

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta



Výroba a distribuce elektrické energie

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Viktor Novák

Autor bakalářské práce: Lukáš Drdla

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Drdla

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Výroba a distribuce elektrické energie

Název anglicky

Generation and Production of Electric Power

Cíle práce

Práce má za cíl podat ucelený přehled o způsobech výroby elektrické energie a rovněž charakterizovat elektrickou přenosovou soustavu.

Metodika

Charakterizovat jednotlivé typy elektráren, jejich technické parametry, výhody a nevýhody. Dále popsat přenosovou soustavu od výroby elektrické energie až ke konečnému spotřebiteli. Tento přehled následně dokumentovat na konkrétních podmínkách v rámci České republiky, včetně napojení na zahraniční přenosové sítě. Diskutovat rovněž problematiku možností akumulace energie.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

elektrická energie, elektrárna, přenosová soustava

Doporučené zdroje informací

Grigsby, L. L.: Electric power generation, transmission, and distribution. CRC Press, 2012

Matoušek, A.: Elektrárny 1. VUT Brno, 2002

Rychetník, V., Pavelka, J., Janoušek, J.: Větrné motory a elektrárny. ČVUT, 1997

Shepherd, W., Zhang, L.: Electricity generation using wind power. World Scientific, 2017

webové stránky společnosti ČEPS, a.s. <http://www.ceps.cz>

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Viktor Novák

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2018

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2019

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Výroba a distribuce elektrické energie“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 1.3.2019

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Viktoru Novákovi, za poskytnutí cenných rad, připomínek a čas, který mi věnoval při konzultačních hodinách.

Výroba a distribuce elektrické energie

Abstrakt: Předmětem této bakalářské práce je popis výroby elektrické energie a krátké vylíčení struktury, použité pro přenos energie na větší vzdálenosti. V kapitole „Výroba elektrické energie“ jsou charakterizovány procesy při výrobě elektřiny, a to jak pro obnovitelné, tak i pro neobnovitelné zdroje energie. Dále jsou zde popsány výhody a nevýhody v rámci jednotlivých druhů elektráren, u kterých jsou uvedeny jejich základní parametry a zastoupení v České republice. V kapitole „Přenosová a distribuční soustava“ je charakterizován přenos elektrické energie od výroby až ke konečnému spotřebiteli. Kapitola obsahuje také vylíčení stavby venkovního vedení, umožňující tento přenos. V závěrečné kapitole „Praktická část“ jsou uvedeny ceny elektřiny ve státech evropské unie a jejich vzájemná korelace s obnovitelnými zdroji energie.

Klíčová slova: výroba elektrické energie, přenosová a distribuční soustava, obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie, elektrárny

Production and distribution of electric power

Summary: The subject of this bachelor thesis is the description of electric power production and short description of the structure used for power transmission over longer distances. The chapter "Electricity generation" characterizes the processes of electricity generation, both for renewable and non-renewable energy sources. Furthermore, there are described advantages and disadvantages of individual types of power plants, which are given their basic parameters and representation in the Czech Republic. The chapter "Transmission and Distribution System" characterizes the transmission of electricity from production to the final consumer. The chapter also describes the construction of an overhead line, allowing this transmission. The final chapter "Practical part" shows the prices of electricity in European Union states and their mutual correlation with renewable energy sources.

Keywords: power generation, transmission and distribution systems, renewable and non-renewable energy sources, power plants

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	2
2.1	<i>Cíl práce</i>	2
2.2	<i>Metodika</i>	2
3	Výroba elektrické energie	3
3.1	<i>Zdroje energie</i>	3
3.2	<i>Neobnovitelné zdroje energie</i>	3
3.2.1	Uhelné elektrárny	3
3.2.1.1	Výhody a nevýhody	5
3.2.2	Jaderné elektrárny	6
3.2.2.1	Výhody a nevýhody	7
3.2.3	Paroplynové elektrárny	8
3.2.3.1	Výhody a nevýhody	10
3.3	<i>Obnovitelné zdroje energie</i>	11
3.3.1	Vodní elektrárny	11
3.3.1.1	Nejčastější typy vodních turbín	12
3.3.1.2	Druhy vodních elektráren	13
3.3.1.3	Výhody a nevýhody:	15
3.3.2	Sluneční elektrárny	16
3.3.2.1	Výhody a nevýhody	18
3.3.3	Větrné elektrárny	19
3.3.3.1	Výhody a nevýhody	21
3.3.4	Energie biomasy	22
3.4	<i>Budoucnost fúzních elektráren</i>	23
4	Přenosová a distribuční soustava	25
4.1	<i>Venkovní vedení</i>	27
4.1.1	Stožáry	27

4.1.2	Izolátory	28
4.1.3	Elektrické Stanice.....	28
4.2	<i>Napojení přenosové soustavy na zahraniční síť</i>	<i>29</i>
5	Praktická část	31
5.1	<i>Produkce z OZE</i>	<i>31</i>
5.2	<i>Ceny elektřiny v Evropě.....</i>	<i>32</i>
5.3	<i>Závislost ceny elektřiny na podílu OZE</i>	<i>33</i>
6	Závěr	36
8	Seznam použitých zdrojů	38
9	Seznamy použitých zkratk, obrázků a tabulek.....	40
9.1	<i>Seznam použitých zkratk.....</i>	<i>40</i>
9.2	<i>Seznam obrázků.....</i>	<i>40</i>
9.3	<i>Seznam tabulek.....</i>	<i>41</i>
9.4	<i>Seznam grafů</i>	<i>41</i>

1 Úvod

V přírodě se vyskytuje mnoho různých druhů energií, ale elektrickou energii zde ve využitelné formě nalézt nelze. K jejímu získání dochází pouze přeměnou z jiného druhu energie, jako např. z energie mechanické, světelné, tepelné atd.

Nejrozšířenějším způsobem pro výrobu elektřiny se stala přeměna z mechanické energie pomocí generátorů. Ty se pro výrobu využívají hlavně díky schopnosti se dimenzovat na velmi vysoké výkony.

Spotřeba energie celosvětově stále roste. Může za to především technologický pokrok a snaha o nepřetržité posouvání ekonomiky kupředu. S tím je spojená i rostoucí spotřeba elektrické energie. V současné době tuto poptávku po elektřině uspokojují především fosilní paliva, jejichž zásoby nejsou nekonečné a jejich užívání přináší spoustu negativ. Z tohoto důvodu se stále více přechází na využívání obnovitelných zdrojů energie. Ty nezatěžují životní prostředí a neprodukují oxid uhličitý (CO_2), který je nebezpečný především z dlouhodobého hlediska. Jeho zvýšená koncentrace, způsobuje nepřírodně velkou absorpci tepelného záření, která zapříčiňuje ohřev atmosféry a zemského povrchu. Tento jev se nazývá skleníkový efekt.

O omezení spotřeby fosilních paliv se snaží i Evropská unie, která vydala závazné regule o podílu vyrobené energie z obnovitelných zdrojů na celkově vyrobenou elektřinu v zemi. Náhrada takových elektráren je však náročná. Proto se přistupuje i na vývoj nových způsobů pro získání elektřiny. Jeden z nich, který je schopný vyvinout teplotu vyšší, než je teplota ve středu Slunce je např. energie získaná z fúzních reaktorů. Zprovoznění takové technologie by znamenalo obrovský průlom nejen v energetice, ale i v chodu celé naší civilizace.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je charakterizovat jednotlivé druhy výroby elektrické energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů a rozebrat jejich výhody a nevýhody. Dále popsat základní parametry elektráren na konkrétních případech v rámci České republiky. Následně bude popsána přenosová a distribuční soustava od elektrárny až ke konečnému spotřebiteli. V poslední řadě bude provedena statistická analýza zkoumající vzájemnou korelaci mezi cenou elektřiny za jednu kilowatthodinu a podílem výroby elektrické energie z OZE v dané zemi Evropské unie, díky čemuž bude zjištěno, zda je mezi těmito hodnotami určitá závislost.

2.2 Metodika

Pro vytvoření této bakalářské práce byla využita odborná literatura z domácích, ale i zahraničních zdrojů. V práci byly zúžitkovány poznatky také z internetových stránek, avšak při využívání těchto zdrojů bylo přistupováno kriticky a systematicky tak, aby bylo možné zjištěné informace ověřit a správně zanalyzovat řešenou problematiku. Pro analytickou část byla využita data z volně zpřístupněných informačních kanálů a statistických úřadů, jako je např. Eurostat, Energetický regulační úřad nebo Český statistický úřad.

3 Výroba elektrické energie

Výroba a přenos elektrické energie je komplikovaný proces s rozsáhlými vazbami na své okolní prostředí. Doposud nebyl nalezen způsob, jak dlouhodobě uskládat elektrickou energii, a proto o vyrobeném množství elektrické energie rozhodují všichni odběratelé, ať už zapnutím světla či televize v domácnosti, nebo spuštěním stroje v továrně. Výroba i rozvod se vždy musí přizpůsobit. (1)

3.1 Zdroje energie

Hlavním zdrojem energie využívané k pokrytí potřeb člověka je příroda. Přírodní zdroje energie jsou označovány jako primární zdroje. Mohou pocházet z činnosti Slunce, z působení Měsíce, z jaderných štěpných reakcí, z geofyzikálního tepla atd. V minulosti naše civilizace využívala pouze energie v přírodních formách, zejména vodu a vítr pro získání hnací síly a dřevo jako zdroj tepla. V dnešní době, díky technologickému pokroku, využíváme více sofistikovanou zušlechťovací energii (elektrina, užitkové plyny, pára aj.). Zušlechťování energie je proces, při kterém dochází k přeměně energie z primárních zdrojů na příhodnější formy energie.

Primární (přírodní) energetické zdroje obvykle rozdělujeme na obnovitelné a neobnovitelné. Neobnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje, jejichž množství je omezené a po vyčerpání se dále neobnoví v historicky krátké době. Obnovitelné zdroje jsou naopak takové, které se vlivem přírody samovolně obnoví a je reálné je znovu využívat (např. vodní energie, energie větru atd.). (2)

3.2 Neobnovitelné zdroje energie

Za neobnovitelné zdroje energie jsou považovány především fosilní paliva. Mezi fosilní paliva patří uhlí (černé, hnědé), ropa, zemní plyn a rašelina. Ložiska fosilních paliv jsou velikou zásobárnou energie, jejich tvorba trvala několik miliónů let. Do neobnovitelných zdrojů také patří jaderná paliva nacházející se v přírodě jako uran a thorium. (2)

3.2.1 Uhelny elektrárny

Uhelny elektrárny jsou složité svým průmyslovým provozem, ve kterém se energie paliva přeměňuje na energii elektrickou. Nejčastěji se staví v blízkosti uhelných dolů aby se nemuselo uhlí dovážet na delší vzdálenosti. Dovoz by jinak musel být zprostředkovaný vlakovou nebo vodní dopravou. Pro elektrárny v blízkosti

I přes všechny tyto ochranné prvky sloužící k odstranění škodlivin obsažených v kouři vycházející z komínu, jsou uhelné elektrárny velkým producentem nejen skleníkových plynů, ale i oxidů síry, dusíku a poletavých pevných částic. Jejich provoz tak může vést k neblahému ekologickému dopadu na životní prostředí, nacházející se blízko elektráren. Kouř přispívá například ke vzniku kyselého deště, který zhoršuje podmínky pro žití (ničí lesy, viz Krušné hory) (4)

Uhelné elektrárny mají na území České republiky největší zastoupení ve výrobě elektrické energie. Za rok 2018 bylo vyrobeno 45 071 GWh, což je 51,5 % celkově vyrobené elektřiny v naší zemi. V Tabulce níže je uvedeno šest Uhelných elektráren s nejvyšším instalovaným výkonem v České republice. (5)

Tab. 1 - Největší uhelné elektrárny

Elektrárna	Celkový instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu	Palivo	Provozovatel
Prunéřov II	1050	1981	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Počerady	1000	1970	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Chvaletice	820	1977	hnědé uhlí	Sev.en EC, a.s.
Dětmarovice	800	1975	černé uhlí	ČEZ, a. s.
Tušimice II	800	1974	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Mělník III	500	1981	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČEZ a.s.

