



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**EKONOMICKÁ ANALÝZA INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ
RODINNÝCH DOMŮ**

ECONOMIC ANALYSIS OF FAMILY HOUSE COSTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Mišúth

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIE Stavební inženýrství – management stavebnictví
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Marek Mišúth
Název	Ekonomická analýza investičních nákladů rodinných domů
Vedoucí práce	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Souček, E., Statistika pro ekonomy. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2006. 267 s. Edice učebních textů. Kvantitativní metody. ISBN 80-86730-06-9.

Pejchal, J., Když chci stavět dům, Computer PRESS 2007, ISBN 978-90-251-1482-7.

Příslušné legislativní a technické požadavky na výstavbu domů pro individuální bydlení (Stavební zákon, Obecné požadavky na výstavbu, příslušné ČSN).

Cenové podklady a statistiky vývoje cen ve stavebnictví vydávané tvůrci cenových soustav.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je analyzovat investiční náklady na stavbu rodinného domu a predikovat jejich možný vývoj.

Předpokládaná osnova diplomové práce:

1. charakteristika a popis stavby,
2. sestavení položkového rozpočtu,
3. analýza stavby / stavebních materiálů,
4. analýza vývoje cen ve stavebnictví,
5. celkové vyhodnocení.

Předpokládaným výstupem diplomové práce bude analýza investičních nákladů na stavbu rodinného domu a predikce jejich možného vývoje.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Hlavním cílem diplomové práce je analýza vývoje cen komodit ovlivňující ceny materiálů a prokázání jejich dopadu na dané materiály. Sledované materiály byly vybrány tak, aby zastupovali co nejširší škálu na stavebním trhu. Finálním výsledkem práce je predikce ceny referenčního objektu pro období následujících pěti let.

KLÍČOVÁ SLOVA

cena, vývoj, materiál, predikce, Arima, FB prophet, indikátor, ropa, komodity, korelace,

ABSTRACT

The main goal of the diploma thesis is to analyze the development of commodity prices affecting the prices of materials and to prove their impact on the materials. The monitored materials were selected to represent the widest possible range of the construction market. The final result of the work is the prediction of the price of reference object for the next five years.

KEYWORDS

price, development, material, prediction, Arima, FB prophet, indicator, oil, commodity, correlation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Marek Mišúth *Ekonomická analýza investičních nákladů rodinných domů*. Brno, 2022. 125 s., 21 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Ekonomická analýza investičních nákladů rodinných domů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 5. 1. 2022

Bc. Marek Mišůth
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Ekonomická analýza investičních nákladů rodinných domů* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 1. 2022

Bc. Marek Mišůth
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Touto formou bych chtěl poděkovat Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a za jeho čas strávený při konzultacích. Také bych chtěl poděkovat pánovi Michalovi Kováčovi za poskytnuté data a odborné rady. Dále také děkuji své rodině a přítelkyni za podporu při studiu.

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Časová řada	2
2.1.	Stacionární a nestacionární časové řady	2
2.2.	Model náhodné procházky	3
2.3.	Trend	4
2.4.	Sezónnost	4
3.	Korelace	5
3.1.	Výpočet korelačního koeficientu	5
3.2.	Kovariance	6
3.3.	Směrodatná odchylka	6
3.4.	Síla korelační závislosti	7
3.5.	Kauzalita	8
3.6.	Regresní analýza	8
4.	Normální rozdělení	9
4.1.	Q–Q plot	10
5.	Předpovědi v časových řadách	11
6.	Metoda klouzavých průměru	12
7.	Predikce klouzavého průměru	13
8.	Exponenciální vyrovnaní	15
8.1.	Jednoduché exponenciální vyrovnavání	15
9.	Predikční intervaly	17
10.	Monte Carlo	18
10.1.	Metodika Monte Carlo	18
10.2.	První Metoda	18
10.3.	Druhá Metoda	19
10.4.	Alternativní metoda	20
11.	Holt-Wintersova metoda	21
12.	Arima	22
12.1.	FB prophet	23
13.	Cena ropy	24
13.1.	Determinanty cen ropy	24
13.2.	Neekonomičnost ropného trhu	25
13.3.	Brent vs WTI ropa	28
13.4.	Porovnání cen Brent a WTI ropy	28
13.5.	Pád ceny ropy	29
13.6.	Vliv ceny ropy na český trh	30
13.7.	Vliv ceny ropy na pohonné hmoty	31

13.8.	Cena řeziva	33
13.9.	Ceny řeziva v pandemii	34
13.10.	Vliv ceny řeziva na český trh.....	35
14.	Cena plynu	36
15.	Cena železné rudy	38
15.1.	Čína a její vliv na ceny oceli	40
15.2.	Korelace železa	41
16.	Emisní povolenky	42
17.	Energetický sektor.....	43
18.	Referenční objekt.....	44
18.1.	Náklady na stavbu	46
19.	Metodika.....	48
19.1.	Introdukce k výpočtové části	48
20.	Vliv komodit na materiály	49
21.	Korelace vstupů a komodit s materiály.....	50
21.1.	Ropa.....	50
21.2.	Řezivo	52
21.3.	Železná ruda	53
21.4.	Zemní plyn	54
21.5.	TTF plyn	55
21.6.	Elektřina průmysl.....	56
22.	Zhodnocení	58
23.	Vybrané korelace	59
23.1.	Řezivo – Hranol, T.i. deska, Cement	59
23.2.	Zemní plyn – Pórobetonová cihla, Vlys parkety, Sádrokartón.....	60
23.3.	TTF plyn – Štěrkopísek, Cement	62
23.4.	Elektřina průmysl – T.I.deska.....	63
23.5.	Zhodnocení mezi komoditami	64
23.6.	Zhodnocení korelací mezi komoditami a materiály.....	66
23.7.	Korelace mezi materiály	67
24.	Rok 2021	68
24.1.	Komodity	69
24.2.	Materiály	69
25.	Vybrané korelace pro rok 2021.....	70
25.1.	Ropa Brent.....	70
25.2.	Zhodnocení pro rok 2021	75
26.	Ukazatele	76
26.1.	Emisní povolenky.....	76

26.2.	HDP	77
26.3.	Medián mezd	79
26.4.	Desetileté dluhopisy České republiky	80
27.	Zhodnocení	82
28.	Analýza cen	83
28.1.	Beton	85
28.2.	Rok 2021	86
29.	Predikční modely	88
29.1.	Ropa	88
29.2.	Beton	90
29.3.	Naivní metoda	92
29.4.	Metoda exponenciálního vyrovnní	93
29.5.	Arima	93
29.6.	Holt-Wintersova metoda	94
29.7.	Porovnání modelů	94
29.8.	Předpověď modelu ARIMA	95
29.9.	Beton od roku 2017	95
29.10.	Beton rok 2021	97
30.	Predikce výroby	98
30.1.	Výroba transportbetonu	98
31.	Zhodnocení komodit	100
31.1.	Plyn EU	100
31.2.	Plyn Henry Hub	101
31.3.	Železná ruda	101
31.4.	Řezivo	102
31.5.	Elektřina	102
32.	Zhodnocení predikcí	103
33.	Zhodnocení dopadů predikcí na referenční stavbu	104
34.	Závěr	106
35.	Reference	107
36.	Zdroje dat	110
37.	Seznam obrázků	111
38.	Seznam tabulek	114
39.	Seznam zkratk a použitých symbolů	115
40.	Seznam příloh	115

1. Úvod

Cílem práce je analýza vývoje cen jednotlivých komodit a dokázání jejich vlivu na český trh stavebních materiálů. Tyto materiály byly vybrány na základě projektu referenční stavby. Zde budou materiály vystupovat jako jednotlivý zástupci stavebních dílů. Nakonec budou tyto materiály sjednoceny ve formě predikce ceny referenčního objektu, jako celku.

Práce obsahuje teoretickou a praktickou (výpočtovou) část, které nejsou obsahově odděleny a prolínají se.

Teoretická část začíná vysvětlením jednodušších matematických modelů, které budou použity pro analýzy a predikci cen. Dále se věnuji matematickým pojmům, jako je korelace, kovariance, typy rozdělení, rozbor časové řady a její komponentů. Po této matematické části se zabírám cenami komodit a to: ropy, řeziva, železné rudy, zemního plynu a elektřiny. Při těchto komoditách procházíme jejich historickým vývojem nebo se zabýváme jejich nedávným cenovým vývojem, hlavně z důvodu jedinečnosti období 2020-2021 (pandemie COVID-19).

Výpočtová část obsahuje vyčíslení korelací komodit s vybranými materiály. Z těchto korelací byly vybrány ty nejvyšší a dále prozkoumány. Následuje výběr a zkoumání indikátorů, které by měli sloužit jako možné ukazatele pro vývoj cen materiálů. V samostatné kapitole je pozorován vývoj cen komodit a materiálů v roce 2021, z důvodu jeho jedinečnosti. Tato část je zakončena cenovými predikcemi, jejich závěrečnými zhodnoceními a vlivu na referenční stavbu.

2. Časová řada

Časovou řadou rozumíme posloupnost hodnot ukazatelů. Jsou měřené v určitých časových intervalech. Dané intervaly jsou zpravidla rovnoměrné. Zapisují se následujícím způsobem. [1]

$x_1, x_2, \dots, x_n$ nebo $x_t \rightarrow t = 1, \dots, n$

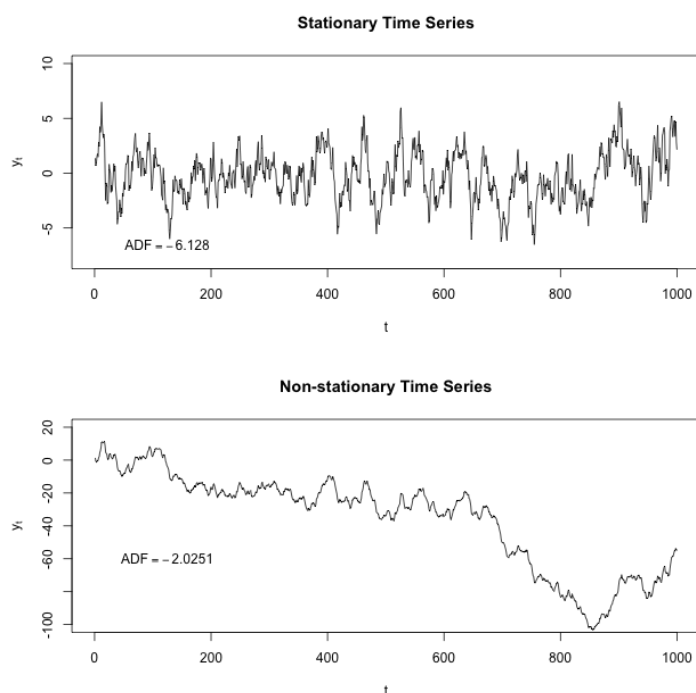
2.1. Stacionární a nestacionární časové řady

Chování časové řady ze statistického hlediska může podléhat změnám v průměru či variabilitě. Změny variability jsou pozorovány směrodatnou odchylkou a rozptylem. Při těchto změnách se řada stává nestacionární. Pokud je řada stále stejná, hovoříme o ní jako o stacionární.

