

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Bakalářská práce

**Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a
sousedních státech**

Václav Zeman

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Václav Zeman

Podnikání a administrativa

Název práce

Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních zemích

Název anglicky

Statistical analysis of electricity production in the Czech Republic and neighboring countries

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je popis vývojových tendencí výroby elektrické energie v ČR a v sousedních zemích v předem vymezeném období od roku 2000 do roku 2022, včetně provedení komparativní analýzy výroby elektrické energie mezi jednotlivými státy. Dílčím cílem práce je porovnat strukturu zdrojů výroby v těchto vybraných zemích.

Metodika

Popis vývojových tendencí ve výrobě elektrické energie bude zpracován pomocí metod analýzy časových řad. K popisu dynamiky vývoje vybraných ukazatelů budou využity základní charakteristiky časových řad a indexní analýza. Vývoj těchto ukazatelů bude doplněn o grafické a tabulkové výstupy. K popisu a porovnání zdrojů jako částí celkové výroby v daných státech budou použity vybrané metody popisné statistiky.

Doporučený rozsah práce

40-60

Klíčová slova

elektrická energie, výroba, zdroj výroby, analýza, vývoj, časová řada

Doporučené zdroje informací

ARLT, Josef, Markéta ARLTOVÁ a Eva RUBLÍKOVÁ. Analýza ekonomických časových řad s příklady. Vyd. 2. Praha: Oeconomica, 2004. ISBN 80-245-0777-3.

MATOUŠEK, Antonín. Výroba elektrické energie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky, 2007. ISBN 978-80-214-3317-5.

NĚMEC, L. Statistické metody v energetice. [Praha: SNTL], 1957.

SEBERA, Martin, Renata KLÁROVÁ a Jiří ZHÁNĚL. Časové řady. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-6698-4.

SÍŤAŘ, Vladislav. Zdroje elektrické a tepelné energie. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta strojního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7561-071-3.

ŠÍPAL, Jaroslav. Obnovitelné zdroje energie: způsoby získávání elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-742-5.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jana Köppelová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 13. 6. 2023

Ing. Tomáš Hlavsa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních státech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. 3. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Janě Köppelové, Ph.D. za odborné rady, trpělivost a ochotu. Její vedení a přístup přispěly nejenom k dokončení této práce, ale také mi umožnily rozšířit své znalosti a dovednosti v oblasti statistické analýzy.

Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR a sousedních státech

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na statistickou analýzu výroby elektrické energie v České republice a sousedních státech. Teoretická část se zabývá elektrickou energií, jejími zdroji a vymezuje sousední státy ČR. Vlastní práce se pak věnuje zejména popisu vývojových tendencí výroby elektřiny v jednotlivých státech ve sledovaném období 2000-2022, kdy je analyzován trend a k výrazným změnám jsou přisuzovány ovlivňující faktory. Součástí práce je popis struktury výroby elektrické energie dle jednotlivých zdrojů, a dále komparativní analýza výroby elektrické energie mezi vybranými státy.

Výsledky práce vykazují, že výroba elektřiny v ČR zaznamenala dlouhodobě mírný růst se zvyšujícím se podílem obnovitelných zdrojů. Německo dosahovalo po celé období nejvyšší celkové výroby. Podíl obnovitelných zdrojů v Německu výrazně rostl. Rakousko mělo ze všech zemí nejekologičtější energetický mix. Polsko zůstalo, s nejnižší výrobou na obyvatele, energeticky závislé na uhlí. Slovensku podíl obnovitelných zdrojů rostl a zůstal vysoký podíl jaderné energie. Všechny vybrané země zaznamenaly ve výrobě elektřiny kolísavý charakter, a kromě Slovenska se ve všech zemích průměrně výroba elektřiny mírně zvyšovala.

Klíčová slova: elektrická energie, výroba, zdroj výroby, analýza, vývoj, časová řada

Statistical analysis of electricity production in the Czech Republic and neighboring countries

Abstract

This bachelor thesis focuses on the statistical analysis of electricity production in the Czech Republic and neighboring countries. The theoretical part deals with electricity, its sources and defines the neighboring countries of the Czech Republic. The main part of the thesis describes the progression trends in electricity production in individual countries during the period 2000-2022, analyzing trends and attributing significant changes to influencing factors. It included a description of the structure of electricity production by various sources and a comparative analysis of electricity production among selected countries.

The results of the thesis show that electricity generation in the Czech Republic has experienced a moderate growth in the long term with an increasing share of renewable sources. Germany achieved the highest total production throughout the period. The share of renewables in Germany grew significantly. Austria had the most environmentally friendly energy mix of all countries. Poland remained, with the lowest per capita production, energy dependent on coal. Slovakia's share of renewables grew, and the share of nuclear energy remained high. All selected countries experienced fluctuations in electricity production, and except Slovakia, on average, electricity production increased slightly in all countries.

Keywords: electricity, production, production source, analysis, progression, time series

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíl práce a metodika.....	12
2.1	Cíl práce	12
2.2	Metodika	12
2.2.1	Relativní četnosti a frekvenční grafy pro nominální proměnnou	12
2.2.2	Časové řady a jejich dělení	12
2.2.3	Elementární charakteristiky časových řad	14
2.2.4	Modelování časových řad	16
2.2.5	Analýza neperiodických časových řad	18
2.2.6	Volba vhodného modelu trendu časové řady	19
3	Teoretická východiska.....	21
3.1	Elektrická energie.....	21
3.1.1	Ohmův zákon.....	22
3.1.2	Výroba elektrické energie.....	23
3.2	Zdroje elektrické energie.....	24
3.2.1	Tepelné elektrárny	24
3.2.2	Uhlí	25
3.2.3	Ropa.....	26
3.2.4	Zemní plyn.....	27
3.2.5	Jaderné palivo	28
3.2.6	Solární energie	31
3.2.7	Biomasa	33
3.2.7.1	Biomasa rostlinného původu.....	34
3.2.7.2	Biomasa živočišného původu.....	34
3.2.8	Větrné elektrárny	35
3.2.8.1	Rozdělení větrných elektráren	36
3.2.9	Vodní elektrárny	37
3.3	Sousední státy České republiky	40
3.3.1	Historie státních hranic	40
3.3.2	Současný stav státních hranic	41
4	Vlastní práce.....	42
4.1	Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR.....	42
4.1.1	Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie	43
4.2	Statistická analýza výroby elektrické energie v Německu.....	45

4.2.1	Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie	46
4.3	Statistická analýza výroby elektrické energie v Polsku	48
4.3.1	Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie	49
4.4	Statistická analýza výroby elektrické energie v Rakousku	51
4.4.1	Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie	52
4.5	Statistická analýza výroby elektrické energii na Slovensku	53
4.5.1	Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie	54
4.6	Porovnání výroby elektřiny na osobu v jednotlivých státech.....	56
5	Zhodnocení výsledků vlastní práce	58
6	Závěr	60
7	Citovaná literatura.....	62
8	Seznam grafů a tabulek.....	65
8.1	Seznam grafů.....	65
8.2	Seznam tabulek.....	66

1 Úvod

Elektrická energie je základním prvkem moderního životního stylu. Její dostatečnost a dostupnost jsou klíčové pro provoz průmyslových závodů, fungování obchodních center, ale i pro běžné každodenní činnosti domácností a jednotlivců. Tento nárůst poptávky po elektrické energii je jedním z hlavních faktorů, který přispívá k zvyšování výroby energie a rozvoji energetických infrastruktur.

S ohledem na postupně se zhoršující klimatické podmínky a výzvy spojené s ochranou životního prostředí je také stále naléhavější potřeba přechodu na udržitelné způsoby výroby energie. Analýza výroby elektřiny se tak stává klíčovým nástrojem pro identifikaci efektivních strategií a opatření, která povedou k redukci emisí skleníkových plynů a podpoří ekologickou udržitelnost.

Zabývat se analýzou výroby elektrické energie není jen otázkou sledování ekonomických a technických aspektů. Je to také otázka strategického plánování a budování odolných energetických systémů, které dokážou odpovědět na výzvy budoucnosti. Pouze díky hlubšímu porozumění trendům a faktorům ovlivňujícím výrobu elektrické energie můžeme efektivně reagovat na rychle se měnící potřeby a výzvy v oblasti energetiky.

Tato práce se zaměřuje na statistickou analýzu výroby elektrické energie v České republice a sousedních zemích, konkrétně v Německu, Polsku, Rakousku a na Slovensku s cílem popsat vývoj v produkci v jednotlivých zemích ve sledovaném období 2000-2022. V prvním a posledním roce sledovaného období jsou v jednotlivých státech analyzovány podíly zdrojů elektrické energie na celkové výrobě. A jednotlivé země jsou během sledovaného období porovnávány dle ukazatele výroba elektrické energie na obyvatele.

Autor se domnívá, že výsledky této práce mohou přispět k lepšímu porozumění dynamiky a struktury výroby elektrické energie v ČR a sousedních státech.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je popsat vývoj výroby elektrické energie v České republice, Německu, Polsku, Rakousku a na Slovensku v průběhu sledovaného období 2000-2022 a identifikovat klíčové trendy, události a faktory, které ovlivňovaly tuto produkci. Dále zjistit a popsat podíl jednotlivých zdrojů energie na celkové výrobě elektřiny v jednotlivých zemích, a to jak na začátku, tak na konci sledovaného období. Práce se také zabývá komparativní analýzou výroby elektřiny na obyvatele v těchto zemích a identifikuje státy podle výše produkce elektřiny na osobu. Tato analýza má za cíl poskytnout ucelený pohled na výrobu elektrické energie v daných zemích podle daného ukazatele je porovnat.

2.2 Metodika

2.2.1 Relativní četnosti a frekvenční grafy pro nominální proměnnou

Dle Součka (2006) se pro vzájemné porovnávání různých rozdělení četností a jejich struktury v různě velkých souborech užívají relativní četnosti. Tyto četnosti... p_i se počítají jako poměr dílčích absolutních četností a rozsahu souboru:

$$p_i = \frac{n_i}{n} \quad (2.1)$$

Vondroušová (2019) uvádí, že v případě nominálních proměnných se pro grafické zobrazení rozložení daných četností užívá tzv. výsečový graf, který je v praxi často nazýván jako „koláčový graf“. Výsečový graf má však svá úskalí. Příkladem může být velký počet kategorií, do kterých je soubor, jako celek, rozdělen. Pokud je počet kategorií příliš velký, např. větší než 8, lze použít pro přehlednější zobrazení a prezentaci dat graf sloupcový.

2.2.2 Časové řady a jejich dělení

Dle Hindlse (2007) se pod pojmem časová řada rozumí posloupnost věcně a prostorově srovnatelných pozorování, která jsou z hlediska času uspořádána z minulosti

do přítomnosti. Analýzou časových řad se pak rozumí soubor metod, které slouží k popisu těchto řad.

S takovými řadami, uspořádanými dle času se lze setkat ve fyzice, biologii nebo také v ekonomii. Např. při sledování makroekonomických ukazatelů (HDP, inflace, míry nezaměstnanosti, platební bilance) nebo při sledování cen měnových kurzů, kryptoměn, akcií nebo jiných komodit.

V poslední době došlo k rozvoji analýzy a předpovědi ekonomických časových řad díky snaze využít zjednodušených charakteristik k porozumění minulosti našeho okolí a odvození možné budoucnosti. Tento vývoj přinesl výběr různých nástrojů technik a nových přístupů. S rozvojem výpočetní techniky a dostupností statistického software se staly tyto metody rychlejšími a přesnějšími. Umožnily tak systematické ověřování jejich účinnosti v praxi.

Časové řady jsou obvykle rozdělovány do různých kategorií, a to nejen pro definování různých typů časových řad, ale především pro zdůraznění rozmanitosti sledovaných ukazatelů a jejich často specifických statistických charakteristik. To vyžaduje výběr vhodné analytické metody, které nám pomohou porozumět mechanismu, který ovlivňuje vývoj sledovaného jevu.

Základní kritéria pro klasifikaci časových řad zahrnují:

a) Podle časového hlediska: Časové řady se dělí na intervalové a okamžikové. Intervalové časové řady zahrnují data, která jsou pozorována v pravidelných časových intervalech, zatímco okamžikové časové řady se zaměřují na data, která jsou zaznamenána v konkrétních okamžicích.

b) Podle periodicity: Časové řady se dělí na roční a krátkodobé a dlouhodobé. Roční časové řady obsahují data, která jsou sledována s roční periodicitou. Krátkodobé časové řady zahrnují data, která jsou zaznamenávána v čtvrtletních, měsíčních a týdenních intervalech. Na druhou stranu dlouhodobé časové řady obsahují data s delší než roční periodicitou (víceleté).

c) Podle druhu sledovaných ukazatelů: Časové řady se rozdělují na primární (prvotní) a sekundární (odvozené). Primární ukazatele představují hlavní sledované

proměnné, zatímco sekundární ukazatele jsou odvozeny z primárních dat a slouží k podrobnější analýze.

d) Podle způsobu vyjádření dat: Časové řady se dělí na časové řady naturálních ukazatelů, což znamená, že hodnoty ukazatele jsou vyjádřeny v naturálních jednotkách, a na časové řady peněžních ukazatelů, kde se sledují hodnoty ukazatele v peněžních jednotkách.

2.2.3 Elementární charakteristiky časových řad

Arlt (2002) uvádí, že ze základních způsobů, jak prezentovat časové řady, je jejich vizualizace pomocí grafů. Obvykle se na těchto grafech zobrazují buď původní hodnoty časové řady nebo kumulativní hodnoty časové řady. Kumulativní časové řady vznikají tím, že se postupně sčítají jednotlivé hodnoty časové řady. Tento přístup však nemá smysl u okamžikových časových řad, protože jejich hodnoty nezávisí na daném časovém intervalu.

Často se časové řady zobrazují tak, aby na grafech vynikly jejich charakteristické vlastnosti a rysy, což napomáhá lepšímu porozumění jejich dynamice.

Dle Hindlse (2007) lze prostřednictvím vizuálního rozboru grafického záznamu časové řady odhalit různé významné prvky, jako je dlouhodobá tendence vývoje, periodické cykly a další pravidelné změny. Tato vizuální analýza poskytuje užitečné informace, ale sama o sobě nestačí k plnému porozumění hlubším souvislostem a mechanismům studovaného procesu.

Elementární charakteristiky slouží k hodnocení vývoje ukazatele a podávají informace o charakteru a chování ukazatele shromážděného v časové řadě. Elementární charakteristiky se dělí na ukazatele, které posuzují úroveň časové řady (průměry) a ukazatele, které popisují dynamiku vývoje časové řady (diference a indexy). V případě charakteristik sloužících k posouzení úroveň časové řady je třeba rozlišit, zda se jedná o intervalovou nebo okamžikovou časovou řadu. V případě obou těchto druhů lze počítat je možné využít prostou nebo váženou formu průměru, přičemž záleží na tom, zda je délka jednotlivých intervalů, nebo vzdálenost mezi jednotlivými okamžiky stejná nebo nikoliv. U intervalových časových řad lze tedy počítat, v případě stejně dlouhých intervalů, prostý aritmetický průměr, který se počítá pomocí tohoto vzorce:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.2)$$

V případě nesterjně dlouhých intervalů také vážený aritmetický průměr podle vzorce:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i n_i \quad (2.3)$$

Malé n je celkový počet hodnot a y znázorňuje jednotlivou časovou řadu.

V případě okamžikových časových řad se počítá prostý a vážený chronologický průměr. Vzorec pro výpočet prostého chronologického průměru:

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2+\dots+y_{n-1}+y_n}{2}}{k-1} \quad (2.4)$$

Vzorec pro výpočet váženého chronologického průměru:

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2}{2} + \frac{y_2+y_3}{2} + \dots + \frac{y_{k-1}+y_k}{2} d_{k-1}}{d_1+d_2+\dots+d_{k-1}} \quad (2.5)$$

Tento druh chronologického průměru bere v potaz rozdílné délky mezi měřeními. Malé d_i představuje právě tyto jednotlivé vzdálenosti.

Při posuzování dynamiky (rychlosti změn) vývoje časové řady lze využít absolutních diferencí. První absolutní diference udává přírůstek/úbytek hodnoty ukazatele v určitém období oproti období, které mu bezprostředně předchází.

Vzorec pro výpočet první absolutní diference:

$$\Delta_t = y_t - y_{t-1}; t = 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

Další absolutní charakteristikou je druhá absolutní diference. Ta vyjadřuje tempo zrychlení/zpomalení vývoje časové řady a vychází z první absolutní diference.

Vzorec pro výpočet druhé absolutní diference:

$$\Delta_t^2 = \Delta'_t - \Delta'_{t-1}; t = 3, 4, \dots, n \quad (2.7)$$

Souhrnnou absolutní charakteristikou je průměrný absolutní přírůstek/úbytek hodnoty ukazatele časové řady. Průměrný absolutní přírůstek je aritmetickým průměrem jednotlivých prvních diferencí.

Počítá se podle vzorce:

$$\Delta'_t = \frac{y_t - y_1}{n-1} \quad (2.8)$$

Mezi relativní charakteristiky se řadí např. koeficient růstu (řetězový index), který charakterizuje relativní postupnou rychlost změn hodnot ukazatele v časové řadě. Vyjádřený v % se nazývá tempem růstu.

Vzorec pro výpočet:

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}; t = 2, 3, \dots, n \quad (2.9)$$

Souhrnnou charakteristikou relativních změn pro celou časovou řadu je průměrný koeficient růstu. Má smysl ho počítat pouze v případě, že je po celou dobu vývoj monotónní. Pokud vývoj monotónní není, je nutné vypočítat několik průměrných koeficientů, a to vždy za úsek časové řady, který se monotónně vyvíjí. Průměrný koeficient růstu se vypočítá jako geometrický průměr jednotlivých koeficientů růstu.

