

Predikce výroby elektrické energie z plynu v regionu západní Evropy

Bc. Jan Foltas

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav financí a účetnictví

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Jan Foltas
Osobní číslo: M22144
Studijní program: N0412A050011 Finance
Specializace: Finanční trhy a technologie
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Predikce výroby elektrické energie z plynu v regionu západní Evropy

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši vztahující se k oblasti energetiky a konkurenceschopnosti.

II. Praktická část

- Zpracujte strategickou analýzu konkurenceschopnosti plynu a uhlí při výrobě elektřiny.
- Navrhněte ekonometrický model pro predikci výroby elektrické energie z plynu v závislosti na dalších proměnných.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ANDREWS, John a JELLEY, N.A. *Energy science: principles, technologies, and impacts*. Third edition. Oxford: Oxford University Press, 2017. ISBN 9780198755814.
BALATKA, Sláva a KUTNOHORSKÁ, Olga. *Inženýrská statistika pro ekonomy*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-807-0808-948.
CIPRA, Tomáš. *Finanční ekonometrie*. 2., upr. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-808-6929-934.
GOLDING, Barry a GOLDING, Suzanne D. *Metals, energy and sustainability: the story of Doctor Copper and King Coal*. Cham: Springer, 2017. ISBN 978-331-9511-757.
NEUBAUER, Jiří; SEDLAČÍK, Marek a KRÍŽ, Oldřich. *Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech*. 3., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3421-2.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Monika Horáková, Ph.D.**
Ústav ekonomie

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **19. dubna 2024**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 5. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen přípouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá predikcí výroby elektrické energie z plynu v regionu západní Evropy, konkrétně ve čtyřech zemích: Německu, Francii, Belgii a Nizozemsku. Hlavním cílem práce je vytvořit funkční ekonometrický model, který umožní předpovědět výrobu elektrické energie z plynu v daném časovém období. Teoretická část obsahuje literární rešerši, vztahující se k pojmům konkurenceschopnosti, SWOT analýze a BCG matici, dále jsou vysvětleny pojmy související s ekonometrií. Praktická část aplikuje teoretické poznatky pro sestavení ekonometrického regresního modelu v závislosti na 4 proměnných (poptávka po elektřině, výroba z hnědého uhlí, konkurenceschopnost uhlí a plynu, výroba z nízkoemisních zdrojů). Sestavený a otestovaný regresní model prokázal funkčnost při odhadování budoucího vývoje výroby elektřiny z plynu v západních státech Evropy.

Klíčová slova: energetický trh, konkurenceschopnost, SWOT analýza, BCG matice, ekonometrický regresní model, predikce výroby elektrické energie

ABSTRACT

This thesis deals with the prediction of gas-fired power generation in the Western European region, specifically in four countries: Germany, France, Belgium and the Netherlands. The main objective of the thesis is to develop a working econometric model to forecast gas-fired power generation over a given time period. The theoretical part includes a literature search related to the concepts of competitiveness, SWOT analysis and BCG matrix, and econometrics related concepts are explained. The practical part applies the theoretical knowledge to build an econometric regression model depending on 4 variables (electricity demand, lignite generation, coal and gas competitiveness, low-emission generation). The constructed and tested regression model proved its functionality in estimating the future development of gas-fired electricity generation in Western European countries.

Keywords: energy market, competitiveness, SWOT analysis, BCG matrix, econometric regression model, power generation prediction

Touto Cestou bych rád poděkoval paní Ing. Monice Horákové Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce. Její cenné připomínky byly klíčové pro úspěšné dokončení této práce. Dále chci také poděkovat panu Ing. Eduardu Majlingovi za cennou pomoc a odborné rady při tvorbě modelu. V neposlední řadě patří velké díky i mé rodině, která mě po celou dobu mého studia velmi podporovala.

„Když procházíš peklem, nezastavuj se.“ — Winston Churchill

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	12
1.1 ZPŮSOBY VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	12
1.1.1 Výroba elektrické energie z neobnovitelných zdrojů.....	13
1.1.2 Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů	15
2 ENERGETICKÝ TRH	17
2.1 ORGANIZACE TRHU	18
2.2 TRH S UHLÍM	20
2.3 TRH S PLYNEM	22
2.4 TRH S EMISNÍMI POVOLENKAMI.....	23
2.5 ENERGETICKÁ STRATEGIE EU	24
2.6 NĚMECKÝ ENERGETICKÝ TRH.....	25
3 KONKURENCESCHOPNOST	27
3.1 BCG ANALÝZA.....	27
3.2 SWOT ANALÝZA	29
4 EKONOMETRICKÝ MODEL	32
4.1 POSTUP SESTAVENÍ EKONOMETRICKÉHO MODELU.....	32
4.2 KVANTIFIKACE EKONOMETRICKÉHO MODELU.....	33
4.3 REGRESNÍ A KORELAČNÍ ANALÝZA.....	34
4.4 METODA NEJMENŠÍCH ČTVERCŮ.....	35
4.5 POPISNÁ STATISTIKA	36
4.6 EKONOMETRICKÁ PREDIKCE	36
4.6.1 Klasifikace predikcí	37
4.7 PREDIKCE POMOCÍ REGRESNÍHO MODELU.....	38
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI E.ON	43
6.1 E.ON ČESKÁ REPUBLIKA.....	44
7 ANALÝZA KONKURENCESCHOPNOSTI PLYNU A UHLÍ	46
7.1 SWOT ANALÝZA UHLÍ	46
7.2 SWOT ANALÝZA PLYNU	49
7.3 BCG ANALÝZA ZDROJŮ PŘI VÝROBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE V NĚMECKU	53

8	EKONOMETRICKÝ REGRESNÍ MODEL.....	57
8.1	PŘEDSTAVENÍ PROMĚNNÝCH VYUŽITÝCH V MODELU	57
8.1.1	Proměnná Y	58
8.1.2	Proměnná X1	59
8.1.3	Proměnná X2.....	61
8.1.4	Proměnná X3.....	62
8.1.5	Proměnná X4.....	67
8.2	KORELAČNÍ ANALÝZA	69
8.3	POPISNÁ STATISTIKA	70
8.4	REGRESNÍ EKONOMETRICKÝ MODEL	72
8.4.1	Sestavení modelu rovnice	72
8.4.2	Test statistické významnosti regresního modelu.....	74
8.5	TEST REGRESNÍHO MODELU NA MINULÝCH OBDOBÍCH	74
8.5.1	2017-2019	75
8.5.2	2021	76
8.5.3	2023	76
8.5.4	Leden a únor 2024.....	77
8.6	THEILŮV KOEFICIENT NEJISTOTY	78
8.7	WHITŮV TEST HETEROSKEDASTICITY	79
8.8	DURBIN – WATSONŮV TEST AUTOKORELACE.....	79
8.9	NÁVRH EKONOMETRICKÉHO REGRESNÍHO MODELU S PREDIKCÍ DO BUDOUCNA	81
9	ZHODNOCENÍ EKONOMETRICKÉHO REGRESNÍHO MODELU.....	85
	ZÁVĚR	86
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	87
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	95
	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

ÚVOD

V současné době čelí energetický sektor v celé Evropě mnoha výzvám a změnám, které jsou poháněny jak technologickým vývojem, tak změnami v politickém a sociálním prostředí. Přechod k udržitelnějšímu energetickému mixu, zvýšená potřeba energetické bezpečnosti a neustálé kolísání cen energií vyžadují porozumění současným trendům a schopnost předvídat budoucí vývoj v oblasti výroby a spotřeby elektrické energie. Tato práce se zaměřuje na jednu ze základních složek energetického mixu – výrobu elektrické energie z plynu, která hraje klíčovou roli v zajištění energetické bezpečnosti a flexibility v reakci na kolísavou produkci elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

Teoretická část se věnuje přehledu současných metod výroby elektrické energie včetně rozdělení na neobnovitelné a obnovitelné zdroje. Zabývá se také strukturou energetického trhu, včetně regulace a tržních mechanismů, které ovlivňují energetický trh. Teoretická část dále poskytuje ucelený rámec pro pochopení vlivu ekonomických, politických a technologických faktorů na energetický sektor. V teoretické části jsou dále uvedeny poznatky popisující strategické analýzy a teoretická východiska z ekonometrie.

Hlavním cílem teoretické části je vysvětlení teoretických poznatků z oblasti energetiky, konkurenceschopnosti a ekonometrie, které jsou pro pozdější pochopení praktické části nezbytné.

Praktická část obsahuje představení koncernu E.ON a jeho dceřiných společností. Dále jsou využity strategické analýzy k posouzení konkurenceschopnosti dvou energetických paliv, a to plynu a uhlí. V následující kapitole je sestavena BCG analýza německého energetického mixu. Poslední kapitola je věnována hlavnímu cíli práce, tj. sestavení regresního ekonometrického modelu pro predikci budoucí výroby elektrické energie pomocí plynu. V této kapitole je detailně popsán postup sestavení modelu, včetně testů, které zaručují správnou funkčnost modelu. V závěru praktické části je zhodnocení získaných poznatků.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem práce je vytvořit funkční ekonometrický model, který umožní predikovat výrobu elektrické energie z plynu v daném časovém období. Model se vztahuje ke čtyřem západoevropským státům a to Belgii, Nizozemsko, Německu a Francii.

Pro pochopení hlavního cíle práce je nutné nejdříve provést literární rešerši z oblasti energetiky, konkurenceschopnosti a ekonometrie. K literární rešerši se vztahuje celá teoretická část této diplomové práce

V druhé části práce bude představena společnost E.ON, a to jak ta německá, která řídí celý koncern tak i její dceřiná společnost v České republice.

V dalších kapitolách budou sestaveny SWOT analýza dvou paliv užívaných v energetice, a to uhlí a plyn nebo také BCG matice energetického mixu Německa. Následuje hlavní část této práce, sestavení ekonometrického regresního modelu, včetně testu reziduí na heteroskedasticitu, autokorelaci a také test získaného modelu na minulých obdobích tak, aby se ověřila jeho funkčnost.

V poslední části proběhne predikce pomocí získaného modelu na období březen 2024 až únor 2025 a celkové zhodnocení práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

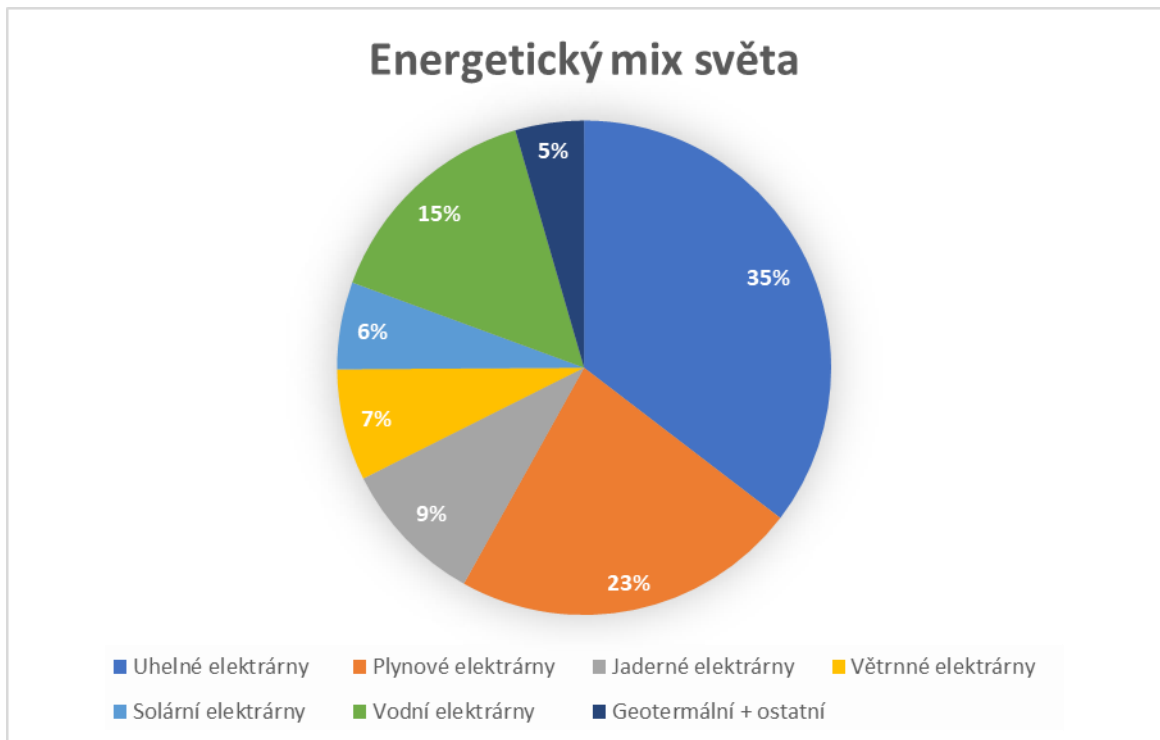
1 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

V této kapitole budou představeny technologické způsoby výroby elektrické energie a také neméně důležitý trh s emisními povolenkami. Poté bude následovat popis subjektů na trhu a následné členění trhu s uhlím a zemním plynem.

1.1 Způsoby výroby elektrické energie

Výroba elektrické energie se dá rozdělit na dvě kategorie, a to z neobnovitelných zdrojů (z fosilních paliv) a z obnovitelných zdrojů. Následující kapitoly se budou věnovat oběma těmto způsobům a budou představeny druhy elektráren včetně způsobu výroby elektrické energie.

Největší podíl na vyrobené elektrické energii na světě mají uhelné elektrárny a to 35 %. V plynových elektrárnách vzniklo 23 %, vodní elektrárny vyprodukovaly 14,9 % a jaderné 9,5 %. Následující obrázek 1 zahrnuje i méně významné zdroje jako solární, geotermální elektrárny a další. (World Electricity Generation, 2023)



Obrázek 1 Energetický mix světa 2022 (vlastní zpracování podle worldenergydata.org, 2023)

1.1.1 Výroba elektrické energie z neobnovitelných zdrojů

K výrobě elektrické energie se nejčastěji používají 2 následující fosilní paliva. Všechna tato paliva jsou spalována v elektrárnách. V následujících kapitolách bude uveden popis fungování elektráren včetně jejich paliva.

Uhelné elektrárny

Základní princip, na kterém funguje uhelná elektrárna je přeměna tepelné energie na mechanickou a poté na elektrickou. Výrobní proces elektrické energie v uhelné elektrárně lze popsat v následujících krocích,

1. Výroba tepelné energie – probíhá spalováním uhlí, které ohřívá vodu v kotli a ta se mění na páru. Vytvořená pára nemusí sloužit pouze k výrobě elektřiny, ale také k vytápění domácností.
2. Přeměna na mechanickou energii – vzniklá pára (530–600 °C) roztáčí turbínu, která tepelnou energii mění na mechanickou.
3. Přeměna na elektrickou energii – turbína je spojena s generátorem, který pomocí rotujícího elektromagnetu mění mechanickou energii na elektrickou a tím vzniká napětí a proud. Výroba elektrického proudu v elektrárnách je založena na principu elektromagnetické indukce, jak popisuje Faradayův zákon. Když se smyčka otáčí v magnetickém poli, indukuje se v ní střídavé napětí, které, pokud je obvod uzavřen, produkuje střídavý proud.
4. Kondenzace páry – pára, která již prošla turbínou čeká cesta do kondenzátoru, který ji zchladí a z páry se opět stává voda, která se vrací zpět do kotle, který je uveden v 1. kroku. (ČEZ, 2018)

Uhelné elektrárny se řadí do kategorie tepelných elektráren, do které patří také elektrárny na biomasu, bioplynové, plynové a také jaderné. Všechny uvedené elektrárny používají stejný princip výroby energie, tj. ohřev vody, akorát pomocí jiné komodity (plyn, uhlí, uran) (Moje energie, 2023)

Uhlí je pevná látka bohatá na uhlík. Uhlí vzniklo z pozůstatků rostlin a živočichů, které zapadly do bažin a během milionů let z nich vlivem působení tlaku a tepla vzniklo uhlí. Uhlí se dá rozdělit na dvě skupiny, a to hnědé a černé. Hnědé uhlí má obsah uhlíku okolo 65 % – 75 %, také se vyznačuje menší výhřevností (10 MJ/kg) a těžba probíhá většinou povrchově. Naproti tomu černé uhlí má obsah uhlíku v rozmezí 75 % - 90 %, má větší výhřevnost (24 MJ/kg), tím pádem je kvalitnější než hnědé. Černé uhlí se těží v hlubinných dolech. Uhelné elektrárny jsou v současnosti nejvíce rozšířené, ale jsou také považovány

za nejméně ekologické a v budoucnosti se počítá s postupným snižováním provozu těchto elektráren. (Andrews a Jelley, 2017, s. 74-75, Molek, 2015, Golding a Goldingová, 2017, s. 25-27)

Světové zásoby uhlí se odhadují na 1 161 182 tis tun a při současné spotřebě by lidstvu trvalo spotřebovat veškeré uhlí něco okolo 400 let. (US Energy information administration)

Paroplynové elektrárny

Paroplynové elektrárny využívají k výrobě energie takzvaný paroplynový cyklus, jedná se o dva oběhy, a to plynový a parní. Tyto oběhy jsou vzájemně propojené spalínovým kotlem. Výrobní proces funguje následovně:

1. Plynový oběh – funguje jako první část, do spalovací komory je vháněn stlačený vzduch (1,2 -3 MPa) společně s palivem. Díky stlačenému vzduchu dochází k větší účinnosti spalování plynu. Vzniklé spaliny (800–1450 °C) putují ze spalovací komory k turbíně, kterou roztáčí a tím vzniká kinetická energie. Turbína je také jako v případě uhelných elektráren připojena na generátor, který mění kinetickou energii na elektrickou a tím vzniká elektrický proud. Po projití turbínou mají spaliny teplotu okolo 400-700 °C a míří do spalínového kotle, kde začíná druhý oběh.
2. Parní oběh – začíná ve spalínovém kotli, kde se díky odpadnímu teplu z prvního oběhu ohřívá voda, ze které se následně tvoří pára, která roztáčí turbínu připojenou k generátoru a tím se generuje elektrická energie. Pára po projití cyklem míří do kondenzátoru, který ji změní opět na vodu. (Vobořil, 2015)

Díky využití paroplynového oběhu (opětovné využití tepelné energie) disponují elektrárny přibližně dvojnásobnou účinností při výrobě elektrické energie ve srovnání s uhelnými elektrárnami a také dosahují minimální ekologické zátěže. (ČEZ, 2016)

Mezi další výhody patří velká flexibilita, kdy je schopnost elektrárny začít vyrábět elektřinu do několika minut od spuštění, to je velmi důležité zejména v časech, kdy se množství energie v soustavě výrazně mění. Díky tomuto mají paroplynové elektrárny možnost stabilizovat elektrickou soustavu. Jako další výhody lze uvést rychlou výstavbu, nižší investiční náklady oproti ostatním elektrárnám na fosilní paliva nebo také nižší emise. (Vobořil, 2015)

Zemní plyn, který spalují paroplynové elektrárny se tvoří v horninách, které jsou bohaté na organický materiál. Když je v těchto horninách dostatečně vysoká teplota, dochází k rozkladu organické hmoty a vzniká zemní plyn. Část tohoto plynu se pak pohybuje z původních hornin do tzv. rezervoárů, odkud je možné ho později těžít. Těžebních metod

je však celá řada, a tak lze plyn těžit i pokud není v rezervoáru. Mezi země s největšími zásobami plynu na světě patří Rusko a státy blízkého východu (Katar, Kuwajt). EU preferuje využití plynu v energetice na úkor uhlí, a dokonce s plynovými zdroji počítá v počátečních fázích Green dealu jako s čistým zdrojem. (Andrews a Jelley, 2017, s. 75)

Světové zásoby plynu se odhadují na 6,922,922 tis. m³ a při současné spotřebě by lidstvu zabralo spotřebování tohoto množství něco okolo 150 let. (US Energy information administration)

Jaderné elektrárny

Jaderné elektrárny používají při výrobě elektrické energie uran, radioaktivní látku, která uvolňuje při štěpení jeho jader v reaktoru velké množství energie. Reaktor je napojen na takzvaný primární okruh, který obsahuje vodu. Po zahřátí se změní voda na páru a putuje do sekundárního okruhu, kde pára roztáčí turbínu a tím se vytváří elektrická energie. Mezi nesporné výhody jaderných elektráren patří zejména to, že neprodukují žádné emise skleníkových plynů, výborný poměr spotřebovaného paliva k množství vyrobené energie a relativní stálost výroby. Mezi nevýhody patří nutnost obrovských investic při stavbě elektrárny, produkce radioaktivního odpadu a náročné získávání paliva. Určité riziko také představuje přehřátí reaktoru a jeho následný výbuch, avšak pravděpodobnost, že by se tak stalo v moderní JE se rovná téměř nule. (Voříšek, 2016, Jaderné elektrárny.cz)

1.1.2 Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů

Vodní elektrárny

Vodní elektrárny pracují na odlišném principu než elektrárny tepelné, protože místo využívání tepla používají kinetickou energii vody. Tento proud vody přímo roztáčí turbínu, která je spojena s generátorem. Existují tři hlavní typy vodních elektráren: průtokové elektrárny, které jsou umístěny přímo na vodních tocích a jejichž výkon závisí na množství průtoku vody, dalším typem jsou akumulární elektrárny, které jsou integrované do hrází vodních nádrží. Posledním typem jsou přečerpávací elektrárny s horní a spodní nádrží. Tyto elektrárny využívají nadbytečnou elektřinu k přečerpání vody z nižší do vyšší nádrže a v době, kdy je potřeba více elektřiny, pustí vodu zpět dolů, čímž se roztáčí turbína. Přečerpávací elektrárny lze zjednodušeně chápat jako druh energie ukládajícího zařízení, podobného baterii. (Moje energie, 2023)

Solární elektrárny

Solární elektrárny využívají energii ze slunečního svitu, kterou mění na elektrický proud různými metodami. Existuje několik druhů solárních elektráren, fotovoltaické,

kteřé přeměňují světlo přímo na elektřinu, termoelektrické, jež využívají tepla slunečních paprsků, sluneční tepelné elektrárny a elektrárny s palivovými články. Hlavní přednosti solárních elektráren jsou jejich nízké provozní náklady, jednoduchost správy a údržby a produkce čisté energie z obnovitelného zdroje. Naproti tomu jejich efektivita je závislá na dostupnosti slunečního záření, počáteční investice do instalace jsou vyšší a ve větším rozsahu mohou mít negativní vliv na charakter krajiny. (Moje energie, 2023)

Větrné elektrárny

Větrné elektrárny fungují na principu využívání kinetické energie větru, který roztáčí rotor prostřednictvím lopatek. Hlavní předností těchto elektráren je produkce energie bez emisí. Využívání větru je stejně jako slunce nebo voda nevyčerpatelný zdroj. Na druhou stranu, výkon větrných elektráren se může lišit v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách. Mezi další nevýhody patří relativně vysoké náklady na pořízení, nutnost častějšího servisu než u předchozích dvou uvedených zdrojů a také možné negativní dopady na vzhled krajiny a hluk v okolí elektrárny. (Epet, 2021)

2 ENERGETICKÝ TRH

Na energetickém trhu vystupuje celá řada účastníků a to výrobce, obchodník, odběratel, burza, provozovatel distribuční soustavy, provozovatel přenosové soustavy a na konec energetický regulační úřad. I když se praktická část nezabývá energetickým trhem v ČR v teoretické bude využit z toho důvodu, že je pro čtenáře lehčí pochopit souvislosti a také protože díky regulacím EU jsou všechny energetické trhy velmi podobné.

Výrobce zastává patrně nejdůležitější roli, jelikož bez něho by nebylo možné žádnou elektrickou energii prodat. Jedná se o licencovaný subjekt, který má právo na připojení do sítě a využívání přenosových soustav tak aby elektrická energie doputovala až k zákazníkovi. Často výrobce rovnou zastává i místo provozovatele distribuční sítě (E.ON – prodej, distribuce EG. D)

Obchodník na starosti prodej a uzavírání smluv s klienty, k provádění této činnosti je také nutná licence. Obchodník provádí obchody jak na velkoobchodním trhu (nákupy energie), tak i na tom maloobchodním (prodej energie odběratelům). Jeho primárním cílem je maximalizace zisku. Na energetickém trhu zastává obchodník pozici nabídky

Odběratel je fyzická či právnická osoba, která spotřebovává elektrickou energii na základě smlouvy s obchodníkem, odběratel představuje pozici poptávky. V případě podpisu smlouvy má odběratel právní nárok na dodání elektrické energie obchodníkem.

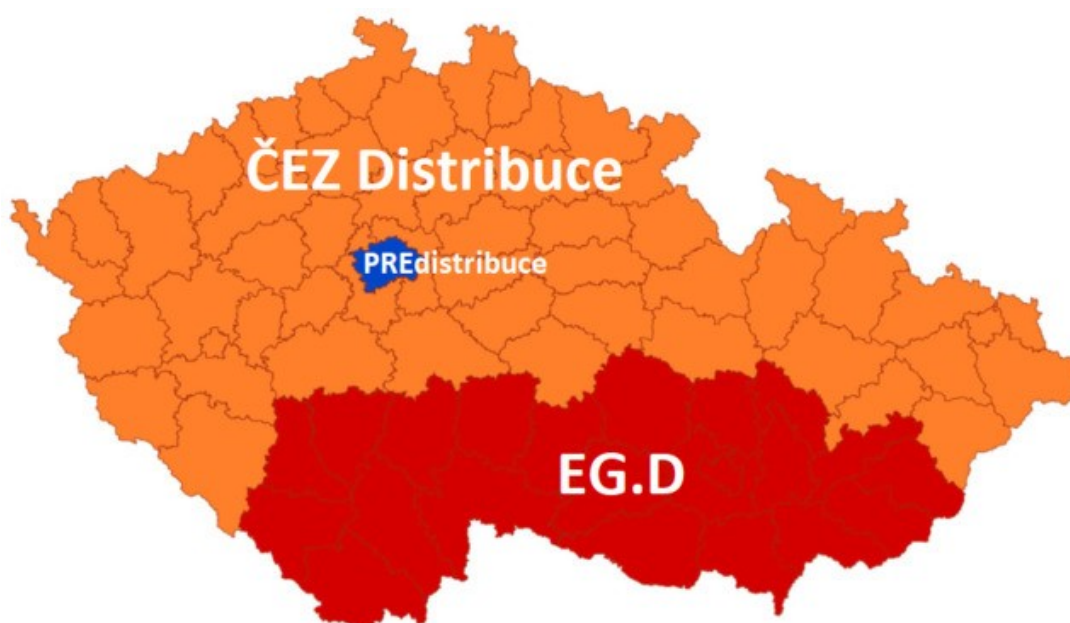
Komoditní burza je organizátorem trhu s elektrickou energií, umožňuje obchodníkům nakoupit požadované množství elektrické energie v požadovaném množství a v určitý čas. Obchoduje se pomocí futures a spotových kontraktů. V ČR tuto úlohu plní burza POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a.s. známá spíše jako PXE a. s. a na evropské úrovni její roli zastává burza EUROPEAN ENERGY EXCHANGE (EEX) se sídlem v německém Lipsku.