Jinak řečeno, u stacionární řady nedokážeme odlišit jeden úsek řady od druhé. Sledujeme přitom statistické parametry jako je aritmetický průměr hodnot nebo jejich rozptyl.

Nestacionární řada vykazuje změny v chování. Například aritmetický průměr hodnot ze začátku sledování je signifikantně jiný než průměr členů na konci řady. Při takové řadě říkáme, že vykazuje trend.

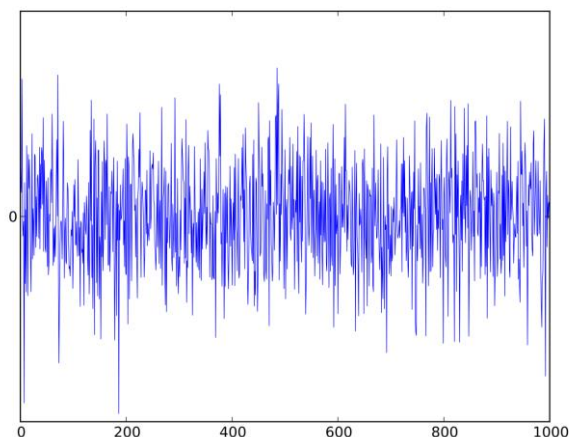
Stacionární chování je podstatným předpokladem některých typů analýz. Stacionaritu je pak třeba testovat a případně vhodným způsobem transformovat s cílem odstranění nestacionarity. [1] [2]



Obrázek 1: Stacionární a nestacionární časové řady [12]

V grafu je vyobrazen průběh typické nestacionární časové řady vykazující klesající trend. Nad ní vidíme nestacionární řadu.

Nejnáhodnější ze všech „rozumných“ časových řad je bílý šum se svou střední hodnotou $\mu = 0$ a konstantním rozptylem. Jedná se o časovou řadu, která obsahuje rovnoměrný podíl frekvenčních složek všech vlnových délek, podobně jako bílé světlo obsahuje složky všech barev spektra. [1] [2]

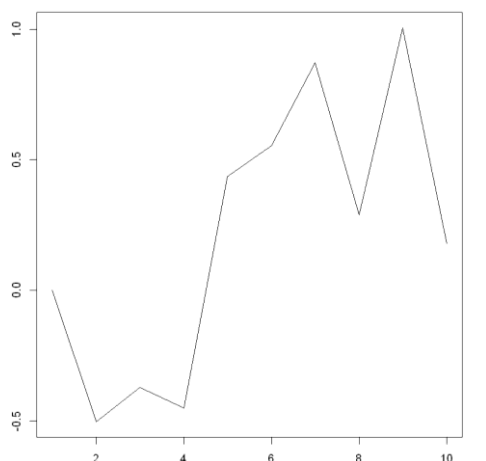


Obrázek 2: Bílý šum [12]

2.2. Model náhodné procházky

Jedná se o stochastický proces. Tento jednoduchý proces je nestacionární, protože průměr a rozptyl nejsou konstantní. Použije-li se proces tohoto typu k popisu dynamického chování (např. akcí, spotřebitelských cen), jde o nestacionární model časových řad.

Limitou náhodní procházky je Brownův pohyb. Brownův pohyb je náhodní pohyb mikroskopických částic v kapalném nebo plynném médiu. [1]



Obrázek 3: Model náhodné procházky [tvorba autora]

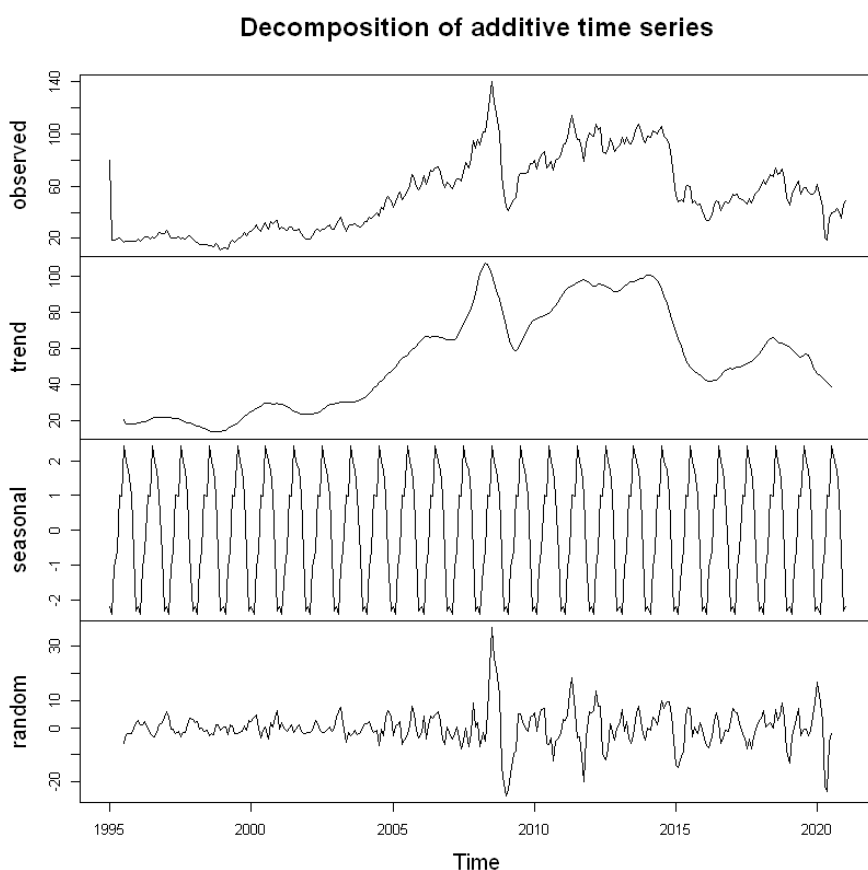
Na obrázku můžeme vidět vygenerovaná data metodou náhodné procházky. Začátek dat x i y se rovná nule. Poté bylo vygenerováno 10 náhodných dat pro x i y. [1]

2.3. Trend

Trend existuje, když dochází k dlouhodobému nárůstu nebo poklesu dat. Nemusí být jenom lineární. Trend můžeme někdy označovat jako „měnící se směr“, když může přejít z rostoucího na klesající trend. [1]

2.4. Sezónnost

Sezonní schéma na základě dat nastává, když je časová řada ovlivněna faktory, jako je např. měsíc v roce, nebo den v týdnu. Sezónnost vždy obsahuje pevné a známé sledované období. [1]



Obrázek 4: Dekompozice vývoje cen ropy [tvorba autora]

Na grafech vidíme dekompozici časové řady cen ropy. První jsou samotná data vykreslená na grafu. Následuje trendová složka. Dále sezonní složku dat a poslední graf představuje náhodnou složku.

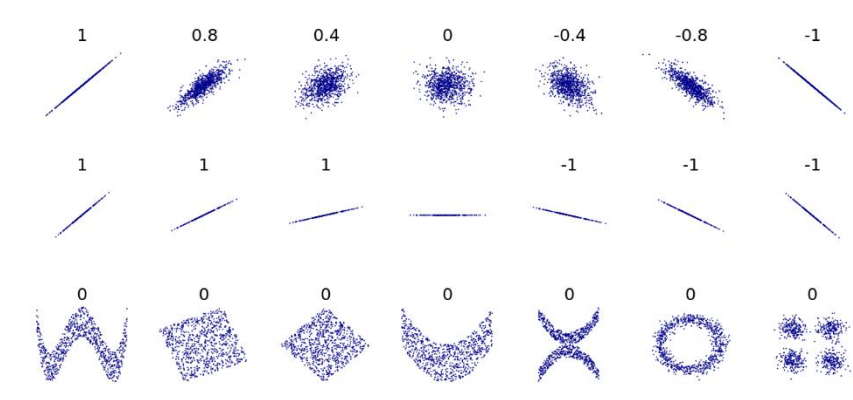
3. Korelace

Korelační koeficient je veličina, která určuje, do jaké míry je pohyb dvou různých proměnných spojen. Nejběžnější korelační koeficient je generován Pearsonovou korelací součinu a momentu. Používá se k měření lineárního vztahu mezi dvěma proměnnými. V nelineárním vztahu nemusí být vždy vhodným měřítkem závislosti.

Možný rozsah hodnot korelačního koeficientu je -1,0 až 1,0. Jinak řečeno, hodnoty nemohou překročit hodnotou 1,0 nebo být menší než -1,0. Korelace -1,0 značí dokonalou negativní korelaci, naopak 1,0 dokonalou pozitivní korelaci. Korelační koeficient menší než nula značí negativní vztah (např. když se dvě akcie pohybují v opačných směrech směrem). Koeficient větší než nula představuje vztah pozitivní (např. když se dvě akcie pohybují stejným směrem).

Hodnota nula znamená, že mezi dvěma zkoumanými proměnnými není žádný lineární vztah. Je ale možné, že proměnné mají silný křivočarý vztah, když je hodnota korelačního koeficientu blízka nule (mezi -0,1 a 0,1) obecně nemají lineární vztah (nebo mají velmi slabý lineární vztah).

Na finančních trzích se korelační koeficient používá k měření korelace mezi dvěma cennými papíry. [1], [3]



Obrázek 5: Grafické znázornění korelací [33]

Zobrazení množin (x,y) bodů s korelačním koeficientem pro každou množinu.

