

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rozvoj obnovitelných zdrojů energie v Evropě

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2017/2018

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

Jméno a příjmení: Adam KLOSE
Osobní číslo: E14B0288P
Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Technická ekologie
Název tématu: Rozvoj obnovitelných zdrojů energie v Evropě
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 :

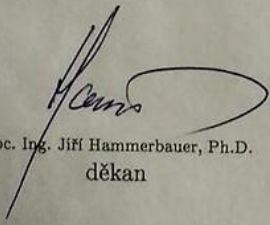
1. Vysvětlíte základní principy technického využívání obnovitelných zdrojů energie.
2. Zhodnotíte přírodní, legislativní a technické podmínky pro využívání OZE v jednotlivých evropských zemích.
3. Popíšete vývoj a rozvoj OZE v jednotlivých zemích Evropy.

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

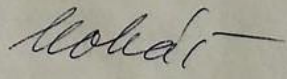
1. Přednášky KEE/VEN

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

Datum zadání bakalářské práce: 10. října 2017
Termín odevzdání bakalářské práce: 7. června 2018


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




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

V Plzni dne 14. října 2016

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na rozvoj a vývoj obnovitelných zdrojů energie v Evropě. Práce je rozdělená do tří hlavních témat, dle charakteru obnovitelného zdroje. Každé téma obsahuje principy funkce, technické a přírodní podmínky, včetně legislativních prvků pro využívání obnovitelných zdrojů energie. Cílem práce je vytvořit určitý přehled, který může sloužit jako úvod do této problematiky.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, elektrická energie, světlo, slunce, vítr, voda, fotovoltaika, systém, větrné elektrárny, vodní elektrárny, turbína, rotor

Abstract

This bachelor thesis focuses on the development of renewable energy sources in Europe. The thesis is divided into five main themes according to the nature of the renewable source. Each topic includes principles of functions, technical and natural conditions, including legislative elements for the use of renewable energy sources. The aim of the thesis is to create a certain overview that can serve as an introduction to this issue.

Keywords

Renewable sources of energy, light, sun, water, wind, electricity, photovoltaics, hydroelectric power, system, windpower station, photovoltaic cell, turbine, rotor, turbine

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne

Adam Klose

Poděkování

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

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Obsah | 8 |
| Úvod | 9 |
| 1. Sluneční záření | 10 |
| 1.1 Princip technologického využití sluneční energie | 10 |
| 1.1.1 Světlo | 10 |
| 1.1.2 Fotovoltaický jev | 11 |
| 1.1.3 Fotovoltaický článek..... | 11 |
| 1.1.3.1 Druhy fotovoltaických článků | 13 |
| 1.1.4 Části fotovoltaické elektrárny | 15 |
| 1.1.5 Solární termický systém | 16 |
| 1.1.5.1 Typy solárních kolektorů | 17 |
| 1.1.5.2 Solární tepelný systém | 18 |
| 1.2 Technické, přírodní a legislativní podmínky FVE | 19 |
| 1.2.1 Technické podmínky FVE..... | 19 |
| 1.2.1.1 Připojení FVE | 19 |
| 1.2.2 Přírodní podmínky FVE v Evropských zemích..... | 22 |
| 1.2.3 Legislativní podmínky fotovoltaických elektráren..... | 25 |
| 1.3 Vývoj a rozvoj FVE v jednotlivých zemích Evropy | 28 |
| 2. Vodní energie | 30 |
| 2.1 Princip technologického využití vodní energie | 30 |
| 2.1.1 Části vodní elektrárny..... | 30 |
| 2.1.2 Základní princip vodní elektrárny | 31 |
| 2.2 Technické, přírodní a legislativní podmínky vodních elektráren | 32 |
| 2.2.1 Technické podmínky | 32 |
| 2.2.1.1 Technologické rozdělení vodních elektráren | 32 |
| 2.2.2 Přírodní podmínky | 37 |
| 2.2.3 Legislativní podmínky | 38 |
| 2.3 Vývoj a rozvoj vodních elektráren v Evropě | 39 |
| 3. Větrná energie | 43 |
| 3.1 Princip technologického využití větrné energie | 43 |
| 3.1.1 Vítr... .. | 43 |
| 3.1.2 Princip funkce větrné elektrárny..... | 44 |
| 3.1.2.1 Účinnost | 44 |
| 3.1.2.2 Druhy větrných turbín..... | 45 |
| 3.2 Technické, přírodní a legislativní podmínky větrných elektráren | 48 |
| 3.2.1 Technické podmínky | 48 |
| 3.2.1.1 Připojení k rozvodné síti | 49 |
| 3.2.1.2 Části větrné elektrárny | 49 |
| 3.2.2 Přírodní podmínky | 50 |
| 3.2.3 Legislativní podmínky | 51 |
| 3.2.3.1 Výstavba větrné elektrárny | 52 |
| 3.3 Vývoj a rozvoj větrných elektráren v jednotlivých zemích Evropy | 52 |
| 3.3.1 Využití větrné energie | 52 |
| Závěr | 55 |
| Zdroje | 56 |
| Obrázky | 63 |

Úvod

Energetická náročnost dnešní civilizace je vysoká. Vše začalo průmyslovou revolucí, kdy se masově začaly využívat fosilní paliva místo dřeva (do té doby nejrozšířenější palivo). To nestačilo požadavkům na výhřevnost, navíc nebylo v dostatečném množství dostupné. Fosilní paliva se dnes používají kromě energetiky například v dopravě v podobě rafinované ropy, nebo jako ropné plyny. Je zavedený systém dodávky a čerpání, technologie se několik desítek let vyvíjely. Bohužel fosilní paliva nejsou šetrná pro životní prostředí. Povrchové i hlubinné doly, ropné plošiny, tankery a ropovody nejsou zrovna ekologický způsob těžby (vysoké emise oxidu siřičitého). Protože jsou fosilní paliva neobnovitelný zdroje energie, někdy v budoucnu dojdou. Je třeba hledat řešení, které bude šetrnější k přírodě a půjde o nevyčerpatelný zdroj energie.

Moje bakalářská práce se zaměřuje na obnovitelné zdroje energie v Evropě, konkrétně na vodní, větrnou a solární energii. Popisuje od základů principy jejich využívání, funkce, jednotlivé komponenty zařízení. Jsou zde popsány přírodní podmínky, protože ne v každé lokalitě jsou všechny varianty využití obnovitelných zdrojů vhodné. Jsou zde obsaženy i technické a legislativní podmínky pro výstavbu zařízení.

Tuto práci jsem si vybral záměrně, budoucnost planety mi není lhostejná a obnovitelné zdroje energie mě zajímají. Rád bych nějakým způsobem přispěl k energetické zelenější revoluci.

1. Sluneční energie

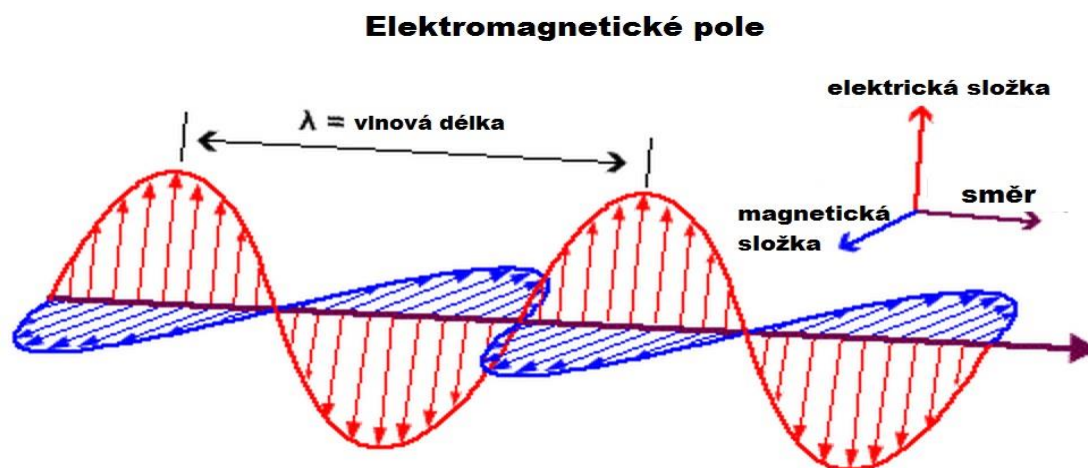
Sluneční energie je jediný obnovitelný zdroj energie, který má potenciál dlouhodobě pokrýt energetické potřeby lidstva. Představuje drtivou většinu energie, která se na Zemi nachází a využívá. Vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce. [1]

1.1 Princip technického využívání sluneční energie

1.1.1 Světlo

Viditelná část elektromagnetického spektra se nazývá světlo. Protože patří mezi elektromagnetická vlnění, šíří se v daném prostředí vždy stejnou rychlostí jako elektromagnetické vlnění. Elektromagnetická vlna je dvousložkové příčné vlnění magnetického a elektrického pole.

Magnetickou složku představuje vektor intenzity magnetické indukce B , na kterou je kolmý vektor intenzity elektrického pole E . [1, 2]



Obr. 1.1. Elektromagnetická vlna

Slunce předává Zemi energii ve formě slunečního záření. Základním obnovitelným zdrojem energie je sluneční záření a většina energie ostatních obnovitelných zdrojů má svůj původ v energii Slunce.

Sluneční záření se dělí na 3 druhy: Ultrafialové, viditelné a infračervené. [3, 4]

a) **Ultrafialové záření (UV)**

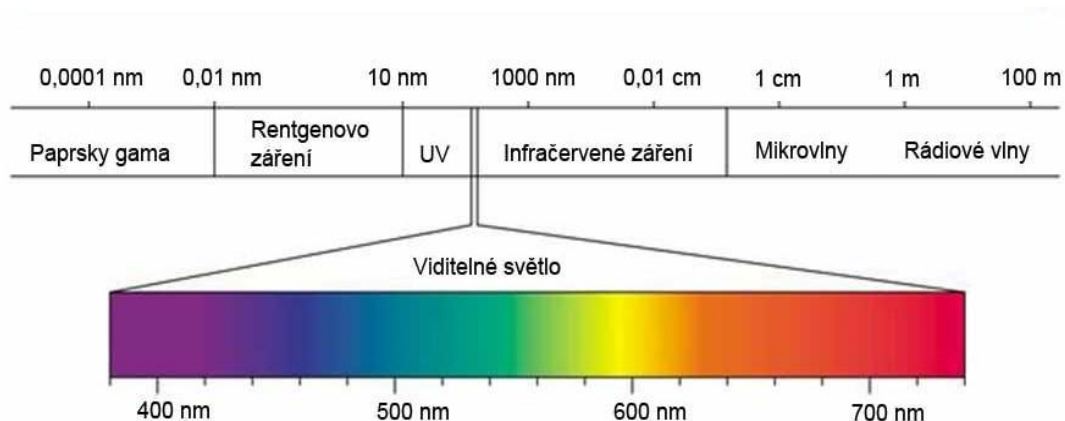
Má vlnovou délku pod 380 nm, podíl z celkového záření je 0-4%. Podíl závisí na vzdálenosti od zemského povrchu.

b) **Viditelné záření**

Viditelné záření má vlnovou délku 380 – 780 nm, podíl z celkového záření je 21-46%. Jeho podíl je vyšší při zatažené obloze.

c) **Infračervené záření (IR)**

Je tepelná část slunečního záření o vlnové délce nad 780 nm, podíl z celkového záření 50-79%.



Obr. 1.2. Elektromagnetické spektrum

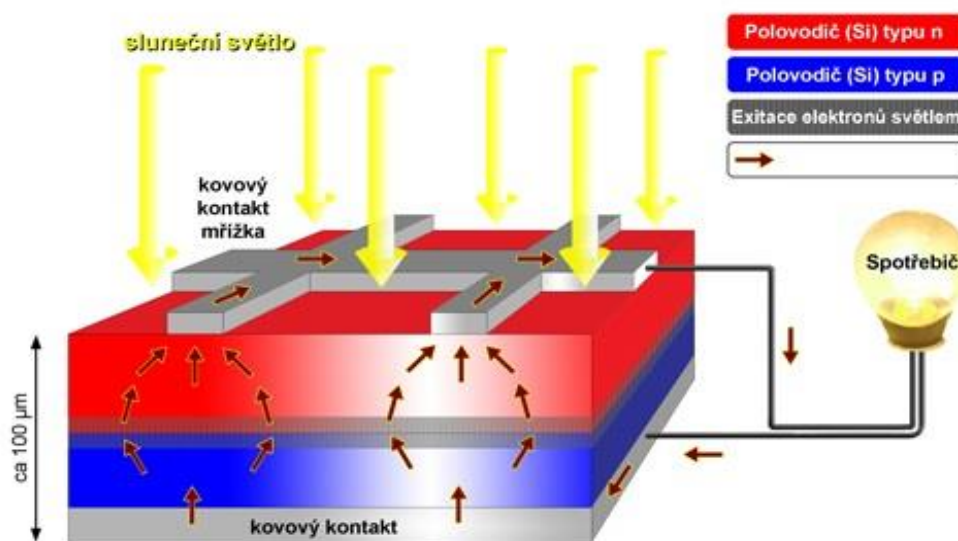
1.1.2. Fotovoltaický jev

Fotovoltaický jev je přeměna sluneční energie na energii elektrickou. Pokud dopadají světelné částice (foton) na polovodičový materiál, uvolňují se z N-vrstvy volné elektrony, které se přesouvají k P-vrstvě. Materiál s přebytkem volných elektronů se nazývá N-vrstva a naopak P-vrstva je materiál s jejich nedostatkem. Přesun volných elektronů v materiálu se nazývá průtok proudu a probíhá vždy od plusu k mínusu. Aby vznikl fotovoltaický jev, musí mít fotony energii minimálně 1,12 eV. [2, 5]

1.1.3. Fotovoltaický článek

Prímou přeměnu slunečního světla na elektrický proud umožňuje fotovoltaický článek, který tuto přeměnu vykonává pomocí fotovoltaického jevu. Fotovoltaický článek je v zásadě velkoplošná polovodičová dioda s přechodem PN, na který může dopadat světlo. Základ tvoří tenký plátek křemíkové destičky s vodivostí typu P. Při výrobě se na ní vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N, takže jsou obě vrstvy odděleny tzv. P-N přechodem. Tento PN přechod zabraňuje volnému přechodu elektronů z místa jejich nadbytku do místa jejich nedostatku. Vytvoří se elektrická bariéra. K překročení této bariéry musí mít elektron určitou energii. Pokud dopadá světlo na povrch fotovoltaického článku, fotony předávají svou energii atomům v krystalické mřížce křemíku, z které se uvolňují elektrony. Uvolněné elektrony v horní vrstvě polovodiče N nemohou přecházet díky PN přechodu do vrstvy P, ale elektrony uvolněné světlem ve vrstvě P mohou přecházet přes přechod PN do vrstvy N, kde se hromadí. Tímto nahromaděním vznikne mezi horní a spodní vrstvou elektrické napětí o velikosti zhruba 0,55 V. [2, 4, 5]

Abychom vytvořili uzavřený elektrický obvod, stačí připojit mezi horní a spodní kontakt článku spotřebič, stačí i malý, slabý motorek. Nahromaděné elektrony v horní vrstvě prochází ke spodnímu kontaktu přes spotřebič. Energie elektronů se mění ve spotřebiči na odlišnou formu energie, například kinetickou energii, avšak prvotním zdrojem energie jsou fotony, které předávají část své energie elektronům krystalové mřížky polovodiče. Dokud dopadá na povrch článku světlo a uvolňují se elektrony, bude obvod fungovat. [2,4,5]



Obr. 1.3. Princip fotovoltaického jevu

Tento fotovoltaický článek, ve kterém dochází při dopadu fotonů, ke generování stejnosměrného elektrického proudu, má samotný jen malé využití, protože výstupní napětí a elektrický výkon je pro většinu aplikací nedostatečný. Proto se články podle požadovaného napětí a odebíraného proudu seskupují do větších celků, a tak vytvářejí tzv. fotovoltaické panely (moduly). Spojením několika panelů vznikají fotovoltaické pole (systémy) s požadovaným výstupním elektrickým výkonem a napětím. [8, 10]

1.1.3.1 Druhy fotovoltaických článků

Výzkum a vývoj fotovoltaických článků trvá už skoro 50 let a za tu dobu byl vyvinut velký počet konstrukcí a typů s využitím různých materiálů. Rozlišují se čtyři generace fotovoltaických článků. Nejpoužívanějším materiálem je křemík, který je v elektrotechnice velmi oblíbeným prvkem. Dalším velmi používaným materiálem je arsenid galia, který má sice vyšší účinnost až 29 %, zato je křehký a dražší než křemík. Výhodou je odolnost proti kosmickému záření a proto nachází tyto články využití ve vesmírných družicích. [9, 10]

Rozdělení podle doby na první, druhou a třetí generaci:

a) První generace-Fotovoltaické články 1. generace jsou tvořeny destičkami monokrystalického křemíku, v kterém je vytvořený velkoplošný P-N přechod. Mezi výhody těchto článků patří dobrá účinnost s dlouhodobou stabilitou výkonu. I přes velkou spotřebu čistého a drahého křemíku, náročnost výroby je to stále nejpoužívanější typ fotovoltaických článků. [10, 12]

b) Druhá generace-Kvůli náročnosti na kvalitu výchozího materiálu u panelů článků 1. generace, ztráty způsobené odpadem a cenou fotovoltaického panelu se výrobci snažili zlevnit výrobu tím, že se použijí tenkovrstvé články. Nejčastěji používanými jsou články z monokrystalického, polykrystalického nebo amorfního křemíku. Nevýhoda oproti první generaci je v menší účinnosti a stabilitě účinnosti (účinnost s časem klesá). Používá se i jiný materiál než křemík. Dnes se tenkovrstvé články uplatňují hlavně v případech vyžadujících ohebnost a pružnost. Např. fotovoltaické fólie. [10, 11]

c) Třetí generace-Hlavním cílem fotovoltaických článků 3. generace je maximalizace počtu absorbovaných fotonů a následná generace párů elektron-díra. K separaci nábojů se snaží využít jiné metody než je P-N přechod. Zkouší se nové materiály než polovodiče, např. polymerní nebo fotogalvanické články. Dále se 3. generace snaží o lepší napěťový zisk fotovoltaických článků. Pozornost se věnuje více směrům: termofotonická přeměna, vícevrstvé solární články, články s vícenásobnými pásy, organické články a další. Příznivým případem dobře fungujících článků 3. generace se zdá být vícevrstvá struktura, kdy každá substruktura (P-I-N) absorbuje specifickou část spektra a zvýší se tak energetická využitelnost fotonů. [10, 11]

