. července 2017 tzv. zelené certifikáty. Tyto certifikáty by měly garantovat, že vyrobená elektrická energie pochází z obnovitelného zdroje. Dále by certifikáty měly být obchodovatelné se státními i soukromými spotřebiteli. Jeden certifikát by měl prezentovat 1 MWh. Elektrárny obchodující se zelenými certifikáty by měly mít garanci výkupu a tak by nadále nebyly podporovány státem. Výhoda tohoto programu spočívá v tom, že nebude specifická cena certifikátu a tak mohou větrné elektrárny být naprosto soběstačné. Čína do roku 2018 tento program vyhodnotí a po tomto období by jej chtěla spustit celorepublikově. [9]

### 1.2.2.3 Jiné země světa

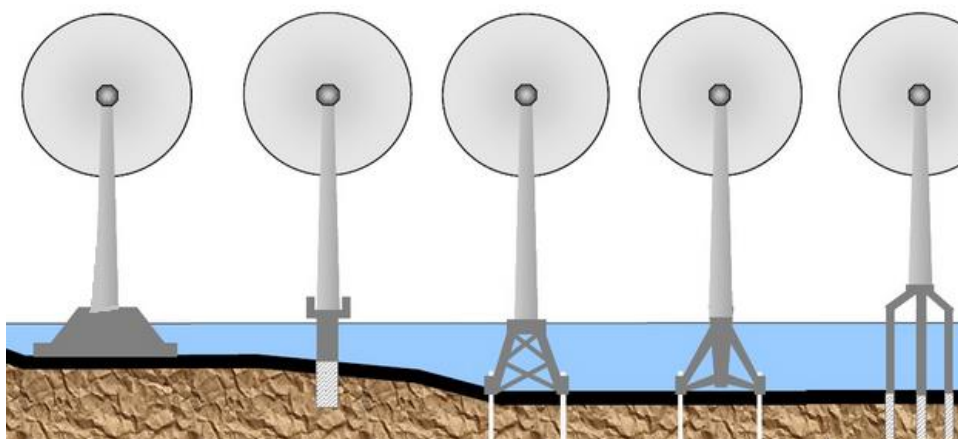
Investice do obnovitelných zdrojů jsou v posledních letech spíše ze strany zemí s rychle rostoucí ekonomikou. Největší investor do programu obnovitelných zdrojů je Čína, za ní např. Jihoafrická republika, Mexiko nebo Chile. Poslední tři zmiňované země mají v důsledku rozvoje své ekonomiky a tudíž vzrůstající poptávce po elektrické energii podobný program podpory obnovitelných zdrojů jako mají např. v USA. [57]

### 1.2.3 Technické podmínky

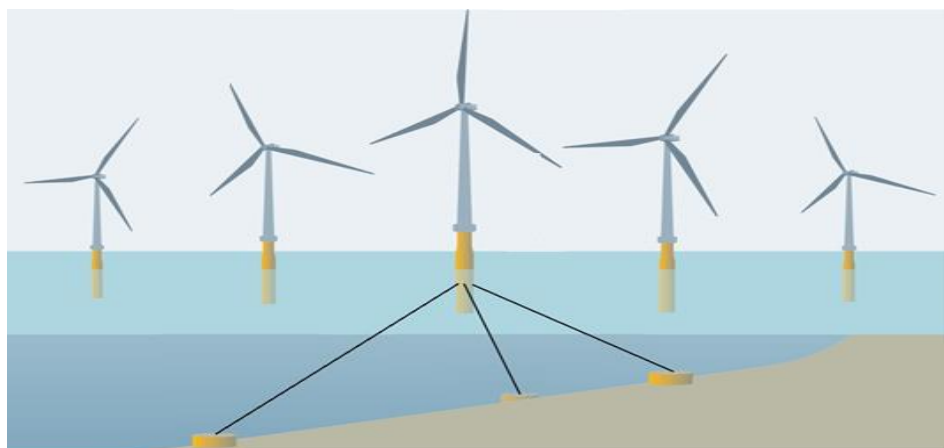
Rozlišujeme tři druhy větrných elektráren. Tzv. onshorové (pevninské), offshorové (na vodní ploše) a plovoucí větrné elektrárny. Zásadní rozdíl je v základně. U pevninských větrných elektráren se jedná o obrovskou masu železobetonu v zemi (obr. 2.2). Základně offshorových větrných elektráren je více druhů. Podle obrázku (obr. 2.3) jsou to klasické onshorové upevnění v malých hloubkách, dále pak Monopile, Jacket, Tripod a Triple. Plovoucí (offshorové) větrné elektrárny, umístěné na vodní ploše, jsou uchyceny ke dnu soustavou lan (obr. 2.4) nebo soustavou upevněnou do protipohybu (obr. 2.5) tak, aby nedošlo k přerušení elektrického kabelu. [12, 13]



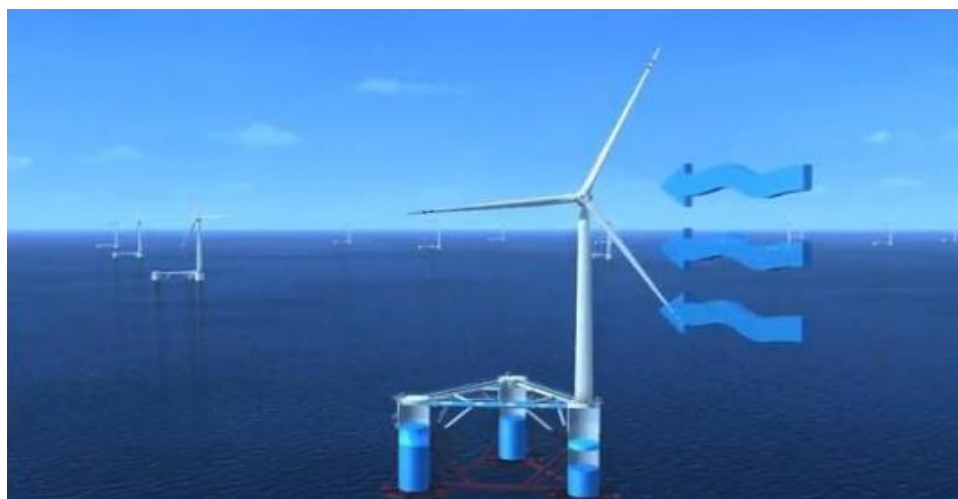
Obr. 2.2 Základna pevninské VtE



Obr. 2.3 Různé typy základen u offshorových VtE



*Obr. 2.4 Uchycení plovoucí VtE soustavou lan*



*Obr. 2.5 Upevnění VtE do protipohybu*

#### 1.2.3.1 Rozdíl v konstrukci pevninských, offshorových a plovoucích VtE

Jak již bylo zmíněno, rozdíl v konstrukci VtE spočívá hlavně v upevnění základny. Na plochu, hloubku a typ základny (v případě offshorových VtE) má vliv výška věže, průměr listů rotoru a typ dna (písek, štěrk atd.). V případě pevninských VtE platí to samé. Základna může dosahovat hloubky i ke třem metrům. [6]

Rovněž je důležitá průměrná rychlost větru, která na pevnině dosahuje vysoké rychlosti jen ve výše položených místech nebo při ojedinělých případech, jako je vichřice nebo orkán. Na moři je průměrná rychlost větru daleko vyšší, než v některých vnitrozemských oblastech, proto je třeba rotory offshorových VtE brzdít. Brzdění se netýká jen offshorových VtE, ale všech větrných elektráren, které se nacházejí v lokalitách s vyšší rychlostí větru a tímto prouděním by mohlo dojít k poškození vnitřních částí. [6]

### 1.2.3.2 Připojení k rozvodné síti

Jednou z největších překážek při výstavbě VtE je její připojení do rozvodné sítě. Další překážkou, a zřejmě největší, je výběr lokality. Daná lokalita musí mít nejen vhodné povětrnostní podmínky, ale musí být i vhodně položena. Jedním z největších problémů jsou vhodné lokality, které jsou často daleko od civilizace nebo přípojného bodu, a tak je projekt prodražen, protože je nutné položit kabely do země nebo vystavět nové stožáry vedení.

### 1.2.4 Jiné typy větrných elektráren

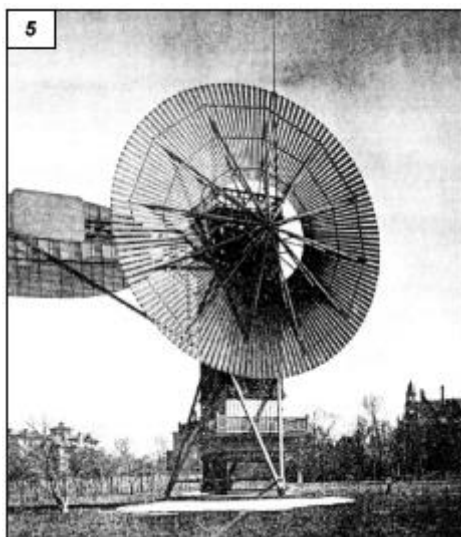
Doposud byla řeč pouze o větrných elektrárnách, které měly stožár a kolmo ke směru větru rotor. Výjimkou je typ větrné elektrárny EOLE VAWT stojící v Kanadě, konkrétně na pobřeží zálivu St. Lawrenc. EOLE VAWT je typ větrné elektrárny se svislou osou. Tato větrná elektrárna byla dokončena v roce 1987 a má instalovaný výkon 4,2 MW. Byla to první větrná elektrárna s proměnnou rychlostí otáčení a s měničem. Její výška sahá 110 m nad zem, průměr rotoru je 60 m a hloubka základny 10 m. Vzhledem k její výšce stavba obsahuje i soustavu kotevních lan. [14]



Obr. 2.6 EOLE VAWT v Kanadě [14]

### 1.3 Vývoj, rozvoj a konkrétní příklady největších větrných farem ve světě

První větrná elektrárna byla postavena na přelomu let 1887 a 1888 američanem Charlesem Brushem v Clevelandu ve státě Ohio. Předloha pro tuto elektrárnu byl větrný mlýn. Tato větrná elektrárna byla tvořena automatickou turbínou, ke které byl připojen generátor. Při 500 ot/min byl její výkon 12 kW. [57]



Obr. 3.1 První větrná elektrárna [57]

#### 1.3.1 USA

Ačkoli jsou Spojené státy technicky velmi vyspělé, tak doposud neměly žádnou offshorovou větrnou farmu. První náznak byl v roce 2014, a to plánovaný projekt Cape Wind u ostrova Nantucket. Ten byl však zamítnut, jelikož jeho lokalita nebyla schválena. Až v prosinci roku 2016, konkrétně 12.12.2016 se v USA dočkaly první offshorové větrné farmy. Tato větrná farma však vyrábí pouze 30 MW a je to spíše první pokus Spojených států. Po schválení výstavby této větrné farmy u ostrova Block (asi 115 km od ostrova Nantucket) v USA došlo k rapidnímu nárůstu žádostí o povolení k výstavbě větrných elektráren. Tyto projekty mají mít výkon až 14,5 GW včetně obrovského větrného parku u pobřeží Kalifornie s výkonem 765 MW, který by měl být postaven na plovoucích základech. Tato větrná farma by se tak stala největší offshorovou farmou na světě a byla by schopna napájet až 200 000 domácností. Další offshorovou farmu v USA plánují na Erijském jezeře o výkonu 21 MW. Její stavba by měla začít v roce 2018 a tento projekt již v květnu roku 2016 dostal grant 40 USD od amerického ministerstva pro energetiku. [15 - 17, 58]



*Obr. 3.2 Větrná farma u Block Island*

Nedostatek VtE na vodě Spojené státy kompenzují na pevnině. V USA se nachází několik největších světových větrných farem. Mezi největší v Americe patří Alta Wind Energy Center, nazývaná AWEC známá také jako Mohavská větrná farma v Kern County ve státě Kalifornie, kterému patří celkově druhé místo na světovém žebříčku. Výstavba této farmy začala v roce 2010 a její instalovaný výkon byl 552 MW. Dnes tato farma obsahuje přes 600 turbín o celkovém výkonu přesahujícím 1500 MW. Spojené státy však plánují do roku 2040 téměř zdvojnásobit instalovaný výkon této větrné farmy na 3000 MW. [18, 19]

Další velká větrná farma ve Spojených státech je Shepherds Flat Wind Farm ve státě Oregon. Výstavba tohoto parku začala podobně jako výstavba AWEC roku 2010. Tento park je rozdělen na tři části. Celý park byl celkově uveden do provozu v druhé polovině roku 2012. Je zde 338 turbín, které jsou schopny generovat při plném výkonu 845 MW. [18, 19]



*Obr. 3.3 Alta Wind Energy Center [21]*

### 1.3.2 Japonsko

Oproti USA se Japonsko angažuje do offshorových větrných elektráren již delší dobu. Největší rozmach nastal po roce 2011, kdy Japonsko zasáhla ničivá vlna tsunami a poškodila jadernou elektrárnu Fukušima. Po výpadku této jaderné elektrárny a pár dalších, se Japonsko začalo intenzivně zajímat o větrné elektrárny jako náhradu za odstavené jaderné elektrárny poničených tsunami. [20, 24]

V roce 2013 asi 20 km od pobřeží Fukušimi byla postavena plovoucí větrná elektrárna “Fukushima Mirai“ o výkonu 2 MW. Na tu byla v roce 2016 připojena další plovoucí větrná elektrárna “Fukushima Shimpuu” s výkonem 7 MW. Tato větrná elektrárna je 188.5 m vysoká s rotorem o průměru 105 m. Tyto parametry ji tak dělají dosud největší plovoucí větrnou elektrárnou na světě. [20 - 23]