Provozovatel distribuční soustavy je subjekt, který se stará o distribuci elektrické energie koncovým zákazníkům, a to v souladu se zákonem. Jeho hlavní úloha spočívá v údržbě a modernizaci distribuční soustavy. V ČR jsou pouze 3 subjekty, které jsou provozovateli distribuční soustavy, a to ČEZ distribuce, EG. D a PRE distribuce, s tím, že každý se stará o svůj vyhrazený region, jak lze vidět na obrázku 2. Z toho plyne, že každá společnost má v dané oblasti monopol na distribuci energie. (Salavec, 2017)

Pod pojmem provozovatel přenosové soustavy si lze představit společnost, která má na starost přenos elektrické energie na dlouhé vzdálenosti. V ČR tuto pozici zastává pouze

jedna společnost, a to společnost ČEPS a.s., která má monopol na správu přenosové soustavy vysokého napětí (400kV, 220kV). ČEPS a.s. vykonává své činnosti na základě speciální licence kterou v ČR může disponovat pouze jediná společnost. Mezi další úkoly patří dispečerské řízení elektroenergetické soustavy, tak aby se předcházelo přetížení. ČEPS je ze 100 % vlastněna Ministerstvem průmyslu a obchodu

Energetický regulační úřad (dále jen ERÚ) plní úlohu dohledu nad celým energetickým trhem, má na starosti vydávání licencí pro licencované subjekty a dále také stanovuje regulovanou část elektrické energie. (Salavec, 2017)



Obrázek 2 Rozdělení ČR podle distribučních společností (zdroj: cenyenergie.cz, 2020)

2.1 Organizace trhu

Trh s elektrickou energií lze rozdělit podle více kritérií, a to na organizovaný a neorganizovaný a také dlouhodobý a krátkodobý. Na velkoobchodním trhu, který bude popsán v této kapitole se obchoduje bez regulované složky elektřiny. (Salavec, 2017)

Organizovaný trh lze popsat jako burzovní obchody, kdy jádrem trhu je burza, která vystupuje jako protistrana a mezi její úkoly patří finanční vypořádání obchodů nebo stanovení určitých pravidel. Na burze se vyskytují dva druhy obchodu, první z nich je aukce, kdy se do uzávěrky daného obchodu podávají buď nabídky nebo poptávky. Druhým typem jsou průběžné obchody, které burza páruje okamžitě, avšak v tomto případě se může stát,

že se protistrana neobjeví hned, a tak se musí někdy čekat, zda se objeví někdo, kdo o daný kontrakt bude mít zájem. (Salavec, 2017)

Naproti tomu neorganizovaný trh nevyužívá burzu, ale bilaterální dohody mezi dvěma subjekty, z toho plyne, že je neveřejný. Princip obchodu zde spočívá v tom, že si dvě strany určí podmínky obchodu, přičemž nejsou omezováni burzovními pravidly. Velkou výhodou je možnost sjednání velmi specifických smluv, které na organizovaném trhu nejsou k dispozici, na druhou stranu je však nutné najít protistranu, která bude obchodní podmínky akceptovat, a to může být v některých případech téměř nemožné. Na tomto trhu se často využívají takzvané EFET smlouvy, které jsou již dopředu sestavené, protistrany se pak jen domluví na nejoptimálnější variantě, která vyhovuje oběma stranám. (Salavec, 2017)

Dlouhodobý trh, jak již z názvu napovídá je dlouhé časové horizonty. Obchodující společnosti jej využívají hlavně jako nástroj k dlouhodobému zajištění cen elektrické energie, díky tomu mají i ve volatilibních obdobích, kde spotová cena například prudce roste zajištěnou nižší cenu. Nejčastějšími obchodovanými instrumenty jsou opce, futures, nebo contract for difference (CFD). V případě některých instrumentů nedochází k fyzickému vypořádání kontraktů, tj. dodávce elektrické energie (zejména CFD). (Salavec, 2017)

Na krátkodobém trhu se obchoduje v řádech dní či hodin před splněním daného kontraktu. Na tomto trhu se vyskytuje více podtrhů, na kterých lze obchodovat

Blokový trh, tento trh rozděluje den na bloky pomocí anglických názvů – Base, Peak, Off Peak. Tyto názvy znamenají, na které časové období je dodávka uzavírána, Base = Celý den, Peak = špička, tj. od 8:00 do 20:00 a Off Peak = znamená dodávku mimo špičku, od 20:00 do 8:00. (Salavec, 2017)

Dalším trhem je Denní trh, kde se každý den formou hodinových aukcí obchoduje dodávka na další den, logicky za každý den proběhne 24 aukcí, kdy výsledkem je množství prodané energie za danou cenu. (Salavec, 2017)

Co se týče Vnitrodenního trhu, ten funguje jako taková záchrana pro účastníky, kteří mají nedostatek anebo nadbytek energie. Obchodují se zde kontrakty na dodání v rámci stejného dne, avšak minimálně hodinu před samotným dodáním energie, tím pádem mohou energetické společnosti vyrovnávat své výkyvy. (Salavec, 2017)

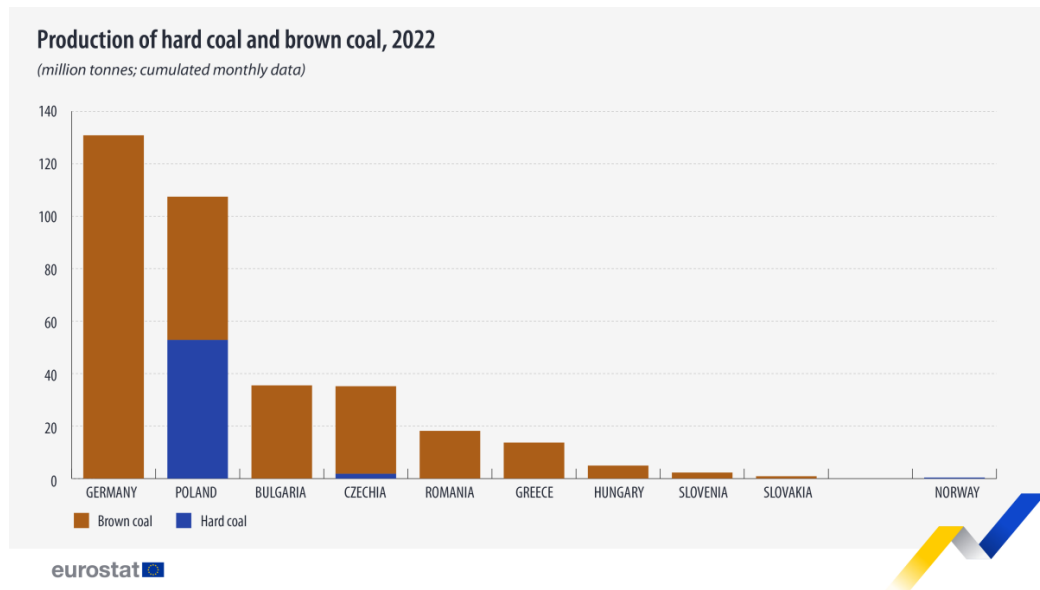
Posledním trhem je Vyrovnávací trh, který se od ostatních velmi liší. Hlavní rozdíl je v tom, že má centrální poptávky, kdy v roli poptávajícího je provozovatel přenosové soustavy, který zde má možnost nakoupit regulační energii, která slouží ke stabilizaci přenosové

soustavy. Kontrakt na dodávku lze vypořádat 30 minut před samotným dodáním, z toho plyne velká flexibilita, která umožňuje provozovateli aktivně spravovat přenosovou soustavu. (Salavec, 2017)

2.2 Trh s uhlím

Uhlí se obchoduje na dvou typech trhů, a to vnitrostátní a mezinárodní. Na vnitrostátních trzích se sdružují těžaři a odběratelé v rámci pouze jedné země, kdy se většina uhlí obchoduje pomocí dlouhodobých smluv mezi těžaři a odběrateli. Jen malá část je obchodována za spotové ceny, kdy tento způsob využívají menší odběratelé nebo je využívají velkoodběratelé v dobách nedostatku, kdy potřebují doplnit své zásoby. Na mezinárodních trzích se obchoduje přibližně 20 % světově vytěženého objemu. Tento trh se dělí na dvě hlavní geografické oblasti, a to na atlantickou která zahrnuje státy severní a jižní Ameriky a dále také Evropy a asijsko – pacifickou kde vystupují zejména asijské státy a Austrálie. Důležité také je, že hnědé uhlí se na tomto typu trhu téměř neobchoduje. (Hošek, 2020)

Evropský trh s uhlím je v posledních letech svědkem významných změn, které odrážejí globální snahu o přechod k udržitelnější energetice a snížení emisí CO₂. Výjimkou je však rok 2022, kdy podle Mezinárodní energetické agentury (IEA) dosáhla celosvětová poptávka po uhlí nového rekordu, přičemž v Evropské unii byl zaznamenán jen mírný nárůst poptávky díky vysokým cenám plynu a snaze o snížení jeho spotřeby. Tento stav byl způsoben zejména díky zastavení dodávek z Ruska a nízkého výkonu vodních a jaderných elektráren. V roce 2022 však těžba států EU pokryla pouze 34% spotřeby této komodity, zbytek byl dovezen z ostatních zemí, což činí EU velmi závislou na importu uhlí. Jak lze vidět z grafu na obr. 3, největším těžařem z řad unijních států je Německo, které se však těží pouze hnědé uhlí (brown coal). Následované Polskem, které se však zaměřuje i na uhlí černé (Hard coal). (IEA, 2023)



Obrázek 3 Těžba uhlí ve státech EU v roce 2022 (zdroj: ec.europa.eu, 2023)



Obrázek 4 Vývoj celosvětové ceny černého uhlí v období 2010 až 2024 na burze ICE (zdroj: tradingeconomics.com, 2024)

Pokud jde o závislost EU na dovozu energie, došlo k výrazným změnám ve struktuře dodavatelů, zejména v důsledku sankcí EU proti Rusku. V třetím čtvrtletí roku 2023 se podíl Ruska na dovozu uhlí do EU snížil na nulu, což je přímý důsledek pátého balíčku sankcí EU, který zakázal nákup, dovoz nebo převod uhlí, pokud pochází z Ruska nebo jsou z Ruska vyváženy. Tento pokles byl částečně kompenzován zvýšením dovozu z Austrálie a Spojených států. (European council, 2024)

Jak lze vidět z grafu na obr. 4, v roce 2022 ceny na evropském trhu s uhlím výrazně rostly. Růst cen byl způsoben energetickou krizí a snahou o diverzifikaci zdrojů energie. EU se stala značně závislou na importu uhlí, když domácí těžba pokryla pouze třetinu spotřeby.

Sankce EU proti Rusku vedly k drastickému poklesu dovozu uhlí z této země, s částečnou kompenzací zvýšením importu z Austrálie a USA. Očekává se, že nárůst poptávky v EU bude krátkodobý s predikcí poklesu v následujících letech. (IEA, 2023, Eurostat, 2024)

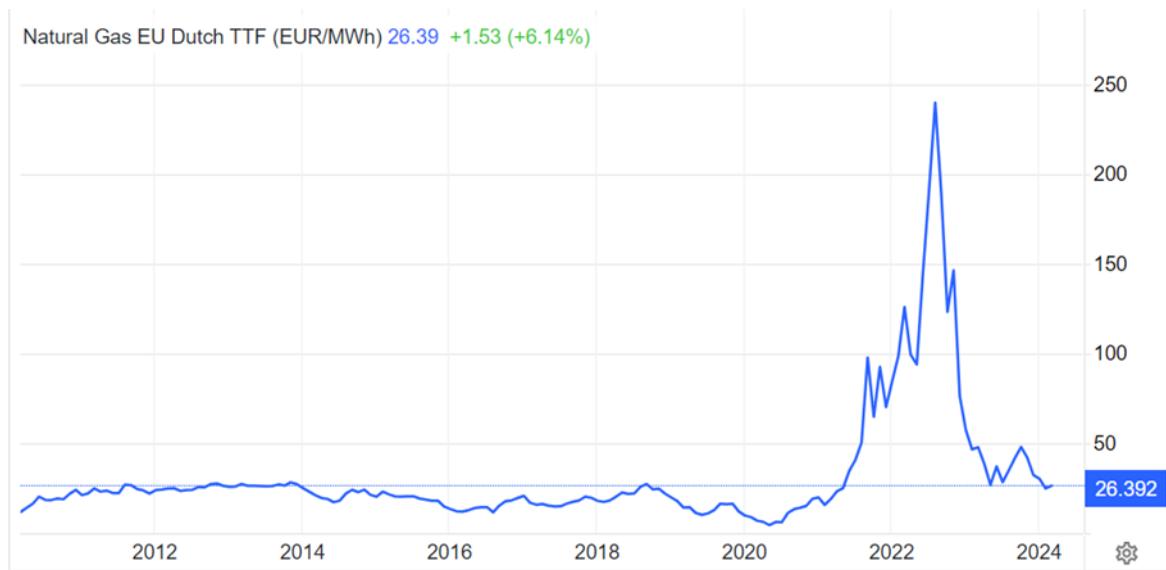
2.3 Trh s plynem

Globální spotřeba zemního plynu roste rychleji než u ostatních fosilních paliv, s očekáváním pokračujícího růstu, hlavně díky industrializaci v Asii, na Blízkém východě a v Latinské Americe. Rozvoj LNG umožňuje jeho širší dostupnost i v oblastech vzdálených od zdrojů. V roce 2020 byl zemní plyn zdrojem pro výrobu cca 25% světové elektrické energie podle International Energy Agency. Jeho využití v plynových elektrárnách, které jsou flexibilnější a mají nižší emise než uhelné, podporuje integraci obnovitelných zdrojů energie díky schopnosti rychle reagovat na výkyvy v produkci. (Hošek, 2022)

EU je silně závislá na dovozu zemního plynu, dováží celých 83 % své spotřeby. V minulosti bylo největším dovozcem plynu do zemí EU Rusko, které jej dodávalo přes svou síť plynovodů. Po zahájení války na Ukrajině však dodávky z Ruska spadly na zanedbatelné množství a do popředí zájmu se dostalo LNG, což je zkapalněný zemní plyn převážený v lodích. Aby EU diverzifikovala portfolio dodavatelů plynu začala stavět LNG terminály, které slouží pro přečerpávání plynu z lodí do zásobníků a následné distribuci k zákazníkům. V současnosti je EU největším dovozcem LNG na světě. Mezi největší dodavatele patří Norsko, USA nebo Katar. (Rada Evropské unie, 2023) Nárůst dovozu LNG způsobil tlak na infrastrukturu a vyvolal obavy o dostupnost plynu pro průmysl. Evropa reagovala snížením spotřeby, což jí umožnilo přečkat zimu 2022/23 bez větších potíží, ale trh zůstával v napětí kvůli omezeným dodávkám z Ruska. (Hošek, 2023)

S plynem se obchoduje na více světových burzách, přičemž každá z nich nabízí různé služby pro obchodníky a investory. Za hlavní burzu v EU by se dala označit European Energy Exchange (EEX), která má sídlo v Lipsku. Tato burza nabízí celou řadu instrumentů, jako futures, opce nebo spotové kontrakty. Na burze také figurují kontrakty bez fyzického vypořádání. (EEX a ICE, 2024)

Obrázek 5 zobrazuje vývoje ceny plynu z nizozemského obchodního uzlu TTF.



Obrázek 5 Vývoj ceny plynu pro státy EU na obchodním uzlu TTF v letech 2012 až 2024 (zdroj: tradingeconomics.com, 2024)

2.4 Trh s emisními povolenkami

Evropský systém pro obchodování s emisemi (EU ETS), zavedený v roce 2005, představuje první a největší mezinárodní trh s emisemi CO₂ na světě. Emisní povolenky jsou součástí strategie EU jak snižovat emise skleníkových plynů. EU ETS funguje na principu stanovení maximálního limitu emisních povolenek a jejich následné obchodování (cap & trade). Limit povolenek se každoročně snižuje o 2,2 % od roku 2021, což podporuje firmy v efektivním snižování emisí. Pokud má nějaký subjekt povolenek nadbytek, může je prodat ostatním subjektům. (European Commission).

Systém ETS prošel několika fázemi vývoje od svého založení, kde každá fáze přinesla specifické změny a výzvy. Počáteční fáze zahrnovala vytvoření trhu a základní infrastruktury pro sledování a ověřování emisí, přičemž většina povolenek byla rozdělena zdarma. V druhé fázi byl systém rozšířen, přičemž došlo k zahrnutí dalších skleníkových plynů a snížení celkového množství povolenek. Ekonomická krize v roce 2008 však vedla k nadbytku povolenek a poklesu jejich cen. Třetí fáze zavedla společný limit pro celou EU a aukce se staly hlavním způsobem distribuce povolenek. Čtvrtá a aktuální fáze se zaměřuje na posílení tržní stability a zabránění přesunu emisí do méně nebo vůbec regulovaných regionů tzv. carbon leakage. (European commission)

EU ETS tak představuje základní kámen evropské klimatické politiky, podporující přechod k udržitelnějšímu hospodářství a snižování emisí skleníkových plynů prostřednictvím tržních mechanismů.

Emisní povolenky se často stávají terčem kritiky od sdružení zastupující průmyslové podniky, elektrárenské nebo teplárenské společnosti, kde je využití povolenek vysoké. Argumentují tím, že povolenky dlouhodobě poškozují konkurenceschopnost Evropy, protože uměle navyšují cenu konečného produktu a ten se díky tomu na světovém trhu může stát neprodejným (Grecman, 2022)



Obrázek 6 Vývoj ceny emisní povolenky v letech 2016 až 2024 (zdroj: *tradingeconomics.com*, 2024)

2.5 Energetická strategie EU

Energetická strategie Evropské unie se zaměřuje na vytvoření plánu, který by zajistil bezpečné, udržitelné, konkurenceschopné a cenově dostupné dodávky energie pro všechny členy EU. Klíčovými cíli této strategie jsou diverzifikace zdrojů energie, integrace vnitřního trhu s energií bez překážek, zlepšení energetické účinnosti, snížení emisí CO₂ v souladu s Pařížskou dohodou a podpora inovací a výzkumu v oblasti čistých energetických technologií. (Mateo Ciucci, 2023)

Strategie je podložena souborem legislativních opatření, včetně balíčku „Fit for 55“ a plánu REPower EU, který reaguje na potřebu snížit závislost na ruských fosilních palivech. Součástí strategie je rovněž zásadní posun k většímu využívání obnovitelných zdrojů energie s cílem dosáhnout do roku 2030 podíl obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie ve výši až 45 % a snížení spotřeby energie o 11,7 % ve srovnání s rokem 2020. EU také klade důraz na zlepšení bezpečnosti dodávek energie a diverzifikaci dodavatelů energie, zejména ve světle geopolitických výzev a potřeby snížit závislost na dovozu energie z nestabilních regionů. (Mateo Ciucci, 2023)

Výzkum a vývoj hrají klíčovou roli v energetické strategii EU, přičemž výše jmenované projekty jsou hlavními nástroji pro financování a rozvoj inovací v energetickém sektoru. Kromě snahy o rozvoj bezemisních zdrojů energie se EU také stále více zaměřuje na technologie, které umožňují skladovat přebytečnou energii – velká bateriová uložení. Tyto uložení jsou považovány za velmi důležité při přechodu na čistou bezemisní energii. (Mateo Ciucci, 2023)

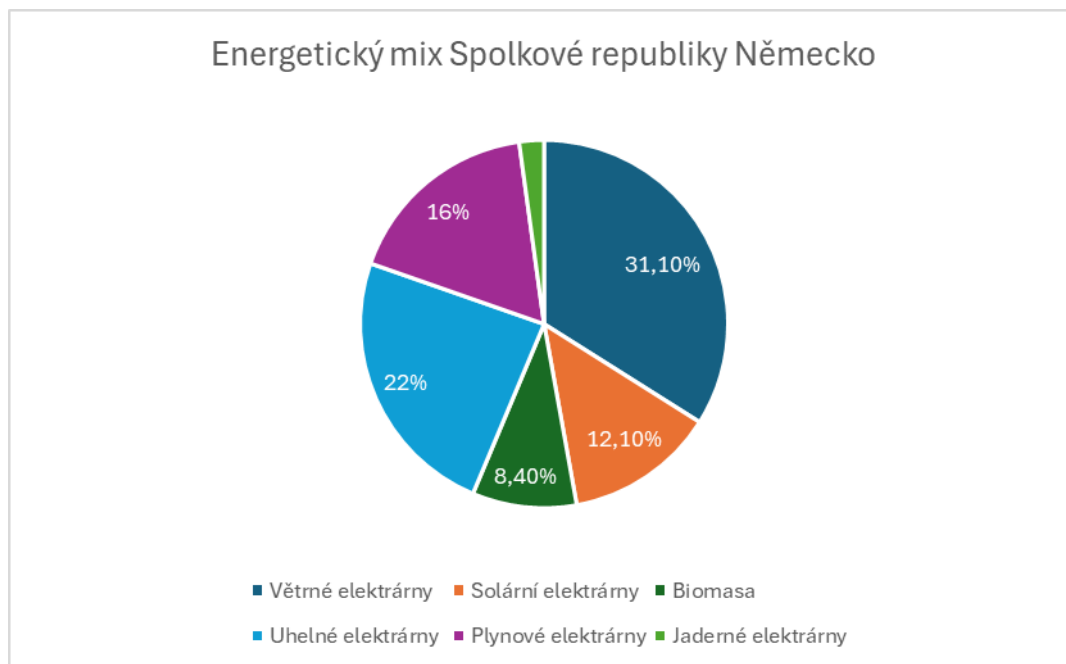
2.6 Německý energetický trh

Protože se práce bude zabývat západoevropským trhem konkurenceschopnosti plynu a uhlí, a proto je vhodné zde zařadit i německý trh, jelikož je v západoevropském regionu tím největším a nejdůležitějším. Obr. 7, který je umístěn níže zobrazuje energetický mix Německa v roce 2023.

Německý energetický trh je významně propojen s celoevropským energetickým systémem a v roce 2023 prokázal významný posun směrem k obnovitelným zdrojům energie. Podle zveřejněných údajů Německo v roce 2023 importovalo celkem 54.1 TWh elektrické energie a exportovalo 42.4 TWh, což odráží významnou propojení s evropským trhem s elektřinou (Bundesnetzagentur, 2023)

V energetickém mixu Německa dominují obnovitelné zdroje, které v roce 2023 pokryly rekordních 59.7% spotřeby elektrické energie s největším podílem větrné energie (31.1 %) následované solární energií (12.1 %) a biomasy (8.4 %). Výroba elektřiny z fosilních zdrojů jako jsou uhlí a plyn, naopak poklesla, což odráží německou snahu o snižování emisí. Uhlí má zastoupení 22 % a plyn 16 %. Zajímavé je, že s energií vyrobenou z jádra se v budoucnosti nepočítá, Německo 16.4.2023 ukončilo provoz své poslední jaderné elektrárny. (Bundesnetzagentur, 2024, Fraunhofer ISE, 2024)

Celkově Německo čelí výzvám spojeným s přechodem na čistší zdroje energie, současně se snaží o diverzifikaci svých dodavatelů energie a snížení závislosti na fosilních palivech. Rozvoj obnovitelných zdrojů energie, investice do infrastruktury a zvyšování efektivity jsou klíčové aspekty pro dosažení jeho klimatických cílů a zajištění německé energetické bezpečnosti. (Bundesnetzagentur, 2024)



Obrázek 7 Německý energetický mix 2023 (vlastní zpracování podle: [statista.com](https://www.statista.com), 2024)

3 KONKURENCESCHOPNOST

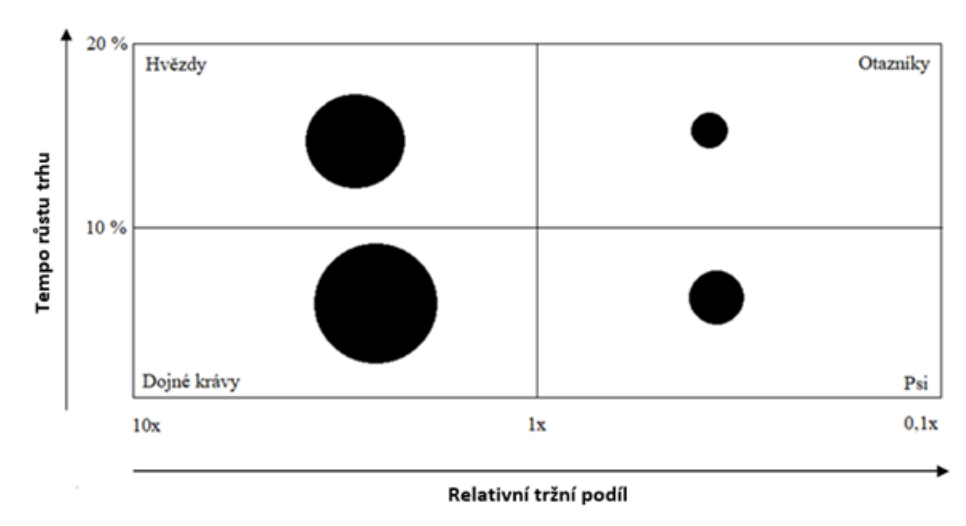
Cílem kapitoly bude seznámení se základními analýzami konkurenceschopnosti, tj. BCG analýzou a SWOT analýzou. Tyto analýzy budou v praktické části využity na posouzení životního cyklu daného zdroje, silných a slabých stránek a příležitostí a hrozeb, které jsou spojené s využíváním různých zdrojů energie, a také identifikovat jejich pozici na trhu vzhledem k aktuálním trendům a budoucímu vývoji energetického sektoru.

3.1 BCG analýza

BCG matice, známá také jako BCG analýza, je nástrojem vytvořeným společností Boston Consulting Group, která byla založena v roce 1963 ve městě Boston. Od roku 2003 působí tato poradenská firma také na českém trhu. Boston Consulting Group je předním hráčem v oblasti poradenských služeb a managementu napříč různými sektory průmyslu. Firma je rovněž známá svým velmi náročným výběrovým procesem pro nové zaměstnance, přičemž míra úspěšnosti kandidátů se pohybuje kolem 2 %. Díky tomuto přístupu si společnost udržuje vysokou kvalitu svého týmu, přijímající pouze ty nejlepší z nejlepších. (Jakubíková, 2013, s. 134)

Koncepce BCG matice je podle doktorky Machkové (Machková, 2015, s.216-218) založena na vztahu růstu celého trhu a relativního podílu firmy na daném trhu. Relativní podíl se od celkového podílu liší tím, že se zabývá podílem analyzované společnosti vůči podílu největšího konkurenta společnosti. Díky tomu lze zjistit, jak je společnost na daném trhu konkurenceschopná. BCG matice využívá dvě osy, a to vertikální a horizontální. Vertikální osa znázorňuje tempo růstu na trhu, kdy růst od 10 % a více je považován za vysoký. Horizontální osa zobrazuje logaritmickou přímku relativního podílu společnosti na trhu, kdy bod v půlce přímky odpovídá hodnotě 1.

Podle práce doktorky Jakubíkové z roku 2013 (Jakubíková, 2013, 134-135) je základem modelu BCG přesvědčení, že objem generovaných finančních prostředků jednotlivými podnikovými jednotkami je úzce spojen s rychlostí růstu příslušného trhu a s jejich relativním tržním podílem. Model BCG identifikuje tržní podíl a růst jako základní předpoklady úspěchu. Klasifikuje podnik do takzvaných strategických podnikatelských jednotek (SPJ), známých také pod anglickou zkratkou SBU pro strategic business units, přičemž obě tyto zkratky vyjadřují stejný koncept. Jednou z hlavních funkcí tohoto modelu je srovnání těchto SPJ/SBU v rámci firmy a posouzení jejich významu pro dosažení strategických cílů společnosti.