Na výzkumu fotovoltaických článků čtvrté generace se intenzivně pracuje. Hlavním cílem je opět snížit náklady na výrobu, zvýšit účinnost a stabilitu účinnosti.[10, 11]

Rozdělení podle materiálu

a) Fotovoltaické články z monokrystalického křemíku

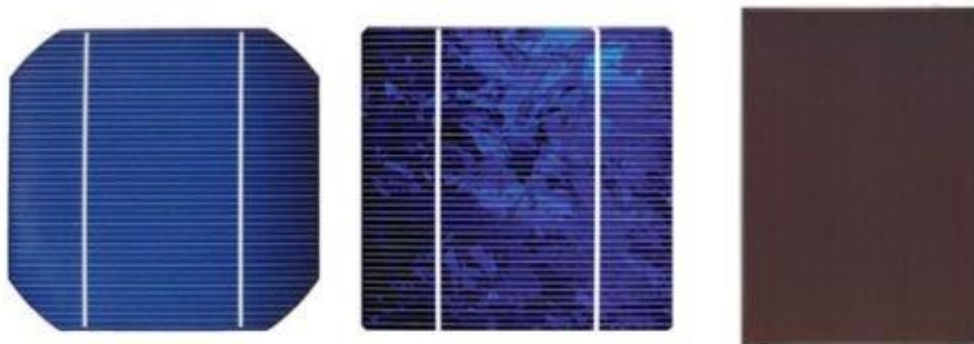
Nejstarším a dodnes nejpoužívanějším druhem fotovoltaických článků je monokrystalický křemík. Získává se pomocí Czochralského metody. Ta spočívá ve výrobě taveniny čistého polykrystalického křemíku (ingot) a následného pomalu taženého zárodku monokrystalu ze zárodku krystalu z taveniny velmi čistého křemíku. Monokrystalický křemík v podobě ingotů se rozřeže speciální drátovou pilou na plátky silné 0,25, 0,35 mm až 0,1 mm. Díky možnosti zmenšení tloušťky se snižuje odpad řezáním. Plátky se vyčistí, zarovnají kvůli nepravidelnostem a nečistotě. Za vznik vodivosti typu N P-N přechodu na povrchu destiček může příměs fosforu. Cenově a energeticky je to velmi náročná metoda. [11]

b) Fotovoltaické články z polykrystalického křemíku

Čistý křemík se odlévá do určitých forem a vzniklé ingoty se řezají na tenké plátky. Jde o mnohem jednodušší metodu, než je Czochralského metoda tažení. Podle forem lze vyrobit i jiné tvary, nejčastěji se ale používá čtvercový a obdélníkový průřez. Kvůli většímu odporu na styku jednotlivých krystalických zrn mají články nižší účinnost, než monokrystalické fotovoltaické články. Mezi výhody polykrystalického článku patří nižší náklady na výrobu a estetický vzhled. [11]

c) Fotovoltaické články z amorfního křemíku

Nejlevnější variantou fotovoltaických článků jsou články z amorfního křemíku. Amorfni články nemají pravidelnou krystalickou strukturu. Vyrábí se ve vodíkovém prostředí rozkladem správných sloučenin křemíku. Tato metoda umožňuje zhotovit velmi tenké vrstvy křemíku na pevné, nebo pružné podložce z plastu, skla nebo nerezi. Varianta s pružnou podložkou se stala velmi oblíbenou volbou pro krycí fólie na střechy. Výhodou amorfních článků je vysoká absorpce fotonů, avšak kvůli nepravidelné struktuře je materiál poruchový. Určité atomy nemají kolem sebe důležité prvky do komplexu, takže vznikají nenasycené vazby uvnitř zakázaného pásu. To snižuje účinnost. [11, 13]



Obr. 1.4. Monokrystalický, polykrystalický a amorfni článek

1.1.4 Části fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaický panel – fotovoltaické články se sériově nebo paralelně zapojí a vytvoří jako komplex fotovoltaický panel. Panely jsou poté opět propojeny sério-paralelní kombinací a vznikne fotovoltaický systém. Výkon panelů se udává v jednotkách Watt peak (Wp). Životnost panelu udávají výrobci se zárukou na 25 let. Účinnost fotovoltaických panelů s věkem klesá, ale od výrobců je garantovaná přes 90 % po 10 letech a po 25 letech pod 80%. [9,12]

Regulátor / MTTP měnič – díky proměnlivé výrobě se musí generované napětí panelů na výstupu regulovat. K tomu slouží zařízení solární regulátor s 80% účinností nebo dražší varianta MTTP měnič s 95-98% účinností. [9, 12]

Střídač - Protože fotovoltaika generuje stejnosměrný signál, pro dodání do sítě se musí přeměnit na proud střídavý 230/400 V, 50 Hz. Tento proces zajišťuje střídač, který je vlastně celý mozek systému. Dokáže informovat o provozním stavu, regulovat napájení ze sítě a díky integrovanému MPP trackeru hledá optimální pracovní bod, jehož zásluhou se může při určitém osvětlení získat nejvyšší výkon. [9, 12]

Vodiče slouží jako propojovací prvek.

Akumulátor - Důležitou součástí pro maximální využití FVE je elektrocentrála, baterie která akumuluje energii vyrobenou přes den, která není okamžitě spotřebovaná. Dočasně se akumuluje v baterii a v nočních hodinách se dále využívá. [14, 15]

Transformátor - Využívá se pro přenos a distribuci elektrické energie při připojení k přenosové soustavě. [15]

1.1.5 Solární termický systém

Solární kolektory - dalším využitím solární energie jsou solární kolektory. Na rozdíl od fotovoltaických panelů, které generují elektřinu, solární kolektory vyrábí tepelnou energii. Využívají se na ohřev vody, k výrobě páry nebo procesního tepla. Základním prvkem každého fototermického systému jsou solární kolektory (sběrače). Princip výroby tepelné energie je jednoduchý. Na kolektor dopadá sluneční záření a pomocí média (vzduch, voda) se energie rovnou využívá nebo se dále shromažďuje. Samotný solární kolektor neumožňuje využít sluneční energii, k tomu je potřeba regulace, čerpadlo a zásobník vody. [16]

Princip solárního kolektoru

Sluneční paprsky dopadají na solární kolektor. Ten obsahuje absorbér, který má na spodní části naletované měděné trubky s teplotně vodivým médiem (nejčastěji kapalinou). Absorbér vystavovaný slunečnímu záření přirozeně zahřívá a zvyšuje svou teplotu. Teplotní čidla sledují rozdíl teplot v kolektoru a zásobníku. Ve chvíli, kdy je v kolektoru vyšší teplota než v zásobníku, regulace zapne oběhové čerpadlo, které dopraví teplé médium do zásobníku teplé vody a dojde k předání tepelné energie. Celá tato etapa trvá, než se teploty v zásobníku a kolektoru vyrovnají. Pak celý systém přejde do klidového modu a čeká, až se kolektor nahřeje. [16]

1.1.5.1 Typy solárních kolektorů

a) Bazénové solární kolektory

Jde o nejjednodušší provedení, kdy jsou nenáročné požadavky na zařízení. Slouží jen k ohřevu vody v bazénu. Kolektor je v základu jen absorbér černé barvy, bez ochranné skříně a skleněné desky. [2, 16]

b) Ploché solární kolektory

Nejdříve je sluneční záření v plochých kolektorech zachycené absorbérem, kde se hned mění na tepelnou energii. Dále je pomocí média (teplonosné kapaliny) putuje daná energie do výměníku, pro ohřátí užitkové vody, pro vytápění nebo se akumuluje pro pozdější využití, nejčastěji ve večerních hodinách. Teplonosnou kapalinu tvoří nejčastěji voda s nezávadnou nemrznoucí kapalinou (glykol, solaren). [12, 16]

Prodávají se i ploché kapalinové solární kolektory se selektivní absorpční vrstvou. Oproti černému nátěru má selektivní vrstva lepší dispozice pro zachycení slunečního záření. Dokáže zachycovat i difuzní záření (odražené záření od překážek rozptýlené v atmosféře)

Životnost základních dílů je okolo 30 let a účinnost solárních kolektorů je až 80%.

Tyto kolektory slouží hlavně k ohřevu užitkové vody, nicméně kolektory se selektivním povrstvením dají využít i k vytápění. [12, 16]

c) Vakuové solární kolektory

Jedná se o technologicky vyspělejší kapalinový kolektor s nižším procentem tepelných ztrát a s vyšší účinností. Vakuový kolektor má i vyšší výkon, zvláště v zimě, při vysokém rozdílu teploty vzduchu a kolektoru, nebo při menším slunečním záření. Podle názvu je patrné, že ve vakuových kolektorech chybí vzduch. Právě tím se zamezilo tepelným ztrátám. Nejdůležitější částí vakuových kolektorů jsou vakuové trubice. Ty zachycují sluneční záření a následně jí přeměňují na tepelnou energii. Působením této energie dojde k výparu teplonosné kapaliny (voda, alkohol), která přejde do kondenzátoru ve formě páry, kde odevzdá užitkovou nebo topnou vodu její tepelnou energii. Ochladí se, zkondenzuje a putuje zpět do kolektoru. Vakuové solární kolektory mají sice vyšší pořizovací cenu, ale díky vysoké účinnosti jsou tyto solární kolektory vhodné pro vytápění budov. [16]

1.1.5.2 Solární koncentrační elektrárna

Přes solární kolektory se může vyrábět i elektrická energie. Energie ze slunečního záření dopadající na sběrač se v absorbéru opět přemění na teplo, ohřeje teplotonosnou kapalinu na vysokou teplotu, která v tepelném výměníku předá tepelnou energii vodě. Ta se začne vypařovat a pohánět parní turbínu. Turbína roztočí generátor elektrického proudu.

Důležitým faktorem je koncentrovat paprsky z větší plochy na menší. Používají se správně tvarovaná a orientovaná zrcadla. Rozlišujeme 3 základní druhy absorbérů: žlabový sběrač, diskový sběrač a heliostaty. Rozdíl je v provedení, avšak všechny pracují na stejném principu. Snaží se o co největší koncentraci paprsků na jedno ohnisko. K účinnosti přispívá i automatické natáčení za sluncem. [20]



Obr. 1.5. Koncentrační solární elektrárna

1.2 Technické, přírodní a legislativní podmínky FVE

1.2.1 Technické podmínky FVE

1.2.1.1 Připojení FVE

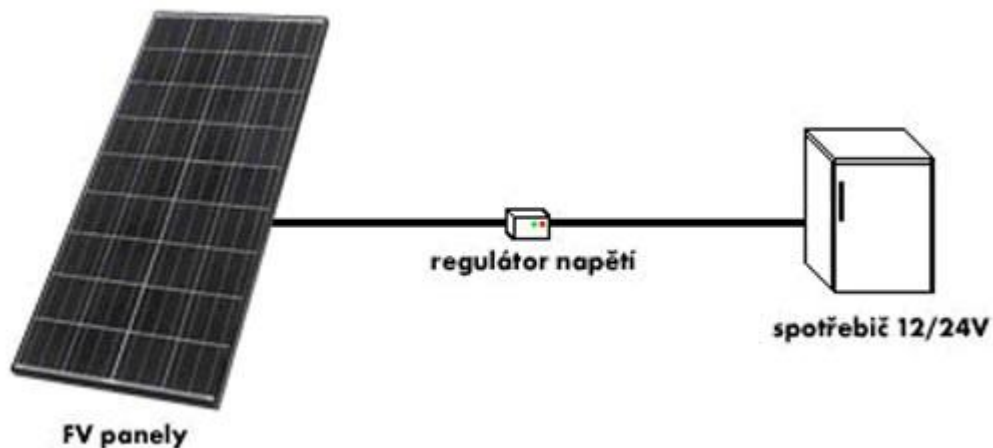
Ostrovní systém-grid-off

Ne každá poloha, objekt je napojený na distribuční síť. Většinou se jedná o samoty, zahradní domky, odlehlé chalupy ale i průmyslové stavby. Dnes ve světě moderní techniky je člověk závislý na elektřině, nutností jsou spotřebiče a elektronika. Existují 2 varianty. Elektrická přípojka, nebo fotovoltaická elektrárna. Pokud by musela být pořízena přípojka delší 500 metrů, instaluje se fotovoltaická elektrárna požadovaného výkonu pro energetickou spotřebu objektu. [17]

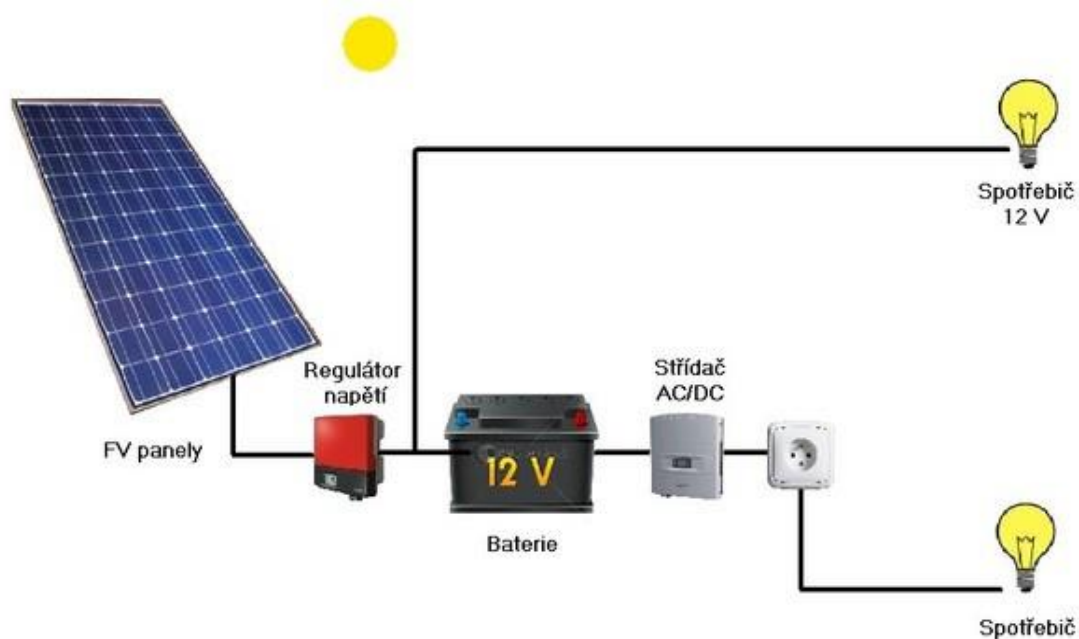
Přímé napájení- Systém s přímým napájením je nejjednodušší zapojení, protože se propojuje přímo solární panel přes regulátor napětí na spotřebič. Používají se stejnosměrné spotřebiče a jsou v provozu jen v době slunečního záření.[17, 18]

Systém s akumulací energie - V případech, kdy je potřeba elektrická energie i mimo dobu slunečního svitu, přichází na řadu varianta s akumulací elektrické energie. Do systému je přidána speciální akumulátorová baterie. O správné nabíjení a vybíjení akumulátoru se stará regulátor nabíjení. K tomuto ostrovnímu systému se opět nejvíce hodí spotřebiče napájené stejnosměrným proudem, lze samozřejmě přes napěťový střídač připojit i klasické síťové spotřebiče 230V/50Hz. [17, 18]

Hybridní systém - Protože existují objekty s nutným celoročním provozem, se zařízeními s vysokým příkonem, využívají se tzv. hybridní systémy. Fotovoltaická elektrárna v zimním období nedodává stejně vysoké množství elektřiny jako v létě. Buď se fotovoltaická elektrárna nadimenzuje i na zimní měsíce a zvýší svůj výkon, což má za následek podstatně vyšší náklady, nebo se systém rozšíří o doplňkový zdroj elektřiny. Druhá možnost, tedy doplnění systému větrnou elektrárnou, malou vodní nebo elektrocentrálou, nese název hybridní systém. [18, 19]



Obr. 1.6. Přímé napájení



Obr. 1.7. Grid-off s akumulací energie

Systemy připojené na síť – grid-on

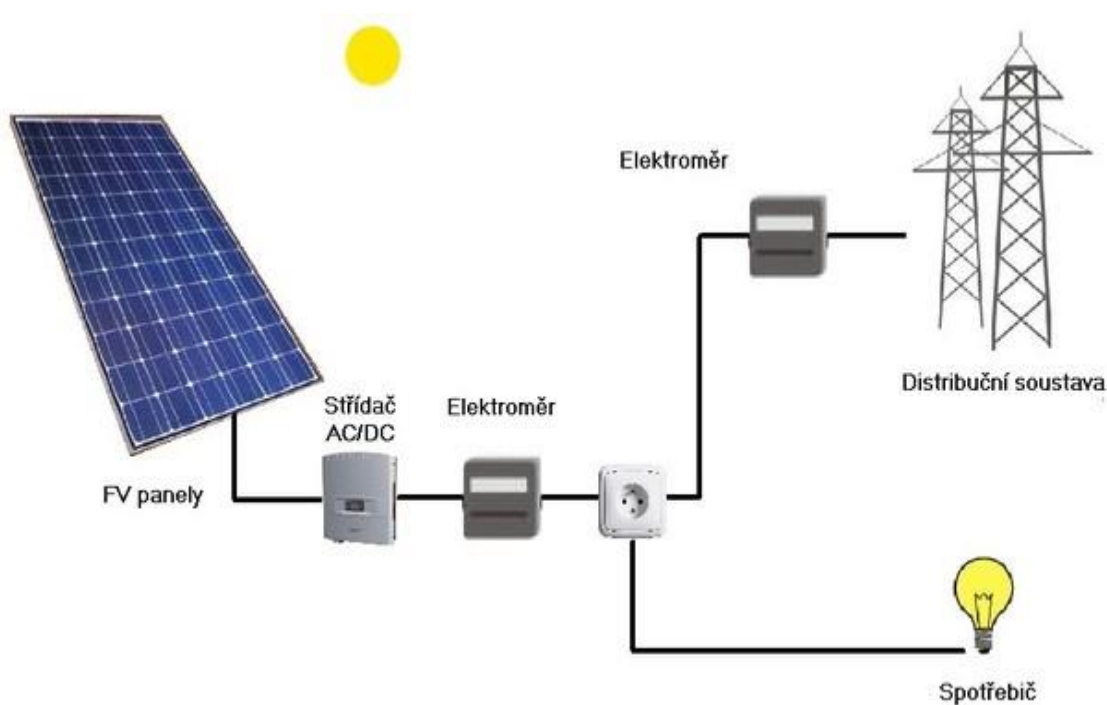
Fotovoltaické systémy připojené na distribuční síť nejsou instalovány z nedostatku elektrické energie, jako výše zmíněné ostrovní systémy, ale kvůli ekonomickému přínosu. Je zde i ekologický faktor, neboť se při výrobě elektřiny nevzniká CO_2 . Nejčastěji se jedná o rodinné domy, či průmyslové budovy. Vyrobena elektrická energie se spotřebovává přímo

v objektu a přebytky či nedostatky řeší distribuční síť. Tuto regulaci odebírání a dodávání elektrické energie má na starost síťový střídač s mikroprocesorovým řazením.