*Obr. 3.4 Největší 7MW větrná elektrárna v Japonsku [18]*

### 1.3.3 Čína a další země světa

V Číně se nachází větrná farma Gansu a je to největší větrná farma na světě. Po jejím dokončení v roce 2020 by měla mít instalovaný výkon celkem 20 GW, což je téměř jako všechny elektrárny v České republice. Projekt Gansu začal roku 2009 a sdružuje několik menších větrných parků. Už v roce 2010 byla dokončena první fáze projektu Gansu skládající se z více než 3500 větrných turbín a jejich instalovaný výkon byl 5,16 GW. Čína se mimo jiné tímto projektem snaží omezit produkci oxidu uhličitého, který



vzniká spalováním uhlí při výrobě elektrické energie klasickými spalovacími elektrárnami. [19, 25]



*Obr. 3.5 Větrný park Gansu [19]*

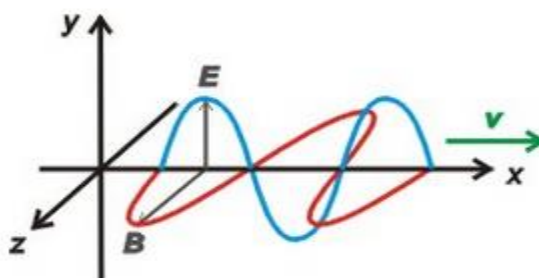
Na světě se nachází ještě mnoho větrných farem. Na třetím a čtvrtém místě jsou větrné farmy v Indii a to větrný park Muppandal a Jaisalmer. Celkem dvě třetiny veškeré energie z OZE v Indii tvoří větrné elektrárny. Výstavba větrného parku Jaisalmer začala v srpnu 2011. Svého plného výkonu 1 064 MW dosáhl v dubnu roku 2012. Dále by stály za zmínku větrná farma London Array Offshore Wind Farm v Británii nebo Fantanele – Cogeaalac Wind Farm v Rumunsku. [19]

## 2. Solární elektrárny

### 2.1 Princip funkce solárních elektráren

#### 2.1.1 Světlo

Světlo se k nám dostává výhradně v podobě elektromagnetických vln ze slunce ve viditelném i neviditelném spektru. Elektromagnetická vlna je vlna, která má dvě složky, elektrickou a magnetickou. Elektrickou složku reprezentuje vektor intenzity elektrického pole  $E$ , který je kolmý na vektor intenzity magnetické  $B$  (obr. 4.1). Z toho vyplývá, že každé elektromagnetické vlnění, je vlnění příčné. A navíc platí, že u postupné vlny jsou vektory  $E$  a  $B$  ve fázi, což znamená, že nabývají maximálních a nulových hodnot zároveň. [26, 28]



Obr. 4.1 Elektromagnetická vlna [26]

Podle vlnové délky rozlišujeme tři typy slunečního záření: ultrafialové, viditelné a infračervené. [27, 29]

#### a) Ultrafialové záření

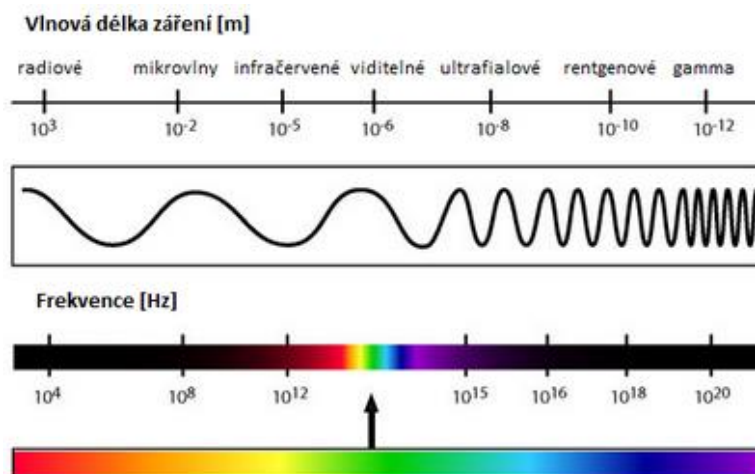
Ultrafialové záření má vlnovou délku menší než 390 nm. Jeho značnou část absorbuje ozonová vrstva ve stratosféře. Pokud se vlnová délka ultrafialového záření přiblíží nebo klesne pod 260 nm, tak dochází k úhynu organismů. [27, 29]

#### b) Viditelné záření

Viditelné záření obsahuje vlnové délky od 390 až po 760 nm. Barevné spektrum viditelného záření je od fialové až po červenou barvu. Toto záření je zdrojem světla i tepla. [27, 29]

## c) Infračervené záření

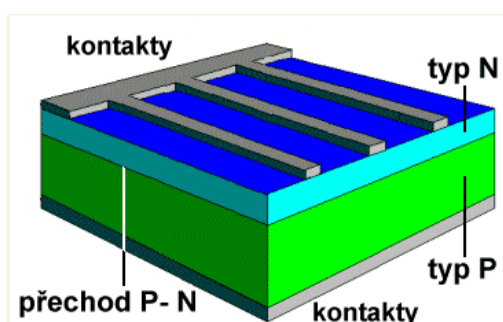
Infračervené záření je záření s vlnovou délkou větší než 760 nm. Využívá se mimo jiné i k lokalizaci teplotních stop pomocí termovize, protože při delších vlnových délkách, než je viditelné spektrum, se dá sledovat více charakteristik povrchu. [27, 28, 30]



Obr. 4.2 Spektrum světla [30]

### 2.1.2 Princip fotovoltaického článku

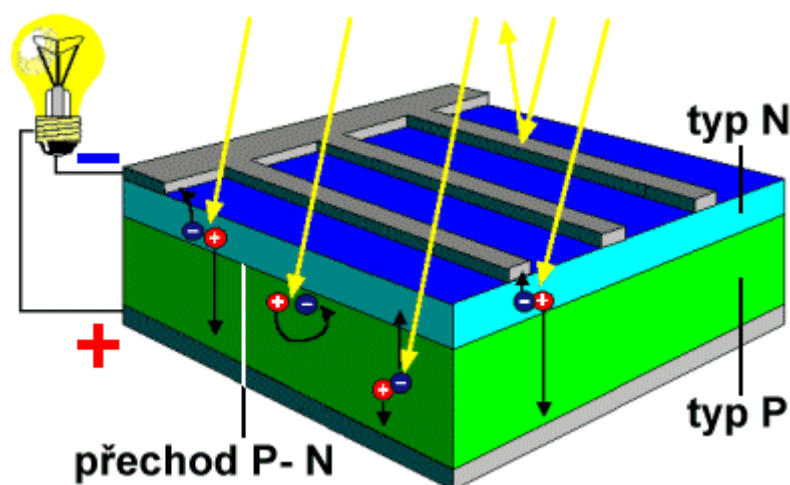
Fotovoltaický článek se v podstatě chová jako obyčejná polovodičová dioda. Základem je klasický PN přechod. Článek tvoří silnější vrstva polovodiče typu P (křemík s příměsí bóru) a slabší vrstva polovodiče typu N. Na povrch této vrstvy se dále natisknou úzké vodivé kanály (obr. 4.3). [31 - 33]



Obr. 4.3 Solární článek [31]

Obecně je v polovodiči typu N přebytek záporně nabitých elektronů (majoritní nosiče náboje) a v polovodiči typu P je jich naopak nedostatek, zde tvoří minoritní (menšinové) nosiče. Majoritními jsou zde díry. Spojením těchto vrstev mezi nimi vznikne takzvaný PN přechod, který brání samovolnému přechodu elektronů z polovodiče N do

polovodiče P a následné rekombinaci (párování elektron - díra). Pokud na článek dopadají fotony o energii alespoň 1,12 eV, pak fotony předávají svou energii atomům v krystalické mřížce a uvolňují tak elektrony. V PN přechodu mohou elektrony přecházet z vrstvy P do vrstvy N, ale ne naopak, takže ve vrstvě N stále narůstá počet volných elektronů vlivem dopadajícího světla, čímž se ve vrstvě P tvoří více děr. Nahromaděním volných elektronů ve vrstvě N vzniká mezi vrstvami P a N elektrické napětí 0,6 V. Pokud na vodivé kanály připojíme zápornou a na spodní vrstvu článku kladnou elektrodu spotřebiče, uzavřeme tím elektrický obvod, jímž začne protékat elektrický proud. Abychom dosáhli vyšších proudů a napětí, tak se fotovoltaické články připojují sériově nebo paralelně a sestavují se z nich solární panely. [31, 33]



Obr. 4.4 Zjednodušený princip funkce fotovoltaického článku [32]

Má-li foton energii nižší, než 1,12 eV, tak projde křemíkem a není absorbován. To znamená, že nevznikne fotovoltaický jev. Pokud však má tuto energii, křemík jej absorbuje a k fotovoltaickému jevu dojde. Když je energie fotonu větší, než tato hodnota, způsobí vznik elektronu a díry. Zbytek jeho energie se pak mění na teplo, které je nežádoucí, protože snižuje účinnost solárního článku. [31, 33]

### 2.1.3 Výhody a nevýhody používání solárních panelů

Využívání solárních panelů má své výhody i nevýhody. Hlavní výhodou je, že se jedná prakticky o nevyčerpatelný a zcela ekologický zdroj energie. Další výhodou je, že panely jsou nehlukné, protože neobsahují žádné pohyblivé části a při provozu nedochází k uvolňování žádných škodlivých látek. Nevýhodami jsou malá životnost v poměru k ceně nebo také malá účinnost přeměny. Asi největší nevýhodou je proměnlivé počasí a

průměrný svit slunce nad danou lokalitou. Proto musíme vhodně volit místo výstavby fotovoltaických polí. [32]

### Výhody

- Prakticky nevyčerpatelný zdroj energie
- Nevznikají žádné emise nebo škodlivé látky
- Bezhlukový provoz, bez pohyblivých dílů
- Jednoduchá instalace, snadná regulace
- Provoz prakticky nevyžaduje obsluhu
- Vysoká provozní spolehlivost

### Nevýhody

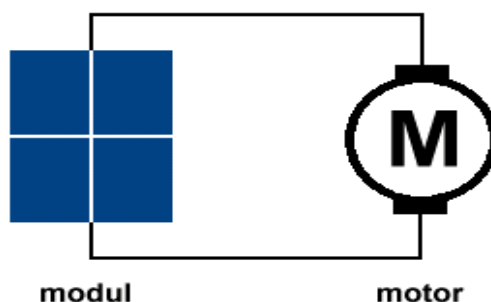
- Nízká intenzita slunečního záření během roku
- Krátká průměrná roční doba slunečního svitu
- Malá účinnost článků
- Vysoké počáteční náklady
- Poměrně malá životnost v poměru k ceně
- Potřeba záložního zdroje elektřiny

Obr. 4.5 Největší výhody a nevýhody využívání solárních panelů [32]

#### 2.1.4 Fotovoltaický systém

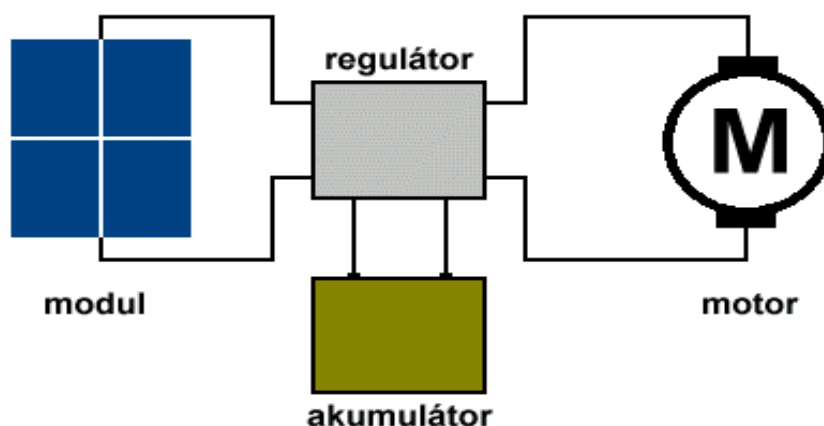
Fotovoltaický systém je solární panel, který je připojen na spotřebič přímo (obr. 4.6) nebo přes regulátor s akumulátorem (obr. 4.7). Lze jej realizovat i jako systém nezávislý na rozvodné síti. [32]

Nejjednodušší fotovoltaický systém (obr. 4.6) je systém, který pracuje pouze při dostatečném osvětlení. Když je článek (modul) dostatečně osvětlen, spotřebič pracuje. Pokud je osvětlen málo nebo vůbec, spotřebič nic nedělá. Takže je napájen, ale nedostatečně velkým napětím pro funkci nebo není napájen vůbec. Toto provedení je značně nevýhodné, jelikož funkce spotřebiče je přímo závislá na osvětlení modulu, proto se používá jen výjimečně. Například k napájení u kalkulačky, dětských hraček nebo učebních pomůcek. [32]



Obr. 4.6 Základní fotovoltaický systém [32]

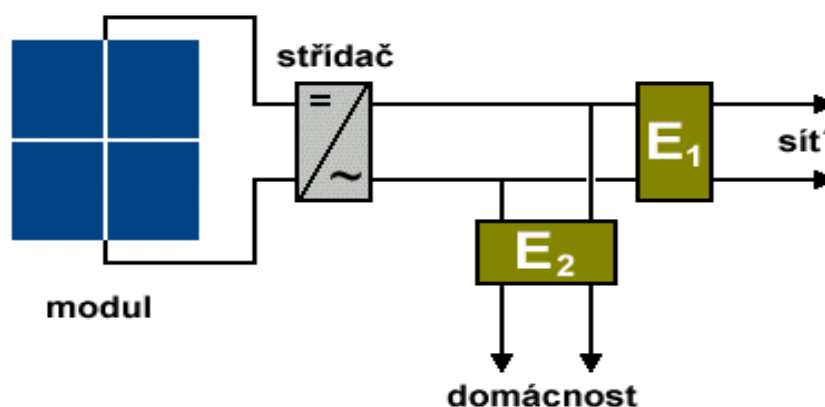
Složitějším systémem je tzv. autonomní fotovoltaický systém (obr 4.7). Někdy také označován jako „grid - off“ nebo ostrovní fotovoltaický systém. To je systém, který je nezávislý na externím napájení (připojení do sítě). Zde je modul připojen na spotřebič přes regulátor, a ten je dále připojen na akumulátor. Regulátor zajišťuje vhodné podmínky nabíjení a vybíjení akumulátoru. Přes den nebo za dostatečného osvětlení funguje autonomní fotovoltaický systém jako ten obyčejný. V noci nebo při nedostatečném osvětlení modulu, dodává elektrickou energii do spotřebiče prostřednictvím přes den nabíjeného akumulátorem. Toto provedení se používá převážně v odlehlých oblastech, kde je nemožné připojení na rozvodnou síť. To jsou např. horské chaty nebo odlehlé sruby. Dále se používá k napájení různých malých spotřebičů v domácnosti, jako jsou malé zahradní svítílny, ohřev vody v bazénu aj. K napájení malých elektrických zařízení nebo měřících přístrojů v meteorologických stanicích. V neposlední řadě je tento systém využíván k napájení elektromobilů. [32, 34]