Vzorec pro výpočet:

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{k_2 k_3 \dots k_n} \quad (2.10)$$

2.2.4 Modelování časových řad

Dle Hindlse (2007) je výchozím principem pro modelování časových řad jednorozměrný model.

$$y_t = f(t, \varepsilon_t) \quad (2.11)$$

V tomto vztahu je y_t hodnota modelovaného ukazatele v čase t , $t=1, 2, \dots, n$ (t -časová proměnná). A ε_t je hodnota náhodné složky.

K tomuto modelu se dá přistupovat třemi způsoby, a to pomocí klasického (formálního) modelu, Box-Jenkinsovy metodologie a spektrální analýzy. Nejpoužívanějším z nich je klasický (formální) model.

Klasický formální model vychází z dekompozice řady na čtyři části. Trendovou složku T_t , sezónní složku S_t , cyklickou složku C_t a náhodnou složku ε_t . Není však pravidlem, že časová řada musí obsahovat všechny složky. Běžně může např. sezónní složka chybět.

Modely jsou dále dvojího typu. Aditivní model a multiplikativní model. Aditivní model lze použít, je-li kolísání trendu přibližně ve stejné velikém rozkmitu.

Aditivní model:

$$y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t ; t = 1,2,3, \dots, n \quad (2.12)$$

Multiplikativní model:

$$y_t = T_t S_t C_t \varepsilon_t ; t = 1,2,3, \dots, n \quad (2.13)$$

Multiplikativní model se používá v případě, kdy velikost periodického kolísání narůstá společně s rostoucím trendem. V praxi si však lze uspokojivě vystačit s aditivním modelem. Navíc multiplikativní model se dá lehce převést logaritmickou transformací na aditivní model.

Trendovou složkou neboli trendem v časové řadě se rozumí hlavní tendence dlouhodobého vývoje hodnot ukazatele analyzovaného v čase. Trend může být rostoucí, klesající i do jisté míry konstantní.

Sezónní složka je odchylka od trendové složky, která se pravidelně opakuje s periodou kratší nebo rovnou jednomu roku. Vyskytuje se u časových řad krátkodobých.

Cyklickou složkou se rozumí kolísání okolo trendu v důsledku dlouhodobého vývoje s délkou vlny delší než jeden rok. Někdy bývá cyklická složka považována za samostatnou složku časové řady, byť je zahrnována pod složku trendovou jako její část. V tomto případě se nazývá jako střednědobý trend, který často mívá oscilační charakter.

Náhodnou složku nelze popsat žádnou funkcí času. Jedná se o složku, která zbyde po vyloučení všech ostatních složek. V ideálním případě se počítá s tím, že jejím zdroje jsou drobné a vzájemně nezávislé příčiny.

2.2.5 Analýza neperiodických časových řad

Podle Hendla (2015) Neperiodické časové řady neobsahují sezónní ani cyklickou složku. Analýza se tedy zaměřuje na vývoj jejich trendu. Trend lze popsat graficky, mechanicky nebo analyticky, přičemž grafické znázornění nebývá přesné. Mezi mechanické metody patří popis trendu pomocí klouzavých průměrů nebo klouzavých součtů, a využití analytických metod, spočívající v popisu trendu pomocí trendové funkce.

Pomocí klouzavých průměrů se provádí vyhlazení časové řady tím, že odstraníme náhodnou variabilitu v datech. Nahrazují se skutečné hodnoty průměrem z několika okolních hodnot – klouzavý průměr. Při výpočtů průměrů v řadě se postupuje vždy o jedno pozorování dopředu. Vyhlazená řada je tedy o něco kratší než původní.

V případě vyrovnání pomocí trendové funkce se jedná o vyjádření časové řady matematickou funkcí, kdy se hledá právě ta funkce, která nejpřesněji popisuje průběh časové řady. Zpravidla je snaha hledat jednoduchou matematickou funkci.

Často používané matematické funkce:

$$\text{Lineární funkce} \quad T_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (2.14)$$

$$\text{Kvadratické funkce} \quad T_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (2.15)$$

$$\text{Logaritmická funkce} \quad T_t = \beta_0 + \beta_1 \log t \quad (2.16)$$

$$\text{Exponenciální funkce} \quad T_t = \beta_0 \beta_1^t \quad (2.17)$$

$$\text{Mocninná funkce} \quad T_t = \beta_0 t^{\beta_1} \quad (2.18)$$

$$\text{Hyperbola} \quad T_t = \beta_0 + \frac{\beta_1}{t} \quad (2.19)$$

Přičemž β_0 , β_1 a β_2 jsou neznámé parametry a $t=1, 2, \dots, n$ je časová proměnná.

Dle Hindlse (2007) lze v případě, že je funkce lineární v parametrech, využít pro odhad parametrů metodu nejmenších čtverců, která je zároveň i pro tento odhad nejčastěji používanou metodou. Tuto metodu je možné použít pro všechny zmíněné funkce s výjimkou exponenciální a mocninné. Při provedení linearizující transformace tuto metodu použít i pro funkci exponenciální.

2.2.6 Volba vhodného modelu trendu časové řady

Dle Hindlse (2007) je jedním z často používaných kritérií pro volbu vhodné trendové funkce pomocí indexu korelace, který se počítá pomocí tohoto vztahu:

$$I = \sqrt{1 - \frac{\sum(y_t^{(0)}T_t)^2}{\sum(y_t - \bar{y})^2}} \quad (2.20)$$

Potom je za nejvhodnější trendovou funkci považována ta, která vede k největší hodnotě indexu korelace. Hodnoty indexu korelace se pohybují v rozmezí $\langle 0; 1 \rangle$. Nevýhodou tohoto modelu je však fakt, že i pokud se index korelace blíží k jedné, nemusí to nutně znamenat, že daný trend ve všech případech správně popisuje dynamiku vývoje sledovaného ukazatele. Navíc se může stát, že i při správném výpočtu, vyjde hodnota indexu korelace větší než jedna a také vzniká nebezpečí výběru složitějších modelů na úkor jednoduchých.

Dle Arlta (2002) je častější metodou používanou pro výběr trendové funkce využití indexu determinace. Index determinace se vypočítá podle tohoto vztahu:

$$I^2 = 1 - \frac{\sum(y_t^{(0)}T_t)^2}{\sum(y_t - \bar{y})^2} \quad (2.21)$$

Index determinace, stejně jako index korelace, nabývá hodnot z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$. Přičemž, čím vyšší hodnota indexu determinace je, tím lépe model vystihuje trend a naopak.

Přesnost vyrovnávání časové řady lze také měřit pomocí reziduálních charakteristik. Tyto metody jsou často využívány ve statistických programech.

$$\text{Průměrná chyba} \quad ME = \frac{\sum(y_t^{(0)}T_t)}{n} \quad (2.22)$$

$$\text{Průměrná čtvercová chyba – rozptyl} \quad MSE = \frac{\sum(y_t^{(0)}T_t)^2}{n} \quad (2.23)$$

$$\text{Průměrná absolutní chyba} \quad MAE = \frac{\sum|y_t^{(0)}T_t|}{n} \quad (2.24)$$

$$\text{Průměrná absolutní procentuální chyba} \quad MAPE = \left(\frac{\sum|y_t^{(0)}T_t|}{y_t} \right) \frac{100}{n} \quad (2.25)$$

$$\text{Průměrná procentuální chyba} \quad MPE = \left(\frac{\sum(y_t^{(0)}T_t)}{y_t} \right) \frac{100}{n} \quad (2.26)$$

Čím nižší jsou hodnoty uvedených charakteristik, tím lépe funkce vystihuje trend časové řady.

3 Teoretická východiska

3.1 Elektrická energie

Dle Kočárkové (2006) je elektrická energie energií ve formě elektrického proudu a elektrického napětí. Místo pojmu elektrická energie se užívá i v odborné literatuře pojem elektřina (v anglickém projevu „electricity“). Pro člověka má tato energie mnoho výhod. Je to čistá a univerzální energie, kterou lze snadno rozvést a přesunout na dlouhé vzdálenosti. To z ní dělá jednu z nejpoužívanějších energií. Mezi její nevýhody naopak patří její skladovatelnost, jelikož ji lze skladovat jen velmi omezeně prostřednictvím elektrochemických článků a akumulátorů. Pokud by spotřebitelé elektrickou energii pro běžnou denní spotřebu čerpali právě z těchto zdrojů, vyšlo by to podle odborníků až desetkrát draž než čerpáním elektřiny ze sítě.

Podle webů porovnej.cz (2022) a E-manuel je podstatou elektrické energie usměrněný pohyb elektronů po vodiči. Předpokladem pro vznik elektrické energie a elektrického proudu je uzavřený elektrický obvod. Základními prvky elektrického obvodu jsou zdroj elektrické energie, vodič a spotřebič. Zdrojem elektrické energie se rozumí část obvodu, která elektřinu vyrábí nebo ji přináší do obvodu. Vodiče dále spojují zdroj elektřiny s elektrickým spotřebičem a přenáší elektrickou energii. Spotřebič je zařízení, které elektrickou energii čerpá a přeměňuje ji na jinou energii.

Dle webu zsbreznice.cz (2020) se v elektrickém obvodu zjišťuje a měří elektrický proud a napětí. Elektrický proud lze změřit zapojením ampérmetru kdekoli v sérii. Napětí se měří voltmetrem, zapojeným paralelně se spotřebičem nebo zdrojem. Pomocí el. proudu a napětí se vyjadřuje elektrický příkon spotřebiče tímto jejich vztahem: P (příkon) = U (napětí) \times I (proud). Příkon se měří ve wattech (W), napětí ve voltech (V) a proud v ampérech (A).

Mazur (2009) uvádí, že další veličinou a vlastností elektrického obvodu (vodiče) je odpor. Jednotky odporu se značí písmenem Ω podle německého fyzika a matematika – George Simona Ohma (1789–1854). Ten se zabýval vztahem mezi el. napětím, proudem a odporem a vyslovil Ohmův zákon.

Odpor závisí na materiálu vodiče. Čím vyšší je odpor daného materiálu, tím menší pohyb elektronů po vodiči umožňuje, tím nižší bude tok proudu a naopak. Látky, z pohledu vodivosti elektrické energie, se rozdělují na vodiče a izolanty. Vhodnými elektrickými vodiči jsou např. hliník, stříbro, měď, ocel. Naopak příklady izolantů, které elektrinu nevedou, jsou guma, papír, sklo, dřevo. Všechny vodiče mají nějaký odpor vůči průchodu elektrického proudu. Velikost tohoto odporu závisí na mnoha různých faktorech, jako je materiál vodiče, jeho délka, tloušťka, či plocha kolmého řezu.

3.1.1 Ohmův zákon

Dle Bajerové (2019) a webu epet.cz (2022) se Ohmův zákon používá pro výpočet vztahu mezi napětím, proudem a odporem v elektrickém obvodu a zní: Proud procházející elektrickým obvodem je přímo úměrný napětí. Odpor (**R**) = napětí (**U**) / proud (**I**). Elektrický odpor lze tedy chápat jako konstantní poměr mezi proudem a napětím.

1 Ω je taková jednotka odporu, na kterém se při proudu 1 A vytvoří úbytek 1 V.

Dnes se zdají být tyto vztahy mezi jednotlivými veličinami samozřejmé, ale pro objevitele George Ohma nebylo vůbec jednoduché je prokázat. Kontroverze ohledně platnosti Ohmova zákona pokračovaly mnoho desetiletí po jeho smrti.

3.1.2 Výroba elektrické energie

Web Vailant (2007) uvádí, že když elektrická energie vzniká nebo se vyrábí, jedná se o přeměnu jiné energie na tu elektrickou. Z toho důvodu je nazývána energií sekundární, jelikož je to energie, kterou lze vytvořit přeměnou z primární energie. Primární energie je energie, která se vyskytuje ve své formě v přírodě. Tzn. např. dřevo, uhlí, ropa, zemní plyn a uran. Naopak o sekundární energii lze mluvit také jako o konečné energii, v případě, že tato energie je dodávána prostřednictvím elektrické sítě ke konečnému spotřebiteli. Při tomto procesu, kdy je elektrická energie poskytnuta odběrateli až do jeho zásuvek, je třeba počítat se ztrátami zapříčiněnými jejím transportem.

Dle webu CEZ.cz se v mnoha situacích elektrická energie vyrábí transformací jiných druhů energie přes několik kroků. Například v tepelných elektrárnách se chemická energie paliva přeměňuje na tepelnou energii a poté na mechanickou energii, kterou generátory nakonec transformují na energii elektrickou.

Základem výroby elektrické energie jsou přírodní zdroje energie, jako jsou uhlí, ropa, plyn, uran a energie vody. Dále také obnovitelné zdroje, jako je sluneční záření a vítr. Cena vyrobené elektrické energie závisí na druhu přírodního zdroje a jeho umístění.

Způsob těžby a zpracování těchto základních surovin ovlivňuje životní prostředí, což je důležité při výrobě elektrické energie zohlednit.

3.2 Zdroje elektrické energie

Matyášek (2009) a Mastný (2011) uvádí, že ve většině případech se zdroje elektrické energie rozdělují na dvě kategorie – obnovitelné a neobnovitelné. Toto ekonomické rozlišení však může být zavádějící a slouží spíše jako reklama pro méně využívané zdroje. Za neobnovitelné zdroje se obvykle považují fosilní paliva – jako ropa, zemní plyn a uhlí. Ve skutečnosti ale i dnes vznikají nová ložiska ropy u ústí tropických řek, která do moře přinášejí velké množství organických látek. Jako příklad lze uvést akumulaci ropy u ústí řeky Orinoko, která se v moři tvoří a přibližně za 20 000 let se stane těžitelným ložiskem. Podobně je to v případě uhlí.

U tohoto běžného rozdělení jsou třeba ještě zmínit zdroje obnovitelné, mezi které patří vodní energie, geotermální, větrná, sluneční energie, fotoelektrická, slané solární nádrže, energetické zdroje oceánů – termální, přílivové a z vlnobití, vodík, metanol a etanol.

3.2.1 Tepelné elektrárny

Dle Vavříňáka (2006) všechny tepelné elektrárny fungují na principu přeměny energie paliva na ostrou páru, která následně pohání turbínu (s výjimkou plynových turbín, které jsou poháněny přímo spaliny). Podle různých kritérií lze parní elektrárny rozdělit do několika kategorií. Například podle použitého paliva (pevné, kapalné, plynné), podle typu kotle (velkoprostorové, vodotrubné, průtočné) nebo podle druhu turbíny (kondenzační, rovnotlaké, protitlakové, přetlakové, jednostupňové, vícestupňové). Existuje tedy široká škála různých tepelných elektráren, které často využívají výrobu tepla ke zvýšení celkové efektivity svého provozu.

3.2.2 Uhlí

Dle Mastného (2011) jsou v současné době nejvíce využívaným a nezbytným zdrojem energie fosilní paliva. Tato skupina paliv zahrnuje jak kvalitnější černé uhlí, tak i méně kvalitní hnědé uhlí, které má vyšší obsah vody a síry a nižší výhřevnost. Uhlí vzniká z organického materiálu, zejména rostlinného původu, který se rozkládal po dlouhou dobu v hlubších vrstvách zemské kůry bez přístupu kyslíku. Černé uhlí vznikalo před 280–350 milióny let a oproti hnědému uhlí jsou jeho ložiska mnohem širší a uložena v hlubších vrstvách (až 1200 metrů pod povrchem země). Hnědé uhlí se tvořilo výrazně kratší dobu a v menších hloubkách. Jeho těžba probíhá povrchově, což obvykle vede k rozsáhlým změnám krajiny, ničení a ovlivňování okolních vesnic.

Dle Matyáška (2009) zhruba 95% světové produkce uhlí pochází z povrchové těžby, což vytváří obrovské důlní jámy, které silně ovlivňují geomorfologii a vytvářejí odborníky nazývanou „měsíční krajinu“.

V ČR se těží tři druhy uhlí: černé uhlí, hnědé uhlí a mladší druh hnědého uhlí – lignit. **Černé uhlí** je převážně těženo v moravskoslezské části hornoslezské pánve, z níž 30 % těžby probíhá na území České republiky a 70 % v Polsku. Těžba černého uhlí byla ukončena v kladensko-rakovnické pánvi a ve vnitrosudetské pánvi (Žacléřsko-Svatonická oblast). V roce 2006 bylo z 10 ložisek těženo 13 017 K tun černého uhlí z celkových zásob 16 063 718 K tun. Bylo dovezeno 1981 K tun a vyvezeno 6 515 K tun černého uhlí a produktů z černého uhlí. **Hnědé uhlí** je hlavním zdrojem energie v ČR. Jeho ložiska se nachází především v Podkrušnohoří (chomutovsko-mostecká, sokolovská a chebská pánev) na ploše 1 900 km² s celkovými zásobami 9 192 305 K tun (stav v roce 2006), kdy v tomto roce bylo v ČR vytěženo 48 915 K tun hnědého uhlí. **Lignit** se těžil v ČR na jižní Moravě v dole Mír v Mikulčicích u Hodonína, v bezprostředním sousedství vykopávek Národní kulturní památky Velkomoravského knížectví. Těžba v tomto dole však nadobro skončila 23. prosince 2009. Některé další výskyty se nacházejí v českobudějovické pánvi, u Uhelné ve Slezsku a v žitavské pánvi. Celkové zásoby lignitu v roce 2006 činily 976 985 K tun a roční těžba dosáhla 459 K tun.