Obrázek 8 BCG matice (vlastní zpracování podle Jakubíkové, 2013, s. 135)

Obrázek č. 8 zobrazuje BCG matici, kde každý jeden z kvadrantů reprezentuje specifickou kategorii zboží či služeb, a to na základě jejich tržního podílu a tempa růstu. Tržní podíl je zobrazen na horizontální ose X, kdy hodnota 10x symbolizuje 10 % podíl na trhu. Naproti tomu vertikální osa Y zobrazuje růst trhu v procentním vyjádření. (Machková, 2015, s.219)

Produkty v kategorii "hvězdy" se vyznačují vysokým ziskem a současně vysokými náklady, včetně investic do technologií, a charakterizuje je jak vysoký tržní podíl, tak rychlý růst trhu. "Otazníky" jsou produkty nově uvedené na trh, které s sebou nesou vysoké náklady na výzkum a marketing a mají zatím malý tržní podíl. S časem firma rozhodne o dalším osudu těchto produktů v závislosti na jejich tržním úspěchu. "Dojné krávy" jsou zdrojem značného zisku pro společnost bez potřeby dalších významných investic, což je zřejmé z jejich dominantního tržního podílu ve srovnání s ostatními kategoriemi. Tato kategorie hraje klíčovou roli v generování zisku a finanční stabilitě firmy, umožňující reinvestici zisků do rozvoje nebo pokrytí ztrát z méně úspěšných produktů. Produkty klasifikované jako "bídící psi" jsou ty, které typicky generují ztráty nebo dosahují jen velmi malého zisku a již nepřitahují zájem zákazníků. Firmám se doporučuje zvážit ukončení jejich výroby ve prospěch úspěšnějších produktů. (Jakubíková, 2013, 655-660)

Během životnosti produkty a služby procházejí různými kvadranty kdy úspěšný cyklus vypadá následovně:

1. Otazníky
2. Hvězdy
3. Dojné krávy

4. Bídící psi

Je však jasné, že mnoho druhů zboží a služeb celý tento cyklus nikdy neprojde, některé výrobky při zavádění na trh zazáří a je o ně velký zájem, ale díky krátkému životnímu cyklu zájem rychle opadne a tím se výrobky z trhu vytráří. (Machková, 2015, s.224)

Celkově shrnuto hlavní přínos BCG matice tkví v tom, že je lehce aplikovatelná v podnikatelské praxi a dokáže na základě dat poměrně rychle zjistit do jakého kvadrantu daný výrobek či služba patří. Mezi nevýhody však patří značné zjednodušení závěrů BCG matice, protože vychází pouze ze dvou kritérií a také to, že některé údaje jsou nedostupné, například podíl na trhu největšího konkurenta společnosti. (Machková, 2015, s.224)

3.2 SWOT analýza

V rámci SWOT analýzy se zkoumají dva hlavní rozměry podnikového prostředí: interní, zaměřující se na mikroekonomické faktory, a externí, soustředěné na makroekonomické faktory. SWOT je akronym vytvořený z prvních písmen anglických slov strengths (síly), weaknesses (slabosti), opportunities (příležitosti) a threats (hrozby). Mikroekonomická část se zabývá silnými a slabými stránkami podniku, tedy faktory ovlivnitelnými společností zevnitř. Naopak makroekonomická část se pak soustředí na příležitosti a hrozby působící na podnik z vnějšího prostředí, kdy tyto faktory nejsou nijak ovlivnitelné. (Srpková, 2011, s. 31)

V rámci silných stránek se identifikují klíčové výhody, které umožňují společnosti vyniknout nad konkurencí a posílit svou pozici na trhu. Cílem každé firmy je mít co možná nejvíce takových výhod. Mezi běžné příklady patří vysoká úroveň technologické vybavenosti, nízké provozní náklady, vlastnictví patentů, a motivovaná a produktivní pracovní síla. Tyto aspekty jsou zásadní pro dosahování strategických cílů společnosti (Kotler, 2016, s. 80)

Slabé stránky jsou faktory, za kterými daná společnost zaostává vůči konkurentům. Tyto aspekty snižují hodnotu organizace a je v zájmu managementu se jim vyhnout nebo je minimalizovat. Běžné příklady zahrnují vysokou úroveň zadlužení, nízké platy zaměstnanců a vysoké provozní náklady, což může ohrozit dosažení cílů společnosti. (Kotler, 2016, s. 80)

Příležitosti jsou vnější faktory, které mohou posílit postavení společnosti na trhu nebo otevřít cesty k jejímu rozvoji. Manažeři se snaží tyto příležitosti identifikovat a využít co nejefektivněji, vzhledem k rychlým změnám na trhu a v technologiích. Typické příklady zahrnují zavádění nových technologií, získávání dotací nebo vytváření společných podniků s partnerstvem jiných firem (joint venture). Je důležité si uvědomit, že příležitosti vznikají mimo organizaci, tedy v makroprostředí, a proto je společnost nemůže nijak ovlivnit. (Kotler, 2016, s. 80)

Hrozby jsou vnější rizika, která společnost nemůže přímo ovlivnit, ale může se na ně připravit. Tyto hrozby mohou vážně ohrozit finanční zdraví organizace a v extrémních případech vést až k jejímu krachu. Proto je klíčové hrozby brát vážně a snažit se proti nim strategicky ochránit. Stejně jako příležitosti, i hrozby pocházejí z externího prostředí. (Kotler, 2016, s. 80)

Jako krásný příklad hrozby, která vedla až ke krachu lze uvést krach společnosti Bohemia Energy, která se zabývala prodejem elektrické energie a plynu. V polovině října 2021 došlo k velkému zvratu na českém energetickém trhu, když kvůli stoupajícím velkoobchodním cenám elektřiny a plynu zkrachovala společnost Bohemia Energy, která měla více jak 600 tis. klientů. Tento dodavatel energií využíval rizikovou strategii nákupu elektrické energie a plynu, kdy nezajišťoval dostatečné množství těchto komodit pro své zákazníky v předstihu, ale spoléhal na spekulativní nákupy za spotovou cenu. Díky tomu byl nucen kupovat energie za vysokou cenu a následně ji za mnohem nižší dodávat zákazníkům podle jejich smluv. (ČEZ, 2013)

Při sestavování SWOT analýzy jako je na obr. 9 je důležité se zaměřit pouze na klíčové a nejvýznamnější silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby, místo vytváření rozsáhlých seznamů. V některých případech může dojít k situaci, kdy v makroprostředí nejsou identifikovány žádné příležitosti nebo hrozby, což může vést k tomu, že tato pole v analýze zůstanou prázdná. (Srpková, 2011, s. 31)

	POMOCNÉ (k dosažení cíle)	ŠKODLIVÉ (k dosažení cíle)
VNITŘNÍ (atributy organizace)	STRENGTHS (silné stránky)	WEAKNESSES (slabé stránky)
VNĚJŠÍ (atributy prostředí)	OPPORTUNITIES (příležitosti)	THREATS (hrozby)

Obrázek 9 SWOT analýza (vlastní zpracování podle Jakubíkové, 2013, s.130)

4 EKONOMETRICKÝ MODEL

Na úvod je důležité objasnit, co přesně ekonometrie představuje. Ekonometrie je odvětví ekonomie zaměřené na kvantitativní analýzu vztahů a závislostí v ekonomice. Tento obor vznikl v 30. letech 20. století v USA založením organizace Econometric Society. Klíčovým úkolem ekonometrie je propojit teoretické ekonomické myšlenky s reálnými daty prostřednictvím matematiky, statistiky a informatiky, aby bylo možné zkoumat, měřit a ověřovat různé ekonomické a sociální procesy. Ekonometrie se dělí na tři základní oblasti zkoumání. Za prvé, zaměřuje se na matematické a statistické modelování ekonomických teorií, což umožňuje hlubší pochopení ekonomických principů. Za druhé, ekonometrie se věnuje vývoji nových metod pro odhadování a testování těchto modelů, což zahrnuje vytváření sofistikovaných výpočetních postupů přizpůsobených analýze ekonometrických dat. A konečně, třetí oblastí je praktické uplatnění těchto modelů a metod v reálném ekonomickém prostředí, což pomáhá ekonomům a analytikům lépe porozumět a predikovat ekonomické trendy a vývoj. (Hušek, 2007, s.11-12)

4.1 Postup sestavení ekonometrického modelu

Ekonometrické modely obvykle zahrnují určitý stupeň nejistoty, která je často explicitně zahrnuta v analýze pomocí náhodných složek nebo chyb. Toto odlišuje ekonometrii od ekonomické teorie a matematické ekonomie, které vycházejí z předpokladu, že vztahy mezi ekonomickými proměnnými jsou pevně dané. Ekonometrie přijímá skutečnost, že vztahy v ekonomii mají pravděpodobnostní povahu, čímž reflektuje nemožnost přesné předpovědi chování ekonomických aktérů a aproximativní charakter ekonomických zákonitostí

a závislostí. (Hušek, 2007, s.11-12)

Sestavení ekonometrického modelu má většinou sedm po sobě jdoucích kroků, které jsou popsány níže. Je důležité také zmínit, že pokud ekonometrický model se stejnými daty sestavují dva na sobě nezávislí lidé, jejich konečné výsledky se mohou lišit, avšak měli by indikovat společné praktické řešení (Cipra, 2013, s.24)

Postup sestavení ekonometrického modelu:

1. Základem je jednoznačná formulace problému, který má ekonometrický model řešit
2. Formulace teoretického modelu s využitím předchozího kroku, nutno počítat s tím, že model nezachytí všechny teoretické vztahy a roli zde také hraje zkušenost daného

analytika, který formulaci může v závislosti na svých zkušenostech mírně upravit podle sebe.

3. Získání kvalitních dat pro model, která jsou buď vnitropodniková (neveřejná) nebo druhou možností je využití dat od relevantního poskytovatele jako data od Českého statistického úřadu, Evropské komise či burzy aj. Kvalita dat má na celkový výsledek největší vliv, protože pokud jsou data nekvalitní tak výsledný model nebude relevantní skutečnosti.
4. V tomto kroku se rozhoduje o volbě vhodné metody, která bude použita k odhadu. Velkou roli zde hraje používaný software, protože jejich schopnosti se v závislosti na výrobci liší.
5. V pátém kroku přichází na řadu statistická verifikace, která spočívá v testování modelu na dané hladině významnosti, tím se ověří, zda je odhadnutý model statisticky správně. Pokud není, je nutné zopakovat předchozí kroky, jako například přeformulování problému, nebo použití větší vzorku dat a tak dále.
6. V předposledním kroku následuje interpretace modelu, což lze představit jako posouzení, zda model je v souladu s realitou.
7. V posledním kroku se model využije pro praktické řešení formulovaného problému v kroku číslo 1. (Cipra, 2013, s. 25-26)

4.2 Kvantifikace ekonometrického modelu

Kvantifikace ekonometrického modelu je proces určený k odhadu numerických hodnot parametrů pomocí metody ekonometrických odhadů. Tento postup začíná získáním a upravením odpovídajících statistických dat. Obvykle jsou tato data kvantitativního a neexperimentálního charakteru. To znamená, že data nejsou speciálně generována pro odhad daného ekonometrického modelu. Využití určitých postupů umožňuje v rámci odhadu parametrů modelu zapojit jak kvantitativní, tak i kvalitativní proměnné, které nejsou přímo měřitelné. Využití kvalitativních proměnných probíhá přes vytvoření takzvaných umělých proměnných. (Hušek, 2007, s.21-23)

Data užívaná v modelech mohou mít různou podobu, nejčastěji se však lze setkat s časovými řadami anebo průřezovými a prostorovými daty. Časové řady zachycují hodnoty proměnných v pravidelných intervalech jako jsou roky, kvartály nebo měsíce, čímž ilustrují jejich vývoj v čase. Průřezová data reprezentují hodnoty veličiny více subjektů ve stejném

časovém okamžiku, jako příklad lze uvést uzavírací ceny všech akcii po skončení obchodních hodin. Jestliže data shrnují informace z různých geografických oblastí jako jsou regiony či země jedná se o data prostorová. (Cipra, 2013, s. 26-27)

V modelech je často je využívána kombinace průřezových dat a časových řad, protože to umožňuje zahrnout do modelu rozsáhlejší informace. Tento přístup je běžný například při odhadu elasticity poptávky po určitém zboží nebo službě, kde se mohou využít průřezová data pro odhad příjmové elasticity a data časových řad pro odhad cenové elasticity. Panelová data, která vznikají z opakovaných výběrových šetření u stejných respondentů v průběhu času, pak mohou poskytnout hlubší náhled, jako je například opakované sledování příjmů a výdajů domácností po několik období. Při práci s daty však mohou vznikat různé problémy. Může se stát, že nedostatečný počet pozorování vede k nedostatečnému počtu stupňů volnosti modelu, což může ovlivnit spolehlivost modelu. Dalším problémem dat časových řad bývá multikolinearita, tedy když se nezávislé proměnné v modelu navzájem silně korelují. Data mohou být také zatížena chybami měření, které mohou být náhodné nebo systematické. Proto je často potřeba data před analýzou očistit nebo upravit, ale je třeba dávat pozor, aby úprava dat nevedla k dalším zkreslením nebo problémům. (Hušek, 2007, s.21-23)

4.3 Regresní a korelační analýza

Regresní a korelační analýza je široce užívaná statistická metoda pro analýzu vztahů mezi více proměnnými. Umožňuje vytvořit analytický model popisující, jak jedna proměnná (závislá neboli vysvětlovaná) ovlivňuje, nebo je ovlivněna ostatními proměnnými (nezávislými neboli vysvětlujícími). Na rozdíl od korelační analýzy, která měří sílu a směr vztahu mezi dvěma proměnnými bez určení příčinnosti, regresní analýza se zaměřuje na predikci hodnot závislé proměnné a určuje přesný vztah mezi závislou a jednou či více nezávislými proměnnými, přičemž poskytuje informace o směru tohoto vztahu. Tato metoda nachází uplatnění v mnoha oborech včetně inženýrství, přírodních věd a sociálních věd. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 264)

Základním cílem regresní analýzy je hlouběji prozkoumat příčinné vztahy mezi různými statistickými znaky skrze matematické modelování systematických okolností, které jsou spojené se statistickými závislostmi. Tento proces často zahrnuje modelování, jak se průměrné hodnoty závislé proměnné mění v reakci na systematické změny v jedné nebo více nezávislých proměnných. Cílem je identifikovat matematickou funkci, která nejpřesněji

odráží povahu závislosti mezi proměnnými, označovanou jako regresní funkce. Úkolem regresní analýzy je tedy přiblížit regresní funkci tak, aby co nejvíce odpovídala hypotetické regresní funkci. (Hindls; Hronová a Seger, 2004, s.177)

Výběr správného typu regresní funkce by měl vycházet z důkladné analýzy vztahů mezi proměnnými, přičemž je třeba se opírat o stávající ekonomické teorie. Kromě toho je nezbytné určit, které nezávislé proměnné jsou pro zkoumání určité závislé proměnné nejvhodnější. (Hindls; Hronová a Seger, 2004, s.200)

Níže je zobrazena rovnice jednoduchého regresního modelu:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X + e,$$

Parametry β_1 a β_2 jsou neznámé reálné konstanty a je nutné je odhadnout pomocí dat, které jsou k dispozici. Y a e reprezentují náhodné veličiny a X je pevně daná reálná proměnná. Očekáváme, že při specifických hodnotách x_1, x_2, \dots, x_n proměnné X získáme odpovídající hodnoty y_1, y_2, \dots, y_n pro proměnnou Y , které budou ovlivněny chybami e_1, e_2, \dots, e_n . Při splnění předpokladu, že pozorované hodnoty y_1, y_2, \dots, y_n vyhovují jednoduché regresní analýze, platí tato níže uvedená regresní funkce: (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 264)

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + e_i, i = 1, 2, \dots, n.$$

Dále se také předpokládá, že chyby e_1, e_2, \dots, e_n jsou na sobě nezávislé veličiny a mají náhodný, nesystematický charakter, což znamená, že jejich očekávaná střední hodnota se bude rovnat 0 $E(e_1) = 0$. Navíc se předpokládá, že tyto chyby jsou homogenní s konstantním rozptylem $D(e_1) = \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n$. Hlavním úkolem v rámci tohoto regresního modelu je odhadnout parametry β_1, β_2 a také rozptylu σ^2 . K tomuto účelu se používá metoda nejmenších čtverců, jejíž princip bude dále vysvětlen. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 264)

4.4 Metoda nejmenších čtverců

Odhad vektoru neznámých regresních koeficientů a určení stochastického rozdělení náhodných prvků v lineárním regresním modelu je možný pomocí metody řádných či klasických nejmenších čtverců, za předpokladu dodržení čtyř základních kritérií:

1. $E(u) = 0$.
2. $E(u u') = \sigma^2 I_n$.
3. X je nestochastickou maticí, takže $E(X'u) = 0$.

4. X má plnou hodnost k .

První kritérium vyžaduje, aby náhodné složky v modelu měly ve všech výběrech stejné rozdělení s nulovou střední hodnotou. Druhé kritérium zdůrazňuje požadavek na homogenitu rozptylu (homoskedasticitu) a nezávislost mezi jednotlivými pozorováními (absence autokorelace). V případě, že jsou rezidua na sobě závisle jedná se o autokorelaci. Třetí podmínka specifikuje, že hodnoty vysvětlujících proměnných jsou při opakovaných výběrech konstantní, čímž jediným faktorem ovlivňujícím variabilitu výsledku y je variabilita náhodných složek. Čtvrté a poslední kritérium stanovuje, že matice X , obsahující pozorování vysvětlujících proměnných, nesmí obsahovat sloupce, které jsou mezi sebou perfektně lineárně závislé. (Hušek, 2007, s.32)

Odhadnou parametry lineárního regresního modelu lze však více přístupy, jako například metodu maximální věrohodnosti nebo metodu momentů GMM, avšak použití metody nejmenších čtverců je nejčastěji využívaný postup. Jeho princip spočívá v součtu čtverců odchylek z naměřených skutečných hodnot od hodnot ve funkci (Cipra, 2013, s.34, Balatka a Kutnohorská, 2014, s.55)

Výhoda metody nejmenších čtverců ve srovnání s ostatními metodami spočívá v tom, že poskytuje odhady s optimálními vlastnostmi, a to dokonce i pro menší vzorky dat a zároveň umožňuje jednoduché výpočet pro zjištění numerických hodnot odhadovaných parametrů. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 264)

4.5 Popisná statistika

Popisná statistika je obor statistiky, který se zabývá organizací, shrnutím a prezentací dat za účelem poskytnutí přehledného a srozumitelného obrazu o sledovaném jevu nebo souboru dat. Hlavním cílem popisné statistiky je zjednodušení dat a jejich převod do formy, která je snadno interpretovatelná. Zahrnuje různé metody a techniky, jako jsou tabulky, grafy, rozdělení frekvencí, míry centrální tendence (průměr, medián, modus) a míry variability (rozptyl, směrodatná odchylka, rozpětí). Hlavním cílem popisné statistiky je tedy sumarizace a organizace dat tak, aby byla poskytnuta jasná a přehledná prezentace informací. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 33)

4.6 Ekonometrická predikce

Jedním z klíčových cílů ekonometrie je schopnost predikovat budoucí vývoj, což je proces známý také jako prognóza. Cílem ekonometrických predikcí je odhadnout budoucí hodnoty

vysvětlovaných, tedy endogenních proměnných, které se nacházejí mimo dosavadní rozsah pozorovaných dat. Tyto ekonometrické předpovědi představují kvantitativní vyjádření odhadů pravděpodobnosti budoucích hodnot specifických ekonomických ukazatelů, vycházejících z historických a současných dat zachycených v modelu. Při extrapolaci strukturního modelu za hranice období, pro které byly jeho parametry stanoveny, Pro tento cíl lze využít více metod. (Hušek, 2007, s.199)

4.6.1 Klasifikace predikcí

Termín predikce, předpověď nebo prognóza se obvykle používá, když mluvíme o rozšíření modelu do budoucnosti (extrapolaci). Nicméně, tento termín může být také aplikován na rozšíření odhadnutého modelu zpět do minulosti, tedy před období, na jehož základě byl model vytvořen. Tento postup je častěji označován jako retrospektivní analýza. Předpovědi lze kategorizovat jako bodové, kdy se předpovídá specifická jednotlivá hodnota budoucí proměnné pro určité časové období, anebo intervalové, které jsou obdobou intervalu spolehlivosti odhadu. V tomto intervalu se nachází odhad skutečné hodnoty predikované proměnné pro dané období s určenou úrovní přesnosti. (Hušek, 2007, s.199)

Predikce lze rozdělit na Ex post a Ex ante. Rozdíl mezi předpověďmi ex post a ex ante spočívá především v praktických a metodologických aspektech. Předpovědi ex post jsou ty, jenž je lze vytvořit, když jsou dostupné přesné hodnoty jak pro endogenní, tak i pro vysvětlující predeterminované proměnné v určitém časovém období. Porovnáním těchto předpovědí se skutečnými výsledky lze posoudit schopnost ekonometrického modelu poskytovat přesné prognózy. Naproti tomu Ex ante předpovědi se využívají když, není známa hodnota vysvětlované endogenní proměnné, některé další anebo všech hodnot predeterminovaných vysvětlujících proměnných pro dané předpovědní období, nebo alespoň nejsou známy s jistotou. Proto je nezbytné odhadovat nebo stanovovat Ex ante předpovědi na základě apriorní informace. Ex ante předpověď lze považovat za skutečnou předpověď v pravém smyslu slova, na rozdíl od Ex post předpovědi, která má spíše charakter pseudopředpovědi. (Hušek, 2007, s.199)

V kontextu ekonometrického predikování je klíčové rozlišovat mezi podmíněnými a nepodmíněnými předpověďmi. Pokud jsou hodnoty všech predeterminovaných proměnných modelu pro období, na které se předpověď vztahuje, známé s jistotou, jedná se o nepodmíněnou předpověď. To znamená, že každá ex post prognóza je nepodmíněnou předpovědí, zatímco ex ante prognóza je vždy podmíněná předpověď. (Hušek, 2007, s.200)

Podobně jako v ekonometrických modelech, kde odhady skutečných hodnot parametrů jsou možné pouze s určitou mírou pravděpodobnosti, i v ekonometrickém prognózování nelze dosáhnout absolutní přesnosti v podmíněných předpovědích endogenních proměnných bez určitého rozptylu nebo chyby. Tato předpovědní chyba vyjadřuje rozdíl mezi předpověděnou a skutečnou hodnotou endogenní proměnné pro dané předpovědní období. Rozměry a proměnlivost této chyby jsou determinovány různými faktory. (Hušek, 2007, s.200)

4.7 Predikce pomocí regresního modelu

Pro dosažení optimálních výsledků při použití standardního lineárního regresního modelu pro předpovědi je nezbytné zaručit, že model je v čase stabilní. To znamená, že jeho struktura, rozdělení náhodné složky a odhady parametrů zůstávají validní i pro časové období, na které se předpověď vztahuje. Přitom se vychází z předpokladu, že model splňuje základní charakteristiky klasického lineárního regresního modelu. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 265)

Základní rovnice lineárního regresního modelu vypadá takto:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u},$$

kde \mathbf{y} je vektor $T \times 1$ pozorování vysvětlované proměnné,
 \mathbf{X} je matice $T \times k$ pozorování vysvětlujících proměnných,
 \mathbf{u} je vektor $T \times 1$ nepozorovatelných náhodných složek,
 $\boldsymbol{\beta}$ – $k \times 1$ neznámých parametrů. (Hušek, 2007, s.201)

Při splnění podmínek pro použití metody nejmenších čtverců lze odhadnout vektor $\boldsymbol{\beta}$ pomocí odhadovacího vzorce, který je formulován následovně:

$$\boldsymbol{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{y}.$$

kde: \mathbf{X} je matice obsahující hodnoty nezávislých (vysvětlujících) proměnných,
 \mathbf{X}' je transponovaná matice \mathbf{X} ,
 \mathbf{y} je vektor obsahující hodnoty závislé (vysvětlované) proměnné,
 $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ je inverze matice vzniklé součinem \mathbf{X}' a \mathbf{X} ,
 $\boldsymbol{\beta}$ jsou odhadované koeficienty, které ukazují vztah mezi nezávislými proměnnými a závislou proměnnou.

Pokud jsou k dispozici hodnoty pozorované nebo odhadnuté pro vysvětlující proměnné načasované pro budoucí období $T + 1$, lze určit bodovou předpověď pro průměrnou hodnotu cílové proměnné pro toto předpovědní období $T + 1$, využitím ex ante předpovědní funkce označené jako \hat{Y} .

$$Y_{T+1} = \mathbf{x}_{T+1}' \mathbf{b},$$

Y_{T+1} je skalárním vektorem, neboť \mathbf{x}_{T+1}' je $1 \times k$ řádkovým vektorem. Tento řádkový vektor obsahuje skutečná pozorování v případě, že lineární regresní model zahrnuje všechny vysvětlující proměnné se zpožděním o jedno období. (Neubauer; Sedlačík a Kříž, 2021, s. 265–268)

Tato rovnice ukazuje, jak velký je rozdíl mezi odhadnutou a skutečnou hodnotou závislé proměnné pro dané pozorování, vycházející z rozdílu mezi odhadnutými a skutečnými koeficienty modelu, aplikovanými na vysvětlující proměnné tohoto pozorování. Jednoduše řečeno jedná se o rozdíl vypočtených hodnot a skutečnosti. V následujících rovnicích se bude využívat pozorování s názvem p (Hušek, 2007, s.201)

$$\hat{e}_p = Y_p - \bar{Y}_p = \mathbf{x}' \mathbf{b} - \mathbf{x}' \boldsymbol{\beta} = \mathbf{x} \mathbf{p}' (\mathbf{b} - \boldsymbol{\beta}).$$

Jako další bude uvedena rovnice, která slouží k výpočtu rozptylu chyby predikce průměrné hodnoty \bar{Y}_p :

$$\hat{\sigma}_p^2 = E(\hat{e}_p^2) = \sigma^2 \mathbf{x} \mathbf{p}' (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{x} \mathbf{p}$$

Následující rovnice slouží k výpočtu standardní chyby, která se vztahuje k vyjádření odhadu míry variability nebo nejistoty spojené s určitým statistickým odhadem.

$$\hat{s}_p = s \sqrt{\mathbf{x} \mathbf{p}' (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{x} \mathbf{p}}.$$

\hat{s}_p je odhadnutá standardní chyba předpovědi.

s je odmocnina z odhadovaného rozptylu reziduí regresního modelu, což je praktický odhad pro σ , standardní odchylku náhodné složky v modelu.

$\mathbf{x} \mathbf{p}'$ je transponovaný vektor vysvětlujících proměnných pro pozorování p .

$(\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1}$ je inverzní matice výsledku součinu transponované matice X' a matice X samotné.

Následující rovnice bývá využívána k vytvoření intervalu spolehlivosti, obvykle 95 %. Interval spolehlivosti poskytuje důležité informace o přesnosti a nejistotě odhadů a je základním nástrojem pro statistickou inferenci.

$$\hat{Y}_p \pm t_{\alpha/2}^* \hat{S}_p,$$

$t_{\alpha/2}^*$ označuje kritickou hodnotu Studentova rozdělení pro $T - k$ stupňů volnosti (Hušek, 2007, s.202)

Jako poslední rovnice bude uveden Theilův koeficient nejistoty. Tento koeficient je ukazatelem přesnosti nebo kvality ekonometrické předpovědi ex post, je nezávislý na měřících jednotkách a může být také využit jako kritérium pro posouzení vhodnosti modelu pro predikci. Tento koeficient posuzuje nesoulad mezi relativními změnami, které model předpovídá, a skutečnými relativními změnami vysvětlované proměnné.

$$U^* = \sqrt{\frac{\frac{1}{h} \sum_{T=1}^h (P_T - A_T)^2}{\frac{1}{h} \sum_{T=1}^h A_T^2}}.$$

P_T označuje predikovanou změnu endogenní proměnné, naproti tomu A_T je skutečná změna endogenní proměnné a h značí délku horizontu předpovědi.

Pokud $U^* = 0$ znamená to, že všechny ex post předpovědi mají perfektní predikční schopnost, z toho vyplývá že model perfektně odráží realitu bez jediné chyby. Čím nižší je hodnota koeficientu, tím je predikce přesnější.

Jestliže je $U^* = 1$, jedná se o naivní předpověď, která předpokládá, že neznámá hodnota bude stejná jako tak poslední známá. (Hušek, 2007, s.202)

5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část se zabývá základními informacemi o energetických trzích, strategických analýzách a také ekonometrii.

První kapitola se zabývá evropským energetickým trhem, jsou zde představeny způsoby výroby elektrické energie včetně rozdělení na obnovitelné a neobnovitelné zdroje. Následuje také popis využívaných paliv v energetice. Další podkapitoly jsou zaměřeny na energetický trh, kde je popsáno jak a kde se s elektrickou energií obchoduje a také to, kteří účastníci na těchto trzích vystupují a jaké jsou jejich cíle. Nechybí zde ani popis trhů s fosilními palivy jako je uhlí a plyn včetně grafů, které znázorňují historický cenový vývoj. Předposlední kapitola je zaměřena na trh emisních povolenek, kde je popsána jejich podstata, historie a budoucí směřování tohoto nástroje sloužícímu k omezení emisí ve státech Evropské unie. Jako poslední je uveden popis německého energetického trhu, včetně energetického mixu.

Druhá kapitola se věnuje problematice konkurenceschopnosti, jsou zde vysvětleny klíčové strategické analýzy jako jsou SWOT a BCG analýzy, které slouží pro posouzení silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb a také životního cyklu zkoumaného produktu.

Třetí a poslední část je věnována ekonometrii. Čtenář práce se zde dozví o historii ekonometrie, postupu sestavení ekonometrického modelu či funkce regresní analýzy. Závěr této kapitoly je věnován predikci ekonometrického modelu, která je tím nejdůležitějším, co model přináší. Tato kapitola je pro práci zvláště významná, protože ekonometrický model bude využit v praktické části.

V teoretické části byla využita celá řada zdrojů od internetových jako například zdroje od České národní banky, ČEZu nebo německého regulačního úřadu pro elektrickou energii, plyn, telekomunikaci a poštovní a železniční trhy (Bundesnetzagentur) až po knihy od autorů Huška, Cipry nebo tria Neubauera, Sedlačíka a Kříže a mnoha dalších. Velká část zdrojů zejména z energetiky pochází od anglických autorů.