3.1. Výpočet korelačního koeficientu

Před stanovením korelace je nutné vypočítat kovarianci těchto dvou proměnných. Dále je vyžadována standardní odchylka každé proměnné. Korelační koeficient (ρ_{xy}) je určen podílem korelace se součinem směrodatných odchylek dvou proměnných. [1] [4] [5]

$$\text{Korelace} = \text{Pearsonův korelační koeficient} = \rho_{xy} = \frac{\text{Cov}_{xy}}{S_x S_y}$$

3.2. Kovariance

Kovariance (Cov_{xy}) je měřítkem toho, jak se dvě proměnné společně mění. Jeho velikost je neomezená, je tedy obtížné ho interpretovat.

Kovariance vyhodnocuje společné pohyby středních hodnot dvou veličin. Pokud se například výnos akcie A posune výše kdykoliv, kdy se výnos akcie B posune výše a stejný vztah se najde, když se výnos každé akcie sníží, pak můžeme mluvit o pozitivní kovarianci. Ve finančnictví se kovariance vypočítává tak, aby nám pomohla diverzifikovat držbu cenných papírů. [5]

Výpočet kovariance:

$$Cov_{xy} = \frac{(x_n - x_m)(y_n - y_m)}{N - 1}$$

x_n – daná hodnota x v sadě dat

x_m – průměr hodnot x

y_n – hodnota y v sadě dat, která odpovídá x_n

y_m – průměr hodnot y

N – počet datových bodů

Jak bylo výše zmíněno, kovariance může nabývat neomezených hodnot. Na základě vypočtené kovariance můžeme vzájemnou závislost posoudit následujícím způsobem :

$Cov_{xy} > 0$ – veličiny x a y se pohybují stejným směrem (současný nárůst nebo pokles)

$Cov_{xy} = 0$ – veličiny x a y jsou navzájem nezávislé

$Cov_{xy} < 0$ – mezi veličinami x a y je inverzní vztah (když jedna roste, druhá klesá a naopak)

Zjištění, že dvě veličiny mají vysokou nebo nízkou kovarianci, nemusí být samo o sobě důležitou metrikou. Kovariance nám může říct, jak se veličiny pohybují společně, ale abychom určily sílu jejich vztahu, musíme se podívat na jejich korelaci, čímž se dostáváme na začátek této kapitoly a zmíněné rovnici korelace. [5] [1]

3.3. Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka (S_x) měří rozptyl souboru dat vzhledem k jeho průměru a vypočítá se jako druhá odmocnina z rozptylu. Pokud jsou datové body dále od průměru dat, je směrodatná odchylka vyšší. Tedy čím více jsou data rozložena, tím je vyšší směrodatná odchylka. Ve finančním sektoru o ní můžeme mluvit jako o volatilitě. [6]

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

x_i – hodnota i-tého bodu v sadě dat, $\bar{x}$ – střední hodnota dat, n – počet datových bodů v sadě dat

Směrodatná odchylka je užitečný nástroj zvláště v investičních a obchodních strategiích, protože pomáhá měřit volatilitu a bezpečnost trhu a předpovídat trendy výkonosti. [6]

3.4. Síla korelační závislosti

Pro hodnocení síly korelace v nejasných hranicích, tedy mezi body -1,0,1, můžeme použít Evansovu příručku, kterou navrhl pro absolutní hodnoty ρ_{xy} : [2]

0,00 - 0,19 – velmi slabá korelace

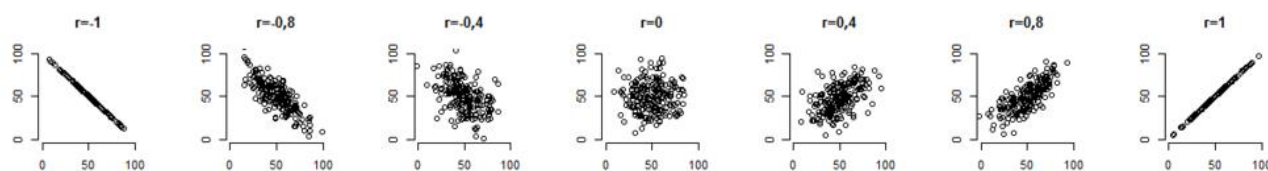
0,20 - 0,39 – slabá korelace

0,40 - 0,59 – střední korelace

0,60 - 0,79 – silná korelace

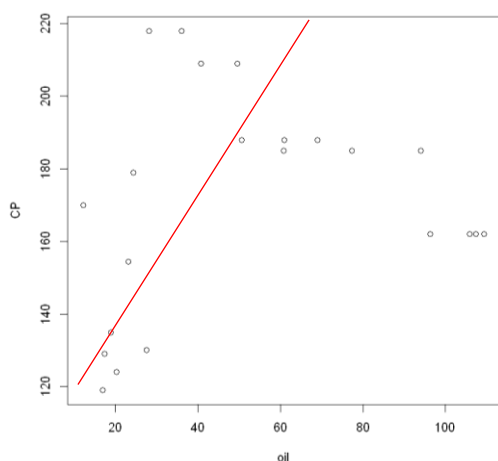
0,80 - 1,00 – velmi silná korelace

Tato členění tedy platí jak pro zápornou, tak pro kladnou korelaci. [7]



Obrázek 6: Grafy síly korelací [7]

Pro obrázek $r = \rho_{xy}$.



Obrázek 7: Korelace mezi cenou fasádního polystyrenu a cenou ropy [tvorba autora]

Na grafu můžeme vidět korelaci mezi cenou fasádního polystyrenu a cenou ropy od roku 1995 do roku 2016. Na osy y je cena polystyrenu a na ose x cena ropy.

$$\rho_{xy} = 0,21$$

Jde tedy o slabou pozitivní korelaci.

3.5. Kauzalita

Při korelaci je potřeba myslet na dnes již známe tvrzení, že: „Korelace neimplikuje kauzalitu.“. To znamená, že pokud nějaké dva jevy, v našem případě dvě veličiny (např. ceny ropy a izolantu), následují po sobě nebo spolu korelují, nemusí to hned znamenat, že je jedna příčinou a druhá kauzálním následkem. [8]

3.6. Regresní analýza

Jedná se o statistickou metodu, která nám umožňuje prozkoumat vztah mezi dvěma proměnnými, tj. mezi tzv. nezávislou proměnnou a závislou proměnnou. Pomáhá nám pochopit, jak se změni hodnota závislé proměnné v návaznosti na změnu jedné z nezávislých proměnných. Konečný odhad je založen na regresní funkci.

Regrese se používá ve financích, investování a dalších oborech, kde se pokouší určit sílu a charakter mezi proměnnými.

Dvěma základními typy regrese jsou jednoduchá lineární a vícenásobná regrese. Pro složitější data existují taky regrese nelineární.

Jednoduchá lineární regrese využívá jednu nezávislou proměnnou k vysvětlení nebo k predikci výsledku závislé proměnné, vícenásobná lineární regrese používá k predikci výsledku dvě a více nezávislých proměnných. [9]

Vzorec pro jednoduchou lineární regresi :

$$y = a + bx + u$$

Vzorec pro vícenásobnou lineární regresi

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_tx_t + u$$

y – závislá proměnná

x – nezávislá proměnná

a – „odposlech“ regrese

b – sklon regrese

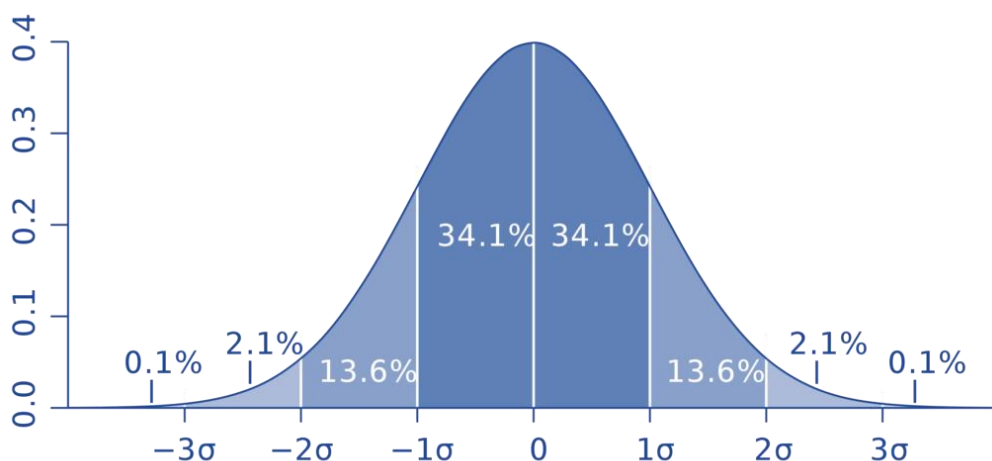
u – regresní reziduum [9]

4. Normální rozdělení

Normální rozdělení představuje formu různých výskytu datových bodů. Převážná část bodů se normálně odehrává směrem ke středu Gaussovy křivky, ale v průběhu času se odchylují. Neobvyklé nebo vzácné body jsou někdy zcela mimo „normální“ vzorku dat.

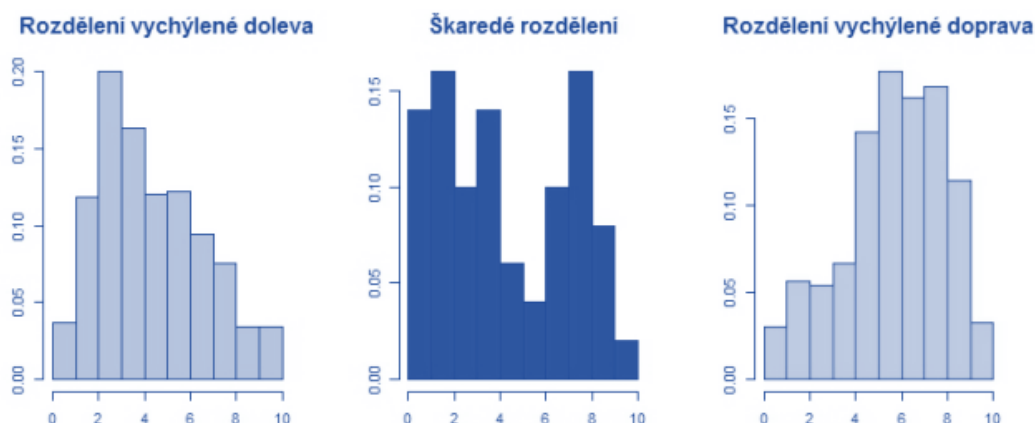
Pro referenční bod je běžné hodnoty zprůměrovat, čím vytvoříme průměrné skóre. Průměr nemusí nutně představovat střed dat. Místo toho představuje průměrné skóre, včetně všech odlehlých (extrémních) datových bodů.