Využívání uhlí v tepelných elektrárnách má negativní dopady již z podstaty věci. Málokdy se hovoří o tom, kolik vzdušného kyslíku je spotřebováno při spalování uhlí.

Spíše se připouští vznik škodlivých emisí. I když technicky lze relativně snadno omezit emise oxidu siřičitého nebo popílku. O produkci jedovatých kovů jako je arzén, galium nebo germanium, které jsou zvláště problematické v oblasti Podkrušnohoří, se pak už tolik nemluví, přestože jejich vliv na ovzduší lze sledovat až do Švédska. Příkladem může být také postupná destrukce přírodní památky Grand Canyonu v USA, která je spojena s emisemi z tamní uhelné elektrárny.

3.2.3 Ropa

Mastný (2011) uvádí, že stejně jako uhlí, je ropa dalším podstatným zdrojem energie a palivem. Zhruba deset procent produkce je používáno jako důležitá surovina v chemickém průmyslu, zatímco zbytek slouží jako palivo v energetice a pro pohonné hmoty, jako benzín a nafta v automobilech.

Ropa se skládá z kapalných uhlovodíků, vzniklých rozkladem organických materiálů usazených na mořském dně před 500 miliony lety. Tyto usazeniny byly postupně pokryty anorganickými vrstvami a následně podrobeny vysokým tlakům a teplotám. Vznik ropy často doprovází vznik zemního plynu, který se téměř vždy nachází nad ložiskem ropy.

Spotřeba ropy od počátků její těžby prudce vzrostla a již v 50. letech se stala nejvýznamnějším palivem, zejména v dopravě, kde je téměř nenahraditelná. I když její spotřeba v současnosti pomalu klesá, světové zásoby ropy byly již v roce 2011 z poloviny vyčerpány. Nynější predikce říkají, že nám zásoba ropy vystačí zhruba na 50 let, na rozdíl od uhlí, které vydrží zhruba 150 let

Dle Matyáška (2009) nepředstavuje těžba ropy obecně příliš velké zatížení pro geologické prostředí, až na situace, kdy dochází k výrazným poklesům územní půdy, kde se těží. Tak je tomu například na Apšeronském poloostrově v Kaspickém moři nebo na pobřeží Mexického zálivu. Na druhou stranu zpracovávání a využívání ropy už zásadní vliv na geologické podmínky má.

Podle webu epet.cz (2019) není Česká republika ve světě rozhodně těžařskou velmocí a většinu ropy a plynu dováží z ciziny, několik nalezišť však na svém území má. Těžba ropy zde začala už v roce 1900 na Moravě a během 2. světové války nabyla na svém významu, sloučila se do Československých naftových závodů a po roce 1989 zvýšila

produkci. V současnosti pokrývá domácí poptávku méně než 10 %. Naleziště ropy jsou zejména na jižní a severní Moravě, především ve Vídeňské pánvi. Budoucnost ropy je diskutabilní, ale zásoby jsou ohroženy rostoucí poptávkou, a proto jediným možným východiskem může být hledání alternativních paliv, jako k tomu už postupně dochází například v automobilovém průmyslu – nahrazování elektřinou.

3.2.4 Zemní plyn

Dle Mastného (2011) se zemní plyn převážně nachází nad nalezišti ropy. Hlavní složkou zemního plynu je metan (CH_4), který tvoří 60–80 % jeho obsahu. Kromě toho obsahuje také etan (5-9 %), propan (3-18 %) a těžší uhlovodíky (2-14 %). Menší podíl tvoří dusík, kyslík, uhlíkový dioxid a sirovodík. V minulosti byl zemní plyn považován za obtížný vedlejší produkt při těžbě ropy a buď byl uvolňován do vzduchu nebo zapalován. Dnes je však zachytáván a využíván jako palivo.

Zemní plyn vyžaduje nejméně úprav ze všech paliv před svým použitím. Po vyčištění a odstranění vlhkosti na místě těžby je přepravován dálkovými plynovody do míst spotřeby. V domácnostech je široce využíván, zejména pro vytápění. Zemní plyn má přibližně 25 % podíl na světové energetice.

Dle webu Ministerstva průmyslu a obchodu (2022) se v České republice těží různé druhy zemního plynu. Konvenční zemní plyn se těží na jižní Moravě, karbonský zemní plyn a degazační plyn zase na severní Moravě. Těžbu provádí 5 společností a celková těžba pokrývá přibližně 2 % domácí spotřeby zemního plynu. Odhaduje se, že na využívaných ložiskách je k dispozici 2 842 milionů krychlových metrů zemního plynu s předpokládanou životností 21 let.

Přibližně 46 % zemního plynu je využíváno k výrobě tepla ve firmách a 26 % je spotřebováno v domácnostech. Podíl vytápění novostaveb pomocí zemního plynu dlouhodobě klesá, během deseti let se snížil z 55 % v roce 2010 na 34 % v roce 2020. Naopak roste počet prodaných kotlů na zemní plyn s výkonem do 50 kW. Pouze v roce 2020 bylo prodáno přes 85 tisíc těchto kotlů, nicméně většinou jde o náhrady za staré kotle.

V domácnostech se zemní plyn využívá z 66 % k vytápění, 22 % je použito na ohřev vody a 12 % na vaření.

Příliš významná není spotřeba zemního plynu v dopravě. K roku 2020 bylo v České republice evidováno necelých 28 tisíc automobilů, které jezdí na stlačený nebo zkapalněný zemní plyn (CNG, LNG).

3.2.5 Jaderné palivo

Jaderné palivo je speciální typ paliva, které uvolňuje energii prostřednictvím jaderných reakcí, a to buď štěpením nebo fúzí (Petr Mastný, 2011).

Dle Vavříňáka (2006) dochází v přírodě k spontánnímu štěpení některých těžkých jader, což je jedna z forem přírodní radioaktivity. Jádro se rozpadá na dvě lehčí jádra, aniž by k tomu potřebovalo neutronový náraz. Tento jev je pozorován u uranu a transuranových prvků.

K umělému štěpení jader uranu neutronů poprvé došlo v roce 1939, kdy německý profesor Otto Hahn tento proces objevil. Pomalý neutron narazí do jádra uranu, které se stane nestabilním a rozpadne se na dvě přibližně stejně těžká jádra, tím se také uvolní několik neutronů. Tento proces trvá přibližně 10 až 14 sekund. Nová jádra, která vylétávají, mají velkou kinetickou energii, která se využívá v jaderném reaktoru k ohřevu chladícího média. Vzniklé neutrony po zpomalení mohou dále rozštěpit další jádra, což způsobí řetězovou štěpnou reakci. K samovolnému štěpení jader je třeba mít určitou rychlost neutronů a určité množství štěpného prvku pohromadě.

Naopak existuje také slučování jader, nazývané jaderná fúze. Probíhá spontánně v nitru Slunce a dalších hvězd. Lehká jádra se slučují za vysokých tlaků a teplot 40 až 350 milionů °C a vzniká tím těžší jádro a uvolňuje se energie. Tato reakce se také nazývá termojaderná syntéza.

Mastný (2011) uvádí, že v současné době se v praxi téměř výhradně využívá štěpení jaderného paliva, konkrétně jádra obohaceného uranu nebo uměle vytvořeného plutonia. V budoucnu se plánuje začít ve větší míře užívat i thorium, neboť jeho zemská kůra obsahuje značně větší zásoby. Před použitím v jaderných elektrárnách musí být palivo upraveno do speciálních jaderných palivových článků.

Nejběžnějším typem jaderného paliva je obohacený uran – oxid uraničitý. Tento materiál je uzavřen v hermetických tabletech, které jsou následně seskládány do palivových prutů.

Konkrétní druh jaderného paliva závisí na tom, jaký typ reaktoru je použit. Byly vyvinuty reaktory, které dokážou zpracovávat přírodní uran bez obohacení, ale tato technologie se ukázala jako málo spolehlivá. V současné době se v reaktorech typu CANDU, provozovaných například v Kanadě a Rumunsku, využívá pouze mírně obohacený uran.

Vyhořelé palivo, ve kterém se většina uranu 235 nebo případně plutonia rozpadla, se obvykle ukládá do meziskladů. Toto palivo může být recyklováno na nové palivo, ale recyklace může být dražší než výroba nového paliva, a proto se nemusí z ekonomického hlediska vyplatit. Recyklace zahrnuje oddělení štěpných produktů a doplnění uranu 235 nebo plutonia. Pokud je jaderné palivo použito v reaktoru s vysokým konverzním poměrem, může se v něm zvýšit množství využitelných izotopů. Recyklováním pak získáme větší množství jaderného paliva, než bylo původně vloženo.

Dle Matyáška (2009) je jedním z hlavních problémů, kterým čelí současné jaderné technologie, bezpečné ukládání odpadu z jaderných elektráren. Dříve běžná praxe ukládání odpadu do moře pomocí betonových obalů je nyní zakázána mezinárodními konvencemi, nicméně některé nelegální praktiky mohou stále probíhat. Vyhořelé palivo je stále vysoce radioaktivní a nebezpečné, proto musí být skladováno za zvláštních podmínek. Po vyhoření se palivo obvykle skladuje vedle reaktoru nebo v areálu jaderného zařízení a chladí se několik let ve speciálních bazénech. Alternativou k tomu je suché skladování v ocelových kontejnerech, které umožňuje ukládání palivo do meziskladů na několik desítek let. Pro dlouhodobější skladování se však používají hlubinná úložiště. Tato úložiště jsou navržena tak, aby dlouhodobě zajistily bezpečné uchování vysoce radioaktivního materiálu a minimalizovaly možný vliv na životní prostředí.

Vědecké poznání a technologie umožňují řešení tohoto problému. Profesor Havel z Masarykovy univerzity v Brně vyvinul recyklační technologii, která umožňuje znovuvyužití a recyklaci radioaktivního odpadu jako zdroje energie. Díky této technologii

je možné redukovat objem odpadu a vznikají tak produkty s krátkým poločasem rozpadu, které se stávají neškodnými během několika let.

Dle webu Svazu podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s. byly v České republice v minulosti vytipovány lokality na budování podzemních úložišť radioaktivního odpadu. Jedná se například o Jindřichohradecko – Lodhěřov, Klenová a Kunějov, dále Růžová u Třeště, Blatno, Tis u Blatna v západních Čechách a také Chyšky a Vlksice na Táborsku.

V současnosti jsou v České republice v provozu dvě jaderné elektrárny, konkrétně Dukovany a Temelín.

Jaderné elektrárna Dukovany (EDU) je první provozovanou jadernou elektrárnou v České republice. Její výstavba začala v roce 1978 a první blok byl uveden do provozu v roce 1985, zatímco poslední čtvrtý blok začal fungovat v roce 1987. V jaderné elektrárně jsou čtyři tlakovodní reaktory s tepelným výkonem 1375 MW – označované VVER 440/213. Celkový instalovaný výkon elektrárny je 1900 MW a roční výroba elektřiny dosahuje 14,3 TWh. Palivem pro reaktory je uran obohacený na přibližně 4,25 % ^{235}U . Více než 80% zařízení v elektrárně bylo vyrobeno v ČR a EDU patří mezi první třetinu nejbezpečnějších jaderných elektráren na světě. Existuje studie pro možnou výstavbu pátého bloku elektrárny. Kromě samotné elektrárny byla pro její potřeby postavena také vodní nádrž Dalešice s přečerpací vodní elektrárnou o instalovaném výkonu 450 MW.

Jaderná elektrárna Temelín (ETE) disponuje dvěma bloky s elektrickým výkonem 1000 MW každý, přestože původně bylo plánováno postavit bloky čtyři. Stavba elektrárny začala už v roce 1983, avšak vláda ČR v roce 1993 rozhodla dokončit pouze dva bloky. ETE je vybavena dvěma tlakovodními reaktory VVER 1000 typu 320 s celkovým instalovaným výkonem 2000 MW. Roční výroba elektřiny dosahuje 14,0 TWh a odběr technologické vody je zajištěn z vodního díla Hněvkovice na Vltavě. V kombinaci s elektrárnou Dukovany vyrobí Temelín přes 30 TWh elektřiny ročně, což například v roce 2012 pokrylo 43% celkové tuzemské spotřeby elektřiny. Výkon jaderných elektráren představuje zhruba pětinu z celkového výkonu všech energetických zdrojů v ČR.

3.2.6 Solární energie

Dle Matyáška (2009) je nejvýznamnějším hnacím motorem geologického a biologického vývoje na Zemi energie ze slunce, která je primárním zdrojem pro všechny ostatní zdroje energie.

Primární sluneční energie je využívána dvěma způsoby – buď přímo jako sluneční teplo, nebo prostřednictvím fotovoltaických článků, které přeměňují sluneční světlo na elektrickou energii.

Goňo (2012) uvádí, že fotovoltaický článek pracuje na základě fotoelektrického jevu, který se projevuje uvolňováním elektronů z materiálu po absorpci elektromagnetického záření. Tento jev vzniká interakcí světla, tedy fotonů s částicemi hmoty, konkrétně s elektrony a jádry.

Aby fotovoltaický článek správně fungoval, je nezbytné, aby foton ze slunečního záření uvolnil z materiálu elektron a vytvořil pár elektron – díra. V kovech by se však tato kombinace elektronů a děr okamžitě rekombinovala, což by znemožnilo vytváření elektrické energie. Proto se využívají polovodiče, které umožňují oddělit elektrony díky vnitřnímu elektrickému poli tzv. PN přechodu. Díky tomuto principu lze zajistit, že vzniklý náboj je odveden z článku a může být využit k výrobě elektrické energie.

Fotovoltaická zařízení nabízejí celou řadu ekologických a provozních výhod ve srovnání s jinými zdroji elektrické energie. Je třeba brát však v úvahu i nevýhody, které mohou být spojené s klimatickými podmínkami území, na kterém se zařízení nachází.

Kusala na webu cez.cz uvádí, že mezi výhody patří fakt, že fotovoltaické zařízení používá jako primární zdroj energie sluneční světlo, což je prakticky nevyčerpatelný zdroj. Při provozu tohoto zařízení nevznikají žádné emise ani jiné škodlivé látky. To znamená, že fotovoltaické systémy nepřispívají ke znečištění ovzduší ani k uvolňování skleníkových plynů. Zároveň je provoz zcela bezhlučný, jelikož nejsou využity žádné pohyblivé díly ani spalovací motory. Tím se eliminuje hluk, který může být problémem u jiných zdrojů energie.

Jejich instalace, obsluha a regulace jsou snadné. Fotovoltaické systémy se instalují ve většině případů na vhodné místo již ve funkčním stavu a schopné provozu. Samotný

provoz tohoto zařízení téměř nevyžaduje obsluhu a díky elektronické regulaci je možné snadno sledovat a optimalizovat výkon systému. To snižuje potřebu pravidelných údržeb a zvyšuje spolehlivost.

Naopak jedním z hlavních faktorů, který ovlivňuje negativně efektivitu fotovoltaických systémů je závislost na průměrné roční intenzitě slunečního záření. Tato nevýhoda je zvláště významná v oblastech s méně slunečným klimatem. Dalším významným aspektem je nízká efektivnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii. I přes stále zlepšující se nejmodernější technologie fotovoltaických článků existují stále limity, které snižují celkovou účinnost systému. Ty mohou vést i k vyšším nárokům na plochu fotovoltaických článků pro dosažení požadovaného výkonu.

Důležitým faktorem je také životnost fotovoltaických článků, která je omezena přibližně na 20 let. Také je třeba brát ohled na poměrně vysokou počáteční investici, která může odradit potenciální uživatele. A v neposlední řadě je také potřeba záložního zdroje elektřiny, jelikož fotovoltaické zařízení je plně závislé na slunečním svitu. To znamená, že v noci nebo za oblačného počasí nemůže plně pokrýt energetické potřeby.

Z porovnání pozitiv a negativ fotovoltaických zdrojů vyplývá, že jejich efektivní využití se dá nejlépe realizovat na místech s vhodnými klimatickými podmínkami nebo tam, kde není možnost připojení k elektrické síti. Případně také jako doplňkový zdroj s nižším výkonem.

3.2.7 Biomasa

Dle Mastného (2011) je biomasa jedním z důležitých obnovitelných zdrojů energie. Tento zdroj energie vzniká přeměnou slunečního záření, které je zachycováno rostlinami a ukládáno ve formě chemické energie. Při hospodárném využívání půdy je biomasa neustále dostupná. Jedním z jejích klíčových přínosů je minimální vliv na množství CO₂ v atmosféře při jejím spalování. Tím se stává biomasa ekologicky šetrným způsobem získávání energie.

Goňo (2012) uvádí, že biomasa se považuje za palivo CO₂ neutrální, to znamená, že při racionálním využívání jsou emise tohoto hlavního skleníkového plynu rovny spotřebě nově narůstající biomase. Také emise ostatních znečišťujících prvků jsou při efektivním spalování standardizovaných biopaliv nižší než u nejčastěji používaných fosilních paliv.

Základním tvůrcem biomasy jsou rostliny, které mají schopnost využít světelnou energii zachycenou v jejich zeleném barvivu známém jako chlorofyl. Tímto způsobem rostliny vytvářejí sacharidy a následně bílkoviny. Tyto látky jsou základním stavebním kamenem pro všechny živé organismy, které tvoří biomasu. Tento proces – fotosyntéza – spočívá v syntéze atmosférického CO₂ a vody pomocí energie slunečního záření.

Dle Mastného (2011) má zpracovávání biomasy několik faktorů, které ovlivňují její kvalitu. Jedním z klíčových faktorů je obsah vody, který má přímý vliv na výhřevnost. Výparné teplo z čerstvé biomasy je vysoké, a proto se surovina před spalováním musí vysušit. Optimální vlhkost biomasy pro spalování je kolem 20 %.