Obr. 4.7 Autonomní fotovoltaický systém „grid - off“ [32]

Jako další fotovoltaický systém může být systém, který je propojený s rozvodnou sítí (obr. 4.8) tzv. „grid - on“. Tento systém je konstruován a zapojen tak, aby mohl část nebo všechnu vyrobenou elektrickou energii dodávat do rozvodné sítě. Nejčastěji je to v domácnostech, kde střešní solární panely vyrábějí elektrickou energii, kterou spotřebovává domácnost. V případě, že je této energie přebytek, tak se dodává do rozvodné sítě. Z fotovoltaických článků jde stejnosměrné napětí, které musíme přes střídač transformovat na napětí 230 V o frekvenci 50 Hz. Největší výhodou je, že spotřebiče v domácnosti mohou pracovat nezávisle na jiných připojených spotřebičích (např. osvětlení). Další výhodou, ale i nevýhodou je, že systém není připojen na akumulátory. To je výhodné z důvodu, že domácnost je přes den v podstatě nezávislá na síti a přes noc se na ni jen přepojí. Nevýhodné je to z hlediska absence akumulátoru, protože, dojde-li k výpadku sítě, domácnost je bez energie až do doby, kdy se porucha sítě opraví nebo do doby, než začne slunce dostatečně svítit. [32, 35]

Principu funkce tohoto systému je teoreticky velmi jednoduchý. Modul dodává stejnosměrné napětí, které je třeba ve střídači přetransformovat na napětí střídavé o velikosti 230 V a 50 Hz. Dále se soustavou vodičů vede přes elektroměr  $E_2$ , který měří energii odebranou domácností a přes další elektroměr  $E_1$ , který měří energii dodanou do sítě. [32]



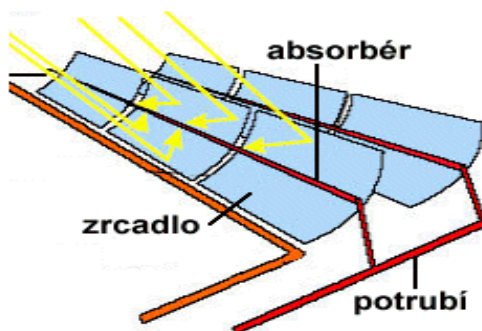
Obr. 4.8 Fotovoltaický systém spojený s rozvodnou sítí [32]

### 2.1.5 Solární tepelná elektrárna

Solární tepelná elektrárna nevyužívá solární panely, ale zrcadla, která odrážejí sluneční paprsky na sběrač. Rozlišujeme 3 druhy sběračů (absorbérů) [32, 59]

#### a) Žlabový sběrač

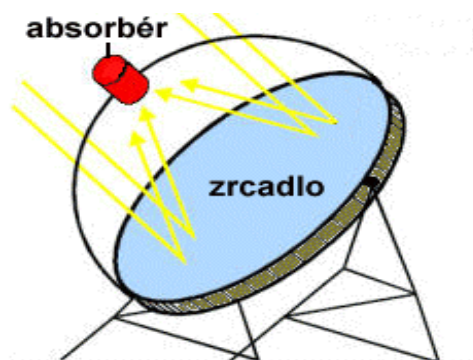
Jsou to parabolicky se táhnoucí zahnutá zrcadla mající uprostřed upevněné potrubí, které je černě natřeno. Potrubí obsahuje teplotnosnou kapalinou (např. olej), která je odváděna do místa dalšího využití. Aby se zvýšila účinnost, tak se zrcadla automaticky natáčejí podle pohybu Slunce po obloze (obr. 4.9). [32]



Obr. 4.9 Žlabový sběrač [32]

#### b) Diskový sběrač

Jedná se o kruhovou, parabolickou desku, které odráží sluneční paprsky do absorbéru uprostřed. Absorbér je napojen na potrubí, které odvádí zahřátou kapalinu na místo dalšího zpracování. [32]

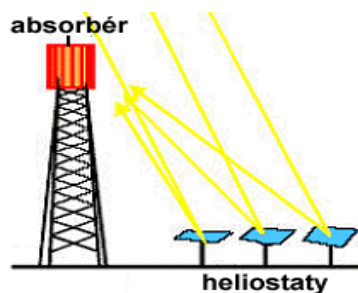


Obr. 4.10 Diskový sběrač [32]



## c) Heliostaty

Jsou to rovinná zrcadla, natočena tak, aby odrazila sluneční paprsky do absorberu na centrální věži uprostřed elektrárny. Toto provedení se nejčastěji používá u solárních tepelných elektráren. Tou nejznámější je Ivanpah solar park v poušti mezi Kalifornií a Nevadou. Heliostaty jsou tvořeny ochrannou vrstvou mědi, reflexním stříbrem a skleněnou deskou. To vše je osazeno na ocelový nosník. [32, 59]



Obr. 4.11 Heliostaty [32]

## 2.1.5.1 Projekt Solar one a Solar two

Solární elektrárna Solar one byla první z větších tepelných elektráren. Byla postavena v 70. letech dvacátého století v Mohavské poušti nedaleko města Barstow. Obsahovala 1 818 zrcadel, která směřovala na centrální absorber uprostřed elektrárny. Její výkon byl necelých 10 MW. V roce 1995 byl přidán další prstenec 108 zrcadel, který zvedl výkon nad 10 MW. Dále bylo změněno teplotnosné médium z vody a oleje na tekutou sůl, která lépe akumulovala elektrickou energii. Tato úprava přejmenovala zařízení na Solar two. V roce 1999 byla činnost elektrárny zastavena a o deset let později došlo ke zbourání solární věže a demontáži veškerých zrcadel. Lokalita elektrárny byla navracena do původní podoby. Technologie použitá v Solar two se však osvědčila a byla použita na solární tepelné elektrárně Solar tres ve Španělsku. [82]



Obr. 4.12 Solární tepelná elektrárna Solar two [82]

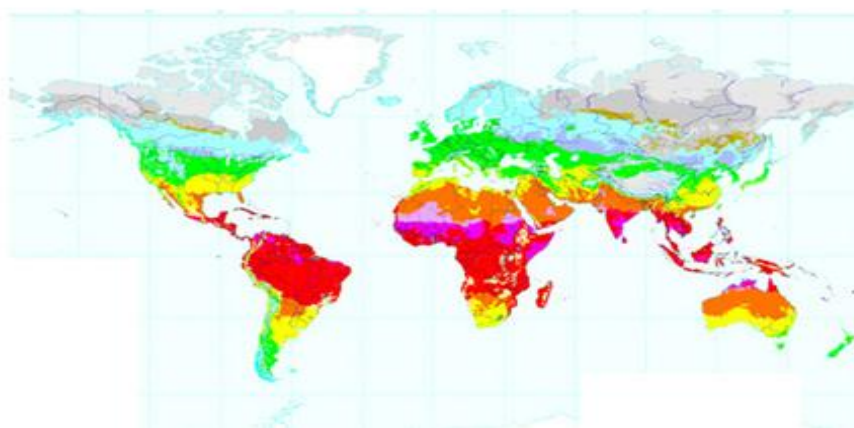
## 2.2 Přírodní, legislativní a technické podmínky FVE

### 2.2.1 Přírodní podmínky

Výstavba solárních elektráren je ovlivněna mnoha faktory. Co se týče přírodních podmínek, tak mezi ně patří zejména: zeměpisná poloha, roční doba, průměrný svit slunce, sklon plochy, na níž dopadá sluneční záření a jiné. [36]

#### 2.2.1.1 Zeměpisná poloha

Musíme dbát na umístění fotovoltaických panelů, a to jak na jejich umístění všude ve světě, tak i na umístění v krajině. Bylo by nevhodné, vzhledem k vysokým počátečním nákladům, postavit solární elektrárnu někde, kde je vysoká průměrná oblačnost, v blízkosti pohoří, kde by se mohla elektrárna dostat do stínu hor nebo v extrémních případech na obou pólech, kde je polární tma několik měsíců v roce. [36, 37]



*Obr. 5.1 Průměrná teplotní mapa světa*

#### 2.2.1.2 Roční doba

Účinnost solární elektrárny je také závislá na ročním období. Například zimní měsíce v Africe, Střední Americe nebo v Oceánii, kde svítí slunce téměř celý rok, nebude mít na chod elektrárny žádný vliv. Zde nastává jediný problém, a to je délka dne, která je v zemích kolem rovníku kratší než na obou pólech. Dále je však problém s výstavbou například na Severním nebo Jižním pólu. Zde jen tzv. polární den a noc. To znamená, že za polárního dne, který trvá několik měsíců, a nízké oblačnosti bude mít elektrárna vysokou účinnost, avšak za polární noci, která je po zbytek roku, bude mít elektrárna účinnost nulovou. Další zásadní problém s výstavbou FVE na pólech je sníh, který by dopadal na panely a ty by musely být čištěny. [36, 37]

### 2.2.2. Legislativní podmínky – podpůrné programy ve světě

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2, v USA přijaly zákon o podpoře obnovitelných zdrojů. Zákon má podporovat bezemisní výrobu elektrické energie pomocí větrných. Tento zákon byl přijat jako balíček týkající se větrných i solárních elektráren. Cena za jednu MWh by měla překročit hodnotu 30 USD. Tento zákon má zajistit vzrůstající počet větrných a hlavně solárních elektráren. Hlavním úkolem pak je snižování emisí skleníkových plynů. [7, 8]

V Číně se začátkem července 2017 rozjede program zelených certifikátů. Tento program má za cíl podpořit výrobce elektrické energie pomocí obnovitelných zdrojů a má za úkol oprostít stát od finančního zatížení. Zároveň má dosáhnout toho, aby byly výrobci elektrické energie pomocí obnovitelných zdrojů (hlavně větrné a solární elektrárny) soběstační a nezávislí. Dalším cílem tohoto programu je udělat výrobu elektřiny obnovitelnými zdroji zajímavou pro investory. Čínský program zelených certifikátů bude od 1. července 2017 testovat pomocí dobrovolně přihlášených zařízení, ale od roku 2018 by měl vzejít v platnost pro celou Čínu.[9]

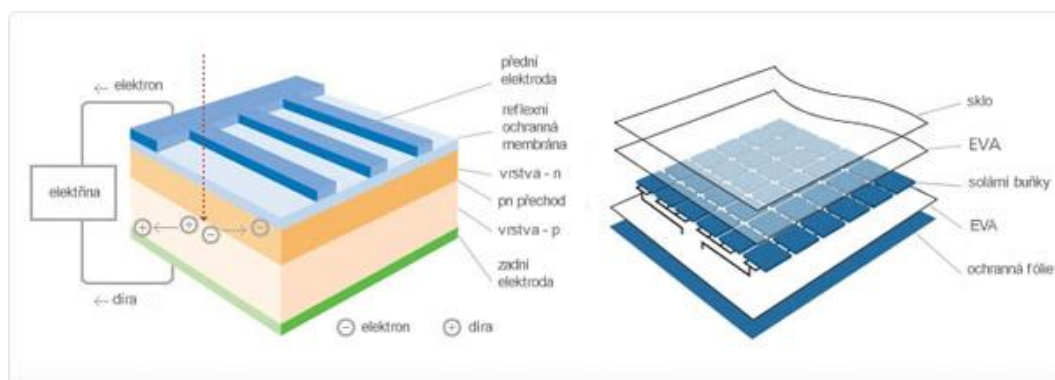
Podrobnější informace o těchto programech v jednotlivých zemích jsou popsány v kapitole 2.2, jelikož tyto zákony a programy jsou pro větrné a solární elektrárny zcela totožné. Protože tyto zákony a programy byly schváleny jako balíček pro oba tyto obnovitelné zdroje. [7 - 9]

### 2.2.3 Technické podmínky

Od doby, kdy francouzský fyzik Alexandre Edmond Becquerel v roce 1839 objevil fotovoltaický jev, který byl následně dokázán americkým vědcem Charlesem Frittem roku 1883, uplynulo už mnoho času. Od té doby se zlepšila účinnost i technické provedení výroby těchto článků. [31, 40]

#### 2.2.3.1 Technologie tlustých vrstev (TLV)

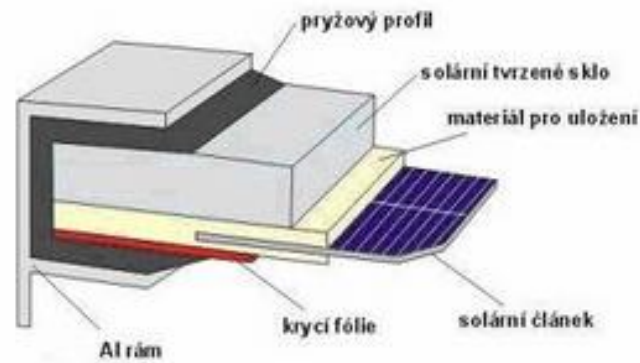
Technologií tlustých vrstev se dnes vyrábí více než 85 % všech fotovoltaických článků. V podstatě je článek tvořen velkou polovodičovou diodou. Ta se vyrábí pomocí křemíkových plátů z monokrystalického i polykrystalického křemíku. [40, 43]