Sestavení teoretické části bylo pro autora velkou výzvou, protože některé údaje byly velmi těžko dohledatelné.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI E.ON

Tato diplomová práce je tvořena ve spolupráci E.ON, a proto je vhodné tuto společnost představit. Tento německý koncern patří mezi největší světové hráče v oblasti energetiky. Sídlo společnosti se nachází v německém městě Essen ve spolkové republice Severní Porýní – Vestfálsko. Firma jako taková je poměrně mladá, vznikla až v roce 2000 sloučením dvou energetických společností VEBA a VIAG. Tyto dvě společnosti mají dlouhou historii, obě byly založeny v roce 1920 a sdružovaly státní německé průmyslové společnosti. Později v roce 1960 a 1980 nastala privatizace těchto společností a následně po privatizaci se obě dostaly do indexu DAX 30 (dnes DAX 40), který na frankfurtské burze sdružoval 30 ekonomicky nejsilnějších společností napříč Německem. (E.ON, 2022)

Společnost E.ON SE funguje jako mateřská společnost a koordinuje globální a regionální aktivity dceřiných společností, a to včetně provozu v České republice. V roce 2022 dosáhl koncern tržeb přes 117 miliard EUR a zaměstnával více než 72 000 zaměstnanců. Mezi klíčové aktivity společnosti patří distribuce a dodávka elektřiny a plynu a také provozování elektroenergetických a plynárenských soustav. Skupina E.ON působí ve více než 30 státech a má více než 50 milionů zákazníků. V minulosti společnost také podnikala v Rusku, avšak po začátku války na Ukrajině všechny své aktivity v Rusku ukončila a vzdala se také 15 % podílu v plynovodech Nord Stream. (Integrovaná výroční zpráva, 2023, 42-48)

Základní strategie společnosti E.ON se soustředí na 3 cíle a to expanzi, ekologii a digitalizaci. Akvizice společnosti Innogy v roce 2019 (Kromě ČR, zde to nedovolila Evropská komise z důvodu vzniku monopolu a Innogy získala maďarská energetická společnost MVM Group) společnost vedla ke změně vedení a přijetí nové strategie pro následující roky. Tato strategie klade důraz na podporu udržitelného rozvoje a přechod energetického sektoru do éry digitalizace. Důležité jsou zejména dvě oblasti: přeměna energetického sektoru a jeho udržitelnost, které jsou považovány za klíčové pro budoucí růst společnosti, zejména v oblastech energetických sítí a služeb pro zákazníky. Přechod k energetice s nulovými emisemi CO₂ nabírá na rychlosti a očekává se, že bude hnací silou růstu celého odvětví v příštím desetiletí. Skupina E.ON se tak stane hlavním hráčem v tomto odvětví a aktivně se zapojí do dekarbonizace evropského energetického sektoru. (Interní zdroj)

Jak vyplývá z minulého odstavce udržitelnost je klíčovou složkou strategického plánování společnosti E.ON, která si klade za cíl dosáhnout klimatické neutrality do roku 2040.

Má však ambici dosáhnout tohoto cíle ještě dříve v některých svých sítích, a to především v Německu a ve Švédsku. Společnost se zaměřuje na poskytování řešení a služeb v oblasti energie, které podporují odchod od fosilních paliv a přechod k obnovitelným zdrojům energie, čímž přispívá k celkové dekarbonizaci a nárůstu podílu zelené energie.

Zemní plyn je také fosilním zdrojem, avšak v posledních letech zaznamenává v Evropě rostoucí využití pro výrobu elektřiny, což je dáno jeho flexibilitou a stabilitou jako zdroje energie, který nabízí relativně nízké náklady na výrobu elektrické energie s mnohem nižšími emisemi ve srovnání s uhlím. V důsledku toho zemní plyn představuje důležitý přechodový zdroj energie, který slouží jako doplněk k obnovitelným zdrojům energie, pomáhá vyrovnávat jejich produkční výkyvy. Očekává se, že jeho význam jako energetického zdroje bude v nadcházejících letech narůstat. Proto je klíčové analyzovat a předvídat spotřebu v evropských regionech. Ekonometrický model, který je součástí předkládané diplomové práce, představuje jeden z přístupů k pochopení a prognózování tržních trendů a k identifikaci hlavních faktorů ovlivňujících výrobu elektřiny ze zemního plynu.

6.1 E.ON ČESKÁ REPUBLIKA

E.ON vstoupil na český trh v roce 2005 akvizicí podílu v Jihočeských energetických závodech (JEZ) a následně rozšířil své působení o další regiony. Dnes je jedním z hlavních poskytovatelů elektrické energie a plynu v České republice a významně přispívá k rozvoji moderních a udržitelných energetických řešení v zemi.

E.ON v ČR podniká v těchto společnostech a to:

1. E.ON Česká republika s.r.o.
2. E.ON Energie a.s.
3. EGD a.s. (dříve E.ON distribuce)
4. E.ON Energy Solutions s.r.o.
5. E.ON Drive Infrastructure CZ s.r.o.

První z jmenovaných slouží jako podpůrná organizace ostatním uvedeným společnostem, kdy funguje jako „mateřská společnost“ a zajišťuje jim finanční, právní, personální a další služby. E.ON Energie a.s. funguje jako obchodník s energiemi, má na starosti uzavírání smluv s klienty a nákup a dodání elektrické energie či plynu klientům. Hlavní náplní podnikání společnosti EGD a.s. je údržba a modernizace distribuční soustavy a realizace

projektů týkajících se obnovitelných zdrojů. Nutnost oddělení poskytovaných prodejních a distribučních služeb vychází přímo z Energetického zákona (458/2000). Společnost také nabízí poradenství v oblasti energetického managementu či energetické auditů. V minulosti se tato společnost jmenovala E.ON distribuce, avšak v roce 2021 přišlo její přejmenování právě na EG.D. Poslední dvě společnosti vznikly teprve nedávno, první jmenovaná z nich se zabývá dodáváním chytrých řešení v oblasti obnovitelných zdrojů energie a energetického managementu domácnostem a firmám a E.ON drive nabízí komplexní služby v oblasti elektromobility, a to stavbu a správu nabíječek, školení a studie v oblasti elektromobility a další. (Interní zdroj)

Loga společností E. ON a EG.D lze vidět v příloze P V

7 ANALÝZA KONKURENCESCHOPNOSTI PLYNU A UHLÍ

Tato kapitola bude věnována podrobné analýze konkurenceschopnosti plynu a uhlí jako klíčových zdrojů energie v současném energetickém mixu. Bude zde identifikováno množství faktorů, které ovlivňují jejich pozici na trhu, jako například ekonomické, enviromentální a právní faktory.

Pro hlubší porozumění jejich tržní pozici a strategického potenciálu budou využity nástroje strategických analýz jako SWOT analýza, která identifikuje silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby pro každý z těchto paliv. Bude následovat BCG matice, pomocí které bude zhodnocen růst a tržní podíl všech paliv v Německém energetickém mixu. Německý energetický mix byl pro BCG matici vybrán z toho důvodu, že je ze všech čtyřech sledovaných západních zemí nejvýznamnější.

7.1 SWOT analýza uhlí

Tato kapitola se bude věnovat SWOT analýze uhlí, aby byly identifikovány klíčové faktory ovlivňující jeho pozici a budoucnost na energetickém trhu. Každý uvedený faktor bude pod SWOT analýzou z Tab. 1 dále podrobně vysvětlen.

Tabulka 1 SWOT analýza uhlí (vlastní zpracování)

<p>STRENGTHS (silné stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obrovské zásoby • Široké využití • Jednoduchý proces spalování • Skladovatelnost a přeprava • Regionální dostupnost • Nižší náklady na těžbu oproti jiným fosilním zdrojům • Nízká volatilita cen • Uhelné doly jsou většinou blízko místu spotřeby 	<p>WEAKNESSES (slabé stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vysoké emise CO₂ při spalování • Energetická neefektivnost • Těžba je v některých oblastech nerentabilní • Náklady na rekultivace dolů • Ekonomická závislost těžebních regionů • Poškození krajiny • Špatný obraz uhlí ve vyspělých zemích
<p>OPPORTUNITIES (příležitosti)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spolupráce zejména s OZE na generování poptávaného množství elektrické energie • Vývoj a implementace technologie na zachycení a uložení CO₂ • Zvýšení životní úrovně v rozvojových státech díky exportu uhlí. 	<p>THREATS (hrozby)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulace a zákazy • Názor veřejnosti ve vyspělých zemích • Rozvoj čistších zdrojů • Problémy s financováním projektů • Ukončení rozvoje technologií v oblasti spalování uhlí

Silné stránky:

V současné době jsou světově prokázány zásoby uhlí na dalších 400 let při současné spotřebě. Dále má také uhlí opravdu velmi široké využití od energetiky přes teplárenství až po průmyslové využití například v hutním, chemickém či strojírenském průmyslu. Mezi výhody také patří jednoduchost spalování, díky tomu, že je využívání uhlí ve světě velmi rozvinuto, existují cenově přijatelné technologie, které zajistí správné spalování uhlí. Jako silnou stránku lze chápat také skladování a přepravu uhlí. To je možno skladovat po velmi dlouhou dobu, a to bez ztráty kvality či energetické účinnosti a jeho přeprava většinou probíhá po železnici v uzavřených vagónech. Díky tomu lze v případě potřeby uhlí rychle a levně dostat na požadované místo. Uhlí je většinou dostupné pro každý stát nebo společnost, která jej využívá, a to díky celosvětově husté síti uhelných dolů. Z toho tedy plyne, že se nemusí převážet na dlouhé vzdálenosti a je ve většině zemí stejně dostupné. Jako další pozitivum lze označit nižší náklady na těžbu oproti jiným fosilním zdrojům jako je plyn či ropa, a to zejména v hnědouhelných povrchových dolech, které na sebe vážou další výhodu. Díky tomu, že se velmi často méně kvalitní uhlí využívá pouze v elektrárnách, doly se často nacházejí v blízkosti těchto elektráren a uhlí je do nich dopravováno pomocí dopravníku či vlaku což je cenově efektivní. Na burzách obchoduje jen něco okolo 20 % vytěženého objemu černého uhlí (hnědé se téměř neobchoduje) tak si tato komodita zachovává poměrně stálou cenu, a to díky dlouhodobým kontraktům mezi těžářem a odběratelem.

Slabé stránky:

Uhlí přináší řadu slabých stránek, jako jsou vysoké emise CO₂ při spalování, což přispívá ke změně klimatu. Jeho energetická neefektivnost zejména hnědého uhlí a nerentabilní těžba v některých oblastech dále zvyšují otázky o jeho udržitelnosti. Při ukončení těžby vznikají často těžebním společnostem velké náklady v souvislosti s rekultivací dolu, nutno podotknout, že rekultivace se využívá jen v některých zemích. Velkým problémem je také vysoká závislost regionu kde se uhlí těží na provozu dolu. V případě, že se provoz dolu ukončí, mnoho lidí přijde o práci a nezaměstnanost se v dané oblasti velmi zvýší. Poškození krajiny a negativní obraz uhlí ve společnosti ve vyspělých zemích jsou dalšími faktory, které ovlivňují jeho používání a budoucnost.

Příležitosti:

Budoucnost uhlí je s kooperací s obnovitelnými zdroji energie (OZE) zejména ve chvílích, kdy produkce OZE kolísá. Rozvoj technologií pro zachycení a skladování CO₂ může snížit

environmentální dopady uhlí což může prodloužit jeho využívání, v současné době je ve vývoji technologie Clean Coal, která by fungovala tak, že by zařízení zachytávalo CO₂ vzniklý spalováním uhlí a ukládal ho do speciálního uložště. Pomocí toho by se emisní náročnost uhlí dostala velmi blízko nule. Export uhlí může podpořit zvyšování HDP a životní úrovně v rozvojových státech, kdy díky levnému uhlí mají tyto státy také možnost levně vyrábět, a to může přilákat zahraniční investory. Tyto příležitosti naznačují potenciál uhlí přizpůsobit se současným energetickým a ekologickým výzvám, ale pouze v méně rozvinutých státech.

Hrozby:

Regulace a zákazy využívání uhlí vedené snahou o snížení emisí, jsou výzvou pro jeho budoucí využití. V zemích Evropské unie je plánováno, že od roku 2030 nebude již možné uhlí v energetice využívat, v současné době se orgány EU snaží omezit tento špinavý zdroj energie alespoň pomocí emisních povolenek. Ostatní nečlenské státy mají také svou strategii odklonu od uhlí, avšak stát od státu se liší. Další hrozbou je veřejné mínění populace o uhlí, veřejnost se stále více přiklání k čistším nízkoemisním zdrojům. S využíváním uhlí v podnikání se také pojí možnost poškození dobré pověsti společnosti. Rozvoj obnovitelných a efektivnějších zdrojů energie a finanční rizika, kdy investoři či banky často odmítají financovat uhelné projekty urychlují odklon od uhlí.

7.2 SWOT analýza plynu

Tato část v Tab. 2 se bude zabývat SWOT analýzou plynu s cílem rozpoznat hlavní aspekty, které mají vliv na jeho postavení a výhled do budoucna. Pro každý identifikovaný faktor bude pod SWOT analýzou (tabulka 2) vysvětlen.

Tabulka 2 SWOT analýza plynu (vlastní zpracování)

<p>STRENGTHS (silné stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nízké emise CO₂ zejména oproti uhlí • Efektivita • Flexibilita • Široké využití napříč průmyslem • Nižší náklady na filtrační technologie • Lze transportovat na velmi dlouhé vzdálenosti (LNG) 	<p>WEAKNESSES (slabé stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emise metanu při těžbě • Volatilita cen plynu • Nutnost rozsáhlé infrastruktury pro transport • Nerovnoměrné rozložení ložisek plynu • Náročný a dražší transport LNG • Rizika spojená s těžbou
<p>OPPORTUNITIES (příležitosti)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Omezování uhlí • Rozvoj plynárenských technologií • Větší využití v dopravě (CNG) • Výstavba LNG terminálů • Stavba nových plynových elektráren • Stavba nových plynovodů 	<p>THREATS (hrozby)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obnovitelné zdroje • Regulace • Geopolitická rizika • Vysoký růst cen na komoditních trzích • Problémy s financováním projektů • Změna názorů veřejnosti

Silné stránky:

Jednou z nejvýraznějších silných stránek zemního plynu jsou jeho nízké emise CO₂, které jsou výrazně nižší než emise generované spalováním uhlí, čímž přispívá ke zmírnění klimatických změn a zlepšení kvality ovzduší. Další silnou stránkou je efektivita, paroplynové elektrárny dosahují vyšší účinnosti přeměny paliva na elektrickou energii než mnohé jiné typy elektráren, což vede k efektivnějšímu využití zdrojů a snížení celkových emisí. Flexibilita zemního plynu jako zdroje energie umožňuje rychlou adaptaci na měnící se poptávku po energii, což je nezbytné pro stabilní a spolehlivé energetické systémy, zvláště v kombinaci se změnami výroby energie z obnovitelných zdrojů. Zemní plyn nachází široké využití napříč průmyslem, nejen jako zdroj tepla a elektrické energie, ale také jako surovina pro výrobu chemikálií a hnojiv, čímž podporuje různé ekonomické sektory. Jako výhodu lze také uvést nižší náklady na filtrační technologie v porovnání s uhlím, jelikož spalování zemního plynu produkuje méně škodlivých emisí, což snižuje potřebu nákladných systémů na čištění spalin. Navíc lze zemní plyn transportovat na velmi dlouhé vzdálenosti pomocí

technologie zkapalněného zemního plynu (LNG), což umožňuje globální obchod a zajišťuje energetickou bezpečnost i pro regiony vzdálené od míst těžby. Tyto silné stránky zemního plynu naznačují jeho klíčovou roli v současném a budoucím energetickém mixu, přičemž nabízejí řešení pro řadu energetických a environmentálních výzev.

Slabé stránky:

Jednou z hlavních slabých stránek jsou emise metanu při těžbě. Tato problematika je spojená s úniky tohoto silného skleníkového plynu do atmosféry, který může negativně ovlivnit klimatický přínos přechodu z uhlí na plyn. Dalším významným problémem je volatilita cen plynu, která je způsobena zejména geopolitickými událostmi a změnami v nabídce a poptávce, což může komplikovat dlouhodobé plánování a investice. Nutnost rozsáhlé infrastruktury pro transport představuje další slabou stránku, jelikož výstavba plynovodů a LNG terminálů vyžaduje obrovské kapitálové investice a časové závazky. Nerovnoměrné rozložení ložisek plynu může vést k geopolitické závislosti a komplikacím v energetické bezpečnosti pro země, které nejsou samy o sobě bohaté na zemní plyn. Náročný a dražší transport LNG je spojen s potřebou zkapalňování plynu při velmi nízkých teplotách a jeho následným transportem speciálními loděmi, což zvyšuje náklady a energetickou náročnost celého procesu. Nakonec rizika spojená s těžbou, včetně environmentálních dopadů jako je kontaminace podzemních vod, znečištění vzduchu a zemětřesení indukovaná těžbou. Tyto slabé stránky poukazují na výzvy, kterým musí odvětví čelit a hledat řešení, aby zemní plyn mohl efektivně přispět k přechodu na udržitelnější energetický systém.

Příležitosti:

Příležitosti, které plyn může přinést, jsou klíčové pro rozpoznání jeho potenciálu v budoucím energetickém mixu. Omezování uhlí představuje významnou příležitost pro zemní plyn, jelikož jeho nižší emise CO₂ a škodlivých látek nabízí čistší alternativu k tradičním uhelným elektrárnám, v budoucnu se předpokládá, že právě paroplynové elektrárny částečně nahradí ztracený výkon z uzavřených uhelných elektráren. Rozvoj plynárenských technologií, včetně pokroku v efektivitě a snížení nákladů na výrobu elektrické energie z plynu, otvírá dveře pro inovace a zlepšení, které mohou zemní plyn učinit ještě atraktivnějším energetickým zdrojem. Dále také větší využití v dopravě, zejména prostřednictvím CNG (stlačený zemní plyn), nabízí alternativu k tradičním ropným palivům, snižuje emise a znečištění vzduchu a může pomoci diverzifikovat energetické zdroje v tomto sektoru. Výstavba LNG terminálů je další příležitostí, která umožňuje přístup k mezinárodním trhům, zvyšuje energetickou bezpečnost a umožňuje zemím bez přímého přístupu k zemnímu plynu využívat tento čistý energetický zdroj. Stavba nových plynových elektráren a nových

plynovodů nejenže podporuje rozvoj infrastruktury pro efektivnější využití zemního plynu, ale také zvyšuje flexibilitu a spolehlivost energetického systému, čímž se zemní plyn stává klíčovým prvkem v budoucí energetice ale také průmyslu. Tyto příležitosti ukazují na rozmanité možnosti, jak zemní plyn může hrát zásadní roli v budoucím energetickém mixu, přičemž podporuje ekonomický růst, zlepšuje energetickou bezpečnost a přispívá k ochraně životního prostředí.

Hrozby:

Mezi největší hrozby lze zařadit obnovitelné zdroje energie, jako je solární, vodní a větrná energie. Obnovitelné zdroje představují značnou hrozbu pro zemní plyn díky jejich nulovým emisím a rostoucí ekonomické konkurenceschopnosti, avšak díky jejich velmi proměnlivé výrobě, která značně závisí na počasí je stoprocentní nahrazení plynu velmi nepravděpodobné. Regulace týkající se emisí skleníkových plynů a ochrany životního prostředí se zpřísňuje na celém světě, tyto kroky mohou zvýšit náklady na využívání zemního plynu a omezit jeho přitažlivost jako energetického zdroje. Geopolitická rizika vycházejí z problematických vztahů mezi zeměmi, a to zejména velkými exportéry plynu, jako je například Rusko nebo Katar a zeměmi které od nich plyn nakupují. Tyto problémy mohou vést k nestabilitě dodávek a cen, což ohrožuje spolehlivost a dostupnost zemního plynu jako energetického zdroje. Jako další hrozbu lze uvést vysoký růst cen na komoditních trzích, který může způsobit to, že zemní plyn bude méně konkurenceschopný ve srovnání s jinými zdroji energie, což může ovlivnit jeho poptávku a využití. Problémy s financováním projektů související se zemním plynem, jako je výstavba infrastruktury a vývoj nových ložisek, mohou být ovlivněny ekonomickou nestabilitou dané země, regulačními překážkami a rostoucí preferencí investorů pro udržitelnější projekty. A na konec změna názorů veřejnosti směrem k většímu důrazu na udržitelnost a ochranu životního prostředí může snížit sociální akceptaci zemního plynu a zvýšit tlak na přechod k čistším zdrojům energie.

Komparace SWOT analýzy uhlí a plynu

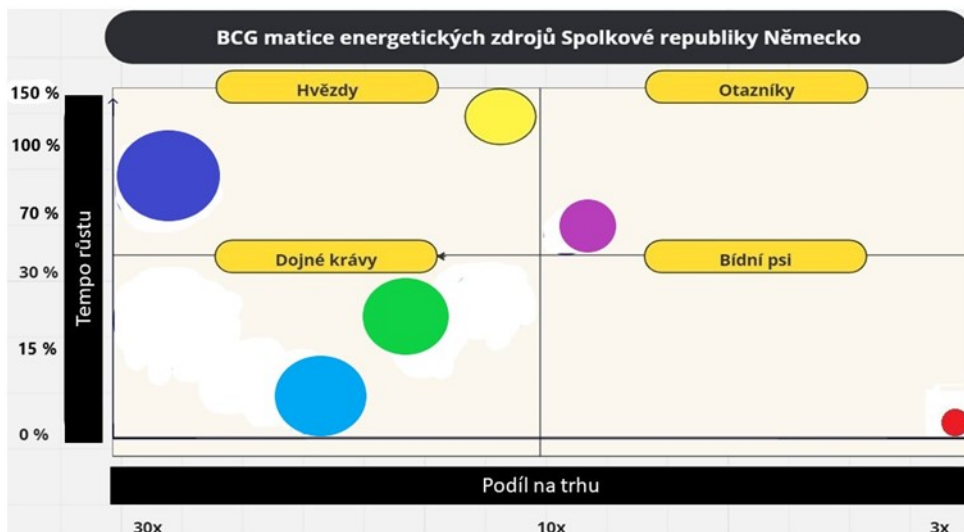
Obě zkoumaná paliva mají své silné a slabé stránky, uhlí s jeho dlouhodobě dostupnými zásobami, širokým spektrem využití a cenovou dostupností, představuje stabilní zdroj energie, který však čelí významným výzvám v podobě negativních dopadů na životní prostředí a stále přísnějších regulací zejména ve vyspělých státech. Zemní plyn pak díky svým nižším emisím CO₂ a flexibilitě využití, nabízí čistší alternativu k uhlí a otevírá cestu pro jeho větší integraci do budoucích nízkouhlíkových energetických strategií.

Přestože oba zdroje čelí hrozbám ze strany rostoucí konkurence obnovitelných zdrojů energie, regulací a geopolitických rizik, existují i významné příležitosti. Rozvoj nových technologií, jako je zachycování a skladování uhlíku pro uhlí a rozšíření využití zemního plynu v dopravě a průmyslu, může zmírnit některé z negativních dopadů těchto fosilních paliv a podpořit jejich udržitelnější využití.

Závěrem lze říci, že oba zdroje jsou v současném uspořádání energetického mixu i průmyslového využití nezastupitelné, a ještě nějakou dobu to tak i bude. Zásadním problémem, a to zejména pro uhlí jsou státní či unijní regulace a také odpor některých bank financovat fosilní projekty. Z toho vyplývá, že v budoucnu budou uhlí využívat spíše méně rozvinuté země a země, které nemají přísné zákony na ochranu přírody jako levný zdroj elektrické energie. Naopak u plynu se očekává, že jej budou zejména díky nízkým emisím využívat vyspělé země. Nicméně zde je nevýhoda toho, že obrovské světové zásoby plynu se nachází na územích nedemokratických či diktátorských zemí a z toho vyplývá velké geopolitické riziko.

7.3 BCG analýza zdrojů při výrobě elektrické energie v Německu

Jak již bylo uvedeno na začátku, BCG analýza se bude zabývat německým energetickým trhem nebo přesněji energetickým mixem. Tato analýza poskytne přehled o stávajícím stavu německého energetického mixu a také v potencionálních trendech vývoje v následujících letech. BCG matice vznikla ve spolupráci s panem Ing. Majlingem, který byl konzultantem pro tuto práci. Dále byly pro sestavení využity veřejně dostupné zdroje o budoucnosti německé energetiky. Matice na obr. 10 byla zpracována pomocí freewarové online aplikace Miro.com



Obrázek 10 BCG matice energetických zdrojů Německa (vlastní zpracování)

Legenda:

Větrné elektrárny

Solární elektrárny

Biomasa

Uhelné elektrárny

Plynové elektrárny

Jaderné elektrárny

Německo získává nejvíce energie z větru, v roce 2023 energie získaná z větru tvořila více jak 31 % v celkovém energetickém mixu tohoto státu. Celková instalovaná kapacita všech větrných parků v současnosti činí více jak 69 GW, přičemž se využívají dva typy větrných elektráren a to pevninské (onshore) a umístěné v moři (offshore). V budoucnu jsou plánovány další projekty za účelem zvýšení podílu tohoto bezemisního zdroje až na celkových 140 až 145 GW. To znamená nárůst instalovaného výkonu okolo 100 %. (Appunn a Wettengel, 2022)

Solární elektrárny patří v Německu mezi nejrychleji rostoucí obnovitelné zdroje, v roce 2023 dosahoval jejich podíl na celkové energii přes 12 %. Současná instalovaná kapacita je 81 GW. Tento způsob výroby energie má však svoji velkou slabinu, a to je velká závislost na počasí, to lze jasně vidět na tom, že instalovaná kapacita je mnohem vyšší jak u větrných elektráren. Podíl vyrobené energie však nedosahuje ani polovinu energie vyrobené z větru.

Další výraznou nevýhodou je, že solární elektrárny nejsou schopny vyrábět energii přes noc. Z toho vyplývá, že mohou vyrábět energii jen okolo poloviny času oproti ostatním energetickým zdrojům. Cílem německé vlády je současnou kapacitu solárních elektráren do roku 2030 zvýšit na celkových 200 GW. To znamená růst tohoto zdroje okolo 150 %. (Franke, 2021, Appunn a Wettengel, 2022)

Co se týče biomasy, ta je v současném energetickém mixu zastoupena pouze 8 %. Jedná se o kontroverzní zdroj energie, protože je částí veřejnosti považován za špinavý zdroj díky využívání spalovacího procesu, avšak v německé koncepci je zahrnut jako čistý zdroj, který se bude využívat zejména v okamžicích, kdy energie z větru slunce a vody nebude schopna pokrýt poptávku. V současné době je instalovaný výkon těchto elektráren pouze něco málo přes 9 GW. Patří jednoznačně mezi otazníky, protože není jasné, v jaké míře se bude v budoucnu využívat, zda částečně nahradí odstavené uhelné elektrárny nebo začne jejich odstavování díky tlaku veřejnosti. V současné době však patří do německé vládní koncepce o obnovitelných zdrojích, takže lze v současnosti počítat s peněžními prostředky na výstavbu nových elektráren i když je jasné, že největší investice budou směřovat do čistě přírodních zdrojů a díky tomu se biomasa může stát jen doplňkovým zdrojem. (Julia Dahm, 2022)

Německo má dlouhou historii využívání uhlí jako zdroje energie, které bylo dlouhodobě důležitým pilířem jeho energetického mixu, posledních letech však podíl uhelných elektráren na celkově vyrobené energii klesá. Je to dáno zejména tím, že uhlí je označeno v rámci energetického přechodu (Energiewende) za špinavý zdroj. Tento přechod zahrnuje postupné ukončení využívání uhlí, které je v Německu plánováno do roku 2030. Přes to všechno uhelné elektrárny stále hrají významnou roli v německém energetickém mixu, z jejich produkce pochází něco kolem 22 % celkové výroby energie. Instalovaná kapacita je 45 GW, nutné je také zmínit to, že ne všechny elektrárny jsou v provozu, některé jsou vypínány a zapínány s ohledem na aktuální poptávku po energii. Dle BCG matice se jedná o dojně krávy z důvodu toho, že investice do uhelných elektráren jsou oproti obnovitelným zdrojům mnohem nižší, ale zároveň produkují z celkového mixu velkou část energie.

Plynové elektrárny zaujímají v německém mixu také velmi důležitou roli, a to zejména díky jejich vysoké flexibilitě, kdy zprovoznění elektrárny probíhá v řádech minut. Tímto jsou schopny vykrývat vysokou poptávku po energii nebo nízkou výrobu z obnovitelných zdrojů. V roce tyto elektrárny vyrobily více jak 16% celkové energie při instalované kapacitě

32 GW. Dalším plusem je poměrně ekologická výroba energie, která sebou přináší mnohem nižší emise skleníkových plynů než uhelné elektrárny. Plánované projekty počítají s finální kapacitou plynových elektráren 40 GW do roku 2030. To znamená 25 % růst, avšak počítá se s tím, že plynové elektrárny v budoucnu přejdou na nové palivo a to vodík, který je bezemisní. (Enerdata, 2023, Appunn a Wettengel, 2022)

Po havárii ve Fukušimě v roce 2011 německá vláda oznámila plán na uzavření všech jaderných reaktorů do roku 2022, takže odstavení nemá žádnou souvislost s přechodem na obnovitelné zdroje. Toto rozhodnutí bylo charakterizováno jako nejrychlejší změna politického kurzu od sjednocení Německa. Od roku 2023 byly v provozu pouhé 3 jaderné elektrárny z celkových 20 elektráren (Do tohoto čísla nejsou započteny elektrárny uzavřené před rokem 2000). Celkově Německo prošlo složitým vývojem v oblasti jaderné energie, který zahrnoval technický pokrok, veřejný odpor, politické obraty a konečně rozhodnutí o úplném odstoupení od jaderné energie, a proto tyto elektrárny dle BCG matice lze jednoznačně zařadit mezi bídné psy. V květnu 2023 byly uzavřeny poslední tři funkční jaderné elektrárny čímž výroba energie z uranu ukončila působení na trhu. Podíl na celkové vyrobené německé energii v roce 2023 je mizivý, pouhá 2 %.