Biomasa slouží jako palivo pro topení, nejčastěji ve formě kusového dřeva. Toto topivo je dostupné a levné, ale vyžaduje náročnější obsluhu k regulaci výkonu topidel. Pro řešení tohoto problému se používají akumulární nádrže, které ukládají přebytečné teplo pro pozdější použití a optimalizují tak provoz topidel.

Další formou biomasy jsou pelety, které se vyrábějí lisováním. Pelety mají malé rozměry a díky tomu lze s nimi pracovat podobně jako s kapalným palivem. Jsou velmi výhodné pro použití v malých topidlech, protože umožňují regulovat výkon podle potřeby tepla. Pelety mají také nízký obsah vody a popela, což přispívá k jejich dobré výhřevnosti.

Automatická topidla na pelety nabízejí vysoký komfort obsluhy a mají konkurenceschopnou cenu.

Speciálním druhem biomasy je dřevní štěpka, která se často vyrábí z odpadu při těžbě dřeva nebo prořezávání stromů. Může pocházet také z energetických plantáží, kde se pěstují rychle rostoucí dřeviny. Vlhkost štěpky je poměrně vysoká, což může podstatně ovlivnit její spalovací vlastnosti. Štěpka se spaluje ve větším zařízení, jako jsou obecní výtopy nebo elektrárny, kde je efektivnější využití této biomasy.

3.2.7.1 Biomasa rostlinného původu

Biomasu rostlinného původu lze rozdělit do dvou hlavních skupin: odpadní biomasa (dřevo a dřevní odpady, obilní a řepková sláma) a biomasa pěstovaná specificky pro energetické využití (rychle rostoucí dřeviny). Využití odpadní biomasy je výhodné, protože umožňuje efektivněji zpracovat odpad, který by jinak zůstal nevyužitý nebo by byl plýtván. Navíc lze díky ní částečně nahradit fosilní paliva, čímž snížíme závislost na neobnovitelných zdrojích energie.

Na druhé straně je využívání účelně pěstované biomasy pro energetické účely. I když je tato praxe podporována politikou EU, má svá značná negativa. Diskutuje se o tom, zda je ekonomicky a ekologicky efektivní pěstovat biomasu v takovém množství pro energetické účely, nebo zda by tyto plochy mohly být využity lépe pro jiné účely, například pro pěstování potravin. Růst energetického využití biomasy může mít také nežádoucí dopady na životní prostředí, například pokud je pěstována na úkor původních ekosystémů. To může ohrozit biodiverzitu a způsobit další ekologické problémy.

Celkově je tedy využití biomasy pro energetické účely složitou otázkou, která vyžaduje pečlivé zvážení všech aspektů, včetně enviromentálních, ekonomických a sociálních faktorů.

3.2.7.2 Biomasa živočišného původu

Jedná se o exkrementy zvířat. Druh zvířat a jejich způsob ustájení mají značný vliv na složení moči a trusu, které jsou důležité při anaerobní fermentaci. Například slepičí trus

má nejvyšší podíl sušiny, hovězí střední podíl a vepřový nejnižší. Tento podíl sušiny ovlivňuje množství metanu, který je vyprodukován během fermentace.

Produkcí a kvalitou metanu také ovlivňují použité podlahy nebo podestýlky. Množství generovaného plynu může ovlivnit například i vyšší koncentrace určitých léků nebo dezinfekčních prostředků. Všechny tyto aspekty mají vliv na celkovou účinnost anaerobní fermentace.

Dle Matyáška (2009) nese použití současných biopaliv několik nevýhod, které je důležité brát v úvahu. Pro zajištění potřebné spotřeby je nutné využít rozsáhlé zemědělské plochy. Například v Evropě by pro pokrytí 10 % spotřeby energie bylo třeba produkce energetických plodin ze 72 % zemědělské půdy.

Dále výsadba palmových hájů na úkor tropických deštných pralesů (v zemích jako Malajsie, Brazílie a Indonésie). Tím se přispívá k půdní erozi a negativnímu vlivu na klima. Kácením těchto pralesů dochází k likvidaci přírodních zásob uhlíku, který se pak uvolňuje do atmosféry jako CO₂.

Další problém nastává při hnojení dusíkatými hnojivami, kdy vznikají oxidy dusíku a zejména skleníkový plyn NO, který má negativní dopad na životní prostředí.

Využití kulturních plodin jako zdroje energie také snižuje produkci potravin a zvyšuje ceny potravin, což může ohrozit potravinovou bezpečnost.

V ČR se jako zdroj obnovitelné energie kromě řepkového oleje využívá hlavně pevná biomasa, komunální a průmyslové odpady. Je třeba důkladně zvážit všechny aspekty biopaliv a hledat udržitelná a ekologicky přijatelná řešení pro energetické potřeby.

3.2.8 Větrné elektrárny

(Goňo 2012, str. 62) - „Větr vzniká vlivem nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu slunečním zářením. Od ohřátého povrchu se ohřívá přilehlá vrstva vzduchu a teplý vzduch má tendenci stoupat vzhůru. Celý děj je silně ovlivněn rotací Země a střídáním dne a noci, což má za následek vznik tlakových rozdílů v zemské atmosféře. Vyrovnaní tlakových rozdílů vzniká vítr, který vane vždy od tlakové výše k tlakové níži. Kolem tlakové níže na severní polokouli jde spinální pohyb proti směru hodinových ručiček, u tlakové

výše ve směru hodinových ručiček. Na jižní polokouli je smysl rotace u tlakové výše a níže opačný.“

Dle Mastného (2011) nenajdeme v zemích střední Evropy příliš výhodné větrné podmínky, a proto jsou zde větrné elektrárny využívány jen omezeně. V České republice se příznivé větrné podmínky nacházejí převážně pouze v horských oblastech a na vrchovinách. Podle provedeného posouzení situace by v ČR bylo možné ročně vyrobit elektřinu v rozmezí 1 až 3 miliony MWh, což představuje pouze několik málo procent celkové výroby elektrické energie.

Jelikož ČR není přímořská země, má ve využívání větrné energie velká omezení, a to z důvodu nedostatečné intenzity větru a složitějšího výběru vhodných lokalit pro stavbu větrných elektráren.

Pro optimální výstavbu větrné elektrárny je nutné zvolit lokalitu, kde průměrná roční rychlost větru přesahuje 5 m/s, zatímco horní hranice je kolem 25 m/s. při větrných rychlostech 25 m/s bývají větrné elektrárny z bezpečnostních důvodů často odstavovány.

3.2.8.1 Rozdělení větrných elektráren

Větrné motory jsou zařízení, která slouží k přeměně kinetické energie větru na elektrickou energii. Větrné elektrárny využívají tento princip tak, že nejprve přeměňují kinetickou energii větru na mechanickou energii a následně ji transformují na elektrickou energii. Větrné elektrárny mohou být rozděleny podle různých hledisek, ale základní rozdělení spočívá v aerodynamickém principu fungování větrného motoru na motory odporové a vztlkové.

Dle Goňa (2012) je další možností rozdělení větrných motorů podle uložení osy rotace. Zde se rozdělují na vertikální a horizontální větrné motory. Dále se větrné motory dělí také podle instalovaného výkonu a rychlostního součinitele (pomaloběžné a rychloběžné).

Mastný (2011) uvádí, že využívání energie větru přináší řadu problémů, které souvisejí s jeho fyzikální povahou. Nepravidelnost, nepředvídatelnost a variabilita síly a směru větru způsobují, že zařízení navržená k využití této energie jsou schopna pracovat pouze omezenou část roku (v tuzemských podmínkách zhruba 10–20 % času). Nedokonalé

využití vybudovaných kapacit má za následek ekonomické ztráty v samotném provozu větrných elektráren a také komplikuje regulaci elektrické sítě.

Zatímco ekonomické problémy spojené s vysokými náklady na výrobu elektřiny z důvodu nízkého využití větrných zařízení jsou řešeny prostřednictvím státní podpory obnovitelných zdrojů, technické problémy související s regulací sítě v důsledku rychle kolísajících větrných zdrojů musí být řešeny provozovatelem přenosové soustavy pomocí točivých rezerv, záložních a rychle startujících zdrojů.

Pro provozovatele distribuční soustavy je nejvyšší prioritou minimalizovat nepříznivé dopady provozu elektráren na distribuční síť. Tyto dopady jsou především ovlivněny způsobem, jakým jsou generátory větrných elektráren připojeny k distribuční síti, parametry připojeného místa v distribuční síti (jako například zkratový výkon) a volbou měřicího a řídicího zařízení. Každý zdroj, který je připojen do sítě, ji ovlivňuje v různých ohledech a tyto změny nesmí překročit stanovené limity. V případě připojení velkých větrných elektráren nebo dokonce celých větrných parků mají tyto výroby značné lokální dopady na elektrizační soustavu. Mezi klíčové sledované lokální dopady patří přetížení sítě, kolísání napětí, zvýšení zkratových poměrů a nižší kvalita dodávky elektrické energie. Provozovatelé se snaží zajistit, aby všechny tyto vlivy zůstaly v rámci přípustných mezí a minimalizovat tak negativní účinky větrné energetiky na distribuční síť.

3.2.9 Vodní elektrárny

Goňo (2012) uvádí, že vodní elektrárna je technologické zařízení, které umožňuje přeměnit potenciální energii vody na elektrickou energii. Celá vodní elektrárna spolu se všemi částmi tvoří vodní dílo podle platných právních předpisů.

Hlavní část elektrárny tvoří turbína, do které přitéká voda přes přívodní kanál a tím ji roztáčí. Turbína je spojena s elektrickým generátorem pomocí společné hřídele. Tato kombinace turbíny a generátoru se nazývá hydroalternátor. Energie vody proudící přes přívodní kanál se díky hydroalternátoru přeměňuje na elektrickou energii za pomoci elektromagnetické indukce. Jedná se o točivou smyčku, která se otáčí v magnetickém poli, což způsobuje indukci střídavého elektrického napětí. Vyrobena elektrická energie je následně transformována na požadované napětí a odvádí se do míst spotřeby.

Proudící vodní energii lze přeměnit na jiné druhy energie podle způsobu, jakým vodní stroje využívají vodní energii. Tato energie má vždy dvě fyzikální složky – proudění (pohybovou, kinetickou energii) a tlak (potenciální, tlakovou energii). Při přeměně na elektrickou energii může být využíváno proudění a tlak samostatně, nebo současně.

Dle Mastného (2011) má využití vodní energie dlouhou historii, která sahá až 2000 let zpět. Lidstvo se poprvé pokusilo využít kinetickou energii vody k získání mechanické práce, což byl první úspěšný krok k využití přírodních energetických zdrojů. Vodní energetika hrála klíčovou roli ve vývoji prvních civilizací. S nástupem první průmyslové revoluce se rozvoj vodních strojů výrazně urychlil. V 19. století se prosadila Francisova turbína s radiálním oběžným kolem a dostředivým průtokem s natáčivými rozváděcími lopatkami. V tom samém století také byla vynalezena Peltonova turbína pro velké spády. A ve 20. století Kaplanova přetlaková axiální turbína.

Během 20. století byla postavena velká vodní díla, vybavená turbínami s velkým jednotkovým výkonem, často dosahujícím několika set MW. Vodní energetika má významný stabilizující vliv na technickou i ekonomickou stránku každého státu, protože většina typů vodních turbín, včetně těch s velkým výkonem, je schopna rychle reagovat na změny v poptávce elektřiny a rychle dosáhnout plného výkonu.

Vodní elektrárny hrají ve specifických hydrologických podmínkách České republiky významnou roli, která se liší od jiných zdrojů elektrické energie. Jejich význam spočívá především ve schopnosti rychle reagovat na okamžité potřeby elektrické energie v energetické soustavě. Díky tomu mohou efektivně vyrovnávat kolísavou spotřebu elektřiny, zejména v období špičkové spotřeby.

Jednou z klíčových výhod vodních elektráren je, že neprodukují žádné odpady. Tím nezatěžují životní prostředí a nemusí se řešit problém skladování a likvidace odpadu.

Další významnou výhodou vodních elektráren je, že jsou relativně levným zdrojem elektrické energie. To je zejména výhodné v období špičkové spotřeby, kdy je potřeba mnoho elektřiny a cena energie bývá vyšší. Vodní elektrárny tak mohou přispět k udržení cen elektřiny na dostupné úrovni.

Přečerpávací vodní elektrárna je systém dvou vodních nádrží umístěných v různých výškových úrovních, které jsou propojeny tlakovým potrubím. V dolní části tohoto potrubí

je umístěna turbína s elektrickým generátorem. Během energetické špičky turbína vyrábí elektřinu pro elektrizační soustavu. Poté, když je spotřeba energie nižší, voda z dolní nádrže je přečerpávána zpět do horní nádrže s pomocí „levné elektřiny“. Potenciální energie této nahromaděné vody pak čeká na vhodný okamžik pro její využití.

Právě tyto vodní elektrárny mají klíčový význam pro stabilizaci elektrizační sítě. Dokážou reagovat na potřebu elektrického výkonu v síti nebo na případné výpadky jiných zdrojů. Díky svým schopnostem rychle nastavit výkon jsou nezastupitelnými prvky energetické soustavy.

Technologie přečerpávacích vodních elektráren je perspektivní z hlediska akumulace elektrické energie. Vodní elektrárny v ČR slouží jako doplňkové zdroje k primárním zdrojům (klasické a jaderné elektrárny Dukovany a Temelín).

Vodní elektrárny nejsou důležité pouze z energetického hlediska, ale mají také vodohospodářský význam. Nádrže vodních elektráren mohou sloužit k regulaci průtoků řek, chrání proti povodním a podporují ekonomicky výhodné plavební možnosti na řekách.

Břehy nádrží také mohou poskytovat ideální prostor pro rekreační aktivity. Některé nádrže slouží také jako zdroj pitné vody pro místní vodárny, zdroj technologické vody pro průmysl a závlahové vody pro zemědělství.

3.3 Sousední státy České republiky

Dle webu Univerzity Palackého v Olomouci (2014) se Česká republika nachází v mírném pásu severní polokoule. To vytváří klimaticky příznivé podmínky pro život. Charakteristické je střídání čtyř ročních období a převládající vliv oceánského klimatu. Poloha v rámci evropského kontinentu je charakterizována jako ve středu Evropy, což se mimo jiné odrazilo ve vzájemném prolínání kulturních vlivů. Méně výhodná je absence přístupu ke světovému oceánu. Jelikož nemá přístup k moři, řadí se mezi vnitrozemské státy.

3.3.1 Historie státních hranic

Po skončení 1. světové války se uskutečnilo právně stvrzené vymezení státních hranic, a to na významné Mírové konferenci konané v Paříži. Tuto klíčovou událost pořádali vítězové první světové války. Důkladně se zde projednávaly mírové smlouvy mezi sáty Dohody, jejich spojenci a státy poraženými ve střetnutí – konkrétně Německem, Rakouskem, Maďarskem, Bulharskem a Osmanskou říší. Konference byla zahájena 18. ledna 1919 a trvala až do 21. ledna 1920, během této doby se jí zúčastnili představitelé celkem 32 států.

V textu mírových smluv lze nalézt rozličné body, zahrnující například uznání historických hranic českých zemí s drobnými úpravami. Dále byly pečlivě vymezeny hranice pro připojené Slovensko a Podkarpatskou Rus. Konferenční texty obsahovaly návrhy řešení hraničních otázek s Polskem. Kromě toho bylo rozhodnuto a zmezinárodnění tří významných řek – Labe od Mělníka, Vltavy od Prahy a Odry od ústí Opavy. Tímto způsobem byly pevně stanoveny nové státní hranice, což mělo zásadní dopad na uspořádání Evropy po první světové válce.

Pro Československo a středoevropský prostor měly zásadní význam tři klíčové mírové smlouvy. **Versailleská smlouva** uznala plnou samostatnost Československa a zároveň důkladně vymezovala hranice s Německem, čímž pevně stanovovala území nového státního útvaru a jeho vztah k Německu. Další zásadní smlouvou byla **Saint-Germainská dohoda**, která také uznávala nezávislost Československa a podrobně definovala hranice s Rakouskem. A třetí významnou smlouvou byla **Trianonská dohoda**,

kteřá také potvrzovala suverenitu Československa a určovala hranice s Maďarskem (Univerzita Palackého v Olomouci, 2014).

3.3.2 Současný stav státních hranic

Současný stav státních hranic a vztahů se sousedními státy České republiky byl ovlivněn řadou smluv, které po 2. světové válce a po roce 1993 (rozdělení Československa) upravují a doplňují již uzavřené smlouvy mezi jednotlivými státy.

Státní hranice s **Německem** byly mimo jiné detailně vymezeny v Bonnské smlouvě (266/1997 Sb.) mezi Českou republikou a Spolkovou republikou Německo. Délka těchto hranic dosahuje 810 km.

S **Rakouskem** bylo také uzavřeno několik dohod, které upravovali hranice a vzájemné vztahy. Finální byla Vídeňská smlouva (95/1975 Sb.) o společných státních hranicích, která byla doplněna smlouvou o změnách (83/2004 Sb. m. s.) a doplňky (85/2004 Sb.). Délka hranic ČR s Rakouskem je 466 km.

S **Polskem** uzavřela Česká republika Pražskou smlouvu (181/1996 Sb.), která upravila státní hranice. Délka státních hranic mezi ČR a Polskem je 762 km.

