

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

**Katedra ekonomiky, manažerství a
humanitních věd**

Program: Elektrotechnika, energetika a
management

Obor: Elektrotechnika a management



Elasticita poptávky po energii

Elasticity of Energy Demand

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Nikita
Maiorov
Vedoucí práce: Ing.
Miroslav Vítok, CSc.

Rok: 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Maiorov** Jméno: **Nikita** Osobní číslo: **487615**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Elasticita poptávky po energii

Název bakalářské práce anglicky:

Elasticity of Energy Demand

Pokyny pro vypracování:

Rešerše statistických zdrojů o spotřebě a ceně plynu a elektřiny za minulé roky
Vypracování modelu pro zjištění poptávkových křivek
Výpočet elasticity poptávky po elektřině a plynu u různých typů odběratelů

Seznam doporučené literatury:

Trh s elektřinou: úvod do liberalizované energetiky. Vydání druhé, aktualizované. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4
FIALOVÁ, Helena, AMBROŽOVÁ Alena, JANDERA Jan: Čísla a čáry v ekonomii. A-plus, Praha 2013. ISBN 978-80-87681-01-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc. 13116

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **25.07.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **16.02.2025**

Ing. Miroslav Vítek, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne

.....
Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za pomoc a rady při zpracování této práce.

Název práce: Elasticita poptávky po energii
Autor: Nikita Maiorov

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management
Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vitek, CSc.
Klíčová slova: Elasticita poptávky, plyn, elektřina, teplotní vlivy,
Log-log model

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zaměřuje na analýzu elasticity poptávky po plynu a elektřině, s cílem porozumět, jak různé faktory, včetně cenových změn a teplotních výkyvů, ovlivňují spotřebu energie. Pro analýzu byly použity historické cenové a spotřební údaje z energetických burz a záznamy o spotřebě domácností. Data pokrývají období čtyř let a zahrnují informace o cenách, spotřebě a teplotě. K analýze byla využita metoda log-log regresního modelu, který umožňuje interpretaci koeficientů jako elasticity. Pro analýzu poptávky na burze byla použita oblouková elasticita poptávky.

Title: Elasticity of Energy Demand systems

Author: Maiorov Nikita

Key words: Demand Elasticity, energy demand, gas, electricity, temperature effects, log-log Model

Abstract:

This bachelor's thesis focuses on the analysis of demand elasticity for gas and electricity, aiming to understand how various factors, including price changes and temperature fluctuations, affect energy consumption. The analysis utilizes historical price and consumption data from energy exchanges and household consumption records. The data cover a period of four years and include information on prices, consumption, and temperature. The log-log regression model method was employed for the analysis, allowing the interpretation of coefficients as elasticities. For the analysis of demand on the exchange, arc elasticity of demand was used.

Obsah

Úvod	4
Trh s elektřinou	4
Operátor trhu.	4
Typy trhů.	4
Krátkodobý trh	5
Denní trh	5
Vnitrodenní trh	5
Trh s plynem	5
Neorganizovaný trh	6
Krátkodobý trh v ČR	6
Trh s nevyužitou flexibilitou	7
Poptávka	7
Elasticita	8
PRAKTICKÁ ČÁST	9
Elektřina	9
Počasí	12
Porovnání poptávkových křivek.....	14
Plyn	14
Porovnání poptávkových křivek.....	17
Počasí	17

Úvod

Energetická elasticita je klíčovým konceptem v ekonomické teorii, který se zaměřuje na vztah mezi změnami v cenách energií a odpovídajícími změnami v poptávce či nabídce energií. Studium elasticity po energii nabízí cenné poznatky pro široké spektrum zainteresovaných stran, včetně vládních institucí, energetických společností a konečných spotřebitelů. Pomáhá lépe porozumět tomu, jak změny v cenách ovlivňují spotřebu, a tím umožňuje efektivnější formulaci politik a strategií, které mohou zmírnit negativní dopady cenových výkyvů na ekonomiku a životní prostředí.

Cílem této práce je prozkoumat poptávku po elektřině a plynu v minulých letech. V první části bude stručně popsáno fungování trhu s elektřinou a plynem v České republice. Vysvětlím, jakou roli hraje operátor trhu a jakým způsobem organizuje obchodování na různých typech trhu. Popíšu rozdíly mezi jednotlivými typy a hlavní principy jejich fungování. Dále definuji pojmy poptávka a elasticita. V praktické části využiji této znalosti k nalezení potřebných dat a sestrojení poptávkových křivek. Po sestrojení křivek spočítám elasticitu, což mi pomůže analyzovat reakci poptávky na změnu ceny. Pro analýzu poptávky domácností použiji regresní model. Regresní model umožňuje kvantifikovat vliv různých faktorů na poptávku a poskytuje detailní pohled na vztahy mezi těmito faktory a spotřebou energie.

1. Trh s elektřinou

Základní model obchodování na trhu je založen na dopravení vyrobené elektřiny až ke spotřebiteli. Názorněji si model trhu ukážeme na následujícím obrázku. [1]



Výrobci elektřiny produkují elektrickou energii, která je následně přepravována prostřednictvím přenosových soustav k distribučním sítím. Tyto sítě pak zajišťují dodávku elektřiny přímo ke konečným spotřebitelům, což mohou být domácnosti, firmy nebo jiné instituce.

1.1 Operátor trhu

Operátor trhu s energiemi je jedním z nejdůležitějších subjektů na trhu s elektřinou a zajišťuje jeho fungování. Podle nastavené legislativy EU není operátor trhu povinným účastníkem trhu, ale pokud ho členský stát nemá, musí za něj všechny činnosti řídit provozovatel přenosové soustavy. Organizuje krátkodobý (blokový, denní, vnitrodenní a vyrovnávací) trh s elektřinou i plynem [1].

Důležitou součástí činnosti operátora trhu je také tvorba analýz pro Energetický regulační úřad a ministerstva, které pomáhají predikovat budoucí spotřebu elektřiny a plynu. Operátor trhu uchovává, zpracovává a poskytuje informace o spotřebě a výrobě elektřiny na odběrných místech. Tyto informace zahrnují data o prodeji, nákupu a ceně elektřiny na krátkodobých trzích.

V České republice tuto funkci plní společnost OTE a.s., která byla založena v roce 2001 a je vlastněna státem. OTE a.s. spravuje řadu důležitých informací dostupných na jejich webových stránkách. Mezi tyto informace patří statistiky o stavu energetických soustav v České republice, dlouhodobé bilance a měsíční i roční zprávy o obchodování s elektřinou a plynem. Na stránkách OTE a.s. lze také nalézt analýzy a predikce, které jsou důležité pro plánování a řízení energetické politiky v České republice.

1.2 Typy trhů

Trh dělíme na organizovaný a neorganizovaný. Na neorganizovaném trhu se obvykle dohodnou dvě strany na průběhu obchodu a nejsou omezovány pravidly. Tyto kontrakty jsou nazývány jako bilaterální dohody. Veškeré kontrakty musí být nahlášeny OTE k danému datu ještě před sjednaným obchodem. Výhodou těchto obchodů je možnost uzavřít specifické obchody, které by na burzách nebyly možné. S tímto souvisí i nevýhoda, kterou je obtížné hledání protistrany, se kterou potřebujete uzavřít obchod, což může být nerealizovatelné.

Na organizovaném trhu s elektřinou míváme obvykle jednu protistranu, typickým příkladem je burza, která nastavuje pravidla obchodů, spravuje je a zajišťuje jejich finanční vypořádání. Tento trh můžeme dělit podle termínu obchodu nebo dodávky, a to na dlouhodobý a krátkodobý [1].

1.3 Krátkodobý trh

Na krátkodobém trhu probíhají především anonymní obchody prostřednictvím burz, kde jediným známým partnerem je samotná burza. Obchodování na tomto trhu se odehrává v časovém rozmezí od několika desítek minut až po několik dní před

plánovanou hodinou dodávky elektřiny. Existuje zde několik různých způsobů obchodování.

Segmenty obchodování:

- **Denní trh:** Na denním trhu se obchoduje s elektřinou na následující den. Účastníci trhu předkládají své nabídky a poptávky, které se agregují a vyhodnocují v aukci, obvykle den před dodávkou.
- **Vnitrodenní trh:** Vnitrodenní trh umožňuje obchodování elektřiny během dne až do krátké doby před hodinou dodávky. Tento segment trhu je klíčový pro vyrovnávání okamžitých odchylek mezi předpokládanou a skutečnou spotřebou či výrobou elektřiny.

1.4 Denní trh

Denní trh je také nazýván spotovým trhem. Je provozován od roku 2002 a organizuje ho operátor trhu, kterým je například v České republice OTE, a.s. nebo na Slovensku OKTE [1].

Proces obchodování na denním trhu OTE lze shrnout do několika kroků:

- **Předložení nabídek:** Účastníci trhu předloží své nabídky na prodej nebo nákup elektřiny pro jednotlivé hodiny následujícího dne.
- **Agregace a vyhodnocení:** OTE shromažďuje všechny nabídky a provádí jejich vyhodnocení s cílem nalézt rovnováhu mezi nabídkou a poptávkou.
- **Stanovení ceny:** Na základě agregovaných nabídek a poptávek je stanovena cena elektřiny pro jednotlivé hodiny následujícího dne.
- **Uzavření obchodů:** Po stanovení ceny jsou uzavřeny obchody a účastníci trhu obdrží potvrzení o objemu a ceně elektřiny, kterou budou dodávat nebo odebírat.

1.5 Vnitrodenní trh

Vnitrodenní trh se otevírá obvykle po skončení denního trhu, a to konkrétně v 15:00 (jeden den před obchodním dnem) a uzavírá se jednu hodinu před realizací dodávky. Obchodníci na tomto trhu zde balancují svojí pozici a řeší svůj přebytek či nedostatek elektřiny a pomocí nákupů či prodejů se snaží pomoci balancovat soustavu [1].

Proces obchodování:

- Vložení nabídek a poptávek: Účastníci trhu mohou nepřetržitě vkládat své nabídky na prodej a poptávky po nákupu elektřiny. Tyto nabídky obsahují informace o množství a ceně elektřiny.
- Matching: Systém průběžně páruje nabídky a poptávky, které se shodují v množství a ceně. Jakmile je nalezena shoda, obchod je automaticky uzavřen.
- Aktualizace obchodních pozic: Účastníci trhu průběžně aktualizují své obchodní pozice na základě uzavřených obchodů a aktuálních potřeb

2. Trh s plynem

Zemní plyn je, stejně jako jiné komodity, obchodován krátkodobě i dlouhodobě, a to jak na mezinárodní, tak na vnitrostátní úrovni. Vzhledem k úzké spolupráci a propojení soustav členských zemí EU je cíl o harmonizaci v nejrůznějších oblastech. To znamená, že pravidla i principy pro obchodování zemního plynu jsou v rámci EU obdobné, a to i v případě účastníků trhu. Aby bylo možné obchodovat zemní plyn, je nutná existence účastníků jak na straně nabídky, tak na straně poptávky. Následující obrázek představuje zjednodušené schéma účastníků trhu se zemním plynem společně s jeho fyzickým tokem a toky plateb. Je vidět, že tyto toky nejsou totožné [2].