Dnes se fotovoltaické elektrárny dimenzují přesně na vlastní spotřebu objektu, protože „zelený bonus“ není už tak zajímavý. Celé zařízení bývá často modulární, takže se může požadovaný výkon jednoduše zvýšit. [18, 19]

Grid - connected

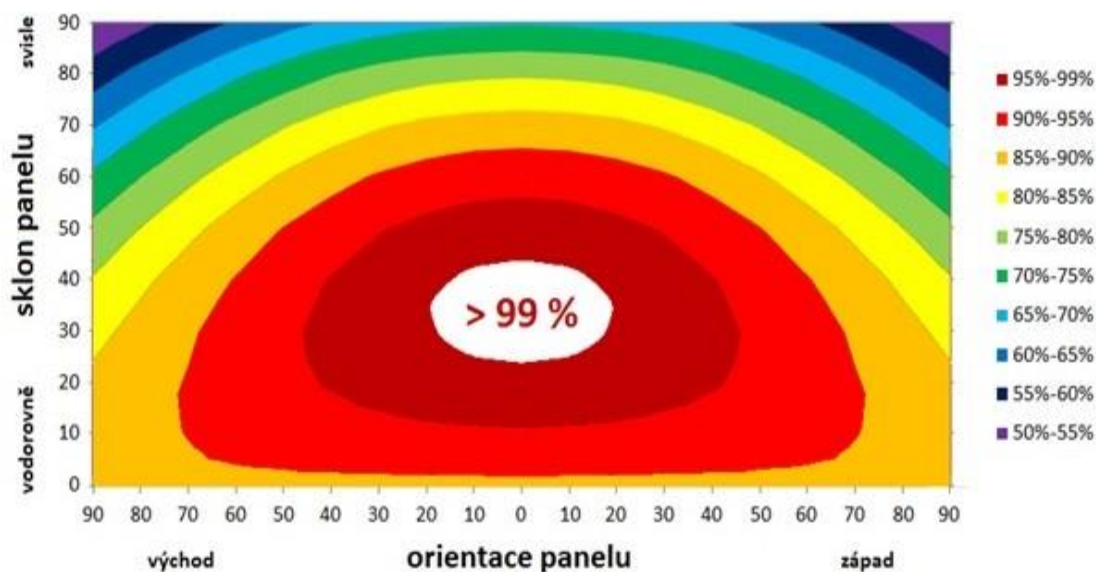
Jsou systémy postavené za účelem prodeje vyrobené elektřiny distributorovi sítě za předem smluvenou výkupní cenu. Opět musí systém obsahovat napěťový měnič a elektroměr pro přesný počet vyrobené energie fotovoltaickými panely a celý stav je chráněn jističem a přepětíovou ochranou. [18, 19]



Obr. 1.8. Systém grid-on

Sklon FVE panelů

Zvýšit účinnost FVE se provádí optimálním nakloněním modulu.



Obr. 1.9. Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu

1.2.2 Přírodní podmínky FVE v Evropských zemích

Schopnost a správná využitelnost solární energie závisí na několika faktorech, které spolu úzce souvisí. Základními faktory jsou:

- Sluneční svit
- Intenzita slunečního záření
- Znečištění atmosféry
- Zeměpisná poloha

Sluneční svit se rozděluje na dvě složky. Délka a doba slunečního svitu. Délka slunečního svitu znamená časový úsek dne, kdy slunce svítilo na obloze při intenzitě alespoň 120 W/m². Doba slunečního svitu představuje čas přítomnosti slunce nad obzorem, tzn. východ až západ slunce. [21]

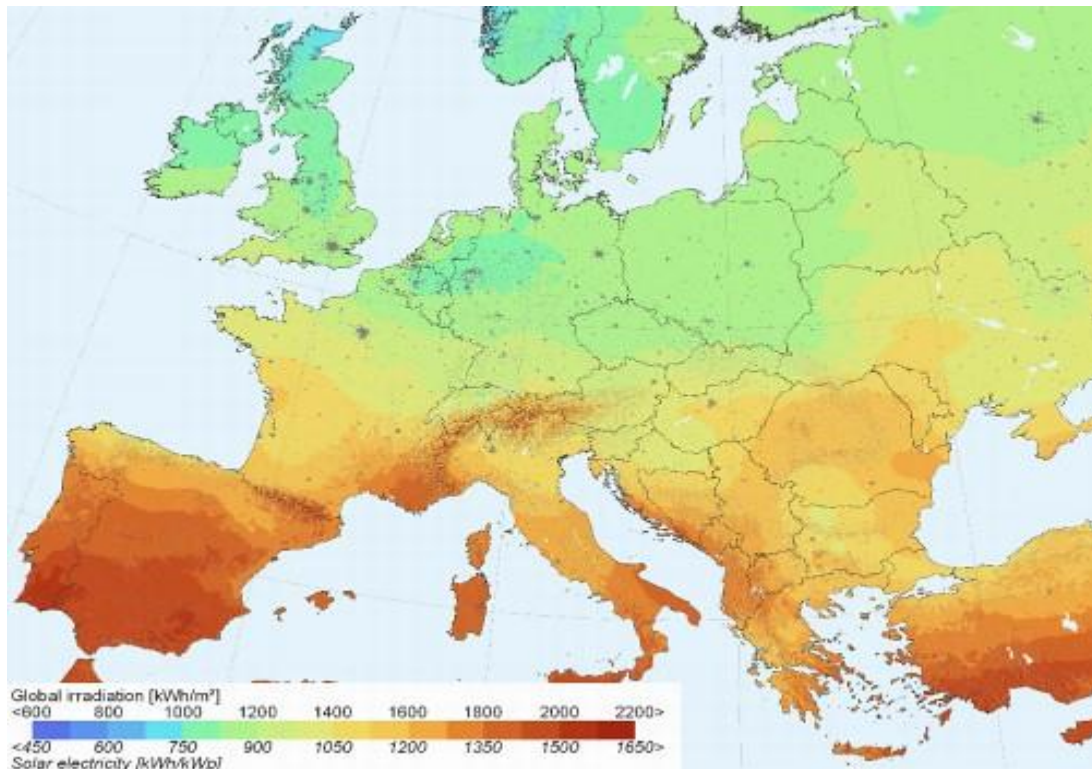
Intenzita slunečního záření je veličina, která udává množství sluneční energie dopadající na m² v kWh. Nejvíce intenzitu slunečního záření ovlivňuje stupeň pokrytí oblohy oblaky neboli oblačnost. Intenzita slunečního záření je součet intenzity přímého a nepřímého (difuzního) záření. [21, 22]

Přímé záření je sluneční záření, které není při průchodu atmosférou ničím pohlceno nebo odraženo. Při jasném bezmračném počasí převládá podíl právě přímého záření. To lze koncentrovat zrcadly a je využíváno ve výše zmíněných solárních tepelných elektrárnách – heliostatech, diskových sběračích. [11]

Difúzní záření je sluneční záření odražené od částic obsažených v atmosféře (prach, vodní pára, nečistoty), po kterých změní směr, ale nezmění se vlnová délka záření. Při oblačné až zatažené obloze dopadá na povrch Země téměř jen difúzní záření. Celkový úhrn přímého a difúzního záření se nazývá globální záření. [22]

Znečištění atmosféry je spjato s intenzitou slunečního záření. Na místech se silně znečištěnou atmosférou může dojít k poklesu až 10% globálního záření. Tyto nežádoucí částice se dostávají do atmosféry skrz antropogenní nebo přírodní zdroje. Mezi antropogenní zdroje patří těžba nerostných surovin, tepelné elektrárny, spalování fosilních paliv ale i vojenské zdroje jako jaderné zbraně, toxické plyny atd. Jako přírodní zdroje se uvádí sopečná činnost, písečné bouře, bioplyn a další. [23]

Zeměpisná poloha souvisí s klimatickými a geografickými podmínkami (počasí, sníh, povrch, úhel dopadu záření, nadmořská výška, reliéf atd.). Při stavbě fotovoltaických elektráren se pozornost upírána vhodné umístění, aby byla co možná nejvyšší účinnost, aby měl kvůli vysokým finančním nákladům celý projekt smysl. Instalovat fotovoltaickou elektrárnu v místě s vysokou oblačností, nedaleko vysokých lesů a hor, které by mohly panelům stínit, nebo jí umístit v subpolárním nebo dokonce polárním pásu, kde polární noc trvá několik měsíců, postrádá logiku. [24, 25]



Obr. 1.10. Mapa slunečního záření v Evropě

Z obrázku je patrné, že nejvhodnější přírodní podmínky pro instalaci fotovoltaické elektrárny mají jižní státy, které jsou blíže rovníku. Naopak se zeměpisnou délkou směrem k severnímu pólu se intenzita slunečního záření snižuje.

Seznam Států Evropy a jejich správních celků [44]

Jižní Evropa: Andorra, Gibraltar, Itálie, Malta, Portugalsko, San Marino, Španělsko, Vatikán

Západní Evropa: Belgie, Francie, Irsko, Lucembursko, Monako, Nizozemsko, Spojené království.

Jihovýchodní Evropa: Albánie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Černá Hora, Chorvatsko, Kosov, Makedonie, Rumunsko, Řecko, Srbsko, Turecko

Východní Evropa: Bělorusko, Moldavsko, Rusko, Ukrajina

Střední Evropa: Česko, Lichtenštejnsko, Maďarsko, Německo, Polsko, Rakousko, Slovensko, Slovinsko, Švýcarsko

Severní Evropa: Dánsko, Estonsko, Faerské ostrovy, Finsko, Island, Litva, Lotyšsko, Norsko, Švédsko

Nejideálnější podmínky mají státy Jižní a Jihovýchodní Evropy, zde dosahuje intenzita slunečního záření až 2200 kWh/m². Ne všechny země jsou administrativně ve fotovoltaice podporovány a proto dávají přednost výrobě elektřiny z jiných zdrojů. Země střední, západní a východní Evropy leží v mírném pásu, kde je intenzita až na Francii (intenzitou slunečního záření se blíží státům jižní Evropy) okolo 1000-1500 kWh/m². Kromě oblačnosti, srážek, sněhu je dalším problémem terén. Nicméně Německo podporuje fotovoltaiku již od konce 20. století a dnes tvoří skoro 90 % instalovaných fotovoltaických elektráren v Evropě. Státy Severní Evropy nejsou kvůli nízké intenzitě záření (400 kWh/m²) pro stavbu fotovoltaických elektráren příliš vhodné. [24, 25]

1.2.3 Legislativní podmínky fotovoltaické elektrárny

Ze zákona je fotovoltaická elektrárna (FVE) je považována za výrobu elektrické energie. Pokud se provozovatel FVE rozhodne připojit danou FVE do distribuční sítě, stane se podnikatelem v oboru energetika hned poté, co mu Energetický regulační úřad (ERU) vydá licenci.

Licence na provozování FVE je podobný živnostenskému listu, avšak licence ERU je oprávnění podnikat v energetice v souladu s platným energetickým zákonem, naproti tomu je živnostenský list oprávnění podnikat v souladu s živnostenským zákonem. Z výše napsaného vyplývá, že hlavním předpisem je energetický zákon, který upravuje provozování slunečních elektráren. Tento obor samozřejmě upravuje mnohem více dalších předpisů (zákonů a vyhlášek), z nichž některé jsou uvedené v seznamu: [26, 27, 28]

Základní legislativní rámec provozování slunečních elektráren:

Zákon č. 458/2000 Sb.

Vyhláška č. 150/2007 Sb., se zabývá způsobem regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen.

Vyhláška č. 150/2007 Sb.

Vyhláška č. 51/2006 Sb., stanovující podmínky pro připojení zařízení k elektrizační soustavě.

Tato vyhláška stanovuje podmínky připojení elektráren, distribučních soustav a odběrných míst konečných zákazníků k elektrizační soustavě. Uvádí podstatu výpočtu podílu nákladů s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu. Dále stanovuje podmínky dodávek elektřiny a způsob výpočtu náhrady škody při neoprávněném odběru elektřiny.

Vyhláška č. 51/2006 Sb.

Vyhláška č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích.

Tato vyhláška stanoví členění licencí pro účely regulace, vzory žádostí k udělení, změně a zrušení licence, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, způsob určení vymezeného území a provozovny, podrobnosti prokazování odborné způsobilosti, podrobnosti o finančních a technických předpokladech a způsob jejich prokazování pro jednotlivé typy licencí.

Vyhláška č. 426/2005 Sb.

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Upravuje způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Zákon č. 180/2005 Sb.

Vyhláška č. 475/2005 Sb. kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.

Tato vyhláška stanoví termíny a podrobnosti výběru způsobu podpory elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů, datum oznámení záměru nabídnout vyrobenou elektřinu z obnovitelných zdrojů k povinnému výkupu a finanční a technické údaje.

Vyhláška č. 475/2005 Sb.

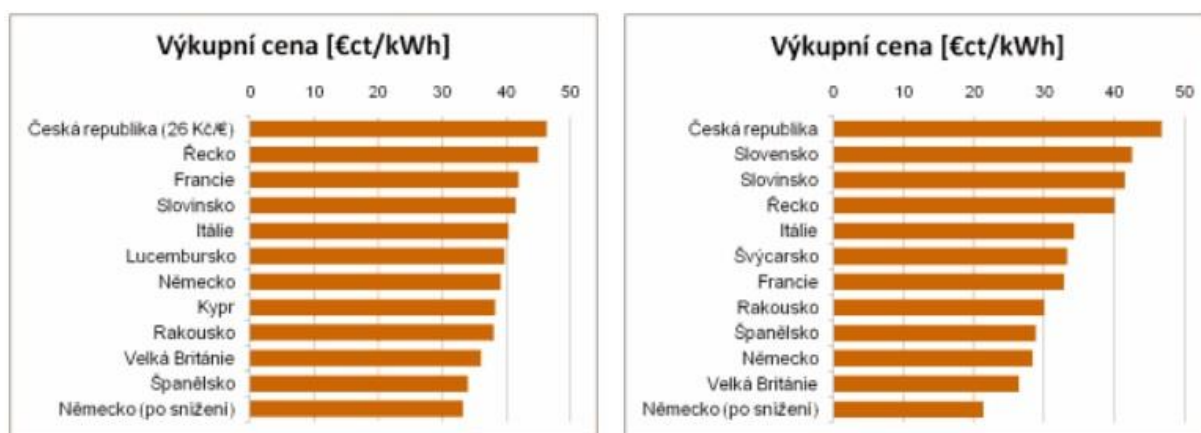
Vyhláška č. 364/2007 Sb. kterou se mění vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se vytvářejí ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.