Se **Slovenskem** byla uzavřena Židlochovická smlouva (246/1997 Sb.) která také detailně upravila společné státní hranice mezi ČR a Slovenskem. Mezi těmito dvěma státy jsou hranice dlouhé 252 km.

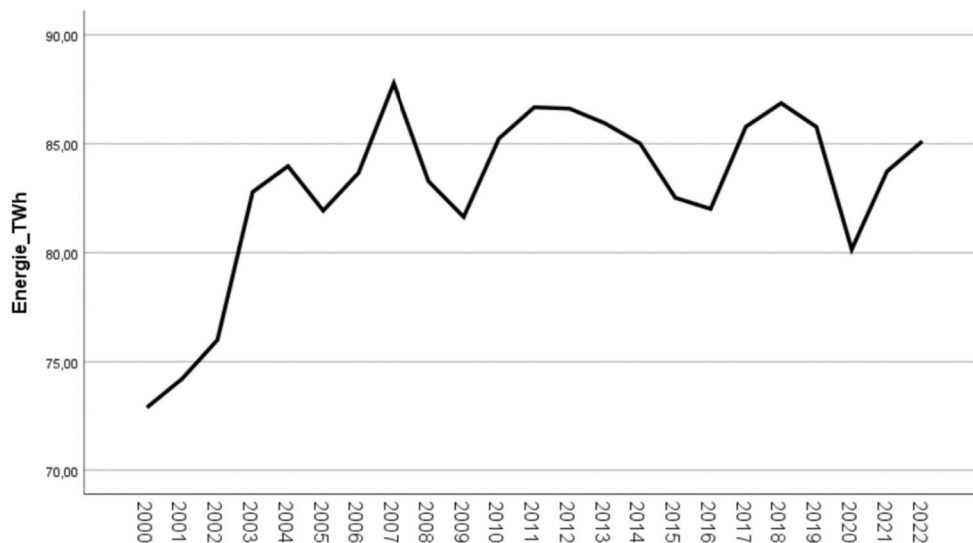
4 Vlastní práce

4.1 Statistická analýza výroby elektrické energie v ČR

V České republice byla sledována a analyzována data týkající se výroby elektrické energie v TWh mezi lety 2000-2022.

Z počátku sledovaného období výroba elektrické energie rostla až do roku 2005, od té doby trend vykazoval kolísavý charakter až do konce sledovaného období, což je patrné z Grafu 1. Nejméně elektrické energie bylo vyrobeno v roce 2000 – 72,9 TWh. Od té doby výroba elektřiny, s drobnými výkyvy, rostla. Tento růst trval až do roku 2007. Možnou příčinou byla globální ekonomická krize, která přišla v roce 2008. Ještě před započítáním globální krize, dosáhla v roce 2007 ČR vrcholu ve výrobě elektřiny a dosáhla hodnoty 87,77 TWh.

Graf 1 Výroba elektrické energie v ČR



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

K nejvýraznějšímu meziročnímu růstu došlo v roce 2003, a to o 6,79 TWh oproti předešlému roku. Největší pokles zaznamenal rok 2020, kdy vypukla pandemie covid-19 i na území ČR. V tomto roce výroba elektrické energie byla o 5,62 TWh nižší než v roce předešlém. Tyto nejvýraznější změny potvrzují hodnoty první absolutní difference v Tabulce 2. V celém sledovaném období od roku 2000 do roku 2022 se však průměrně

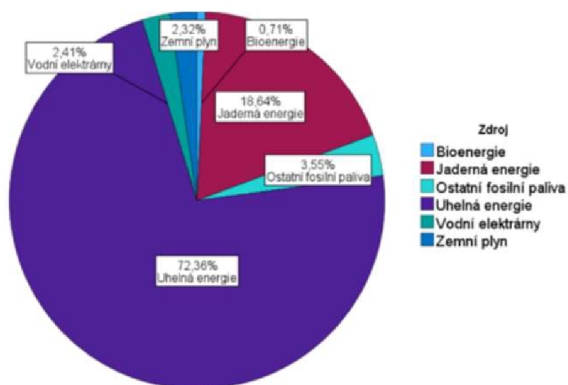
výroba elektrické energie zvyšovala o 0,56 TWh, o čemž vypovídá průměrná absolutní diference v Tabulce 3.

Časově nejdelší období růstu výroby elektrické energie probíhalo od roku 2000 až do roku 2005, kdy průměrné tempo růstu během tohoto intervalu byl 103,64 % viz Tabulka 3, průměrně tedy výroba elektřiny v tomto období každoročně rostla o 3,64 %. Nejdelší pokles naopak probíhal mezi lety 2011 až 2016. Během těchto let bylo průměrné tempo růstu 98,91 % dle dat z Tabulky 3, což znamená, že v tomto období klesala výroba průměrně o 1,09 %.

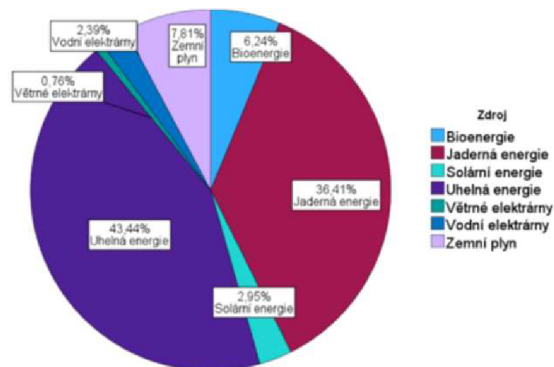
4.1.1 Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie

Pro analýzu poměrů jednotlivých zdrojů ve výrobě elektrické energie v ČR v celém sledovaném období byly vybrány a porovnávány roky 2000 a 2022 (počátek a konec sledovaného období). Při analýze byly použity metody relativních četností a výsledky zobrazeny pomocí výšečových grafů.

Graf 2 Zdroje elektrické energie v ČR v roce 2000



Graf 3 Zdroje elektrické energie v ČR v roce 2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

V roce 2022 nejvyšší procento výroby zastupovaly uhelné elektrárny, které zastávaly 43,44 % celkové výroby. Toto procento se oproti roku 2000 výrazně snížilo, jelikož v roce 2000 uhelné elektrárny tvořily přes 70 % celkové výroby viz Tabulka 12. Z tohoto vývoje je patrné, že v ČR, podobně jako ve většině zemích EU, je kladen důraz na nízkoemisní výrobu, kterou v ČR zastupuje především jaderná energie.

Jaderné elektrárny realizovaly oproti roku 2000 velký nárůst ve výrobě. Jejich podíl na výrobě v roce 2000 byl 18,64 % a v roce 2022 se vyšplhal až na 36,41 % viz Tabulka 13.

Na nízkoemisní výrobě elektřiny se také podílí zemní plyn a obnovitelné zdroje. Podle Světového energetického výhledu Mezinárodní energetické agentury (IEA) se bude zemní plyn spolu s obnovitelnými zdroji v následujících 20 letech stále větší měrou podílet na výrobě elektřiny v zemích Evropské unie. Oproti roku 2000, kdy zemní plyn tvořil podíl 2,32 % na celkové výrobě elektřiny, se jeho podíl zvýšil na 7,81 % v roce 2022.

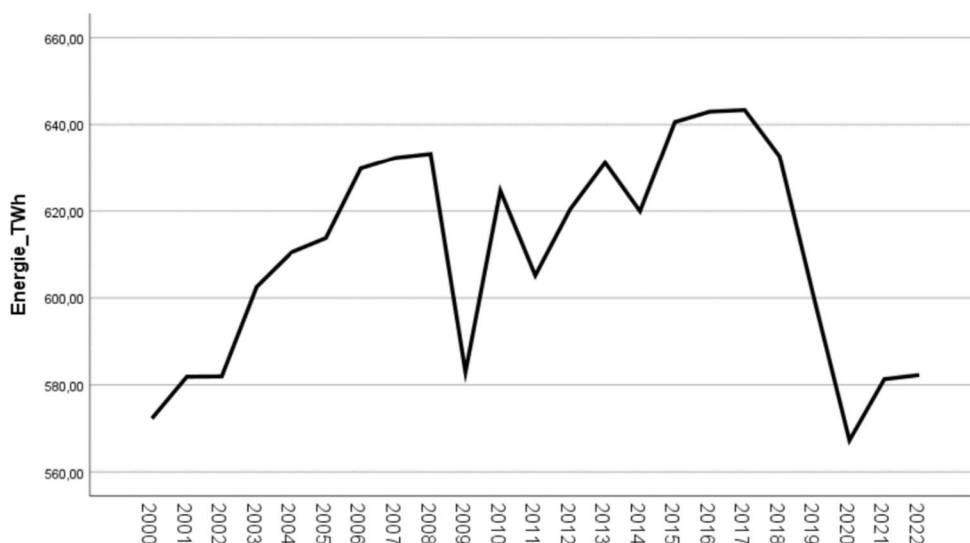
Jelikož v ČR nejsou ideální povětrnostní podmínky, větší podíl na výrobě mají vodní a solární elektrárny. Vodní elektrárny se v roce 2022 podílely na celkové výrobě 2,39 % a solární elektrárny 2,95 % viz Tabulka 13.

4.2 Statistická analýza výroby elektrické energie v Německu

Podobně jako tomu bylo v ČR, výroba elektrické energie v Německu od začátku sledovaného období až do roku 2008 rostla. S možným vlivem dopadů globální ekonomické krize v roce 2008, proběhl v roce 2009 největší pokles výroby elektřiny. Tento rok se výroba elektřiny snížila o 50,26 TWh. Rok poté – 2010, s pravděpodobnou snahou o uvedení sítě zpět do běžného chodu, proběhl největší meziroční růst výroby elektřiny a to o 41,7 TWh. Tento ohromný propad a částečný návrat hodnoty sledovaného ukazatele zpět potvrzují hodnoty první absolutní difference v Tabulce 4.

Instalovaný výkon elektráren v Německu od roku 2010 do roku 2017 kolísavě rostl. Největší množství elektrické energie bylo v Německu vyrobeno právě v roce 2017, toto maximum zaznamenalo výrobu 643,33 TWh energie viz Graf 4. Tento dlouholetý růst byl dle různých vědeckých publikací zapříčiněn růstem výroby obnovitelnými zdroji. Od roku 2018 začala produkce elektřiny rapidně klesat. Tento pokles mohl být důsledkem souhry několika okolností. Nejvýraznějšími důvody poklesu byla pravděpodobně skutečnost, že Německo při takové velké výrobě nemělo optimálně vyřešený vývoj přenosové soustavy. K tomu se v roce 2020 přidala celosvětová pandemie covidu 19. V tomto roce výroba elektřiny dosáhla minima za celé sledované období – 567,26 TWh, což je zřejmé i z Grafu 4.

Graf 4 Výroba elektrické energie v Německu



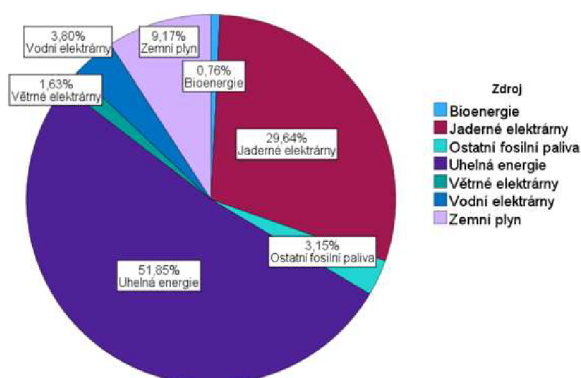
Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

V celém sledovaném období se průměrně výroba elektřiny zvyšovala o 0,45 TWh, o čemž vypovídá průměrná absolutní diference v Tabulce 5.

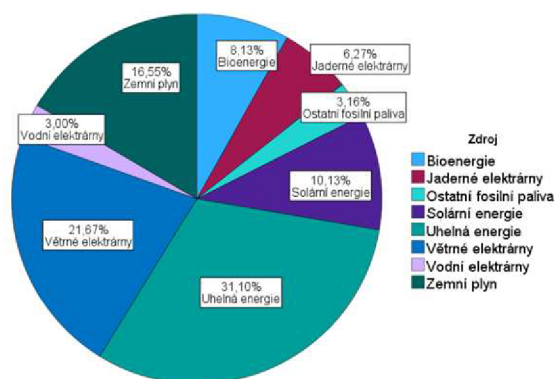
Zajímavou charakteristikou již zmíněného období mezi lety 2018-2020 je průměrné tempo růstu 95,91 % viz Tabulka 5, ze kterého vyplývá, že v tomto období klesala každý rok výroba průměrně o 4,09 %.

4.2.1 Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie

Graf 5 Zdroje elektrické energie v Německu v roce 2000



Graf 6 Zdroje elektrické energie v Německu v roce 2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Z Grafu 5 lze vypočítat, že v roce 2000 měla většinový podíl na výrobě elektřiny uhelná energie viz Tabulka 14. Na Grafu 6 lze na druhou stranu upozornit, že tento podíl byl do roku 2022 redukován na 31,10 %, jelikož Německo, stejně jako ostatní státy EU, v průběhu posledního desetiletí sledovaného období kladlo velký důraz na výrobu elektřiny prostřednictvím obnovitelných zdrojů.

Podstatný nárůst zaznamenala především výroba elektřiny větrných elektráren, která se v průběhu let zvýšila o 20 procentních bodů. Podobně tomu bylo u zemního plynu, bioenergií a solární energie, které svůj podíl zvýšily v řádu jednotek procentních bodů. Dohromady, po sečtení podílů jednotlivých obnovitelných zdrojů, měla v Německu 46,09 % podíl na celkové výrobě výroba z obnovitelných zdrojů. Lze konstatovat, že v ohledu snižování emisí při výrobě elektřiny je zřejmá snaha v Německu, jakožto v předním státu EU, jít příkladem a podíl obnovitelných zdrojů stále navyšovat.

Po havárii jaderné elektrárny ve Fukušimě v roce 2011 se Německo rozhodlo o postupném odstavování jaderných elektráren. Tento krok měl též zásadní dopad na energetický mix země a zvýšil důležitost obnovitelných zdrojů. Produkce elektřiny jaderných elektráren tak zaznamenala výrazný pokles. Podle dat z Tabulky 15 se z 29,64 % v roce 2000 snížila výroba elektřiny v jaderných elektrárnách až na 6,27 % (2022).

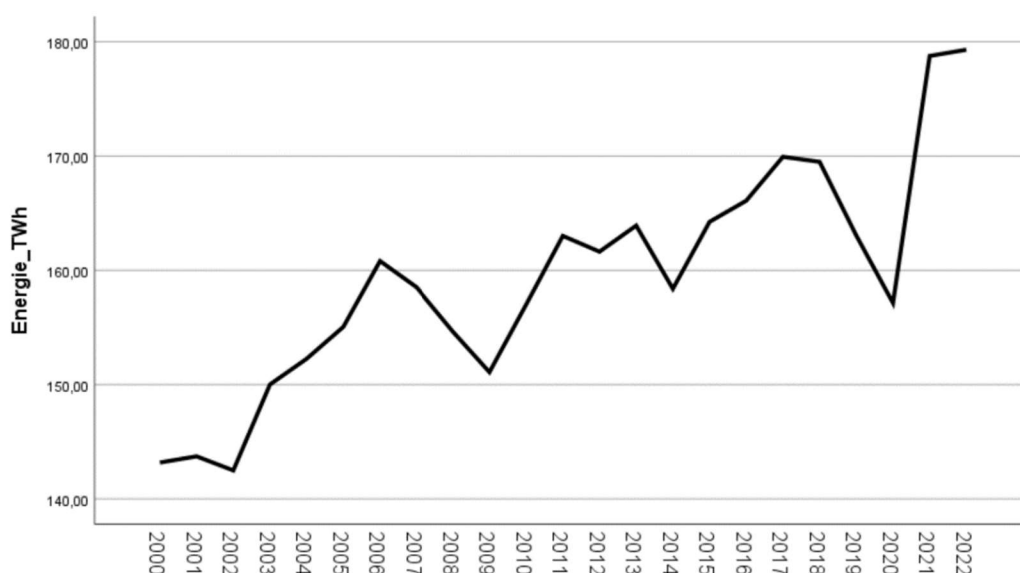
Dle velikosti podílů jednotlivých zdrojů na Grafu 6 lze konstatovat, že v roce 2022 byla výroba elektrické energie diverzifikována do jednotlivých zdrojů rovnoměrněji než v roce 2000 (Graf 5).

4.3 Statistická analýza výroby elektrické energie v Polsku

Charakter trendu sledovaného ukazatele v Polsku byl v období 2000–2022 převážně kolísavý, z dlouhodobého hlediska však rostoucí viz Graf 7. Od počátku sledovaného období produkce elektřiny v Polsku rostla, a to průměrně o 1,64 TWh ročně, což potvrzuje průměrná absolutní diference z Tabulka 7.

Na Grafu 7 lze také vidět, že nejmenší množství energie bylo vyrobeno v roce 2002 – 142,49 TWh a největší množství v roce 2022 – 179,3 TWh.

Graf 7 Výroba elektrické energie v Polsku



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

První absolutní diference z Tabulky 6 dokazuje, že největší meziroční pokles byl zaznamenán v roce 2019, kdy výroba oproti roku 2018 klesla o 6,45 TWh. V tomto období byla energetika v Polsku převážně v rukou státu. Polský parlament na konci roku 2018 narychlo zastropoval rostoucí ceny energetiky, které rostly díky cenám emisních povolenek a také uhlí, na kterém je polská energetika závislá. O velkou část snížil také parlament daň z elektřiny a distribuční poplatek skoro na minimum. Zároveň také vznikl kompenzační fond pro polské energetické podniky. Tyto intervence navíc vyvolaly možný spor s Bruslem, jelikož je Polsko nenahlásilo úřadům EU.