Obrázek 2: Účastníci trhu s plynem [2]

- **Obchodník, výrobce**
Tento subjekt je zodpovědný za výrobu zemního plynu nebo jeho nákup za účelem dalšího prodeje. Fyzický tok plynu směřuje od obchodníka/výrobce k přepravní soustavě.
- **Přepravní soustava**
Přepravní soustava zajišťuje přepravu zemního plynu od obchodníka/výrobce k regionálním distribučním soustavám nebo k provozovatelům zásobníků. Přeprava je klíčová pro zajištění dodávek plynu na velké vzdálenosti.
- **Regionální distribuční soustava**
Tato soustava distribuuje zemní plyn konečným odběratelům. Fyzický tok plynu vede od přepravní soustavy k regionální distribuční soustavě a odtud k oprávněným zákazníkům.
- **Oprávněný zákazník**
Oprávnění zákazníci jsou koneční odběratelé plynu, kteří mají právo nakupovat plyn přímo od obchodníků. Fyzický tok plynu směřuje od regionální distribuční soustavy k oprávněnému zákazníkovi. Zákazníci platí za dodávky plynu obchodníkům, čímž vzniká finanční tok.
- **Provozovatelé zásobníků**
Provozovatelé zásobníků zajišťují skladování zemního plynu. Plynové zásobníky jsou klíčové pro vyrovnávání sezónních rozdílů v poptávce. Fyzický tok plynu může směřovat do a z přepravní soustavy, zatímco finanční tok plyne mezi obchodníky a provozovateli zásobníků.
- **Obchodník s plynem**
Obchodník s plynem nakupuje a prodává plyn na trhu. Tento subjekt zajišťuje finanční toky mezi všemi ostatními účastníky trhu, včetně přepravní soustavy, regionálních distribučních soustav a oprávněných zákazníků.

Od roku 2001 se k vypočítání spotřeby, a tedy i konečné ceny za plyn, používá kilowatthodina (kWh) místo kubíků (m³). Lépe totiž vyjadřuje, kolik energie skutečně spotřebujete [3].

Převod spotřeby z m³ na kWh:

Spotřeba × Objemový koeficient × Spálené teplo = Spotřeba v kWh

2.1 Neorganizovaný trh

Vzhledem k nutnosti zajištění velkých objemů stále ve značné míře převládají tzv. Over the Counter (OTC) (více než 95 %) a bilaterální kontrakty. Jedná se zpravidla o dlouhodobý typ kontraktu forwardového typu na neorganizovaném/neregulovaném trhu, kde obchodování neprobíhá pod záštitou žádné instituce. Přesto je zde ohlašovací povinnost

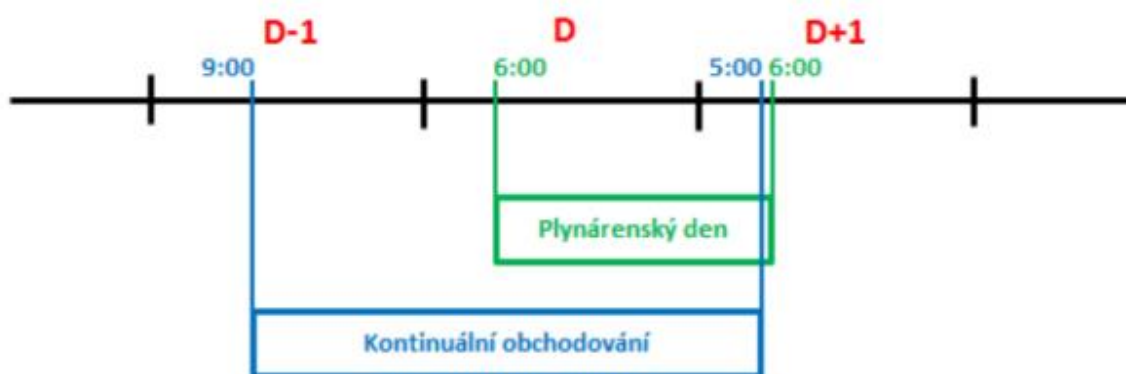
operátorovi trhu a platí tak všeobecné podmínky pro obchodování s energií. Vzhledem k tomu, že obchodování je založeno na smlouvách dvou protistran, je zatíženo vyšším kreditním rizikem. Naopak cenová volatilita, kterou je tento typ kontraktů zatížen, je oproti krátkodobým obchodům na burzách nízká.

2.2 Krátkodobý trh v ČR

Krátkodobý trh umožňuje obchodníkům zareagovat na aktuální situaci, tedy v krátké době v rámci plynárenského dne, jejich portfolia pro optimalizaci jejich obchodních pozic. Nejčastěji dochází k obchodování na denní bázi. V ČR je vnitrodenní trh s plynem organizován OTE. Pro zajištění plynulosti dodávek je nutné, aby byl trh provozován po celý rok. Jelikož se jedná o organizovaný trh, operátor trhu je mimo jiné povinen ručit za rizika ze strany finančního vypořádání. Na vnitrodenním trhu mohou obchodovat subjekty zúčtování a provozovatel přepravní soustavy (PPS). Obchodování v rámci plynárenského dne probíhá v měně EUR a místem dodání je VOB ČR.

VOB je virtuální obchodní bod, který fyzicky neexistuje, avšak reprezentuje veškeré vstupní a výstupní body dané oblasti trhu. Touto oblastí může být a zpravidla je i celá země [2].

Vnitrodenní trh je obecně založen na kontinuálním párování nabídek a poptávek dle výše ceny a času evidování objednávky. Obchodování je zahájeno v 9:00 hodin v den předcházející dni dodávky (D-1) a je uzavřeno v 5:00 hodin dne nadcházejícího (D+1), tedy hodinu před ukončením plynárenského dne D, jak je znázorněno na obrázku 3. Požadavek na minimální obchodované množství a cenu je 0,1 MWh a 0,01 EUR/MWh. Naopak maximální nabídková cena činí 4 000 EUR/MWh a maximální obchodované množství je 99 999,9 MWh.



Obrázek 3: Průběh kontinuálního obchodování na vnitrodenním trhu s plynem [3]

2.3 Trh s nevyužitou flexibilitou

Dalším krátkodobým trhem je trh s nevyužitou flexibilitou, kde mohou subjekty zúčtování (SZ) poptávat či nabízet volnou flexibilitu (kladnou i zápornou). Tento trh vznikl jako reakce na skutečnost, že obchodníci mají podle pravidel trhu povolenou určitou denní flexibilitu/toleranci. Jedná se o mez, do které pro obchodníka neplyne žádný finanční postih. V případě úspěšného zobchodování nevyužité flexibility se tak obchodník může vyhnout poplatkům z ní vyplývajícím. Na rozdíl od vnitrodenního trhu je zde uplatňován aukční princip, kterým je stanovena marginální cena v CZK. Vytvářejí se křivky sesouhlasení marginální ceny a zobchodovaného množství kladné a záporné nevyužité flexibility. Výsledky jsou následně oznámeny obchodníkům zpravidla ve 13:55.

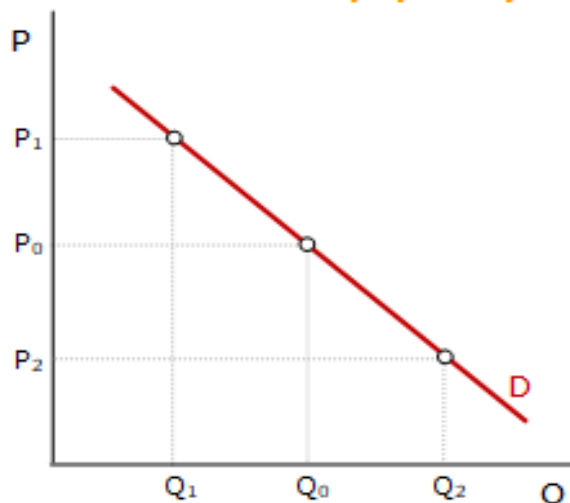
I v případě krátkodobých trhů platí, že většina obchodů stále probíhá na těch neorganizovaných, a to na základě bilaterálních dohod či skrze brokera. Nutno podotknout, že využívání brokerů má v několika posledních letech rostoucí tendenci. Obchodované produkty jsou velmi podobné. Obchodování probíhá na den dopředu (DA), v rámci probíhajícího dne (WD), na zbytek dnů v probíhajícím týdnu (BOW) či zbytek dnů v probíhajícím měsíci (BOM) [2].

5. Poptávka

Poptávka je fenomén, který vyjadřuje závislost mezi množstvím zboží, které je kupující ochoten koupit, a cenou, jakou je ochoten za zboží zaplatit v určitý čas na určitém místě. Poptávka na trhu se řídí zákonem poptávky, podle kterého jsou kupující ochotni s klesající cenou nakupovat větší množství zboží.

Vysvětlení dává zákon klesajících výnosů, podle kterého každá další jednotka zboží skýtá menší užitek a spotřebitele kupují více jednotek jen za nižší cenu, dále zapojováním dalších kupujících s omezeným důchodem (důchodový efekt) a substitucí nyní levnějšího zboží za jiné, které se nyní jeví relativně dražším (substituční efekt). Zákon poptávky platí i opačné, a to tak, že s růstem ceny klesá poptávané množství. Hlavními faktory, které určují poptávku, jsou cena zboží, dostupnost zboží, příjmy a bohatství kupujících, ceny substitutu a komplementu, preference kupujících, počet kupujících, charakteristika trhu, očekávání dalšího vývoje na trhu a jiných trzích [4].

Křivka tržní poptávky



Obrázek 4: Příklad poptávkové křivky

Poptávka po zboží se mění pod vlivem působení různých faktorů a poptávka křivka se posunuje doleva nebo doprava. Posun poptávkové křivky doleva znamená pokles poptávky a je způsoben například snížením příjmu spotřebitelů, snížením počtu kupujících, poklesem cen substitutů, vzestupem cen komplementu, negativními informacemi o trhu. Posun poptávkové křivky doprava znamená zvýšení poptávky a způsobují ho opačně projevy zmíněných faktorů. [4]

3.1 Elasticita

Mezi dvěma ekonomickými veličinami, kdy jednu z nich považujeme za funkci druhé $y=f(x)$, je elasticita definována jako míra relativní změny y vůči relativní změně x . Tento vztah lze dále upravit a platí, že elasticita je dána podílem derivace funkce v bodě a měrnou hodnotou v tomto bodě. [4]

$$E_K = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta P}{P}} \text{ nebo } E = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{y}{x}$$

Cenová elasticita poptávky po určitém zboží je poměr relativní změny poptávaného množství tohoto zboží k relativní změně jeho ceny. Vzhledem k tomu, že s rostoucí cenou poptávané množství obvykle klesá, je tento podíl záporný, znaménko se však obvykle vynechává. Poptávka je cenově elastická pro $|E| > 1$, cenově neelastická pro $|E| < 1$ a jednotkově elastická pro $|E| = 1$.