V hodnotě jedné směrodatné odchylky se nachází obvykle 34 % procent dat na každou stranu od průměru. Hodnoty dvou směrodatných odchylek jsou spolu necelých 95 % dat ($34,1 \times 2 + 13,6 \times 2$). Data vzácného výskytu se nacházejí na koncích Gaussovy křivky a zabírají zbylých 5 % dat. Na ose y se nachází frekvence dat. [10]



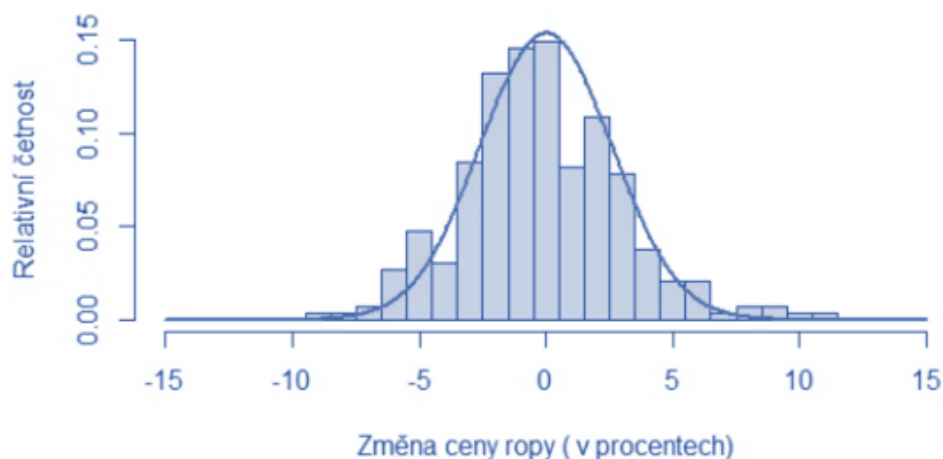
Obrázek 8: Distribuce normálního rozdělení [10]

Data, se kterými pracujeme, pocházejí u různých rozložení a mohou být vychýlena následovně:



Obrázek 9: Vychýlení rozdělení [34]

Často se ale můžeme setkat s hodnotami, které jsou soustředěné kolem jedné hodnoty. Příkladem může být procentuální změna ceny ropy na mezinárodních trzích v roce 2015.

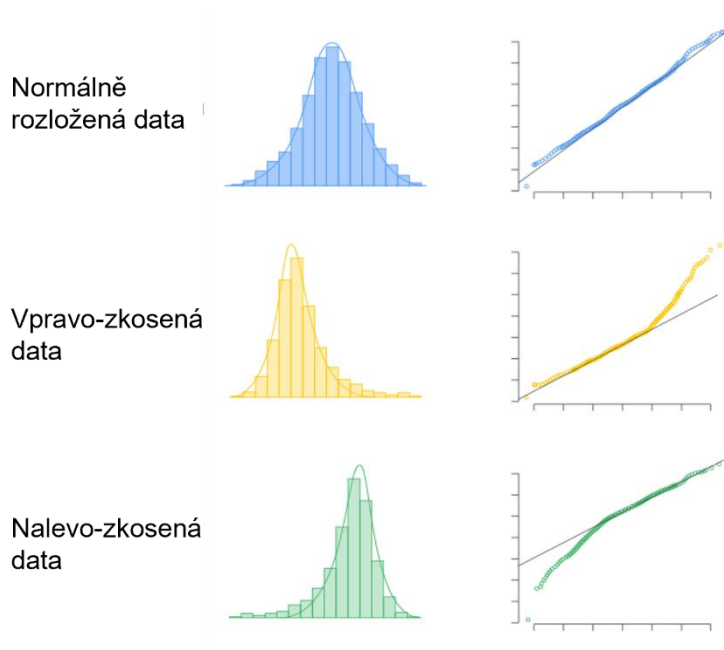


Obrázek 10: Procentuální změna cen ropy v roce 2015 [34]

Předpoklad normálního rozdělení je aplikován na ceny aktiv i cenové akcie. Normálním rozdělením můžeme vykreslovat cenové body v průběhu času. Čím dál se cena pohybuje od průměru, tím je pravděpodobnější, že je aktivum nahodnoceno/podhodnoceno. Toto sledování se používá při kratších časových rámcích, protože delší časové horizonty značně ztěžují výběr vstupních a výstupních bodů. [10]

4.1. Q–Q plot

Zjednodušeně řečeno, Q-Q graf zobrazuje porovnání dvou souborů dat, pokud jsou soubory totožné, budou body na grafu Q-Q dokonale ležet na přímce $y=x$. [11]



Obrázek 11: Porovnání Q-Q čar a grafů rozdělení [35] [úprava autorem]

Na obrázku vidíme, jak se typ rozdělení promítne na Q-Q čáru.

5. Předpovědi v časových řadách

Předpovědi v časových řadách jsou dvojího druhu: bodové a intervalové.

Bodová předpověď představuje bodový odhad hodnoty časové řady v určitém okamžiku v budoucnosti. Touto metodou se budeme zabývat v této práci.

Intervalová předpověď (předpovědní interval) je analogií intervalu spolehlivosti.

Metody předpovědí jsou buď kvalitativní nebo kvantitativní. Kvalitativní metody jsou založeny na subjektivním názoru expertů. Kvantitativní metody vychází z objektivních statistických postupů. Při těchto metodách platí předpoklad, že se charakter zkoumané časové řady v budoucnosti nemění.

Ukazatele:

Chyba předpovědi e_t v čase t je definována vztahem:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t(t-1)$$

V němž $\hat{Y}_t$ značí skutečně naměřenou hodnotu v čase t a $\hat{Y}_t(t-1)$ předpověď této hodnoty pořízenou v časovém okamžiku a bezprostředně předcházejícím.

Při posuzování kvality předpovědí v dané časové řadě je nutné posoudit všechny zkonstruované předpovědi. V praxi se nejčastěji používají následující míry kvality předpovědí:

Míra SSE součet čtvercových chyb SSE (Sum of Squared Errors)

$$SSE = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

Míra MSE průměrná čtvercová chyba MSE (Mean Squared Error)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 = \frac{1}{n} SSE$$

Míra MAD průměrná absolutní odchylka MAD (Mean Absolute Deviation)

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$$

Míra MAPE Průměrná absolutní procentuální chyba MAPE (Mean Absolute Percentual Error)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t}$$

Srovnáme-li všechny uvedené míry, zjistíme, že SSE a MSE ve srovnání s MAD posuzují mnohem přísněji velké chyby předpovědí než malé. Uvedené míry kvality předpovědí závisí na škále, v níž jsou měřeny hodnoty. $\{Y_t\}$ [1]

6. Metoda klouzavých průměru

Metoda klouzavých průměru je adaptivní, tzn. schopna pracovat s takovými časovými řadami, jejíž trend podléhá časovým změnám. Metoda umožňuje odstranění působení náhodných vlivů. Řada původních pozorování se nahradí řadou vypočtených klouzavých průměru.

Metoda má dva parametry a to:

- délku klouzavých průměru a
- řád klouzavých průměru

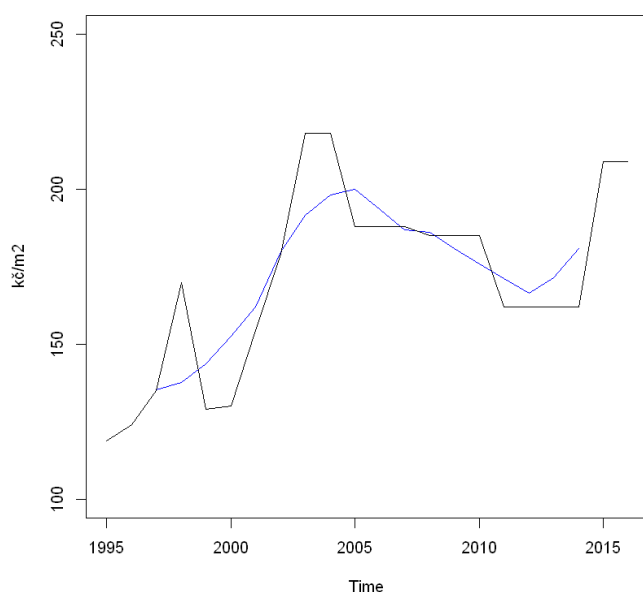
Délka klouzavých průměrů udává délku vyrovnávaných úseků časové řady již vzniklého matematického modelu. Předpokládá se, že to je liché číslo $2m+1$, $m \in \mathbb{N}$. Jde tedy o počet historických dat, které budeme průměrovat a z nich poté tvořit matematický model.

Řád klouzavých průměru (r) reprezentuje stupeň vyrovnání polynomu.

Při použití metody, data nejprve vyrovnáme pomocí vhodného polynomu prvních $2m+1$ členů časové řady. Těmi jsou $Y_1, Y_2 \dots Y_{2m+1}$. (historická data) a hodnotu vyrovnávacího polynomu v prostředním bodě, v čase $t=m+1$, považujeme za vyrovnanou hodnotu $\hat{Y}_{m+1}$ dané řady v tomto bodě.

Pro získání vyrovnané hodnoty $\hat{Y}_{m+2}$, v čase $t = m + 2$ provedeme tutéž operaci s hodnotami $Y_2, Y_3 \dots Y_{2m+2}$. Obdobně pokračujeme až na konec časové řady.

Postup této metody se dá představit tak, že se podél zkoumané časové řady posouvá okno. Toto okno se posouvá postupně vždy o jednu řadu a má délku $2m+1$. S hodnotami, které se nachází uvnitř tohoto okna se provede naznačená operace. Vyrovnané hodnoty časové řady jsou pak tvořeny lineárními kombinacemi hodnot z původní řady s pevně určenými koeficienty. [12] [1]



Obrázek 12: Model klouzavého průměru cen EPS [tvorba autora]

Na obrázku můžeme vidět vývoj cen fasádního polystyrénu. Modrá čára představuje matematický model klouzavých průměru.