3.2.1.1 Výhody a nevýhody

Výhody:

- *Vyšší hospodárnost* – Náklady na výstavbu uhelných elektráren jsou výrazně nižší oproti jiným druhům. Nejmarkantnější rozdíl bude pravděpodobně u jaderných elektráren, které jsou, co se týče nákladů, ze všech nejdražší. Výhodou je také dostupnost a cena spotřebovávaného paliva.
- *Nenáročná technologie* – Oproti jaderným elektrárnám využívají jednodušší technologie při výrobě i konstrukci elektrárny, což se projevuje obzvláště v nákladech na výstavbu.

- *Poměrně velký výkon* – Nejmodernější bloky uhelných elektráren dosahují až 40 % účinností. V ČR se ročně vyrobí pravidelně přes 45 TWh, díky čemuž se řadí na první místo ve výrobě elektrické energie. (6)

Nevýhody:

- *Produkují obrovské množství emisí* – Jak jsem již psal v předešlých kapitolách, tyto druhy elektráren produkují veliké množství emisí, které jsou vypouštěny do ovzduší, čímž znečišťují jak vzduch, tak i okolní prostředí. Nejvíce ohrožující látky produkované uhelnými elektrárnami jsou oxidy síry, oxidy dusíka a popílek. Co se týče znečištění z dlouhodobého hlediska je na prvním místě oxid uhličitý (CO₂), označován jako skleníkový plyn.
- *Uhlí jako palivo, patří mezi neobnovitelné zdroje energie* – Uhlí patří mezi neobnovitelné zdroje energie. Samy o sobě se uhelné zásoby znovu obnoví, avšak tento proces může trvat miliony let.
- *Omezená lokalita na výstavbu* – Další nevýhodou je, že lokalita na výstavbu uhelných elektráren by měla být místa s koncentrovanější spotřebou, což bývají místa poblíž velkých měst nebo průmyslových aglomerací. (6; 2)
- *Doprava uhlí* – Pokud se nenachází elektrárna v blízkosti uhelného dolu, je zapotřebí uhlí převážet na delší vzdálenosti, což zvyšuje provozní náklady.

3.2.2 Jaderné elektrárny

Dalším globálně významným zdrojem elektrické energie jsou jaderné elektrárny (JE). Fungují na stejný princip jako elektrárny uhelné, jen s tím rozdílem, že ke vzniku páry nevyužívají teplo vzniklé spalováním fosilních paliv, ale štěpením uranu U²³⁵ v jaderném reaktoru. (7) JE se dělí na primární a sekundární okruh. Primární okruh obsahuje jadernou část, uzavřenou v hermeticky uzavřené betonové budově v tzv. kontejneru. Zde jaderný reaktor zahřívá vodu a vzniklá pára je dále odvedena do sekundární části. Sekundární část se už prakticky vůbec neliší od běžné uhelné elektrárny. Přivedená horká pára roztáčí parní turbínu a ta následně generátor elektrického proudu.

Generátor se skládá ze statoru a rotoru, kdy rotor vytváří točivé magnetické pole a stator indukuje elektrické napětí pomocí cívek umístěných ve statoru. V elektrárnách se rotor generátoru točí rychlostí 3000 otáček za minutu, což je 50 otáček za sekundu. S touto rychlostí se produkuje napětí s frekvencí 50 Hz, umožňující generátorům pracovat synchronně s frekvencí příslušné elektrorozvodné sítě v běžném provozu.

Elektřinu lze ale získat i jinými způsoby, s využitím různých mokrých i suchých článků, termočlánků, fotočlánků aj.

U nás v České republice jsou v provozu dvě jaderné elektrárny. Jaderná elektrárna Temelín a Dukovany. Ty v roce 2017 vyrobily 33 % energie z celkové výroby.

JE Temelín vyrábí elektřinu ve dvou blocích s tlakovodními rektory VVER 1000 typu V 320. S oběma bloky elektrárna pracuje na výkonu 2x 1055 MW.

V elektrárně Dukovany jsou ve dvou blocích zavedeny celkem čtyři tlakovodní reaktory typu VVER 440 model V 213. Všechny bloky pracují s elektrickým výkonem 510 MW. (7)

Ve světě je největším zástupcem jaderných elektráren USA s celkovým počtem 98 elektráren. Na druhém místě je Francie s 58 elektrárnami, která ale dosahuje největšího podílu vyrobené energie z jádra, která činí asi 74 %. Podle statistik k 1. únoru 2019 bylo v provozu 445 jaderných reaktorů ve 30 státech světa s celkovým instalovaným výkonem 395 657 MW.

3.2.2.1 Výhody a nevýhody

Výhody:

- *Výroba je efektivní* – Výroba energie v JE je velmi efektivní i přes to, že se současnými technologiemi dokážeme využívat pouze necelých 10% energie obsažené v jaderném palivu, avšak stále se pracuje na vyvíjení nových reaktorů, který by byly schopny využití zefektivnit a zvýšit bezpečnost provozu.
- *Výkon je dobře regulovatelný* – Výkon u moderních bloků lze dobře regulovat a pomáhají udržovat stabilitu sítě.
- *Cena paliva tvoří pouze malou část z ceny elektřiny* – Na výrobu 1 kg jaderného paliva je zapotřebí 2 až 4 tuny uranové rudy. Což nahradí přibližně 100 tun černého uhlí vyšší jakosti.
- *Nulové exhalace* – JE neemitují CO₂ ani žádné skleníkové plyny, prach ani jiné škodlivé emise přispívající ke globálnímu oteplování.
- *Stále se zvyšující bezpečnost* – Havárie japonské JE Fukušima byla v roce 2011 nejhorší jaderná katastrofa od události v Černobylu 1986, a po ní jediná

jaderná havárie označená podle stupnice INES¹ nejvyšším stupněm 7 (velmi těžká havárie).

Nevýhody:

- *Náklady na výstavbu* – na rozdíl od klasických uhelných elektráren jsou u JE vysoké náklady na výstavbu.
- *Problém vyhořelého palivo* – Hlavní problém je kde a jak skladovat radioaktivní odpad. U nás v ČR se pro uskladnění radioaktivního odpadu využívají tzv. „mezisklady“. Dále jsou využívány hlubinné uložště.
- *Dlouhodobé odstávky* – Po odstávce trvá najetí i několik dní, proto nelze JE použít pro vykrytí špičkové spotřeby.
- *Riziko havárie* – velkou nevýhodou je možnost vzniku jaderné havárie, které už jsou díky vyvíjející se bezpečnosti vysoce nepravděpodobné. (8)

3.2.3 Paroplynové elektrárny

Paroplynové elektrárny využívají pro získání elektrické a tepelné energie zemní plyn. Chemicky vázaná energie zemního plynu se nejprve po spálení využije v plynové turbíně a následně v parním kotli, kde vzniklé spaliny vytvářejí horkou páru, která pohání parní generátor. Elektrická energie se tedy získává ze dvou generátorů, poháněné plynovou a parní turbínou.

Tepelný oběh plynové turbíny je složený z komprese vstupního vzduchu ve spalovací komoře, kde se vzduch míchá se zemním plynem, a poté plynová turbína přemění energii horkého stlačeného plynu na kinetickou energii rotoru. Oběh končí výstupem spalin přes spalinový výměník do parního kotle.

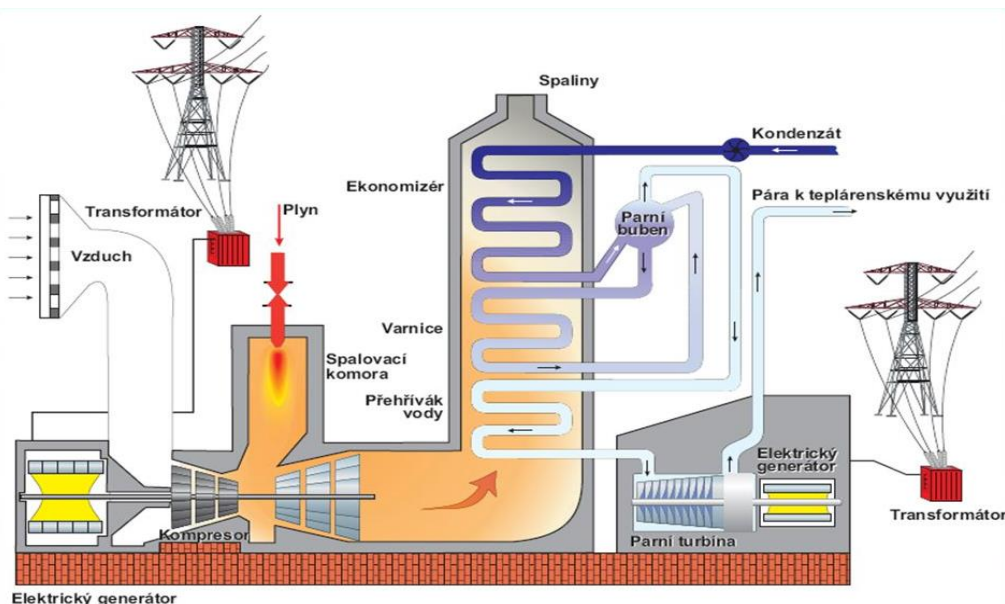
Pára vyrobená v kotli díky využitému teplu spalin ze spalovací turbíny vstupuje do oběhu parní turbíny, kde následně expanduje. Elektřina je vyráběna podobně jako u předchozího generátoru, nicméně v tomto případě turbína není poháněna horkým plynem, ale párou.

Paroplynové elektrárny disponují téměř dvojnásobnou účinností a minimálním ekologickým zatížením na okolní prostředí ve srovnání s klasickými uhelnými

¹ Mezinárodní stupnice jaderných událostí – Stupně 7 až 4 se označují jako havárie, 3 až 1 jako nehody, 0 nemá bezpečnostní význam.

elektrárnami. Jedná se tedy o čistější zdroj výroby elektrické energie, který produkuje o 70 % méně emisí, než je tomu tak u elektráren na fosilní paliva.

Obr. 2 - Schéma paroplynové elektrárny



Zdroj: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elekriny/paroplynovve-elekrarny.html>

V České republice se nacházejí tři paroplynové elektrárny. Celkově disponují instalovaným elektrickým výkonem 1 363,3 MW a celkovým tepelným výkonem 1753,4 MW. Na veškeré výrobě elektřiny v ČR se podílejí každoročně přibližně 2,5 % z celkové produkce. V tabulce 2 jsou uvedeny základní parametry těchto elektráren, včetně jejich provozovatelů a rokem uvedení do provozu. (1)

Tab. 2 - Paroplynové elektrárny

Elektrárna	Celkový instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu	Palivo	Provozovatel
Počerady	832	2013	zemní plyn	ČEZ, a. s.
Vřesová	400	1996	energoplyn	Sokolská uhlňá, a.s
Alpiq Kladno	110	1996	zemní plyn	Alpiq, s.r.o

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČEZ a.s.