Oblouková elasticita poptávky [5] je koncept v ekonomii, který měří průměrnou elasticitu mezi dvěma body na křivce poptávky. Tento přístup je užitečný zejména tehdy, když jsou změny v cenách a množství významné, a proto nelze použít bodovou elasticitu, která je vhodná pro malé změny.

Vzorec pro výpočet obloukové elasticity je:

$$Ed = \frac{(Q2 - Q1)}{(Q2 + Q1)} \div \frac{(P2 - P1)}{(P2 + P1)}$$

Kde:

- ΔQ je změna v množství ($Q2 - Q1$)
- ΔP je změna v ceně ($P2 - P1$)
- $Q1$ a $Q2$ jsou počáteční a konečné množství
- $P1$ a $P2$ jsou počáteční a konečné ceny

Cenová elasticita poptávky závisí na těchto faktorech:

- 4 Druh produkce. Elasticita poptávky je u statků uspokojujících základní životní potřeby nižší než u statků luxusních
- 4 Podíl výdajů na určitý statek v rozpočtu spotřebitele. Čím vyšší je podíl, tím vyšší je elasticita po daném statku.
- 4 Existence a dostupnost substitutů. Čím hojnější a dostupnější jsou substituty, tím vyšší je elasticita.
- 4 Časové období. S prodlužováním času elasticita roste. [6]

PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Krátkodobý trh

4.1.1 Analýza poptávky na denním trhu s elektřinou

Pro sestavení poptávkových křivek jsem použil data dostupná na webových stránkách OTE v sekci krátkodobé trhy - křivky sesouhlasení [7]. Na této stránce OTE zobrazuje všechny nabídky a poptávky pro každou hodinu v roce. Proces sesouhlasení křivek poptávky a nabídky probíhá každou hodinu, což umožňuje stanovení tzv. marginální ceny. Marginální cena představuje hodnotu, při které se rovná sesouhlasená nabídka a poptávka.

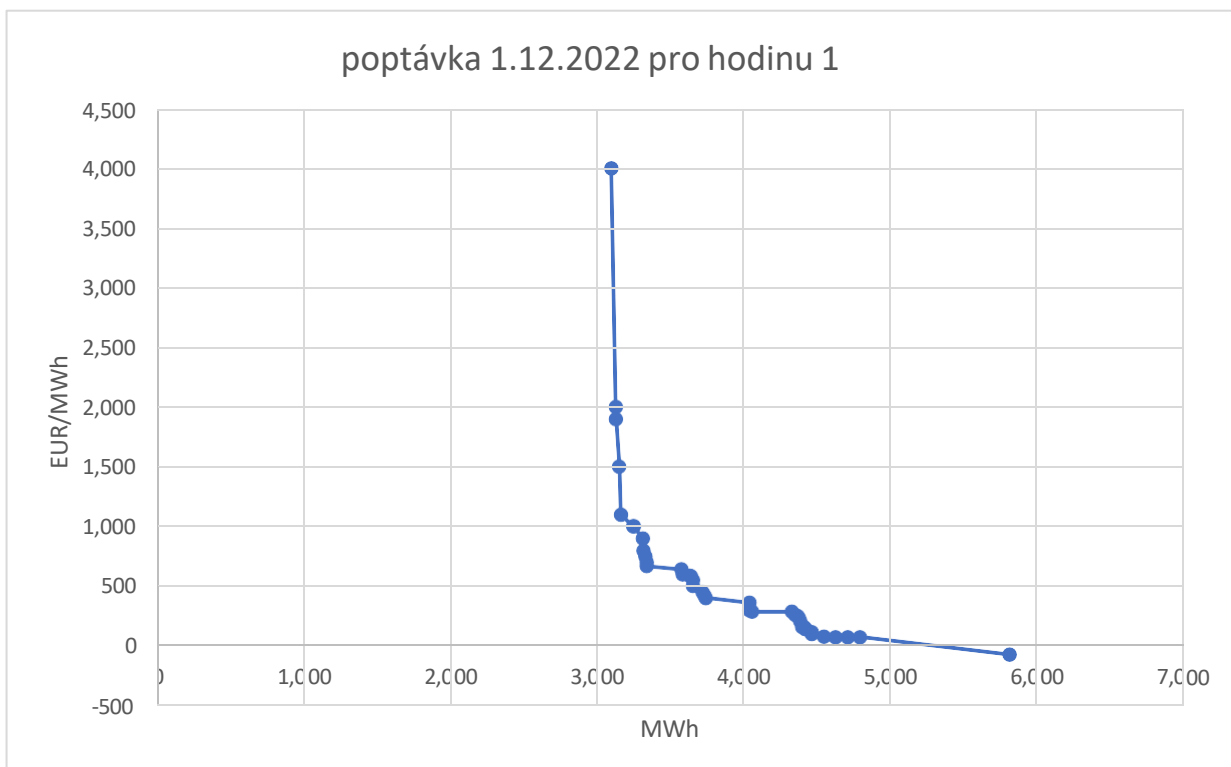
Den	Hodina	Cena (EUR/MWh)	Nabízené množství (MWh)	Sesouhlasené množství (MWh)	Typ obchodu	Oblast
01.12.2022	1	-75,01	1 021,5	0,0	nákup	ČR
01.12.2022	1	72,00	81,3	0,0	nákup	ČR
01.12.2022	1	73,15	82,3	0,0	nákup	ČR
01.12.2022	1	73,72	81,5	0,0	nákup	ČR

Obrázek 5: Příklad Agregované křivky sesouhlasení DT elektřina - 01.12.2022

Pro sestavení poptávkové křivky budu využívat jen typ obchodu - nákup. Seřadím ceny od největší po nejmenší a postupně budu sčítat hodnoty množství pro každou cenu.

Cena (EUR/MWh)	Q	suma Q
4 000,00	3 102,8	3 102,8
2 000,00	30,8	3 133,6
1 899,33	2,1	3 135,7
1 500,00	22,0	3 157,7
1 100,00	11,0	3 168,7
1 000,00	84,0	3 252,7
999,00	3,8	3 256,5
900,00	60,5	3 317,0
800,00	6,0	3 323,0

Obrázek 6: Tabulka pro sestavení poptávkové křivky - 01.12.2022, hodina 1



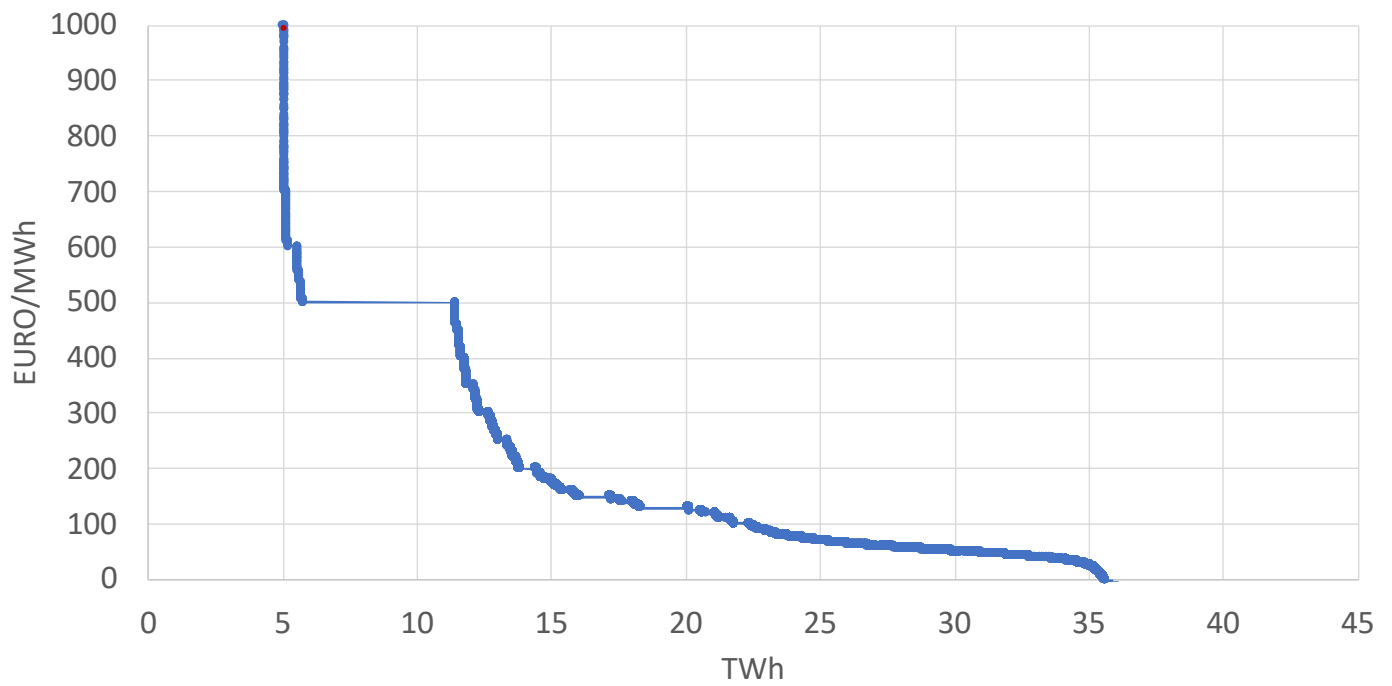
Obrázek 7: poptávka 1.12.2022 pro hodinu 1

Stáhl jsem data za období 1. 1. 2020 - 20. 12. 2022. Pro sestrojení poptávkové křivky za rok musím pro každou cenu sčítat množství, které bylo poptáváno za tuto cenu.