Obr. 5.2 Technologie tlustých vrstev [40]

Rozdíl mezi monokrystalickým a polykrystalickým křemíkem je v jiném výrobním procesu, kdy se jinak nakládá s křemíkovým ingotem (hutní polotovár, který je určen k následnému zpracování). Panely, které se dále vyrábějí, se liší barvou, plochou a rozběhem. Monokrystalické panely mají odstín blízký se hnědé, až černé barvě. Plocha článků je stejnoměrná a rohy jsou spíše zaoblené. Ve výrobě se křemíkový ingot míchá, dokud nezní zcela homogenní (vzájemně uspořádané krystaly). Tyto panely se často instalují s tzv. trackery (polohovací automatizované zařízení, které samo otáčí panel proti přímému svitu slunce). Solární elektrárny vyrobené monokrystalickou metodou mají pomalejší rozjezd, ale vyrábějí elektrickou energii lépe. [41, 42]

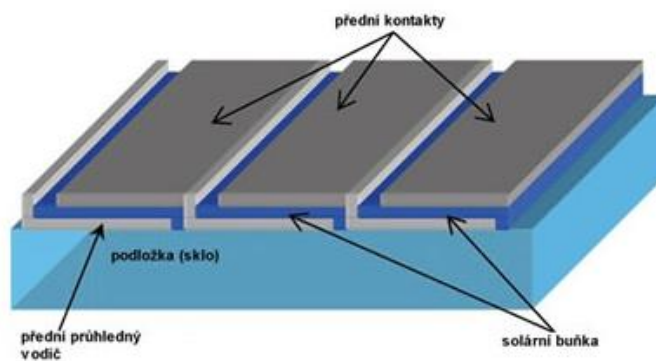
Polykrystalické solární panely mají barvu spíše do modra, plocha článků je spíše nerovnoměrná a rohy jsou hranaté. Jednotlivé krystaly zde mají různou polohu. Elektrárny s těmito panely mají rovnoměrnější výkon. [41, 44]



Obr. 5.3 Polykrystalický křemíkový panel [44]

### 2.2.3.2 Technologie tenkých vrstev (TNV)

Fotovoltaický článek se posadí na podložku, tzv. nosnou plochu (sklo, textil). Na tuto nosnou plochu se napaří tenká vrstva monokrystalického křemíku. Tato technologie je výhodná v tom, že je použito daleko méně materiálu než u technologie tlustých vrstev, takže panely vyrobeny touto metodou jsou levnější. Naopak nevýhodou je malá účinnost a kratší životnost článků vyrobených touto technologií. [40]



Obr. 5.4 Solární článek TNV [40]

### 2.2.3.3 Nekřemíkové technologie a organický solární panel

U nekřemíkových technologií se nepoužívá křemík, ani klasický polovodičový PN přechod, ale různé organické sloučeniny nebo polymery. Tyto technologie jsou daleko levnější než technologie tlustých a tenkých vrstev, ale mají pouze malou účinnost (maximálně 5 % v laboratorních podmínkách) a jsou ještě ve stádiu výzkumu. [40]

Pro novou technologii organických solárních panelů se izraelští vědci z univerzity v Tel Avivu inspirovali přírodní fotosyntézou. Touto technologií by měly být geneticky upravené bílkoviny, které pro přeměnu světla na elektrickou energii využívají fotosyntézu. Organické články by navíc měli být dosti levné, oproti ostatním. Předběžné údaje uvádějí, že náklady na výrobu 1 m<sup>2</sup> organického článku by se měly pohybovat ve výši 1 USD. Výzkum této technologie jde paralelně s výzkumem na poli genetiky a nanotechnologie. [40, 45, 55]

### 2.2.3.4 Připojení k rozvodné síti

Podobně jako u větrných elektráren bývá problém připojení solární elektrárny do sítě. Prvním problémem je lokalita. Nejlepší sluneční svit je na pouštích, např. Sahara nebo Mohavská poušť. Zde vyplývá problém lokality, jelikož na Sahaře v Africe žije jen málo lidí, kteří by tuto energii byli schopni spotřebovat. Dále je problémem ekonomická stabilita oblasti. V Africe nemá žádná země tak vyspělou ekonomiku, aby si mohla dovolit na Sahaře solární elektrárnu vybudovat a ještě rozvodnou síť rozvést elektrickou energii po části kontinentu a tak je stavba solární elektrárny v této oblasti značně neekonomická. Naopak Mohavská poušť, ležící ve velice vyspělých Spojených státech, není tak rozlehlá jako Sahara a Spojené státy jejího slunečního svitu hojně využívají.

## 2.3 Konkrétní příklady největších a nejvýkonnějších FVE ve světě.

### 2.3.1 USA

Spojené státy se svojí rozlohou řadí na 3. místo největších zemí světa. Není tedy divu, že se na jejich území nachází hned 6 z 10 největších solárních elektráren na světě. Tři největší jsou Solar Star Project, Topaz Solar Farm a Desert Sunlight Solar Farm, všechny nacházející se ve státě Kalifornii. [46, 47]

Solární elektrárna Solar Star je nejvýkonnější na světě. Její výstavba začala začátkem roku 2013 a byla dokončena v červnu 2015. Dokáže vyrobit 579 MW a je to nejmodernější solární elektrárna. Obsahuje pouze 1 700 000 solárních panelů. [46, 47, 49]

Topaz Solar Farm je solární elektrárna rozkládající se na ploše 25 km<sup>2</sup> s více než 9 000 000 solárních panelů. Tato elektrárna se začala stavět v listopadu 2011 a byla oficiálně dostavěna v únoru roku 2015. Vzhledem k jejímu umístění do lokality s nejlepšími slunečními podmínkami v zemi je tato elektrárna schopna dodat přes 1 TWh za rok. Solární elektrárna Desert Sunlight Solar Farm je rozlohou o něco menší než Topaz. Zaujímá rozlohu 16 km<sup>2</sup> a obsahuje přes 8 000 000 solárních panelů. Obě tyto solární elektrárny mají shodný výkon 550 MW a dohromady jsou schopny pokrýt spotřebu přes 320 000 domácností. Každá z těchto dvou solárních elektráren je také schopna ulehčit životnímu prostředí, jelikož jsou schopné svojí bezemisivitou přinést snížení ročních emisí oxidu uhličitého o objemu 600 000 tun. [47, 49]



Obr. 6.1 Solární elektrárna Solar Star [49]

V USA se dále nacházejí ještě další solární farmy. Za zmínku stojí Copper Mountain Solar Facility s výkonem 458 MW a dále pak Ivanpah Solar Power Facility a Nevada solar one. Poslední dvě zmíněné nejsou fotovoltaické, ale tepelné solární elektrárny. [47 - 49]

Solární elektrárny jsou ve Spojených státech převážně jako solární pole. Výjimkou je však již zmíněná Ivanpah Solar Power Facility, která leží na hranicích států Nevada a Kalifornie. Je odlišná tím, že ji netvoří solární panely, ale zrcadla, konkrétně 350 000 zrcadel, která odrážejí sluneční paprsky na 3 solární věže. Tyto věže jsou pak schopny přeměnit odražené sluneční paprsky na téměř 400 MW elektrické energie. Její provoz však má negativní dopad na životní prostředí. Konkrétně na ptáky, kteří si pletou zrcadla s vodní plochou a uhynou na následky popálenin, které způsobují rozpálená zrcadla. [47 - 49]



*Obr. 6.2 Ivanpah Solar Power Facility*

Další solární tepelnou elektrárnou v USA je Nevada solar one. Od Ivanpah Solar Power Facility se liší tím, že neobsahuje centrální absorpční věže, ale jedná se o pole složené z parabolických zrcadel. Nevada solar one je v provozu od roku 2007 a má jmenovitý výkon 64 MW. Tato elektrárna leží v Las Vegas Valley a její rozloha je 160 ha. [47 - 49]



### 2.3.2 Čína

V Číně stojí dvě solární elektrárny, které se svým výkonem řadí do světového top 10. Jednou z těchto dvou je fotovoltaická část hybridní elektrárny u Longyangxijské přehrady. Solární část nazvaná Longyangxia Dam Solar Park se začala stavět v roce 2013 a byla dokončena ještě téhož roku. Její instalovaný výkon je 530 MW. Jelikož se jedná o hybridní elektrárnu (solární a vodní), dá se do jisté míry reagovat na případnou změnu v dodávání elektrické energie ze solárních panelů. Je to jistá výhoda oproti samostatně stojícím solárním elektrárnám, které s případnou oblačností nebo jinou nepříznivou okolností nejsou samy schopny nijak tento problém řešit. [47, 49, 50, 51]



*Obr. 6.3 Snímek Longyangxia Dam Solar Park pořízený družicí NASA [50]*

Druhá největší v Číně a 5. největší na světě je Golmud Solar Park. Ta, stejně jako Longyangxia Dam Solar Park, leží v provincii Qinghai. Golmud má instalovaný výkon 500 MW. Stavba tohoto parku započala v roce 2011 a je stále ve výstavbě. Nyní se nachází ve fázi 4, kdy se připojují další panely, které zvednou výkon elektrárny o dalších 60 MW. [49]

### 2.3.3 Indie a další země světa

Na severu Indie stojí solární elektrárna Charanka., která je součástí solárního parku Gujarat. Sama o sobě má instalovaný výkon 345 MW, dohromady s parkem Gujarat 600 MW. [49, 52, 53]

Za zmínku dále stojí Cestas Solar Farm, 8. největší solární farma na světě, stojící ve Francii u města Bordeaux. Tato solární elektrárna má něco přes 300 MW a je největší v Evropě. [49, 54]

### 3. Vodní elektrárny

#### 3.1 Základní princip funkce vodní elektrárny

Vodní elektrárny fungují na principu průtoku a spádu vody. Je to obnovitelný zdroj energie, neboť se využívá stálého vodního koloběhu. Tyto elektrárny nevypouštějí do ovzduší žádné škodlivé emise a přispívají tak ke snižování skleníkových plynů. Zároveň mohou rychle po spuštění najet na plný výkon. To může sloužit jako rychlé nastartování sítě, např. po oblastním výpadku nebo blackoutu. [60, 61]

##### 3.1.2 Výkon vodní elektrárny

U vodních elektráren se využívá energie vodního toku, který má energii potenciální a kinetickou. Potenciální je energie polohová a tlaková. Závisí na gravitaci: výškový rozdíl hladin neboli výška vodního spádu. Kinetická energie je závislá pouze na rychlosti proudění vodního toku. Jednotka obou energií je Joule. [60, 62, 63]

$$E_p = m * g * h [J][62]$$

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2 [J][63]$$

m – hmotnost [kg]

v – rychlost [m/s]

h – výška [m]

Celkový výkon elektrárny závisí na výkonu použité turbíny v elektrárně. Je závislý na hustotě vody, která je konstantní, průtoku, tíhovém zrychlení, výšce spádu a na účinnosti použité turbíny. Výkon turbíny ve wattech pak spočítáme vynásobením jednotlivých veličin v základních jednotkách: [60, 64]

$$P = \rho * Q * g * H * \mu [60, 64]$$

$\rho$  - hustota vody [1000 kg/m<sup>3</sup>]

Q - průtok [l/s]

g - tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]

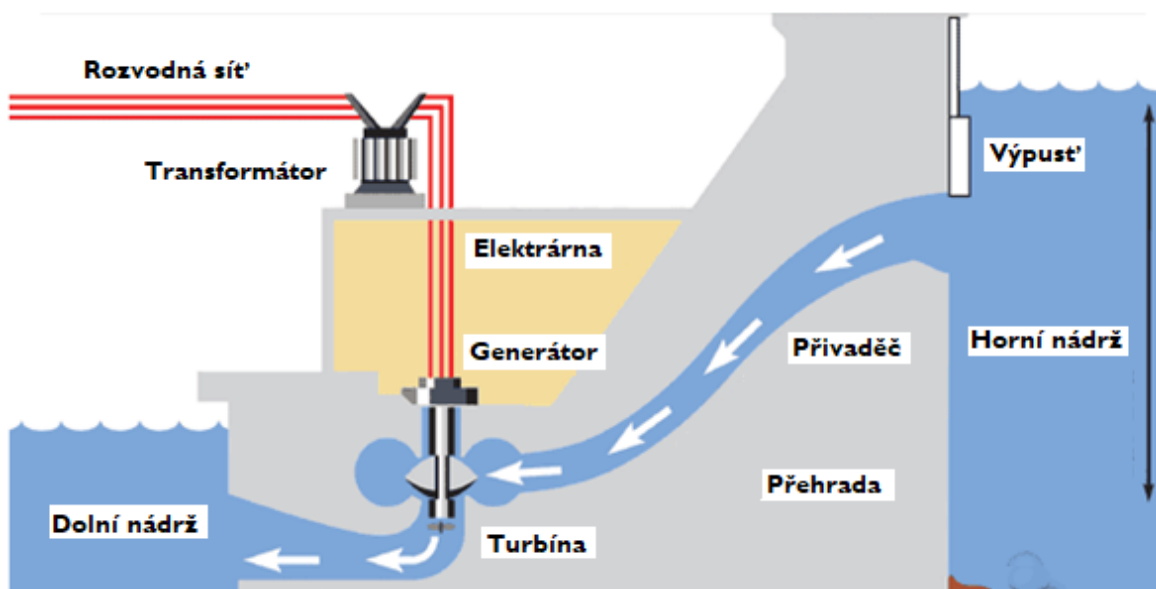
H - spád [m]

$\mu$  - účinnost turbíny [60] [64] [65]