Vyhláška č. 364/2007 Sb.[26, 28]

Tyto zákony platí pouze jen v ČR, ale v ostatních zemích Evropy jsou velmi podobné kvůli nařízením a regulacím z Evropské unie. Jednou z motivací investice do obnovitelných zdrojů je i finanční stránka. K tomu slouží tzv. „Zelený bonus“. Ten provozovatel získá, pokud spotřebuje větší část vyrobené elektřiny. Další důležitou složkou je cena výkupu elektřiny. [26, 28]

| Podporovaný druh energie | Datum uvedení výroby do provozu | | Instalovaný výkon výroby [kW] | | Jednotarifní pásmo provozování | |
|---|---------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|
| | od (včetně) | do (včetně) | od | do (včetně) | Výkupní ceny [Kč/MWh] | Zelené bonusy [Kč/MWh] |
| a | b | c | d | e | l | m |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření | - | 31. 12. 2005 | - | - | 8 028 | 7 308 |
| | 1. 1. 2006 | 31. 12. 2007 | - | - | 16 848 | 16 128 |
| | 1. 1. 2008 | 31. 12. 2008 | - | - | 16 432 | 15 712 |
| | 1. 1. 2009 | 31. 12. 2009 | 0 | 30 | 15 417 | 14 587 |
| | 1. 1. 2009 | 31. 12. 2009 | 30 | - | 15 304 | 14 584 |
| | 1. 1. 2010 | 31. 12. 2010 | 0 | 30 | 14 359 | 13 529 |
| | 1. 1. 2010 | 31. 12. 2010 | 30 | - | 14 245 | 13 525 |
| | 1. 1. 2011 | 31. 12. 2011 | 0 | 30 | 8 615 | 7 785 |
| | 1. 1. 2011 | 31. 12. 2011 | 30 | 100 | 6 780 | 6 060 |
| | 1. 1. 2011 | 31. 12. 2011 | 100 | - | 6 318 | 5 598 |
| | 1. 1. 2012 | 31. 12. 2012 | 0 | 30 | 6 938 | 6 108 |
| | 1. 1. 2013 | 30.6.2013 | 0 | 5 | 3 765 | 2 935 |
| | 1. 1. 2013 | 30.6.2013 | 5 | 30 | 3 125 | 2 295 |
| | 1.7.2013 | 31. 12. 2013 | 0 | 5 | 3 301 | 2 471 |
| | 1.7.2013 | 31. 12. 2013 | 5 | 30 | 2 685 | 1 855 |

Obr. 1.11. Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření



Obr. 1.12. Výkupní ceny pro malé FVE elektrárny do 30 kWp a velké nad 1 MWp v Evropě

1.3 Vývoj a rozvoj FVE v jednotlivých zemích Evropy

| # | Země | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|
| 1 | Německo | 1,910 | 3,063 | 3,846 | 6,019 | 9,959 | 17,370 | 24,875 | 32,698 | 36 402 | 38,408 | 39,763 | 41,340 |
| 2 | Itálie | 46 | 58 | 120 | 458 | 1,157 | 3,478 | 12,764 | 16,361 | 18 065 | 18,622 | 18,924 | 19,274 |
| 3 | Spojené království | 11 | 14 | 19 | 23 | 30 | 75 | 1,014 | 1,657 | 2,782 | 5,380 | 8,918 | 11,562 |
| 4 | Francie | 26 | 33 | 47 | 104 | 335 | 1,054 | 2,831 | 4,027 | 4,625 | 5,699 | 6,578 | 7,165 |
| 5 | Španělsko | 58 | 118 | 733 | 3,421 | 3,438 | 3,808 | 4,214 | 4,516 | 4,766 | 4,872 | 4,774 | 4 801 |
| 6 | Belgie | 2 | 4 | 22 | 71 | 574 | 787 | 1,812 | 2,649 | 3,040 | 3,140 | 3,228 | 3,425 |
| 7 | Řecko | 5 | 7 | 9 | 19 | 55 | 205 | 631 | 1,543 | 2,585 | 2 603 | 2,613 | 2,604 |
| 8 | čeština | 0 | 1 | 4 | 55 | 463 | 1,953 | 1,959 | 2,022 | 2,064 | 2,067 | 2,083 | 2,047 |
| 9 | Nizozemí | 51 | 51 | 53 | 57 | 68 | 97 | 118 | 321 | 739 | 1,048 | 1,405 | 2,040 |
| 10 | Rumunsko | 0 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 2 | 2,9 | 49 | 1,022 | 1,293 | 1,325 | 1,371 |
| 11 | Rakousko | 24 | 29 | 27 | 32 | 53 | 103 | 173 | 421 | 631 | 785,2 | 935,3 | 1,077 |
| 12 | Bulharsko | 0 | 0 | 0,8 | 1 | 6 | 17 | 132 | 933 | 1,019 | 1,020 | 1,021 | 1,032 |
| 13 | Dánsko | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 7 | 16 | 391 | 572 | 602 | 782,5 | 858,3 |
| 14 | Slovensko | 0 | 0 | 0 | <0,1 | 0,2 | 144 | 488 | 517 | 588 | 590 | 591,1 | 545,1 |
| 15 | Portugalsko | 3 | 4 | 18 | 68 | 102 | 131 | 143 | 228 | 303 | 423,0 | 460,0 | 470,0 |
| 17 | Maďarsko | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 2 | 4,1 | 3,7 | 35 | 77,7 | 137,7 | 288,0 |
| 16 | Slovinsko | 0,2 | 0,4 | 1 | 2 | 9 | 36 | 90 | 217 | 248 | 256 | 257,4 | 259,1 |
| 18 | Polsko | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1 | 2 | 1,8 | 3,4 | 4,2 | 29,9 | 86,9 | 195,7 |
| 19 | Švédsko | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 18 | 23 | 43 | 79 | 130,0 | 153,5 |
| 20 | Lucembursko | 24 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 30 | 76 | 95 | 110 | 125,0 | 122,6 |
| 21 | Malta | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 2 | 2 | 11 | 18 | 28 | 54 | 73,2 | 82,0 |
| 22 | Litva | 0 | 0 | 0 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 | 6,1 | 68 | 68 | 73,1 | 80,1 |
| 23 | Kypr | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 17 | 35 | 65 | 69,5 | 54,9 |
| 24 | Chorvatsko | 0,5 | 1,2 | 3,2 | 5,6 | 12 | 16 | 16 | 20 | 20 | 34,2 | 44,8 | 52,3 ^[16] |
| 25 | Finsko | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11,2 | 14,7 | 20,0 |
| 26 | Estonsko | 0 | 0 | 0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 4,1 | 10,1 |
| 27 | Irsko | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 1 | 1,1 | 2,1 | 5,1 |
| 28 | Lotyšsko | 0 | 0 | 0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| | EU (GW _p) | 2,17 | 3,42 | 4,94 | 10,38 | 15,86 | 29,33 | 51,36 | 68,64 | 79,79 | 87,34 | 94,57 | 100,94 |

Obr. 1.13. Vývoj instalovaných výkonů FVE v MW v EU od roku 2005 – 2016

Solární termická elektrárna

Vývoj v Evropě

| # | Země | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|-----------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|
| 1 | Španělsko | 10,00 | 60,00 | 281,40 | 531,40 | 1,151,40 | 1 953,90 | 2 303,90 |
| 2 | Itálie | 0 | 0 | 0 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,35 |
| 3 | Německo | 0 | 0 | 0 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| 4 | Francie | 0 | 0 | 0 | 0,50 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| | EU | 10 | 60 | 281 | 738 | 1,159 | 1,961 | 2,311 |

Obr. 1.14. Země s nejvyšším výkonem koncentračních solárních elektráren v Evropě v MW, rozmezí 2007-2013



Obr. 1.15. Mapa solárních parků v Evropě

Výhody a nevýhody solárních elektráren:

Výhody:

- Slunce je dlouhodobě bezpečný zdroj energie
- Snadná přeměna sluneční energie na jinou formu energie (elektrická, tepelná)
- Sluneční energie je čistá, nezpůsobuje žádné toxické odpady, zápach, zplodiny, prach

Nevýhody:

- Nutnost stálého slunečního svitu
- Zatím nízká účinnost
- Vysoké náklady, nízká životnost

2. Vodní energie

Dalším obnovitelným zdrojem energie jsou vodní elektrárny. Ty využívají koloběhu vody na Zemi, který je podmíněn slunečním zářením.

Prouděním vody získáváme kinetickou energii (pohybovou) a tlakem vody energii potenciální (tlakovou). Existuje několik typů strojů, které využívají obě, nebo jen jednu složku.

Kinetickou energii využívají turbíny typu Banki a Pelton, dříve vodní kola. Ve vodních tocích je kinetická energie závislá na rychlosti proudění vody a ta na spádu toku.

Potenciální energie vzniká působením gravitace a závisí na výškovém rozdílu hladin. Tlakovou energii využívají turbíny typu Francis, Kaplan, Reiffenstein.

Vzorce pro výpočet potenciální a kinetické energie: [29, 30]

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ [J]}$$
$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ [J]}$$

J – joule, jednotka energie
g – gravitační zrychlení [m/s²]
m – hmotnost [kg]
v – rychlost [m/s]
h – výška [m]

2.1 Princip technického využívání vodní energie

2.1.1 Části vodní elektrárny

Vodní elektrárna tvoří následující části:

- vzdouvací zařízení
- odběrné zařízení
- přivaděč
- vyrovnávací komora
- tlakové potrubí
- strojovna
- odpad

Vzdouvací zařízení je přehrada nebo jez. Zadržuje požadované množství vody a určuje spád.

Odběrné zařízení funguje jako prostředník mezi nádrží a přivaděčem. Do přivaděče nesmí vnikat splaveniny a odběr vody musí být regulován, proto je důležité umístění odběrného zařízení.

Přivaděčem je voda dopravena k elektrárně. Dělíme na tlakové a beztlakové přivaděče.

Vyrovňovací komora slouží k ochraně přivaděče a tlakového potrubí proti rázu vody, který vzniká při změně odběru vody.

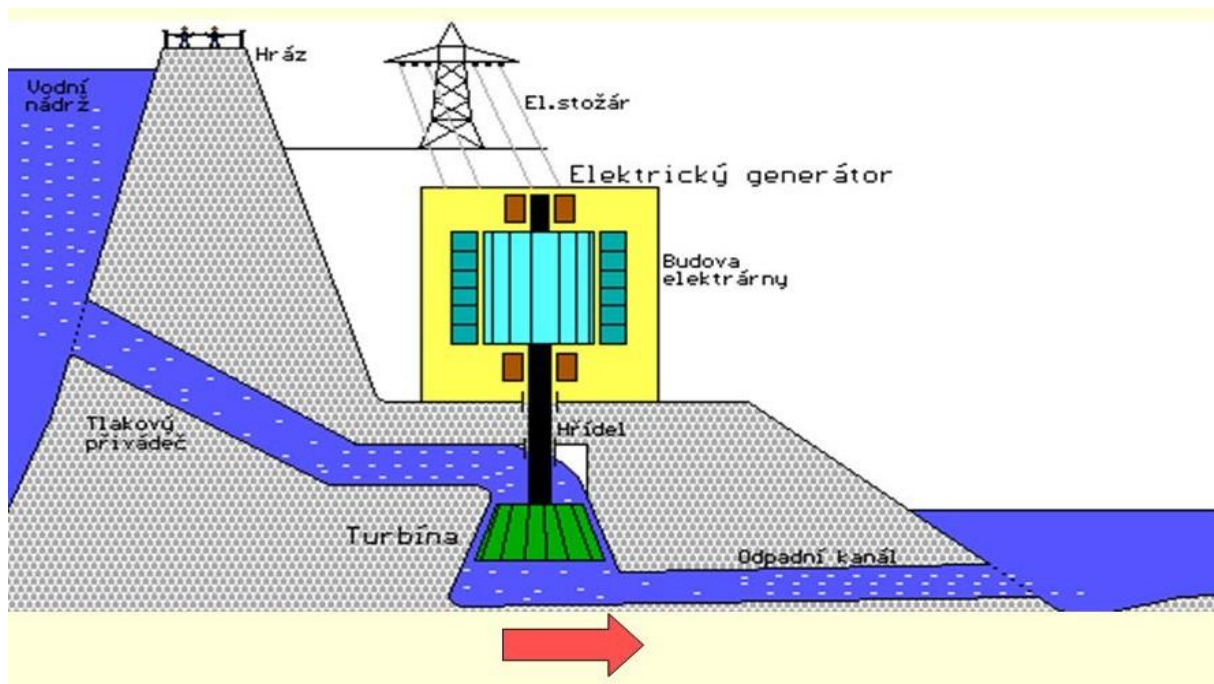
Tlakové potrubí je částí svodu mezi strojovnou a vyrovňovací komorou. Z finančních a technických hledisek se navrhuje co nejkratší. Umisťuje se v každém lomu do kotevního bloku. Kvůli povětrnostním podmínkám se chrání proti korozi.

Strojovna (hydrocentrála) je poslední a nejdůležitější částí. Zde se mění vodní energie na elektrickou. Jsou zde generátory, turbíny, česle, uzávěry, regulátory turbín, čerpadla, ventilátory, kompresory, kabely, pumpy pro servomotory a další.

Odpad v podobě vody ze savek je odváděn do toku, odpadního kanálu nebo odpadní štol. [29, 31]

2.1.2 Základní princip vodní elektrárny

K turbíně (vodnímu motoru) se přivádí voda a předá jí svojí potenciální, respektive kinetickou energii. Ta je na hřídeli mechanicky spojena s elektrickým generátorem (celé soustrojí se nazývá turbogenerátor). Proudící voda (otáčivá mechanická energie) se mění díky generátoru a elektromagnetické indukci na elektrickou. Ta se dále transformuje a odvádí k místu spotřeby. Výkon turbíny je dán průtokem vody turbínou, velikostí spádu a účinností turbíny. [29, 30, 31]



Obr. 2.1. Schéma vodní elektrárny

2.2 Technické, legislativní a přírodní podmínky vodních elektráren

2.2.1 Technické podmínky

2.2.1.1 Technologické rozdělení vodních elektráren

Vodní elektrárny se od sebe liší několika způsoby. Dělíme je podle výše instalovaného výkonu, turbíny, způsobu využití vodního toku nebo spádu.

Velikost instalovaného výkonu

- malé – instalovaný výkon do 10 MW
- střední – instalovaný výkon od 10 MW do 100 MW
- velké – instalovaný výkon nad 100 MW

Využití spádu

- nízkotlaké – spád do 20 m
- středotlaké – spád od 20 do 100 m
- vysokotlaké – spád nad 100 m

Využití vodního toku

- Průtokové vodní elektrárny
- Přečerpávací vodní elektrárny
- Akumulační vodní elektrárny
- Slapové (přilivové) vodní elektrárny

a) Průtokové vodní elektrárny nevyužívají akumulaci a pracují pouze s množstvím vody protékajícím řečištěm až do maximální kapacity vodních turbín, na kterou je elektrárna dimenzovaná. Zbylý průtok nad využitelnou mez je odváděn bez využití. Děje se tak při silném dešti, kdy se zvedne hladina a průtok. Bohužel není tento typ elektrárny regulovatelný a průtočné vodní elektrárny jsou ne hospodárné. Dělí se na jezové a derivační. [29,30]

b) Jezové využívají pro vzednutí hladiny jez a koncentraci spádu. Kvůli malému spádu (10-20 m) se jedná o nízkotlaké elektrárny. [30]

c) Derivační průtokové vodní elektrárny pracují s derivačním přivaděčem (štola, potrubí, kanál), který přivádí z koryta řeky vodu až k turbíně vodní elektrárny a dále je voda odpadním kanálem odvedena zpět do řečiště. Funkce derivačního kanálu spočívá ve zkrácení části řeky a zvýšením využívaného spádu.[31]

d) Přečerpávací vodní elektrárny akumulují elektrickou energii a jsou schopny pokrytí špičkového zatížení sítě. Další výhodou je stabilizace vodního toku řeky. Přečerpávací vodní elektrárna je soustava dvou vodních nádrží, které jsou spojené tlakovým potrubím. Každá nádrž je položená v jiné výšce. Na spodní části potrubí je umístěna turbína s generátorem. Díky spádu generuje turbína elektrickou energii. Pokud se vyrobená energie nespoteřebuje, napájí se rezervní druhá turbína. Ta čerpá ze spodní nádrže vodu zpět do horní. Pojmenování je odvozeno od tohoto přečerpávacího principu. [31]

e) Akumulační vodní elektrárny jsou nejpoužívanějším typem. Zde se využívá pro akumulaci a spád přehradní hráz, která je umístěna pod přehradou. Podle potřeby sítě řízeně odebírá vodu z akumulační nádrže. Pokryjí pološpičkové i špičkové zatížení. Stabilizací vodního toku chrání před povodněmi a akumulují elektrickou energii. [30, 31]

f) Slapové vodní elektrárny využívají kinetickou (pohybovou) energii při přílivu a odlivu, neboli slapovou energii. Důležitým faktorem je tvar pobřeží, který má vliv na výšku přílivu a odlivu. Kvůli technologické náročnosti není tento druh vodních elektráren příliš využíván. Vhodné lokality pro stavbu slapové vodní elektrárny jsou často daleko od místa

spotřeby. Dalším problémem bývá často synchronizace potřeby elektrické energie s dobou přílivu a odlivu. [30]

Turbíny

Důležitou složkou výkonu vodní elektrárny je účinnost turbíny. Spád a průtok se dají nastavit konstrukcí a polohou. Na základě těchto dispozic se vybere vhodná turbína. Z hlediska přenosu energie se rozlišují na rovnotlaké (akční turbíny) a přetlakové (reakční). Podle polohy hřídele se dělí na horizontální, vertikální a šikmé. [29, 30]

Typy turbín

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

a) Francisova turbína je typem radiálně-axiální přetlakové turbíny. Našla využití pro velké spády a průtoky. Výhoda Francisovy turbíny je při opačném směru otáčení funkce čerpadla. Proto se využívá v přečerpávacích vodních elektrárnách. Důležitou částí turbíny je regulační orgán s natačivými rozváděcími lopatkami. Jejich polohováním lze regulovat přívod vody a tím účinnost. [30, 31]



Obr. 2.2. Francisova turbína s generátorem

b) Peltonova turbína se řadí mezi nejčastěji používané rovnotlaké turbíny. Využívá změny tlakové energie na kinetickou pomocí regulační jehly (dýzy). Ta působí jako škrtkící orgán a rapidně zmenší průměr přiváděče. Na lopatky turbíny pak dopadá voda vysokou rychlostí a předáním kinetické energie uvede turbínu do pohybu. Peltonova turbína je vhodná pro větší spády. [33]



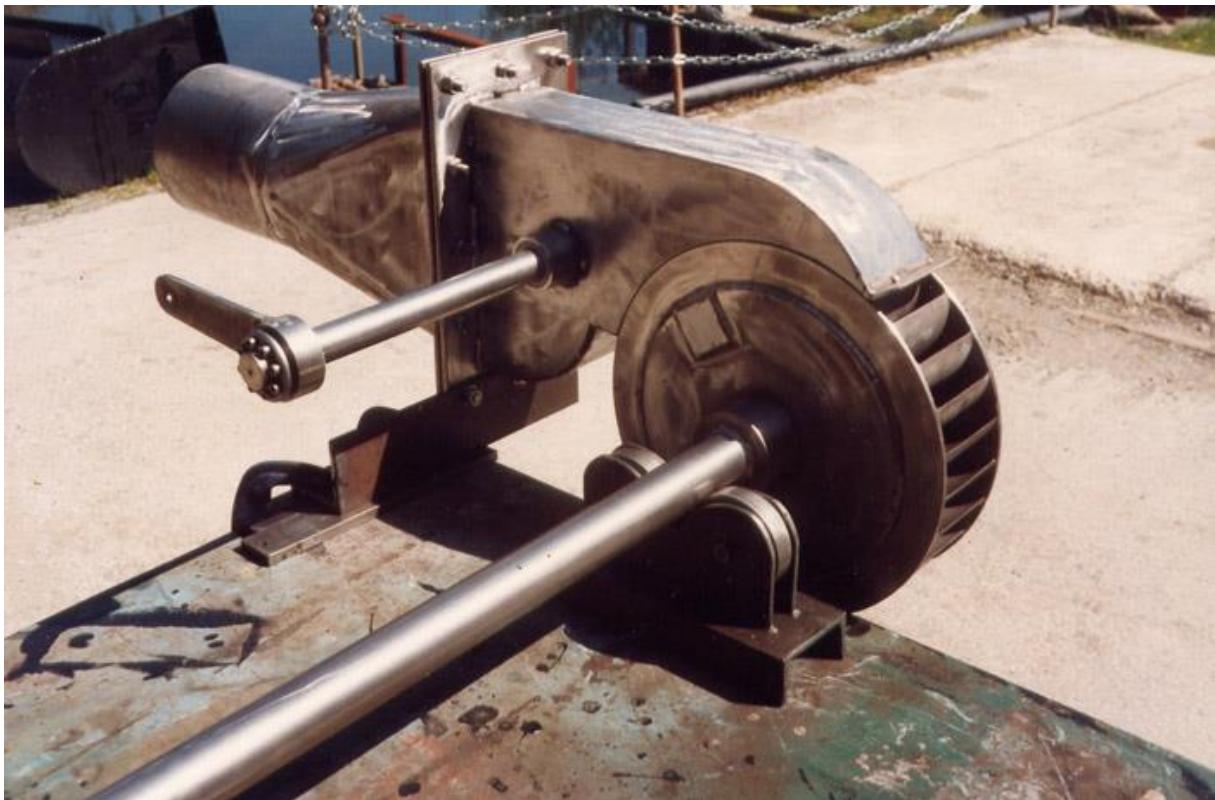
Obr. 2.3. Peltonova turbína

c) Kaplanova turbína je konstrukčně komplikovanější než Francisova. Svým vzhledem připomíná lodní šroub. Je to přetlaková axiální turbína. Oběžné kolo je osazeno natáčivými lopatkami, díky kterým lze regulovat turbínu a ovlivňovat její účinnost a dosáhnout vysoké účinnosti v různých úrovních průtoků. [31, 37]