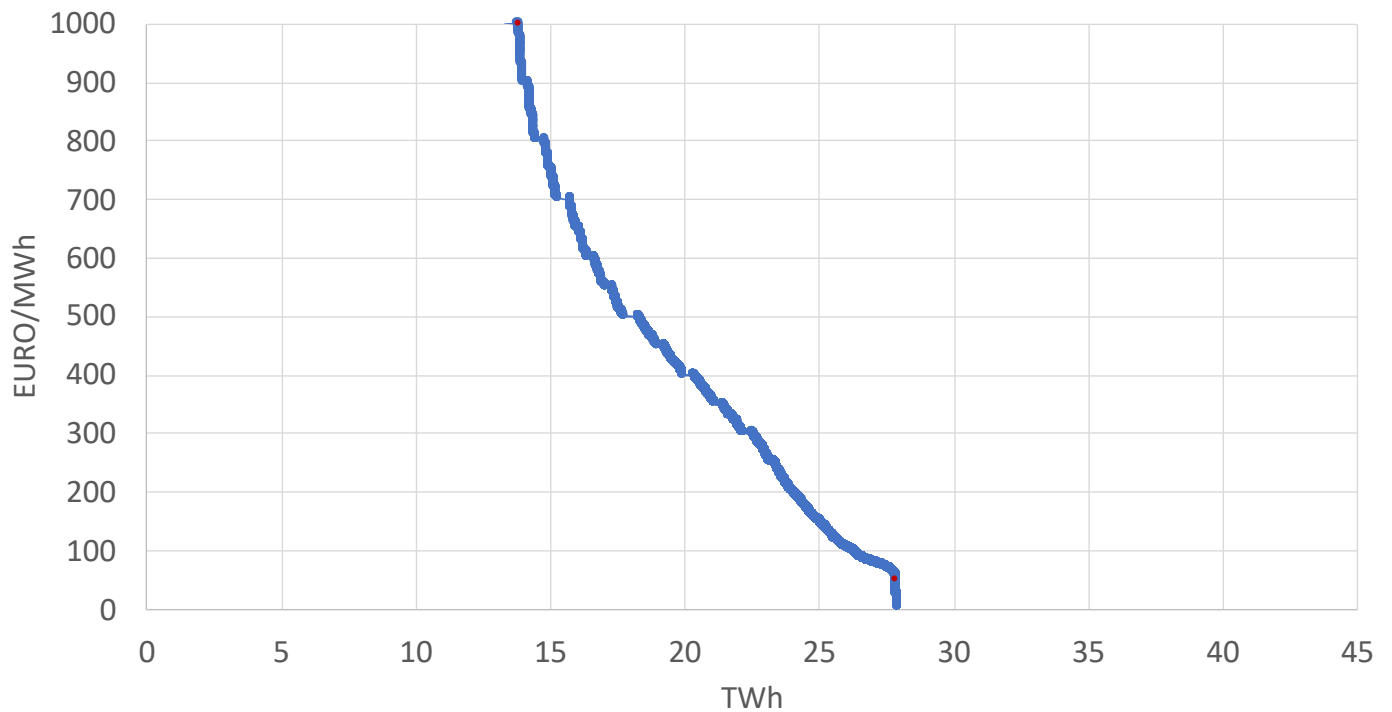
Obrázek 8: poptávka po elektřině 2020

poptávka 2021



Obrázek 9: poptávka po elektřině 2021

poptávka 2022



Obrázek 10: poptávka po elektřině 2022



Obrázek 11: poptávka po elektřině 2023

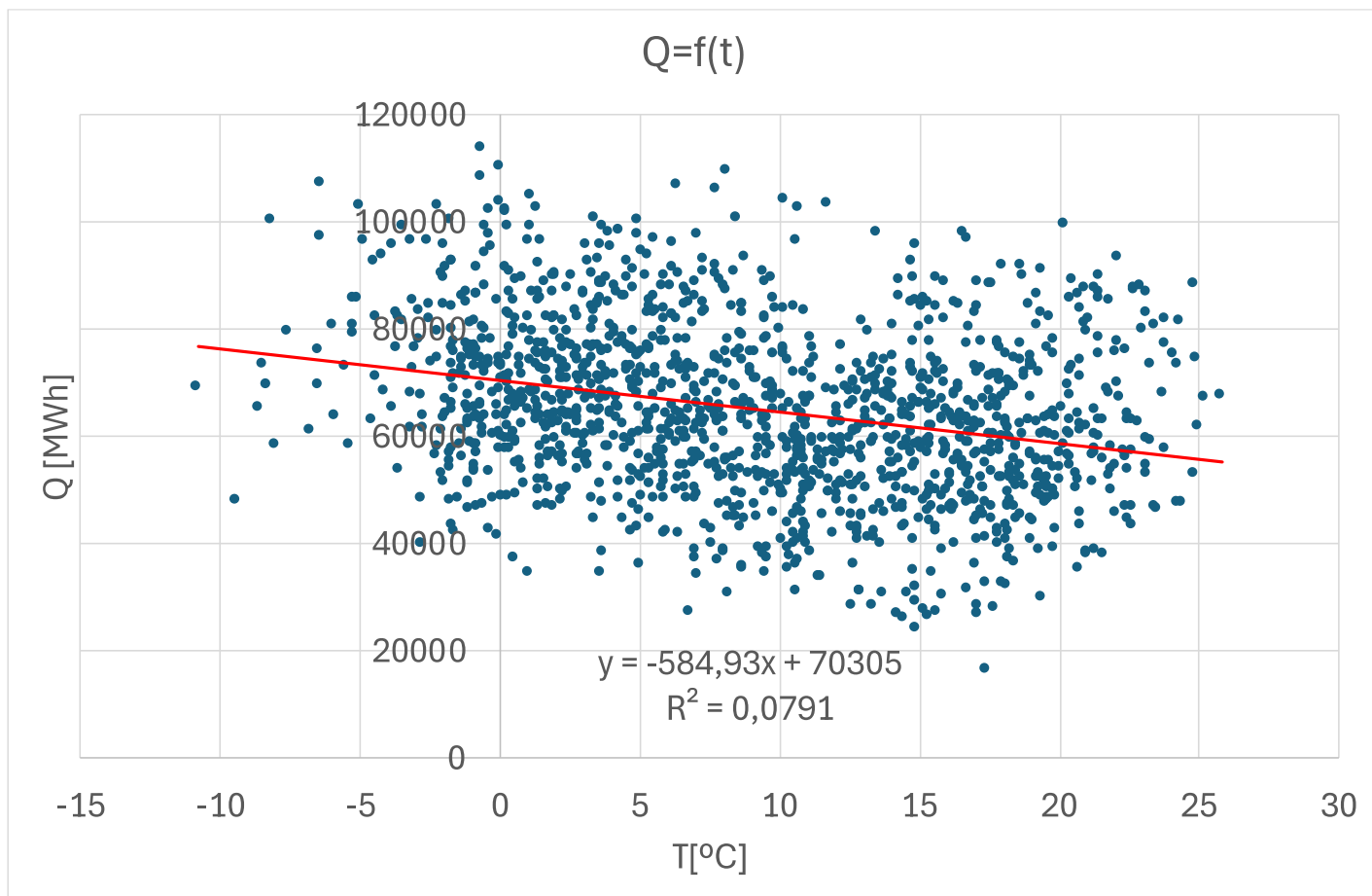
Poptávka po elektřině na burze je ovlivňována řadou faktorů, které mohou mít významný dopad na množství obchodované elektřiny a na ceny. Mezi hlavní faktory patří:

- **Hospodářský růst:** Poptávka po elektřině roste s hospodářským růstem. Vyšší ekonomická aktivita zvyšuje spotřebu elektřiny v průmyslu, komerčním sektoru a domácnostech.
- **Inflace a úrokové sazby:** Tyto makroekonomické ukazatele mohou ovlivnit náklady na elektřinu a tudíž i poptávku. Vyšší inflace a úrokové sazby mohou vést k vyšším nákladům na elektřinu a snížené poptávce.
- **Inovace a efektivita:** Pokroky v technologii, jako jsou energeticky úsporné spotřebiče a lepší izolační materiály, mohou snížit spotřebu elektřiny, a tím i poptávku. Naopak rozšíření elektromobilů a dalších technologických zařízení může poptávku zvýšit.

Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících poptávku po elektřině je počasí. Energetické společnosti a burzy využívají meteorologické předpovědi k plánování a optimalizaci dodávek elektřiny. Přesné předpovědi počasí umožňují lepší řízení zásob a vyrovnání poptávky a nabídky. Proto zkusím vliv počasí analyzovat.

4.1.2 Počasí

Hodnoty o teplotě pro každý den roku můžu najít na webu OTE. [8] Sestrojím graf závislosti poptávky na teplotě, a proložím data spojnicí trendu.



Obrázek 12: závislost poptávky na teplotě-lineární spojnice trendu pro elektřinu

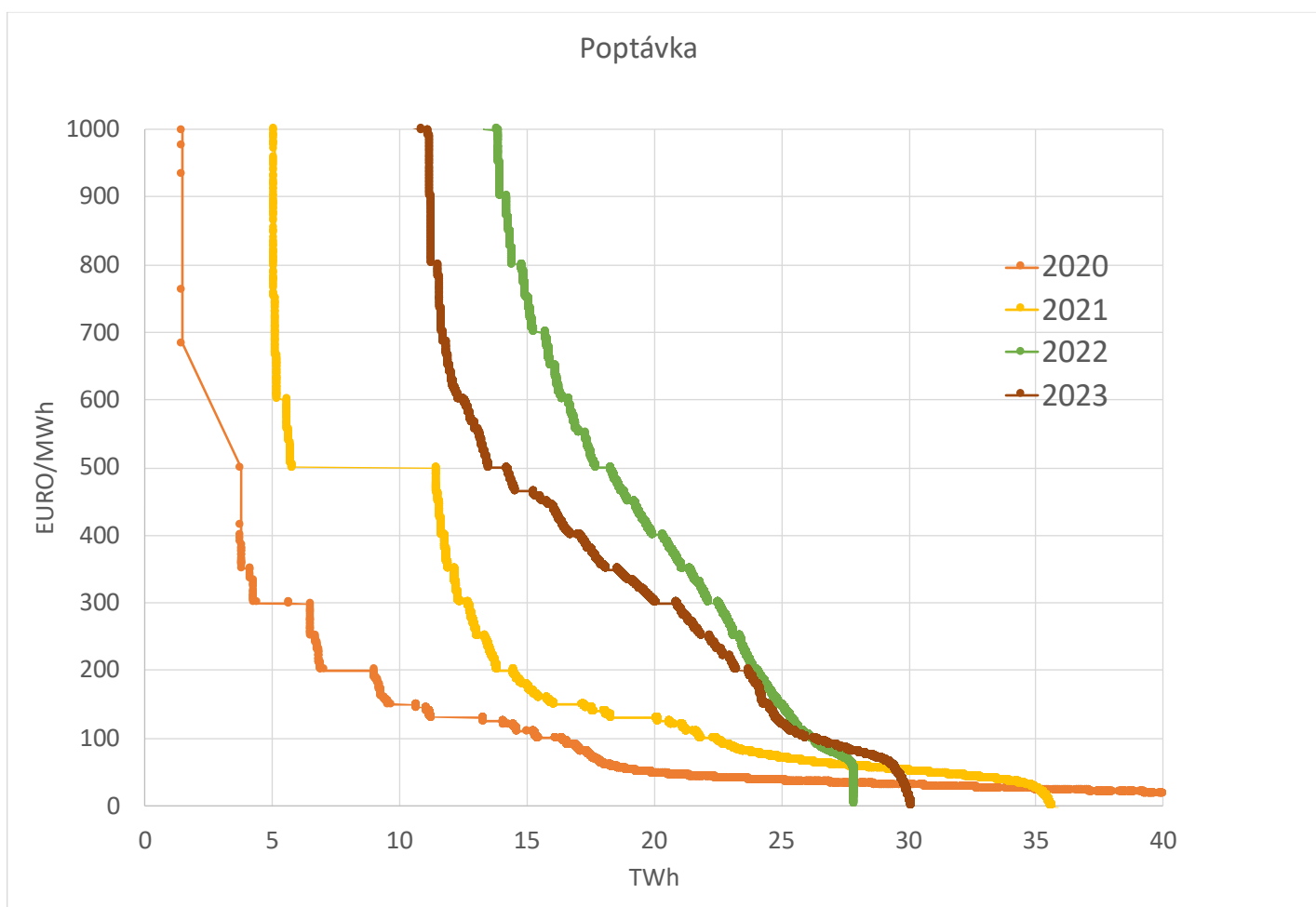
Provedl jsem lineární regresi pro závislost poptávky na teplotě. Hodnota $R^2 = 0,0791$ znamená, že pouze 7,91 % variability v poptávce po elektřině je vysvětleno změnami v teplotě. Tento výsledek ukazuje, že teplota má jen velmi malý vliv na poptávku po elektřině. Většina změn v poptávce je tedy ovlivněna jinými faktory, které nebyly zahrnuty v tomto jednoduchém lineárním modelu. Pro lepší vysvětlení a předpověď poptávky by bylo vhodné použít složitější modely zahrnující více proměnných.