### 3.1.2 Složení a části vodní elektrárny

Každá vodní elektrárna je součástí vodní přehrady na řece, která zadržuje masu vody, která se pak vysokou rychlostí pouští korytem (přivaděčem) v přehradě na turbínu. Přivaděč má velké převýšení a úzký průřez, aby se docílilo co nejvyšší možné rychlosti vodního spádu. Každá tato přehrada je rozdělena na horní a dolní nádrž. Horní nádrž je část přehrady, která zadržuje masu vody a musí mít specifický tvar a rozměry odpovídající váze a tlaku vody, kterou zadržuje. Dolní nádrž se nazývá část s turbínou a odtoku vody zpět do řeky. Turbína je přes společnou hřídel připojena na generátor. Toto spojení přes společnou hřídel se nazývá turbogenerátor. Z rotační energie turbíny generátor vyrábí energii elektrickou, která je vedena do transformátoru, který ji transformuje na potřebné parametry rozvodné sítě. [60, 61, 65]

U každé přehrady je v případě období dešťů možnost přeplnění a protrhnutí. Proti tomu mají přehrady bezpečnostní opatření v podobě výpustí na vrcholu. Pokud by se přehrada začala rychle plnit, musí se zamezit přetečení. Tomu se zamezí otevřením výpustí a voda tak volně odečte bez využití pro výrobu elektrické energie. V tomto případě se však musí voda vypouštět jen v takovém množství, aby nedošlo k zaplavení měst a vesnic níže na toku řeky. [60, 65]



Obr. 7.1 Vodní elektrárna [61]

## 3.2. Přírodní, legislativní a technické podmínky vodních elektráren

### 3.2.1 Přírodní podmínky

Výstavba vodní elektrárny je závislá na mnoha přírodních faktorech. Mezi ty nejdůležitější patří vhodný říční tok a jeho převýšení. Od toho se odvíjejí dva nejdůležitější parametry vodního toku a to jsou průtok a spád. Oba parametry se dají ještě zvýšit vybudováním jezu nebo přehrady, pro jejíž vybudování je nutno vybrat vhodnou lokalitu. Tato lokalita musí být v údolí, aby po vybudování přehrady nedošlo k odlívu vody např. do blízkého města nebo vesnice a nedošlo tak k zatopení.[66] [67]



Obr. 8.1 Průtok a spád [67]

Vodní elektrárna může mít i negativní dopad na okolní životní prostředí i lidi žijících v její blízkosti. Nejlepším příkladem je největší vodní elektrárna na světě Tři soutěsky v Číně. Kvůli výstavbě a následnému zaplavení bylo zrušeno několik desítek měst, na 1 300 vesnic a stovky památek. Bylo přestěhováno kolem 1 400 000 lidí. Dalším problémem, který musí v Číně řešit je úbytek vegetace kolem toku k přehradě. I když je kolem spousta vody, okolní vegetace trpí a pomalu odumírá. Asi největší problém je obří masa vody. Nádrž pojme 39 000 000 km<sup>3</sup> vody na ploše 1 084 km<sup>2</sup>. To je problém z hlediska obrovské hmotnosti vody, která tlačí na okolní horniny, které postupně povolují, dochází tak k sesuvům půdy a zemětřesení jak v blízkých, tak i ve vzdálenějších oblastech. [68, 69]

### 3.2.2 Legislativní podmínky

Výstavba vodní elektrárny je podobná jako každá jiná stavba. Musíme vlastnit nebo získat pozemek, na kterém chceme vodní elektrárnu stavět. Následně musí být vypracován plán stavby, který se následně předá příslušnému úřadu a ten vydá stanovisko. Plán stavby by měl být dostatečně podrobný, aby nedošlo k navýšení nákladů a prodloužení doby stavby (např. vodní elektrárna Tři soutěsky v Číně překročila svůj původní rozpočet o více než čtyřikrát). Příslušný úřad pak prozkoumá, zda lokalita vyhovuje (např. zda není chráněna Ramsarskou úmluvou nebo jinou úmluvou) nebo není-li jinak blokována. Pokud je vše vyhovující, tak je vydáno stavební povolení a může začít výstavba vodní elektrárny. Rozdíl je jen pokud se jedná o velkou průmyslovou vodní elektrárnu s přehradou, nebo malou vodní elektrárnu (MVE) na jezu. Průmyslovou vodní elektrárnu provází delší plánování, jelikož se musí projektovat nádrž a přehrada. Tuto vodní elektrárnu často nechává postavit stát. Oproti tomu o výstavbu malé vodní elektrárny často žádá soukromník nebo obec či menší město, které pomocí MVE napájí např. veřejné osvětlení nebo obecní budovu nebo jiné prostory. [70, 71]

V některých zemích světa je možno získat podporu na provoz malých vodních elektráren nebo dotace na výstavbu nových či rekonstrukci starších objektů jako jsou např. vodní mlýny na jezích. I když je provoz vodní elektrárny v poměru k počáteční investici nepatrný, tak některé státy podporují malé výrobce, vlastníky a provozovatele malých vodních elektráren. [70, 71]

### 3.2.3 Technické podmínky

#### 3.2.3.1 Rozdělení podle použitých technologií

Rozlišujeme různé typy vodních elektráren. Podle instalovaného výkonu, využití spádu, použité turbíny nebo podle využití vodního toku. [60, 70]

Podle instalovaného výkonu

- malé – s výkonem do 10 MW
- střední – s výkonem od 10 MW do 100 MW
- velké – s výkonem nad 100 MW

Podle využití spádu

- nízkotlaké – se spádem do 20 m
- středotlaké – se spádem od 20 do 100 m
- vysokotlaké – se spádem nad 100 m

Podle použité turbíny

- Francisova turbína
- Kaplanova turbína
- Peltonova turbína
- Bánkiho turbína
- Vodní kolo

Francisova a Kaplanova turbína se dá dělit z hlediska polohy hřídele

- horizontální poloha hřídele
- vertikální poloha hřídele
- šikmá poloha hřídele

Podle využití vodního toku

- Průtočné vodní elektrárny
  - Jezové vodní elektrárny
  - Derivační vodní elektrárny
- Přečerpávací vodní elektrárny
- Akumulační vodní elektrárny
- Přílivové (slapové) vodní elektrárny

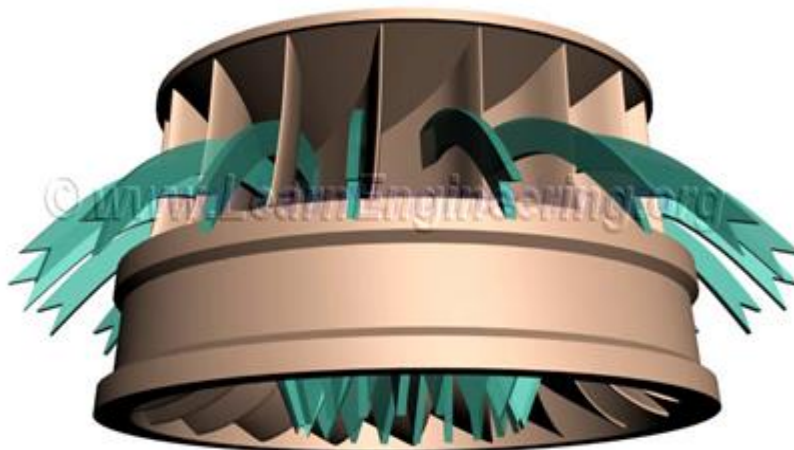
[60, 65, 70]

### 3.2.3.2 Nejpoužívanější vodní turbíny

Výkon vodní elektrárny závisí na třech hlavních faktorech. Je to průtok, spád a účinnost použité turbíny. Průtok a spád se dá do jisté míry nastavit polohou a konstrukcí dané elektrárny. Umístění na vodním toku v místě největšího spádu, který se ještě navýší vhodně postavenou konstrukcí přehrady. Podle toho se pak vybere vhodná turbína, která bude v elektrárně pracovat. [60, 70]

#### a) Francisova turbína

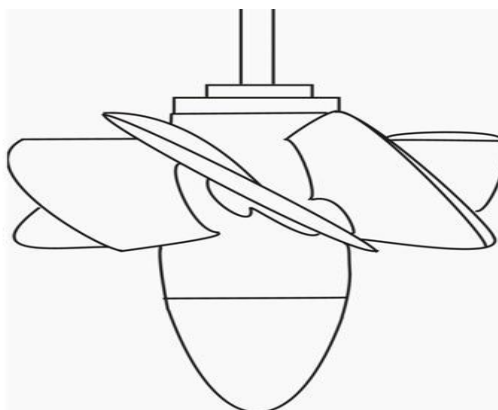
Tato turbína se používá ve větších vodních elektrárnách. Je využívána pro největší průtoky a spády. Dá se využívat v přečerpávacích vodních elektrárnách, protože při reverzaci funguje jako čerpadlo. Francisova turbína je zařazena mezi turbíny přetlakové s radiálně-axiálním prouděním vody skrze kolo. Lze regulovat její účinnost polohováním lopatek. [60, 65]



*Obr. 8.2 Francisova turbína*

#### b) Kaplanova turbína

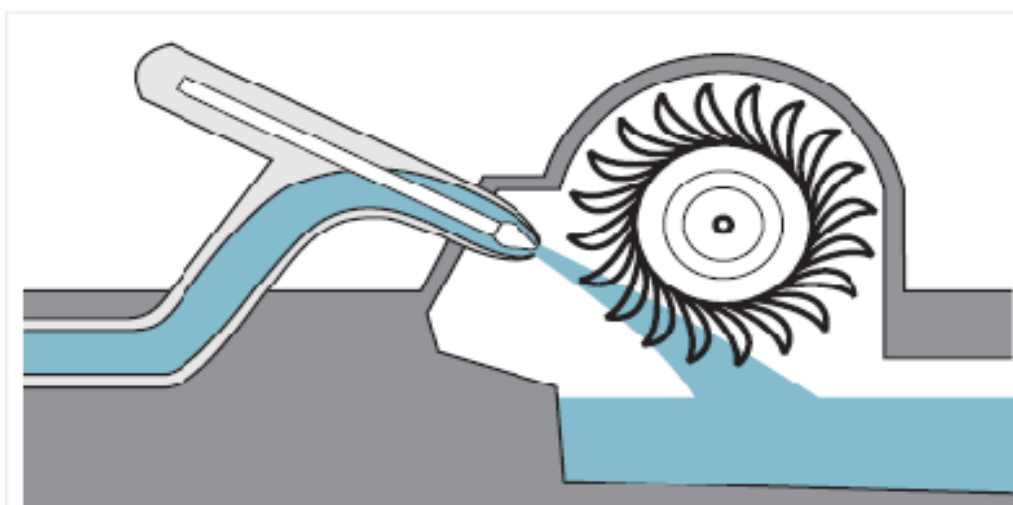
Kaplanova turbína připomíná svým tvarem lodní šroub. Jedná se o vylepšení vrtulové turbíny prof. Kaplana. Jde o přetlakovou turbínu pro axiální proudění vody. Lopatky lze, jako u Francisovi turbíny, natáčet a regulovat její účinnost. Díky této regulaci může Kaplanova turbína dosáhnout vysoké účinnosti pro široké spektrum průtoků. [60, 65, 72]



Obr. 8.3 Kaplanova turbína

c) Peltonova turbína

Peltonova turbína, nebo také Peltonovo kolo, je rovnotlaká turbína, na kterou se voda vstříkuje pomocí dýzy. Dýza je škrťící orgán, který radikálně zmenší průměr přivaděče a dá tak tryskající vodě obrovskou rychlost a kinetickou energii. Vodní proud pak vysokou rychlostí dopadá na lopatky turbíny a uvádí ji do pohybu. Lopatky mají tvar misek a jsou umístěny po obvodu kola. Tato turbína je tak nejlepší pro velké spády, ale nelze regulovat její účinnost, protože lopatky nejsou nastavitelné. [60, 65, 72]

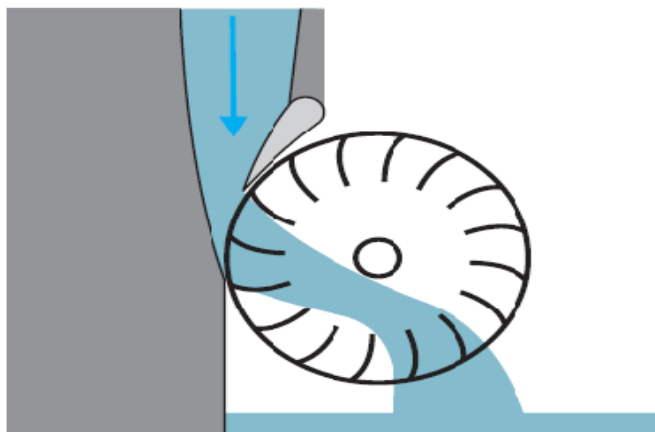


Obr. 8.4 Peltonova turbína [72]

d) Bánkiho turbína

Tato turbína nepotřebuje velké spády ani vysoké průtoky. Nejvíce se používá pro malé a střední spády. Její odlišnost od třech předchozích spočívá v tom, že voda se dotkne lopatek turbíny dvakrát. Při vstupu do oběžného kola a při jeho opuštění. [60, 65, 72]





Obr. 8.5 Bánkiho turbína [72]

### 3.2.3.3 Rozdělení vodních elektráren podle využití vodního toku

#### 1) Průtočné vodní elektrárny

Průtočná vodní elektrárna využívá pouze toku řeky, který není nijak ovlivněn. Pokud přijdou vydatné deště, které zapříčiní změnu hladiny a průtoku, na který není elektrárna nastavena, je přebytečná voda odvedena bez využití. Z tohoto důvodu jsou průtočné vodní elektrárny nevhodné, není jak je regulovat. Tyto elektrárny se dělí na jezové a derivační. [60, 65]