Obr. 2.4. Kaplanova turbína

d) Bankiho turbína je stejně jako Peltonova rovnotlakovou turbínou. Využívá se v malých a středních spádech. Má jednoduchou konstrukci i princip průtoku, kdy se voda dotkne lopatek pouze dvakrát. Přes mezikus, regulační součást (klapku) se skrz štěrbinu voda vnikne do turbíny, lopatky odkloní směr proudící vody k hřídeli do středu kola. Touto změnou se předá energie turbíně. Dále putuje voda do lopatek na druhé straně, kde opět změni směr a dojde k odevzdání další části energie. Potom voda opustí turbínu a vyteče pod oběžné kolo. [31, 32]



Obr. 2.5. Bankiho turbína

e) Vodní kolo je nejstarší zařízení, díky kterému lze získat energii z tekoucí vody a její polohové energie. Ve starověku a středově se používalo nejčastěji pro pohon vodních mlýnů a později na pilách a v hamrech. Dnes se je vodní kolo považované za překonaný historický mezník, avšak z hlediska mikrozdrojů je stále zajímavé. V místech s malými spády je z finančních a praktických důvodů nevhodné použití turbíny. Naproti tomu je vodní kolo ekonomicky výhodnější a kromě funkčnosti i za nevyhovujících podmínek (tráva, listí a další nečistoty ve vodě) dokáže vodní kolo pracovat díky převodům i při kolísání zatížení. Typy vodních kol se dělí podle využití vodní energie: [34]

kolo na spodní vodu (kinetická energie vody)

kolo na střední vodu (kinetická a potenciální)

kolo na vrchní vodu (potenciální) [34]



Obr. 2.6. Vodní kolo

2.2.2 Přírodní podmínky

Mezi nejdůležitější přírodní podmínky pro výstavbu vodní elektrárny patří spád a průtok. Průtok je ovlivněný stavem počasí a spád udává tvar terénu. Při výběru lokality pro stavbu vodní elektrárny záleží na využitelnosti jedné nebo druhé složky. V horách, vysočinách je větší spád, což znamená vyšší výkon a to i na tocích s menším průtokem. Spád je důležitý především při stavbě vodní elektrárny s nutnou akumulací vody. Nížiny disponují

množstvím řek s velkým průtokem, avšak bez spádu. Výstavba velké vodní elektrárny je výrazným zásahem do životního prostředí. Tu často doprovází stavba přehradní hráze, změnu vodního ekosystému a zatopení celé oblasti. Dalším faktorem je geologická poloha, dostupnost přípojky VN nebo VNN, dopravní komunikace, hluk, vhodná poloha ve smyslu začlenění do reliéfu krajiny, hladinová regulace vody, ohrožení vodních živočichů a tak dále. Všechny tyto aspekty, které jsou součástí plánování, by neměly být opomenuty. U výstavby malých vodních elektráren je to s dodržáním přírodních podmínek jednodušší. Jejich výstavba je finančně méně náročná a mnohem šetrnější, než je tomu u velkých elektráren. Pro jejich stavbu lze použít místa kde, dříve stály mlýny a hamry. V dnešní Evropě je potenciál vodní energie již vyčerpán postavenými elektrárnami. [29, 30]

2.2.3 Legislativní podmínky

Při výstavbě velké vodní elektrárny je nejčastěji vlastníkem stát. Malé vodní elektrárny mají ale i soukromé vlastníky. Stavba malé vodní elektrárny se od jiných staveb v tomto ohledu příliš neliší. Sice je pro většinu lidí stavba svépomocí nemožná, ale od toho tu jsou firmy, které dodají malou vodní elektrárnu tzv. na klíč. Základ je vlastnictví pozemku s vhodnými podmínkami, aby celá výstavba měla smysl. Musí se získat stavební povolení, podle vodního zákona povolení o nakládání s povrchovými vodami. Při stavbě vodní elektrárny nad 100 kW je třeba státní autorizace. Vypracovaný plán stavby musí být co nejdůslednější a měl by zahrnovat všechny možné varianty, které by mohly mít vliv na nedodržení doby výstavby, nebo navýšení nákladů. Musí se dbát na dodržení výše zmíněných přírodních podmínek. Tím se zabývá příslušný úřad. Zjistí, jestli je lokalita vhodná pro výstavbu vodní elektrárny a neporušuje vodní zákon, nebo není chráněna patřičnou úmluvou, např. Ramsarskou úmluvou. Pokud je vše v pořádku, vydá se stavební povolení. V několika zemích Evropy stát podporuje provozovatele malých vodních elektráren. Také lze získat dotaci nebo podporu na výstavbu nebo rekonstrukci vodní elektrárny v podobě mlýnů a hamrů. Rekonstrukce je díky stávajícím zbytkům původního díla (jez, odpadní kanál) levnější než stavba nové. [36]

Výkupní ceny elektřiny

V roce 2015 mohli provozovatelé malých vodních elektráren dodávat energii v garantované, zvýhodněné sazbě. Výši výkupu každý rok stanovuje ERÚ (Energetický Regulační Úřad). [36]

Stejně jako u fotovoltaiky lze využít „Zelených bonusů“, pokud provozovatel spotřebuje vyrobenou elektřinu sám. [36]

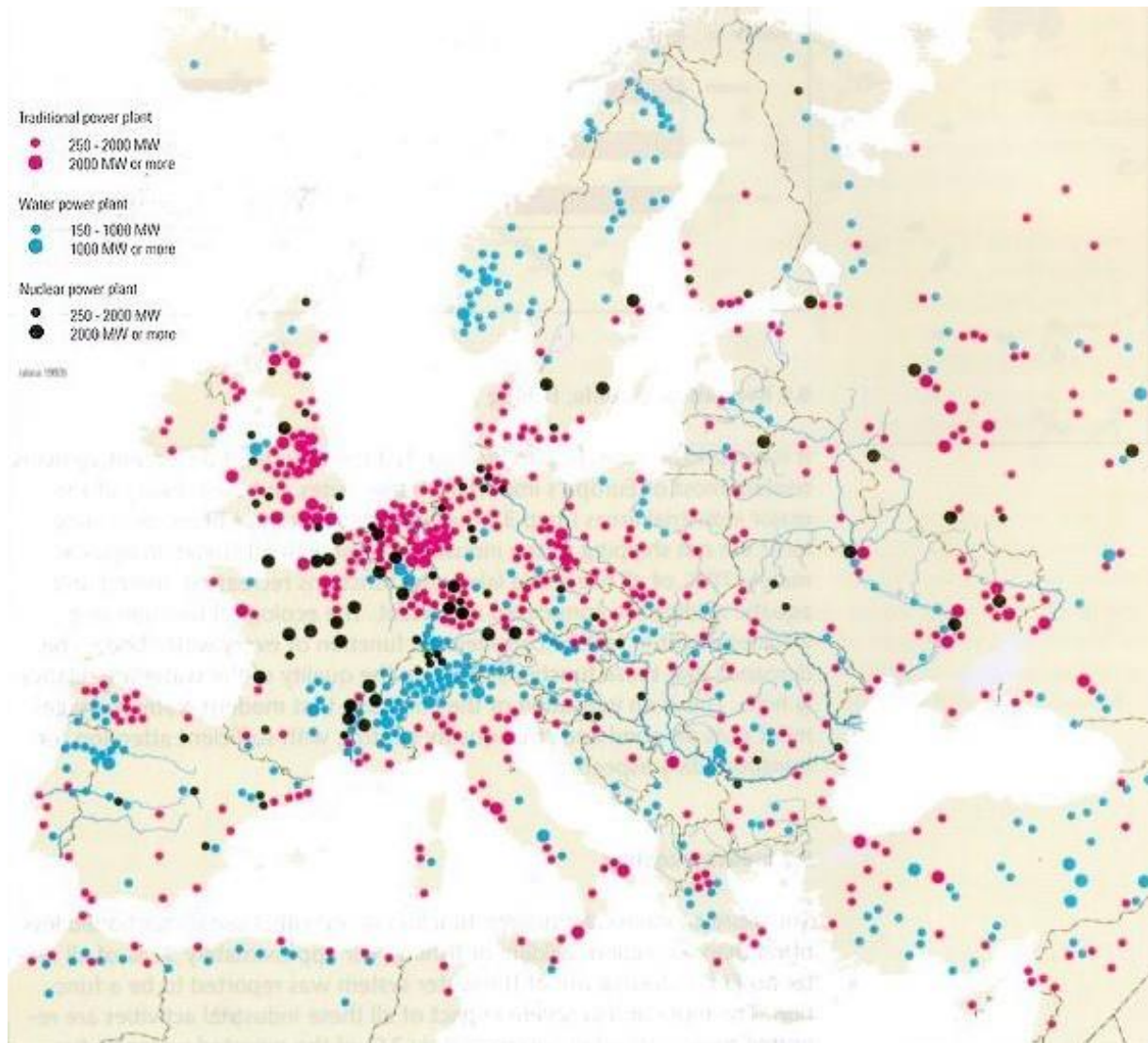
2.3 Vývoj a rozvoj vodních elektráren v Evropě

Vodní elektrárny jsou po biomase druhým nejvyužívanějším obnovitelným zdrojem energie. Ve starověku se vodní energie využívala k přepravě lidí a splavování dřeva. Po vynálezu vodního kola se využívala k pohonu strojů, hamrů, vodních mlýnů, vodních trkačů a pil. Postupem času a vývojem technologií začala vodní energie sloužit k přeměně na elektrickou a koncem 19. století se začaly stavět vodní elektrárny. Dnes dokáží některé země fungovat jen na elektřině vyrobené z vodní energie, např. Paraguay. V Evropě je to Norsko, které dokáže přes 90 % elektřiny vyrobit ve vodních elektrárnách. [45]

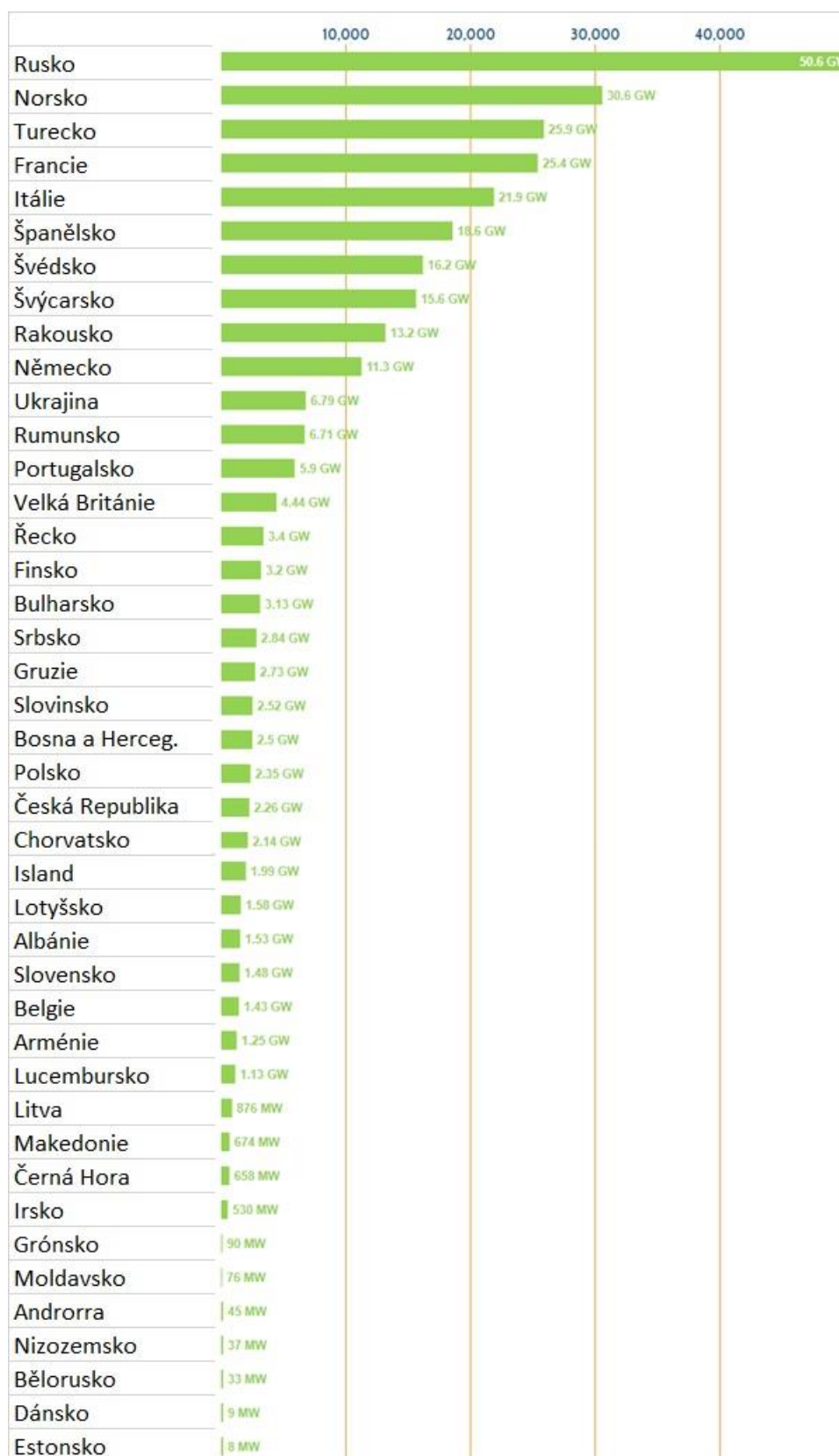


Obr. 2.7. Vodní elektrárny v Norsku

Země s hornatými oblastmi mají díky většímu spádu vhodnější lokality pro výrobu elektrické energie z vody, jak je vidět na obrázku kde je koncentrace vodních elektráren v oblasti Alp nebo Skandinávii vyšší. [31]



Obr. 2.8. Mapa vodních elektráren v Evropě. Menší modré tečky znázorňují vodní elektrárny o výkonu 150 – 1000 MW, velké modré tečky od 1000 MW.



Obr. 2.9. Instalovaný výkon vodních elektráren v jednotlivých zemích Evropy

Země s nejvyšším instalovaným výkonem v Evropě jsou Rusko (50 624 MW), Norsko (30 566 MW), Turecko (25 886 MW), Francie (25 397 MW), Itálie (21 880 MW).

Zajímavé projekty s vysokým instalovaným výkonem: [38]

Turecko: Beyhan 1 (582 MW), přehrada Bagistas (141 MW)

Rakousko: Reisseck II (430 MW), Obervermuntwerk II (360 MW) a Koralm (940 MW).

Švýcarsko: stanice ve výstavbě o celkové kapacitě přes 3000 MW v Linthalu (1000 MW), Lago Bianco (900 MW), Nant de Drance (900 MW) a Grimsel 3 (660 MW).

Portugalsko: Venda Nova III 746 MW

Island: výstavba vodní elektrárny Búrfell o 100 MW se očekává v roce 2018.