3.2.3.1 Výhody a nevýhody

Výhody:

- *Velká účinnost* – Vysoký výkon paroplynových elektráren je zajištěn kombinací tepelného a parního oběhu, dohromady tvořící paroplynový cyklus. Účinnost tohoto cyklu může dosahovat až 55 %.
- *Nízké náklady na výstavbu* – Doba výstavby je mnohem kratší s porovnáním klasické uhelné elektrárny nebo JE (délka výstavby se pohybuje okolo 30 až 40 měsíců). To samé platí i pro investiční náklady na výstavbu, které jsou oproti jiným elektrárnám nízké.
- *Výroba je ekologická* – Použitím ekologického paliva, tedy zemního plynu, je výroba ekologičtější a nezatěžuje tolik životní prostředí, jako výroba uhlími bloky.
- *Pružný zdroj elektřiny* – Velkou výhodou paroplynových elektráren je jejich schopnost rychle regulovat vyrobenou elektrickou energii a tím napomoci ke stabilizaci elektrizační soustavy. (9; 5)

Nevýhody:

- *Cena paliva* – Největší nevýhodou paroplynové elektrárny je spotřeba ušlechtilého a drahého paliva nezbytná pro chod spalovací turbíny. Ve většině případech se jedná o zemní plyn. Jako zdroj paliva lze využít i jiná plynná paliva, nebo paliva z různých technologických procesů.
- *Výkon závisí na teplotě* – Charakteristickým rysem pro paroplynové cykly je jejich závislost na teplotě vzduchu, jeho vlhkosti a na nadmořské výšce. Nejvíce se projevuje vliv teploty, kdy se vzrůstající teplotou vzduchu, přivedeného do spalovací komory, výrazně klesá výkon plynové turbíny, což způsobuje i změny parametrů spalin a nepříznivě ovlivňuje parní část elektrárny. (9; 5)

3.3 Obnovitelné zdroje energie

Lidstvo si stále více začíná uvědomovat, že zásoby fosilních paliv nejsou nekonečné a že k jeho úplnému vyčerpání dojde v dohledné době. Tato situace vede ke stále intenzivnějšímu hledání jiných zdrojů energie, především těch, které jsou obnovitelné (nevyčerpatelné). Mezi ně patří zejména sluneční, větrná a vodní energie a biomasa.

Evropská unie od roku 2001 iniciovala přijetí zákona o podpoře využití obnovitelných zdrojů energie (OZE), podle kterého muselo být v ČR do konce roku 2010 vyrobeno 8% energie z OZE. Nový cíl EU stanovený do konce roku 2030 je, aby energie z OZE dosahovala 32 %. Pro dosažení těchto cílů bude muset ČR připravit nástroje a opatření s vhodnými způsoby podpory, které by umožnily plynulé plnění nastavených cílů, a to podle nových nároků evropské legislativy. V současnosti celkový podíl vyrobené elektřiny v ČR z OZE činí 13,4 %.

Kromě četných pozitiv mají OZE i své nevýhody. Tato energie je dražší, neboť bývá náročnější na výrobu. To způsobuje především vysoká cena energetických zařízení vzhledem k poměrně malé produkci vyrobené energie. Ne vždy je získávání energie z obnovitelných zdrojů šetrnější k životnímu prostředí než ze zdrojů neobnovitelných, např. velké přehrady často zatopují půdu a narušují ekologickou rovnováhu svého okolí. Větrné elektrárny mění ráz svého okolí a způsobují nestabilitu sítě.

Positiva a negativa elektráren využívající obnovitelně zdroje pro výrobu elektrické energie budou více popsány v následujících kapitolách. (2; 8)

3.3.1 Vodní elektrárny

Pro VE (vodní elektrárny) je rozhodující poloha její výstavby, kde se musí nacházet využitelný spád a průtok vody v příhodném vodním toku. Česká republika není svou polohou příliš vhodná z hlediska využití hydroenergetického potenciálu vodních toků. Je to způsobeno především tím, že v naší zemi řeky spíše pramení, tudíž je voda rozptýlena do malých vodních toků. Pro využití vody jako zdroj energie jsou tyto aspekty nepříznivé. Nejvíce VE je v Norsku, Švýcarsku a Rakousku, kde jsou podmínky pro výstavbu VE ideální. V Norsku dokonce pokrývají 90 % spotřeby energie.

Pro výrobu elektrické energie se využívá kinetická energie vody, roztáčející turbínu elektrárny. Její otáčky, a tudíž i výkon, jsou dány spádem vodního toku, který

vyvíjí tlak na lopatky turbíny a roztáčí tak elektrický generátor. Generátor následně elektromagnetickou indukcí přeměňuje kinetickou energii přímo na střídavý proud.

Z hlediska principu výroby elektrické energie se VE od sebe liší druhem použité turbíny. V praxi se pro výrobu běžně používají tři typy.

3.3.1.1 Nejčastější typy vodních turbín

- *Peltonova turbína* – Je vhodná tam, kde je velký spád hladiny, ale menší průtok vody. Díky většímu rozdílu hladiny, vzniká velký tlak v tryskách, ze kterých stříká voda pod tlakem na lopatky turbíny a roztáčí ji.
- *Francisova turbína* – Tento druh turbíny se nejčastěji využívá tam, kde lze zaručit neměnný rozdíl hladin i průtoků. Je nainstalována např. v Brazílii ve druhé největší vodní elektrárně na světě Itaipu na řece Parana mezi Brazílií a Paraguayí.
- *Kaplanova turbína* – Kaplanova turbína má nastavitelné lopatky, díky čemuž může být použita i na nestabilní průtok. Díky schopnosti umožňující nastavení lopatek můžeme turbínu použít pro různé výšky spádu, kdy pro přehrady s vyšším spádem mívá více lopatek než u spádu nižšího. Například u přehrady Orlík s rozdílem hladiny 70 m má turbína 10 lopatek. (10; 8)

Obr. 3 – Kaplanova Turbína



Zdroj: <https://oenergetice.cz/elektrina/pred-140-lety-se-narodil-vynalezce-kaplanovy-turbiny-viktor-kaplan/>

Z hlediska výroby energie se VE dělí také podle druhu využití průtoku vody.

3.3.1.2 Druhy vodních elektráren

- *Průtočné VE* – Průtočné VE se staví na řekách, proto aby mohly využívat jejich přirozený tok k otáčení turbíny. Stavět se můžou rovněž na umělých kanálech nebo na menších přehradách. Velikost výkonu elektrárny určuje aktuálním průtokem a rozdíl hladiny před a za turbínou. Výkon je tedy závislý na počasí, kdy například při extrémních suchách je průtok velmi malý a některé malé elektrárny mohou být dokonce mimo provoz. Naopak pokud je průtok příliš velký, na který není elektrárna dimenzována (to určuje hltnost turbíny), dojde k odvedení přebytečného množství vody bez jakéhokoliv využití.
- *Akumulační VE* – Akumulační vodní elektrárny bývají umístěné ihned pod přehradou nebo velkými jezery. Voda je nepřímo uložena v akumulačních nádržích, ze kterých si VE může libovolně odčerpávat vodu podle potřeb elektrizační soustavy. Mimo stabilizaci elektrické energie dokáže elektrárna rovněž ustálit vodní toky a tím chránit před vznikem povodní.
- *Přečerpávací VE* – Tyto elektrárny pro svůj chod využívají dvě vodní nádrže – dolní a horní. V době, kdy v elektrizační soustavě celková spotřeba energie dosahuje minima (např. v noci nebo brzkých ranních hodinách), se elektrárna chová jako spotřebič a odebírá přebytečnou elektrickou energii, tak aby přečerpávala vodu z dolní nádrže do horní. Využívá se tedy pouze levná a méně hodnotná elektrická energie, která je akumulována v horní nádrži jako potenciální energie určená ke spotřebě ve formě načerpané vody. Ta se pak využívá v den tzv. energetické špičky, kdy naopak voda z horní nádrže proudí skrz turbínu a generátor vyrábí elektřinu dodávanou do elektrizační

Obr. 4 - Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně

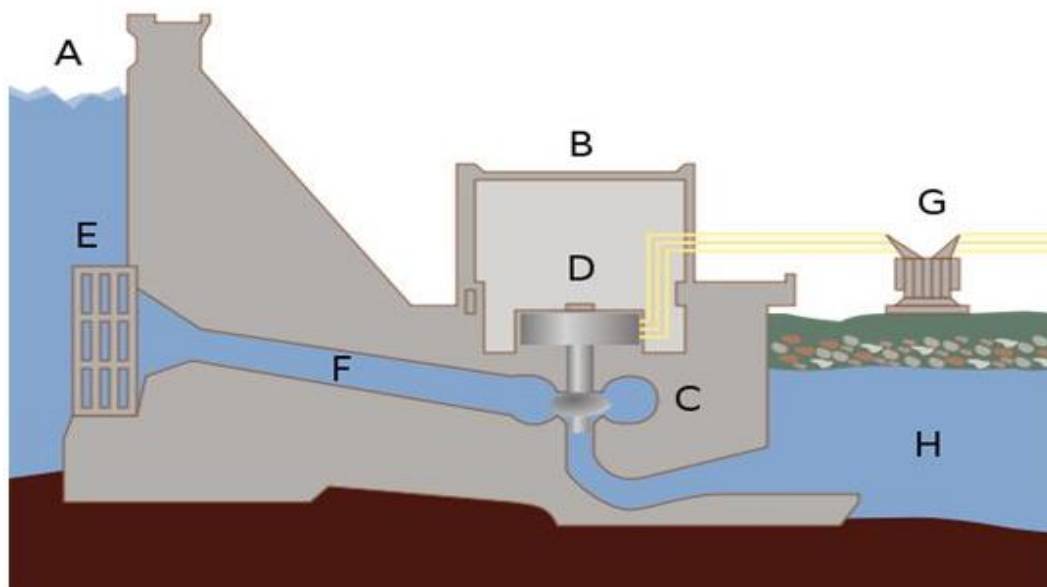


Zdroj: <https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/vodni-elektrarny/vodni-elektrarny-cez/precerpavaci->

soustavy. Tento druh elektrárny dosahuje až 75 % účinnosti, avšak při dosavadním vývoji můžeme v budoucnu očekávat další procentuální nárůst v řádech jednotek procent.

- *Přílivové VE* – U nás tento druh VE nelze využívat, jelikož pro výrobu elektrické energie využívají periodického opakování přílivu a odlivu moře. V současné době se přílivové VE nevyužívají ve větším měřítku, což je dáno především jejich technologickou náročností, která je způsobena nutností využívat mnohé inovativní technologie a jejich náročností na výběru lokality. (4; 8)

Obr. 5 - Schéma akumulční vodní elektrárny



Zdroj: <https://www.electricaleasy.com/2015/09/hydroelectric-power-plant-layout.html>

A – Hladina nádrže, B – Budova elektrárny, C – Turbína, D – generátor, E – Vtok, F – Přívodní kanál, G – Transformátor, H – odtok

V ČR bylo celkově ke konci roku 2017 v provozu 9 velkých VE (výkon nad 10 MW) s celkovým instalovaným výkonem 753 MW a 1614 malých VE s celkovým výkonem 348 MW. Mimo klasických akumulčních VE jsou v České republice provozovány 3 přečerpávací vodní elektrárny s celkovým výkonem 1175 MW.

V následující tabulce je uvedeno šest největších vodních elektráren, a to jak klasické vodní elektrárny, tak i elektrárny přečerpávací. (8)

Tab. 3 - Vodní elektrárny

Elektrárna	Typ	Celkový instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu	Řeka	Provozovatel
Dlouhé stráně	Přečerpávací	650	1996	Divoká Desná	ČEZ, a. s.
Dalešice	Přečerpávací	480	1978	Jihlava	ČEZ, a. s.
Orlík	Akumulační	364	1962	Vltava	ČEZ, a. s.
Slapy	Akumulační	144	1955	Vltava	ČEZ, a. s.
Lipno I	Akumulační	120	1959	Vltava	ČEZ, a. s.
Štěchovice II	Akumulační	45	1947	Vltava	ČEZ, a. s.

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČEZ a.s.