Model byl vytvořen na základě následujícího skriptu.

```
ma_EPS <- ma(EPS_T, order = 5)
```

```
plot(for_ma_EPS, col = "blue", ylab = "kč/m2")
```

kde *EPS_T* představuje naše historická data, *ma* je funkce *moving average* tedy klouzavé průměry. *Order* zastupuje zmíněné „okno“ které posouváme po časové řadě. *Plot* je funkce pro tisk grafu.

Tato metoda zachycuje průměrnou změnu datové řady v čase. Ve finanční sféře se klouzavé průměry často používají ke sledování cenových trendů u konkrétních cenových papírů. Vzestupný trend může znamenat vzestup nebo momentum ceny. Zatímco sestupný trend by byl považován za znak poklesu.

Není jasné, zda by měl být při datové analýze kladen větší důraz na nejnovější nebo vzdálenější data. Metoda klouzavých průměru není vhodná pro dlouhé časové řady. Hlavním důvodem je její inherentní vlastnost, brát data z např. 10 a 200 měření stejnou vahou, kde:

$$y_t(h) = \bar{y}$$

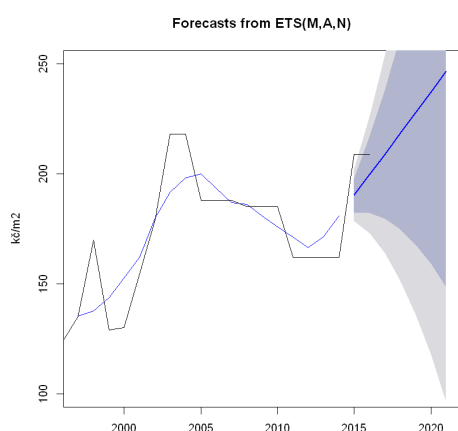
kde *h* je délka klouzavých průměru, *y_t* představuje datový zdroj za dané období a $\bar{y}$ je již výslední model.

7. Predikce klouzavého průměru

Pokud budeme předpokládat, že nejnovější pozorování mají blíže k předpovídaným hodnotám, tzn. mají větší váhu. Pak předpověď určíme jako průměr posledních *n* pozorování hodnot *y_t*, *y_{t-1}*, ..., *y_{t-n}* a ostatním hodnotám se přidělí nulová váha. Touto cestou se dokážeme zbavit zmíněných problému s vahou, kterou přikládá model datům.

Odhad parametrů se pak získá metodou nejmenších čtverců jako průměr nejmenších *n* hodnot časové řady. (12) (1)

$$MA = \frac{1}{n} \sum_{t=T-n+1}^n y_t = \frac{y_T + y_{T+1} + \dots + y_{T-n+1}}{n}$$



Obrázek 13: Predikce cen EPS [tvorba autora]

Na obrázku je predikce na základě vytvořeného modelu. Slině modrá čára je samotná predikce modelu na dalších 5 let. Slabě modré podbarvené pole představuje oblast předpovědi s 95 %

pravděpodobností. Silně modré podbarvené pole představuje oblast předpovědi s 80 % pravděpodobností.

	<i>Point Forecast</i>	<i>Lo 80</i>	<i>Hi 80</i>	<i>Lo 95</i>	<i>Hi 95</i>
2015	190.2000	182.5048	197.8952	178.43119	201.9688
2016	199.6005	182.2146	216.9864	173.01108	226.1899
2017	209.0010	179.5581	238.4439	163.97193	254.0300
2018	218.4015	174.7526	262.0504	151.64623	285.1567
2019	227.8019	167.9222	287.6817	136.22373	319.3801
2020	237.2024	159.1355	315.2693	117.80944	356.5954
2021	246.6029	148.4252	344.7805	96.45314	396.7526

Predikční model byl vytvořen následujícím skriptem :

```
ma_EPS <- ma(EPS_T, order =5)
for_ma_EPS <- forecast(ma_EPS, h=7,)
plot(for_ma_EPS, col = "blue", ylab = "kč/m2")
lines(EPS_T)
accuracy(for_ma_EPS)
for_ma_EPS
print(ma_EPS)
```

forecast je predikční funkce, funkce *lines* nám vynese časovou řadu našich dat. *for_ma_EPS* je predikční model. *accuracy* je funkce které nám vypočte ukazatele přesnosti modelu.

Alfa, které je v našem případě jednotková, přiřazuje nejnovějším datům větší váhu. Čím je lambda blíže hodnotě alfa, tím dáváme větší váhu novějším datům (v neblížeších letech predikci), přičemž se vypočtou budoucí hodnoty na základě nedávných pozorování.

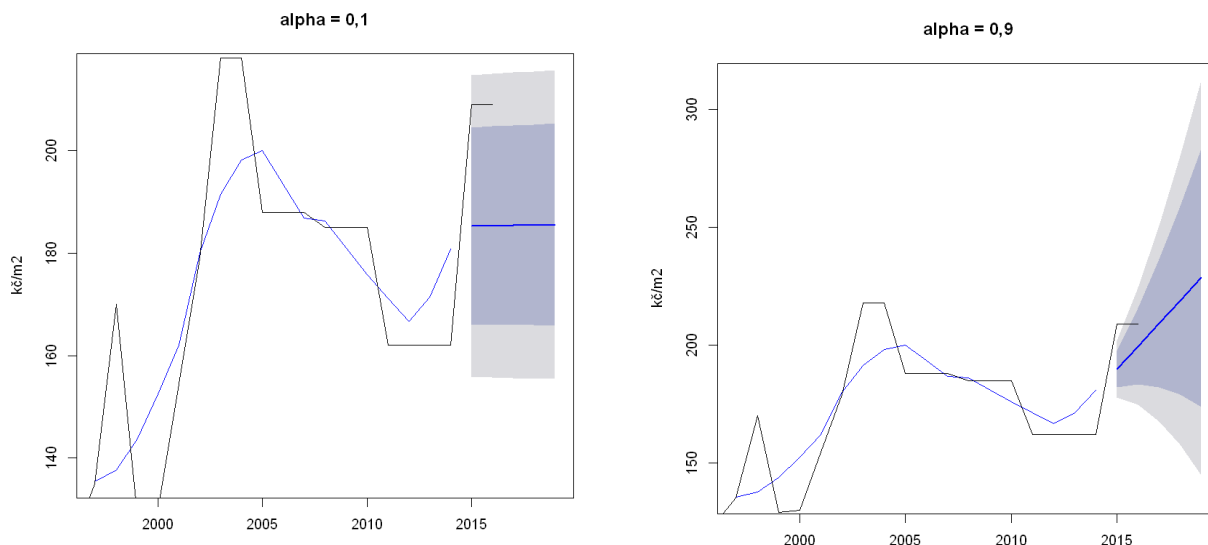
$\alpha=0,9$

	<i>Point Forecast</i>	<i>Lo 80</i>	<i>Hi 80</i>	<i>Lo 95</i>	<i>Hi 95</i>
2015	189.8484	182.0465	197.6503	177.9165	201.7803
2016	199.5419	183.2735	215.8104	174.6615	224.4224
2017	209.2355	182.0900	236.3810	167.7200	250.7509
2018	218.9290	178.8689	258.9891	157.6623	280.1957
2019	228.6225	173.7658	283.4793	144.7264	312.5187

$\alpha=0,1$

	<i>Point Forecast</i>	<i>Lo 80</i>	<i>Hi 80</i>	<i>Lo 95</i>	<i>Hi 95</i>
2015	185.2197	165.9718	204.4676	155.7825	214.6569
2016	185.3293	165.9675	204.6912	155.7179	214.9408
2017	185.4171	165.9391	204.8950	155.6281	215.2060
2018	185.4872	165.8916	205.0828	155.5184	215.4561
2019	185.5434	165.8290	205.2578	155.3928	215.6939

V tabulkách je vidět rozdíl, s jakým software vytváří predikce při rozdílných hodnotách alfa. Při téměř nulové lambdě (tedy model vytvořený na základě průměrování historických dat) se predikce pohybuje konstantě kolem jednoho čísla.



Obrázek 14: Porovnání změn hodnot alfa při predikčních modelech [tvorba autora]

Na grafech predikcí si můžeme všimnout již zmíněnou vyšší horní hodnotu oblastí predikce při nulové lambdě. Při alfe 0,1 se predikce téměř pohybuje rovnoběžně s osou x.

8. Exponenciální vyrovnaní

Metoda exponenciálního vyrovnaní je založena na aplikaci vážených nejmenších čtverců na všechna dostupná pozorování dané časové řady. Váhy jednotlivých pozorování se směrem do minulosti exponenciálně zmenšují. Jinak řečeno, čím jsou data aktuálnější, tím je jím přiřazená větší váha.

Tento způsob generuje spolehlivé předpovědi rychle a pro široký rozsah časových řad. To je velkou výhodou a zásadním významem pro jeho aplikaci v průmyslu. [12] [1]

8.1. Jednoduché exponenciální vyrovnavání

Tato metoda se používá pro data bez jasného trendu nebo sezónnosti. Při této metodě používáme při predikci naivní předpověď. To znamená že všechny budoucí predikce jsou rovny poslední sledované hodnotě.

$$y_t = \bar{y}_t$$

Naivní metoda tedy předpokládá, že nejnovější pozorování je jediné důležité. Zbylé pozorování neposkytují žádné informace pro budoucnost. To lze považovat za vážený průměr, kde veškerá váha je dána poslednímu pozorování.