Shrnutí BCG matice

Je jasné, že německá energetika bude v následujících letech výrazně měnit svůj energetický mix ve prospěch obnovitelných zdrojů. Vývoj zcela odpovídá ambiciózním německým plánům na dosažení 80 % výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v roce 2030. Dále se však počítá s využitím plynových elektráren, a dokonce i jejich rozšiřování. V budoucnu by tyto elektrárny mohly místo plynu využívat jako palivo vodík, který je zcela bezemisní. Naopak s uhelnými elektrárnami se v budoucí německé energetice nepočítá. Tyto elektrárny budou postupně uzavírány podobně jako byly v minulosti ty jaderné.

Tento vývoj však sebou jistě přinese nové výzvy v podobě nestálých dodávek z OZE a z toho důvodu je klíčový rozvoj technologií v oblasti jako je vodík či bioplyn. Tyto zdroje mohou pokrýt zvýšenou poptávku nebo období, kdy OZE vyrábí nedostatečné množství energie a zároveň jsou bezemisní, takže s nimi lze dosáhnout 100 % uhlíkové neutrality.

8 EKONOMETRICKÝ REGRESNÍ MODEL

V této kapitole bude představen regresní model vztahující se k predikci výroby elektrické energie z plynu. Na začátek je také vhodné zmínit, že z důvodu extrémních cenových výkyvů komodit bude vynechán covidový rok 2020 a také rok 2022 kdy začala válka na Ukrajině. Analyzované roky budou 2017, 2018, 2019, 2021 (jen do konce 3.Q.) a 2023. Pokud bychom použily data i z vyloučených roků, model by byl díky kompletně odlišnému chování trhů v dané době nefunkční.

8.1 Představení proměnných využitých v modelu

Tato kapitola bude popisovat proměnné, které jsou zahrnuty v regresním modelu. Vysvětlovaná proměnná Y značí množství vyrobené elektrické energie z plynu na území čtyř států a to Belgie, Nizozemsko, Francie a Německo (Dále jen západoevropské státy). Vysvětlujících proměnných X je více, jak lze vidět v tabulce níže. Tyto proměnné byly vybrány jako faktory, které ovlivňují vysvětlovanou proměnnou Y . Některé proměnné X nevystupují přímo, ale vznikají pomocí výpočtů z tzv. podružných proměnných. Podružné proměnné mají na celkovou proměnnou ($X1$ a $X3$) zásadní vliv. Podružné proměnné byly stanoveny na základě společných konzultací s odborným zástupcem společnosti E.ON. Pro lepší přehlednost tabulka 3 zobrazuje kompletní přehled všech proměnných a podružných proměnných které vstupují do regresního modelu. Zdrojem dat pro následující proměnné

je Entsoe – e transparency platform, což je web zabývající se sběrem a zveřejňováním dat o evropské výrobě, poptávce, či přeshraničních tocích elektrické energie. Dále byla také použita data od francouzské společnosti RTE, která je operátorem francouzské energetické soustavy, či z německého systému SMARD, který zpracovává širokou škálu dat o elektrické energii. Systém SMARD spadá pod německý federální regulační úřad pro elektřinu a plyn (Bundesnetzagentur). V neposlední řadě byla využita data od ČNB na získání dat o měnovém kurzu EUR/USD. Údaje o cenách komodit jsou z německé obchodní zóny Trading Hub Europe (THE).

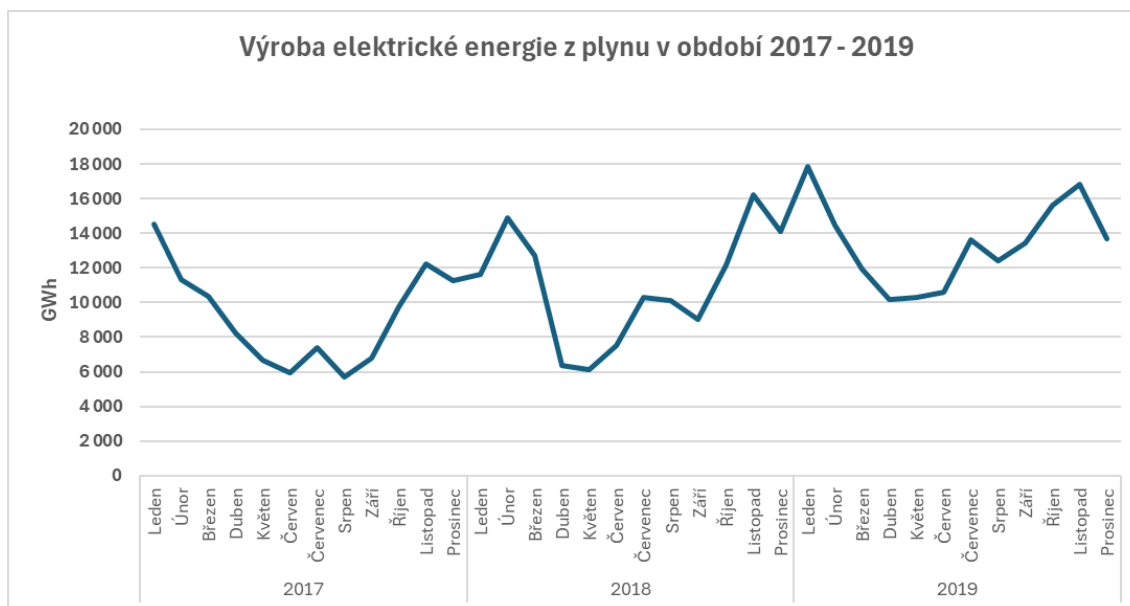
Na závěr je vhodné poznamenat, že v modelu vystupují všechny proměnné na bázi denních hodnot, Kvůli lepší přehlednosti budou tyto hodnoty v grafech zobrazovat pouze hodnoty měsíční. Z důvodu chybějících let 2020 a 2022 budou vždy uvedeny dva grafy, a to za období 2017–2019 a rok 2023, protože je nutné tyto dvě období od sebe oddělit. Grafy za rok 2021 se uvádět nebudou, protože rok není kompletní. Ve výpočtech však rok 2021 bude zahrnut.

Tabulka 3 Proměnné ekonometrického regresního modelu (vlastní zpracování)

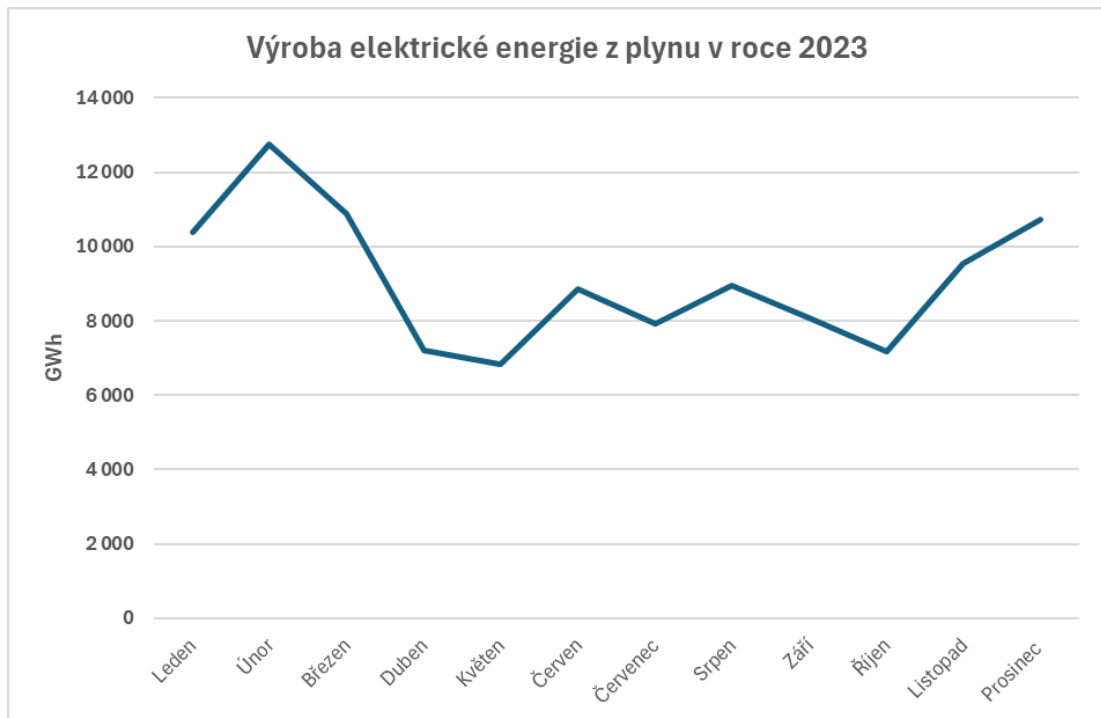
Název	Označení	Jednotka	Podružné proměnné
Výroba elektřiny z plynu	Y	GWh	----
			spotřeba elektřiny v zemích
Poptávka po elektřině	X1	GWh	export elektřiny
Výroba el. z hnědého uhlí	X2	GWh	----
			Cena plynu
			Cena uhlí
			Cena emisních povolenek
Relativní konkurenceschopnost uhlí a plynu	X3	----	kurz EUR/USD
Výroba el. z nízkoemisních zdrojů	X4	GWh	----

8.1.1 Proměnná Y

Vysvětlovaná proměnná Y značí, jaké množství elektřiny vyrobily plynové elektrárny v gigawatthodinách (GWh), které jsou jednotkou energie. Pro ilustraci bude uveden příklad, pokud bude proměnná Y v modelu 15 GWh, znamená to, že všechny plynové elektrárny ve sledovaných čtyřech zemích dohromady vyrobily 15 GWh elektrické energie. Níže na obrázku 11 a 12 je znázorněna výroba elektřiny z plynu.



Obrázek 11 Výroba elektrické energie z plynu v období 2017–2019 (vlastní zpracování)



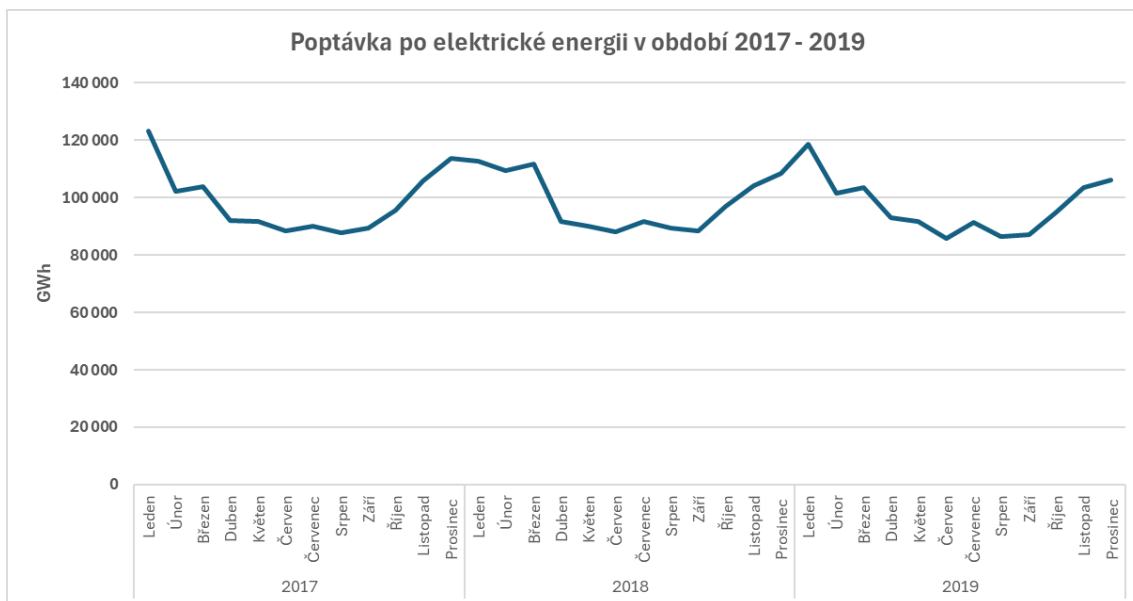
Obrázek 12 Výroba elektrické energie z plynu za rok 2023 (vlastní zpracování)

Z grafu je patrná každoroční sezónnost výroby elektrické energie pomocí tohoto zdroje. k poklesu dochází v jarních a letních měsících tzn. ve druhém a třetím čtvrtletí sledovaných let. Za poklesem stojí vyšší výroba z OZE (zejména fotovoltaik) a to díky příznivějšímu počasí než v zimě. Dalším podstatným důvodem je také snížení poptávky po elektřině v tomto období, které lze vidět v následujících grafech na obr. 13 a 14.

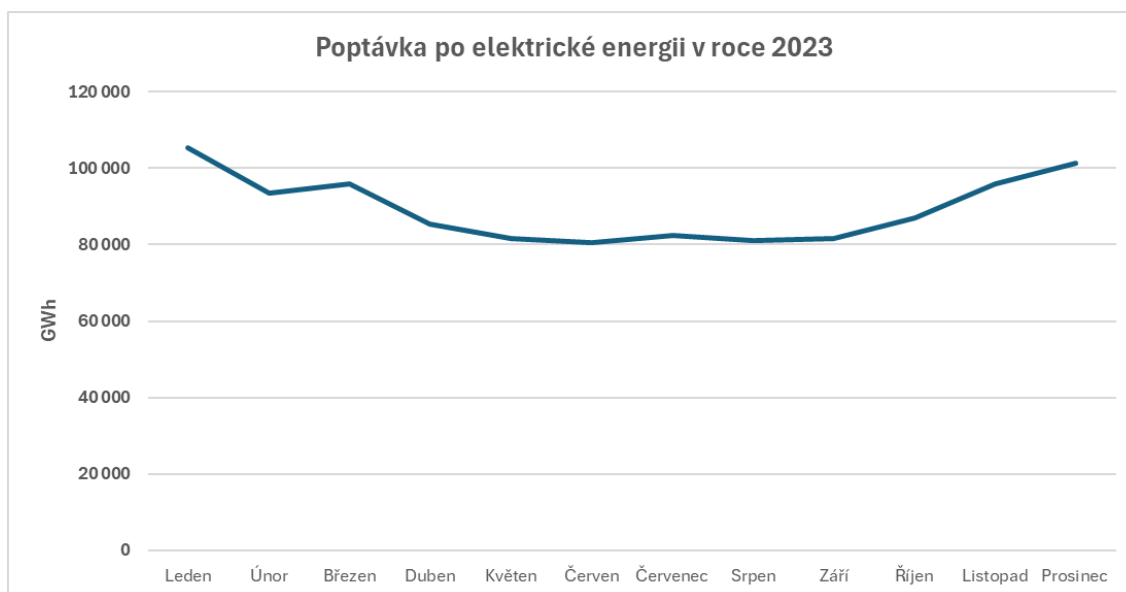
Přesně opačnou situaci lze pozorovat ve třetím a zejména čtvrtém kvartálu, kdy plyn oproti jarním a letním měsícům prudce roste. Důvodů pro tento vývoj je několik, elektrická energie se v těchto obdobích využívá k vytápění budov což zvyšuje poptávku po elektřině a zároveň se v tomto období díky nepříznivému počasí snižuje výroba z fotovoltaických elektráren. Díky částečné náhradě sníženého výkonu OZE a rostoucí poptávce, množství vyrobené elektřiny v těchto měsících roste.

8.1.2 Proměnná X1

Tato proměnná označuje v modelu poptávku po elektrické energii, přičemž se do proměnné započítávají dva faktory, a to domácí spotřeba ve sledovaných zemích a saldo exportu a importu elektřiny v západoevropském regionu. Proměnná X1 je stejně jako proměnná Y uvedena v GWh. Na obrázku 13 a 14 je zobrazen vývoj poptávky ve sledovaných letech.



Obrázek 13 Poptávka po elektrické energii v období 2017–2019 (vlastní zpracování)

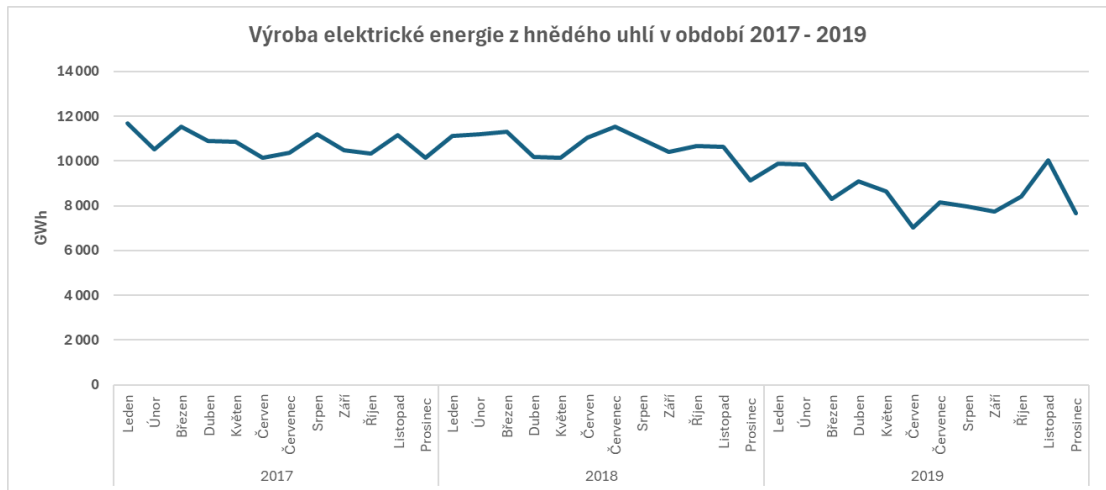


Obrázek 14 Poptávka po elektrické energii v roce 2023 (vlastní zpracování)

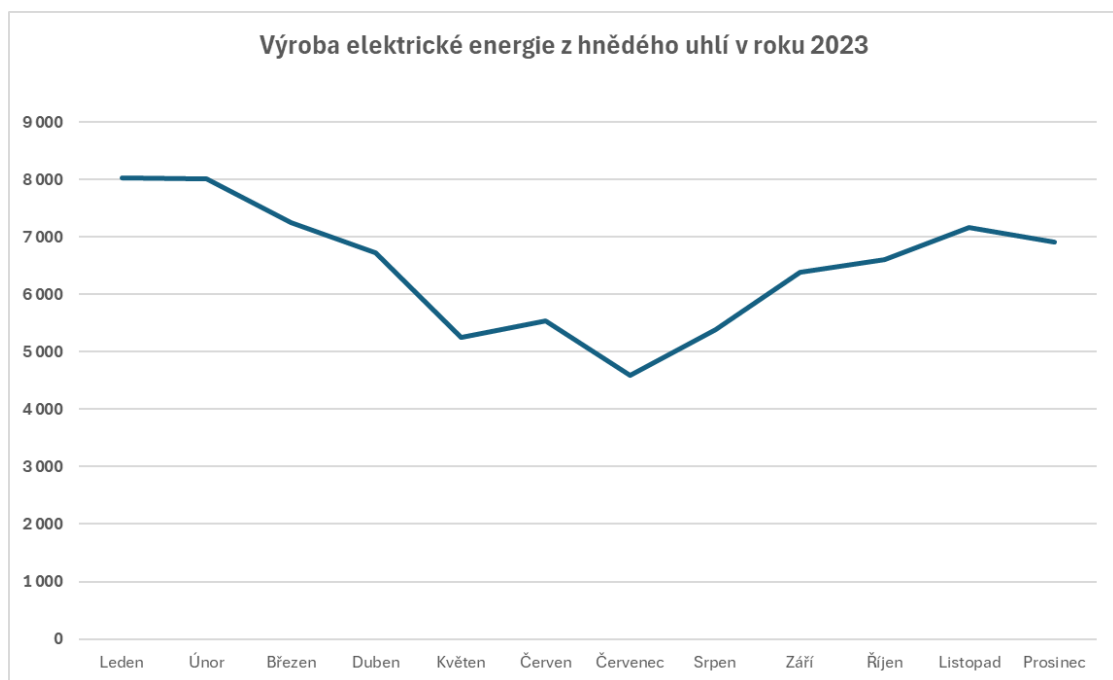
Na první pohled je patrné, že poptávka částečně kopíruje proměnnou Y, kdy přes podzim a zimu roste a na jaře a v létě má klesající tendenci. Růsty a poklesy poptávky jsou ze stejných důvodů jako u plynu, kdy hlavním důvodem růstu je začátek topné sezóny a pokles vzniká kvůli ukončení vytápění budov. Z přiloženého grafu vyplývá, že celoroční cyklus poptávky je poměrně konstantní. Rok 2023 se oproti ostatním rokům lišil nižší poptávkou, která byla způsobena tím, že lidé energií šetřili.

8.1.3 Proměnná X2

Pod touto proměnou se nachází výroba elektrické energie, která vznikla v uhelných elektrárnách za pomoci využití hnědého uhlí neboli lignitu. Následující obrázky 15 a 16 zobrazují vývoj výroby ve sledovaných letech.



Obrázek 15 Výroba elektrické energie z hnědého uhlí v období 2017–2019 (vlastní zpracování)



Obrázek 16 Výroba elektrické energie z hnědého uhlí v roce 2023 (vlastní zpracování)

U hnědého uhlí je možné pozorovat dlouhodobý pokles, kdy s každým dalším rokem podíl tohoto fosilního paliva klesá. Je to dáno tím, že postupně jsou každým rokem odstavovány nebo úplně zavírány další hnědouhelné elektrárny. Tento jev lze jasně vidět na rozdílu mezi rokem 2017 a 2023, kdy v lednu roku 2017 bylo vyrobeno pomocí uhlí téměř 12 000 GWh.

Naproti tomu v lednu roku 2023 bylo vyrobeno pouze něco kolem 8 000 GWh. Důležité je také zmínit, že ze čtyř sledovaných zemí uhlí využívá ve větším měřítku pouze Německo. Ve velmi omezené míře jej lze nalézt také ve Francii, avšak Belgie a Nizozemsko hnědouhelnými zdroji vůbec nedisponují a využívají z fosilních paliv pouze plyn nebo nízkoemisní zdroje. Tento vývoj není překvapivý, protože oblíbenost tohoto energetického zdroje již dlouhodobě klesá.

8.1.4 Proměnná X3

Pod touto proměnou se skrývá takzvaná relativní konkurenceschopnost mezi zdroji využívající k výrobě elektřiny černé uhlí a plyn. Pokud si zdroje konkurují, hodnoty se nachází v intervalu 0 až 1. Pokud je hodnota rovna 0, uhlí je nekonkurenceschopné a pokud je rovna 1 tak je nekonkurenceschopný plyn. Dokonalá konkurenceschopnost se nachází v bodě 0,5. Z klimatického pohledu je však optimální hodnota 0, aby bylo uhlí nekonkurenceschopné. Při extrémních cenových výkyvech je možné, že hodnoty překročí dané intervaly a jsou záporné či větší jak 1, avšak tato extrémní období byla z modelu vyřazena.

Pro výpočet relativní konkurenceschopnosti se využívá následující vzorec:

$$X3 = \frac{GasP - FSmin.}{FSmax. - FSmin.}$$

kde:

X3 = relativní konkurenceschopnost uhlí a plynu

GasP = cena plynu

FSmin. = spodní hranice fuelswitchingu

FSmax. = horní hranice fuelswitchingu

Fuelswitching lze chápat jako interval, ve kterém si uvedené dva zdroje konkurují, pokud je překročena horní hranice FSmax, vyrábějí i ty nejméně účinné uhelné elektrárny levněji než nejméně účinnější paroplynové elektrárny, tzn. plyn se stává nekonkurenceschopným. Naopak pokud je překročena dolní hranice FSmin, je výroba nejméně účinných paroplynových elektráren levnější než výroba nejméně účinných uhelných elektráren.

Před samotným výpočtem proměnné X3 je nutné vypočítat fuelswitching, který se počítá pomocí následujících vzorců:

$$FSMAX = \frac{COALP}{\frac{CR * EURUSD}{COALEmin}} + EUA * (CO2int.Cmax - CO2int.Gmax) * GasEmin$$

$$FSMIN = \frac{COALP}{\frac{CR * EURUSD}{COALEmax}} + EUA * (CO2int.Cmin - CO2int.Gmax) * GasEmin$$

Kde:

COALP = cena černého evropského uhlí API2

CR = koeficient sloužící k převodu 1 tuny uhlí na MWh elektrické energie

EURUSD = kurz EURO/DOLLAR

COALEmin = minimální účinnost uhlí při výrobě elektrické energie

COALEmax = maximální účinnost uhlí při výrobě elektrické energie

EUA = cena emisní povolenky na 1 tunu CO2

CO2int.Cmax = maximální emisní náročnost uhlí

CO2int.Cmin = minimální emisní náročnost uhlí

CO2int.Gmax = maximální emisní náročnost plynu

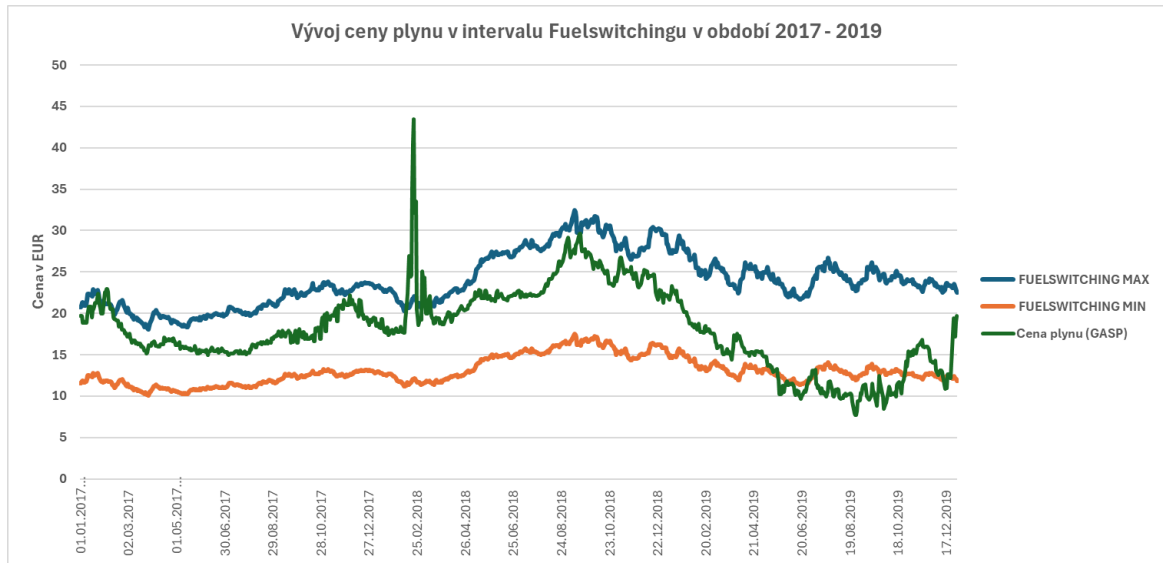
CO2int.Gmin = minimální emisní náročnost plynu

Následující tabulka 4 zobrazuje hodnoty koeficientů využitých při výpočtu fuelswitchingu, tyto hodnoty jsou při výpočtu FS pevně dané. Výpočet FS pomocí MS Excel lze vidět v příloze P III.