Po těchto krocích parlamentu polské elektrárny snížily výrobu a Polsko v roce 2020 zaznamenalo rekordní hodnotu čistého dovozu elektrické energie, a to i přes pokles spotřeby v důsledku opatření spojenými s pandemií covidu-19.

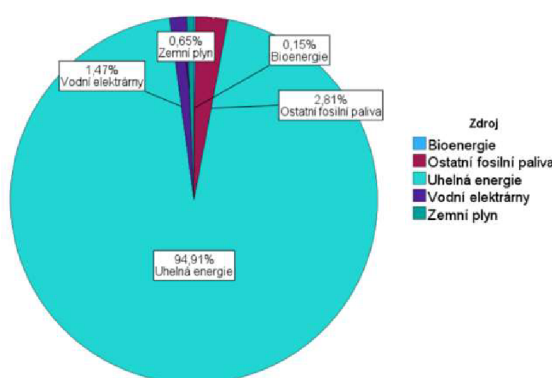
První absolutní diference z Tabulky 6 dokazuje, že nejvyšší meziroční nárůst výroby elektřiny nastal v roce 2021 a to o 21,61 TWh. Tím celkový růst produkce pokračoval.

Nejdelší růst výroby elektřiny v Polsku proběhl v letech 2002-2006, v tomto období bylo průměrné tempo růstu 103,08 % viz Tabulka 7, z čehož vyplývá, že každý rok výroba rostla průměrně o 3,08 %.

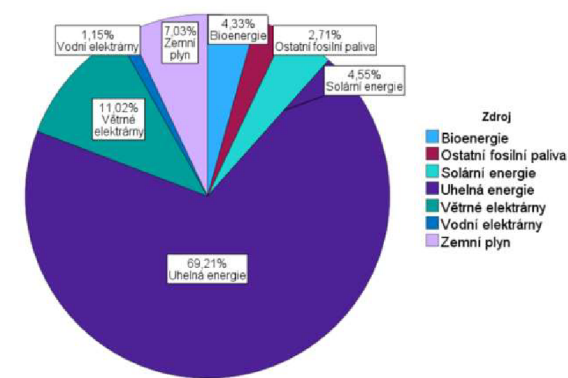
4.3.1 Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie

Z Grafu 8 a Grafu 9 je zřejmé, že v Polsku dominuje výroba elektřiny prostřednictvím uhelných elektráren. V roce 2000 mělo uhlí téměř 95 % podíl na celkové výrobě (dle vypočítaných dat z Tabulky 16). S tímto podílem, který v roce 2022 klesl na stále vysokých 69,21 %, je Polsko členským státem EU s nejvyšším podílem výroby elektřiny z uhlí.

Graf 8 Zdroje elektrické energie v Polsku v roce 2000



Graf 9 Zdroje elektrické energie v Polsku v roce 2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Velký podíl na výrobě elektřiny mají také fosilní paliva, zejména ropa a zemní plyn. Ve shodě s předpisy EU se Polsko zavázalo do roku 2020 navýšit podíl obnovitelných zdrojů na energetickém mixu. Podle vypočítaných údajů z Tabulky 17 se mu v roce 2022

podářilo navýřit podíl větrných elektrářen na 11,01 %, solární energie na 4,55 % a bioenergií na 4,33 %.

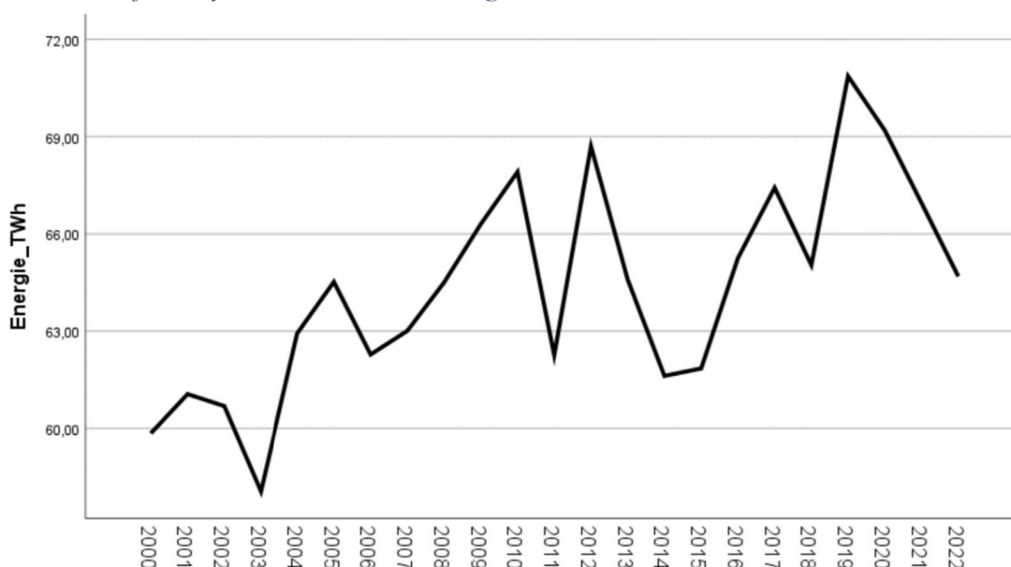
Ačkoliv v Polsku je stále dominantní výroba elektrické energie uhelnými elektrárnami, podle vypočítaných dat z Tabulky 16 a Tabulky 17 je patrná snaha postupně snižovat její podíl na celkové výrobě a zároveň množství vyrobené touto cestou nahrazovat zdroji s nižšími emisemi.

4.4 Statistická analýza výroby elektrické energie v Rakousku

Výroba elektrické energie v Rakousku ve sledovaném období každý rok průměrně rostla o 0,22 TWh, o čemž vypovídá průměrná absolutní diference z Tabulky 9. Tento postupný růst doprovázelo mnoho kolísavých změn, které reflektovaly měnící se potřeby, politiku a technologický pokrok.

Nejnižší produkce byla zaznamenána v roce 2003 – 58,06 TWh a nejvyšší v roce 2019 – 70,86 TWh viz Graf 10.

Graf 10 Výroba elektrické energie v Rakousku



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

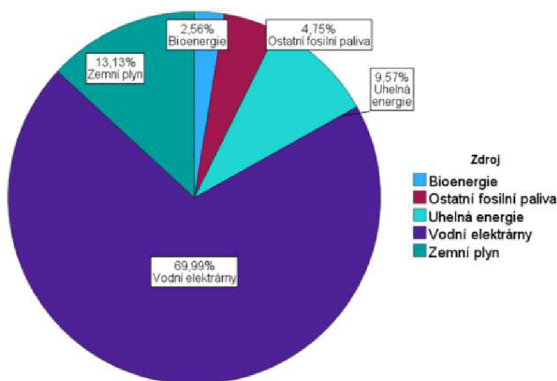
První absolutní diference z Tabulky 8 dokazuje, že největší meziroční pokles proběhl v roce 2011, kdy celková produkce oproti roku 2010 klesla o 5,65 TWh. Největší nárůst byl zaznamenán hned rok poté, kdy produkce elektřiny překonala všechny předchozí roky a zaznamenala meziroční nárůst o 6,44 TWh viz první absolutní diference v Tabulce 8.

Nejdelší růst proběhl v letech 2006-2010 s průměrným tempem růstu 102,19 %, který byl vypočítán v Tabulce 9. Každý rok tedy vzrostla výroba elektřiny průměrně o 2,19 %. V tomto období se výroba elektřiny v Rakousku výrazně měnila. Rakousko se v tomto období intenzivně zaměřilo na rozvoj obnovitelných zdrojů energie, byly zavedeny politické pobídky, které podporovaly investice do těchto zdrojů. Rakousku se také snažilo

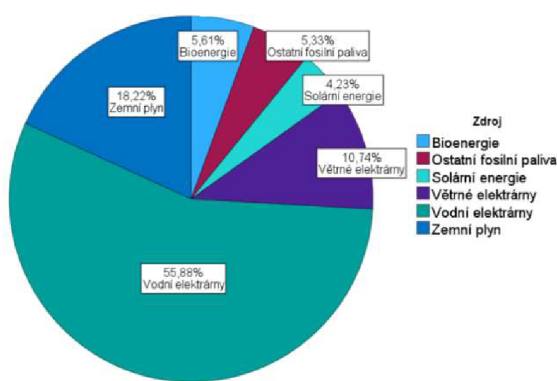
snížit svou závislost na uhlí jako zdroji energie a v neposlední řadě tako investovalo do energetické efektivity, což také přispělo k posílení udržitelnosti.

4.4.1 Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie

Graf 11 Zdroje elektrické energie v Rakousku v roce 2000



Graf 12 Zdroje elektrické energie v Rakousku v roce 2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Rakousko se v posledních letech stalo jedním z předních světových hráčů v oblasti využití obnovitelných zdrojů energie. Na Grafu 11 lze vidět, že v roce 2000 vykazovala téměř 70 % podíl na výrobě produkce vodních elektráren. Tento podíl se v průběhu let postupně snižoval viz Tabulka 18. V roce 2022 se vodní elektrárny podílely na celkové výrobě 55,88 %, jelikož do popředí se také začaly dostávat větrné elektrárny s 10,74 %, solární energie s 4,23 % a bioenergie s 5,61 % na celkové výrobě v roce 2022 (dle dat z Tabulka 19). Tento trend byl podpořen vládními politikami zaměřenými na podporu udržitelného rozvoje a snižování emisí skleníkových plynů.

Již v roce 1978 proběhlo v Rakousku referendum, které zakázalo výstavbu jaderných elektráren. Toto rozhodnutí vedlo k postupnému vyřazování jaderné energie jako zdroje elektrické energie, tudíž ve sledovaném období nemá jaderné energie v Rakousku žádný podíl.

4.5 Statistická analýza výroby elektrické energie na Slovensku

Z Grafu 13 je patrné, že křivka sledovaného ukazatele má kolísavý charakter, z dlouhodobého hlediska spíše klesající. V celém sledovaném období se ukazatel každý rok průměrně snižoval o 0,18 TWh, o čemž vypovídá průměrná absolutní diference z Tabulky 11. Na Grafu 13 lze též zpozorovat, že hodnota sledovaného ukazatele do roku 2009 výrazně klesala. Jedním z možných aspektů, které měly za následek tento pokles, mohlo být postupné snižování spotřeby elektřiny na Slovensku, které probíhalo zejména od roku 2005 do roku 2015. Největší pokles během tohoto období a současně v celém sledovaném období byl zaznamenán v roce 2007, a to o 3,38 TWh oproti předchozímu roku, což potvrzuje první absolutní diference z Tabulky 10.

Největší produkce elektřiny bylo dosaženo v roce 2002, a to 32,18 TWh. Od té doby už produkce elektřiny jen klesala. Minimální produkce pak byla v roce 2009, kdy bylo vyrobeno 25,89 TWh elektřiny.

Graf 13 Výroba elektrické energie na Slovensku

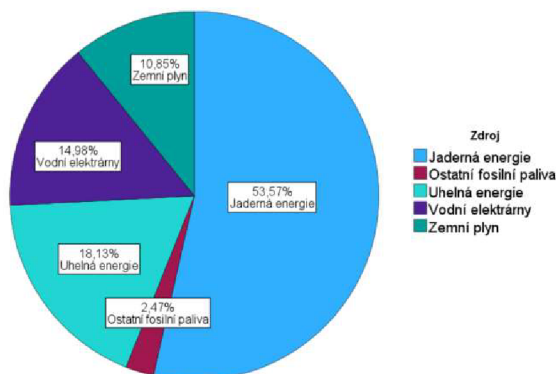


Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

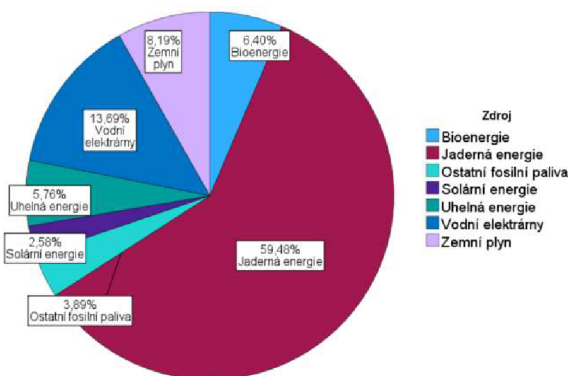
Nejdelší, byť pozvolný, růst ve výrobě proběhl v letech 2009-2013. V těchto letech dle průměrného tempa růstu z Tabulky 11 každoročně rostla výroba elektřiny průměrně o 2,40 %.

4.5.1 Analýza podle zdrojů výroby elektrické energie

Graf 14 Zdroje elektrické energie na Slovensku v roce 2000



Graf 15 Zdroje elektrické energie na Slovensku v roce 2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Na Slovensku, díky tamějším dvěma jaderným elektrárnám, tvořila nadpoloviční podíl na energetickém mixu jaderná energie, ačkoli otázky ohledně budoucnosti a bezpečnosti byly několikrát předmětem diskusí a debat. Jak lze vidět na Grafu 14 a Grafu 15, významnou úlohu měla jaderná energie v roce 2000 a udržela si ji až do roku 2022, kdy dokonce svůj podíl o jednotky procentních bodů navýšila.

Slovensko bylo dlouho dobu také závislé na uhelných elektrárnách, jelikož poskytovaly stabilní zdroj elektrické energie. Od roku 2003 se ale jejich role, v rámci tlaku na snižování emisí a postupnému přechodu na udržitelnější zdroje, postupně dostává do pozadí. Dle vypočítaných dat z Tabulky 20 a Tabulky 21 klesl podíl uhelných elektráren na celkové výrobě z 18,13 % v roce 2000 na 5,76 % v roce 2022.

Významným zdrojem na Slovensku jsou také vodní toky, zejména Váh, Dunaj a Hron. Vodní elektrárny se na energetickém mixu v roce 2022 podílely 13,69 % (dle dat z Tabulky 21), podobně tomu bylo již v roce 2000 a jejich podíl se během let 2000-2022 nijak značně nezměnil.

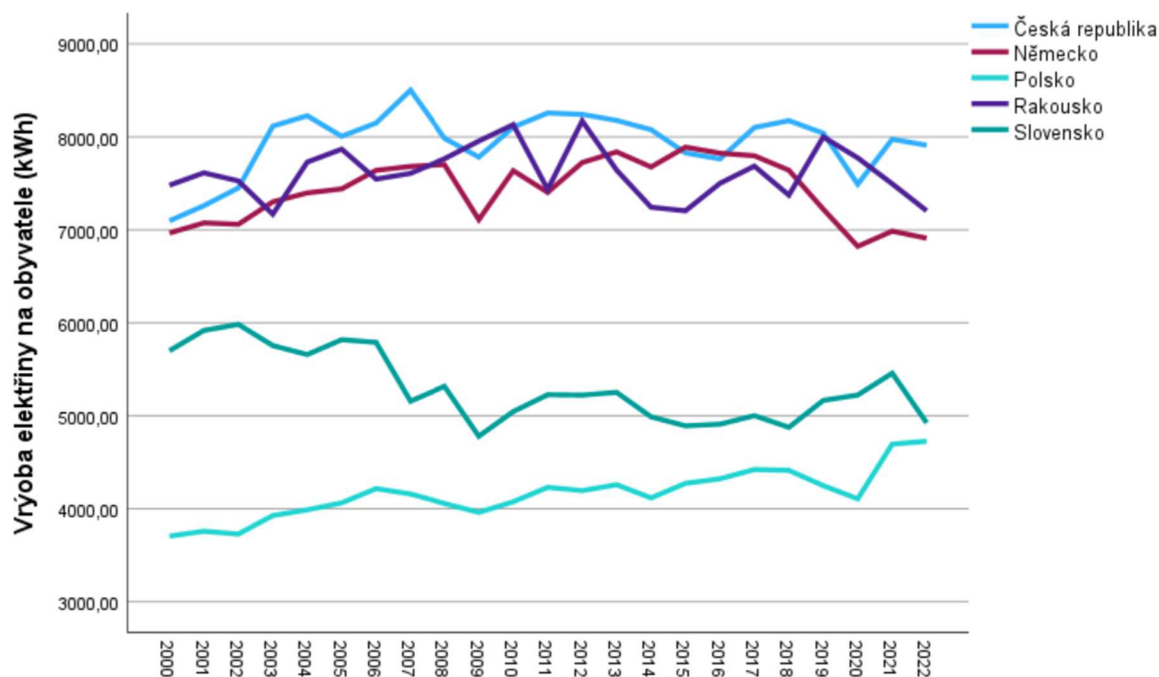
Jako je tomu i u ostatních států EU, Slovenská vláda a energetický sektor se aktivně snaží podporovat rozvoj obnovitelných zdrojů energie prostřednictvím různých opatření, jako jsou dotace, povinnosti podílu OZE (obnovitelných zdrojů energie) a legislativní

rámcí pro jejich podporu. Hlavním záměrem by samozřejmě mělo být snížení závislosti na fosilních palivech, snížení emisí skleníkových plynů a přispění k udržitelnému rozvoji energetického sektoru. Jak lze vidět na Grafu 15, kromě elektřiny z vodních elektráren, Slovensko vyrábí v rámci obnovitelných zdrojů poměrně značnou část elektřiny solárními elektrárnami a také spalováním biopaliv. Podíly obou těchto zdrojů se pohybovaly v roce 2022 v řádu jednotek procent z celkového energetického mixu viz Tabulka 21.