Výhody a nevýhody využití vodních elektráren:

Výhody:

- Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu ani povrchovou či podzemní vodu těžbou
- jsou bezodpadové
- Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci (prokysličování vodního toku).
- Výhoda je akumulace vody a stabilizace průtoku říčním korytem
- Při vlastní spotřebě elektrické energie se vyhneme přenosovým ztrátám

Nevýhody:

- Vodní hráze brání migračním cestám vodních živočichů
- hrozba protržení hráze
- Výstavba vyžaduje vysoké investiční náklady
- Složitá obsluha a údržba zařízení
- Znatelný zásah do krajiny

3. Větrná energie

3.1 Princip technického využití větrné energie

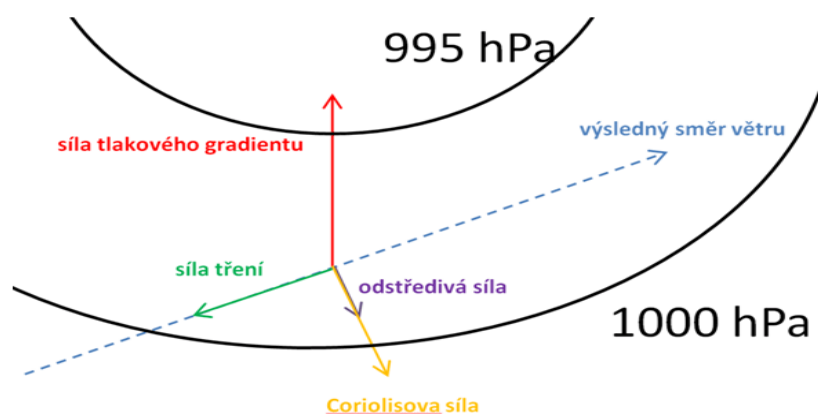
3.1.1 Vítr

Vítr je proudění vzduchu v atmosféře. Je vyvolané rozdíly v tlaku vzduchu a rotací Země. Zemský povrch je rozmanitý a nějaké části se oproti jiným zahřívají výrazněji a rychleji (hlavní roli hraje barva a charakter povrchu). Pouště se rozpálí mnohem více než oceán nebo les. Zároveň se do nižších zeměpisných šířek dostává více tepla od Slunce. Atmosféra se pak od povrchu zahřívá mnohem více než od slunečního záření. V atmosféře proto vznikají místa s rozdílnou teplotou a tím pádem i fyzikálními vlastnostmi (teplý vzduch je lehčí než studený). Poté dochází k vyrovnávání těchto rozdílů, které dávají za vznik tlakovým nížím a výším. Části (masy) vzduchu se rozpo pohybují. [40, 41]

Při zemi vždycky proudí vzduch z tlakové výše do tlakové níže. V horní troposféře se potom tento vzduch ochlazuje a protože nemůže dále stoupat, vrací se zpět do tlakové výše.[40]

Coriolisova síla

Pokud by se země neotáčela, vítr by vál do níže přímo z výše a proudění na zemi by se velmi zjednodušilo. Avšak díky otáčení země a způsobenými silami je tento přímý směr odchýlen. Vzniká tzv. Coriolisova síla, která je nulová jen na rovníku (zde větry vanou přímo). Na severní polokouli tato síla odchyluje vítr směrem doprava (na jižní doleva). Čím větší je tlakový rozdíl (gradient), tím je vítr silnější. Nejrychleji se tlak mění v tlakové níži. Tam ho vysává. V tlakové výši působí pozvolné sestupné proudy. Směr větru ovlivňuje i povrch. [40, 41]

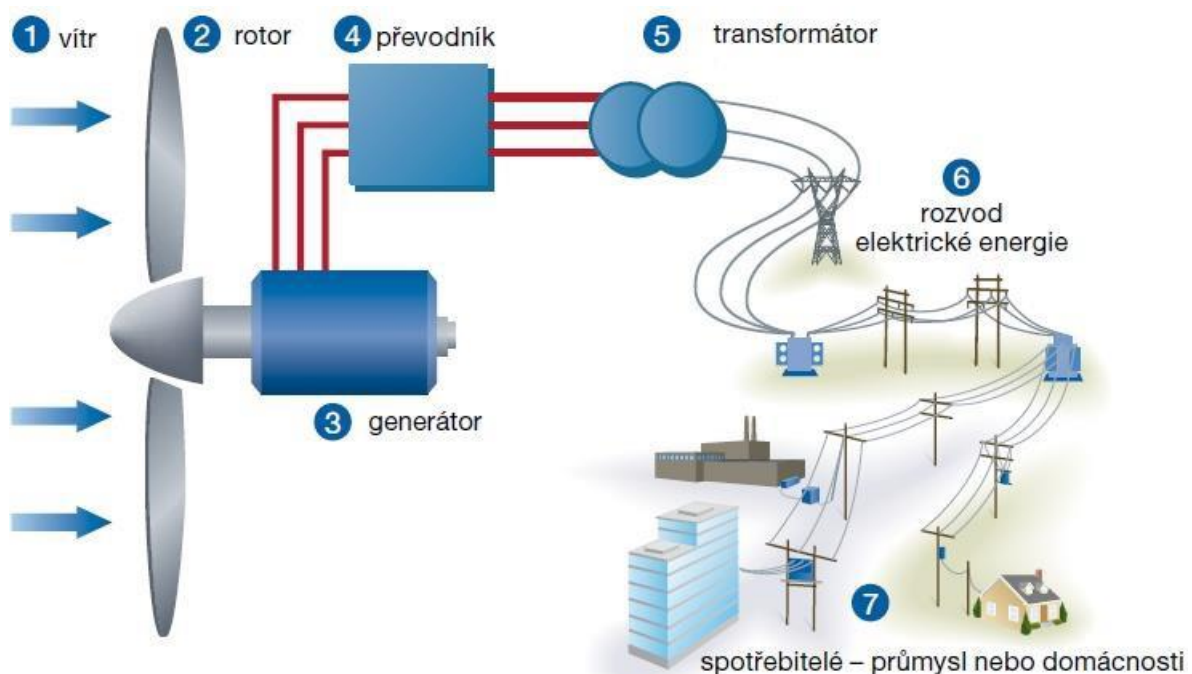


Obr. 3.1. Schéma sil působících na vzduch v tlakovém poli v blízkosti zemského povrchu

3.1.2 Princip funkce větrné elektrárny

Působením proudění vzduchu (aerodynamické síly) na listy rotoru, převádí větrná turbína energii větru na rotační mechanickou energii, která je následně prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Listy rotoru musí mít speciálně tvarovaný profil, který je velmi podobný profilu křidel letadla. Podél těchto listů vznikají aerodynamické síly. Se zvyšující rychlostí vzdušného proudu rostou s rychlostí větru vztlakové síly. Z tohoto důvodu se musí zajistit správná regulace výkonu rotoru, aby nedocházelo k elektrickému a mechanickému přetížení větrné elektrárny. [42]

Listy rotoru mají speciálně tvarovaný profil a pracují na principu buď odporové, nebo vztlakové síly.[42]



Obr. 3.2. Zjednodušené schéma principu funkce větrné elektrárny

3.1.2.1 Účinnost

Kinetická energie větru se ve větrné turbíně se mění na energii otáčivého pohybu. Nikdy nelze dosáhnout maximálního využití celkové energie větru. Plyne to ze zákona o zachování hmoty. Účinnost se počítá pomocí Bentzova pravidla, které udává maximální využití energie větru ve větrné turbíně. To dosahuje 59 % veškeré kinetické energie proudícího vzduchu skrz turbínu. Poté se přičtou ztráty odporem listů rotoru a tření, ztráty v generátoru, měniči a převodové ztráty. Při jmenovitých otáčkách se účinnost větrných elektráren pohybuje mezi 75-80% Bentzova limitu. [42]

Teoretický dosažitelný výkon:

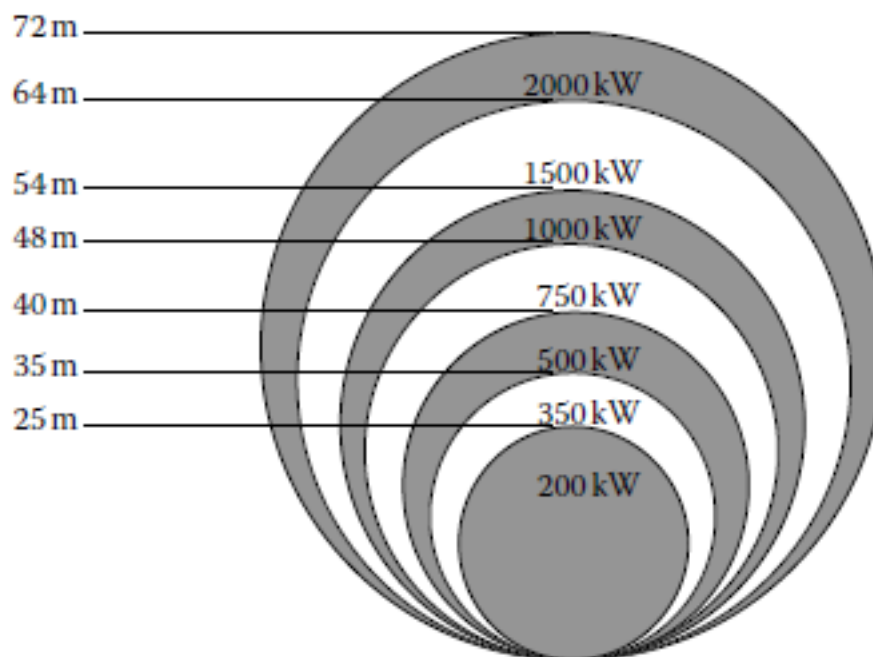
$$P_t = k_B \cdot \rho \cdot \frac{v^3}{2}$$

Vzorec pro teoretický výkon

- P_t – výkon elektrárny [W]
- k_B – Betzův koeficient (0,59)
- ρ – hustota vzduchu [kg/m³]
- v – rychlost proudění vzduchu [m/s]
- Pro reálný výkon turbíny platí vztah

$$P = c_p \cdot \rho \cdot \frac{v^3}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

- c_p – součinitel výkonnosti, v ideálním případě rovný 0,59
- D – průměr rotoru [m]



Obr. 3.3. Závislost jmenovitého výkonu V_{tE} na průměru rotoru

3.1.2.2 Druhy větrných turbín

Turbíny se dělí na odporové a vztakové, podle osy otáčení na horizontální a vertikální. [46]

a) **Odporové turbíny** jsou historicky nejstarší. Oproti vztlakovým turbínám mají jednodušší princip a nižší účinnost. V dnešní době se již příliš nevyužívají. Odporové turbíny pracují na principu rozdílu sil, které působí na lopatky, jako důsledek jejich různého odporu proti proudícímu vzduchu.

Vyšší účinnost je dosažena správným natočením lopatek, kdy je plocha zmíněných lopatek natačena v závislosti působícího větru a pozici rotoru.

Významný je i tvar lopatek. Pokud vítr začne působit opačným směrem, má lopatka jiný aerodynamický odpor. Často se používá miskovitý tvar. [46, 47]

b) **Vztlakové turbíny** jsou nejpoužívanějším typem. Princip spočívá ve využití síly, která vzniká na rotorovém listu při obtékání vzduchem, tzv. aerodynamické vztlakové síly. [46, 47]

c) **Horizontální turbíny** jsou oproti vertikálním turbínám využívány hlavně z důvodu jejich vyšší účinnosti (okolo 48 %).

Jsou orientované vždy proti směru větru. U elektráren menších velikostí se využívá směrové lopatky a u větších elektráren servomotoru a větrného senzoru. Dalším prvkem je převodové ústrojí. To zvětšuje rotační rychlost pomaloběžného rotoru na požadovanou, pro generátor vhodnou rychlost. [46, 47]

d) **Vertikální turbíny** mají technickou výhodu. Nemusí se měnit jejich směr, což je výhodné hlavně tam, kde je směr větru velmi proměnlivý. Mezi další výhodu patří možnost umístění generátoru a převodového ústrojí na zemském povrchu, což usnadní údržbu. Vertikální turbíny jsou oproti horizontálním menší a nezabírají tolik prostoru. Jsou i méně hlučné. Největší nevýhoda je vyšší cena, než u horizontálních turbín se srovnatelným výkonem a nižší účinností (okolo 38 %). [46, 47]

Druhy vertikálních turbín

e) **Savoniova turbína** pracuje na rozdílu koeficientu odporu proudícího média, které působí na vypouklou a vydatou plochu. Rotor tvoří dvojice nebo trojice lopatek polokruhovitěho nebo ledvinovitěho tvaru. Vnitřní okraje lopatek sahají až za střed rotoru a tím umožňují průtok média mezi zadními stranami. Směr proudění je kolmý na směr otáčení. Savoniova turbína má malou účinnost. Používá se zejména kvůli jednoduché konstrukci a

nízkým nákladům na výrobu. Pokud je Savoniova turbína postavena se svislou osou, pracuje nezávisle na směru větru. [47, 48]



Obr. 3.4. Savoniova turbína

f) **Darrierova turbína** pracuje na vztakovém principu a vyznačuje se vejcovitým tvarem rotoru. Má vyšší účinnost než ostatní vertikální turbíny (uvádí se okolo 35-38 %), ale vyžaduje vyšší rychlost větru pro start. Mezi výhody patří nižší nároky na stožár (váha, vyvážení), úložný prostor pro generátor pod stožárem. Hlavní nevýhoda je problémová regulovatelnost a vyšší rychlost větru pro start turbíny. [47]

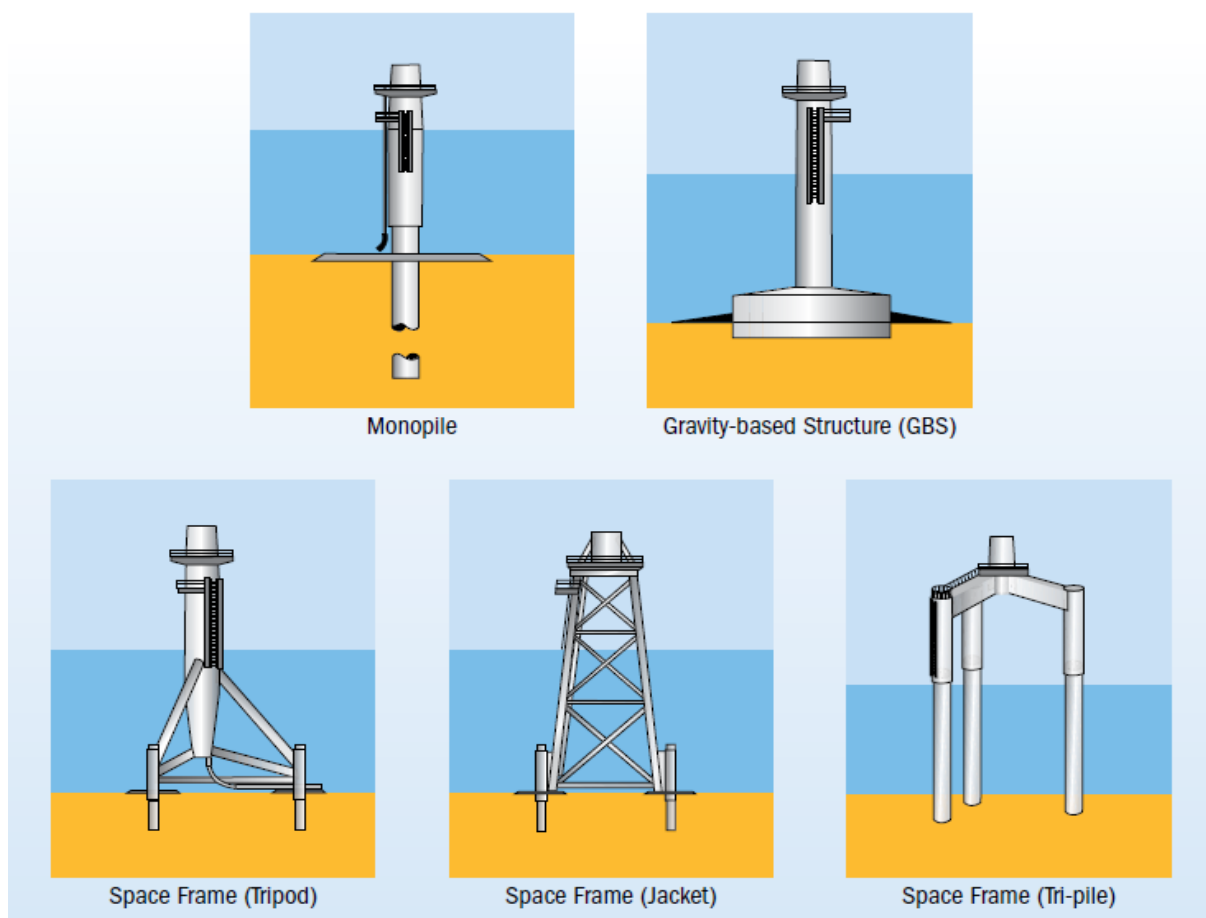


Obr. 3.5. Darrierova turbína

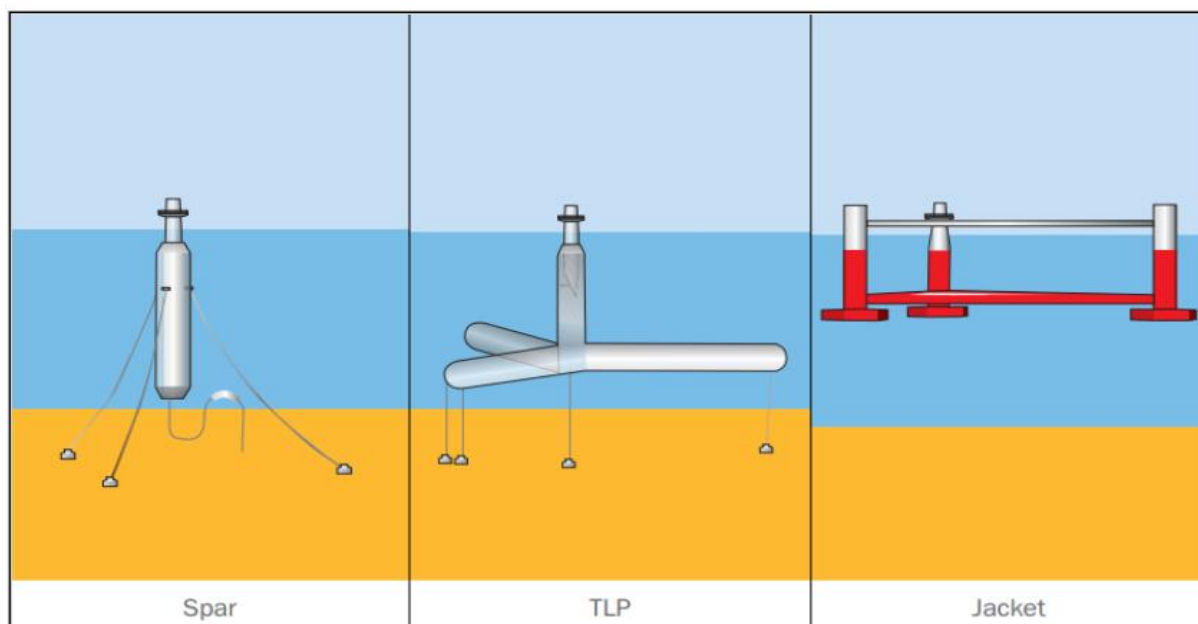
3.2 Technické, přírodní a legislativní podmínky větrných elektráren

3.2.1 Technické podmínky

Větrné elektrárny se dělí na mikroelektrárny (do 1 kW), malé (do 60 kW s průměrem vrtule do 16 m), střední (60-750 kW, průměr vrtule 16-45 m) a velké větrné elektrárny (nad 750 kW, průměr vrtule 45-128 m). Dále se větrné elektrárny dělí na onshorové (pevninské), offshorové (na vodní ploše) a plovoucí. Hlavní rozdíl mezi těmito typy je upevnění základny. Onshorové větrné elektrárny mají základnu umístěnou v zemi. Nejčastěji se jedná o železobeton. Na hloubku, plochu a typ základny má vliv průměr listů rotoru, typ dna a výška věže. Základna dosahuje hloubky až tří metrů. Plovoucí větrné elektrárny jsou uchycené do protipohybu, nebo ke dnu soustavou lan. Důležitým faktorem je rychlost větru. Rychlost větru se zvyšuje s rostoucí nadmořskou výškou. Navíc na moři je rychlost větru až několikanásobně vyšší než v některých vnitrozemských lokalitách. V místech s vysokou rychlostí větru se proto musí dbát na brzdění rotoru VtE, jinak může dojít k poškození vnitřních částí elektrárny. [47, 48, 49]