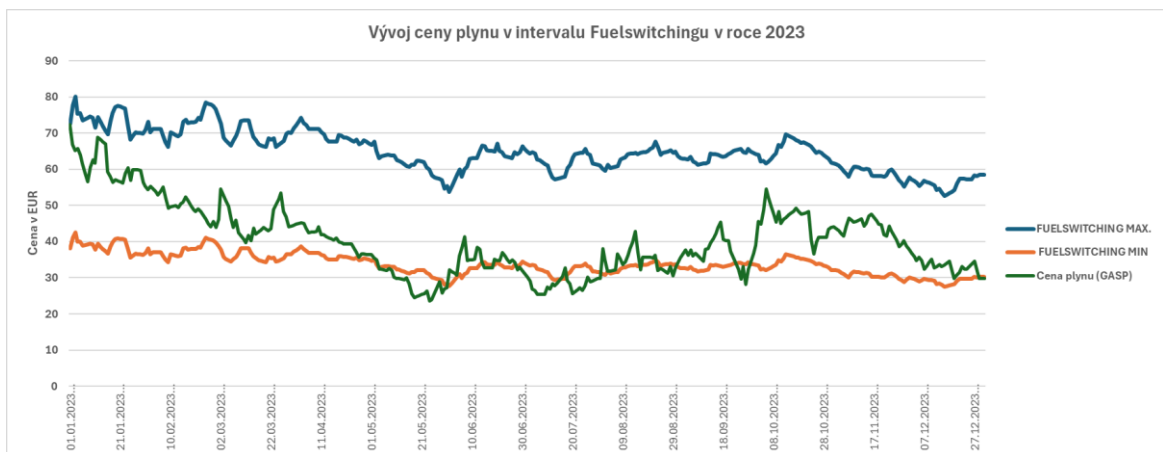
Tabulka 4 Koeficienty fuelswitchingu (vlastní zpracování)

Popis	Zkratka	Hodnota
koeficient převodu 1 tuny uhlí na MWh	CR	6,98
minimální účinnost černého uhlí	CoalEmin	0,46
maximální účinnost černého uhlí	CoalEmax	0,34
minimální emisní náročnost černého uhlí	CO2int.Cmin	0,74
maximální emisní náročnost černého uhlí	CO2int.Cmax	1
minimální účinnost zemního plynu	GasEmin	0,46
maximální účinnost zemního plynu	GasEmin	0,6
minimální emisní náročnost zemního plynu	CO2int.Gmin	0,3
maximální emisní náročnost zemního plynu	CO2int.Gmax	0,4

Níže vložené grafy (obr. 17 a 18) zobrazují vývoj ceny plynu v intervalu fuelswitchingu.



Obrázek 17 Vývoj ceny plynu v intervalu fuelswitchingu v období 2017–2019 (vlastní zpracování)

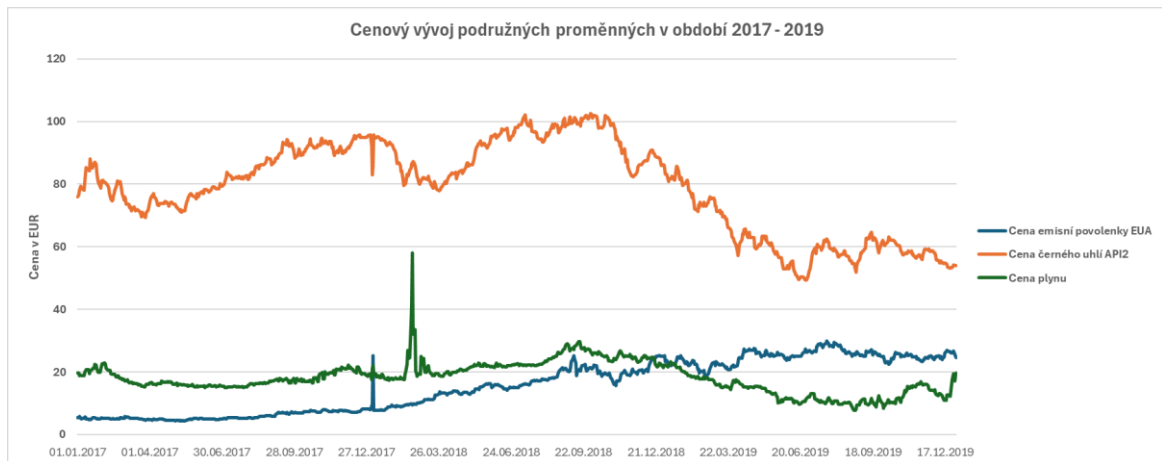


Obrázek 18 Vývoj ceny plynu v intervalu fuelswitchingu v roce 2023 (vlastní zpracování)

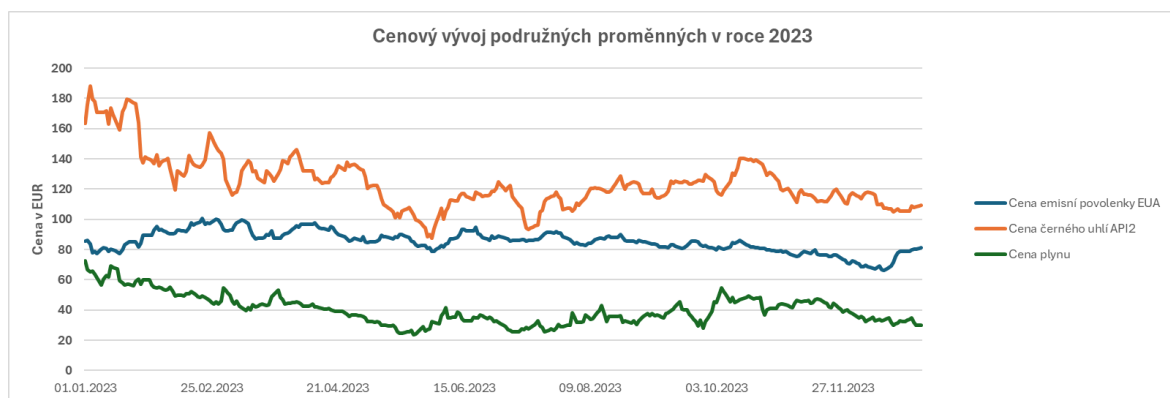
Z grafů lze pozorovat, že většinu sledovaných období se cena plynu držela uvnitř vymezeného intervalu. Velmi výrazně hranici FSmax překročila cena plynu v únoru roku 2018, kdy cena plynu během 3 dnů velmi prudce vzrostla a dne 21.2.2018 dosáhla více jak dvojnásobné ceny oproti dnům před začátkem růstu ceny. Další překročení hranice bylo zaznamenáno v období od dubna až do října roku 2019, kdy plyn překročil naopak interval FSmin. V praxi to znamená, že výroba z uhlí v tomto období nebyla vůči výrobě z plynu konkurenceschopná. Rok 2021 a začátek roku 2023 je ve znamení růstu jak intervalu, tak i ceny plynu, avšak cena se držela uvnitř. Další překročení hranice FSmin přišlo v roce

2023 v měsíci květnu díky pádu ceny plynu. Z grafu je také jasně vidět že od léta až do zimy roku 2023 byla cena plynu volatilní.

V následujících obrázcích 19 a 20 je zobrazen cenový vývoj podružných proměnných ve sledovaných letech. Mezi podružné proměnné patří cena plynu, cena uhlí API2 a cena emisní povolenky EUA. Jak již bylo zmíněno, tyto klíčové podružné proměnné byly určeny zástupcem společnosti E.ON.



Obrázek 19 Cenový vývoj podružných proměnných v období 2017–2019 (vlastní zpracování)

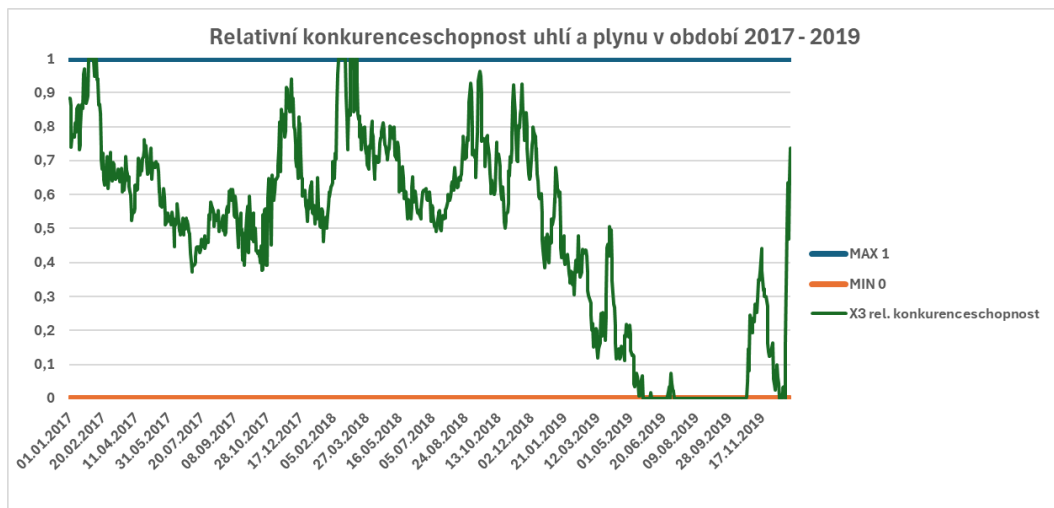


Obrázek 20 Cenový vývoj podružných proměnných v roce 2023 (vlastní zpracování)

V celém sledovaném období byla cena plynu nižší než cena černého uhlí, autor práce upozorňuje na fakt, že se jedná jen o část černého uhlí, které bylo prodáno v Evropě za tuto cenu, kvůli existenci přímých kontraktů mezi těžaři a energetickými společnostmi, které mají nasmlouvané dodávky na určité období za určitou cenu (většinou nižší cena než na burze). Dále je také nutné zmínit také fakt, že hnědé uhlí se burzovně téměř neobchoduje a funguje téměř výhradně na bázi přímých kontraktů. Vysoké ceny obou komodit a také emisní povolenky lze pozorovat v lednu 2023. V tomto období překonala cena komodit ceny roku

2017 o více jak dvojnásobek. V únoru už ceny obou komodit klesaly, ale cena emisní povolenky naopak mírně rostla a zastavila se u hodnoty 100 EUR.

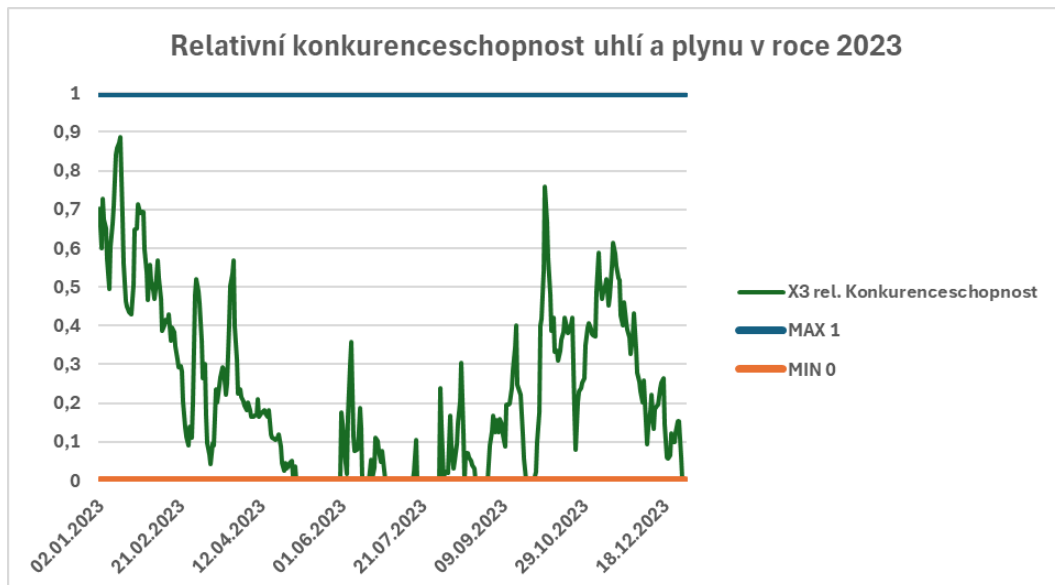
Jako poslední zde bude uveden graf na obr. 21 a 22 u samotné proměnné X4, tj. relativní konkurenceschopnosti mezi plynem a uhlím.



Obrázek 21 Vývoj relativní konkurenceschopnosti 2017–2019 (vlastní zpracování)

Z grafu je patrné, že existují výrazné fluktuace v konkurenceschopnosti uhlí vůči plynu. V počáteční části roku 2017 bylo uhlí konkurenceschopnější, často se hodnoty pohybovaly kolem 0,8. Následně došlo k poklesu, a to až na hodnoty blížíící se dokonalé konkurenceschopnosti 0,5.

Na počátku roku 2019 je vidět trend obecného poklesu konkurenceschopnosti uhlí, kdy hodnoty prudce klesají až k hodnotě 0, kde uhlí nekonkurenceschopné. Závěrečný vzestup na konci roku 2019 je velmi prudký, což naznačuje rychlý obrat v konkurenceschopnosti uhlí, kdy se z hodnot blízkých 0 dostává až k hodnotám okolo 1, což značí, že plyn se stal nekonkurenceschopným.



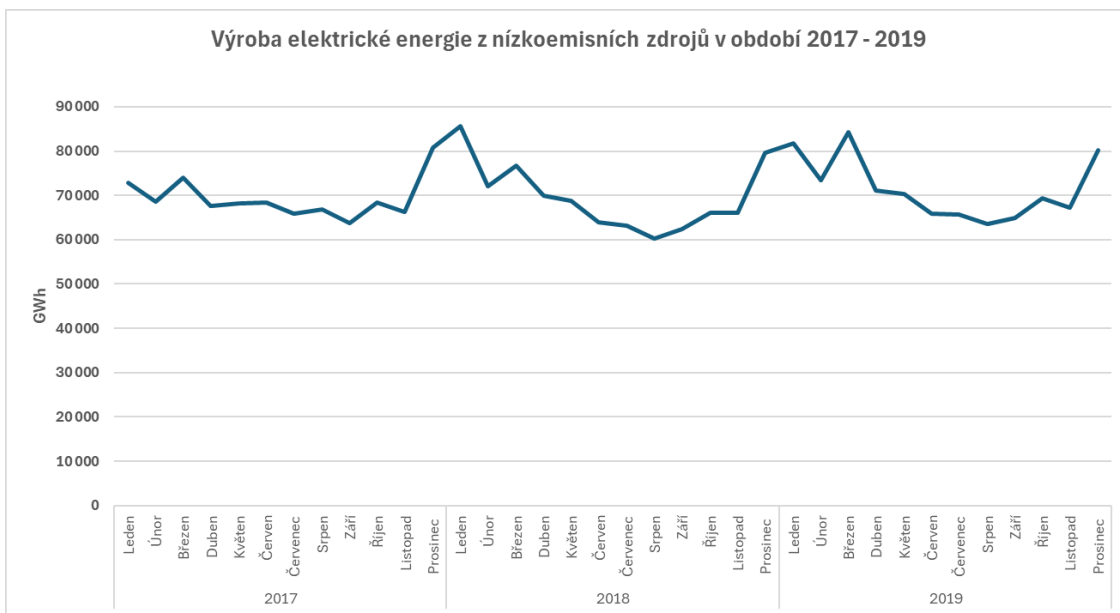
Obrázek 22 Vývoj relativní konkurenceschopnosti v roce 2023 (vlastní zpracování)

V roce 2023, jak ukazuje graf na obr. 22, relativní konkurenceschopnost uhlí oproti plynu vykazovala znatelné fluktuace. Rok začal s uhlím jako dominantním zdrojem energie s hodnotami konkurenceschopnosti pohybujícími se okolo 0,8, což naznačuje, že výroba elektrické energie z uhlí byla mnohem levnější než výroba z plynu. Tento trend vytrval až do prvního čtvrtletí, kdy došlo k významnému poklesu konkurenceschopnosti uhlí směrem k optimální hodnotě 0,5, což signalizuje vyrovnání cen mezi uhlím a plynem. Ve velké části roku 2023 byl plyn konkurenceschopnější, a to až do října kdy se hodnota dostala až na 0,7. Ke konci roku následoval pád hodnoty konkurenceschopnosti až na 0

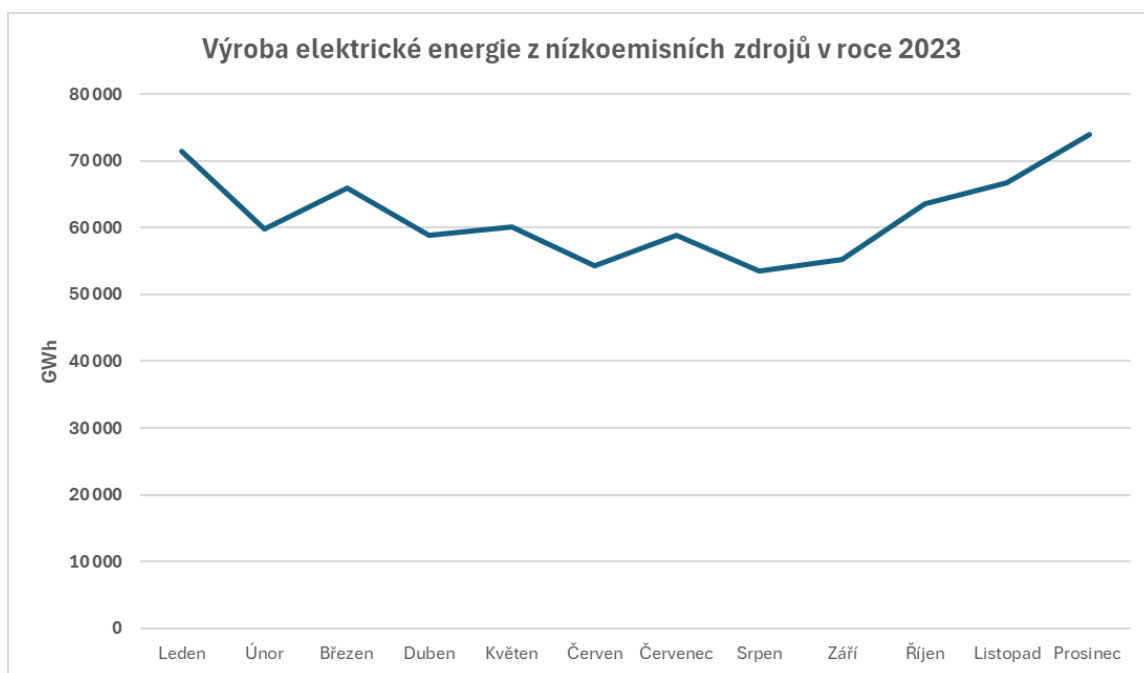
8.1.5 Proměnná X4

Pod poslední proměnou modelu se skrývá výroba z nízkoemisních zdrojů, do této kategorie je zařazena veškerá energie získaná z obnovitelných zdrojů jako je voda, slunce a vítr plus energie vyrobená z uranu v jaderných elektrárnách a dále také energie získaná z bioplynových zdrojů. Jaderné elektrárny jsou v této kategorii zahrnuty z toho důvodu, že při výrobě nevypouští žádné emise, pouze vodní páru. Z toho vyplývá, že emisní náročnost toho to zdroje je minimální. Jediným odpadem při výrobě elektřiny je vyhořelé jaderné palivo, které se však neuvolňuje žádným způsobem do ovzduší, ale skladuje se ve speciálních skladech hluboko pod zemí. Naproti tomu v bioplynových elektrárnách emise CO₂ vnikají, avšak jsou velmi nízké a díky tomu že, bioplynové elektrárny nejčastěji k výrobě elektrické energie využívají odpad (zbytky potravin z domácností nebo zemědělské

produkty např kukuřice) jsou pro životní prostředí prospěšné, protože jinak by tento odpad skončil na skládkách.



Obrázek 23 Výroba elektrické energie z nízkoemisních zdrojů v období 2017-2019 (vlastní zpracování)



Obrázek 24 Výroba elektrické energie z nízkoemisních zdrojů v roce 2023 (vlastní zpracování)

8.2 Korelační analýza

Pro správnou funkčnost modelu je nutné, aby proměnné byly na sobě nezávislé. Pro zjištění této skutečnosti se využívá korelační analýza, respektive korelační matice, která zkoumá vztahy mezi proměnnými. Silné korelace některých proměnných by mohla negativně ovlivnit odhad regresních koeficientů, díky čemu by model byl méně přesný. Vypočítané hodnoty budou kvůli přehlednosti zaokrouhleny na 4 desetinná místa. Korelace proměnné sama sebou se rovná vždy 1.

Tabulka 5 zobrazuje korelaci mezi jednotlivými proměnnými modelu (Y, X1, X2, X3, X4). V matici se také vyskytuje korelace proměnné sama sebou což se rovná 1.

Tabulka 5 Korelační matice proměnných (vlastní zpracování)

Proměnná	Y Výroba z plynu	X1 Poptávka	X2 Výroba z hnědého uhlí	X3 Relativní konkurencesch.	X4 Výroba z nízkoemisních zdrojů
Y – Výroba z plynu	1				
X1 – Poptávka	0,6396	1			
X2 – Výroba z hnědého uhlí	0,4230	0,5167	1		
X3 – Relativní konkurencesch.	-0,0514	0,3752	0,4723	1	
X4 – Výroba z nízkoemisních zdrojů	-0,0652	0,5245	-0,1922	0,1540	1

Podle Evansovy příručky (Evans, 1996) se v korelační matici vyskytuje střední (0,4-0,59) a slabá (0,2-0,39) korelace. Nejvyšší hodnoty dosahuje korelace u proměnné Y – výroba z plynu a X1 poptávka. Proměnná X1 má vyšší korelace i ostatními výrobními zdroje energie (X2 a X4), což je však logický vztah. Celkově korelační hodnoty nepředstavují problém pro odhadnutí koeficientů regresního modelu.

8.3 Popisná statistika

V tabulce 6 lze vidět popisnou statistiku proměnných. Jedná se o denní hodnoty proměnných.

Tabulka 6 Popisná statistika proměnných (vlastní zpracování)

	Y Výroba z plynu	X1 Poptávka	X2 Výroba z hnědého uhlí	X3 Relativní konkurenceschopnost	X4 Výroba z nízkoemisních zdrojů
Střední hodnota	365,8841	3196,0598	293,4979	0,4013	2283,7333
Chyba stř. hodnoty	3,7509	11,4978	2,1378	0,0088	7,6302
Medián	349,0785	3149,1511	316,3273	0,4419	2234,8863
Směr. odchylka	154,7915	474,4859	88,2229	0,3647	314,8806
Rozptyl výběru	23960,4186	225136,8999	7783,2880	0,1330	99149,7654
Špičatost	-0,4657	-0,3912	-0,6033	13,9266	0,3591
Šikmost	0,4845	0,3838	-0,6532	1,3697	0,7328
Počet	1703	1703	1703	1703	1703

Hodnoty popisné statistiky budou popsány na proměnné Y – výroba z plynu.

- **Střední hodnota** (365.8841): Je průměrnou hodnotou výroby z plynu. Znamená to tedy, průměrná hodnota výroby z plynu byla 365 GWh.
- **Chyba střední hodnoty** (3.7509): Znamená, jaké lze očekávat odchýlení od střední hodnoty. V tomto případě je číslo malé což značí přesný odhad.
- **Medián** (349.0785): Pokud by byly data seřazeny od nejnižších hodnot po nejvyšší, medián by byl číslem přesně uprostřed datové řady. Medián je o něco menší než střední hodnota. To ukazuje na to, že v datové řadě se nachází několik vysokých hodnot, které mají vliv na střední hodnotu.
- **Směrodatná odchylka** (154,7915): Označuje rozptyl hodnot v datové řadě okolo střední hodnoty. Vyšší číslo znamená vysokou proměnlivost hodnot. Jedná se o druhou odmocninu rozptylu výběru.
- **Rozptyl výběru** (23960,4186): Rozptyl výběru je statistická míra, která ukazuje, jak moc jsou hodnoty v datech rozptýlené kolem střední hodnoty.

- **Špičatost** (-0,4657): Negativní hodnota špičatosti znamená, že distribuce je plošší než normální rozdělení. Znamená to, že v datové sadě se nachází málo průměrných a extrémních hodnot.
- **Šikmost** (0,4845): Kladná hodnota ukazuje pravostranné zkreslení. To znamená, že je zde několik vysokých hodnot, které zkreslují celkový průměr.
- **Počet** (1703): Jedná se o počet pozorování v datové řadě.

8.4 Regresní ekonometrický model

V této kapitole bude zpracován regresní ekonometrický model, který si za hlavní cíl klade namodelovat budoucí spotřebu plynu při výrobě elektrické energie ve čtyřech zemích a to Belgie, Francie, Německo a Nizozemsko. Celý tento region se bude považovat za jeden celek z důvodu vysokého propojení přenosových soustav napříč těmito státy.

Sestavování regresního modelu bude zahrnovat tento postup:

- Regresní analýza – v tomto kroku bude sestavena rovnice modelu, tento krok je klíčový pro to, aby mohl být model vůbec sestaven.
- Test statistické významnosti – model bude otestován, zda je statisticky významný.
- Test heteroskedasticity a autokorelace – tyto dva testy slouží k posouzení toho, zda je rozptyl reziduí konstantní a také, zda jsou na sobě jednotlivé proměnné nezávislé. Pro heteroskedasticitu bude využit Whitův test a pro autokorelaci Durbin-Watsonův test.
- V předposledním kroku bude již hotový model otestován na minulých obdobích, aby bylo možné rozpoznat, zda dokáže dobře odhadnout požadovanou proměnnou Y.
- V posledním kroku bude vytvořena predikce budoucího období proměnné Y.

8.4.1 Sestavení modelu rovnice

Sestavení rovnice v regresním modelu je klíčové pro predikci hodnot závislé proměnné na základě nezávislých proměnných. Pomocí této rovnice lze porozumět vztahu mezi proměnnými a odhadnout, jak změna v jedné nebo více nezávislých proměnných ovlivní závislou proměnnou. Jinými slovy, bez rovnice by nebylo možné model sestavit, protože by nebyly známy vztahy mezi jednotlivými proměnnými.

Pro sestavení rovnice byla využita regresní analýza v programu MS Excel, která je uvedena v tabulce 7. Kompletní regresní analýza v prostředí MS Excel je dostupná v příloze P I.

Tabulka 7 Regrese proměnných (vlastní zpracování)

	<i>Koeficienty</i>	<i>Hodnota p</i>
Hranice	17,94030839	0,263481792
X1 – Poptávka	0,390930212	1,056542E-5
X2 – Výroba z hnědého uhlí	-0,230373679	1,51973E-11
X3 – Relativní konkurenceschopnost	-201,6778592	2,3649E-132
X4 – Výroba z nízkoemisních zdrojů	-0,328649158	1,1461E-225

Vysvětlovanou proměnnou v modelu je Y – výroba elektrické energie z plynu. Velmi důležitá je hodnota p , která zobrazuje statistickou významnost. Model je tvořen na hladině významnosti 95 %, to znamená, že hodnota p by neměla být větší než 0,05. Žádná z proměnných číslo 0,05 nepřekračuje. To naznačuje, že tyto proměnné mají významný statistický vliv na výrobu elektrické energie z plynu. Statistický vliv lze rozdělit na pozitivní a negativní, kdy pozitivní vliv je u proměnné X_1 a negativní u proměnných X_2 , X_3 a X_4 . Pokud by některá proměnná překročila hodnotu 0,05 jednalo by se o statisticky nevýznamnou proměnnou, která by na vysvětlovanou proměnnou působila pouze pomocí náhody. Rovnice bude stanovena z koeficientů jednotlivých proměnných

Výsledná rovnice modelu vypadá následovně:

$$Y = + 17,9403 + 0,3909X_1 - 0,2304X_2 - 201,6778X_3 - 0,3286X_4$$

Interpretace rovnice:

- Jestliže se zvýší poptávka X_1 o 1 GWh, zvýší se výroba elektrické energie z plynu o 0,39 GWh.
- Jestliže se zvýší výroba elektrické energie z hnědého uhlí X_2 o 1 GWh, sníží se výroba z plynu o 0,23 GWh.
- Jestliže se zvýší vzájemná konkurenceschopnost černého uhlí a plynu X_3 o 1 p.b., sníží se výroba elektrické energie z plynu o 2,01 GWh. (201/100)
- Jestliže se zvýší výroba z nízkoemisních zdrojů X_4 o 1 GWh, sníží se výroba z plynu o 0,33 GWh

V tabulce 8 budou vysvětleny klíčové pojmy z regresní statistiky, včetně popisu získaných výsledků.

Tabulka 8 Regresní statistika (vlastní zpracování)

Regresní statistika	
Násobné R	0,885194675
Hodnota spolehlivosti R	0,783569613
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,783059766
Chyba střední hodnoty	0,720970098
Pozorování	1703

Násobné R je ukazatelem korelace, mezi proměnnými Y a X . Tento ukazatel může nabývat hodnot v intervalu 0 až 1, přičemž 0 značí neexistující vzájemnou závislost a 1 absolutní závislost. V tomto modelu se nachází závislost o velikosti 0,885. Z toho lze vidět, že závislost v tomto modelu je poměrně hodně silná.

Naproti tomu hodnota spolehlivosti R , také často označovaná jako R -kvadrát (R^2), je statistická míra, která zobrazuje podíl variability závislé proměnné, která je vysvětlena pomocí jedné nebo více nezávislých proměnných v regresním modelu. Jednoduše řečeno říká, jak dobře nezávislé proměnné predikují závislou proměnnou. Nabývá hodnot v intervalu 0 až 1, kdy 0 znamená, že model nepřináší žádné vysvětlení a 1 znamená dokonalé vysvětlení variability vysvětlované proměnné. V modelu tento ukazatel dosahuje 0,78, což značí to, že je schopen vysvětlit 78 % procent změn vysvětlované proměnné Y , to je poměrně vysoká hodnota.