Vypočtená hodnota korelace $r = -0,28$ naznačuje slabou negativní korelaci mezi spotřebovaným množstvím elektřiny a teplotou. To znamená, že při růstu teploty má tendenci spotřeba elektřiny mírně klesat, ale tento vztah není silný.

4.1.3 Porovnání poptávkových křivek po elektřině

Pro analýzu poptávky na burze jsem se rozhodl použít obloukovou elasticitu poptávky. Tato metoda je pro mě výhodnější než bodová elasticita z několika důvodů:

- Přesnost při velkých změnách: Oblouková elasticita poskytuje průměrnou elasticitu mezi dvěma body na křivce poptávky. Tento přístup je užitečný zejména tehdy, když jsou změny v cenách a množství významné. Bodová elasticita je vhodná pro malé změny, ale při větších výkyvech může být méně přesná.
- Průměrná hodnota: Oblouková elasticita zohledňuje širší rozsah dat a poskytuje průměrnou hodnotu elasticity. To je důležité pro analýzu trhů s velkými cenovými výkyvy, kde je potřeba získat reprezentativní průměrné hodnoty elasticity.



Obrázek 13: poptávkové křivky 2020-2023 elektřina

Elasticita	
2020	-0,85
2021	-0,75
2022	-0,37
2023	-0,46

Obrázek 14: Tabulka – hodnoty elasticit, elektřina-trh

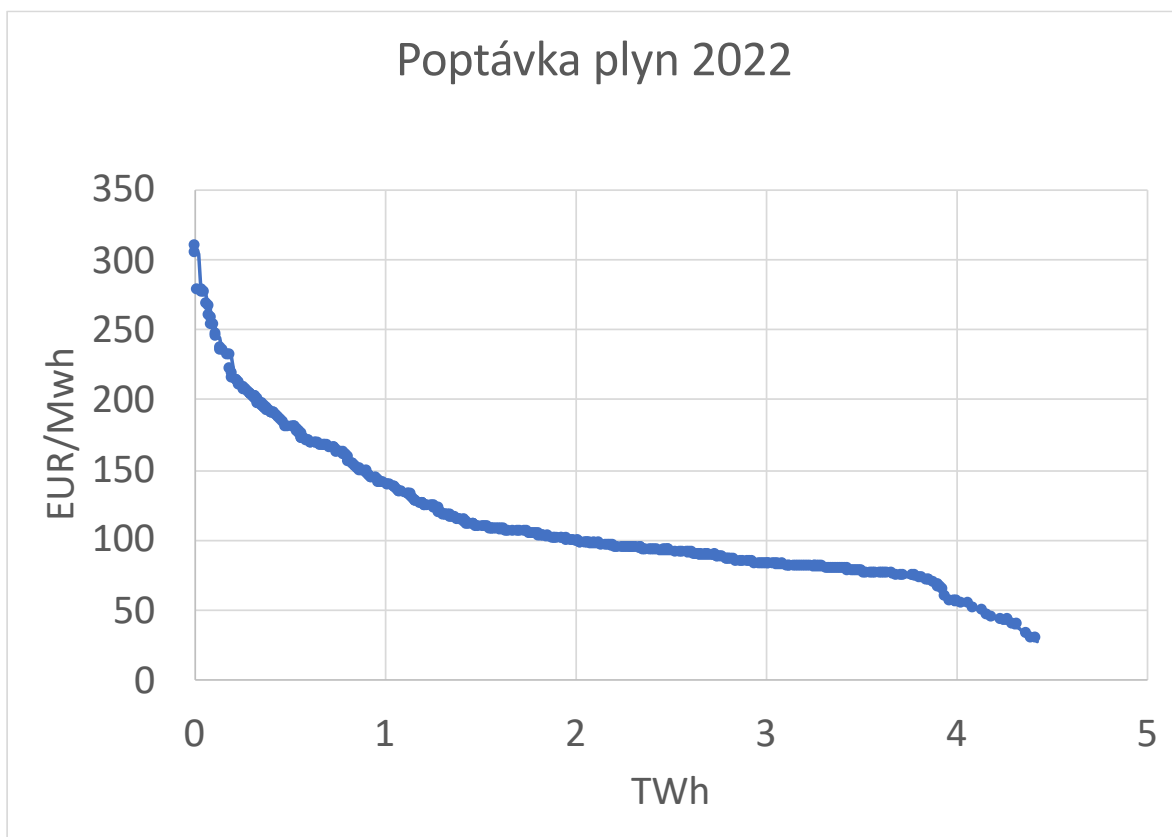
V letech 2020 a 2021 byla poptávka po elektřině elastická, což znamená, že poptávka výrazně reagovala na změny cen. To je vidět na grafech, kde je strmý pokles cen při relativně malých změnách v množství.

Poptávka v roce 2022 byla neelastická, což naznačuje, že poptávka po elektřině byla méně citlivá na změny cen. Graf ukazuje menší pokles cen při změnách v množství, což potvrzuje neelastičnost.

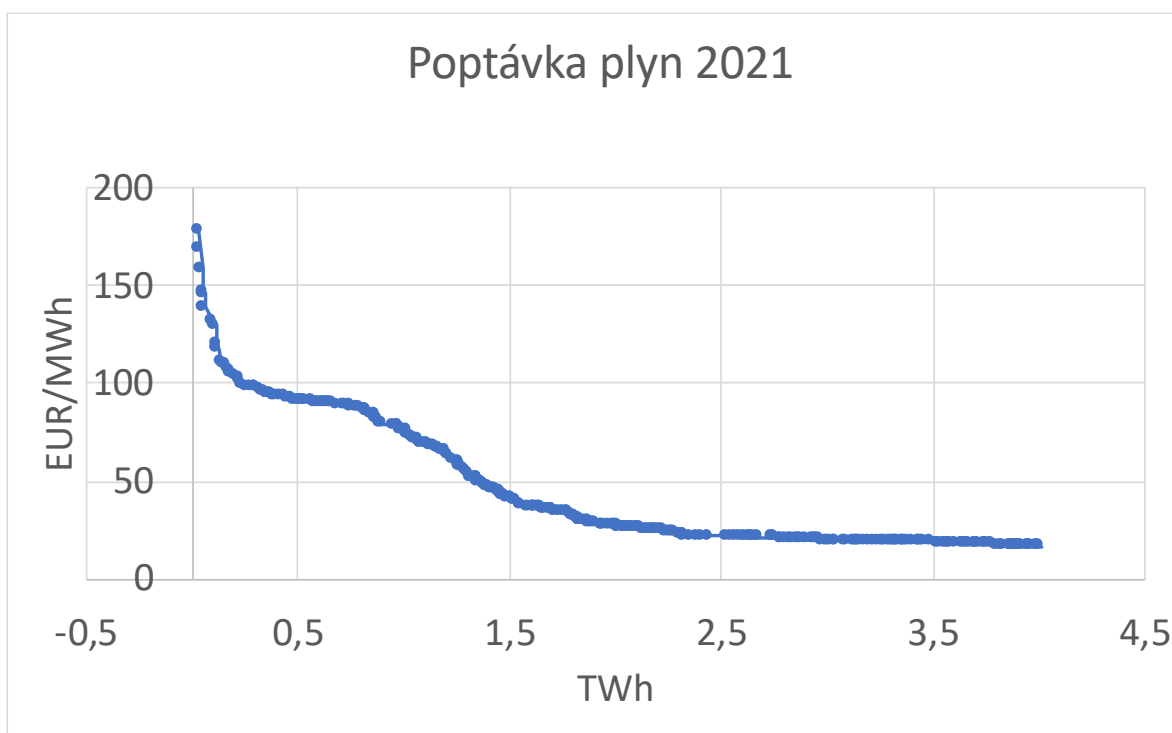
Elasticita se v roce 2023 opět zvýšila, ale poptávka zůstává méně elastická než v letech 2020 a 2021. To znamená, že poptávka po elektřině reagovala na změny cen, ale ne tak výrazně jako v období pandemie.