Obr. 3.6. Offshore základové konstrukce

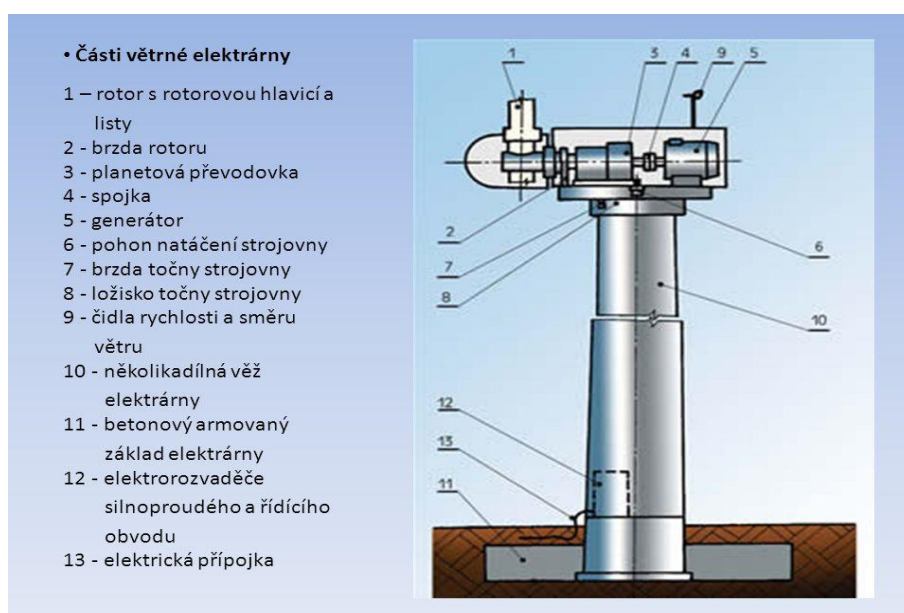


Obr. 3.7. Plovoucí základové konstrukce

3.2.1.1 Připojení k rozvodné síti

Jedním z největších problémů při výstavbě větrné elektrárny bývá připojení k rozvodné síti. V mnoha příznivých lokalitách totiž není přípojný bod. Místa s výbornými povětrnostními podmínkami bývají často mimo civilizaci. Pokud není možné z tohoto důvodu připojení k rozvodné síti, musí se vystavět nové stožáry vedení, nebo položit do země kabely. Tato záležitost se významně promítne do finančních nákladů. [49, 50]

3.2.1.2 Části větrné elektrárny

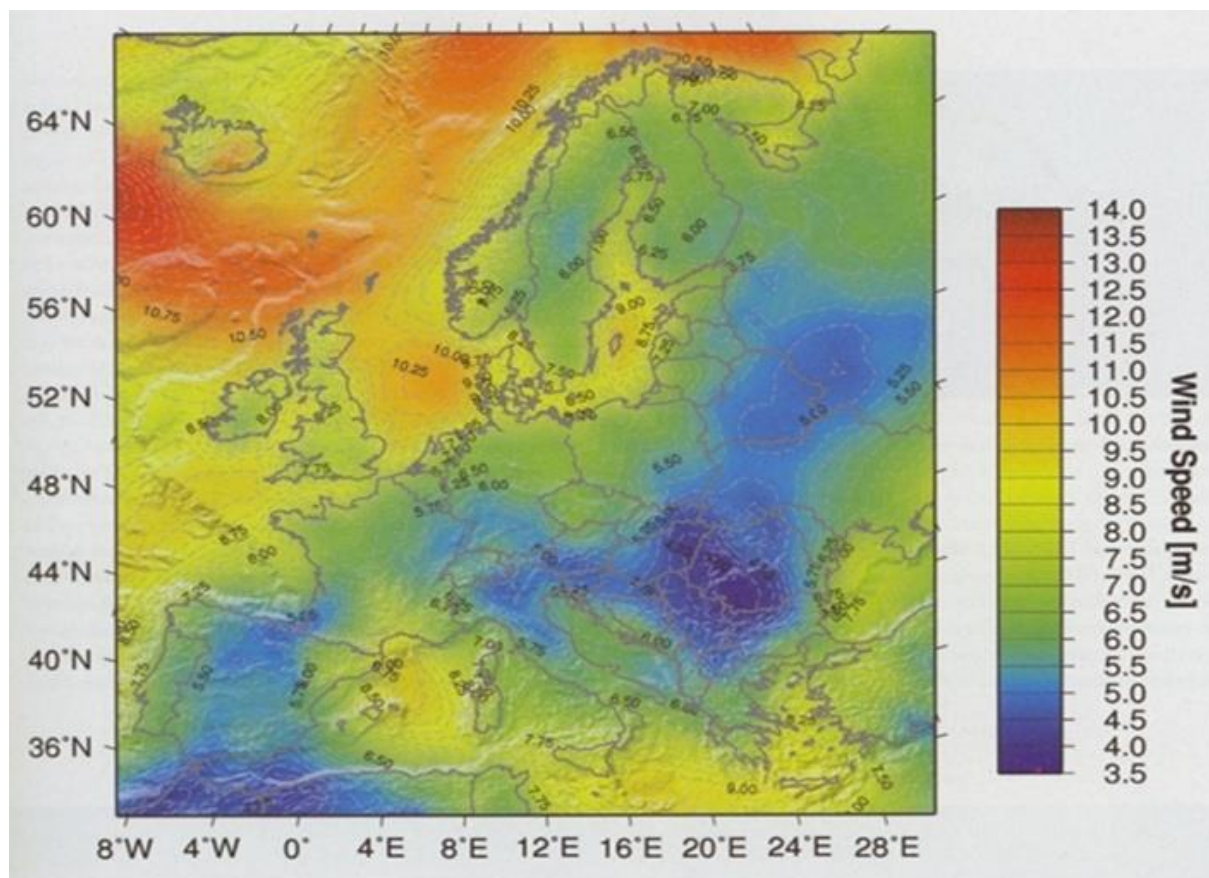


Obr. 3.8. Komponenty elektrárny

- 1) – (1) Rotor (připojený na generátor. Mění mechanickou energii větru na elektrickou)
- 2) – (2-9) Gondola a strojovna. Hlavní úkol je natáčení rotoru kolmo ke směru proudění větru. [42]
- 3) – (10) Věž (stožár) Je vysoký několik metrů kvůli vyšším rychlostem větru. Na rotor, musí působit vítr o rychlosti alespoň 6 m/s. [41, 42]
- 4) – (11) betonová základna. Je upevněná v zemi. Navržená tak, aby byla větrná elektrárna stabilní a nezřítla se ani při nejvyšších rychlostech větru. [42]

3.2.2 Přírodní podmínky

Povětrnostní podmínky jsou nejdůležitějším faktorem při stavbě větrné elektrárny. Minimální roční průměrná rychlost musí být 6 m/s, při nižší se stavba elektrárny nevyplatí. Ideální hodnota je přitom 8–12 m/s. Jak již bylo zmíněno, rychlost větru stoupá s rostoucí nadmořskou výškou. Nejčastěji jsou pevninské větrné elektrárny stavěny ve výškách alespoň 500 metrů nad mořem. Na pobřeží a na mořích je vítr silnější, proto mají vhodnější podmínky pro výstavbu větrné elektrárny přímořské státy. [42, 51]



Obr. 3.9. mapa Evropy- rychlost větru v m/s

Na obrázku lze vidět, že nejvhodnější lokality pro výstavbu větrné elektrárny mají státy u Severního moře. Dánsko, Nizozemsko, Velká Británie nebo sever Německa. Pobřeží Norska jde také zařadit mezi vhodné lokace. Zde dosahuje rychlost větru oněch ideálních podmínek, tzn. přes 8 m/s. Naproti tomu vnitrozemské státy jihovýchodní a východní Evropy mají potenciál nejmenší. Stejně tak ani rychlost větru na Pyrenejském poloostrově nepřekročí průměrnou rychlost 7 m/s. [42, 51]

3.2.3 Legislativní podmínky

Česká republika se musí jako člen Evropské unie dodržovat a řídit se evropskou legislativou. Hlavní směrnicí v oblasti OZE je směrnice 2001/77/ES „o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie“. Tato směrnice byla do právního řádu České republiky převedena zákonem č. 180 z roku 2005 a jeho prováděcími předpisy. V cizině je tento zákon považován za efektivní normu. Ta zaručuje podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Česká republika se schválením tohoto zákona připojila k nejpokrokovějším zemím v této oblasti. [52]

Další zákony zabývající se problematikou energetiky uvádí Ústav územního rozvoje

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Vyhláška č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen.

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, ve znění vyhlášky č. 364/2007 Sb.

Vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky č. 5/2007 Sb.

Vyhláška č. 195/2007 Sb., kterou se stanoví rozsah stanovisek k politice územního rozvoje a územně plánovací dokumentaci, závazných stanovisek při ochraně zájmů chráněných zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a podmínky pro určení energetických zařízení. [52]

3.2.3.1 Výstavba větrné elektrárny

Hlavní podmínkou pro stavbu VtE je, stejně jako u vodních elektráren, vlastnictví pozemku s vhodnými přírodními podmínkami. Dalším předpokladem je přístupová komunikace, připojení k distribuční síti nebo přenosové soustavě. V neposlední řadě manipulační prostor. [42, 50]

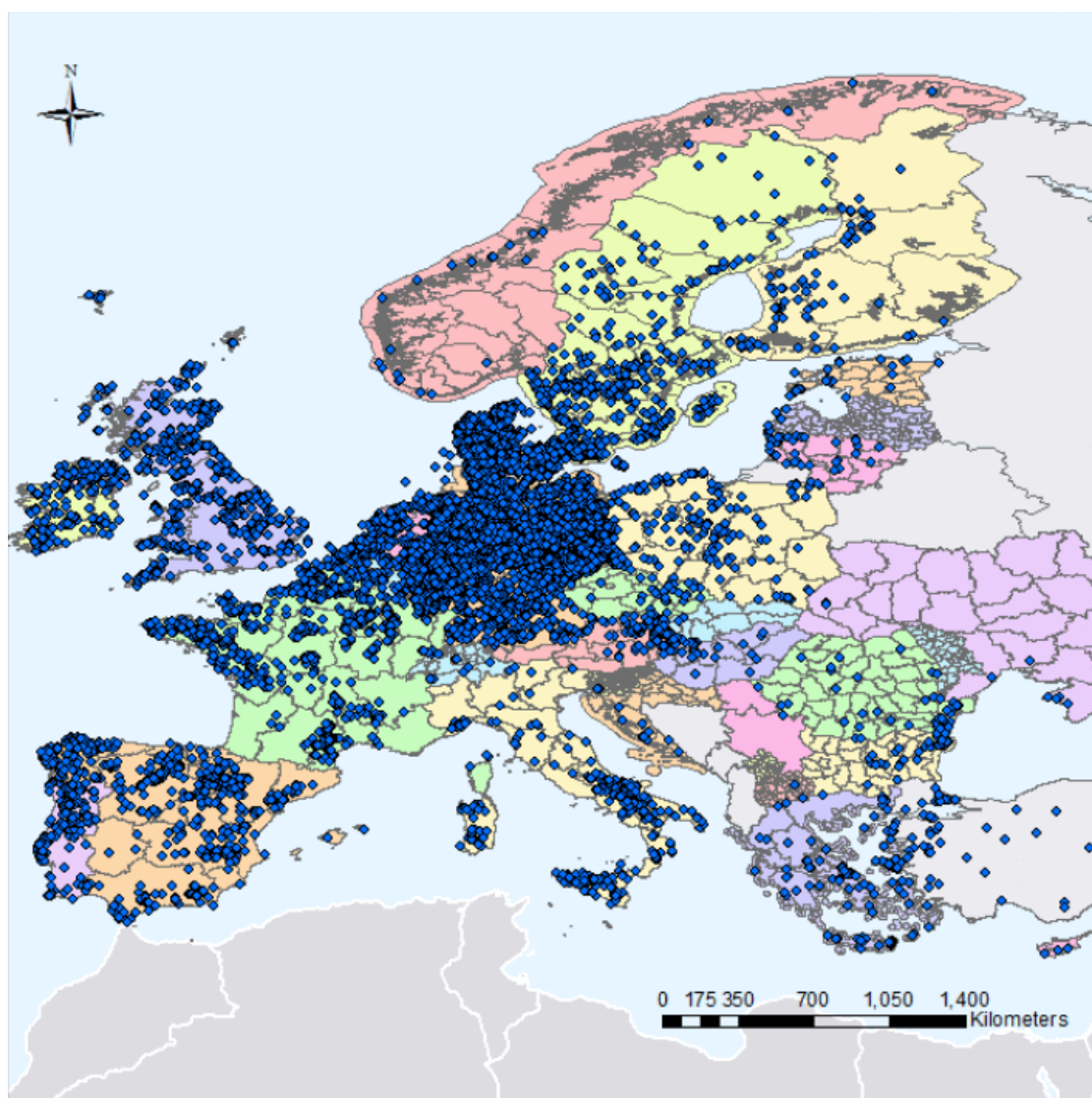
3.3 Vývoj a rozvoj VtE v jednotlivých zemích Evropy

3.3.1 Využívání větrné energie

Již ve starověku se větru využívalo k pohonu primitivních plachetnicí. Lodní doprava byla zcela závislá na větrné energii. Prapředky větrných elektráren jsou větrné mlýny a čerpadla. Ty přeměňovaly větrnou energii na mechanickou. Mlýny sloužily k mletí obilí, čerpání vody, nebo jako pily. V Evropě je první zmínka o větrném mlýnu z roku 1180. Hojně se rozšířily po celé Evropě až ve 13. století. I když nevyráběly elektrickou energii, základní princip využití síly větru a regulace chodu zařízení je podobný. První větrná elektrárna v Evropě byla postavena roku 1891 v dánské obci Askov. V Dánsku od té doby pokračoval vývoj větrných elektráren nejintenzivněji. Zakládaly se zde první větrné farmy. Větrná farma je uskupení více větrných elektráren. Dnes mohou větrné farmy obsahovat až několik set věží s rotorem. Největší větrná farma v Evropě jev Rumunsku ve Fantanele–Cogealac s instalovaným výkonem 600 MW. Ovšem to by mělo platit jen do roku 2020, kdy by na norském poloostrově Fosen měl vyrůst větrný park s instalovaným výkonem vyšším než 1000 MW. [53]



Obr. 3.10. První větrná elektrárna v Evropě – Askov, Dánsko



Obr. 3.11. Mapa větrných farem v Evropě

| | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 |
|--------------------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| EU | 169 | 154 | 142 | 129 | 117 | 105,7 | 94 | 84,1 | 74,8 | 64,71 | 56,5 | 48,1 | 40,5 | 34,4 | 28,6 | 23,2 | 17,3 | 13 | 9,68 | 6,45 |
| Německo | 56,1 | 50 | 44,9 | 39,2 | 34 | 31,33 | 29,1 | 27,2 | 25,8 | 23,9 | 22,2 | 20,6 | 18,4 | 16,6 | 14,6 | 12 | 8,75 | 6,1 | 4,44 | 2,88 |
| Španělsko | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22,8 | 22 | 20,7 | 19,1 | 16,69 | 15,1 | 11,6 | 10 | 8,26 | 6,2 | 4,83 | 3,34 | 2,2 | 1,81 | 834 |
| Spojené království | 18,9 | 15 | 14,3 | 12,4 | 10,5 | 8,445 | 6,54 | 5,2 | 4,05 | 2,974 | 2 | 1,96 | 1,33 | 904 | 667 | 552 | 474 | 406 | 362 | 333 |
| Francie | 13,8 | 11,7 | 10 | 9,29 | 8,25 | 7,196 | 6,8 | 5,66 | 4,49 | 3,404 | 2,45 | 1,57 | 757 | 390 | 257 | 148 | 93 | 66 | 25 | 19 |
| Itálie | 9,48 | 9,26 | 8,97 | 8,66 | 8,55 | 8,144 | 6,75 | 5,8 | 4,85 | 3,736 | 2,73 | 2,12 | 1,72 | 1,27 | 905 | 788 | 682 | 427 | 277 | 180 |
| Švédsko | 6,69 | 6,52 | 6,03 | 5,43 | 4,47 | 3,745 | 2,91 | 2,16 | 1,56 | 1,048 | 788 | 571 | 509 | 442 | 399 | 345 | 293 | 231 | 220 | 174 |
| Polsko | 6,4 | 5,78 | 5,1 | 3,83 | 3 390 | 2,497 | 1,62 | 1,11 | 725 | 544 | 276 | 153 | 83 | 63 | 63 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dánsko | 5,48 | 5,24 | 5,08 | 4,85 | 4,77 | 4,162 | 3,87 | 3,75 | 3,47 | 3,163 | 3,13 | 3,14 | 3 128 | 3,12 | 3,12 | 2,89 | 2,49 | 2,4 | 1,77 | 1,44 |
| Portugalsko | 5,32 | 5,27 | 5,03 | 4,91 | 4,72 | 4,525 | 4,08 | 3,9 | 3,54 | 2,862 | 2 | 1,72 | 1,02 | 522 | 296 | 195 | 131 | 100 | 61 | 60 |
| Nizozemí | 4,34 | 4,18 | 3,39 | 2,81 | 2,69 | 2,391 | 2,33 | 2,25 | 2,23 | 2,225 | 1,75 | 1,56 | 1,22 | 1,08 | 910 | 693 | 486 | 446 | 433 | 361 |
| Irsko | 3,13 | 2,77 | 2,44 | 2,27 | 2,04 | 1,738 | 1,63 | 1,43 | 1,26 | 1,027 | 795 | 746 | 496 | 339 | 190 | 137 | 124 | 118 | 74 | 73 |
| Rumunsko | 3,03 | 3,03 | 2,98 | 2,95 | 2,6 | 1,905 | 982 | 462 | 14 | 11 | 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Belgie | 2,84 | 2,4 | 2,17 | 1,96 | 1,65 | 1,375 | 1,08 | 911 | 563 | 415 | 287 | 194 | 167 | 96 | 68 | 35 | 32 | 13 | 6 | 6 |
| Rakousko | 2,83 | 2,63 | 2 404 | 2,1 | 1,68 | 1,378 | 1,08 | 1,01 | 995 | 995 | 982 | 965 | 819 | 606 | 415 | 140 | 94 | 77 | 34 | 30 |
| Řecko | 2,65 | 2,37 | 2,14 | 1,98 | 1,87 | 1,749 | 1,63 | 1,21 | 1,09 | 985 | 871 | 746 | 573 | 473 | 383 | 297 | 272 | 189 | 112 | 39 |
| Finsko | 2,11 | 1,53 | 1,01 | 627 | 448 | 288 | 197 | 197 | 146 | 143 | 110 | 86 | 82 | 82 | 52 | 43 | 39 | 39 | 39 | 17 |
| Bulharsko | 691 | 691 | 691 | 691 | 681 | 674 | 612 | 375 | 177 | 120 | 57 | 36 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chorvatsko | 613 | 466 | 462 | 347 | 339 | 180 | 131 | 89 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Litva | 493 | 493 | 438 | 279 | 279 | 225 | 179 | 163 | 91 | 54 | 54 | 51 | 48 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maďarsko | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 295 | 201 | 127 | 65 | 61 | 17 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estonsko | 310 | 310 | 302 | 302 | 280 | 269 | 184 | 149 | 142 | 78 | 59 | 32 | 32 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Česká republika | 308 | 281 | 281 | 281 | 269 | 260 | 217 | 215 | 192 | 150 | 116 | 54 | 28 | 17 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kypr | 158 | 158 | 158 | 147 | 147 | 147 | 134 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lucembursko | 120 | 100 | 58 | 58 | 58 | 58 | 44 | 44 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 22 | 17 | 15 | 10 | 10 | 9 |
| Lotyšsko | 66 | 70 | 69 | 62 | 62 | 60 | 31 | 30 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Slovinsko | 3 | 3 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Slovensko | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Malta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Obr. 3.12 Instalovaný výkon větrných elektráren v MW v rozmezí let 1998 – 2017 v EU