Chyba střední hodnoty je standardní odchylka výběrové střední hodnoty a poskytuje nám odhad rozptylu, pokud bychom opakovali naše měření na nových vzorcích ze stejné populace. V modelu dosahuje hodnoty 7,2 %.

8.4.2 Test statistické významnosti regresního modelu

V této kapitole bude regresní model testován pomocí F testu, zda je statisticky významný. V tomto kroku je nutné si stanovit hypotézy H_0 a H_1 . Test byl sestaven na hladině intervalu spolehlivosti 95 % (p -hodnota = 0,05). Pro test bude využit Software JASP.

H_0 : model je statisticky nevýznamný

H_1 : model je statisticky významný

Tabulka 9 Test statistické významnosti modelu (vlastní zpracování v SW JASP)

ANOVA					
Model	SS	df	MS	F	P hodnota F
Regrese	31.017	4	7.754	1348.635	<001
Rezidua	9.763	1698	0.006		
Celkem	40.781	1702			

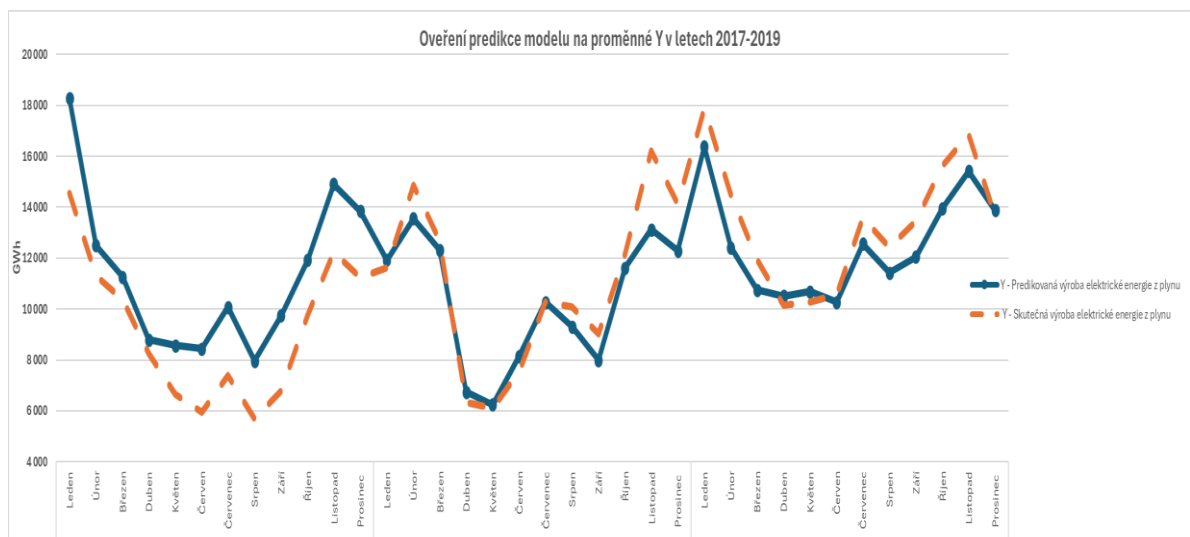
P -hodnota F vyšla jako velmi malé číslo (tj. <0,01), takže hypotézu H_0 zamítáme. Regresní model je tedy statisticky významný.

8.5 Test regresního modelu na minulých obdobích

Při ověřování predikční schopnosti modelu je důležité zhodnotit, jak dobře model dokáže odhadovat očekávané hodnoty. Sestavený regresní model nedokáže zcela odhadnout všechny vlivy, které působí na vysvětlovanou proměnnou Y . Je to díky náhodné složce, která způsobuje, že odhady se liší od skutečných hodnot. Model se v této kapitole testuje na zdrojových datech, na kterých vzniknul. Data pochází od renomovaných energetických

institucí jako Entsoe (European Network of Transmission System Operators for Electricity), RTE, SMARD a také obchodní zóny Trading Hub Europe (THE). Analyzované roky musí rozdělit na tři časová období (2017-2019, 2021 a 2023). Z tohoto důvodu bude ověření predikce vypracováno pro každé období zvlášť. Na konci bude model také aplikován na leden a únor roku 2024, což přinese zajímavý výsledek, neboť model na těchto datech nebyl sestavován. Bude zde také vypočítán Theilův koeficient nejistoty, aby byla vyloučena naivní předpověď. Test spočívá ve vyjádření hodnoty Y z výše uvedené rovnice a porovnání mezi skutečnou spotřebou a predikovanou pomocí modelu.

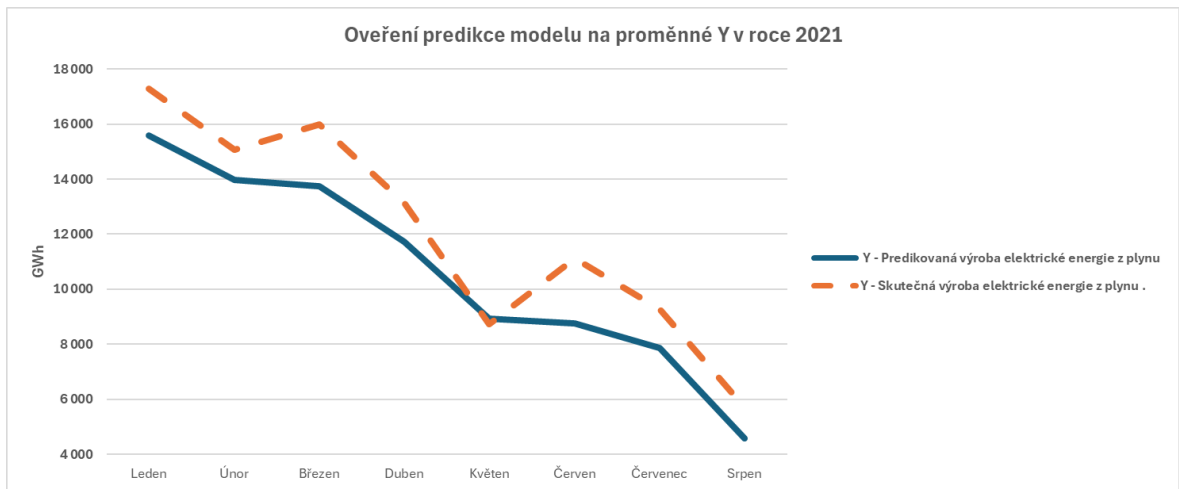
8.5.1 2017-2019



Obrázek 25 Test modelu na období 2017-2019 (vlastní zpracování)

Z vývoje na obr. 25 lze odvodit, že model celkem dobře odhadl velkou část sledovaného období. Největší odchylku od reality vykázal od léta až do zimy v roce 2018, kdy nepředpokládal tak velký pokles výroby z plynu, takže skutečný stav nadhodnotil. Tento pokles vznikl pomocí faktorů, které nejsou v modelu obsaženy, tzn. jedná se o náhodnou složku. Ve zbylých částech období model poměrně přesně kopíruje skutečnou výrobu elektrické energie z plynu.

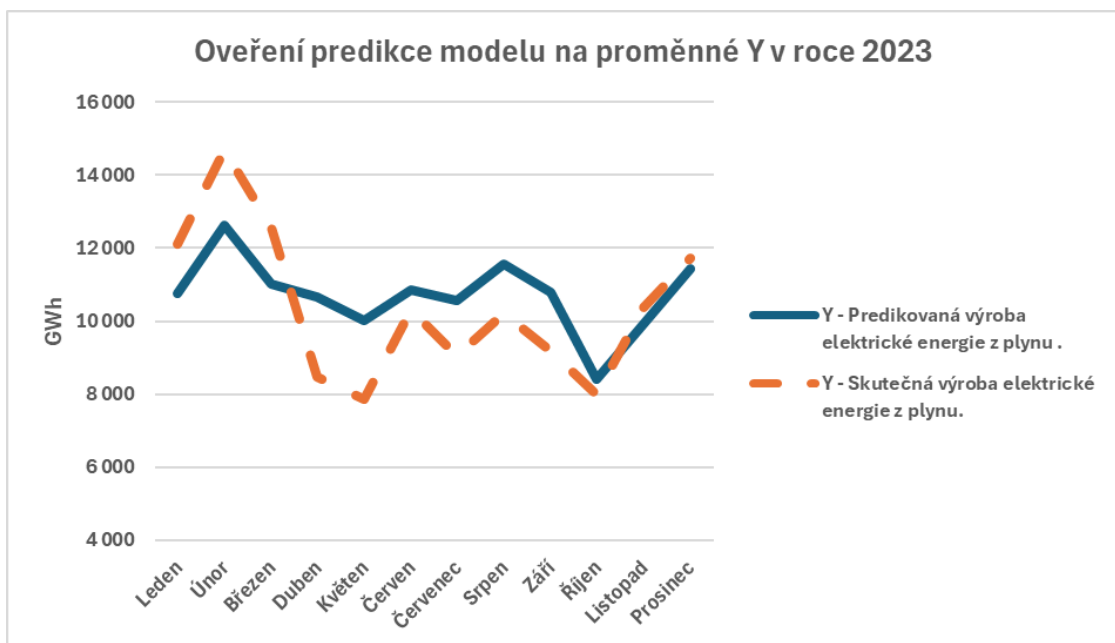
8.5.2 2021



Obrázek 26 Test modelu na období Leden–Srpen 2021 (vlastní zpracování)

Co se týče roku 2021, respektive jen jeho prvních 3 kvartálů (4 kvartál nezařazen kvůli vyšší volatilitě cen na burze), model kromě jednoho měsíce mírně podhodnotil skutečný vývoj. Model na obr. 26 v roce 2021 jinak dobře kopíruje skutečný trend výroby z plynu.

8.5.3 2023



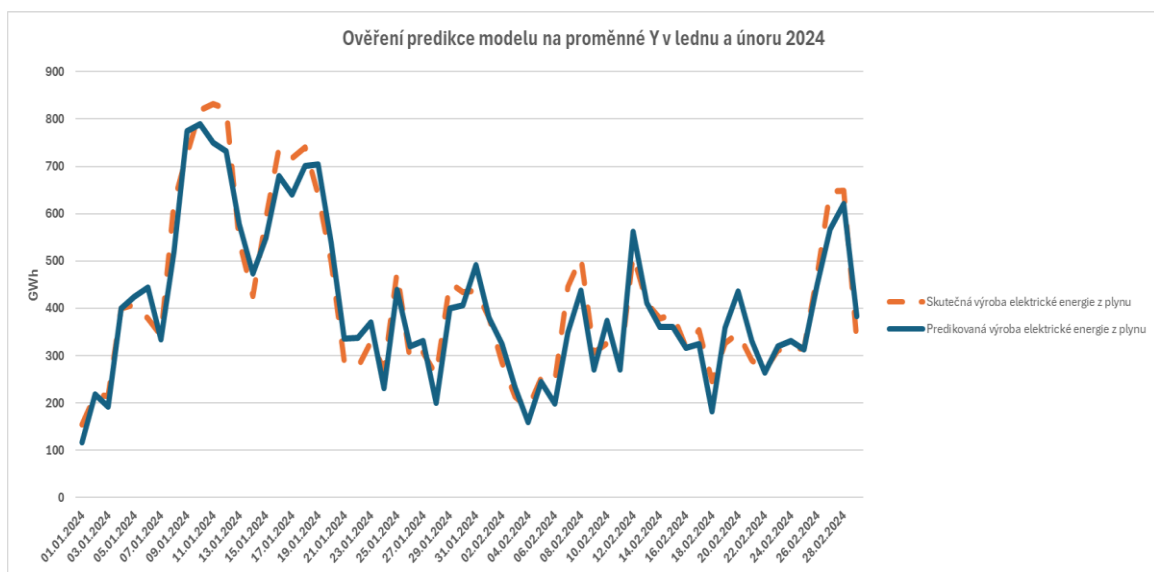
Obrázek 27 Test modelu na roku 2023 (vlastní zpracování)

V posledním sledovaném roce 2023, který lze vidět na obr. 27, model v prvním čtvrtletí podhodnotil skutečnou výrobu, ale v následujícím čtvrtletí díky velkému poklesu zůstal

model oproti skutečnosti nadhodnocen. Jak můžeme však vidět, tak od října byla predikce téměř rovna skutečnosti.

Na závěr lze poznamenat, že model prokázal, že je schopný poměrně dobře predikovat trend i výrobu elektrické energie z plynu. Bohužel v některých obdobích lze zaznamenat působení náhodné složky, díky tomu model několikrát podhodnocoval nebo nadhodnocoval skutečnost.

8.5.4 Leden a únor 2024



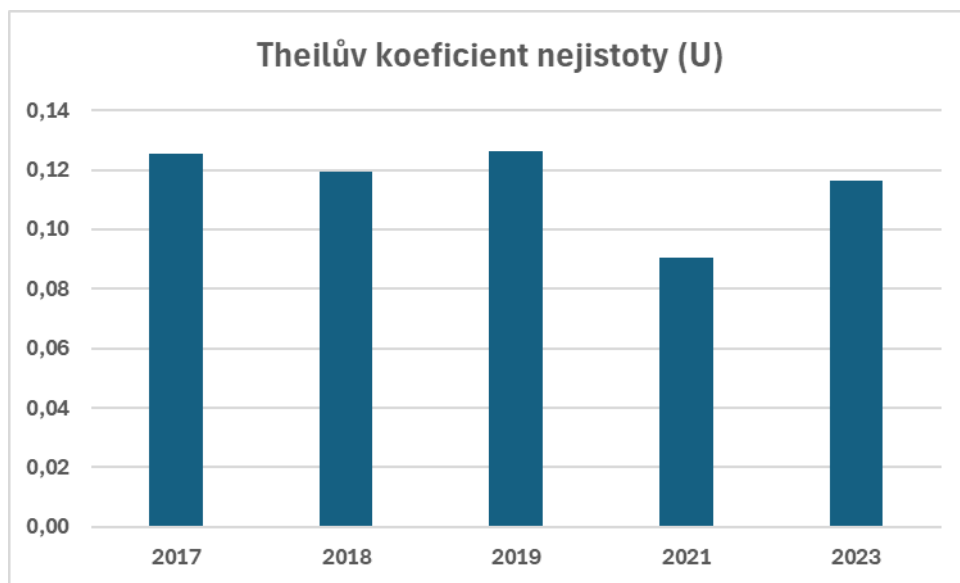
Obrázek 28 Test modelu na období Leden–Únor 2024 na bázi denních hodnot (vlastní zpracování)

Pro ověření predikční schopnosti modelu, byl také vypracován odhad pro výrobu elektrické energie z plynu pro první dva měsíce roku 2024. Z grafu na obr. 28 lze pozorovat, že model je velmi přesný, je to až překvapivý výsledek, protože na těchto datech model nebyl konstruován. Z důvodu velmi krátkého rozsahu tohoto období, je predikce uvedena ve dnech, takže je přesnější než předcházející grafy, které jsou uvedeny v měsíčních hodnotách. Na závěr je nutné upozornit, že tento graf je jako jediný sestaven z denních hodnot, protože pokud by byly uvedeny pouze měsíce, na ose x by se nacházeli pouze dva a díky tomu by bylo nemožné demonstrovat predikční schopnost modelu, protože rozsah by byl velmi malý.

8.6 Theilův koeficient nejistoty

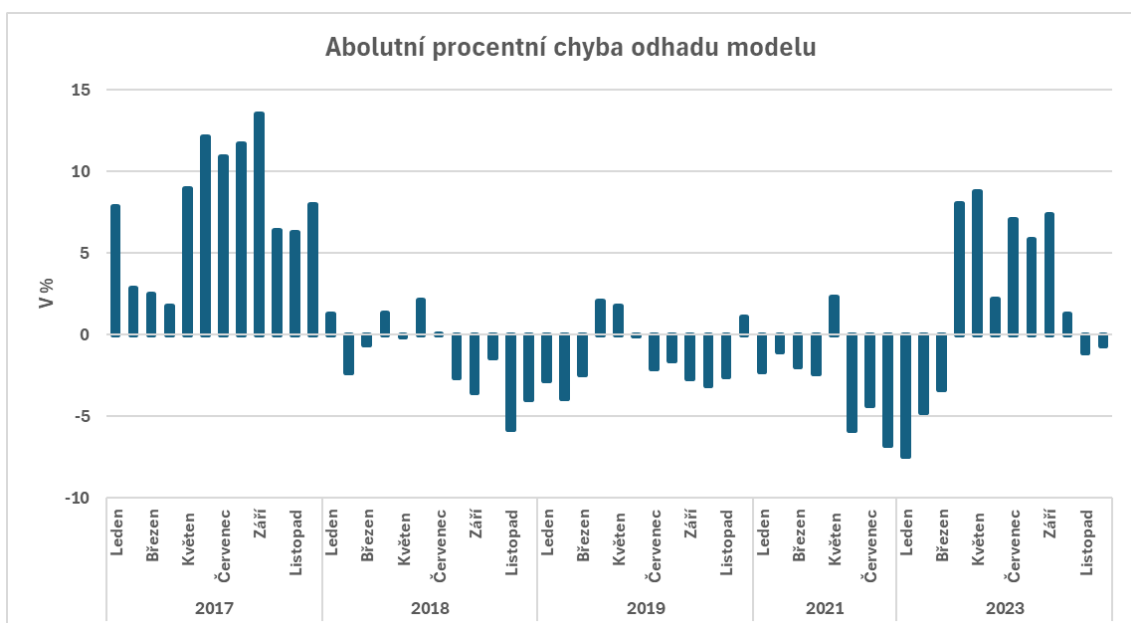
Theilův koeficient nabývá hodnoty od 0 do 1, kdy hodnota 0 předpokládá dokonalé předpovědní vlastnosti modelu. Naproti tomu koeficient 1 popisuje naivní předpověď.

Hodnota Theilova koeficientu pro tento model vyšla v rozmezí 0,09 až 0,13 p.b. viz. obr. 29. To je velmi dobrý výsledek, který značí, že model má schopnost předpovídat budoucí stav s velmi malými odchylkami.



Obrázek 29 Theilův koeficient nejistoty (vlastní zpracování)

Graf níže na obr. 30 zobrazuje absolutní procentní chyby pro každý z analyzovaných měsíců.



Obrázek 30 Absolutní procentní chyba modelu (vlastní zpracování)

Z grafu na obr. 30 je patrné, že většina absolutních procentních chyb je do 5 %, což je velmi dobrý výsledek. Nejvyšší chyby lze pozorovat v roce 2017, kdy dosáhly v některých měsících téměř 15 %. Naopak roky 2018 až 2019 jsou velmi přesné, všechny chyby kromě jednoho měsíce jsou do 5 %. Nízké chyby lze vidět také na testu modelu v minulých obdobích, kdy roky 2018 a 2019 patří k nejpřesněji odhadnutým obdobím. V roce 2021 a 2023 se naopak chybovost modelu zvýšila, avšak ani v jednom případě nepřesáhla chyba více jak 10 %.

8.7 Whitův test heteroskedasticity

Při tvorbě lineárního regresního modelu, kdy se využívá metody nejmenších čtverců je důležité dodržet předpoklad toho, aby byl rozptyl reziduí v čase konstantní neboli homoskedastický. V případě nesplnění tohoto předpokladu budou rezidua heteroskedastická a model nemusí správně fungovat. Kompletní přehled testu lze vidět v příloze P II.

H0: v modelu není přítomná heteroskedasticita

H1: v modelu je přítomná heteroskedasticita

Tabulka 10 Whitův test (vlastní zpracování)

Testovací statistika	p-hodnota
4,527243	0,103973

P-hodnota je vyšší než hladina významnosti 0,05, což znamená že bude přijata nulová hypotéza. Jinými slovy, neexistuje dostatečný důkaz k prohlášení, že by v datech byla přítomna heteroskedasticita.

8.8 Durbin – Watsonův test autokorelace

Durbin-Watsonův test se využívá k ověření, zda reziduích modelu existuje autokorelace. Jeden z klíčových předpokladů modelování je, že náhodná složka dat by měla být tvořena nekorelovanými hodnotami. Autokorelace v modelech je považována za problém, protože naznačuje, že mezi po sobě jdoucími datovými body existuje určitá systematická vzájemná závislost. Tato závislost by mohla negativně ovlivnit kvalitu modelu. Hodnota potřebná k zamítnutí korelace by se měla pohybovat kolem 2. Durbin – Watsonův test lze vidět v příloze P IV.

Tabulka 11 Durbin-Watsonův test autokorelace (vlastní zpracování)

DW test
1,858654

Durbin-Watsonův test nabývá hodnoty 1,86 což je velmi blízko k hodnotě 2, která vylučuje korelaci mezi rezidui.

8.9 Návrh ekonometrického regresního modelu s predikcí do budoucna

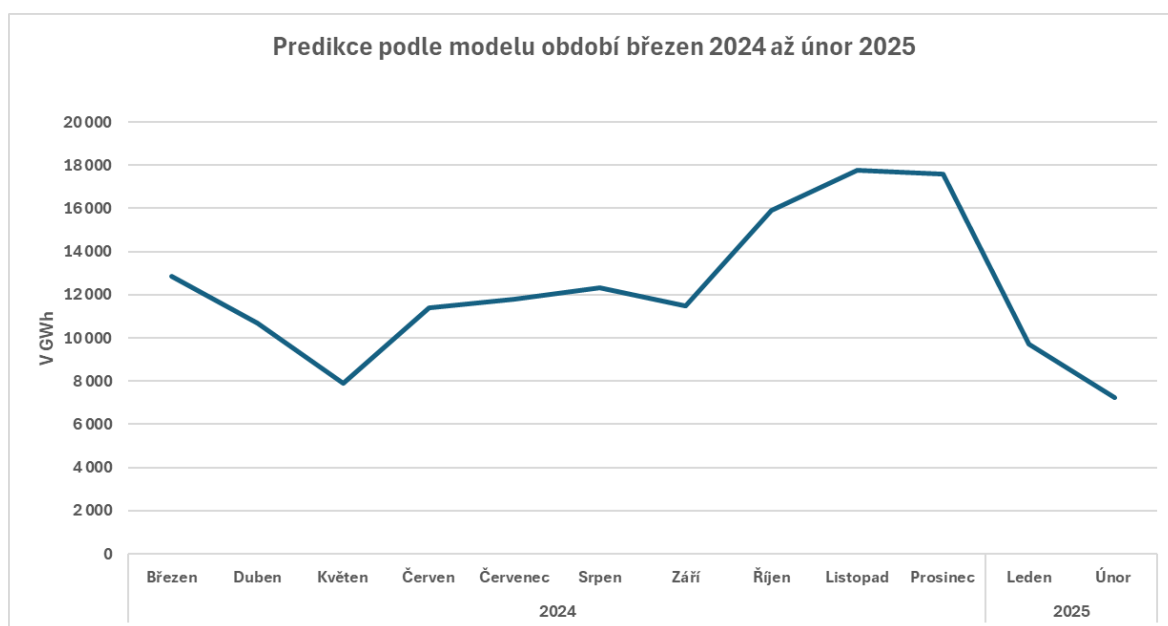
V této kapitole bude vytvořena predikce pomocí modelu na období březen 2024 až únor 2025, přičemž se bude klást velký důraz na realitu, tak aby tento hypotetický scénář co nejvíce odpovídal skutečnému budoucímu vývoji. Leden a únor roku 2024 byl vyřazen z toho důvodu, že v době, kdy je predikce tvořena tak jsou již hodnoty výroby z plynu známy. Model je vytvářen jen na jeden rok dopředu, protože odvětví jako je energetika se každým rokem významně mění a z tohoto důvodu, jsou dlouhodobé predikce zatížené velkou mírou nejistoty. Množství elektřiny vyrobené z nízkoemisních zdrojů a hnědého uhlí bylo na základě meziročních změn instalovaných kapacit zdrojů aktualizováno pro každou zemi (instalované kapacity pro tento rok jsou již známy a pro rok 2025 jsou k dispozici odhady Entsoe). Úpravu lze vidět v tabulkách č. 12 a 13 níže. Bylo také nutné upravit poptávku, a to na základě dat Entsoe, která sbírá data o poptávce již více jak 35 let. Způsob úpravy spočíval v sečtení všech známých let a jejich následné zprůměrování. Tento postup je nejlepším možným řešením z toho důvodu, že roční klimatické podmínky, které mají na poptávku velký vliv se rok od roku liší a není možné jiným způsobem odhadnout budoucí vývoj.

Tabulka 12 Změny instalovaného výkonu plynových elektráren roku 2024 vůči 2023 (vlastní zpracování)

Země	2023 v GWh	2024 v GWh	Procentní změna instalovaného výkonu plyn. elektráren
Německo	31,808	36,255	13,98 %
Francie	12,893	13,133	1,86 %
Nizozemsko	18,351	18,351	0,00 %
Belgie	6,988	6,995	0,10 %
Celkem	70,040	74,734	6,70 %

Tabulka 13 Změny instalovaného výkonu plynových elektráren roku 2025 vůči 2024 (vlastní zpracování)

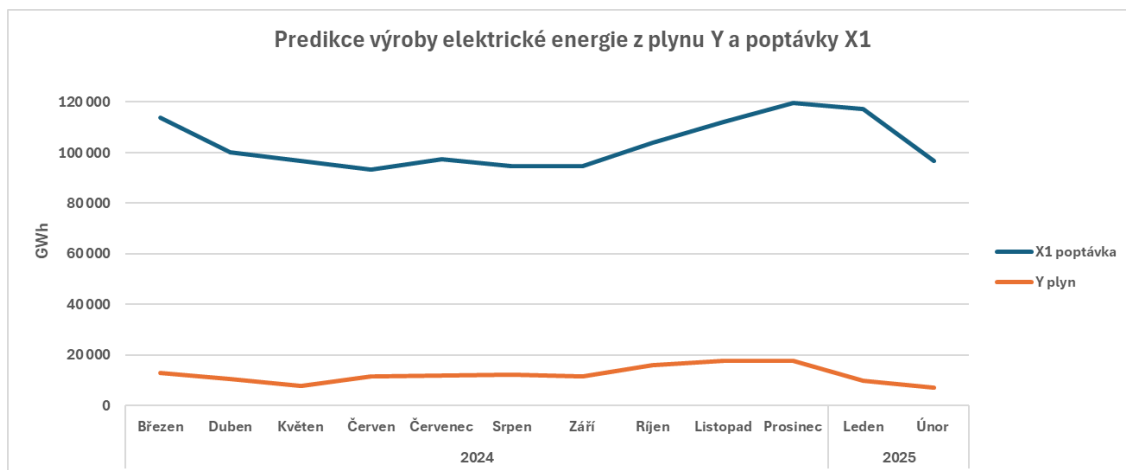
Země	2024 v GWh	2025 v GWh	Procentní změna instalovaného výkonu plyn. elektráren
Německo	36,255	32,541	-10,24 %
Francie	13,133	7,187	-45,28 %
Nizozemsko	18,351	13,556	-26,13 %
Belgie	6,995	4,944	-29,32 %
Celkem	74,734	58,228	-22,09 %



Obrázek 31 Predikce modelu v období březen 2024–Únor 2025 (vlastní zpracování)

Z obr. 31 je zřejmé, že výroba elektrické energie z plynu je v roce 2024 velmi podobná předchozím grafům, kdy byl model testován na minulých obdobích. Výroba se pohybuje v intervalu od 8 000 GWh do 16 000 GWh. Při porovnání s rokem 2023 je výroba z plynu jen o něco málo menší. Zajímavý je však rok 2025, kdy využití plynu strmě klesá, to je to dáno tím, že všechny čtyři země počítají se snížením instalovaných kapacit plynových elektráren oproti roku 2024 ve prospěch obnovitelných zdrojů. Belgie má v plánu snížení výkonu plynových elektráren o téměř 30 % z 6,995 GWh na 4,994 GWh, Nizozemsko přibližně o 26 % z 18,351 GWh na 13,556 GWh a Francie dokonce o více jak 45 % z 13,133 GWh na 7,187 GWh. Co se týče Německa jakožto největšího spotřebitele plynu tak je pokles ze všech čtyř zemí nejmenší, kapacita se sníží z 36,225 GWh na 32,541 GWh, což je pokles o 10 %. Snížení výkonů lze přehledně vidět v předcházející tabulce č. 12 a 13. O tyto změny bylo nutno upravit výsledky, které vyšly z rovnice Y, pro každou zemi samostatně zvlášť. Na závěr lze říci, že model poskytl v celku očekávaný výsledek vzhledem k budoucím okolnostem.

Na závěr je uveden graf (na obr. 32) predikce proměnné Y (výroba elektrické energie z plynu) a proměnné X1 (poptávka).