4.1.4 Analýza poptávky na vnitrodenním trhu s plynem

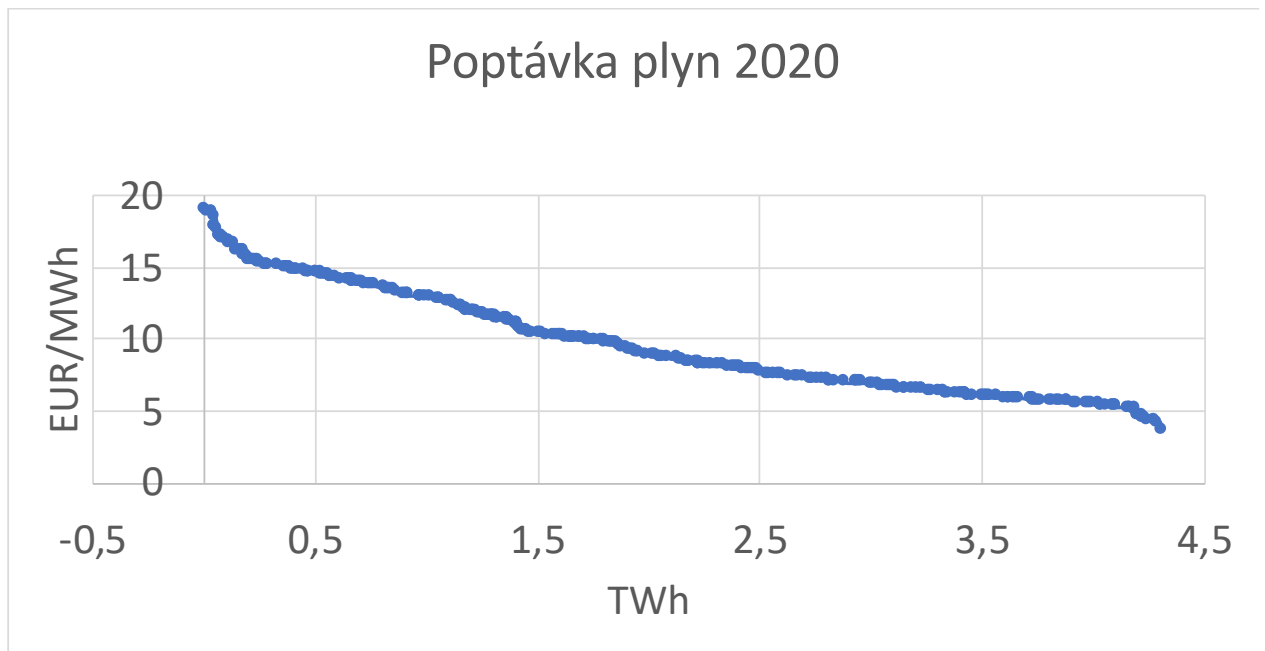
Elasticita Pro sestrojení poptávkových křivek po plynu využijeme data vnitrodenního trhu. Roční zpráva OTE o trhu s plynem udává jen vážený průměr cen za obchodní den, proto výsledná poptávka bude méně přesná než ta, kterou jsme měli u elektřiny. Metoda sestrojení grafů je úplně stejná jako v předchozím případě.