Výhody a nevýhody využití větrných elektráren:

Výhody:

- Minimální vliv na životní prostředí
- Vyrábějí čistou energii bez odpadů
- Pomáhají snížit emise oxidu uhličitého

Nevýhody:

- Nestabilní zdroj
- Finanční náklady
- Mění ráz krajiny

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat rozvoj obnovitelných zdrojů energie v Evropě z přírodního, technického a legislativního pohledu. Práce je rozdělena na tři okruhy podle druhu OZE. Má za cíl posloužit jako náhled a seznámení s oblastí problematiky OZE. Popisuje principy, vývoj, přírodní a technické vlivy.

Využívání obnovitelných zdrojů energie přináší řadu výhod, ale i nevýhod. Jejich správné využívání může přispět ke zpomalení postupného vyčerpání neobnovitelných zdrojů energie. Hlavní výhodou je nevyčerpatelnost. Na rozdíl od fosilních paliv při provozu neznečišťují životní prostředí a nezvyšují dlouhodobě množství skleníkových plynů.

Obnovitelné zdroje mají i své menší nevýhody, které většinou vyplývají z jejich základního principu. Sluneční, větrná nebo vodní energie, kterou zachycují, má menší plošnou nebo prostorovou hustotu. Proto jsou zařízení, srovnatelné s klasickými zdroji, mnohem větší a technologicky náročnější. Z ekonomického hlediska jsou počáteční investice vyšší. Dále energie dodávaná obnovitelnými zdroji je plně závislá na přírodních podmínkách, například době slunečním svitu, větru a dešti.

Jako první jsem si vybral sluneční energii. V Evropě má fotovoltaika smysl, díky vyšší době slunečního svitu, především v jižních státech. Stále větší oblibě se těší fototermitické systémy. Osobně se mi fotovoltaické systémy líbí, na zelených polích však ne.

Vodní elektrárny mají v energetice obrovský význam. Existují země, které dokáží fungovat jen na vodní energii. V ČR jde spíše o doplňkový zdroj energie, ale třeba Norsko běží na vodní energii více než z 90%. Bohužel potenciál pro nové vodní elektrárny v Evropě je téměř vyčerpán.

Větrná energie má obrovský potenciál především v přímořských státech a v horách. V Evropě je do budoucna naplánováno několik velkých projektů o instalovaných výkonech přes 1000 MW. V ČR nejsou povětrnostní podmínky dost dobré, aby se větrné elektrárny vyplatily.

Psaním této práce jsem si ucelil přehled o využívání obnovitelných zdrojů. Prohloubil jsem si znalosti z předešlého studia a lépe pochopil celou problematiku. Jednoznačně jsem pro větší využívání OZE. S přibývajícím časem a ubývajícím fosilními palivy je to stejně nevyhnutelné.

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.

Internet

[1] Obnovitelné zdroje energie – dostupné z:

<https://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>

[Cit. 29.4.2018]

[2] Sluneční energie – dostupné z:

http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=slunecni_energie&site=energie

[Cit. 29.4.2018]

[3] What is light? – dostupné z:

<http://www.andor.com/learning-academy/what-is-light-an-overview-of-the-properties-of-light>

[Cit. 29.4.2018]

[4] Vobořil, David. Fotovoltaické elektrárny – princip funkce a součásti, elektrárny v ČR – dostupné z:

<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti/>

[Cit. 30.4.2018]

[5] Šíření světla – FYZIKA 007 – dostupné z:

<http://www.fyzika007.cz/optika/sireni-svetla>

[Cit. 20.4.2018]

[6] Sluneční záření – dostupné z:

<https://kof.zcu.cz/st/dp/hosnedl/html/slunecni.html>

[Cit. 30.4.2018]

[7] Sluneční záření – dostupné z:

<http://artemis.osu.cz/Gemet/meteo2/slune%C4%8Dn%C3%AD.htm>

[Cit. 29.4.2018]

[8] Bechník, Bronislav. Historie a perspektivy OZE – fotovoltaika, méně rozšířené technologie – dostupné z:

<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5517-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-mene-rozsirene-technologie>

[Cit. 20.4.2018]

[9] Photovoltaic cell – Energyeducation – dostupné z:

http://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_cell

[Cit. 20.4.2018]

[10] What is solar energy and How DO Solar Panels Work? – dostupné z:

<https://us.sunpower.com/blog/2017/10/25/how-does-solar-energy-work/>

[Cit. 20.4.2018]

[11] Mono_poly_rozdíl – dostupné z:

https://www.joyce-energie.cz/files/joyce-energie.cz/files/Mono_poly_rozdl.pdf

[Cit. 25.4.2018]

[12] Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů – dostupné z:

<https://publi.cz/books/91/03.html>

[Cit. 24.4.2018]

[13] Solární Novinky cz – dostupné z:

<http://www.solarninovinky.cz/index.php?rs=4&rl=2010012003&rm=15:29>

[Cit. 2.5.2018]

[14] Akumulace energie – dostupné z:

<http://www.swonia.cz/akumulace-energie/>

[Cit. 2.5.2018]

[15] Majling Eduard. Transformátor – základní vlastnosti a dělení

<http://oenergetice.cz/elektrina/transformator-zakladni-vlastnosti-a-deleni/>

[Cit. 2.5.2018]

[16] Termické solární panely a kolektory – dostupné z:

<http://www.solarni-energie.info/termicke-solarni-panely-kolektory.php>

[Cit. 2.5.2018]

[17] Jak funguje ostrovní solární systém?

<https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovní-off-grid-fotovoltaický-systém/>

[Cit. 2.5.2018]

[18] How solar power works, on-grid, off-grid and hybrid – dostupné z:

<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>

[Cit. 3.5.2018]

[19] Grid-tied, Off-Grid and Hybrid Solar systems

<http://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/>

[Cit. 3.5.2018]

[20] Solární energie – dostupné z:

<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>

[Cit. 3.5.2018]

[21] Smolka, Václav. Sluneční svit a jeho měření – dostupné z:

<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/slunecni-svit/>

[Cit. 4.5.2018]

[22] Škorpík, Jiří. Sluneční záření jako zdroj energie – dostupné z:

<http://www.transformacni-technologie.cz/02.html>

[Cit. 4.5.2018]

[23] Bruyninckx, Hans. Znečištění ovzduší – Evropská agentura pro životní prostředí – dostupné z:

<https://www.eea.europa.eu/cs/themes/air/intro>

[Cit. 4.5.2018]

[24] Brandos, Otakar. Polární den a noc, kdy nastává – dostupné z:

<https://www.treking.cz/astronomie/polarni-den.htm>

[Cit. 4.5.2018]

[25] Fotovoltaika a její princip – dostupný z:

<http://www.sollaris.cz/fotovoltaika-a-jeji-princip>

[Cit. 4.5.2018]

[26] Fotovoltaika – zákony a předpisy – dostupné z:

<http://www.isofenenergy.cz/zakony-fotovoltaika.aspx>

[Cit. 5.5.2018]

[27] Zelení bonus – dostupné z:

<https://www.nazeleno.cz/zeleny-bonus.dic>

[Cit. 5.5.2018]

[28] Výše výkupních cen a zelených bonusů – dostupné z:

<https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>

[Cit. 5.5.2018]

[29] Vodohospodářská zařízení III – dostupné z:

http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/casti_vodni_elektrarny.html

[Cit. 5.5.2018]

[30] Kukla, Jan. Malé vodní elektrárny na řece Mži – dostupné z:

https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/20/IUT/128_Male_vodni_elektrarny_na_Mzi_-_P0.pdf

[Cit. 5.5.2018]

[31] Vobořil, David. Vodní elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR – dostupné z:

<http://oenergetice.cz/elektrina/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni/>

[Cit. 6.5.2018]

[32] Bankiho turbína – dostupné z:

<http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>

[Cit. 6.5.2018]

[33] Peltonova turbína – dostupné z:

<http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/pelton.htm>

[Cit. 6.5.2018]

[34] Vodní turbíny – dostupné z:

<http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=10>

[Cit. 6.5.2018]

[35] Vodní kola – dostupné z:

<https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/pokusy/pokus20.html>

[Cit. 6.5.2018]

[36] Cihlář, Jan. Investice do decentralních zdrojů energie – 3. díl : Malá vodní elektrárna – dostupné z:

<http://oenergetice.cz/elektrina/investice-do-decentralnich-zdroju-energie-3-dil-mala-vodni-elektrarna/>

[Cit. 6.5.2018]

[37] Kaplanova turbína – dostupné z:

https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/kaplan_turb.html

[Cit. 7.5.2018]

[38] Europe – dostupné z:

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower/>

[Cit. 7.5.2018]

[39] Vodní pohony – historie – dostupné z:

<http://mve.energetika.cz/uvod/uvod.htm>

[Cit. 7.5.2018]

[40] Jak vzniká vítr – dostupné z:

<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/jak-vznika-vitr/>

[Cit. 7.5.2018]

[41] Škorpík, Jiří. Využití energie větru – dostupné z:
<http://www.transformacni-technologie.cz/04.html#menu>
[Cit. 7.5.2018]

[42] Vobořil, David. Větrné elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR – dostupné z:
<http://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>
[Cit. 7.5.2018]

[44] Evropské státy – dostupné z:
http://www.eprehledy.cz/kontinenty_statu_evropske_staty.php
[Cit. 8.5.2018]

[45] A brief history of hydropower dostupné z:
<https://www.hydropower.org/a-brief-history-of-hydropower>
[Cit. 7.5.2018]

[46] Vertikální větrné elektrárny, větrné elektrárny – dostupné z:
<http://www.wind-systems.eu/vertikalni-vetrne-turbiny-hivawt.php>
[Cit. 8.5.2018]

[47] Koč, Břetislav. Větrné elektrárny V. – dostupné z:
<https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr>
[Cit. 8.5.2018]

[48] Wind Energy Basics – dostupné z:
<http://windeis.anl.gov/guide/basics/>
[Cit. 8.5.2018]

[49] Grid codes and Essentials requirements for wind power plants – dostupné z:

<https://www.wind-energy-the-facts.org/grid-codes-and-essential-requirements-for-wind-power-plants.html>

[Cit. 8.5.2018]

[50] Problematika připojování větrné elektrárny do distribuční sítě – dostupné z:

<https://www.tzb-info.cz/4279-problematika-pripojovani-vetrnych-elektren-do-distribucni-site>

[Cit. 9.5.2018]

[51] Schiermeier, Quirin. Europe leads growing market in offshore wind power – dostupné z:

<https://www.nature.com/news/europe-leads-growing-market-in-offshore-wind-power-1.20454>

[Cit. 9.5.2018]

[52] Stavby a zařízení pro výrobu energie z vybraných obnovitelných zdrojů – dostupné z:

http://www.csve.cz/pdf/cz/OZEmetodika_20090204.pdf

[Cit. 9.5.2018]

[53] Koč, Břetislav. Z historie větrných elektráren – dostupné z:

<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>

[Cit. 10.5.2018]

Obrázky

Obr. 1.1. Elektromagnetická vlna – převzato:

<https://elektro.tzb-info.cz/13319-ucinky-elektromagnetickeho-pole-na-lidsky-organismus>

Obr. 1.2. Elektromagnetické spektrum – převzato:

<http://labguide.cz/fluorochromy/>

Obr. 1.3. Princip fotovoltaického jevu – převzato:

<http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-clanek.php>

Obr. 1.4. Monokrystalický, polykrystalický a amorfní článek – převzato:

<http://www.cne.cz/seniori/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>

Obr. 1.5. Koncentrační solární elektrárna – převzato:

<http://www.hybrid.cz/slovnicek/solarni-elektrarna>

Obr. 1.6. Přímé napájení – převzato:

<http://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>

Obr. 1.7. Grid-off s akumulací energie – převzato:

<http://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>

Obr. 1.8. systém grid-on – převzato:

<http://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>

Obr. 1.9. Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu. – převzato:

<https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>

Obr. 1.10. Mapa slunečního záření v Evropě – převzato:

<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6421-fotovoltaika-podpora-v-ruznych-zemich-evropy>

Obr. 1.11. Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření – převzato:

<https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>

Obr. 1.12. Výkupní ceny pro malé FVE elektrárny do 30 KWp a velké nad 1 MWp v Evropě – převzato:

<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6421-fotovoltaika-podpora-v-ruznych-zemich-evropy>

Obr. 1.13. Vývoj instalovaných výkonů FVE v MW v EU od roku 2005 – 2016– převzato:

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy_in_the_European_Union

Obr. 1.14. Země s nejvyšším výkonem koncentračních solárních elektráren v Evropě v MW, rozmezí 2007-2013 – převzato:

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy_in_the_European_Union

Obr. 1.15. Mapa solárních elektráren v Evropě – převzato:

<https://blog.solarenergymaps.com/2016/05/europe-solar-map-solar-farms-solar.html#.Wxb-90iFOUk>

Obr. 2.1. Schéma vodní elektrárny – převzato:

http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=vodni_el.html

Obr. 2.2. Francisova turbína s generátorem – převzato:

<http://www.spssol.cz/rsimages/DIGI1/html/cad/Vodn%C3%AD%20turb%C3%ADny/Modul.html>

Obr. 2.3. Peltonova turbína – převzato:

<http://cink-hydro-energy.com/cs/peltonova-turbina-2/>

Obr. 2.4. Kaplanova turbína – převzato:

<http://www.radio.cz/cz/static/vynalezci/kaplanova-turbina>

Obr. 2.5. Bankiho turbína – převzato:

<http://home.zcu.cz/~jarosj10/elektr.htm>

Obr. 2.6. Vodní kolo – převzato:

<https://www.novinky.cz/vase-zpravy/jihocesky-kraj/cesky-krumlov/1805-10173-zlodej-silak-ukradl-dvoutunove-mlynske-kolo.html>

Obr. 2.7. Vodní elektrárny v Norsku – převzato:

https://www.reddit.com/r/europe/comments/6lvkw/hydroelectric_power_stations_in_norway_99_of_all/

Obr. 2.8. Mapa vodních elektráren v Evropě. Menší modré tečky znázorňují vodní elektrárny o výkonu 150 – 1000 MW, velké modré tečky od 1000 MW. – převzato:

<http://maps.unomaha.edu/Peterson/funda/MapLinks/EuropeOverview/Maps.html>

Obr. 2.9. Instalovaný výkon vodních elektráren v jednotlivých zemích Evropy – převzato:

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower/>

Obr. 3.1. Schéma sil působící na vzduch v tlakovém poli v blízkosti zemského povrchu – převzato:

<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/jak-vznika-vitr/>

Obr. 3.2. Zjednodušené schéma principu funkce větrné elektrárny – převzato:

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

Obr. 3.3. Závislost jmenovitého výkonu VtE na průměru rotoru – převzato:

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

Obr. 3.4. Savoniova turbína – převzato:

<https://worldindustrialreporter.com/vertical-axis-savonius-wind-turbines-a-better-option-for-cities/>

Obr. 3.5. Darrierova turbína – převzato:

https://www.researchgate.net/figure/Quiet-Revolution-twisted-Darrieus-wind-turbine_fig1_252509085

Obr. 3.6. Offshore základové konstrukce – převzato:

<http://csve.cz/cz/detail-kategorie/offshore-vetrne-elektrarny/141>

Obr. 3.7. Plovoucí základové konstrukce – převzato:

<http://docplayer.cz/41281879-Vysoke-uceni-technicke-v-brne-vetrna-energie-bakalarska-prace-fakulta-strojního-inženýrství-energetický-ústav-brno-university-of-technology.html>

Obr. 3.8. Komponenty elektrárny – převzato:

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

Obr. 3.9 mapa Evropy - rychlost větru v m/s – převzato:

<https://meteolcd.wordpress.com/2013/09/19/the-dramatic-decline-in-available-wind-power/>

Obr. 3.10. První větrná elektrárna v Evropě – Askov, Dánsko – převzato:

<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>

Obr. 3.11. Mapa větrných farem v Evropě – převzato:

<https://britishbusinessenergy.co.uk/europe-wind-farms/>

Obr. 3.12 Instalovaný výkon větrných elektráren v MW v rozmezí let 1998 – 2017 v EU – převzato:

https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_in_the_European_Union