Obrázek 32 Predikce výroby elektřiny z plynu a poptávky v období březen 2024–únor 2025 (vlastní zpracování)

Modrá křivka reprezentuje poptávku X1, která se v tomto období většinou pohybuje okolo 100 000 GWh. Oranžová křivka znázorňuje výrobu elektrické energie z plynu. Tato křivka se pohybuje nejčastěji v intervalu od 15 000 GWh do 20 000 GWh. Z toho vyplývá, že elektřina vyrobená z plynu bude v celkovém součtu všech zdrojů zastávat asi 20 % podíl, zbytek připadá na nízkoemisní zdroje a uhlí. Z obrázku 32 lze také vidět, že výroba elektrické energie z plynu tradičně v chladnějších měsících roste, a to současně s poptávkou. Poměrně velký pokles lze pozorovat v roce 2025, respektive v jeho prvních dvou měsících, protože dál model nesáhá. V měsíci lednu začíná velmi mírně klesat poptávka, která navazuje na prosincové maxima. Naproti tomu v měsíci únoru, je pokles mnohem větší. Bohužel skutečnosti, proč tomu tak přesně je není možné zjistit, protože se jedná o průměr poptávky za 35 let, ale velkou roli v tom jistě hrají teplé zimy, které se v posledních letech v Evropě vyskytují čím dál častěji, v případě teplého počasí totiž topná sezóna končí dříve. Zimy mají velký vliv na zejména francouzskou poptávku, která v celkové poptávce má značný podíl. Je tomu tak, protože téměř všechny nemovitosti se vytápí výhradně elektřinou nebo plynem a dřevo nebo uhlí se až na výjimky k vytápění nepoužívá. Další skutečností, která má podíl na nižších únorových hodnotách je samotný měsíc únor, jedná se o nejkratší měsíc v roce. Ve skutečnosti pokles poptávky může být ještě o něco větší, protože model nezahrnuje instalace fotovoltaických elektráren díky, kterým se budovy mohou stát kompletně soběstačnými a elektrickou energii ze sítě vůbec nemusí využívat. Avšak toto platí pouze za předpokladu příznivého počasí. Na pokles poptávky samozřejmě reaguje i výroba elektřiny z plynu, která pokles kopíruje. Velká výhoda plynu spočívá v tom, že díky velmi rychlému spuštění plynových elektráren je schopen vykrývat nedostatečnou výrobu ostatních zdrojů, ale také v případě převisu nabídky nad poptávkou můžou být

plynové elektrárny rychle regulovány. Na závěr je uvedena tabulka č.14 přehledně zobrazující meziroční změny výroby elektrické energie z plynu.

Tabulka 14 Meziroční změny výroby elektřiny z plynu (vlastní zpracování)

měsíc	množství elektrické energie v GWh	měsíc	množství elektrické energie v GWh	% meziroční změna
březen 2023	12,564	březen 2024	12,852	2,29%
duben 2023	8,475	duben 2024	10,680	26,01%
květen 2023	7,862	květen 2024	7,900	0,47%
červen 2023	10,319	červen 2024	11,377	10,24%
červenec 2023	9,056	červenec 2024	11,795	30,24%
srpen 2023	10,223	srpen 2024	12,324	20,55%
září 2023	9,194	září 2024	11,471	24,76%
říjen 2023	7,983	říjen 2024	15,904	99,22%
listopad 2023	10,367	listopad 2024	17,790	71,60%
prosinec 2023	11,729	prosinec 2024	17,572	49,81%
leden 2024	14,650	leden 2025	9,721	-33,65%
únor 2024	10,307	únor 2025	7,243	-29,73%
Celkem	122,732	Celkem	146,627	19,47%

V tabulce 14 lze přehledně vidět meziroční změny období březen až únor. V roce 2024 v každém ze sledovaných měsíců výroba z plynu oproti minulému roku vzrostla. Největší růst lze pozorovat v říjnu, kdy činí téměř 100 %. Pokles však nastal v roce 2025, kdy se v lednu a únoru z plynu vyrobilo o 30 % energie méně, než minuly rok, je to dáno snížením výrobních kapacit tohoto zdroje. Celkový nárůst ve sledovaném období činí kolem 20 %

9 ZHODNOCENÍ EKONOMETRICKÉHO REGRESNÍHO MODELU

V praktické části práce byl vytvořen ekonometrický regresní model, který měl za cíl předpovědět budoucí výrobu elektrické energie v plynových elektrárnách, a to v závislosti na proměnných (poptávka po elektřině X1, výroba z hnědého uhlí X2, relativní konkurenceschopnost uhlí a plynu X3 a výroba z nízkoemisních zdrojů X4).

Získané výsledky naznačují, že výroba elektřiny z plynu se v predikovaném období březen 2024 až únor 2025 meziročně zvýší o téměř 20 %. To ukazuje na stále větší důležitost plynových elektráren při zajišťování energetické bezpečnosti v západní Evropě. Nicméně je také nutné říci, že v roce 2025 všechny země vystupující v modelu mají v plánu své kapacity plynových elektráren snížit, není však uvedeno, zda se jedná o trvalé snížení, kdy budou některé plynové elektrárny trvale uzavřeny anebo se bude jednat pouze o modernizaci některých elektráren, které samozřejmě díky modernizaci nebudou schopné vyrábět. Zda se však skutečně naplní prognóza Entsoe a instalované kapacity plynových elektráren ve sledovaných zemích klesnou je však otázkou. Na budoucí vývoj energetiky těchto států má velký vliv celá řada faktorů, z nichž některé nelze předpovídat.

Jisté však je, že plyn zůstane i do budoucna zdrojem, který bude zastávat v energetice západních států a zejména Německa velkou roli. Díky své flexibilitě je schopný vykrývat nedostatky energie v síti, které vznikají zejména kvůli obnovitelným zdrojům v časech, kdy kvůli nepříznivému počasí nevyrobí dostatek energie. Současně s tím budou plynové elektrárny pomalu vytlačet ty uhelné. A to z důvodu nižší emisní náročnosti a efektivnějšímu využití paliva.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo sestavit funkční ekonometrický model pro predikci výroby elektrické energie z plynu v závislosti na uvedených proměnných (poptávka po elektřině, výroba z hnědého uhlí, konkurenceschopnost uhlí a plynu, výroba z nízkoemisních zdrojů).

V rámci teoretické části byly popsány různé metody výroby elektrické energie. Dále se práce zaměřila na popis energetického trhu, a to včetně jeho struktury a regulace. Teoretická část se také zabývala strategickými analýzami jako je SWOT a BCG, které byly v praktické části využity pro hodnocení konkurenceschopnosti.

V praktické části byly sestaveny strategické analýzy, které měly za cíl zhodnotit budoucí směřování dvou paliv hojně využívaných v energetice, a to uhlí a plynu. Druhá část praktické části zahrnovala návrh ekonometrického regresního modelu a na základě dostupných dat byla provedena predikce výroby elektrické energie z plynu. Použitý model zohledňuje více ekonomických faktorů. Mezi nimi lze kromě cen komodit najít také cenu emisní povolenky, která hraje při výrobě elektrické energie velkou roli, protože se významným podílem podepisuje na konečných nákladech výrobce. Ekonometrický model ukázal, že výroba elektrické energie z plynu v regionu západní Evropy bude i nadále hrát klíčovou roli v energetickém mixu, zejména jako doplněk k obnovitelným zdrojům v dobách, kdy jejich výroba nedokáže pokrýt celkovou poptávku.

Tato práce přispěla k lepšímu pochopení dynamiky trhu s elektrickou energií v západní Evropě a poskytla model pro predikci budoucího vývoje výroby elektrické energie z plynu, který je využitelný v praxi. Tímto navrženým modelem byl cíl diplomové práce splněn. Výsledky této práce mohou sloužit jako podklad pro strategické nebo taktické rozhodování energetické společnosti E.ON za jejíž spolupráce tato diplomová práce vznikla. Nutno na závěr podotknout, že energetika jako sektor zažívá v posledních letech výrazné změny, a to jak ty ekonomické, tak ty politické. Z těchto důvodů je nutné model pravidelně aktualizovat, protože to co je aktuální dnes, nemusí již za rok platit. Je také důležité si uvědomit, že žádný model nikdy nemůže s absolutní jistotou předpovědět budoucí vývoj, ale pravidelným přizpůsobováním a aktualizací lze výrazně zvýšit jeho prediktivní schopnosti a udržet ho tak co nejpřesněji i v měnícím se prostředí energetického trhu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANDREWS, John a JELLEY, N.A. *Energy science: principles, technologies, and impacts*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2017. ISBN 978-0-19-875581-4.

APPUNN, Kerstine a WETTENGEL, Julian. *Germany's 2022 renewables and efficiency reforms*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-2022-renewables-and-energy-reforms>. [cit. 2024-04-17].

BALATKA, Sláva a KUTNOHORSKÁ, Olga. *Inženýrská statistika pro ekonomy*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-807-0808-948.

BUNDESNETZAGENTUR. *Press release: SMARD* Online. 2024. Dostupné z: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2024/20240103_SMARD.html [cit. 2023-04-13].

CENYENERGIE.CZ. *Distribuční soustava elektřiny a plynu na mapě*. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/distribucni-soustava/#/promo-gas-mini>. [cit. 2024-04-17].

CIPRA, Tomáš. *Finanční ekonometrie*. 2., upr. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-808-6929-934.

CIUCCI, Matteo. *Energetická politika: obecné zásady*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/68/energeticka-politika-obecne-zasady>. [cit. 2024-04-15].

ČEZ, a. s. *Informace o paroplynové energetice*. Online. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/paroplynove-a-plynove-zdroje/informace-o-paroplynove-energetice> [cit. 2023-04-13].

ČEZ, a. s. *Jak funguje uhelná elektrárna*. Online. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/uhelne-elektrarny-a-teplarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna> [cit. 2023-04-13].

ČEZ, a. s. *Pád Bohemia Energy odstartoval před dvěma lety energetickou krizi*. Online. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/pad-bohemia-energy-odstartoval-pred-dvema-lety-energetickou-krizi.-zodpovednost-a-spolehlivost-dodavateluzakaznici-musi-resit-i-v-soucasnosti-182904> [cit. 2023-04-13].

DAHM, Julia. *Germany to use controversial biomass amid energy crisis*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/germany-to-use-controversial-biomass-amid-energy-crisis/>. [cit. 2024-04-15].

EEX. *The European Energy Exchange*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.eex.com/en/eex-ag/part-of-eex-group>. [cit. 2024-04-15].

ENERDATA. *Germany plans to build 25 GW of new gas-fired capacity by 2030*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/germany-plans-build-25-gw-new-gas-fired-capacity-2030.html> [cit. 2023-04-13].

ENTSOE – TRANSPARENCY PLATFORM. *Cross-Border Physical Flow*. Online. Dostupné z: <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. [cit. 2024-04-15].

ENTSOE – TRANSPARENCY PLATFORM. *Total Load – Day Ahead / Actual*. Online. Dostupné z: <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. [cit. 2024-04-15].

EPET. *Vodní energie: Princip fungování, využití a největší producenti*. Online. 2021. Dostupné z: <https://www.epet.cz/vodni-energie-princip-fungovani-vyuziti-a-nejvetsi-producenti>. [cit. 2024-04-15].

EUROPEAN COMMISSION. *What is the EU ETS?* Online. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en . [cit. 2023-04-13].

EUROPEAN COUNCIL. *EU gas supply infographic*. Online. 2024 Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/eu-gas-supply/> [cit. 2023-04-13].

EUROSTAT. *Coal production and consumption up in 2022*. Online. 2023. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230622-2>. [cit. 2024-04-17].

EUROSTAT. *Statistics Explained: Gas supply*. Online. 2024 Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=554503> [cit. 2023-04-13].

EVANS, James D. *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Online. Pacific Grove: Brooks/Cole Pub. Co, 1996. ISBN 0534231004, 9780534231002. Dostupné z: <http://www.worldcat.org/title/straightforward-statistics-for-the-behavioralsciences/oclc/32465263> [cit. 2024-03-12].

FRANKE, Andreas. *German coalition plans for 480-540 TWh renewables by 2030 to exit coal*. Online. 2021. Dostupné z: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/electric-power/112521-german-coalition-plans-for-480-540-twh-renewables-by-2030-to-exit-coal>. [cit. 2024-04-17].

FRAUNHOFER ISE. *Public Net Electricity Generation 2023 in Germany: Renewables Cover the Majority of the Electricity Consumption for the First Time*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2024/public-electricity-generation-2023-renewable-energies-cover-the-majority-of-german-electricity-consumption-for-the-first-time.html>. [cit. 2024-04-17].

GOLDING, Barry a GOLDING, Suzanne D. *Metals, energy and sustainability: the story of Doctor Copper and King Coal*. Cham: Springer, 2017. ISBN 978-331-9511-757.

GRECMAN, Daniel. *Návrh reformy EU ETS od Evropského parlamentu se setkal se širokou kritikou, ceny povolenek by měly zůstat vysoko*. Online. 2022. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/emise-co2/navrh-reformy-eu-ets-od-evropskeho-parlamentu-se-setkal-se-sirokou-kritikou-ceny-povolenek-by-mely-zustat-vysoko>. [cit. 2024-04-15].

HINDLS, Richard; HRONOVÁ, Stanislava a SEGER, Jan. *Statistika pro ekonomy*. 5. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-59-2.

HOŠEK, Jan. *Vývoj na evropském trhu se zemním plynem*. Online. 2022. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Vyvoj-na-evropskem-trhu-se-zemnim-plynem/. [cit. 2024-04-15].

HUŠEK, Roman. *Ekonometrická analýza*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2007. 367 s. ISBN 978-80-245-1300-3.

ICE. *Dutch TTF Natural Gas Futures*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Natural-Gas-Futures>. [cit. 2024-04-15].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Coal Market Update – July 2023*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/coal-market-update-july-2023/demand> [cit. 2023-04-13].

JADERNÉ ELEKTRÁRNY.CZ. *PRINCIP FUNGOVÁNÍ JADERNÉ ELEKTRÁRNY*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.jaderne-elektrarny.cz/princip-fungovani-jaderne-elektrarny/>. [cit. 2024-04-15].

JAKUBÍKOVÁ, Dagmar. *Strategický marketing: strategie a trendy*. 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4670-8.

KOTLER, Philip a ARMSTRONG, Gary. *Principles of marketing*. 16th ed. Boston: Pearson, 2016. 731 s. ISBN 978-1-292-09248-5.

MACHKOVÁ, Hana. *Mezinárodní marketing: strategické trendy a příklady z praxe*. 4. vyd. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5366-9.

MOJE ENERGIE. *Elektroenergetika – výroba energie*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-vyroba-energie#Tepelne> [cit. 2023-04-13].

NEUBAUER, Jiří; SEDLAČÍK, Marek a KRŮŽ, Oldřich. *Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech*. 3., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing. 2021. ISBN 978-80-271-3421-2.

RTE. *Analysis and data*. Online. Dostupné z: <https://analysesetdonnees.rte-france.com/en>. [cit. 2024-04-15].

SALAVEC, Jiří. *Trh s elektřinou – specifika, účastníci trhu a rozdělení*. Online. 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou>. [cit. 2024-04-15].

SRPOVÁ, Jitka. *Podnikatelský plán a strategie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4103-1.

STATISTA. *Monthly distribution of electricity production in Germany by source* Online. 2024. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1403646/germany-monthly-distribution-of-electricity-production-by-source/> [cit. 2023-04-13].

TRADING ECONOMICS. *Coal*. Online. 2024. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/coal>. [cit. 2024-04-17].

TRADING ECONOMICS. *EU Carbon Permits*. Online. 2024. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>. [cit. 2024-04-17].

TRADING ECONOMICS. *EU Natural Gas TTF*. Online. 2024. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas>. [cit. 2024-04-17].

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *International data: World*. Online. Dostupné z: https://www.eia.gov/international/data/world#/?tl_type=p&tl_id=5-

A&pa=00000000000000000000000008&ct=0&ord=SA&c=rurvrvrvfvtnvvlurvrvrvfvrvrvrvfvvov20evrvrvrvrvrvrvvuvu&f=A. [cit. 2023-04-13].

VOBOŘIL, David. *Paroplynová elektrárna – princip funkce*. Online. 2015. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/paroplynova-elektrarna-princip-funkce>. [cit. 2024-04-15].

VOŘÍŠEK, Martin. *Francie ustoupila Německu, jadernou elektrárnu uzavře již letos*. Online. 2016. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/francie-ustoupila-nemecku-jadernou-elektrarnu-uzavre-jiz-letos>. [cit. 2024-04-15].

WORLDENERGYDATA.ORG. *World Electricity Generation*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.worldenergydata.org/world-electricity-generation/>. [cit. 2024-04-17].

Ostatní zdroje:

Interní zdroje skupiny E.ON

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GASP	cena plynu
COALP	cena uhlí
FS	Fuelswitching
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatthodina
CR	koeficient převodu 1 tuny uhlí na MW
COAL EMIN	minimální účinnost černého uhlí
COAL EMAX	maximální účinnosti černého uhlí
CO2int.CMIN	minimální emisní náročnost černého uhlí
CO2int.CMAX	maximální emisní náročnost černého uhlí
Gas EMIN	minimální účinnost zemního plynu
Gas EMAX	maximální účinnost zemního plynu
CO2int.GMIN	minimální emisní náročnost zemního plynu
CO2int.GMAX	maximální emisní náročnost zemního plynu
EUR/USD	Kurz Euro/Dollar
API2	Černé uhlí
p.b.	procentní bod

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Energetický mix světa 2022 (vlastní zpracování podle worldenergydata.org, 2023)</i>	12
<i>Obrázek 2 Rozdělení ČR podle distribučních společností (zdroj: cenyenergie.cz, 2020) ...</i>	18
<i>Obrázek 3 Těžba uhlí ve státech EU v roce 2022 (zdroj: ec.europa.eu, 2023)</i>	21
<i>Obrázek 4 Vývoj celosvětové ceny černého uhlí v období 2010 až 2024 na burze ICE (zdroj: tradingeconomics.com, 2024)</i>	21
<i>Obrázek 5 Vývoj ceny plynu pro státy EU na obchodním uzlu TTF v letech 2012 až 2024 (zdroj: tradingeconomics.com, 2024)</i>	23
<i>Obrázek 6 Vývoj ceny emisní povolenky v letech 2016 až 2024 (zdroj: tradingeconomics.com, 2024)</i>	24
<i>Obrázek 7 Německý energetický mix 2023 (vlastní zpracování podle: statista.com, 2024)</i>	26
<i>Obrázek 8 BCG matice (vlastní zpracování podle Jakubíkové, 2013, s. 135)</i>	28
<i>Obrázek 9 SWOT analýza (vlastní zpracování podle Jakubíkové, 2013, s.130)</i>	31
<i>Obrázek 10 BCG matice energetických zdrojů Německa (vlastní zpracování)</i>	54
<i>Obrázek 11 Výroba elektrické energie z plynu v období 2017–2019 (vlastní zpracování) .</i>	58
<i>Obrázek 12 Výroba elektrické energie z plynu za rok 2023 (vlastní zpracování)</i>	59
<i>Obrázek 13 Poptávka po elektrické energii v období 2017–2019 (vlastní zpracování)</i>	60
<i>Obrázek 14 Poptávka po elektrické energii v roce 2023 (vlastní zpracování)</i>	60
<i>Obrázek 15 Výroba elektrické energie z hnědého uhlí v období 2017–2019 (vlastní zpracování)</i>	61
<i>Obrázek 16 Výroba elektrické energie z hnědého uhlí v roce 2023 (vlastní zpracování) ...</i>	61
<i>Obrázek 17 Vývoj ceny plynu v intervalu fuelswitchingu v období 2017–2019 (vlastní zpracování)</i>	64
<i>Obrázek 18 Vývoj ceny plynu v intervalu fuelswitchingu v roce 2023 (vlastní zpracování)</i>	64
<i>Obrázek 19 Cenový vývoj podružných proměnných v období 2017–2019 (vlastní zpracování)</i>	65
<i>Obrázek 20 Cenový vývoj podružných proměnných v roce 2023 (vlastní zpracování)</i>	65
<i>Obrázek 21 Vývoj relativní konkurenceschopnosti 2017–2019 (vlastní zpracování)</i>	66
<i>Obrázek 22 Vývoj relativní konkurenceschopnosti v roce 2023 (vlastní zpracování)</i>	67
<i>Obrázek 23 Výroba elektrické energie z nízkoemisních zdrojů v období 2017-2019 (vlastní zpracování)</i>	68
<i>Obrázek 24 Výroba elektrické energie z nízkoemisních zdrojů v roce 2023 (vlastní zpracování)</i>	68
<i>Obrázek 25 Test modelu na období 2017-2019 (vlastní zpracování)</i>	75
<i>Obrázek 26 Test modelu na období Leden–Srpen 2021 (vlastní zpracování)</i>	76
<i>Obrázek 27 Test modelu na roku 2023 (vlastní zpracování)</i>	76

<i>Obrázek 28 Test modelu na období Leden–Únor 2024 na bázi denních hodnot (vlastní zpracování)</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 29 Theilův koeficient nejistoty (vlastní zpracování).....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 30 Absolutní procentní chyba modelu (vlastní zpracování).....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 31 Predikce modelu v období březen 2024–Únor 2025 (vlastní zpracování)</i>	<i>82</i>
<i>Obrázek 32 Predikce výroby elektřiny z plynu a poptávky v období březen 2024–únor 2025 (vlastní zpracování)</i>	<i>83</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 SWOT analýza uhlí (vlastní zpracování)</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 2 SWOT analýza plynu (vlastní zpracování)</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 3 Proměnné ekonometrického regresního modelu (vlastní zpracování)</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 4 Koefficienty fuelswitchingu (vlastní zpracování)</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 5 Korelační matice proměnných (vlastní zpracování)</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka 6 Popisná statistika proměnných (vlastní zpracování)</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 7 Regrese proměnných (vlastní zpracování)</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 8 Regresní statistika (vlastní zpracování)</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 9 Test statistické významnosti modelu (vlastní zpracování v SW JASP)</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 10 Whitův test (vlastní zpracování)</i>	<i>79</i>
<i>Tabulka 11 Durbin-Watsonův test autokorelace (vlastní zpracování)</i>	<i>80</i>
<i>Tabulka 12 Změny instalovaného výkonu plynových elektráren roku 2024 vůči 2023 (vlastní zpracování)</i>	<i>81</i>
<i>Tabulka 13 Změny instalovaného výkonu plynových elektráren roku 2025 vůči 2024 (vlastní zpracování)</i>	<i>81</i>
<i>Tabulka 14 Meziroční změny výroby elektřiny z plynu (vlastní zpracování)</i>	<i>84</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Regresní analýza

Příloha P II: Whiteův test

Příloha P III: Výpočet fuelswitchingu

Příloha P IV: Durbin – Watsonův test autokorelace

Příloha P V: Loga společnosti E.ON a EG.D

Příloha P VI: Loga energetických institucí

PŘÍLOHA P I: REGRESNÍ ANALÝZA

	<i>Koeficienty</i>	<i>Chyba stř. hodnoty</i>	<i>t Stat</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>Dolní 95%</i>	<i>Horní 95%</i>	<i>Dolní 95,0%</i>	<i>Horní 95,0%</i>
Hranice	17,94030839	16,03860853	1,118570127	0,263481792	-13,5172099	49,39782667	-13,5172099	49,39782667
X1 - Poptávka	0,390930212	0,006450043	60,60892819	1,52E-04	0,378279342	0,403581082	0,378279342	0,403581082
X2 - Výroba z hnědého uhlí	-0,230373679	0,03391605	-6,792467935	1,51973E-11	-0,296895332	-0,163852026	-0,296895332	-0,163852026
X3 - Relativní konkurenceschopnost	-201,6778592	7,52162392	-26,81307406	2,3649E-132	-216,430487	-186,9252314	-216,430487	-186,9252314
X4 - Výroba z nízkoemisních zdrojů	-0,328649158	0,008739272	-37,60601082	1,1461E-225	-0,345790035	-0,311508282	-0,345790035	-0,311508282

PŘÍLOHA P II: WHITEŮV TEST (SW – GRETL)

Whiteův test heteroskedasticity
Závisle proměnná: uhat²

	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota
const	11115,7	12052,8	2,701	0,0070
Y	-33,7576	54,1125	1,348	0,0061
sq_Y	0,0262240	0,0595756	-0,7355	0,0121

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,146040

Testovací statistika: $TR^2 = 4,527243$,
s p-hodnotou = $P(\text{Chí-kvadrát}(2) > 4,527243) = 0,103973$

PŘÍLOHA P III: VÝPOČET FUELSWITCHINGU

BUDHODN... \checkmark \times \checkmark \checkmark f_x $= (B2/(\$I\$2*F2+\$I\$3)+D2*(\$I\$6-\$I\$9))*\$I\8

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Trading Date (GMT)	COALP	Trading Date (GMT)	EUA Front-December (EUR/t)	DATE	EUR/USD			DATE		FUELSWITCHING MAX
01.01.2017	75,90	01.01.2017	5,36	01.01.2017	1,0396545		CR	6,98	01.01.2017	=(B2/(\\$I\\$2*F2+\\$I\\$3)+
02.01.2017	76,20	02.01.2017	5,48	02.01.2017	1,046516132		Coal Emin	0,34	02.01.2017	20,71042015
03.01.2017	76,60	03.01.2017	5,44	03.01.2017	1,038551716		Coal Emax	0,46	03.01.2017	20,93216847
04.01.2017	78,10	04.01.2017	5,73	04.01.2017	1,043686508		CO2int..Cmin	0,74	04.01.2017	21,32558685
05.01.2017	79,30	05.01.2017	5,30	05.01.2017	1,050789453		CO2int..Cmax	1	05.01.2017	21,30582526
06.01.2017	78,80	06.01.2017	5,05	06.01.2017	1,058943408		GasEmin	0,46	06.01.2017	20,93453376
07.01.2017	78,58	07.01.2017	5,13	07.01.2017	1,056457142		GasEmax	0,6	07.01.2017	20,95915853
08.01.2017	78,37	08.01.2017	5,20	08.01.2017	1,053970875		CO2int.Gmin	0,3	08.01.2017	20,98374756
09.01.2017	78,15	09.01.2017	5,28	09.01.2017	1,051484609		CO2int.Gmax	0,4	09.01.2017	21,0083006

BUDHODN... \checkmark \times \checkmark \checkmark f_x $= (B2/(\$H\$2*F2+\$H\$4)+D2*(\$H\$5-\$H\$9))*\$H\7

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Trading Date (GMT)	COALP	Trading Date (GMT)	EUA Front-December (EUR/t)	DATE	EUR/USD			DATE	FUELSWITCHING MAX	DATE	FUELSWITCHING MIN
01.01.2017	75,90	01.01.2017	5,36	01.01.2017	1,0396545	CR	6,98	01.01.2017	20,7085628	01.01.2017	=(B2/(\\$H\\$2*F2+\\$H\\$4)+D2*(\\$H\\$5-
02.01.2017	76,20	02.01.2017	5,48	02.01.2017	1,04651613	Coal Emin	0,34	02.01.2017	20,71042015	02.01.2017	11,54081675
03.01.2017	76,60	03.01.2017	5,44	03.01.2017	1,03855172	Coal Emax	0,46	03.01.2017	20,93216847	03.01.2017	11,66789814
04.01.2017	78,10	04.01.2017	5,73	04.01.2017	1,04368651	CO2int..Cmin	0,74	04.01.2017	21,32558686	04.01.2017	11,88051122
05.01.2017	79,30	05.01.2017	5,30	05.01.2017	1,05078945	CO2int..Cmax	1	05.01.2017	21,30582526	05.01.2017	11,88462098
06.01.2017	78,80	06.01.2017	5,05	06.01.2017	1,05894341	GasEmin	0,46	06.01.2017	20,93453376	06.01.2017	11,68312246
07.01.2017	78,58	07.01.2017	5,13	07.01.2017	1,05645714	GasEmax	0,6	07.01.2017	20,95915853	07.01.2017	11,69434717
08.01.2017	78,37	08.01.2017	5,20	08.01.2017	1,05397088	CO2int.Gmin	0,3	08.01.2017	20,98374756	08.01.2017	11,70555162
09.01.2017	78,15	09.01.2017	5,28	09.01.2017	1,05148461	CO2int.Gmax	0,4	09.01.2017	21,0083006	09.01.2017	11,71673568

PŘÍLOHA P IV: DURBIN – WATSONŮV TEST AUTOKORELACE (SW – GRETL)

Durbin-Watsonova statistika =

H1: positive autocorrelation
p-hodnota = 1,77636e-015

H1: negative autocorrelation
p-hodnota = 0,075644

PŘÍLOHA P V: LOGA SPOLEČNOSTI E.ON A EG.D

e.on

eg.d

ČLEN SKUPINY E.ON

PŘÍLOHA P VI LOGA ENERGETICKÝCH INSTITUCÍ



Le réseau
de transport
d'électricité