3.3.1.3 Výhody a nevýhody:

Výhody:

- *Nezatěžují životní prostředí* – Neprodukují žádné emise nebo jiné škodlivé látky do ovzduší nebo do okolního prostředí. Výroba elektřiny je opatřena pouze prostřednictvím kinetické energie vody roztáčející turbínu elektrárny.
- *Energetická nezávislost* – VE disponují úplnou nebo částečnou energetickou nezávislostí, která je dána nepřetržitým průtokem vody.
- *Vysoký výkon* – Ze všech elektráren z obnovitelných zdrojů (sluneční elektrárny, větrné elektrárny), dodávají VE nejvyšší výkon.
- *Stabilní zdroj energie* – Oproti větrné a solární energii, se jedná o nejstabilnější zdroj energie. (10)
- *Ochrana proti povodním* – Vodní dílo s VE slouží i jako ochrana před povodní.

Nevýhody:

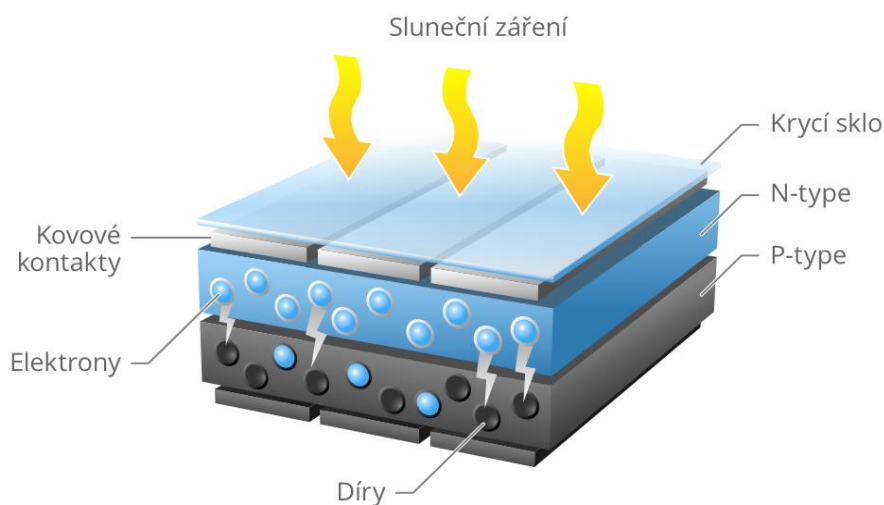
- *Složitá výstavba a instalace* – Výstavba je složitá, a tudíž i poměrně nákladná. V průměru je doba návratnosti investic odhadována na 15 let.
- *Závislost na množství vody* – VE mohou být závislé v různé míře na počasí nebo ročním období. V době největšího sucha se zmenšuje průtok vody i její hladina a tím i výkon elektrárny. (10)

3.3.2 Sluneční elektrárny

Sluneční energie představuje, jak již bylo popsáno v předešlé kapitole, primární zdroj. Jedná se o největší zdroj energie u nás na Zemi. Energii slunce dopadající na Zemi lze změřit pomocí sluneční konstanty. Ta nám udává energii slunce procházející plochou 1 m^2 kolmo ke směru paprsků za 1 s. V době slunečního minima to bývá $1360,8 \pm 0,5 \text{ W/ m}^2$. Elektřina se z tohoto druhu energie dostává buďto přímo nebo nepřímo. K přímé přeměně dochází pomocí fotovoltaického jevu, při kterém se z polovodiče, působením světla, uvolňují elektrony. Nepřímá je založena na přeměně sluneční energie v teplo.

Přímou přeměnu sluneční energie na elektřinu dosáhneme pomocí slunečních článků využívající tzv. fotovoltaický systém. Tento systém je založen na fyzikálním jevu fotoefektu, u kterého dochází k předání energie elektronu, vlivem světelného kvanta neboli fotonu. Elektron se tedy uvolní z obalu atomu a dojde k převedení elektronu do stavu s vyšší energií. K výrobě slunečních článků se užívají polovodičové materiály. Polovodič může být typu N, zprostředkovávající vodivost záporné elektrony a typu P umožňující vodivost tzv. díry, které se chovají jako kladně nabitě nosiče náboje. Na jejich rozhraní vzniká na tzv. P-N přechodu rozdíl potenciálů, kdy polovodič typu N je kladný a polovodič typu P je záporný. Dopadne-li na fotočlánek světelné kvantum, vznikne na P-N přechodu fotoefekt. Ten způsobí, že elektrony v látce přejdou na vyšší hladinu a zanechá za sebou „díru“ chovající se jako kladný náboj. Částice se budou pohybovat k opačně orientovanému prostředí a začne protékat elektrický proud, úměrný počtu absorbovaných fotonů. Vzniklé elektrické napětí mezi oběma částmi polovodiče je však velmi malé (cca méně než 1 V), proto se fotovoltaické články seřazují za sebou do početnějších souborů. Ty pak tvoří solární panely o výkonech od 10 do 300 W. Na obrázku 4 je stručně zobrazeno schéma principu fotovoltaického jevu. Účinnost fotovoltaických článků se obvykle pohybuje okolo 17 až 25 %, záleží na použitém materiálu při výrobě. (11; 12)

Obr. 6 - Princip fotovoltaického jevu



Zdroj: <https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/slunecni-elektrarny/charakteristika>

Nepřímou přeměnou se nejdříve získává teplo pomocí slunečních sběračů, které se následně přemění na elektrickou energii. Přeměnu tepelné energie na energii elektrickou zajišťují termočláanky uložené v ohnisku sběračů. Termočláanky plní svoji funkci pomocí tzv. Seebeckově jevu². Zařízení je složeno ze dvou odlišných vodičů tvořící na konci jejich spojení termoelektrický článek. Jejich účinnost je závislá na vlastnostech materiálu, z nichž jsou vodiče vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi spoji.

Největší rozmach FVE (fotovoltaických elektráren) nastal v České republice mezi lety 2009–2010 označován podle médií jako „fotovoltaický boom“. V tomto období se zájem o výstavbu FVE rozrostl a tím i jejich počet instalací. Tento tzv. fotovoltaický boom byl způsoben sníženou pořizovací cenou a celkově větší dostupností panelů v kombinaci s výraznou podporou státu. Od roku 2013 až do současnosti počet přibývajících instalovaných elektráren víceméně stagnuje. Stav k 31.12.2018 podle Energetického regulačního úřadu je evidováno 31 248 FVE s celkovým instalovaným výkonem 2 341 MW. Tabulka 4 ukazuje 6 největších FVE s instalovaným výkonem 16 MW a více. (13; 11)

² Seebeckův jev – Teplotní rozdíl v obvodu je přeměněn přímo na elektrické napětí.

Tab. 4 - Fotovoltaické elektrárny

Elektrárna	Celkový instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu	Provozovatel
FVE Ralsko Ra 1	38,3	2010	ČEZ, a. s.
FVE Vepřek	35,1	2010	FVE CZECH NOVUM s.r.o.
FVE Ševětín	29,9	2010	BS Park s.r.o.
FVE Brno – Letiště Tuřany	21,2	2009	ČEZ, a. s.
FVE Mimoň Ra 3	17,5	2010	ČEZ, a. s.
FVE Vranovská Ves	16	2010	ČEZ, a. s.

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČEZ a.s.

3.3.2.1 Výhody a nevýhody

Výhody:

- *Nejdostupnější zdroj energie* – Velkou výhodou fotovoltaických článků je jejich snadná instalace a funkčnost i na těžko přístupných místech (např. na stožárech, střechách domů, v horách, v kosmu atd.).
- *Úspora fosilních paliv* – FVE pro výrobu elektřiny využívá pouze energii slunce, která je v lidském měřítku nevyčerpatelným zdrojem. Díky tomu není pro funkci elektrárny potřeba fosilních paliv znečišťující životní prostředí svými emisemi.
- *Dlouhá životnost* – Zařízení má obvykle garanci 15 až 20 let. Po uplynutí této doby zařízení ztrácí svou účinnost, ale zůstává stále funkční. Životnost panelu končí obvykle po uplynutí 50 let. (11; 12)

Nevýhody:

- *Vysoká cena* – Velkou nevýhodou je vysoká cena fotovoltaických článků, odrážející se od finančně náročné výroby.
- *Náročnost na počasí* – Tím je myšlena závislost na denním a ročním období, přičemž za slunečného počasí se vyrobí více energie než při oblačnu. Nejvíce elektřiny se vyrobí od dubna do října, kdy je sluneční záření nejsilnější. Nutná je také údržba povrchu panelu, tak aby prach, sníh nebo jiné nečistoty, nesnižovali účinnost elektrárny.

- *Snižování účinnosti za vyšších teplot* – Při slunečných dnech se panely zahřívají do vysokých teplot, které výrazně snižují celkovou účinnost. Pokud se teplota změní o 3 °C, změní se napětí o 1 %.
- *Nestabilní zdroj energie* – Jako většina elektráren vyrábějící elektřinu z OZE, i tyto elektrárny způsobují nestabilitu sítě. U FVE je to dáno proměnlivým počasím. Správci sítě se musejí spoléhat na předpověď počasí, které však není vždy přesné. Problém tedy nastává v okamžiku, kdy předpověď nevyjde a provozovatel přenosové soustavy musí řešit náhlé napěťové výkyvy. Situace může být taková, že přijde slunečné počasí a do sítě začne proudit o několik procent více napětí, než se předpokládalo. Nebo naopak vlivem špatného počasí solární elektrárny nevyrobí očekávané množství elektřiny. Taková krizová situace se dá vyřešit např. dovozem elektřiny ze zahraničí.
(11; 12)

3.3.3 Větrné elektrárny

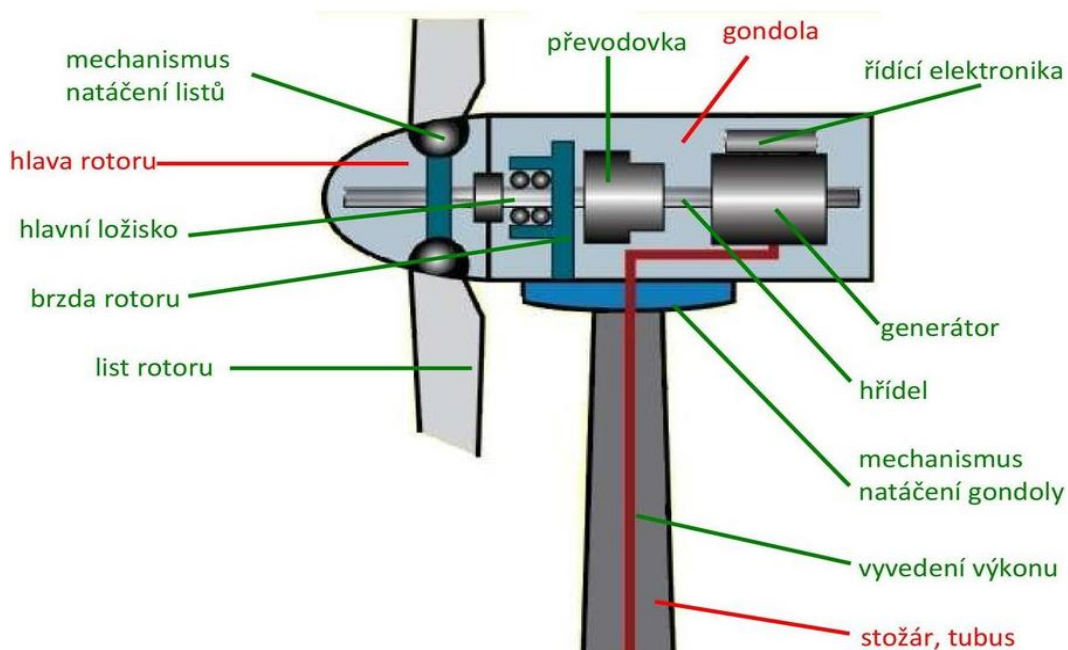
Dalším druhem elektráren, které vyrábí elektřinu pomocí obnovitelných zdrojů energie jsou VtE (větrné elektrárny). Energie větru se využívala po celá staletí, vítr poháněl větrné mlýny, plachetnice, vodní čerpadla a mnoho dalších věcí. V nynější době se zařazují větrné elektrárny do provozu spíše kvůli snaze nahradit fosilní paliva jinými alternativními zdroji. Už na počátku 80. let minulého století se začala vyrábět novodobá generace VtE, které se dělí podle výkonu na malé (do 30 kW), střední (od 30 kW až do 500 kW) a velké (od 500 kW a více).