Tato metoda se využívá hlavně při ekonomických a cenových predikcích. Optimální využití naivní metody je, když data se chovají jako data při náhodní procházce (random walk) [12] [1]

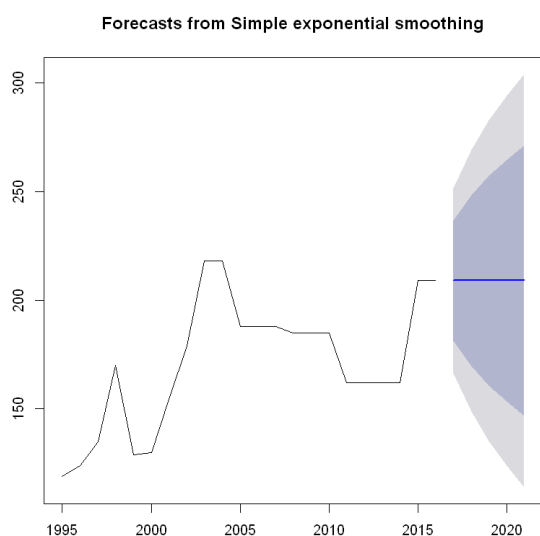
Predikční model byl vytvořen následujícím skriptem :

```
plot(ses(EPS_T, h=5))
```

```
ses(EPS_T, h=5)
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017	209	181.1847	236.8153	166.4602	251.5398
2018	209	169.6652	248.3348	148.8426	269.1574
2019	209	160.8257	257.1743	135.3238	282.6762
2020	209	153.3736	264.6264	123.9267	294.0733
2021	209	146.8081	271.1919	113.8857	304.1143

V tabulce vidíme že předpověď (*Point Forecast*) je pořád stejné číslo, co se projeví na grafu rovnou čarou. Zbýlé řádky představují vrchol a spodek hladiny nejistoty, osmdesát procentní tmavě modré pole a devadesát pět procentní bleděmodré pole na grafu.



Obrázek 15: Předpověď cen EPS pomocí exponenciálního vyrovnaní [tvorba autora]

Na obr. vidíme pětiletou cenovou predikci pomocí modelu jednoduchého exponenciálního vyrovnaní. Intervaly predikce jsou vysvětleny v následující kapitole.

9. Predikční intervaly

V těchto tabulkách jsou vzorce a moduly, které jsou používány při výpočtu hranic předpovědi modelu. Můžeme vidět, že použití vzorce je závislé na typu modelu dat.

Model	Rozptyl prognózy
(A,N,N)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 [1 + \alpha^2(h-1)]$
(A,A,N)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 \left[1 + (h-1) \left\{ \alpha^2 + \alpha\beta h + \frac{1}{6}\beta^2 h(2h-1) \right\} \right]$
(A,A _d ,N)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 \left[1 + \alpha^2(h-1) + \frac{\beta\phi h}{(1-\phi)^2} \{2\alpha(1-\phi) + \beta\phi\} - \frac{\beta\phi(1-\phi^h)}{(1-\phi)^2(1-\phi^2)} \{2\alpha(1-\phi^2) + \beta\phi(1+2\phi-\phi^h)\} \right]$
(A,N,A)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 [1 + \alpha^2(h-1) + \gamma k(2\alpha + \gamma)]$
(A,A,A)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 \left[1 + (h-1) \left\{ \alpha^2 + \alpha\beta h + \frac{1}{6}\beta^2 h(2h-1) \right\} + \gamma k \{2\alpha + \gamma + \beta m(k+1)\} \right]$
(A,A _d ,A)	$\sigma_h^2 = \sigma^2 \left[1 + \alpha^2(h-1) + \gamma k(2\alpha + \gamma) + \frac{\beta\phi h}{(1-\phi)^2} \{2\alpha(1-\phi) + \beta\phi\} - \frac{\beta\phi(1-\phi^h)}{(1-\phi)^2(1-\phi^2)} \{2\alpha(1-\phi^2) + \beta\phi(1+2\phi-\phi^h)\} + \frac{2\beta\gamma\phi}{(1-\phi)(1-\phi^m)} \{k(1-\phi^m) - \phi^m(1-\phi^{mk})\} \right]$

Model představuje (Error, Trend, Seasonal).

Trendová složka	Sezónní složka		
	N	A	M
	(None)	(Additive)	(Multiplicative)
N (None)	(N,N)	(N,A)	(N,M)
A (Additive)	(A,N)	(A,A)	(A,M)
Add (Additive damped)	(Add,N)	(Add,A)	(Add,M)

Short hand	Method
(N,N)	Simple exponential smoothing
(A,N)	Holt's linear method
(Add,N)	Additive damped trend method
(A,A)	Additive Holt-Winters' method
(A,M)	Multiplicative Holt-Winters' method
(Add,M)	Holt-Winters' damped method

Tabulka představuje zrychlený způsob výběru typu modelů. [12]

10. Monte Carlo

Jedná se o stochastickou metodu. To znamená že hledaný výsledek je získáván na základě počtu pravděpodobností. Hlavními tvůrci metody jsou m J. von Neumann, E. Fermi a N. Metropolis. Základní principy metody sahají do roku 1777. Její prudký rozvoj nastal ale až v období konce druhé světové války, když jsou v oblasti atomového výzkumu použiti počítače. [9]

Metodu Monte Carlo můžeme rozdělit do tří kroků:

1. Rozbor problému a návrh modelu.
2. Generování náhodných veličin a jejich transformace na daný model.
3. Statistické zpracování výsledku.

Hledaná hodnota je zpravidla dána některým z ukazatelů statistických veličin, nejčastěji střední hodnotou.

Je potřeba ale poznamenat že Monte Carlo simulace ignorují vše, co není obsaženo v pohybu cen (např. cyklické faktory, makro trendy v ekonomice, vedení podniku, hype (reklamou podněcený prodej). Tyto metody neberou v potaz realitu, jinak řečeno předpokládají perfektně efektivní trh.

10.1. Metodika Monte Carlo

Budeme pracovat s dvěma predikčními metodami.

10.2. První Metoda

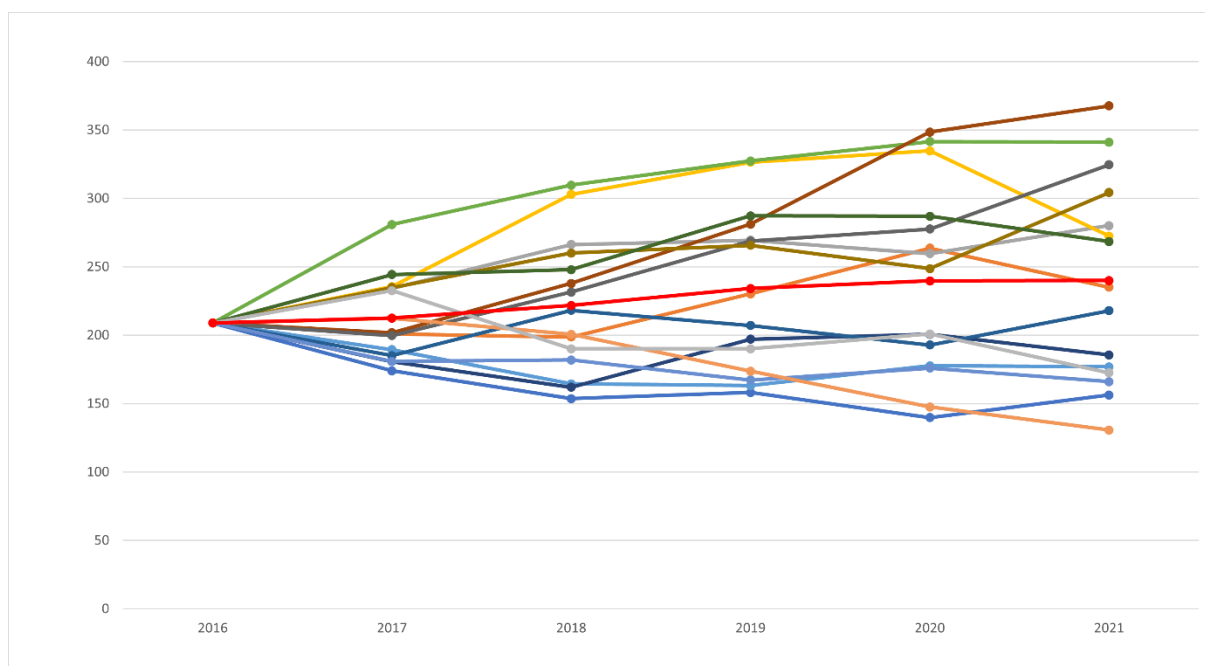
1. Periodický roční návrat (PRN):
$$- \ln \left(\frac{\text{Současná cena}}{\text{Cena z předchozího roku}} \right) - \frac{(\text{Současná} - \text{Cena z předchozího roku})}{\text{Cena z předchozího roku}}$$
2. Drift = Průměr PRN – rozptyl / 2
3. Náhodná hodnota = Směrodatná odchylka * NORMSINV(RAND())
4. Cena nadcházejícího roku = Současná cena * $e^{(\text{Drift} + \text{Náhodná hodnota})}$

Tato metoda byla zpracována v prostředí Excelu. V kroku jedna (PRN) máme na výběr z dvou možných variant. Budeme vybírat na základě shody vytvořeného modelu s historickými daty.

V třetím kroku NORMSINV zastupuje inverzní funkci k součtovému standardnímu normálnímu rozdělení. A toto rozdělení je s náhodnou pravděpodobností mezi (0,1).

Je také potřeba počítat s tím že současná cena v posledním kroku představuje cenu v sledovaném roce. To znamená, že se na úrovni predikcí budou hodnoty prognózy měnit až za poslední hodnotou v modelu.

Třetí a čtvrtý krok nám zajistí že každá simulace bude odlišná z důvodu náhodnosti. Náhodnost modelů je zabezpečena metodou náhodné procházky.



Obrázek 16: Monte Carlo 1. metoda predikce cen EPS [tvorba autora]

Na obrázku vidíme predikci cen EPS fasádního na základě první metody. Bylo vytvořeno 15 simulací. Rudá čára představuje spojnicí středných hodnot simulací.

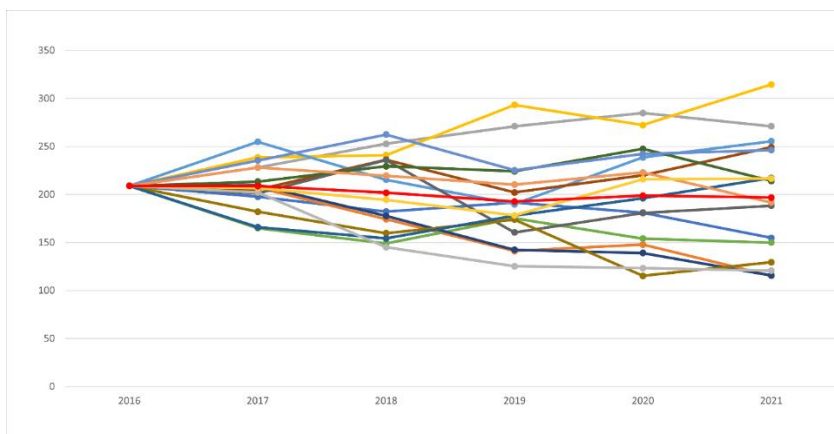
10.3. Druhá Metoda

Princip druhé metody se liší v posledním kroku. V tom, jak se dopočítá cenám budoucího roku:

$$\text{Cena nadcházejícího roku} = \text{Současná cena} * (1 + \text{NORM.INV}(\text{RAND}(); 0; \text{Směrodatná odchylka}))$$

Nejpravděpodobnější výsledek se bude nacházet uprostřed křivek, to znamená stejnou šanci, že cena bude vyšší nebo nižší, než je cena uprostřed.

Protože se jedná o metody založené na principu pravděpodobnosti, je nemožné určit, která je lepší.



Obrázek 17: Monte Carlo 2. metoda predikce cen EPS [tvorba autora]

10.4. Alternativní metoda

Tato metoda vychází z dvou předešlých metod. Má dvě možnosti – buď upravíme první anebo druhou metodu následovně:

První Metoda:

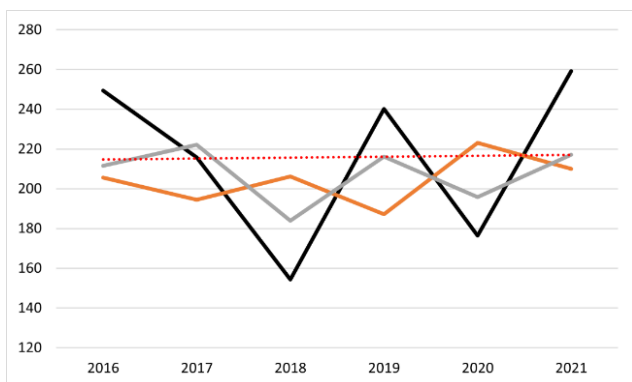
Cena nadcházejícího roku = vzorec funkce modelu * $e^{(\text{Drift} + \text{Náhodná hodnota})}$

Druhá metoda:

Cena nadcházejícího roku = vzorec funkce modelu * $(1 + \text{NORM.INV}(\text{RAND}()); 0; \text{Směrodatná odchylka})$.

Princip spočívá v tom, že oba závěrečné kroky metod nahradíme ve vzorcích současnou hodnotu v posledním kroku. Tedy v predikci. Tím, že do predikce vneseme vzorec funkce modelu (např. rovnici přímky $y=ax+b$) zohledníme regresní analýzu. Predikce bude tedy více závislá na historických datech.

Vlivem vzorce, který vychází z regresní analýzy, nejsou rozdíly mezi jednotlivými simulacemi každé metody tak drastické jako v předchozích metodách 1. a 2.



Obrázek 18: Monte Carlo alternativní metoda predikce cen EPS [tvorba autora]

Jak můžeme na grafu vidět, rozptyl výsledku je značný. Červeně tečkovaná čára představující trend počítá se všemi historickými daty jako rovnocennými. Metoda Monte Carlo nám bude dále zastupovat náhodní složku při predikčních modelech.

11. Holt-Wintersova metoda

Holt-Winters je model chování časové řady. Je to způsob, jak modelovat tři aspekty časové řady: typickou hodnotu (průměr), sklon (trend) v čase a cyklicky se opakující vzor (sezónnost). Prognóza vždy vyžaduje model. Model předpovídá současnou nebo budoucí hodnotu výpočtem kombinovaných účinku těchto tří vlivu.

Důležitá je detekce anomálií časových řad, což je ale komplikovaným problémem se spoustou praktických metod řešení. Klíčovým prvkem detekce anomálií je předpovídání toho, co o časové řadě víme. To buď na základě modelu nebo jeho historie, a rozhodování o hodnotách, které přicházejí později. [12]

Holt-Wintersově metodě se taky říká trojitě exponenciální vyhlazení nebo vyrovnání.

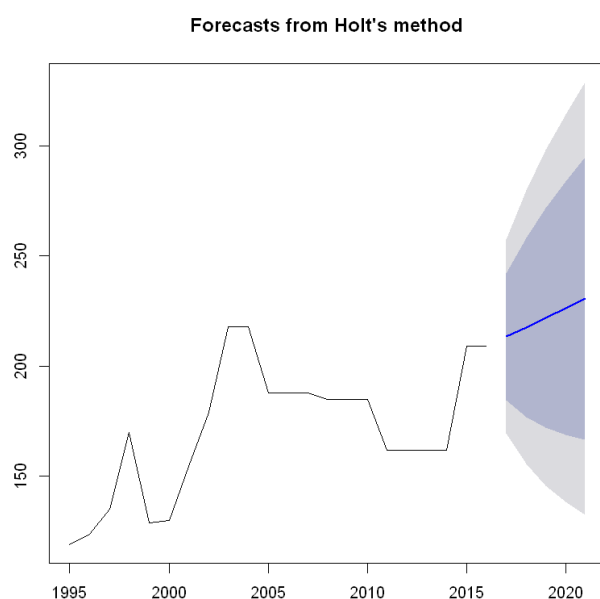
Predikční model byl vytvořen následujícím skriptem :