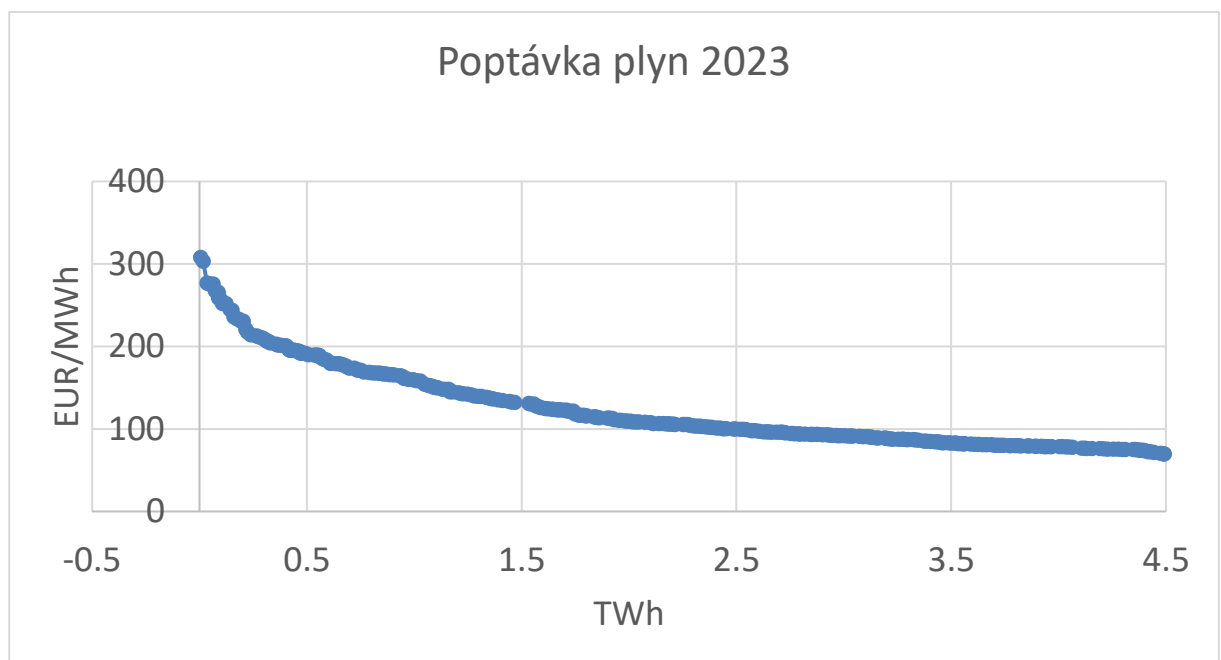
Obrázek 15: poptávka po plynu 2022



Obrázek 16: poptávka po plynu 2021

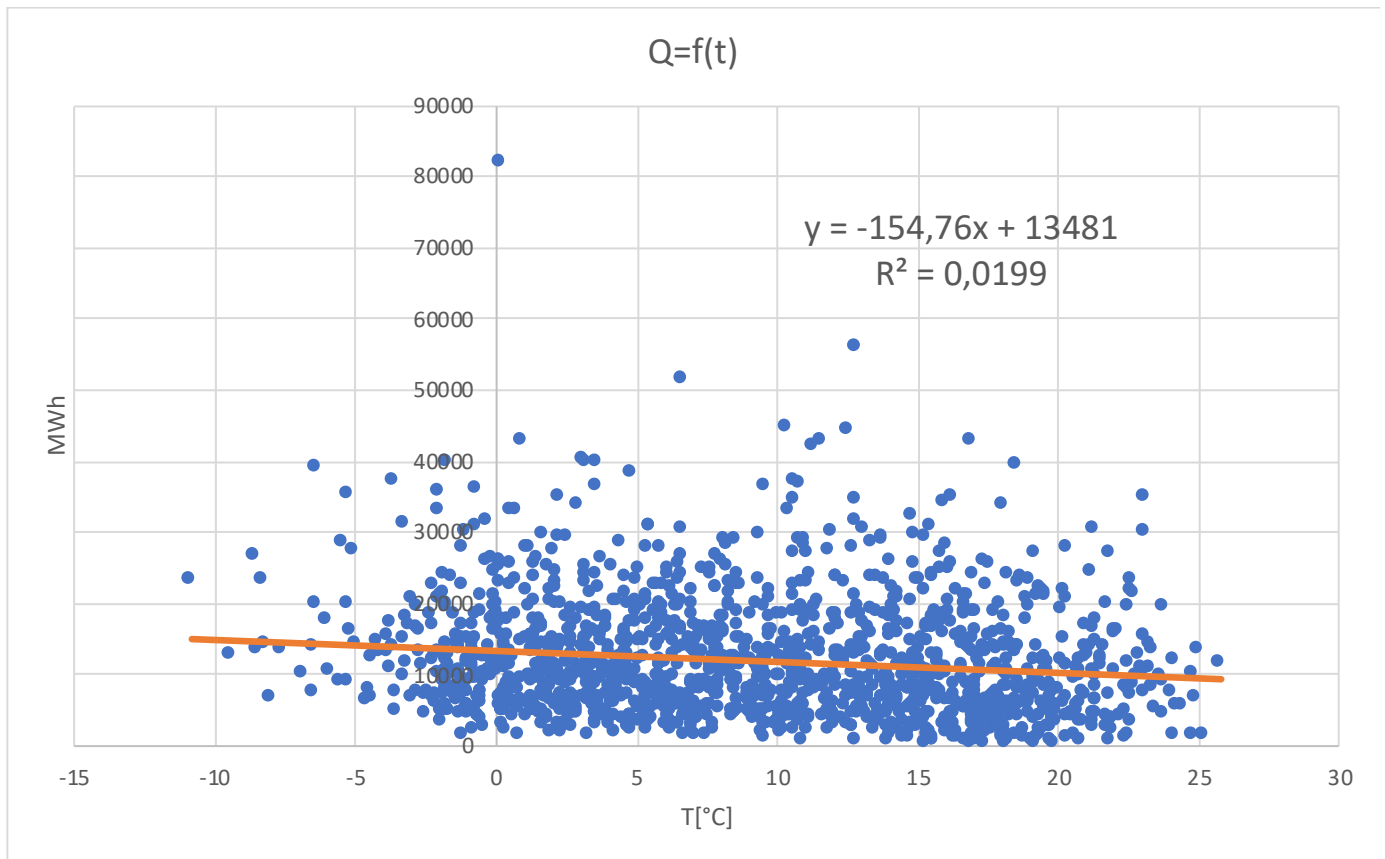


Obrázek 17: poptávka po plynu 2020



Obrázek 18: poptávka po plynu 2023

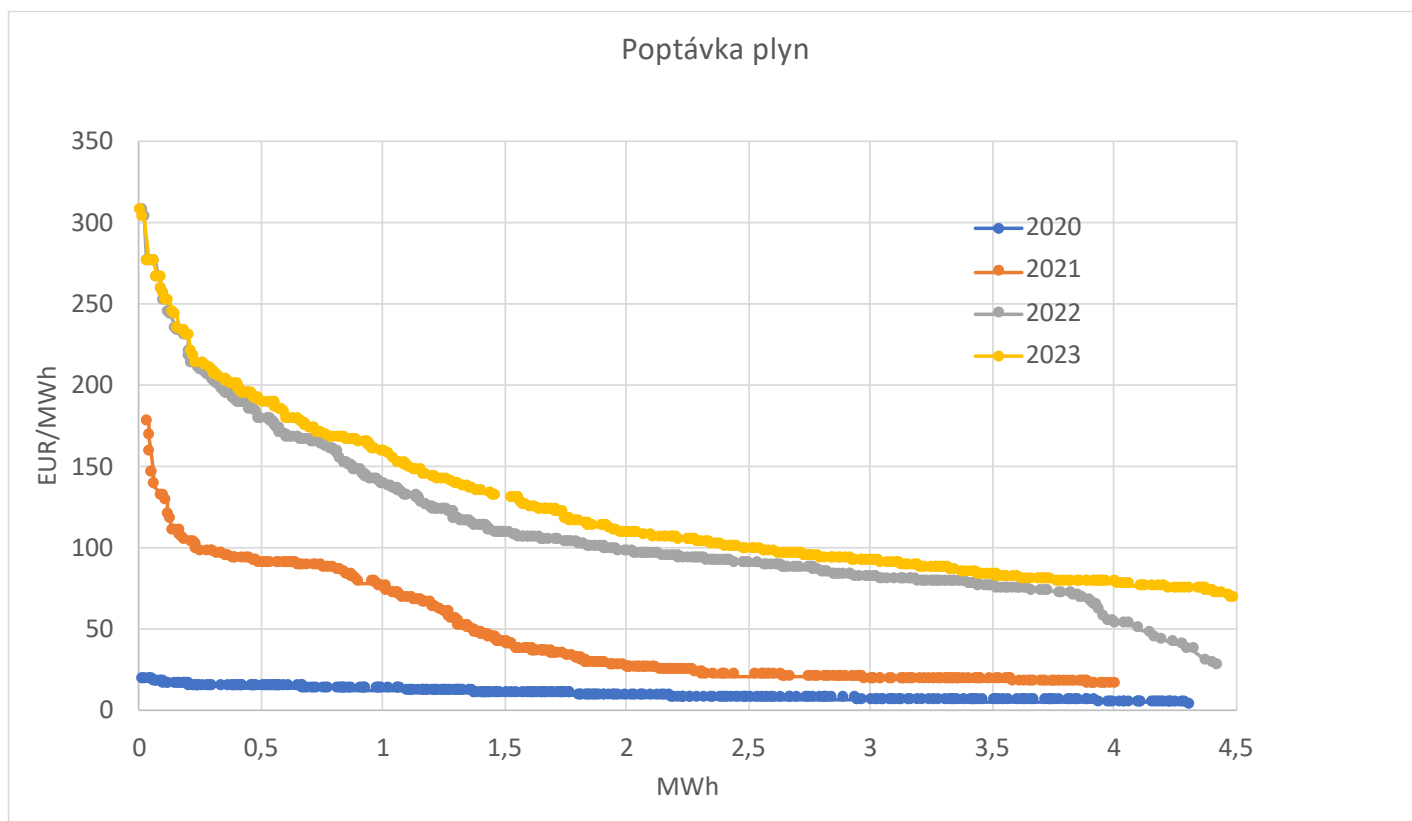
4.1.5 Počasí



Obrázek 19: závislost poptávky na teplotě-lineární spojnice trendu pro plyn

Hodnota $R^2 = 0,0199$ je výrazně nižší než ta, která byla u elektřiny což naznačuje, že model nyní vysvětluje ještě menší část variability ve spotřebě elektřiny. To může být způsobeno tím, že vztah mezi teplotou a spotřebou elektřiny se stává ještě slabším, nebo že jiný faktor má nyní větší vliv na spotřebu.

4.1.6 Porovnání poptávkových křivek po plynu



Obrázek 20: poptávkové křivky 2020-2023 plyn

Elasticita	
2020	-1,67
2021	-1,22
2022	-1,65
2023	-0,94

Obrázek 21: Tabulka – hodnoty elasticit, plyn-trh

Vysoká elasticita (2020 a 2022): Poptávka po plynu byla velmi citlivá na změny cen v těchto letech, což může být způsobeno ekonomickými nejistotami způsobenými pandemií a energetickou krizí. Střední elasticita (2021): Poptávka zůstala citlivá na změny cen, ale méně než v roce 2020, což může být způsobeno určitou stabilizací po prvotním šoku z pandemie. Snížená elasticita (2023): Poptávka se stala

méně citlivou na změny cen, pravděpodobně díky stabilizaci trhu a lepší adaptaci na nové ekonomické podmínky.

4.2 Poptávka domácností

4.2.1 Návrh a výběr modelu

Poptávka domácností po energii, konkrétně po elektřině a plynu, vykazuje výrazné rozdíly oproti poptávce na burze. Jedním z klíčových rozdílů je, že poptávka domácností není tak dynamická a nereaguje na změny cen stejně pružně jako poptávka na burze.

Na rozdíl od poptávky na burze je u domácností obtížné zjistit spotřebu na malých časových úsecích, což výrazně komplikuje tvorbu přesných poptávkových křivek. Pro přesné určení elasticity poptávky domácností budu využívat statistické metody, které umožňují analyzovat data za delší období a poskytují spolehlivé odhady elasticity na základě historických vztahů mezi cenou a spotřebou energie. Tento přístup zajistí, že výsledné hodnoty elasticity budou reflektovat reálné chování domácností na energetickém trhu.

Metody pro odhad elasticity poptávky

Lineární regrese [9]:

Popis: Lineární regrese je základní statistická metoda, která odhaduje vztah mezi závislou proměnnou (např. spotřeba energie) a jednou nebo více nezávislými proměnnými (např. cena energie, teplota).

Výhody:

Jednoduchost a snadná interpretace výsledků.

Rychlé a efektivní výpočty.

Možnost zahrnutí více proměnných (multivariátní regrese) pro zkoumání vlivu teploty spolu s cenou.

Nevýhody:

Předpokládá lineární vztah mezi proměnnými, což nemusí vždy odpovídat realitě.

Citlivost na extrémní a odlehlé hodnoty.

Log-log model [10]:

Popis: Tento model je speciální případ lineární regrese, kde jsou logaritmované jak závislé, tak nezávislé proměnné. Tento přístup je často využíván pro odhad elasticity.

Výhody:

Elasticity jsou přímo interpretovatelné jako koeficienty regrese.

Lepší pro data s velkým rozsahem hodnot.

Nevýhody:

Předpokládá konstantní elasticitu v celém rozsahu dat.

Logaritmování nulových a záporných hodnot není možné.

Pro odhad elasticity poptávky jsem zvolil log-log model z několika důvodů:

Přímá interpretace elasticity: V log-log modelu jsou koeficienty přímo interpretovatelné jako elasticity. To znamená, že změna jedné proměnné (např. ceny) 0,1 % vede k procentuální změně v závislé proměnné (např. spotřebě). Log-log model je vhodný pro data s velkým rozsahem hodnot, což je běžné u cen a spotřeby energie.

Řešení problému se zápornou teplotou:

V log-log modelu je nutné logaritmovat všechny proměnné kromě teploty, protože teplota může obsahovat záporné hodnoty. Tento přístup zajistí, že teplotu lze do modelu zahrnout bez úprav, které by mohly ovlivnit interpretaci výsledků.

Model specifikuji jako:

$$\text{Log}(Q_i) = \beta_0 + \beta_1 \log(C_i) + \beta_2 T_i + \epsilon_i$$

kde:

- Q_i je spotřeba elektřiny v období i , (může být v MWh),
- C_i je cena elektřiny za jednotku (např. cena za kWh) v období i ,
- T_i je teplota v období i (bez logaritmování),
- β_0 je konstanta,
- β_1 je koeficient elasticity ceny,
- β_2 je koeficient vlivu teploty,
- ϵ_i je chybový člen.

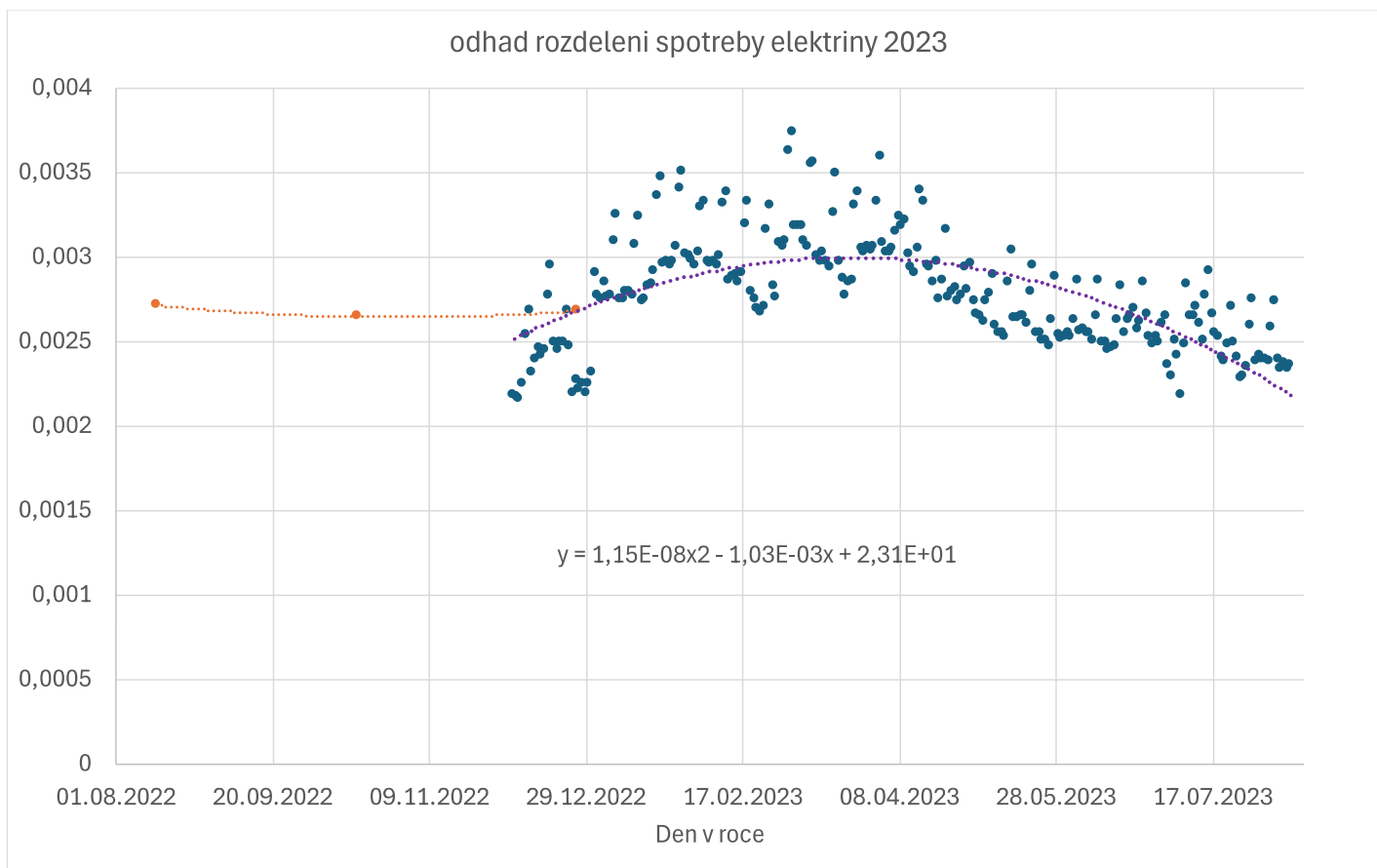
4.2.2 Postup

Podařilo se mi získat údaje od 11 lidí o jejich spotřebě elektřiny a platbách za poslední roky. Tyto údaje většinou zahrnují typické informace, které lze najít v ročním vyúčtování za elektřinu, které lze najít v ročním vyúčtování, jako je celková roční spotřeba a odpovídající platby. Někteří respondenti však měli detailní rozpis spotřeby za krátká období, což mi umožnilo provést podrobnější analýzu.