Aby elektrárny využili svůj potenciál a nesnižovala se jejich účinnost, staví se ve vybraných lokalitách, tak aby ve výšce rotoru přesahovala rychlost větru 6 m/s. Nejzákladnější část každé VtE je třílistý rotor. Na listy rotoru působí aerodynamické síly roztáčející turbínu elektrárny, umístěnou na jejím stožáru. Turbína poté převádí větrnou energii na energii mechanickou. Ta roztáčí generátor uvnitř gondoly a produkuje tak elektrické napětí. Generátory v moderních elektrárnách můžeme dělit na synchronní a asynchronní. Asynchronní generátory se využívají, pokud elektrárny obsahují převodovku, naopak synchronní jsou obsaženy v elektrárnách s bezpřevodkovou technologií.

Úkolem listů není pouze roztáčet turbínu, ale také ji brzdít, aby nedocházelo k mechanickému nebo elektrickému přetížení elektrárny. Pokud rychlost větru přesáhne 24 m/s, listy rotoru se natočí, tak aby měli vůči větru co nejmenší odpor a

dále se neroztáčeli. K odstavení elektrárny se může využít také disková brzda, zabraňující nežádoucímu otáčení. Rotor by se měl otáčet v průměru 10 – 15krát za minutu. Uvnitř gondoly se nachází mimo jiné i převodovka. Ta zajišťuje převod nízké rychlosti rotoru na vyšší rychlost otáček generátoru. Elektrárna si sama analyzuje směr a rychlost větru a pomocí toho si nastavuje osu gondoly proti směru větru. Rotor je tedy otočen vždy kolmo k proděni vzduchu. Na následujícím obrázku 5 je názorně a více do detailu zobrazeno schéma větrné elektrárny. (14; 11)

Obr. 7 - Schéma větrné elektrárny



Zdroj: <https://elektrika.cz/data/clanky/vetrniky-list-vetrne-elektrarny-je-vetsi-nez-se-zda>

V České republice nejsou ideální podmínky na provoz VtE. Proto je větrná energetika v ČR pouze okrajovou záležitostí. Je to dáno především absencí vhodných lokalit na jejich výstavbu. Nejideálnější oblasti se nacházejí např. na Jesenicku, Českomoravské vrchovině a Krušnohorsku. K 31.12.2018 bylo podle EÚR (Energetický regulační úřad) v provozu celkem 122 VtE s celkovým instalovaným výkonem 319,75 MW. **(5)**

Tab. 5 - Větrné elektrárny

Lokalita	Celkový instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu	Počet turbín
Kryštofovy Hamry	42	2007	21
Václavice	26,1	2017	13
Horní Loděnice	18	2009	9
Andělka	14,35	2012	7
Červený kopec	13,8	2012	6
Horní Paseky	10	2012	5

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČEZ a.s.

3.3.3.1 Výhody a nevýhody

Výhody:

- *Ekologická výroba* – Neprodukují žádné škodliviny ani skleníkové plyny do ovzduší nebo do okolního prostředí. K výrobě elektřiny využívají energii větru, která je jako všechny obnovitelné zdroje energie nevyčerpatelná.
- *Prostorová nenáročnost* – VtE nezabírají příliš mnoho prostoru. Díky tomu lze pozemky v okolí elektráren neomezeně využívat (např. pro zemědělství). Nejvíce prostoru zabírají fotovoltaické elektrárny.
- *Krátká doba výstavba* – Doba potřebná k výstavbě VtE je obvykle velmi krátká. Elektrárny s výkonem do 10 MW může být postavena za 2 měsíce. Ty největší se staví až 6 měsíců.

Nevýhody:

- *Nestabilní výroba* – Nestabilní výroba elektrické energie je pro VtE typickým znakem. Kolísavost výroby je způsobena proměnlivou rychlostí větru. Rychlost může být někdy tak vysoká, že musí dojít k odstavení elektrárny, nebo naopak v extrémních případech tak nízká, že elektrárna není schopna produkovat žádnou elektrickou energii. Proto jsou VtE propojeny s dalšími elektrárnami schopné přizpůsobit se aktuálním nárokům na elektřinu a stabilizovat napětí v síti.

- *Narušování životního prostředí* – VtE jsou kritizovány za narušování vzhledu krajiny, za svou hlučnost a za ničení přirozeného prostředí ptactva. Vybrání špatného místa může negativně ovlivnit migraci ptáků a v některých případech i ptáky zabít, to se však stává velmi zřídka. Největší podíl na úmrtí ptáků má stále automobilová doprava. Všechny tyto problémy se dají vyřešit vybráním vhodného místa na výstavbu elektrárny. (15; 14)

3.3.4 Energie biomasy

Jedná se o historicky nejstarší využitelný zdroj energie, dřevo v minulosti bylo takřka jediným využívaným palivem pro získání tepelné energie. Až v 19. století se jím stali fosilní paliva. V současné době se však stále více, při hledání optimálních alternativních zdrojích energie, přechází na využívání energie z biomasy, ze které se stal významný zástupce OZE.

Pojmem biomasa je míněna veškerá organická hmota na naší planetě, jako je biomasa rostlinného původu, živočišná biomasa anebo odpady a vedlejší organické produkty. Z energetického hlediska jsou využívány především z rostlinného původu představující např. obiloviny, konopí, řepka, laskavec a mnoho dalších. Pro získání energie z biomasy se používá nejstarší a nejvyužívanější metoda spalování.

Spalování biomasy je termochemický proces, při kterém dochází k rozkladu spalovaného materiálu na hořlavé plyny a jiné látky. Výhoda oproti spalování fosilních paliv je ta, že při spalování biomasy dochází k produkci podstatě nulové bilanci CO₂. Tvorba oxidu uhličitého ze spalování biomasy je neutrální. To je dáno především nízkou produkcí tohoto plynu, kdy množství uvolněného CO₂ do ovzduší je přibližně stejné jako množství, které je zpětně vázáno rostlinou v lesních a zemědělských porostech nebo na tzv. energetické plantáži. U Biomasy je rovněž zásadní nízký obsah uvolněných oxidů síry SO₂ (u slámy a dřeva je to od 0 až do 0,1 % oproti hnědému uhlí, které obsahuje někdy i více než 2% síry).

3.4 Budoucnost fúzních elektráren

Zdrojem těchto elektráren by byl fúzní reaktor uchovávající vysokoteplotní plazma podporující termonukleární fúzi. Rozdíl mezi jadernou a fúzní elektrárnou je jednak v procesu výroby, kdy reaktor JE štěpí jádra atomu, a naopak fúzní reaktor spojuje jádra lehčích prvků, a jednak v použití paliva při výrobě elektrické energie, kdy JE využívají omezené a radioaktivní jaderné palivo oproti fúzním elektrárnám, které by pro chod generátoru potřebovali pouze izotopy vodíku, nacházející se na planetě v nevyčerpatelném množství. Provoz elektrárny tohoto typu by znamenal nekonečnou zásobu energie a vyřešil by veškeré problémy spojené s výrobou elektrické energie.

Termonukleární fúze je druh jaderné reakce, při které se slučují lehčí prvky na prvky těžší a zároveň dochází k uvolnění energie. Termonukleární fúze probíhá za ohromných teplot (desítky milionů kelvinů), které dosahuje střed slunce.

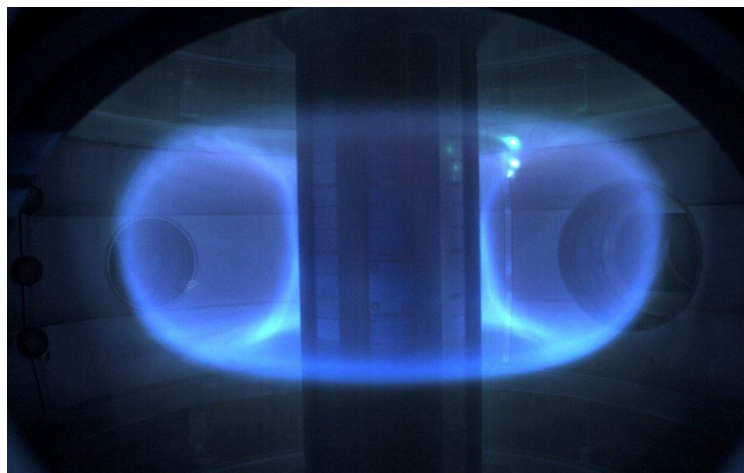
Principem je dosáhnout vysokých teplot a tlaků, tak aby si vytvořily dostatečnou sílu k překonání Coulombovského zákona³ a jádra mohla do sebe narazit a sloučit se. Z hlediska energetického využití, se v podzemských podmínkách vyskytuje nejvhodnější reakce deuteria a tritia (těžký a supertěžký izotop vodíku), při které vzniká jádro hélia a neutron. Tato reakce je nejvhodnější z hlediska nejnižší zápalné teploty ze všech fúzních reakcí (100 až 200 milionů kelvinů). Při dosažení takto vysoké teploty se jakýkoliv materiál dostává do stavu plazmatu. Současně je potřeba zabránit jakémukoli dotyku horkého plazmatu se stěny a udržet ji ve stabilním stavu. K tomu nám slouží reaktor nazývaný Tokamaku zabraňující dotyk plazmatu o stěnu pomocí magnetického pole.

Zatím se však nikomu nepodařilo úspěšně stabilizovat horké plazma na teplotu vhodnou pro vznik termonukleární fúze a tím vytvořit reaktor, který by mohl být využíván v průmyslovém měřítku. Jednalo by se o nejčistší a nejvýkonnější zdroj energie, bez jakékoliv produkce emisí nebo jiných znečišťujících látek.

Tento druh energie se bohužel ještě nedokázal zcela ovládnout, ale pokud by tomu tak v budoucnu bylo, jednalo by se o největší průlom v získávání energie za celou historii lidstva. (16)

³ Coulombovský zákon – je fyzikální zákon popisující síly, které působí mezi elektricky nabitými částicemi.

Obr. 8 - Plazmatický oblouk uvnitř reaktoru Tokamaku



Zdroj: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/fuzni-reaktor-st40-prekona-teplotu-15-000-000-c-vice-nez-ve-stredu-slunce/>

4 Přenosová a distribuční soustava

Elektrizační soustava zajišťuje přenos elektrické energie z elektráren až ke konečnému spotřebiteli. Tyto soustavy tvoří elektrické sítě, výroby elektrické energie a elektrické stanice. Celá Elektrizační soustava se pak dělí na přenosovou a distribuční soustavu.

Přenos elektrické energie ze všeho nejdříve začíná v místě výroby. V elektrárnách se vyrobí velké množství proudu (až desítky kA), avšak kvůli jeho velikosti by přenos způsobil závažné problémy. Jeden z nich by byly velké ztráty. Při průchodu proudu vodičem se vlivem odporu začne elektrická energie měnit na teplo a vodič se začne zahřívat. Vznikají tepelné ztráty Q závislé na odporu vodiče R , na době, po kterou prochází proud t , a především na druhé mocnině procházejícího proudu I^2 .

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad [J = \Omega \cdot A^2 \cdot s] \quad (2.1)$$

Kde: J – Joule, Ω – Ohm, A – Ampér, s – Sekunda.