```
holt_EPS <- holt(EPS_T, h=5, initial = "optimal")
```

```
plot(holt_EPS)
```

```
lines(holt_EPS)
```

```
summary(holt_EPS)
```



Obrázek 19: Predikce cen EPS na základě Holt-Winters metodě [tvorba autora]

12. Arima

Autoregrese (AR): odkazuje na model, který ukazuje měnící se proměnou, která vykonává regrese na svých vlastních „zpožděných“ nebo předchozích hodnotách.

Integrovaný (I): představuje diferenciaci hrubých pozorování, aby se časové řady mohly stát stacionárními (tj. hodnoty dat jsou nahrazeny rozdílem mezi hodnotami dat a předchozími hodnotami)

Moving average neboli klouzavý průměr (MA): zahrnuje závislost mezi pozorováním a zbytkovou chybou (errorem) z modelu klouzavého průměru aplikovaného na „zpožděná“ (lagged) pozorování.

Autoregresní integrovaný klouzavý průměr neboli ARIMA je model statistické analýzy, který využívá data časových řad buď k lepšímu pochopení dat, nebo k předpovídání budoucích trendů.

Statistický model je autoregresivní, pokud předpovídá budoucí hodnoty na základě historických dat. Model ARIMA se může použít například na předpověď budoucí ceny akcí na základě jejich minulé výkonosti nebo předpovídat zisky společnosti na základě minulých období.

ARIMA tedy kombinuje autoregresní funkce s klouzavými průměry. Autoregresivní funkce AR(1) je například proces, ve kterém je aktuální hodnota založena na bezprostředně předcházející hodnotě. Zatímco u procesu AR(2), je aktuální hodnota založena na dvou předchozích hodnotách. V důsledku kombinaci těchto technik mohou modely ARIMA při vytváření předpovědí brát v úvahu trendy, cykly, sezónnost a další nestatické typy dat. [12] [13]

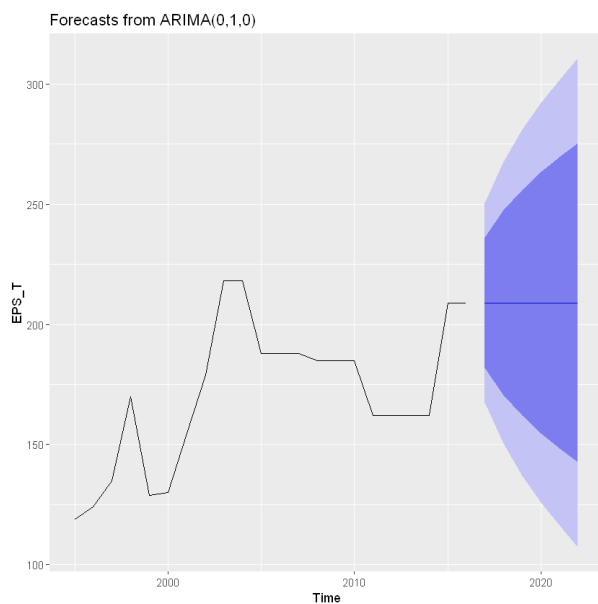
Predikční model byl vytvořen následujícím skriptem :