Fakturační období	Spotřeba MWh	Celková cena €	Celková cena Kč	Cena Kč/MWh			
01.01.23 - 11.08.23	2,871		7535,76	2624,79			
Datum	Hodina	EUR/MWH	CZK/MWH	Spotřeba kWh	Kurz	EUR	CZK
01.01.2023	1	4,84	116,7166	0,483791414	24,12 Kč	0,0023	0,06 Kč
01.01.2023	2	-0,35	-8,4403	0,440355118	24,115	0,00 Kč	0,00 Kč
01.01.2023	3	-0,97	-23,3916	0,390650526	24,115	0,00	-0,01
01.01.2023	4	-1,93	-46,542	0,34188579	24,115	0,00	-0,02

Obrázek 22: Tabulka – hodinová spotřeba elektřiny domácností

Díky těmto detailním údajům jsem mohl vypočítat, kolik energie jednotliví respondenti průměrně spotřebovali denně v poměru k jejich roční spotřebě. Získané údaje o spotřebě elektřiny jsem vizualizoval pomocí grafu.



Obrázek 23: odhad denní poměrné spotřeby elektriny pro srpen 22 - prosinec 23

Díky těmto detailním údajům jsem mohl vypočítat, kolik energie jednotliví respondenti průměrně spotřebovali denně v poměru k jejich roční spotřebě. Získané údaje o spotřebě elektriny Oranžová linie je polynomiální trendová linie druhého stupně (kvadratická), která byla použita k odhadu denní poměrné spotřeby elektriny na základě dostupných dat. Tato linie reprezentuje polynomiální trend, což je naznačeno rovnicí uvedenou v grafu:

$$y = 1,15 \cdot 10^{-8} x^2 - 1,03 \cdot 10^{-3} x + 23,1$$

Tato rovnice mi umožňuje dopočítat poměrnou spotřebu pro dny, o kterých jsem původně neměl informace. Díky tomu mohu vytvořit kompletní přehled o denní spotřebě elektriny pro celý rok, i když některé dny v původních datech chybí. Budu předpokládat, že toto rozložení spotřeby je stejné pro každý rok.

Většina domácností nemá na faktuře uvedenou roční spotřebu za kalendářní rok, protože jejich vyúčtování probíhá na konci léta. Ale díky rozložení spotřeby jsem dokázal přepočítat vyúčtovací rok na kalendářní. Nyní mám vše potřebné pro provedení regrese: denní spotřebu v MWh, vypočítanou jako roční spotřeba v kalendářním roce krát poměrná spotřeba za příslušný den, cenu za MWh znám z faktury, budu předpokládat, že tato částka je konstantní pro celou vyúčtovací dobu, a znám denní skutečnou teplotu pro každý den [11].

S těmito údaji provádím regresní analýzu, abych odhadl elasticitu poptávky a analyzoval vliv teploty na spotřebu elektriny.

4.2.3 Výsledky pro elektřinu

	2020	2021	2022	2023
E	-6,63	-4,74	-1,10	-1,70
T	-0,000687623	-0,00355731	-0,000740676	-0,00408341
R ²	0,275	0,378	0,333	0,336

Obrázek 24: Tabulka – hodnoty elasticit , elektřina-domacnost

Interpretace pro rok 2023:

- E = -1,70. Tato hodnota naznačuje, že poptávka po elektřině je elastická vůči ceně. To znamená, že 1% zvýšení ceny elektřiny by vedlo k poklesu spotřeby elektřiny o 1,70%. Spotřebitelé jsou tedy citliví na změny v ceně elektřiny a reagují na zvýšení ceny významným snížením spotřeby.
- T = -0,00408341. Tato hodnota je velmi malá a negativní, což naznačuje, že zvýšení teploty o 1 stupeň Celsia by vedlo k velmi malému poklesu spotřeby elektřiny, přibližně o 0,004%. Tento vliv je minimální, což může znamenat, že změny v teplotě nemají výrazný dopad na denní spotřebu elektřiny.
- R² = 0,336. Koeficient determinace R² udává, jak dobře model vysvětluje variabilitu v datech. Hodnota 0,336 znamená, že model vysvětluje 33,6% variability v denní spotřebě elektřiny. Zbývajících 66,4% variability je vysvětleno jinými faktory, které model nezachycuje. I když R² není velmi vysoké, naznačuje to, že model má určitou vysvětlovací schopnost, ale existuje prostor pro zlepšení a zahrnutí dalších proměnných do modelu.

4.2.4 Výsledky pro plyn

Pro analýzu spotřeby plynu použiji stejný log-log model jako pro elektřinu. Tento přístup umožní konzistentní porovnání výsledků a lepší pochopení vzorců spotřeby energií v domácnostech. Získal jsem údaje od 32 domácností o jejich roční spotřebě plynu. Jedna domácnost poskytla detailní měsíční data o spotřebě, což mi umožňuje vytvořit měsíční poměrné rozdělení spotřeby plynu. Díky těmto datům mohu odhadnout měsíční spotřebu pro ostatní domácnosti na základě jejich celkové roční spotřeby. Tento poměrný rozklad jsem aplikoval na roční spotřebu ostatních domácností, čímž jsem získal odhad měsíční spotřeby plynu pro každou domácnost. Mám k dispozici údaje o měsíční spotřebě plynu v MWh pro kalendářní rok, cenu plynu za MWh, a měsíční průměrné teploty. Tyto proměnné použiji pro regresní analýzu.

Rok	Elasticita (cena za kWh)	Koeficient (teplota)	R ²
2017	-2,0684	-0,0350	0,64142
2021	-1,3936	-0,0399	0,70902
2022	-1,8345	-0,0412	0,53452
2023	-1,8440	-0,0408	0,56236

Obrázek 25: Tabulka – hodnoty elasticit pro plyn-domacnost

Elasticita ceny pro plyn je vysoká a negativní ve všech sledovaných letech, což naznačuje, že spotřebitelé jsou citliví na změny v ceně plynu. Vliv teploty na spotřebu plynu je také významný a negativní, což znamená, že vyšší teploty snižují spotřebu plynu. Koeficient determinace R^2 ukazuje, že modely vysvětlují mezi 53% a 71% variability v datech, což naznačuje, že existují další faktory ovlivňující spotřebu plynu, které by mohly být zahrnuty do budoucích modelů pro zlepšení vysvětlovací schopnosti.

5. Závěr

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na analýzu elasticity poptávky po elektřině a plynu s cílem porozumět vlivům cenových změn a teploty na spotřebu energií. Použil jsem data z energetických burz a záznamy o spotřebě domácností, které pokrývají období několika let.

Analýza ukázala, že spotřebitelé na trhu s elektřinou jsou citliví na změny cen, což se odráží ve vysoké elasticitě poptávky v některých letech. Teplota má menší vliv na spotřebu elektřiny. Modely používané pro analýzu vysvětlují část variability v datech, ale existují další faktory, které by mohly být zahrnuty do budoucích analýz pro lepší pochopení spotřeby elektřiny.

Poptávka po elektřině v domácnostech je méně dynamická a méně citlivá na krátkodobé změny cen. Vliv teploty je významný, zejména v extrémních podmínkách, ale celkově má menší vliv než na trhu. Modely pro domácnosti také vysvětlují část variability, ale data jsou často omezenější a výsledky mohou být méně spolehlivé.

Elasticita ceny plynu byla vysoká ve všech sledovaných letech, což naznačuje vysokou citlivost spotřebitelů na změny v ceně plynu. Vliv teploty na spotřebu plynu byl také významný a negativní, což znamená, že vyšší teploty snižují spotřebu plynu. Výsledky této práce potvrzují údaje ze života a poskytují důležité poznatky pro energetické společnosti a tvůrce politik zaměřených na zlepšení energetické efektivity a přizpůsobení se klimatickým změnám.

Bibliografie

1. **VOKÁČOVÁ, Tereza.** Analýza tvorby ceny elektřiny na burzách [online]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/87967/MU-BP-2020-Vokacova-Tereza-Vokacova%20BP_Analyza%20tvorby%20ceny%20elektriny%20na%20burzach.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
2. **JABLONSKÁ, Šárka.** Strategie trhu s plynem [online]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/90089/F3-DP-2020-Jablonska-Sarka-Strategie%20trhu%20s%20plynem_Jablonska.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
3. **Vyúčtování plynu: Jak se vyznat ve faktuře za plyn?** [online]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/vyuctovani-plynu-jak-se-vyznat-ve-fakture-za-plyn>
4. **FIALOVÁ, Helena; FIALA, Jan.** Ekonomický slovník s odborným výkladem česky a anglicky. Praha: Grada Publishing, 2014.
5. **VOZÁROVÁ, Kristýna.** Elasticita v ekonomii [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/ogaxj/Bakalarska_prace.pdf
6. **Elasticita poptávky.** E-learning TUL [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/mod/resource/view.php?id=12345>
7. **OTE, a.s. Krátkodobé trhy.** [online]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/kratkodobetrhy>
8. **OTE, a.s. Teploty.** Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-plynu/teploty?date=2022-12-01>
9. Wikipedie: Otevřená encyklopedie. 2024. „Lineární regrese.“ Poslední úprava 24. května 2024. https://cs.wikipedia.org/wiki/Line%C3%A1rn%C3%AD_regrese.
10. Benoit, K. (2019). Log-Log Models. Dostupné z: <https://kenbenoit.net/assets/courses/ME104/logmodels2.pdf>
11. Český hydrometeorologický ústav. Historická data: Počasí - územní teploty. [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Model trhu s elektřinou.	4
Obrázek 2: Účastníci trhu s plynem.	6
Obrázek 3: Průběh kontinuálního obchodování na vnitrodenním trhu s plynem.....	7
Obrázek 4: Příklad poptávkové křivky	8
Obrázek 5: Příklad Agregované křivky sesouhlasení DT elektřina - 01.12.2022.	9
Obrázek 6: Př tabulka pro sestrojení poptávkové křivky - 01.12.2022, hodina 1	9
Obrázek 7: poptávka 1.12.2022 pro hodinu 1.	10
Obrázek 8: poptávka po elektřině 2020.	10
Obrázek 9: poptávka po elektřině 2021	11
Obrázek 10: poptávka po elektřině 2021	11
Obrázek 11: závislost poptávky na teplotě-lineární spojnice trendu	12
Obrázek 12: závislost poptávky na teplotě-proložení polynomem 4 stupně.....	13
Obrázek 13: poptávkové křivky 2020-2022 elektřina.	14
Obrázek 14: poptávka po plynu 2020	15
Obrázek 15: poptávka po plynu 2021	15
Obrázek 16: poptávka po plynu 2022.	16
Obrázek 17: poptávkové křivky 2020-2022 plyn.	17
Obrázek 18: závislost poptávky na teplotě-lineární spojnice trendu	18