Pro přenos elektřiny je nejefektivnější přenášet malé proudy s nejvyšším možným napětím. To lze vyvodit i ze vztahu pro výpočet výkonu elektrického proudu P .

$$P = U \cdot I \quad [W = V \cdot A] \quad (2.2)$$

Kde: W – Watt, V – Volt, A – Ampér

Ze vzorce je patrná závislost na napětí U a proudu I . Pokud by tedy docházelo k přenášení výkonu např. o velikosti 1 GW při použití menšího napětí 110 kV, vodičem by procházel velký proud 9 090 A, a tudíž by vznikaly velké tepelné ztráty. Jestliže však bude přenášeno napětí 400 kV, vodičem bude procházet pouze 2 500 A, díky čemuž se ztráty výrazně sníží. Zjištěná ztráta je tedy 3,6krát nižší, než kdyby bylo použito napětí 110 kV. Musí však platit podmínka, že napětí je přenášeno v obou případech na stejnou vzdálenost při působení totožného odporu vodiče.

U střídavého proudu vyrobeného elektrárnou, se musí zvýšit napětí pomocí blokových transformátorů, umístěných přímo v areálu elektrárny. Pro přenos na velké vzdálenosti se napětí transformuje na VVN (velmi vysoké napětí) 220 kV nebo 400 kV. Jedná se o vedení s nejvyšší napěťovou hladinou v republice. Tento druh přenosu zajišťuje přenosová soustava. Správcem přenosové soustavy, dohlížející na provoz VVN v České republice, je delší dobou společnost Čeps. Vedení s napětím 400 kV má

největší zastoupení v české přenosové soustavě s celkovou délkou 3 735 km, z čehož 1 371 tvoří dvojité a vícenásobné linky. Celková vzdálenost přenosové soustavy v České republice ke dni 31.12.2018 je zřehledněna v následující tabulce 6. (17; 18)

Tab. 6 - Přenosová soustava České republiky

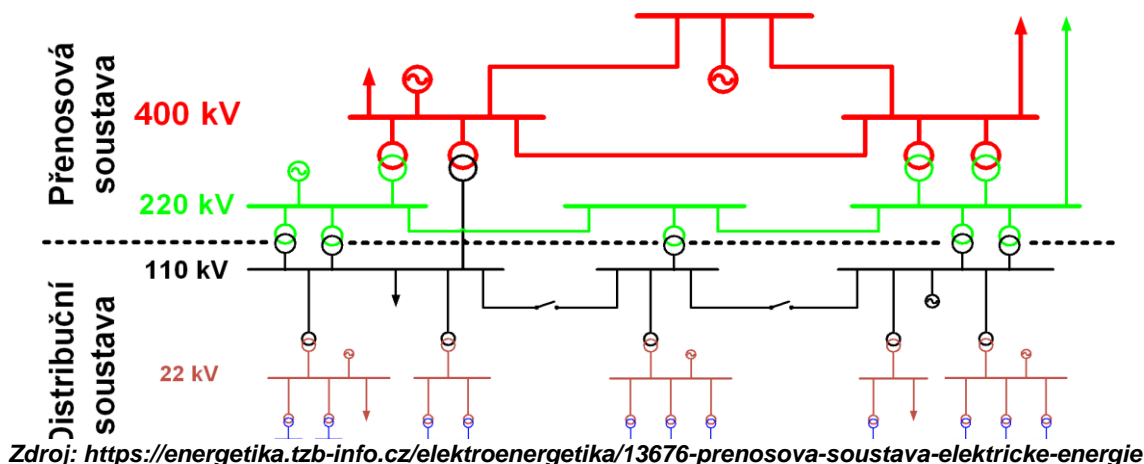
Popis Zařízení		ČR celkem
Vedení 400 kV	(km)	3735
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1371
Vedení 220 kV	(km)	1909
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1038
Vedení 110 kV	(km)	84
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	78

Zdroj: Vlastní zpracování dle Čeps a.s.

Po přivedení elektřiny z přenosové soustavy do distribuční sítě se nejprve vysoké napětí v transformačních stanicích přetransformuje na napětí 110 kV, část elektrické energie se převádí do velkých podniků, jako jsou továrny těžkého průmyslu nebo se využijí pro napájení elektrifikovaných železničních tratí. Další část elektřiny je distribuována ke zbývajícím spotřebitelům (města, obce, lehký průmysl), kde se transformuje na napětí 22 kV. Poslední transformací se převede na nízké napětí 230 V a 400 V, které je už přiváděno do našich domácností.

Hlavní rozdíl mezi přenosovou a distribuční soustavou je, kromě difference jejich napětí, také rozdíl v zapojení obou sítí. Všechna vedení a transformační stanice mezi hladinami 220 až 400 kV jsou v přenosové soustavě vzájemně propojena. Jedná se tedy o propojenou síť, ve které se všechny složky elektricky ovlivňují. Po

Obr. 9 - Schéma elektrizační soustavy



vypnutí jednoho nebo více vedení dochází k rozložení zátěže mezi ostatní funkční prvky tak aby nedošlo k úplnému omezení provozu. (19; 18; 20)

U distribučních soustav nedochází k vzájemnému propojení oblastí napájeným z přenosové soustavy, díky paralelně zapojeným transformátorům. To lze rozpoznat i na obrázku 6, představující schéma elektrizační soustavy.

4.1 Venkovní vedení

Vodiče venkovního vedení čelí denně nepříznivému počasí, jako jsou např. bouřky, námrazy a vítr. Z těchto důvodů pro snížení ztrát vzniklých na vedení se používají jednoduché bronzové vodiče s velikostí průřezu do 25 mm² nebo, v praxi nejběžněji využívaná kombinovaná ocelohliníková lana Al-Fe. Jedná se o lana složená z ocelového jádra a hliníkové části, která se nazývá plášť. U těchto lan dochází ke ztrátám vlivem tzv. korony. Ta vzniká často působením vlhka na vedení, avšak díky svému zaoblenému tvaru se snižují ztráty vzniklé korunou, která se projevuje především na hranách vodičů.

Pro vedení o napětí 400 kV se používají tzv. svazkové vodiče, což je několik navzájem spojených Al-Fe lan. Tímto spojením se výrazně omezí skinefekt⁴ a taktéž sníží ztráty korunou. V ČR se využívá spojení třech lan pro jednu fázi. Souběžnost lan zajišťují pevné rozpěry. Vodič napnutý mezi dvěma závěsnými body vytváří křivku zvanou řetězovka. Tuto křivku a namáhání na stožárech lze přesně vypočítat, a následně díky tomu projektovat vzdálenosti mezi stožáry (21; 18)

4.1.1 Stožáry

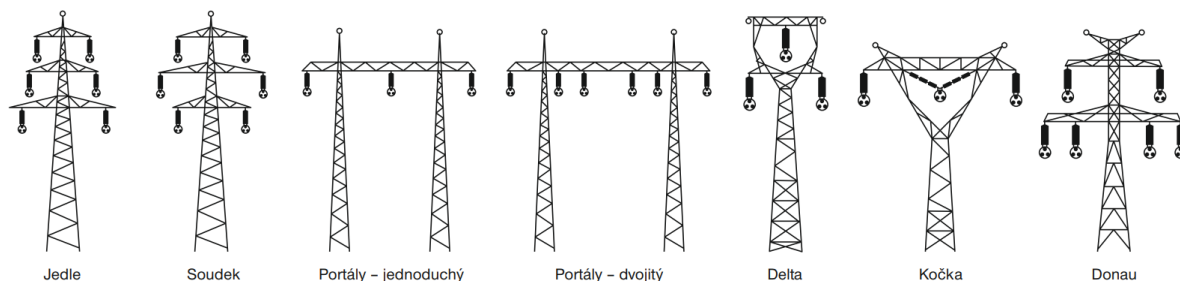
Stožáry elektrického vedení jsou svojí velikostí nepřehlédnutelná součást přenosové soustavy. Názvy jednotlivých stožárů jsou odvozeny od toho, co připomínají. Mezi nejstarší patří Portál, Jedle, Soudek a novější složitější typy jsou Delta, Donau, Kočka. Mimo nosné stožáry tvoří síť i stožáry výztužné. Důležité jsou hlavně z hlediska napínání vodičů. Jsou konstruovány zvláště pro mechanické namáhání působící síly vodičů.

Na vrcholu stožáru je umístěna vysoce účinná ochrana proti bleskům. Konstrukce a jejich uspořádání je postaveno tak, aby se svazky vedení k sobě, k zemi nebo ke stožáru nepřiblížili ani při nejsilnější vichřici.

⁴ Fyzikální děj, při kterém dochází k vytlačování procházejícího proudu směrem k povrchu vodiče.

Materiál použitý pro výrobu stožárů je speciální ocel, na jejímž povrchu se vlivem vlhkosti vytvoří tenká vrstva koroze, která působí jako ochranu materiálu stožáru. V tomto případě není nutné použít méně funkční nátěry. (21; 18)

Obr. 10 – Typy stožárů



Zdroje: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=5.3.2

4.1.2 Izolátory

Izolátory slouží k upevnění vodičů na elektrickém vedení. Mohou být buďto závěsné nebo podpěrné podle toho, jakou funkci na stožárech vykonávají. Dělí se také podle druhu řetězce na čapkové izolátory a dřívkové tyčové izolátory. Jejich funkce spočívá v odizolování elektrických konstrukčních částí s rozdílným potenciálem a současně přenáší mechanické síly mezi jednotlivými částmi vedení. Se zvýšeným rozdílem potenciálu je potřeba zvětšit izolační schopnosti navýšením rozměru izolátoru s rostoucím počtem stříšek (sukýnek).

Izolátory musejí také odolávat nepříznivému počasí, jako jsou poryvy větru, zimní námrazy, nebo také odolávat velkému přepětí ve vedení vzniklému při úderu blesku nebo při rozpínání či spínání vedení. Jako materiál izolátorů se používá keramika, v poslední době i sklo. (21; 19)

4.1.3 Elektrické Stanice

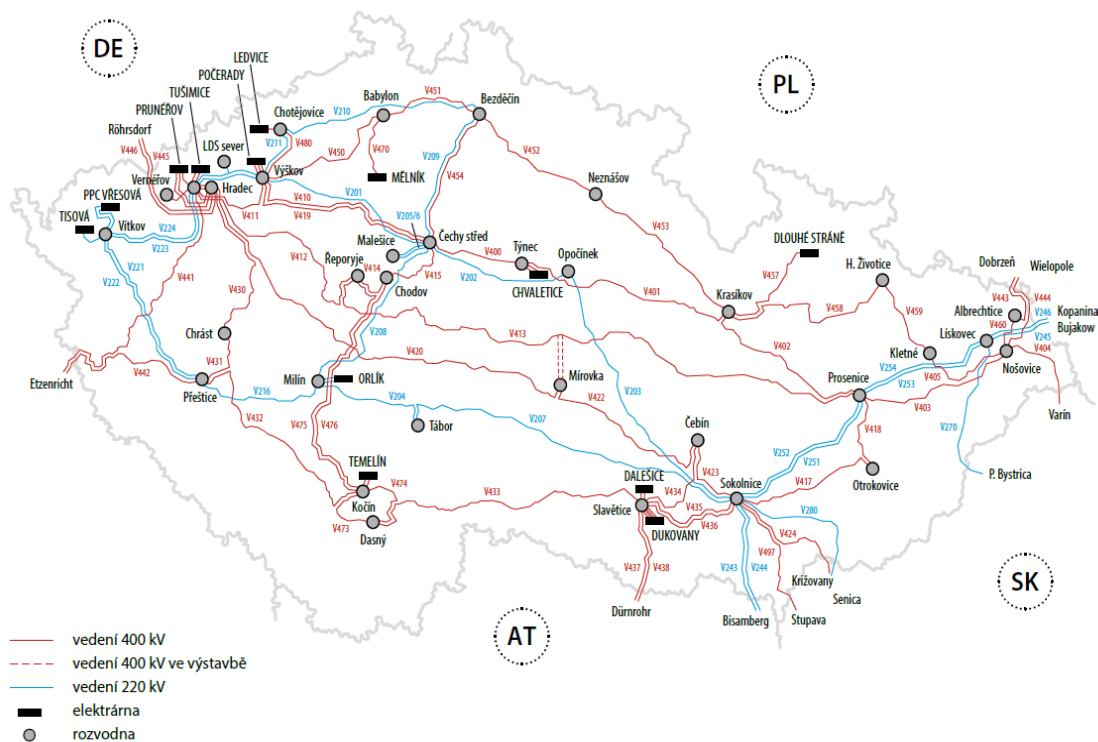
Důležitou součástí přenosové soustavy jsou kromě stožárů a vodičů také elektrické stanice. Ty se dělí na transformované, ve kterých se elektrické napětí buďto snižuje nebo zvyšuje a dále se přenáší do spínací stanice, kde se napětí netransformuje, pouze zde dochází k jeho dalšímu rozvodu, a v poslední řadě na měničny. Ty slouží k usměrnění střídavého napětí na napětí stejnosměrné. Nejčastěji jsou využívány pro napájení stejnoměrných soustav elektrifikovaných železnic, metra, tramvají a trolejbusů. Podstatnou část tvořící elektrické stanice jsou rozvodny. Ty, jak sám název napovídá, slouží k přivádění a odvádění elektrické energie. Jejich

elektrickou část tvoří hlavně vodiče, izolátory, přístroje ochranné, řídicí, spínací a návěštní. Venkovní rozvodny jsou přizpůsobeny pro velmi vysoké napětí, naopak pro nízké napětí se používají kryté rozvodny, zpravidla pro napětí do 35 kV. (21; 19)