4.6 Porovnání výroby elektřiny na osobu v jednotlivých státech

Pro komparativní analýzu výroby elektřiny v jednotlivých státech byl ve sledovaném období zvolen ukazatel výroba elektrické energie na obyvatele. Počítané hodnoty byly pro numericky snadnější výpočet a porovnání použity a uvedeny v kWh.

Graf 16 Výroba elektrické energie na obyvatele v letech 2000-2022



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Jak lze zpozorovat z Grafu 16, po největší část sledovaného období patřily nejvyšší hodnoty sledovaného ukazatele České republice, a to konkrétně, dle hodnot v Tabulce 24, v letech 2003-2008, 2011-2014, 2017-2019 a 2021, 2022. Další zemí s vysokými hodnotami ukazatele bylo Rakousko, které mělo nejvyšší hodnoty v letech 2000-2002, 2009, 2010 a 2020. V roce 2015 a 2016 zaznamenalo nejvyšší hodnoty ze sledovaných zemí Německo, ve kterém se objem výroby elektřiny na obyvatele pohyboval podobně vysoko jako v ČR a Rakousku. Níže se svými hodnotami pohybovalo Slovensko a úplně nejnižší Polsko.

U ČR a Polska je možné na Grafu 16 vidět, že hodnoty ukazatele těchto dvou zemí mají z dlouhodobého hlediska tendenci růst. U Slovenska je tomu přesně naopak, hodnoty ukazatele dlouhodobě klesají. V případě Rakouska lze také zpozorovat dlouhodobě lehký

pokles. Německo se během sledovaného období postupně dostalo na nejvyšší hodnoty, které zaznamenalo v roce 2015 a od roku 2016 hodnoty ukazatele klesaly zpět na podobnou úroveň, na jakých byly na začátku sledovaného období.

V případě České republiky vysoké hodnoty sledovaného ukazatele mohou indikovat energetickou soběstačnost země, jak na svém webu uvádí eon.cz. Energetická soběstačnost ČR je mnoha energetickými společnostmi v posledních letech velmi diskutované téma. Dále velký objem výroby elektřiny na obyvatele umožňuje např. vývoz energie do zahraničí.

Jak již bylo zmíněno, vysoké, byť kolísavé hodnoty lze zpozorovat z Graf 16 také u Rakouska. Hodnoty sledovaného ukazatele v Rakousku v kombinaci s trendem nízkoemisního energetického mixu dělá z této země energeticky vysoce soběstačnou oblast s udržitelnou energetickou sítí, která má navíc tendenci se v tomto směru stále zdokonalovat.

Navzdory vysokému počtu obyvatel uvedeném v Tabulce 23 se Německo díky celkovému objemu výroby elektrické energie (hodnoty uvedeny v Tabulce 23) dostalo na vysoké hodnoty sledovaného ukazatele. Vysoké hodnoty sledovaného ukazatele jsou v souladu s postavením země jako jednoho z předních evropských výrobců elektřiny.

Na Grafu 16 si lze všimnout, že Slovensko vyrábělo v celém sledovaném období značně menší množství elektrické energie na obyvatele než ČR, Rakousko a Německo. Nižší hodnoty mohou být ve sledovaném období způsobeny např. menším objemem investic do energetické infrastruktury.

Na Grafu 16 lze také spatřit, že ze všech sledovaných zemí má Polsko hodnoty ukazatele během celého sledovaného období nejnižší. Objem výroby na obyvatele však během celého období pozvolna rostl. Nicméně na rozdíl od ostatních sledovaných států, nižší hodnoty ukazatele u Polska reflektují menší celkový rozvoj energetického průmyslu.

5 Zhodnocení výsledků vlastní práce

V praktické části práce byla nejdříve v jednotlivých zemích (ČR, Německo, Polsko, Rakousko a Slovensko) analyzována výroba elektrické energie v letech 2000-2022. V jednotlivých zemích byl zkoumán charakter jejího vývoje a možné vlivy na největší změny (růsty, propady) ve výrobě. Dále byla jednotlivě u všech zemí analyzována struktura zdrojů výroby elektřiny – energetického mixu pro roky 2000 a 2022 (začátek a konec sledovaného období). Nakonec v rámci komparativní analýzy byly sledované státy porovnávány podle vypočítaného ukazatele výroba elektrické energie na obyvatele, a to v celém sledovaném období.

Trend výroby v České republice měl ve sledovaném období kolísavý charakter s mírným průměrným růstem. Nejvýraznější meziroční růst byl zaznamenán v roce 2003 a největší pokles v roce 2020 po vypuknutí celosvětové pandemie. Podíl uhelných elektráren na výrobě elektřiny klesl, zatímco podíl jaderné energie a obnovitelných zdrojů, jako je větrná a solární energie, stoupl. Během sledovaného období zaznamenala Česká republika nejvyšší hodnoty výroby elektřiny na obyvatele ze všech zemí nejvíce krát, což mohlo indikovat energetickou soběstačnost země. Rostoucí charakter u tohoto ukazatele mohl být spojen se značným rozvojem energetického průmyslu.

Výroba elektřiny v Německu zaznamenala své maximum v roce 2017, a to konkrétně 643,33 TWh, což bylo zároveň i maximum ze všech vybraných zemí v celém sledovaném období. O od roku 2018 došlo v produkci elektřiny k rapidnímu poklesu. Průměrně se celková výroba elektřiny během celého sledovaného období mírně zvyšovala, konkrétně o 0,45 TWh. Podíl obnovitelných zdrojů, zejména větrných, solární elektráren a bioenergie, na výrobě taktéž rostl. Přestože má Německo vysoký počet obyvatel, celkový objem výroby energie mu umožňoval dosáhnout vysokého objemu výroby elektřiny na obyvatele, což potvrdilo jeho roli jednoho z předních evropských výrobců elektřiny.

V Polsku celková výroba elektřiny, ač s kolísavým charakterem průměrně rostla. Byť se podíl obnovitelných zdrojů v Polsku postupně zvyšoval, Polsko bylo stále z velké části energeticky závislé na uhelných elektrárnách. V roce 2022 uhelné elektrárny tvořily 69,21 % celkového energetického mixu. Nejnižších hodnot sledovaného ukazatele výroba elektrické energie na obyvatele dosahovalo právě Polsko. Nicméně i přes nízké hodnoty

byl v průběhu sledovaného období pozorovatelný pozvolný růst. Nízké hodnoty však mohou odrážet ve srovnání s ostatními zeměmi menší rozvoj energetického průmyslu.

Lehký průměrný růst zaznamenala výroba elektrické energie v Rakousku, které ve svém energetickém mixu nemá zastoupenou jadernou energii. Zdroje pro výrobu elektřiny se skládají zejména z vodních elektráren a dalších obnovitelných zdrojů, a to v roce 2000 i 2022, což z Rakouska dělá ze všech sledovaných zemí oblast s nejkologičtějším energetickým průmyslem. Rakousko vykazovalo také vysoké hodnoty ukazatele výroba elektřiny na obyvatele, a to zejména v počátečních a koncových letech sledovaného období, kdy ze všech daných zemí mělo hodnoty nejvyšší.

Průměrně mírně klesající výrobu elektřiny naopak vykazovalo Slovensko. Kde na rozdíl od Rakouska jaderná energie měla významný podíl na celkové produkci, v roce 2022 to bylo 59,48 %. Zároveň se na Slovensku během sledovaného období zvyšoval podíl obnovitelných zdrojů, jako jsou vodní a solární elektrárny a bioenergie. V celém sledovaném období vykazovalo Slovensko menší množství vyrobené elektrické energie na obyvatele než ČR, Rakousko a Německo, avšak vyšší než Polsko.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat vývoj výroby elektrické energie v jednotlivých zemích, zjistit a popsat z těchto zemí podíl jednotlivých zdrojů elektřiny na celkové výrobě a porovnat je v oblasti energetiky pomocí ukazatele výroba elektrické energie na obyvatele.

Trendy výroby elektřiny se v jednotlivých zemích lišily, avšak společné bylo pozorování pozvolného růstu v prvních letech sledovaného období. Česká republika zaznamenala v prvních letech významný růst, který však od roku 2005 začal vykazovat kolísavý charakter. Globální ekonomická krize v roce 2008 a pandemie covid-19 v roce 2020 měly výrazný vliv na produkci elektřiny v ČR. Německo zaznamenalo obdobný trend růstu až do roku 2017, kdy došlo k vrcholu produkce, následovanému rapidním poklesem. Polsko sledovalo stabilní růst výroby elektřiny s výraznými meziročními výkyvy, ovlivněnými parlamentními intervencemi a změnami v energetické politice. Rakousko zaznamenalo postupný růst výroby elektřiny s občasnými výkyvy, zejména v období mezi lety 2006 a 2010, kdy došlo k intenzivnímu rozvoji obnovitelných zdrojů energie. Na Slovensku byl v produkci elektřiny pozorován kolísavý charakter s dlouhodobě průměrným snižováním, což mohlo být způsobeno nedostatečnými investicemi do energetické infrastruktury a snižující se spotřebou elektřiny. Celkově lze konstatovat, že výroba elektřiny ve sledovaných zemích byla ovlivněna řadou faktorů, které zahrnují např. ekonomické podmínky, politické rozhodnutí a technologické inovace.

Z analýzy výroby elektřiny podle zdrojů v ČR, Německu, Polsku, Rakousku a na Slovensku v letech 2000 a 2022 vyplývá několik významných závěrů. V ČR došlo ke snížení podílu uhelných elektráren na celkové výrobě elektrické energie, přičemž jaderná energie se stala klíčovým nízkoemisním zdrojem. V Německu byl v průběhu sledovaného období patrný výrazný posun směrem k obnovitelným zdrojům, zejména v důsledku postupného odstavování jaderných elektráren. V Polsku i v roce 2022 stále dominovaly uhelné elektrárny, avšak země se snažila postupně snižovat jejich podíl a zavádět více obnovitelných zdrojů. Rakousko se naopak stalo lídrem v oblasti využívání obnovitelných zdrojů, s výrazným podílem výroby elektřiny z vodních elektráren a rostoucím podílem větrných a solárních elektráren. Na Slovensku v roce 2022 zůstala jaderná energie stále významným zdroje, nicméně snaho o diverzifikaci energetického mixu směrem

k obnovitelným zdrojům byly patrné. Lze konstatovat, že sledované země aktivně reagovaly na výzvy v oblasti energetiky, snažily se diverzifikovat své zdroje a podporovat udržitelný rozvoj energetického sektoru.

Nakonec komparativní analýza ukázala, že výroba elektřiny na obyvatele byla po většinu let nejvyšší v České republice. Rakousko a Německo dosahovaly také několikrát nejvyšších hodnot, zatímco Slovensko a Polsko dosahovaly hodnot značně nižších.

7 Citovaná literatura

- ARLT, Josef; ARLTOVÁ, Markéta a RUBLÍKOVÁ, Eva. Analýza ekonomických časových řad s příklady. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2002. ISBN 80-245-0307-7.
- GOŇO, Radomír, KRÁL, Vladimír. Výroba a užití elektrické energie. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, 2012
- HENDL, Jan. Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. Páté, rozšířené vydání. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0981-2.
- HINDLS, Richard. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6.
- MAREK, Luboš. Statistika pro ekonomy: aplikace. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-40-5.
- MATYÁŠEK, Jiří, SUK, Miloš. *ANTROPOGENEZE V GEOLOGII*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd, 2009. Načteno z <https://is.muni.cz/elportal/estud/pedf/js10/antropog/web/pdf/Antropogeneze-v-geologii.pdf>
- MAZUR, Glen. Digital Multimeter Principles. American Technical Publisher, 2009. ISBN 978-08-26915-06-1
- MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- SOUČEK, Eduard. Statistika pro ekonomy. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2006. ISBN 80-86730-06-9.
- VAVŘIŇÁK, Petr. Užití elektrické energie. Ostrava: Střední škola elektrotechnická, Ostrava, Na Jízdárně 30, p. o, 2006
- VONDROUŠOVÁ, Kamila. Statistická analýza dat pro kvantitativní výzkum. Ostrava: Ostravská univerzita, 2019. ISBN: 978-80-7599-168-3

- BAJEROVÁ, Jarmila. *elektrina.cz*. Načteno z Ohmův zákon a elektrický odpor: Co je důležité vědět?, 2009, Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/ohmuv-zakon>**
- CEZ.cz. Načteno z Fyzikální zákony. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/05/zakony_1.html**
- CEZ.cz. Načteno z Elektrická energie. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/05/energie_2.html**
- Elektricity Data Explorer. Ember. Načteno z: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>**
- E-manuel. Elektrická energie. Načteno z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektricke-obvody/vyklad/elektricka-energie/>**
- Energy Trading, a. *epet.cz*. Jak se těží ropa a zemní plyn na území ČR: Omezené zásoby i dlouhá tradice. 2019. Načteno z: <https://www.epet.cz/jak-se-tezi-ropa-a-zemni-plyn-na-uzemi-cr-omezene-zasoby-i-dlouha-tradice/>**
- Energy Trading, a. *epet.cz*. z Jak zní Ohmův zákon a co potřebujete vědět?. 2022. Načteno: <https://www.epet.cz/jak-zni-ohmuv-zakon-a-co-potrebuji-vedet/>**
- KUSALA, Jaroslav. *CEZ.cz*. Solární (fotovoltaické) články. 2006. Načteno z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>**
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. Zemní plyn v České republice 2010–2020. 2022. Načteno z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/plynna-paliva/zemni-plyn-v-ceske-republice-2010_2020--265410/**
- porovnej24.cz. Jak funguje elektrina? . 2022. Načteno z: <https://www.porovnej24.cz/clanky/jak-funguje-elektrina>**
- Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s. Jaderné elektrárny v ČR. Načteno z: <https://www.spvez.cz/en/node/7195>**

Symopt, s. *Elektrická energie*. Skupina ČEZ . 1999. Načteno z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/elektr_en.html

Technický týdeník . *Průlom do skladování elektřiny?*. 2006. Načteno z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/prulom-do-skladovani-elektriny_16046.html

Univerzita Palackého v Olomouci. *Poloha a základní geografická charakteristika území České republiky*. 2014. Načteno z: https://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GCZ/1_GCZ_Poloha%20a%20zakladni%20charaktersitika%20uzemi.pdf

Vaillant. *Co je primární energie?*. 2007. Načteno z: <https://www.vaillant.cz/prozakazniky/technicka-podpora/slovnicek-pojmu/primarni-energie/>

Základní škola Březnice. *Elektrický výkon a příkon*. 2020. Načteno z: <https://www.zsbreznice.cz/files/editor/24/F9-Elektricky-vykon.pdf>

8 Seznam grafů a tabulek

8.1 Seznam grafů

Graf 1 Výroba elektrické energie v ČR	42
Graf 2 Zdroje elektrické energie v ČR v roce 2000	43
Graf 3 Zdroje elektrické energie v ČR v roce 2022	43
Graf 4 Výroba elektrické energie v Německu	45
Graf 5 Zdroje elektrické energie v Německu v roce 2000	46
Graf 6 Zdroje elektrické energie v Německu v roce 2022	46
Graf 7 Výroba elektrické energie v Polsku	48
Graf 8 Zdroje elektrické energie v Polsku v roce 2000	489
Graf 9 Zdroje elektrické energie v Polsku v roce 2022	489
Graf 10 Výroba elektrické energie v Rakousku	51
Graf 11 Zdroje elektrické energie v Rakousku v roce 2000	52
Graf 12 Zdroje elektrické energie v Rakousku v roce 2022	52
Graf 13 Výroba elektrické energie na Slovensku	53
Graf 14 Zdroje elektrické energie na Slovensku v roce 2000	54
Graf 15 Zdroje elektrické energie na Slovensku v roce 2022	54
Graf 16 Výroba elektrické energie na obyvatele v letech 2000-2022	56

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Výroba elektrické energie v jednotlivých státech	68
Tabulka 2 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v ČR	69
Tabulka 3 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v ČR	69
Tabulka 4 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Německu	70
Tabulka 5 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Německu	70
Tabulka 6 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Polsku.....	71
Tabulka 7 Průměrné charakteristiky výroby elektrické energie v Polsku.....	71
Tabulka 8 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Rakousku.....	72
Tabulka 9 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Rakousku.....	72
Tabulka 10 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie na Slovensku ..	73
Tabulka 11 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie na Slovensku	73
Tabulka 12 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v ČR v roce 2000	74
Tabulka 13 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v ČR v roce 2022	74
Tabulka 14 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Německu v roce 2000.	75
Tabulka 15 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Německu v roce 2022.	75
Tabulka 16 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Polsku v roce 2000....	76
Tabulka 17 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Polsku v roce 2022....	76
Tabulka 18 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Rakousku v roce 2000	77
Tabulka 19 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Rakousku v roce 2022	77
Tabulka 20 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie na Slovensku v roce 2000	78
Tabulka 21 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie na Slovensku v roce 2022	78

Tabulka 22 Celková výroba elektrické energie v jednotlivých státech (kWh).....	79
Tabulka 23 Počet obyvatel v jednotlivých státech.....	80
Tabulka 24 Výroba elektrické energie na obyvatele v jednotlivých státech.....	81