##### a) Jezová průtočná vodní elektrárna

Tyto elektrárny využívají jezu pro soustředění spádu. Spád se u těchto elektráren pohybuje mezi 10 a 20 m. Vzhledem k malému spádu se jedná o nízkotlaké vodní elektrárny. [60, 65]

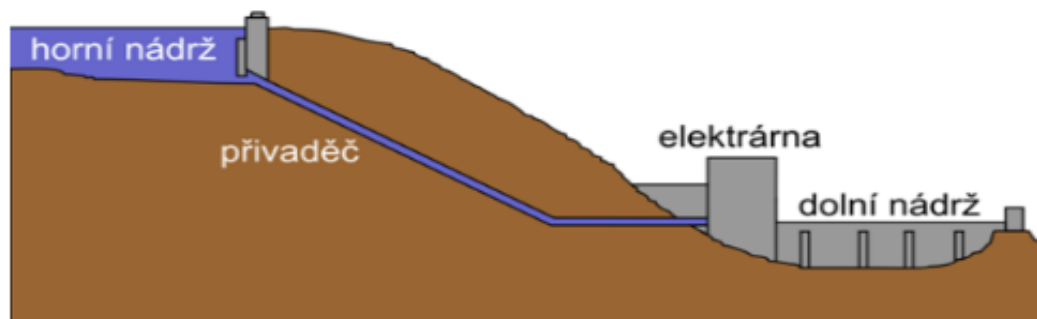
##### b) Derivační průtočné vodní elektrárny

Derivační elektrárny využívají k přívodu vody tzv. přivaděč (potrubí, kanál, štola). Přivaděč odvádí vodu z původního koryta řeky na turbínu a dále zase zpět do řečiště. Využívá se tak narovnání koryta řeky pro zvýšení spádu a průtoku. [60, 65]

#### 2) Přečerpávací vodní elektrárny

Vodní elektrárny založené na principu přečerpávání slouží k pokrytí špičkového zatížení sítě. Kromě akumulace slouží ke stabilizaci vodního toku řeky, protože samotná stavba je zásahem do říčního ekosystému a musí se udržovat. Aby se spotřebovala

vyrobená elektrická energie, kterou elektrárna vyrobí, ale není využita, tak se napájí druhá reverzní turbína, která čerpá vodu ze spodní nádrže zpět do vyšší nádrže. Díky tomuto principu dostala elektrárna svůj název „Přečerpávací“. [60, 65]



Obr. 8.6 Přečerpávací vodní elektrárna

### 3) Akumulační vodní elektrárny

Tyto elektrárny jsou nejznámější a nejpoužívanější. Spád vody a akumulace energie je zajištěna přehrazením řečiště. Elektrárna je zpravidla umístěna v úpatí přehrady. Podobně jako přečerpávací vodní elektrárny akumulují elektrickou energii a stabilizují vodní tok. Nádrže u přehrady často bývají také zdrojem pitné vody pro vodárny nebo užitkové vody pro zemědělství a přilehlý průmysl. [60, 65]

### 4) Přílivové vodní elektrárny

Přílivové nebo jinak nazývané slapové vodní elektrárny využívají k výrobě elektrické energie přílivu a odlivu. Využívá se tak kinetická energie vody. Slapové vodní elektrárny nejsou ve světě moc rozšířené, jelikož jsou technologicky velmi náročné. Jejich nevýhoda je malá škála lokalit, kde by mohly tyto elektrárny být. Lokalita vhodná pro výstavbu přílivové elektrárny je často daleko od místa potřeby elektrické energie a na těžko přístupných místech. Další velkou nevýhodou je neshodující se doba přílivu a odlivu s dobou potřeby elektrické energie. [60, 65]

### 3.3 Vývoj, rozvoj a konkrétní příklady největších zařízení ve světě

#### 3.3.1 První vodní elektrárna

Roku 1881 byla vystavěna první vodní elektrárna na světě. Stalo se tak v Anglii na řece Way ve městě Godalmingu. Elektrárnu nechala vystavět firma Pullman, která se prvotně zabývala čištěním kůží. [74]

Tato elektrárna obsahovala přetlakovou turbínu, která poháněla dynamo a dodávala tak stejnosměrný proud. Prvně byla vyrobená elektřina používána pouze pro osvětlení, následně pak i pro pohon. Koncem devadesátých let 19. století byla elektrická energie v Anglii využívána pouze pro veřejné osvětlení, domácnosti používaly spíše plyn. Elektrická energie byla v té době mnohem dražší a žárovky neměly dlouhou životnost. Firma Pullman nakonec přesvědčila několik domácností k přechodu na elektřinu a to byl prvotní impuls k používání elektrické energie vyráběné z vodních elektráren. [74]



*Obr. 9.1 Strojovna vodní elektrárny na řece Way [74]*

Roku 1891 byla v USA do provozu uvedena první vodní elektrárna generující střídavý proud. Jednalo se o první komerční vodní elektrárnu pojmenovanou Ames. Byla osazena jednofázovým generátorem s Peltonovou turbínou. Tehdy dodávala elektrickou energii zlatým dolům na řece San Miguel v Coloradu během zlaté horečky. [75]

#### 3.3.2 Příklady největších vodních elektráren

##### 3.3.2.1 USA a Kanada

Hooverova přehrada byla svého času největší přehradou na světě. Její výstavba začala v roce 1931 a skončila 1936. Výška přehrady je 221,5 m a délka 380 m. Přehrada leží na řece Colorado, ta tvoří hranici států Arizona a Nevada. Elektrárna prošla v průběhu let několika modernizacemi a v současné době má výkon 2 074 MW. Tato přehrada je i mediálně slavná. Bylo zde natočeno několik úspěšných filmů, jako je Univerzální voják,

San Andreas nebo Transformers. Po teroristickém útoku v září 2011 bylo přijato na přehradě i několik bezpečnostních opatření. Například vstup pouze z Nevadské strany a každé vozidlo je před vjezdem kontrolováno. [83, 84]



*Obr. 9.2 Hooverova přehrada*

Niagarské vodopády leží na hranicích USA a Kanady na řece Niagara, která spojuje Erijské jezero a jezero Ontario. Energetické využití vodopádů sahá až do roku 50. let 18. století, kdy si místní občan vybudoval kanál, díky kterému voda poháněla jeho pilu. Dále roku 1881 pod vedením Jacoba F. Shoellkopfa vznikla na Niagaře první komerční elektrárna, která sloužila k veřejnému osvětlení. O 16 let později vedl stavbu, v té době nejvýznamnější vodní elektrárny, fyzik Nikola Tesla. Další vývoj na Niagarských vodopádech byl zaznamenán v roce 1957, kdy Spojené státy spustily výstavbu v té době největší vodní elektrárny, která obsahovala 13 generátorů. Po spuštění roku 1961, byla největší vodní elektrárnou západního světa. Jelikož jsou Niagarské vodopády turistickou destinací, byla v roce 1950 sepsána smlouva, která udává, že vodopády musejí mít průtok alespoň 2 800 m<sup>3</sup>/s během sezóny. Mimo sezónu a v noci může být tento průtok poloviční a elektrárny tak mohou vyrábět více elektrické energie. Všechny elektrárny na Niagarských vodopádech jsou schopné vyrábět až 5 GW elektřiny. [85, 86]



*Obr. 9.3 Niagarské vodopády*

Šestá největší vodní elektrárna na světě je ve Spojených státech. Elektrárna Grand Coulee, ležící na řece Columbii je schopna dodat ročně až 24 TWh elektrické energie, což jsou 2 TWh za měsíc. Výstavba začala již v roce 1933 a byla rozdělena na tři fáze. První fáze projektu byla výstavba 168 m vysoké a 1 592 m dlouhé přehrady. V další fázi proběhla stavba tří elektráren. V prvních dvou je dnes 18 Francisových turbín o výkonu 140 MW (původní měly 125 MW, k výměně došlo při modernizaci). Třetí elektrárna byla součástí třetí fáze projektu a obsahuje tři 805MW a tři 600MW turbíny. Celý projekt byl dostavěn v roce 1980. Instalovaný výkon Grand Coulee je 6 795 MW. [76, 79, 81]



*Obr. 9.4 Vodní elektrárna Grand Coulee [81]*

James Bay projekt je Kanadský projekt, který sdružuje více vodních elektráren na Velké řece a jejích přilehlých tocích. Všechny elektrárny dokáží generovat 16,5 GW elektrické energie. Projekt začal začátkem 70. let dvacátého století a stál 13,8 miliard USD, což je 4. největší investice na světě. Jelikož se stavělo na území indiánského kmene, byla výstavba dalších elektráren zrušena. Zrušený plán James Bay projekt 2 měl zvýšit výkon na 27 GW, což by znamenalo, že by se kompletní James Bay projekt stal nejvýkonnější vodní elektrárnou na světě. [86, 87, 88]

### 3.3.2.2 Čína

Čína má nejvíce největších vodních elektráren na světě. Největší světová vodní elektrárna jsou Tři soutěsky na řece Yangtze. Jak již bylo zmíněno (8.1 Přírodní podmínky), její výstavbě muselo ustoupit kolem 1 400 000 lidí z několika desítek měst a 1 300 vesnic. Počátky projektu jsou datovány už do roku 1920, ale kvůli jeho ceně byl odložen. K oživení projektu došlo v osmdesátých letech 20. století a vlastní výstavba začala roku 1993. K dokončení stavby došlo koncem roku 2012. Elektrárnu tvoří 181 m vysoká přehrada a její délka je 2 335 m. Elektrárna vyrábí elektrickou energii pomocí 34 Francisových turbín o výkonu 700 MW, z toho dvě slouží k napájení vlastní spotřeby

elektrárny. Pro výrobu elektrické energie do sítě tedy pracuje 32 turbín. Instalovaný výkon Tří soutěsek je 22 500 MW. [68, 69, 76, 77, 79]



*Obr. 9.5 Vodní elektrárna Tři soutěsky [77]*

Druhá nejvýkonnější vodní elektrárna v Číně a třetí největší na světě je Xiluodu. Výstavba začala v roce 2005 a skončila 2014. Elektrárna je rozdělena do dvou podzemních částí a každá část obsahuje devět turbín o výkonu 770 MW. Xiluodu má instalovaný výkon 13 860 MW. [76, 79]

Mezi další dvě největší vodní elektrárny v Číně patří Longtan a Xiangjiaba. Tyto elektrárny mají instalovaný výkon 6 426 a 6400 MW, což je řadí na sedmé a osmé místo světového žebříčku. Projekt Longtan byl ve výstavbě od roku 2001 do roku 2009. Přehrada je vysoká 216 m a dlouhá téměř 850 m. Uvnitř přehrady pracuje devět Francisových turbín. Xiangjiaba se začala stavět roku 2005 a dokončena byla jako Xiluodu v roce 2014. O výrobu se zde stará osm Francisových turbín s výkonem 800 MW. [76, 78, 79]



*Obr. 9.6 Vodní elektrárny Xiangjiaba [78]*

### 3.3.2.3 Brazílie

Druhá největší vodní elektrárna na světě leží na hranicích Brazílie s Paraguayí. Výstavba elektrárny Itaipu začala již v roce 1975 a po sedmi letech byla dokončena. Její instalovaný výkon je 14 000 MW a o výrobu se stará 20 soustrojí o výkonu 700 MW. Elektrárna ročně vyrobí elektrickou energii pro potřebu téměř 75 % Paraguaye a 17 % Brazílie. [76, 79]

Ve stejném roce jako Itaipu začala výstavba i vodní elektrárny Tucuruí, která byla rozdělena na dvě fáze. První fáze byla ve stejném ročním rozmezí jako Itaipu a obsahovala výstavbu hráze vysoké 78 m a dlouhé 12,5 km. Bylo při ní nainstalováno 12 výrobních jednotek po 330 MW. Druhá fáze výstavby byla mezi roky 1998 – 2010. Při ní se doinstalovalo dalších 11 soustrojí o výkonu 370 MW. Celkový instalovaný výkon po dokončení činil 8 370 MW. [76, 79]



*Obr. 9.7 Vodní elektrárny Itaipu*

### 3.3.2.4 Rusko

V Rusku stojí jedny z nejstarších vodních elektráren. Elektrárna Sajano – Šušenskaja se dělí s Čínskými Longtan a Xiangjiaba o sedmé místo na světovém žebříčku největších vodních elektráren na světě. Ta větší, již zmíněná Sajano – Šušenskaja má instalovaný výkon 6 400 MW. Výstavba byla provedena mezi roky 1963 – 1978. Elektrárna obsahuje 10 Francisových turbín, každá o výkonu 640 MW. [76, 79]

V roce 2009 došlo v Sajano – Šušenskajské elektrárně k nehodě, kdy v jedné části strojovny došlo k sérii poruch, následně zde začalo hořet a dostala se sem i voda. Ihned po havárii se začalo s opravami a elektrárna se dostala do svého plného provozu v roce 2014. [76, 79, 80]

Další ruská elektrárna je ještě starší než Sajano – Šušenskaja. S výstavbou vodní elektrárny Krasnojarsk se začalo už v roce 1956 a stavba trvala 16 let. Hráz této elektrárny je 124 m vysoká a přes 1 000 m dlouhá. O výrobu elektrické energie se stará dvanáct soustrojí, každé s výkonem 500 MW. Celkový instalovaný výkon je rovných 6 000 MW. [76, 79]



*Obr. 9.8 Krasnojarská vodní elektrárna [76]*

#### 3.3.2.5 Venezuela

Ve Venezuele leží vodní elektrárna Guri, také známá jako Simón Bolívar. Se svým instalovaným výkonem 12 900 MW se řadí na čtvrté místo na světovém žebříčku. Postavena je na řece Caroni a Venezuela začala s její výstavbou v roce 1963. Stavební plán byl rozdělen na dvě etapy, které skončily v letech 1978 a 1986. Elektřinu zde vyrábí 20 soustrojí s výkony od 130 do 770 MW. Instalovaný výkon z původních 10 200 MW na současných 12 900 MW byl navýšen v letech 2007 a 2009, kdy byly vyměněny čtyři nejmenší turbíny s výkonem 130 MW za turbíny o výkonu 400 MW a dalších pět menších turbín, které byly vyměněny za turbíny o výkonu 630 MW. Dále bylo přidáno pět 770 MW turbín typu Francis. [76, 79]



*Obr. 9.9 Vodní elektrárna Guri*



## Závěr

Větrné, solární a vodní elektrárny jsou v dnešní době nejvíce se rozvíjející, protože se jedná o obnovitelný zdroj energie. Energie z obnovitelných zdrojů je celosvětově významným průmyslovým odvětvím, které zajišťuje práci tisícům lidí po celém světě. Největší výhodou obnovitelných zdrojů je, že je výroba elektrické energie těmito způsoby šetrná k životnímu prostředí. Výroba samotných zařízení už tak ne, ale to je diskutabilní téma. Ročně ušetří planetu o desítky tun skleníkových plynů, které vznikají spalováním fosilních paliv.