4.2 Napojení přenosové soustavy na zahraniční síť

Elektrická energie není omezoována státními hranicemi, ale fyzikálními zákony. I přesto ale hranice mají pro tok energie svůj význam. Každý stát si totiž určuje vlastní energetickou politiku a rozhoduje, z jakého zdroje bude vyrábět elektřinu, a kde postaví přenosovou soustavu pro její rozvod. Každý stát má tedy propojené přenosové soustavy se sousedními státy. To však přináší řadu nevýhod, kupříkladu masivní podpora obnovitelných zdrojů elektřiny v Německu negativně ovlivňuje přenosové soustavy v České republice. Nejhorší z OZE z hlediska nestability sítě jsou větrné elektrárny. Pokud nastane silný vítr, turbíny větrných elektráren na severu země se roztočí naplno a vyrábějí elektřinu, která si pro svůj přenos hledá cestu nejmenšího odporu. Dochází tak k zatěžování linek okolních států, což může způsobit závažné komplikace v podobě výpadku dodávky elektřiny na rozlehlém území. Aby byl provoz celého systému přenosu spolehlivý, je potřeba stálé rovnováhy mezi výrobou a spotřebou. (4; 17)

Obr. 11 Schéma sítě 400 kV a 220 kV



Zdroj: <https://ceps.cz/cs/ke-stazeni>

V případě, kdy dojde k narušení výše zmiňované rovnováhy mezi výrobou a spotřebou, musí provozovatel soustavy přenosu jednat a přijmout opatření, uzpůsobená k obnově této rovnováhy. V případě výroby musí být navýšena také spotřeba a naopak. Pro případ neočekávaných náporů elektřiny ze sousedního Německa, užívá společnost Čeps speciální transformátory PST, ty se nacházejí v rozvodně Hradec u Kadaně v pohraničí s Německem. Takový transformátor v součinnosti s regulací fáze usměrní zahraniční toky elektřiny, a poté je navrátí zpět do bezpečných mezí, tak, aby neohrožovaly přenosovou soustavu v našem státě. Na obrázku 7 můžete vidět kompletní mapu veškerých vedení VVN na území České republiky. (4; 18)

5 Praktická část

Praktická část této bakalářské práce obsahuje informace, získané z firmy Eurostat pracující jako statistický úřad Evropské unie, pojednávající o diferenci cen a spotřebě energie z obnovitelných zdrojů. Dále bude v kapitole provedena statistická analýza zjišťující míru korelace mezi cenou a podílem vyrobené elektrické energie z OZE z celkové produkce v dané zemi.

5.1 Produkce z OZE

Produkce z obnovitelných zdrojů energie v roce 2017 v rámci EU dosáhla 211 tun z ropného ekvivalentu TOE⁵. Celkově vyrobená energie z OZE v EU se mezi obdobími 2006 až 2017 zvýšilo o 66 %, což je cifra odpovídající průměrnému přírůstku ve výši 5,3 % ročně.

Vyrobena elektřina z OZE se podílela z více než jedné čtvrtiny (29,6 %) na celkové hrubé spotřebě elektřiny⁶ v Evropské unii. Pro růst vyrobené elektřiny z OZE byl přelomový rok 2006, kdy až do roku 2017 se nejzásadněji rozšířily tři druhy obnovitelných zdrojů, a to solární energie, větrná energie, a také energie z biopaliv. Vodní elektrárny jsou dlouhodobě největším zdrojem výroby energie z OZE (36,9 % z celkového množství), přičemž množství vyrobené elektřiny tímto způsobem se za posledních 10 let zásadně nezvýšilo. Oproti tomu opravdovými skokany se staly elektrárny vyrábějící elektrickou energii z větrné a solární energie. Jejich vyrobené množství se (22) v roce 2017 zvýšilo 44,4krát, než tomu tak bylo v roce 2006. V důsledku toho vrostl celkový podíl vyrobené elektrické energie z větrné a solární energie na 31,8 % z OZE.

S více než polovinou (53,9 %) podílu hrubé spotřeby elektřiny z OZE v rámci členských států Evropské unie mělo Švédsko. Daleko za sebou nechalo Finsko (38,7 %), Lotyšsko (37,2 %) a Rakousko (33,5 %). Naopak nejhůře dopadlo s nejnižším podílem obnovitelných zdrojů Lucembursko (5,4 %), Malta a Nizozemsko (v obou zemích 6,0 %). (23)

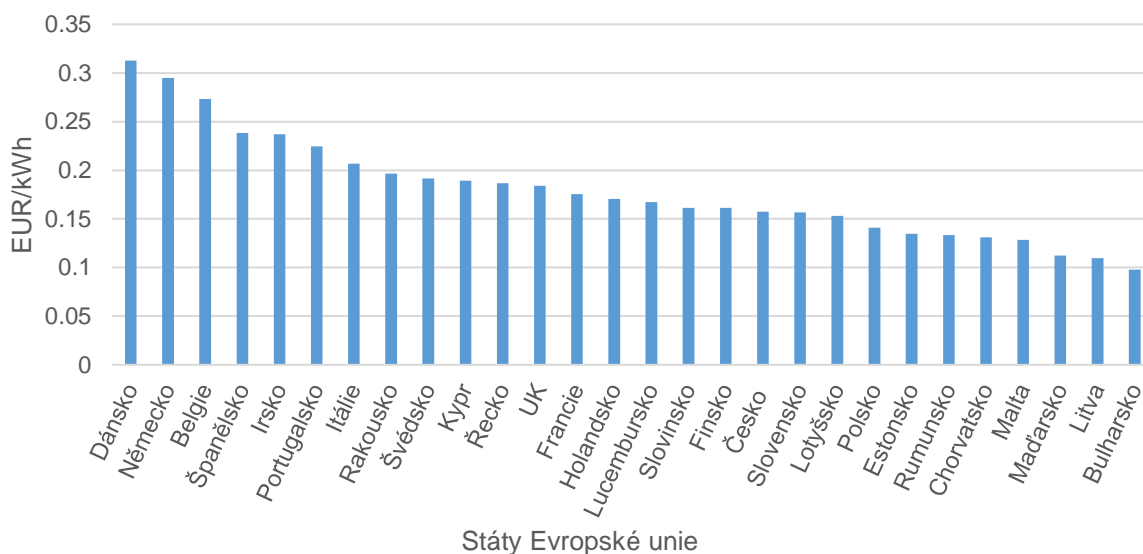
⁵ Tonne of oil equivalent – Tuna z ropného ekvivalentu, podle úmluvy se jedná o ekvivalent přibližnému množství energie, které lze extrahovat z jedné tuny ropy. Jedná se o standardizovanou jednotku, jejíž energická hodnota dosahuje 41 868 kJ / kg a může být použita k porovnání energie z různých zdrojů.

⁶ Hrubá spotřeba elektřiny – Hrubá spotřeba elektřiny zahrnuje celkovou hrubou národní výrobu elektřiny ze všech paliv, plus dovoz elektřiny minus vývoz.

5.2 Ceny elektřiny v Evropě

Pro srovnání cen elektřiny složí Graf 1, ve které jsou zachyceny ceny elektřiny za 1 kWh pro rok 2018. V úvahu se bralo pouze rozpětí s roční spotřebou mezi 2500 kWh – 5000 kWh, které přibližně odpovídá spotřebě jedné domácnosti za rok. Všechny ceny jsou uvedeny v eurech.

Graf 1 - Ceny elektřiny pro domácnosti v zemích EU



Zdroj: Vlastní zpracování dle Eurostat

Nejvyšší ceny za elektřiny v první polovině roku 2018 mezi členskými státy EU byly v Dánsku (0,3126 EUR za kWh), Německu (0,295 EUR za kWh) a Belgii (0,2733 EUR za kWh), viz. graf 1. Naopak nejnižší ceny elektřiny byly v Bulharsku (0,0979 EUR za kWh), Litvě (0,1097 EUR za kWh) a Maďarsku (0,1123 EUR za kWh). Cena elektřiny pro domácnosti v Dánsku a v Německu byla třikrát vyšší než cena v Bulharsku. Průměrná cena elektřiny v EU v první polovině roku 2018 byla 0,18 euro za jeden kWh. Ze všech těchto států má Česká republika 11. nejlevnější elektřinu. (23)

5.3 Závislost ceny elektřiny na podílu OZE

Jak jsem již dříve psal, v této kapitole bude prováděna statistická analýza, která má prokázat, zda je cena elektřiny závislá na procentuálním podílu OZE na výrobě. Pro tuto analýzu bude použita metoda Spearmanova koeficientu pořadové korelace r_s . Vzorec je převzat ze zde uvedeného odkazu (22). Jedná se neparametrickou charakteristiku. Spearmanův koeficient měří těsnost kterékoli statistické monotónní závislosti. Vzorec pro výpočet Spearmanova koeficientu bývá nejčastěji vyjádřen takto:

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (4.1)$$

Při výpočtu se nahrazují pozorované hodnoty x_i a y_i za pořadové číslo p_i a q_i . Hodnota d_i je rozdíl pořadových čísel ($d_i = p_i - q_i$), kde n je počet pozorování (v našem případě se $n = 28$). Pořadový koeficient r_s nabývá hodnot od +1 do -1. Poskytuje informaci o míře těsnosti pozorované závislosti mezi vzájemnými hodnotami. Při výpočtu je důležité provést test významnosti vypočítaného koeficientu. Ten porovnáme s kritickou hodnotou R_α . To je přesně stanovená hodnota, kterou lze nalézt ve statistických tabulkách. Jestliže vypočítaná hodnota r_s bude větší, než je kritická hodnota R_α nalezená v tabulce pro zvolenou hladinu významnosti α pro daný počet n , jedná se o navzájem závislé veličiny, tedy zamítáme hypotézu o nezávislosti pozorovaných náhodných veličin na hladině významnosti α .