Tabulka 1 Výroba elektrické energie v jednotlivých státech

Celková výroba elektrické energie (TWh)					
ROK	ČR	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko
2000	72,9	572,3	143,18	59,85	30,78
2001	74,22	581,89	143,72	61,06	31,83
2002	76	581,96	142,49	60,69	32,18
2003	82,79	602,54	150,01	58,06	30,96
2004	83,97	610,46	152,26	62,93	30,45
2005	81,93	613,77	155,05	64,52	31,34
2006	83,66	629,81	160,81	62,28	31,21
2007	87,77	632,31	158,51	63,01	27,83
2008	83,28	633,2	154,64	64,5	28,74
2009	81,64	582,94	151,09	66,3	25,89
2010	85,24	624,64	157	67,91	27,42
2011	86,67	605,17	163,01	62,26	28,21
2012	86,61	620,39	161,63	68,7	28,24
2013	85,94	631,15	163,91	64,59	28,44
2014	85,01	619,95	158,38	61,62	27,04
2015	82,52	640,57	164,24	61,85	26,54
2016	82,01	642,97	166,09	65,25	26,68
2017	85,78	643,33	169,93	67,42	27,22
2018	86,86	632,62	169,49	65,04	26,57
2019	85,77	599,49	163,04	70,86	28,19
2020	80,15	567,26	157,14	69,19	28,51
2021	83,73	581,33	178,75	66,95	29,66
2022	85,11	582,28	179,3	64,69	26,73

Zdroj: Ember, 2024

Tabulka 2 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v ČR

Rok	Výroba el. energie (TWh)	První absolutní diference	Tempo růstu (%)
2000	72,9		
2001	74,22	1,32	101,81
2002	76	1,78	102,40
2003	82,79	6,79	108,93
2004	83,97	1,18	101,43
2005	81,93	-2,04	97,57
2006	83,66	1,73	102,11
2007	87,77	4,11	104,91
2008	83,28	-4,49	94,88
2009	81,64	-1,64	98,03
2010	85,24	3,6	104,41
2011	86,67	1,43	101,68
2012	86,61	-0,06	99,93
2013	85,94	-0,67	99,23
2014	85,01	-0,93	98,92
2015	82,52	-2,49	97,07
2016	82,01	-0,51	99,38
2017	85,78	3,77	104,60
2018	86,86	1,08	101,26
2019	85,77	-1,09	98,75
2020	80,15	-5,62	93,45
2021	83,73	3,58	104,47
2022	85,11	1,38	101,65

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 3 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v ČR

Průměrná absolutní diference	0,56
Průměrné tempo růstu 2000-2004 (%)	103,64
Průměrné tempo růstu 2011-2016 (%)	98,91

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 4 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Německu

Rok	Výroba el. energie (TWh)	První absolutní diference	Tempo růstu (%)
2000	572,3		
2001	581,89	9,59	101,68
2002	581,96	0,07	100,01
2003	602,54	20,58	103,54
2004	610,46	7,92	101,31
2005	613,77	3,31	100,54
2006	629,81	16,04	102,61
2007	632,31	2,5	100,40
2008	633,2	0,89	100,14
2009	582,94	-50,26	92,06
2010	624,64	41,7	107,15
2011	605,17	-19,47	96,88
2012	620,39	15,22	102,51
2013	631,15	10,76	101,73
2014	619,95	-11,2	98,23
2015	640,57	20,62	103,33
2016	642,97	2,4	100,37
2017	643,33	0,36	100,06
2018	632,62	-10,71	98,34
2019	599,49	-33,13	94,76
2020	567,26	-32,23	94,62
2021	581,33	14,07	102,48
2022	582,28	0,95	100,16

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 5 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Německu

Průměrná absolutní diference	0,45
Průměrný tempo růstu 2000-2008 (%)	101,28
Průměrné tempo růstu 2014-2017 (%)	101,25
Průměrné tempo růstu 2017-2020 (%)	95,91

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 6 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Polsku

Rok	Výroba el. energie (TWh)	První absolutní diference	Tempo růstu (%)
2000	143,18		
2001	143,72	0,54	100,38
2002	142,49	-1,23	99,14
2003	150,01	7,52	105,28
2004	152,26	2,25	101,50
2005	155,05	2,79	101,83
2006	160,81	5,76	103,71
2007	158,51	-2,3	98,57
2008	154,64	-3,87	97,56
2009	151,09	-3,55	97,70
2010	157	5,91	103,91
2011	163,01	6,01	103,83
2012	161,63	-1,38	99,15
2013	163,91	2,28	101,41
2014	158,38	-5,53	96,63
2015	164,24	5,86	103,70
2016	166,09	1,85	101,13
2017	169,93	3,84	102,31
2018	169,49	-0,44	99,74
2019	163,04	-6,45	96,19
2020	157,14	-5,9	96,38
2021	178,75	21,61	113,75
2022	179,3	0,55	100,31

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 7 Průměrné charakteristiky výroby elektrické energie v Polsku

Průměrná absolutní diference	1,64
Průměrné tempo růstu 2002-2006 (%)	103,08
Průměrné tempo růstu 2006-2009 (%)	97,94
Průměrné tempo růstu 2014-2017 (%)	102,38
Průměrné tempo růstu 2017-2020 (%)	97,44

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 8 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Rakousku

Rok	Výroba el. energie (TWh)	První absolutní diference	Tempo růstu (%)
2000	59,85		
2001	61,06	1,21	102,02
2002	60,69	-0,37	99,39
2003	58,06	-2,63	95,67
2004	62,93	4,87	108,39
2005	64,52	1,59	102,53
2006	62,28	-2,24	96,53
2007	63,01	0,73	101,17
2008	64,5	1,49	102,36
2009	66,3	1,8	102,79
2010	67,91	1,61	102,43
2011	62,26	-5,65	91,68
2012	68,7	6,44	110,34
2013	64,59	-4,11	94,02
2014	61,62	-2,97	95,40
2015	61,85	0,23	100,37
2016	65,25	3,4	105,50
2017	67,42	2,17	103,33
2018	65,04	-2,38	96,47
2019	70,86	5,82	108,95
2020	69,19	-1,67	97,64
2021	66,95	-2,24	96,76
2022	64,69	-2,26	96,62

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 9 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie v Rakousku

Průměrná absolutní diference	0,22
Průměrné tempo růstu 2006-2010 (%)	102,19
Průměrné tempo růstu 2014-2017 (%)	103,07
Průměrné tempo růstu 2019-2022 (%)	97,01

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 10 Elementární charakteristiky výroby elektrické energie na Slovensku

Rok	Výroba el. energie (TWh)	První absolutní diference	Tempo růstu (%)
2000	30,78		
2001	31,83	1,05	103,41
2002	32,18	0,35	101,10
2003	30,96	-1,22	96,21
2004	30,45	-0,51	98,35
2005	31,34	0,89	102,92
2006	31,21	-0,13	99,59
2007	27,83	-3,38	89,17
2008	28,74	0,91	103,27
2009	25,89	-2,85	90,08
2010	27,42	1,53	105,91
2011	28,21	0,79	102,88
2012	28,24	0,03	100,11
2013	28,44	0,2	100,71
2014	27,04	-1,4	95,08
2015	26,54	-0,5	98,15
2016	26,68	0,14	100,53
2017	27,22	0,54	102,02
2018	26,57	-0,65	97,61
2019	28,19	1,62	106,10
2020	28,51	0,32	101,14
2021	29,66	1,15	104,03
2022	26,73	-2,93	90,12

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 11 Průměrné elementární charakteristiky výroby elektrické energie na Slovensku

Průměrná absolutní diference	-0,18
Průměrné tempo růstu 2009-2013 (%)	102,40
Průměrné tempo růstu 2018-2021 (%)	103,76

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 12 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v ČR v roce 2000

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2000 (TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2000 (% z celkové výroby)
Bioenergie	0,52	0,71 %
Uhelná energie	52,75	72,36 %
Zemní plyn	1,69	2,32 %
Vodní elektrárny	1,76	2,41 %
Jaderná energie	13,59	18,64 %
Ostatní fosilní	2,59	3,55 %
CELKEM	72,90	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 13 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v ČR v roce 2022

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2022 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2022 (% z celkové výroby)
Bioenergie	5,31	6,24 %
Uhelná energie	36,97	43,44 %
Zemní plyn	6,65	7,81 %
Vodní elektrárny	2,03	2,39 %
Jaderná energie	30,99	36,41 %
Solární energie	2,51	2,95 %
Větrné elektrárny	0,65	0,76 %
CELKEM	85,11	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 14 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Německu v roce 2000

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2000 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2000 (% z celkové výroby)
Bioenergie	4,33	0,76 %
Uhelná energie	296,68	51,85 %
Zemní plyn	52,49	9,17 %
Vodní elektrárny	21,73	3,80 %
Jaderná energie	169,61	29,64 %
Ostatní fosilní	18,05	3,15 %
Větrné elektrárny	9,35	1,63 %
CELKEM	572,24	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 15 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Německu v roce 2022

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2022 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2022 (% z celkové výroby)
Bioenergie	47,30	8,13 %
Uhelná energie	181,00	31,10 %
Zemní plyn	96,31	16,55 %
Vodní elektrárny	17,45	3,00 %
Jaderná energie	36,51	6,27 %
Ostatní fosilní	18,39	3,16 %
Solární energie	58,98	10,13 %
Větrné elektrárny	126,10	21,67 %
CELKEM	582,04	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 16 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Polsku v roce 2000

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2000 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2000 (% z celkové výroby)
Bioenergie	0,22	0,15 %
Uhelná energie	135,89	94,91 %
Zemní plyn	0,93	0,65 %
Vodní elektrárny	2,11	1,47 %
Ostatní fosilní	4,03	2,81 %
CELKEM	143,18	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 17 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Polsku v roce 2022

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2022 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2022 (% z celkové výroby)
Bioenergie	7,76	4,33 %
Uhelná energie	124,10	69,21 %
Zemní plyn	12,61	7,03 %
Vodní elektrárny	2,06	1,15 %
Ostatní fosilní	4,86	2,71 %
Solární energie	8,15	4,55 %
Větrné elektrárny	19,76	11,02 %
CELKEM	179,30	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 18 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Rakousku v roce 2000

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2000 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2000 (% z celkové výroby)
Bioenergie	1,53	2,56 %
Uhelná energie	5,72	9,57 %
Zemní plyn	7,85	13,13 %
Vodní elektrárny	41,84	69,99 %
Ostatní fosilní	2,84	4,75 %
CELKEM	59,78	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 19 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie v Rakousku v roce 2022

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2022 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2022 (% z celkové výroby)
Bioenergie	3,62	5,61 %
Zemní plyn	11,76	18,22 %
Vodní elektrárny	36,07	55,88 %
Ostatní fosilní	3,44	5,33 %
Solární energie	2,73	4,23 %
Větrné elektrárny	6,93	10,74 %
CELKEM	64,55	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 20 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie na Slovensku v roce 2000

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2000 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2000 (% z celkové výroby)
Uhelná energie	5,58	18,13 %
Zemní plyn	3,34	10,85 %
Vodní elektrárny	4,61	14,98 %
Jaderná energie	16,49	53,57 %
Ostatní fosilní	0,76	2,47 %
CELKEM	30,78	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 21 Podíly jednotlivých zdrojů elektrické energie na Slovensku v roce 2022

Zdroj elektrické energie	Vyrobená el. energie v roce 2022 (v TWh)	Vyrobená el. energie v roce 2022 (% z celkové výroby)
Bioenergie	1,71	6,40 %
Uhelná energie	1,54	5,76 %
Zemní plyn	2,19	8,19 %
Vodní elektrárny	3,66	13,69 %
Jaderná energie	15,90	59,48 %
Ostatní fosilní	1,04	3,89 %
Solární energie	0,69	2,58 %
CELKEM	26,73	100 %

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 22 Celková výroba elektrické energie v jednotlivých státech (kWh)

Celková výroba elektrické energie v kWh					
ROK	ČR	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko
2000	72 900 000 000	572 300 000 000	143 180 000 000	59 850 000 000	30 780 000 000
2001	74 220 000 000	581 890 000 000	143 720 000 000	61 060 000 000	31 830 000 000
2002	76 000 000 000	581 960 000 000	142 490 000 000	60 690 000 000	32 180 000 000
2003	82 790 000 000	602 540 000 000	150 010 000 000	58 060 000 000	30 960 000 000
2004	83 970 000 000	610 460 000 000	152 260 000 000	62 930 000 000	30 450 000 000
2005	81 930 000 000	613 770 000 000	155 050 000 000	64 520 000 000	31 340 000 000
2006	83 660 000 000	629 810 000 000	160 810 000 000	62 280 000 000	31 210 000 000
2007	87 770 000 000	632 310 000 000	158 510 000 000	63 010 000 000	27 830 000 000
2008	83 280 000 000	633 200 000 000	154 640 000 000	64 500 000 000	28 740 000 000
2009	81 640 000 000	582 940 000 000	151 090 000 000	66 300 000 000	25 890 000 000
2010	85 240 000 000	624 640 000 000	157 000 000 000	67 910 000 000	27 420 000 000
2011	86 670 000 000	605 170 000 000	163 010 000 000	62 260 000 000	28 210 000 000
2012	86 610 000 000	620 390 000 000	161 630 000 000	68 700 000 000	28 240 000 000
2013	85 940 000 000	631 150 000 000	163 910 000 000	64 590 000 000	28 440 000 000
2014	85 010 000 000	619 950 000 000	158 380 000 000	61 620 000 000	27 040 000 000
2015	82 520 000 000	640 570 000 000	164 240 000 000	61 850 000 000	26 540 000 000
2016	82 010 000 000	642 970 000 000	166 090 000 000	65 250 000 000	26 680 000 000
2017	85 780 000 000	643 330 000 000	169 930 000 000	67 420 000 000	27 220 000 000
2018	86 860 000 000	632 620 000 000	169 490 000 000	65 040 000 000	26 570 000 000
2019	85 770 000 000	599 490 000 000	163 040 000 000	70 860 000 000	28 190 000 000
2020	80 150 000 000	567 260 000 000	157 140 000 000	69 190 000 000	28 510 000 000
2021	83 730 000 000	581 330 000 000	178 750 000 000	66 950 000 000	29 660 000 000
2022	85 110 000 000	582 280 000 000	179 300 000 000	64 690 000 000	26 730 000 000

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024

Tabulka 23 Počet obyvatel v jednotlivých státech

Počet obyvatel					
ROK	ČR	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko
2000	10 273 000	82 163 000	38 649 000	8 002 000	5 401 000
2001	10 224 000	82 259 000	38 248 000	8 021 000	5 379 000
2002	10 201 000	82 440 000	38 231 000	8 064 000	5 379 000
2003	10 202 000	82 536 000	38 205 000	8 100 000	5 380 000
2004	10 207 000	82 531 000	38 183 000	8 143 000	5 382 000
2005	10 234 000	82 500 000	38 166 000	8 201 000	5 387 000
2006	10 267 000	82 437 000	38 141 000	8 254 000	5 391 000
2007	10 323 000	82 314 000	38 121 000	8 283 000	5 397 000
2008	10 430 000	82 217 000	38 126 000	8 308 000	5 406 000
2009	10 491 000	82 002 000	38 152 000	8 335 000	5 417 000
2010	10 517 000	81 802 000	38 530 000	8 352 000	5 435 000
2011	10 497 000	81 751 000	38 538 000	8 375 000	5 398 000
2012	10 509 000	80 327 000	38 533 000	8 408 000	5 408 000
2013	10 511 000	80 523 000	38 496 000	8 452 000	5 416 000
2014	10 525 000	80 767 000	38 479 000	8 508 000	5 421 000
2015	10 543 000	81 197 000	38 437 000	8 585 000	5 426 000
2016	10 565 000	82 175 000	38 433 000	8 700 000	5 435 000
2017	10 590 000	82 521 000	38 434 000	8 773 000	5 443 000
2018	10 626 000	82 792 000	38 411 000	8 822 000	5 450 000
2019	10 669 000	83 019 000	38 383 000	8 859 000	5 458 000
2020	10 700 000	83 155 000	38 265 000	8 901 000	5 459 000
2021	10 501 000	83 222 000	38 080 000	8 933 000	5 435 000
2022	10 760 000	84 270 000	37 940 000	8 979 000	5 429 000

Zdroj: ČSÚ, destatis.de, stat.gov.pl, statistik.at, datacommons.org

Tabulka 24 Výroba elektrické energie na obyvatele v jednotlivých státech

Výroba elektrické energie na obyvatele kWh					
ROK	ČR	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko
2000	7096,27	6965,42	3704,62	7479,38	5698,94
2001	7259,39	7073,88	3757,58	7612,52	5917,46
2002	7450,25	7059,19	3727,08	7526,04	5982,52
2003	8115,08	7300,33	3926,45	7167,90	5754,65
2004	8226,71	7396,74	3987,64	7728,11	5657,75
2005	8005,67	7439,64	4062,52	7867,33	5817,71
2006	8148,44	7639,89	4216,20	7545,43	5789,28
2007	8502,37	7681,68	4158,08	7607,15	5156,57
2008	7984,66	7701,57	4056,02	7763,60	5316,32
2009	7781,91	7108,85	3960,21	7954,41	4779,40
2010	8104,97	7636,00	4074,75	8130,99	5045,08
2011	8256,64	7402,60	4229,85	7434,03	5226,01
2012	8241,51	7723,31	4194,59	8170,79	5221,89
2013	8176,20	7838,13	4257,84	7641,98	5251,11
2014	8076,96	7675,78	4116,01	7242,60	4988,01
2015	7826,99	7889,08	4272,97	7204,43	4891,26
2016	7762,42	7824,40	4321,55	7500,00	4908,92
2017	8100,09	7795,95	4421,35	7684,94	5000,92
2018	8174,29	7641,08	4412,54	7372,48	4875,23
2019	8039,18	7221,12	4247,71	7998,65	5164,90
2020	7490,65	6821,72	4106,62	7773,28	5222,57
2021	7973,53	6985,29	4694,07	7494,68	5457,22
2022	7909,85	6909,70	4725,88	7204,59	4923,56

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ember, 2024