Po technické stránce úroveň dnešních větrných, solárních a vodních elektráren je na vysoké úrovni. Stále více se používají modernější technologie a to se přímo odráží na instalovaných výkonech elektráren v jednotlivých odvětvích. Zvedají se výšky věží větrných elektráren a zvětšují se jejich rotory, což je přímo úměrné jejich výkonu. S rostoucí mírou účinnosti solárních panelů dochází ke zmenšování solárních polí. A ve vodních elektrárnách se mění starší méně účinné turbíny za novější několikrát účinnější. Avšak na pevnině již dochází místa, která jsou vhodná pro výstavbu těchto elektráren, tak se jejich stavba stále více přesouvá na moře. Rozhodující faktor pro výrobu elektrické energie je vždy její cena. Kdy v nejlepším případě bude docházet ke snižování počátečních nákladů, ale bude docházet ke zvyšování účinnosti a instalovaného výkonu.

Pokud bych měl tuto práci pojmout subjektivně, tak jsem si při jejím psaní obnovil znalosti z předešlých let studia, nově jsem lépe pochopil, již známé principy a dozvěděl se spoustu nových informací. Pro mě nejzajímavější částí této práce jsou největší zařízení na světě, jejichž výkon, rozloha i umístění mě mnohdy fascinovala. Naopak za nejméně zajímavou část bych označil legislativní podmínky. Touto prací chtěl podat ucelený přehled o obnovitelných zdrojích a prezentovat je jako krok kupředu v otázce ochrany životního prostředí.

## Informační zdroje

### Literatura

ŠKORPIL, Jan, Jiřina MERTLOVÁ a Bedřich WILLMANN. Obnovitelné zdroje a jejich začleňování do energetických systémů: publikace ke grantovému projektu GAČR 102/06/0132. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008, 50 s. ISBN 978-80-7043-733-9.

KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. Obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 1999, 96 s. ISBN 80-7078-445-8.

### Internet

- [1] Jak funguje větrná elektrárna – dostupné z:  
<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html> [Cit. 20.2.2017]
- [2] Jak vzniká vítr – dostupné z:  
<http://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/jak-vznika-vitr/> [Cit. 20.2.2017]
- [3] Větrné elektrárny – dostupné z:  
<http://slideplayer.cz/slide/2699828/> [Cit. 20.2.2017]
- [4] Velikost větrné elektrárny a její vývoj – dostupné z:  
<http://www.csve.cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>  
[Cit. 20.2.2017]
- [5] LAUHA, Fried. Global wind statistics – dostupné z:  
[http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/GWEC-PRstats-2013\\_EN.PDF](http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/GWEC-PRstats-2013_EN.PDF)  
[Cit. 20.2.2017]
- [6] Větrné elektrárny – dostupné z:  
[http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrne\\_elektrarny&site=energie](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrne_elektrarny&site=energie)  
[Cit. 20.2.2017]
- [7] MOLEK, Tomáš. New York schválil podporu pro OZE i jádro – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/emise-co2/new-york-schvalil-podporu-pro-oze-jadro/>  
[Cit. 20.2.2017]
- [8] Obama stvrdil prodloužení daňových úlev pro OZE o 5 let – dostupné z:  
<http://www.tretiruka.cz/news/obama-stvrdil-prodlouzeni-danovych-ulev-pro-obnovitelne-zdroje-o-5-let/> [Cit. 20.2.2017]
- [9] KRONEISL, Jan. Čína hlásí změnu podpory OZE – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/cina-hlasi-zmenu-podpor-oze-prejde-zelene-certifikaty/> [Cit. 20.2.2017]
- [10] Jak na to?: Větrné elektrárny – dostupné z:  
<http://www.wodasound.com/jaknato/wind/wdsvitr.htm> [Cit. 20.2.2017]

- [11] VOBOŘIL, David. Větrné elektrárny – princip a rozdělení – dostupné z: <http://oenergetice.cz/typy-elektren/vetrne-elektarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/> [Cit. 20.2.2017]
- [12] VOŘÍŠEK, Martin. EU schválila projekt plovoucí větrné elektrárny – dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektarny-evropa/eu-schvalila-projekt-plovouci-vetrne-elektarny/> [Cit. 20.2.2017]
- [13] KOČ, Břetislav. Větrné elektrárny VIII. – Mořské větrné elektrárny – dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/15249-vetrne-elektarny-viii-morske-offshore-vetrne-elektarny> [Cit. 20.2.2017]
- [14] BĚLÍK, Milan. Větrná elektrárna EOEL VAWT: prezentace z předmětu VEN – Obnovitelné zdroje energie ve světě
- [15] Graphic map and visual simulations – dostupné z: <https://www.capewind.org/where/visual-simulations> [Cit. 22.2.2017]
- [16] VRBOVÁ, Zuzana. První americká offshore větrná elektrárna zahájila komerční provoz – dostupné z: <http://oenergetice.cz/vetrne-elektarny/prvni-americka-offshore-vetrna-elektarna-zahajila-komercni-provoz/> [Cit. 22.2.2017]
- [17] WEISER, Matt. Can America's first floating wind farm shake off environmental concerns? – dostupné z: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/jul/31/california-wind-farm-energy-trident> [Cit. 22.2.2017]
- [18] Top 10 biggest wind farms – dostupné z: <http://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/> [Cit. 22.2.2017]
- [19] MAJLING, Eduard. 5 největších onshore větrných parků na světě – dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nejvetsi-onshore-vetrne-parky-sveta/> [Cit. 22.2.2017]
- [20] MAJLING, Eduard. Japonsko uvede do provozu nejvýkonnější offshore větrnou turbínu – dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektarny-svet/japonsko-uvede-do-provozu-nejvykonnesi-offshore-vetrnou-turbinu/> [Cit. 22.2.2017]
- [21] World's largest floating turbine sails out – dostupné z: <http://www.offshorewind.biz/2015/08/27/worlds-largest-floating-turbine-sails-out/> [Cit. 22.2.2017]
- [22] Japan installs world's largest floating wind turbine – dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=VSEKHbxzoV8> [Cit. 22.2.2017]
- [23] Japan deploys floating wind farm to Fukushima – dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=18&v=fTASiG1bm9U](https://www.youtube.com/watch?time_continue=18&v=fTASiG1bm9U) [Cit. 22.2.2017]
- [24] Japonská katastrofa: Zemětřesení, tsunami, jaderná havárie – dostupné z: <https://www.aktualne.cz/wiki/zahranici/japonsko-katastrofa-zemetreseni-tsunami-jaderna-havarie/r~i:wiki:1252/?redirected=1487797340> [Cit. 22.2.2017]

- [25] HERNÁNDEZ, Javier C. It can power a small nation – dostupné z: <https://www.nytimes.com/2017/01/15/world/asia/china-gansu-wind-farm.html> [Cit. 22.2.2017]
- [26] Spektrum elektromagnetického záření – dostupné z: [http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11\\_elmag/11\\_elmag.htm](http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11_elmag/11_elmag.htm) [Cit. 25.2.2017]
- [27] Sluneční záření a světlo – dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_sklad/frvs/hrudova/index\\_soubory/Page593.htm](http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_soubory/Page593.htm) [Cit. 25.2.2017]
- [28] Formy slunečního záření – dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/formy-slunecni-energie.html> [Cit. 25.2.2017]
- [29] JANDORA, Radek. Vlnové vlastnosti světla – dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f19.htm> [Cit. 25.2.2017]
- [30] Základní principy DPZ – dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz> [Cit. 25.2.2017]
- [31] Fotovoltaický jev – dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm> [Cit. 25.2.2017]
- [32] Solární články – dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm> [Cit. 25.2.2017]
- [33] Princip fotovoltaického článku – dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku> [Cit. 25.2.2017]
- [34] Jak funguje ostrovní fotovoltaický systém – dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovní-off-grid-fotovoltaicky-system/> [Cit. 25.2.2017]
- [35] Vysvětlení pojmu: grid-on – dostupné z: <http://www.solar-liglass.cz/fotovoltaicke-dotazy-a-odpovedi/94-on-grid-fotovoltaika-fotovoltaicky-panel.html> [Cit. 25.2.2017]
- [36] Fotovoltaika pro každého – dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika> [Cit. 25.2.2017]
- [37] Polární den a noc – dostupné z: <http://www.treking.cz/astroonomie/polarni-den.htm> [Cit. 25.2.2017]
- [38] Výstavbu solárních panelů je nutno řádně připravit – dostupné z: <http://magazin.e15.cz/bydleni/legislativa/vystavbu-solarnich-panelu-je-nutno-radne-pripravit-978702> [Cit. 25.2.2017]
- [39] Potřebujete stavební povolení na montáž FVE? – dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/je-potreba-stavebni-povoleni-nebo-ohlaska-na-instalaci-fotovoltaickych-panelu/> [Cit. 25.2.2017]
- [40] Fotovoltaika – Green technology – dostupné z: <http://www.green-t.cz/fotovoltaika/#technologie-vyroby> [Cit. 25.2.2017]

- [41] Rozdíl mezi monokrystalickým a polykrystalickým panelem – dostupné z: <http://www.solar-liglass.cz/fotovoltaicke-dotazy-a-odpovedi/85-rozdil-mono-poly.html> [Cit. 25.2.2017]
- [42] Co je to ingot – dostupné z: [https://www.google.cz/?gfe\\_rd=cr&ei=2SSDVaDkMKS7AaP34HACQ&gws\\_rd=ssl#q=ingot&\\*>](https://www.google.cz/?gfe_rd=cr&ei=2SSDVaDkMKS7AaP34HACQ&gws_rd=ssl#q=ingot&*>) [Cit. 25.2.2017]
- [43] Tlusté vrstvy – dostupné z: [http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/05a\\_tluste\\_vrstvy.pdf](http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/05a_tluste_vrstvy.pdf) [Cit. 25.2.2017]
- [44] Fotovoltaický křemíkový panel – polykrystalický – dostupné z: <http://www.solarng.cz/komponenty-fve/solarni-panel> [Cit. 25.2.2017]
- [45] Vědci použili solární panely novým způsobem – dostupné z: <http://www.denik.cz/ekonomika/vedci-pouzili-solarni-panely-novym-zpusobem-a-zvysili-jejich-ucinnost-20141208.html> [Cit. 25.2.2017]
- [46] Státy podle rozlohy – dostupné z: <http://www.zemepis.com/rozloha.php> [Cit. 25.2.2017]
- [47] MAJLING, Eduard. 10 největších solárních elektráren světa – dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-svet/deset-nejvetsich-solarnich-elektraren-sveta/> [Cit. 25.2.2017]
- [48] Ivanpat solar electric generating systém – dostupné z: <http://www.basinandrangewatch.org/Ivanpah-FSADEIS.html> [Cit. 25.2.2017]
- [49] JEGEDE, Dara. Top 10 largest photovoltaic plants in the world – dostupné z: <http://www.imeche.org/news/news-article/top-10-solar-photovoltaic-plants-in-the-world> [Cit. 25.2.2017]
- [50] KAUFMAN, Mark D. The world's largest solar farm, an overflowing dam, and other amazing images if the week – dostupné z: <http://www.popsoci.com/worlds-largest-solar-farm-overflowiing-dams-and-other-amazing-images-week> [Cit. 25.2.2017]
- [51] Poušť Gobi se mění na největší solární farmu světa – dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2017022702/poust-gobi-se-meni-v-nejvetsi-solarni-farmu-sveta#.WLQE6H94SCh> [Cit. 25.2.2017]
- [52] Solar PV plants commisssioned in Gujarat – dostupné z: [http://geda.gujarat.gov.in/news\\_single.php?news=45](http://geda.gujarat.gov.in/news_single.php?news=45) [Cit. 25.2.2017]
- [53] Gujarat solar park – dostupné z: <https://gpcl.gujarat.gov.in/showpage.aspx?contentid=15> [Cit. 25.2.2017]
- [54] France's 300MW Cestas solar plant inaugurated – dostupné z: [https://www.pv-magazine.com/2015/12/02/frances-300-mw-cestas-solar-plant-inaugurated\\_100022247/](https://www.pv-magazine.com/2015/12/02/frances-300-mw-cestas-solar-plant-inaugurated_100022247/) [Cit. 25.2.2017]