V našem příkladě budeme charakterizovat těsnost závislosti mezi cenou elektřiny v jednotlivých státech a jejich procentuální podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny. Pro výpočet byli využity hodnoty ze všech států Evropské unie z roku 2018. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 7. (22)

Tab. 7 - Tabulka vypočítaných hodnot

Stát	Podíl OZE v %: x_i	Pořadí: p_i	Cena elektřiny za jeden kWh v Kč: y_i	Pořadí: q_i	$d_i = p_i - q_i$	d_i^2
Dánsko	53,7	26	8,1276	28	-2	4
Německo	34	20	7,67	27	-7	49
Belgie	15,8	9	7,1058	26	-17	289
Španělsko	32,2	18	6,1958	25	-7	49
Irsko	27,2	15	6,1594	24	-9	81
Portugalsko	39,7	22	5,8396	23	-1	1
Itálie	35,7	21	5,3742	22	-1	1
Rakousko	72,6	28	5,1116	21	7	49
Švédsko	57,5	27	4,9842	20	7	49
Kypr	8,6	4	4,9218	19	-15	225
Řecko	23,8	14	4,8516	18	-4	16
UK	30,2	16	4,7814	17	-1	1
Francie	17,6	11	4,5604	16	-5	25
Holandsko	12,5	5	4,4356	15	-10	100
Lucembursko	6,7	2	4,3446	14	-12	144
Slovinsko	32,1	17	4,1938	13	4	16
Finsko	32,9	19	4,1912	12	7	49
Česko	13,4	6	4,0898	11	-5	25
Slovensko	22,5	13	4,0716	10	3	9
Lotyšsko	51,3	25	3,9806	9	16	256
Polsko	15,5	8	3,666	8	0	0
Estonsko	15,4	7	3,5048	7	0	0
Rumunsko	42,7	23	3,4658	6	17	289
Chorvatsko	46,7	24	3,4086	5	19	361
Malta	5,6	1	3,341	4	-3	9
Maďarsko	7,2	3	2,9198	3	0	0
Litva	16,8	10	2,8522	2	8	64
Bulharsko	19,2	12	2,5454	1	11	121
Součet:						2282

Zdroj: Vlastní zpracování dle Eurostat

Dosadíme do vzorce (4.1):
$$r_s = 1 - 6 \frac{2282}{28(28^2 - 1)} = 0,376$$

Pro test významnosti Spearmanova koeficientu, najdeme v tabulce kritických hodnot výběrového korelačního koeficientu pro r_s hodnotu $r_{0,05(28)} = 0,361$ (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a s počtem pozorování 28).

Protože $r_s = 0,376 > r_{0,05(28)} = 0,361$ zamítáme hypotézu, že cena elektřiny je nezávislá na procentním podílu výroby z OZE v jednotlivých zemích. (22) (23)

V úvahu se však musí brát i to, že cenu elektřiny výrazně ovlivňuje velikost daní v jednotlivých státech. Nejvyšší podíl daně na celkové ceně byl zaznamenán v Dánsku, kde daně a poplatky tvoří 69,4 % z celkové ceny elektřiny. Nejnižší podíl sazby daně byl na Maltě, kde tvořila 4,8 % z konečné ceny. To vše ale může být právě zapříčiněno drahou energií z obnovitelných zdrojů. (23)

6 Závěr

V této bakalářské práci byl kladen velký důraz na charakteristiku jednotlivých výhod a nevýhod u všech zdrojů elektrické energie. Z tohoto rozboru je patrné, že všechny zdroje energie mají svá pozitiva i negativa. Mezi zdroji energie se uhelné elektrárny potýkají s největší kritikou. Velkou výhodou uhelných elektráren je jejich účinnost, rychlé a nenáročné zařazení do provozu a velký výkon. Avšak to vše je zanedbatelné s porovnáním toho, jak moc velkou ekologickou zátěž představují. Naproti tomu jsou jaderné elektrárny, které bývají také často kritizovány, mnohonásobně šetrnější k přírodě a nepředstavují takovou ekologickou hrozbu jako uhelné elektrárny.

Po havárii v Černobyli jsou však lidé vůči JE skeptičtí a citliví na jakékoliv negativní zprávy nebo poruchy, byť jsou naprosto neškodné. Nejvíce se bojí jaderných havárií a vyprodukovaného jaderného odpadu. V současnosti jsou, už tak rozsáhlá bezpečnostní opatření zabraňující jakékoliv závažné poruše, že vznik jaderné havárie je takřka nemožný a s odpadem je zacházeno tak, aby se nedostal do jakéhokoliv kontaktu s okolním světem. Odpad z uhelné elektrárny je také radioaktivní, a přesto není šetrně skladován nebo izolován od venkovního prostředí.

Nejšetrnější k přírodě jsou obecně OZE. Neprodukují žádné emise ani nebezpečný odpad, ale na druhou stranu i tyto zdroje mají své zápory a představa, že by plně nahradily všechny ostatní zdroje, je stále otázkou vzdálené budoucnosti.

Proto je důležité mít jakousi rovnováhu při výrobě elektřiny mezi obnovitelnými a neobnovitelnými zdroji energie. To je důležité i z hlediska udržitelnosti stability sítě, kterou narušují právě OZE. Vliv nestabilního přísunu elektřiny z OZE může vést až k úplnému výpadku. To způsobuje především kolísavá intenzita slunečního záření nebo větru.

Jako praktická část byla provedena statistická analýza za účelem zjištění, zda lze prokázat určitou závislost mezi cenou elektřiny a podílem obnovitelných zdrojů elektřiny vůči celkové výrobě v dané zemi. Pro tuto analýzu bylo nutné vybrat aktuální ceny elektřiny a procentuální podíl OZE ze stránek statistického úřadu pro Evropskou unii (Eurostat). Pro výpočet byla použita metoda Spearmanova koeficientu pořadové korelace. Z vypočítaných hodnot byla prokázána závislost ceny elektřiny na procentuálním podílu OZE na výrobě. To dokazuje že energie z obnovitelných zdrojů (tzv. zelená energie) je dražší než energie z klasických uhelných elektráren nebo JE a

navyšováním jejich podílu na výrobě se nepříznivě odráží na zvyšování cen elektřiny v dané zemi. To může být zapříčiněno např. velkými finančními náklady na výstavbu těchto elektráren, jejich technologickou náročností, dlouhodobou návratností investic, nebo také jejich menším výkonem.

Co se týče budoucnosti výroby energie, vypadá dost optimisticky. V současnosti se vyvíjí ambiciózní fúzní reaktor, který by měl být dokončen do příštích deseti let. Tento reaktor by byl schopen vyrábět energii pro města čistě a bez větších nákladů a s nulovou zátěží životního prostředí. Dokázal by pohánět trvale kosmické lodě, nebo například letadla, která by měla neomezený dolet. Úspěšný vývoj takto pokrokové technologie, by odstartoval energetickou revoluci. Bohužel na takto ambiciózní počín je potřeba dlouhé roky vývoje a nám nezbývá nic jiného, než čekat na avizovanou budoucnost.

7 Seznam použitých zdrojů

1. VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 20. Srpna 2018.] https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/vyroba_5.html.
2. Matoušek, Antonín. *Výroba elektrické energie*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2007. ISBN: 978-80-214-3317-5.
3. Proces výroby v uhelných elektrárnách. *ww.cez.cz*. [Online] [Citace: 26. Února 2019.] <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/uhelne-elektřarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektřarna.html>.
4. Vacková, Iveta. *Výroba elektrické energie v České republice*. Praha : Bakalářská práce, 2017. Sv. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta ekonomická. Vedoucí práce RNDr. Jan Grosz.
5. Jenerálová, Ivana. *Energetický průmysl v ČR*. *www.czech.cz*. [Online] [Citace: 16. Února 2019.] <http://www.czech.cz/cz/Podnikani/Ekonomicka-fakta/Energeticky-prumysl-CR>.
6. Uhelné elektrárny. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 10. Prosince 2018.] https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/uhel_3.html.
7. Jaderná elektrárna. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 6. Ledna 2019.] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k33.htm#model>.
8. Mertin Libra, Vladislav Poulek. *Zdroje a využití energie*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2007. 978-80-213-1647-8.
9. Paroplynové a plynové elektrárny. *Svět energie*. [Online] [Citace: 20. Prosince 2018.] <https://www.svetenergie.cz/cz/elektřarny/plynove-a-paroplynove-elektřarny/charakteristika>.
10. Vobořil, David. *Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR*. *www.oenergetice.cz*. [Online] [Citace: 4. Března 2019.] <https://oenergetice.cz/elektřina/vodni-elektřarny-princip-a-rozdeleni/>.
11. Jiří Beranovský, Karel Murtinger, Milan Tomeš. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. Praha : ERA vydavatelství, 2007. 9788073661335.
12. Sluneční elektrárny. *www.svetenergie.cz*. [Online] [Citace: 16. Března 2019.] <https://www.svetenergie.cz/cz/elektřarny/slunecni-elektřarny/charakteristika>.
13. Fungování slunečních elektráren. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 15. Března 2019.] <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/slunce/flash-model-jak-funguje-slunecni-elektřarna.html>.
14. J.F Manwell, J.G McGowan, A.L Rogers. *Wind energy explained: theory, design and application*. Chichester : Wiley, 2002. 978-0-470-01500-1.

15. Ončák, Milan. Větrná energie. *www.ekoenergy.org*. [Online] [Citace: 18. Března 2019.] <https://www.ekoenergy.org/cs/extras/background-information/wind-energy/>.
16. Kulhánek, Petr. Kompaktní fúzní reaktor. *www.aldebaran.cz*. [Online] [Citace: 28. Března 2019.] https://www.aldebaran.cz/bulletin/2014_34_cfr.php.
17. Z elektrárny do zásuvky. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 21. Ledna 2019.] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/4-4.htm>.
18. Hradílek, Zdeněk. *Elektro energetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava : Montanex a.s., 2008. 978-80-7225-291-6.
19. Electric power generation, transmission, and distribution. *Leonard L. Grigsby*. New York : CRC Press, 2000. 978-1-4398-5628-4.
20. Zajímavá čísla. *www.ceps.cz*. [Online] [Citace: 21. Února 2019.] <https://ceps.cz/cs/zajimava-cisla>.
21. Polák, Milan. Encyklopedie energetiky, elektřina. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 26. Března 2019.] https://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2014/05-kveten/encyklopedie_eletrina_e.pdf.
22. Bohumil Kába, Libuše Svatošová. *Statika*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2013. 978-80-213-0746-9.
23. Statistiky obnovitelných zdrojů energie. *www.ec.europa.eu*. [Online] 13. Března 2019. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/cs&oldid=401177.

8 Seznamy použitých zkratek, obrázků a tabulek

8.1 Seznam použitých zkratek

JE – Jaderná elektrárna

INES – The International Nuclear Event Scale

OZE – Obnovitelné zdroje energie

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

VE – Vodní elektrárny

FVE – Fotovoltaické elektrárny

ČRÚ – Český regulační úřad

MW – Megawatt

GW – Gigawatt

VVN – Velmi vysoké napětí

kV – Kilovolt

TOE – Tonne of oil equivalent

ČEPS – Česká přenosová soustava

8.2 Seznam obrázků

Obr. 1 – Schéma uhelné elektrárny	4
Obr. 2 – Schéma paroplynové elektrárny	9
Obr. 3 – Kaplanova turbína	12
Obr. 4 – Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně	13
Obr. 5 – Schéma akumulční vodní elektrárny.....	14
Obr. 6 – Princip fotovoltaického jevu	17
Obr. 7 – Schéma větrné elektrárny.....	20
Obr. 8 – Plazmatický oblouk uvnitř reaktoru Tokamaku	24
Obr. 9 – Schéma elektrizační soustavy	26
Obr. 10 – Typy stožárů	28
Obr. 11 – Schéma sítí 400 kV a 220 kV	29

8.3 Seznam tabulek

Tab. – 1 Největší tepelné elektrárny	5
Tab. – 2 Paroplynové elektrárny	9
Tab. – 3 Vodní elektrárny	15
Tab. – 4 Fotovoltaické elektrárny	18
Tab. – 5 Větrné elektrárny	21
Tab. – 6 Přenosová soustava České republiky	26
Tab. – 7 Tabulka vypočítaných hodnot.....	34

8.4 Seznam grafů

Graf. 1 - Ceny elektřiny pro domácnosti v zemích EU.....	32
--	----