- [55] Vývoj efektivnějších solárních panelů – dostupné z:  
[http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/vyvoj-efektivnejsich-solarnich-panelu\\_26102.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/vyvoj-efektivnejsich-solarnich-panelu_26102.html) [Cit. 25.2.2017]
- [56] GIŇOVÁ, Petra. Rozvojové země poprvé investují do OZE více než rozvinuté – dostupné z: <http://www.fbadvokati.cz/novinky/energetika/rozvojove-zeme-poprve-investuji-do-obnovitelnych-zdroju-vic-nez-rozvinute> [Cit. 27.5.2017]
- [57] Z historie větrných elektráren – dostupné z:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektraren--13364> [Cit. 25.2.2017]
- [58] MOLEK, Tomáš. Offshore větrná elektrárna v USA postavena na Erijském jezeře – dostupné z: <http://oenergetice.cz/vetrne-elektrarny/dalsi-offshore-vetrna-elektrarna-usa-bude-postavena-erijskem-jezere/> [Cit. 25.2.2017]
- [59] JAVŮREK, Karel. Největší solární tepelná elektrárna na světě byla spuštěna – dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/nejvetsi-solarni-tepelna-elektrarna-na-svete-byla-spuštena/sc-3-a-172488/> [Cit. 25.2.2017]
- [60] VOBOŘIL, David. Vodní elektrárny – princip, rozdělení – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni/> [Cit. 29.4.2017]
- [61] PUCHNAR, Jiří. Ani vodní elektrárny nejsou bezrizikovým energetickým zdrojem – dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/vodni-elektrarny-nejsou-bezrizikovym-energetickym-zdrojem/> [Cit. 29.4.2017]
- [62] Potenciální energie – dostupné z:  
<http://www.fyzika007.cz/mechanika/potencialni-energie> [Cit. 29.4.2017]
- [63] Kinetická energie – dostupné z:  
<http://www.fyzika007.cz/mechanika/kineticka-energie> [Cit. 29.4.2017]
- [64] Výkon vodního motoru – dostupné z:  
<http://mve.energetika.cz/sikovneruce/jaky-je-vykon.htm> [Cit. 29.4.2017]
- [65] Energie vody – dostupné z:  
[http://ok1zed.sweb.cz/s/el\\_vodniel.htm](http://ok1zed.sweb.cz/s/el_vodniel.htm) [Cit. 29.4.2017]
- [66] Vodní elektrárny – jak to funguje – dostupné z:  
[http://www.solarcenter.cz/vodni-elektrarny/jak\\_to\\_funguje-15/](http://www.solarcenter.cz/vodni-elektrarny/jak_to_funguje-15/) [Cit. 29.4.2017]
- [67] Vodní elektrárny – dostupné z:  
<http://slideplayer.cz/slide/3334676/> [Cit. 29.4.2017]
- [68] Peking zpytuje svědomí, poprvé přiznal problémy největší přehrady světa – dostupné z: [http://zpravy.idnes.cz/peking-zpytuje-svedomi-poprve-priznal-problemy-nejvetsi-prehrady-sveta-1q6-/zahranicni.aspx?c=A110519\\_142139\\_zahranicni\\_stf](http://zpravy.idnes.cz/peking-zpytuje-svedomi-poprve-priznal-problemy-nejvetsi-prehrady-sveta-1q6-/zahranicni.aspx?c=A110519_142139_zahranicni_stf) [Cit. 29.4.2017]
- [69] FANTOVÁ, Andrea. Největší přehrada světa má aktuální problémy. Přiznal to i Peking – dostupné z: <http://zahranicni.ihned.cz/asiie-a-pacifik-cina/c1-51884650->

- nejvetsi-prehrada-sveta-ma-akutni-problemy-poprve-to-priznal-i-pekings  
[Cit. 29.4.2017]
- [70] Malé vodní elektrárny přibývají, ale pomalu – dostupné z:  
<http://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6662402> [Cit. 29.4.2017]
- [71] Některé malé vodní elektrárny možná opět získají podporu od státu – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/nektere-male-vodni-elektrarny-mozna-opet-ziskaji-podporu-statu-2/> [Cit. 29.4.2017]
- [72] Vodná energia – dostupné z:  
<http://www.oze.stuba.sk/oze/vodna-energia/> [Cit. 29.4.2017]
- [73] Ukládání elektřiny – dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektřiny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektřaren.aspx> [Cit. 29.4.2017]
- [74] První vodní elektrárna – dostupné z:  
[http://www.energyweb.cz/web/index.php?display\\_page=2&subitem=1&ee\\_chapter=5.5.2](http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=5.5.2) [Cit. 29.4.2017]
- [75] MAJLING, Eduard. Nejstarší provozované elektrárny světa – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/elektrina/nejstarsi-provozovane-elektřarny-sveta/>  
[Cit. 29.4.2017]
- [76] BUDÍN, Jan. 10 největších vodních elektráren na světě – dostupné z:  
<http://oenergetice.cz/elektrarny-svet/deset-nejvetsich-vodnich-elektřaren-na-svete/>  
[Cit. 29.4.2017]
- [77] Čína – Přehrada Tři soutěsky na Modré řece – dostupné z:  
<http://zeme.minutex.cz/cina-prehrada-tri-soutesky-na-modre-rece/> [Cit. 29.4.2017]
- [78] Xiangjiaba hydropower project – dostupné z:  
<http://english.cwe.cn/show.aspx?id=1823&cid=43> [Cit. 29.4.2017]
- [79] The 100 biggest hydroelectric power plants in the world – dostupné z:  
<http://www.power-technology.com/features/feature-the-10-biggest-hydroelectric-power-plants-in-the-world/> [Cit. 29.4.2017]
- [80] NEJEDLÝ, Petr. Tragédie na Jeniseji – příčiny havárie – dostupné z:  
<http://nejedly.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=118477> [Cit. 29.4.2017]
- [81] Grand Coulee dam – dostupné z:  
<http://scenicwa.com/listing/grand-coulee-dam.html> [Cit. 29.4.2017]
- [82] Solar one a Solar two – dostupné z:  
<http://www.atlasobscura.com/places/solar-one-and-solar-two> [Cit. 27.5.2017]
- [83] Přehrada Hoover dam: beton v ní měl tvrdnout 125 let – dostupné z:  
<https://chcidoameriky.cz/prehrada-hoover-dam-beton-v-ni-mel-tvrdnout-125-let>  
[Cit. 27.5.2017]
- [84] Hoover dam: nejslavnější přehrada světa – dostupné z:  
<https://www.novinky.cz/cestovani/exotika-amerika/369026-hoover-dam->

nejslavnejsi-prehrada-sveta-jejiz-obrovska-hraz-tuhne-uz-80-let.html  
[Cit. 27.5.2017]

- [85] Niagara Falls: hystory of power – dostupné z:  
<http://www.niagarafontier.com/power.html> [Cit. 27.5.2017]
- [85] Facts about Niagara falls – dostupné z:  
<https://www.niagarafallsstatepark.com/niagara-falls-state-park/amazing-niagara-facts> [Cit. 27.5.2017]
- [86] James Bay project – dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Bay\\_Project](https://en.wikipedia.org/wiki/James_Bay_Project) [Cit. 27.5.2017]
- [87] Nejdražší lidské výtvořy – dostupné z:  
<http://domaci.eurozpravy.cz/zivot/180467-nejdrazsi-lidske-vytvory-v-dejinach-zaco-svet-utratil-miliardy/> [Cit. 27.5.2017]
- [88] Pozitivní účinky projektu James Bay – dostupné z:  
<http://howun.info/cs/pages/402661> [Cit. 27.5.2017]

## Obrázky

Obr. 1.1 Globální cirkulace větru – převzato:

<http://www.wetter.net/lexikon/barisches-windgesetz.html>

Obr. 1.2 Zjednodušené schéma principu funkce větrné elektrárny – převzato:

<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2072>

Obr. 1.3 základní části větrné elektrárny – převzato:

<http://slideplayer.cz/slide/2699828/> slide 4

Obr. 1.4 Závislost průměrné velikosti rotoru na vytěženém výkonu [4] – převzato:

<http://www.csve.cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>

Obr. 1.5 Roční výroba energie v závislosti na rozměrech VtE [4] – převzato:

<http://www.csve.cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>

Obr. 2.1 Větrná mapa světa ve výšce 80 m – převzato:

[http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrne\\_elektrarny&site=energie](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrne_elektrarny&site=energie)

Obr. 2.2 Základna pevninské VtE [14] - převzato:

<http://www.csve.cz/clanky/betonovy-zaklad/305>

Obr. 2.3 Různé typy základen u offshorových VtE [14] – převzato:

<http://www.csve.cz/clanky/betonovy-zaklad/305>

Obr. 2.4 Uchycení plovoucí VtE soustavou lan - převzato:

<http://www.siemens.cz/press/siemens-doda-elektrarny-pro-nejvetsi-plovouci-vetrnou-farmu-na-svete>

Obr. 2.5 Upevnění VtE do protipohybu – převzato:

<http://www.cheburek.net/energiya-vesta-vestas-i-windplus-razvertyvayut-unikalnuyu-plavayushhuyu-vetrovuyu-turbinu.html>



Obr. 2.6 Vnitřek základny VtE [14] – převzato:  
<http://www.csve.cz/clanky/betonovy-zaklad/305>

Obr. 3.1 První větrná elektrárna - převzato:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>

Obr. 3.2 Větrná farma u Block Island – převzato:  
<http://dwwind.com/project/block-island-wind-farm/> 3. strana

Obr. 3.3 AWEC a Shepherd Flat Wind Farm [21] – převzato:  
<http://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/>

Obr. 3.4 Největší 7MW větrná elektrárna v Japonsku [18] – převzato:  
<http://www.offshorewind.biz/2015/08/27/worlds-largest-floating-turbine-sails-out/>

Obr. 3.5 Větrný park Gansu [19] – převzato:  
<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nejvetsi-onshore-vetrne-parky-sveta/>

Obr. 4.1 Elektromagnetické vlna [26] - převzato:  
[http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11\\_elmag/11\\_elmag.htm](http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11_elmag/11_elmag.htm)

Obr. 4.2 Spektrum světla [30] - převzato:  
<http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz>

Obr. 4.3 Solární článek [31] - převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>

Obr. 4.4 Zjednodušený princip funkce fotovoltaického článku [32] - převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Obr. 4.5 Největší výhody a nevýhody využívání solárních panelů [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Obr. 4.6 Základní fotovoltaický systém [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Obr. 4.7 Autonomní fotovoltaický systém „grid - off“ [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Obr. 4.8 Fotovoltaický systém spojený s rozvodnou sítí [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

Obr. 4.9 Žlabový sběrač [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>

Obr. 4.10 Diskový sběrač [32] – převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>

Obr. 4.11 Heliostaty [32] - převzato:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>

Obr. 4.12 Solární tepelná elektrárna Solar two [82] – převzato:  
<http://www.atlasobscura.com/places/solar-one-and-solar-two>

Obr. 5.1 Průměrná teplotní mapa světa – převzato:

[https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2\\_054019](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054019)

Obr. 5.2 Technologie tlustých vrstev [40] – převzato:

<http://www.green-t.cz/fotovoltaika/#technologie-vyroby>

Obr. 5.3 Polykrystalický křemíkový panel [40] – převzato:

<http://www.green-t.cz/fotovoltaika/#technologie-vyroby>

Obr. 5.4 Solární článek TNV [40] – převzato:

<http://www.green-t.cz/fotovoltaika/#technologie-vyroby>

Obr. 6.1 Solární elektrárna Solar Star [49] – převzato:

<http://www.imeche.org/news/news-article/top-10-solar-photovoltaic-plants-in-the-world>

Obr. 6.2 Ivanpah Solar Power Facility – převzato:

<http://www.marketwatch.com/story/could-californias-massive-ivanpah-solar-power-plant-be-forced-to-go-dark-2016-03-16>

Obr. 6.3 Snímek Longyangxia Dam Solar Park pořízený družicí NASA [50] – převzato:

<http://www.popsci.com/worlds-largest-solar-farm-overflowing-dams-and-other-amazing-images-week>

Obr. 7.1 Vodní elektrárna [61] – převzato:

<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/vodni-elektrarny-nejsou-bezrizikovym-energetickym-zdrojem/>

Obr. 8.1 Průtok a spád [67] převzato:

<http://slideplayer.cz/slide/3334676/slide/5>

Obr. 8.2 Francisova turbína – převzato:

<http://www.learnengineering.org/2014/01/how-does-francis-turbine-work.html>

Obr. 8.3 Kaplanova turbína – převzato:

<http://absolventi.gymcheb.cz/2008/otzemli/fyzika/>

Obr. 8.4 Peltonova turbína [72] – převzato:

<http://www.oze.stuba.sk/oze/vodna-energia/>

Obr. 8.5 Bánkiho turbína [72] – převzato:

<http://www.oze.stuba.sk/oze/vodna-energia/>

Obr. 8.6 Přecherpací vodní elektrárna [73] – převzato:

<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektraren.aspx>

Obr. 9.1 Strojovna vodní elektrárny na řece Way [74] - převzato:

[http://www.energyweb.cz/web/index.php?display\\_page=2&subitem=1&ee\\_chapter=5.5.2](http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=5.5.2)

Obr. 9.2 Hooverova přehrada – převzato:

<http://www.history.com/news/history-lists/7-things-you-might-not-know-about-the-hoover-dam>

Obr. 9.3 Niagarské vodopády – převzato:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Niagara\\_Falls](https://en.wikipedia.org/wiki/Niagara_Falls)

Obr. 9.4 Vodní elektrárna Grand Coulee [81] – převzato:  
<http://scenicwa.com/listing/grand-coulee-dam.html>

Obr. 9.5 Vodní elektrárna Tři soutěsky [77] – převzato:  
<http://zeme.minutex.cz/cina-prehrada-tri-soutesky-na-modre-rece/>

Obr. 9.6 Vodní elektrárna Xiangjiaba [78] – převzato:  
<http://english.cwe.cn/show.aspx?id=1823&cid=43>

Obr. 9.7 Vodní elektrárny Itaipu – převzato:  
<http://www.prehrady.wbs.cz/Itaipu-dam.html>

Obr. 9.8 Krasnojarská vodní elektrárna [76] – převzato:  
<http://wikimapia.org/29651/cs/Krasnojarsk%C3%A1-p%C5%99ehrada>

Obr. 9.9 Vodní elektrárna Guri – převzato:  
<https://cz.pinterest.com/pin/543457880006485377/>