```
fcst <- forecast(fit_arima, h = 6)
```

```
autoplot(fcst, include = 60)
```

```
fcst
```

	<i>Point Forecast</i>	<i>Lo 80</i>	<i>Hi 80</i>	<i>Lo 95</i>	<i>Hi 95</i>
<i>2017</i>	<i>209</i>	<i>181.8552</i>	<i>236.1448</i>	<i>167.4856</i>	<i>250.5144</i>
<i>2018</i>	<i>209</i>	<i>170.6114</i>	<i>247.3886</i>	<i>150.2898</i>	<i>267.7102</i>
<i>2019</i>	<i>209</i>	<i>161.9838</i>	<i>256.0162</i>	<i>137.0949</i>	<i>280.9051</i>
<i>2020</i>	<i>209</i>	<i>154.7104</i>	<i>263.2896</i>	<i>125.9712</i>	<i>292.0288</i>
<i>2021</i>	<i>209</i>	<i>148.3024</i>	<i>269.6976</i>	<i>116.1710</i>	<i>301.8290</i>
<i>2022</i>	<i>209</i>	<i>142.5091</i>	<i>275.4909</i>	<i>107.3109</i>	<i>310.6891</i>



Obrázek 20: Arima predikční model pro ceny EPS [tvorba autora]

12.1. FB prophet

Prophet neboli prorok je open-source nástroj od Facebooku (dnes již Meta), který se používá k předpovídání časových dat. Pomáhá firmám pochopit a případně předpovídat trh. Je založen na rozložitelném aditivním modelu, kde nelineární trendy odpovídají sezónnosti, dokáže taky například zohledňovat vlivy dovolených přes letní měsíce.

Trend ukazuje tendenci dat, dlouhodobý růst nebo klesání a filtruje sezónní výkyvy.

Sezónnost je variace, ke kterým dochází během krátkého časového období a není dostatečně výrazná, aby se dala nazvat trendem.

Obecná myšlenka modelu je podobná zobecněnému aditivnímu modelu. Rovnice Prophet-u odpovídá, jak bylo výše uvedeno, trendu sezónnosti a svátkům. [12] [14]

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + e(t)$$

kde:

$g(t)$ – odkazuje na trend (změny po dlouhou dobu)

$s(t)$ – odkazuje na sezónnost (periodické nebo krátkodobé změny)

$h(t)$ – se týká vlivu prázdnin na prognózu

$e(t)$ – odkazuje na bezpodmínečné změny, které jsou specifické pro podnik nebo osobu nebo okolnost. Nazývá se také chybový termín.

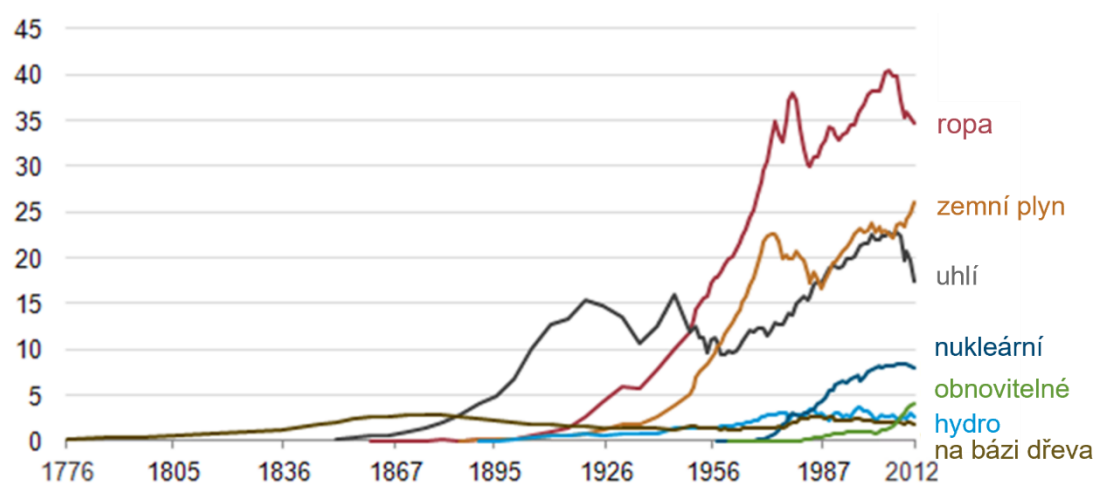
$y(t)$ – je předpověď

13. Cena ropy

Ropa stále hraje důležitou roli v globální ekonomice i přes pokračující snahy o snížení její spotřeby a hledání alternativních zdrojů zelené energie.

V začátcích byla těžba ropy považována za nepříjemnou věc, protože zamýšleným hledaným produktem byla obvykle voda nebo sůl. Teprve v roce 1847 byl na poloostrově Absheron v Ázerbájdžánu vyvrtán první komerční vrt. Americký ropný průmysl se zrodil o 12 let později, v roce 1859, záměrným vrtáním poblíž Titusville v Pensylvánii. (Vrtání ve Spojených státech začalo na počátku 19. století, ale vrtali tam solný roztok, takže jakýkoliv objev ropy byl náhodný.)

Zatímco velká část rané poptávky po ropě byla po petroleji a olejových lampách, teprve v roce 1901 byl na místě známém jako Spindletop v jihovýchodním Texasu vyvrtán první komerční vrt schopný hromadné produkce. Toto místo produkovalo více než 100 000 barelů ropy za jeden den, což bylo více než všechny ostatní ropné vrty v Spojených státech dohromady. Dalo by se říct, že moderní ropná éra se zrodila v roce 1901, ropa brzo poté nahradila uhlí jako primární zdroj paliva. [15]



Obrázek 21: Historie spotřeby energií v USA (1776-2012) v kvadrilionech Btu [16] [úprava autorem]

13.1. Determinanty cen ropy

Spolu s postavením ropy jako vysoce poptávané globální komodity přichází možnost, že velké výkyvy její ceny mohou mít významný ekonomický dopad. Dva hlavní faktory, které ovlivňují ceny ropy jsou nabídka a poptávka a tržní sentiment.

Obecný koncept nabídky a poptávky je poměrně jednoduše vysvětlitelný. S rostoucí poptávkou (nebo klesající nabídkou) by cena produktu měla stoupat. S poklesem poptávky (nebo zvýšením nabídky) by cena měla klesnout.

Tady ale nastává při ceně ropy problém. Cena ropy, jak ji známe, je ve skutečnosti na trhu futures (smlouvy o transakci, která se odehraje v budoucnosti) pro ropu. Termínovaná smlouva na ropu je závazná dohoda, která dává právo nakupovat ropu za barel za předem stanovenou cenu, k předem stanovenému datu v budoucnu. Na základě smlouvy na smlouvu budoucí (futures) jsou kupující i prodávající povinni splnit svou část dohody, tedy transakci ke stanovému dni.

Na tomto trhu se většinou vyskytují dva druhy obchodníků: hedger-i a spekulanti.

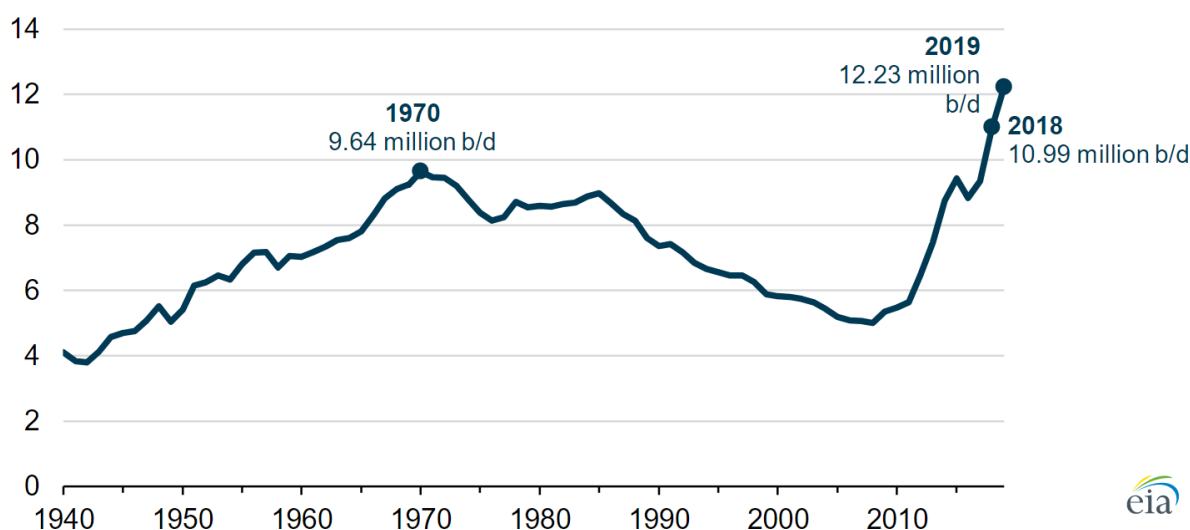
Příkladem hedger-u může být letecká společnost nakupující futures na ropu, aby se chránila před potencionálním růstem cen na trhu. Příkladem spekulanta může být někdo, kdo pouze odhaduje směr ceny komodity a nemá v úmyslu produkt skutečně koupit, ale jenom zarobit na růstu/poklesu její ceny. Podle Chicago Mercantile Exchange (CME) je většina obchodů s futures, které provádějí spekulanti, méně než 3 %.

Dalším již výše zmíněným klíčovým faktorem při určování ceny ropy je sentiment. Jedná se pouhou vírou, že poptávka po ropě se v určitém okamžiku v budoucnosti dramaticky zvýší. To může mít za následek dramatický nárůst cen ropy v současnosti, protože spekulanti i hedger-i sjednávají futures kontrakty na ropu (v současnosti). Platí to samozřejmě i naopak. Pouhá víra, že poptávka po ropě v určitém okamžiku dramaticky sníží, může mít za následek dramatický pokles cen v současnosti, ze stejného důvodu. [15]

13.2. Neekonomičnost ropného trhu

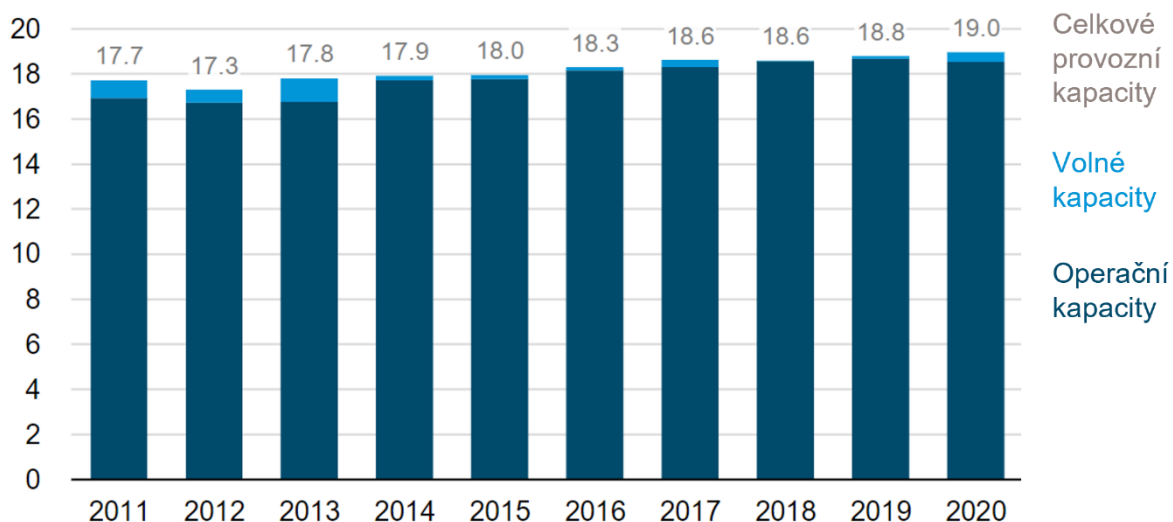
Zmíněná základní teorie poptávky nám říká, že čím více se produkt vyrábí, tím levněji by se měl prodávat. Důvodem, proč se vyrobilo více zboží, je tedy ten, že se to stalo ekonomicky efektivnější. Pokud by tedy někdo vynalezl stimulační techniku vrtů, která by dokázala zdvojnásobit produkci ropného vrtu, s minimálními mezními náklady, pak by měly při neměnné poptávce ceny klesnout.

Ve skutečnosti byla ale období, kdy se nabídka zvýšila (těžba ropy v Severní Americe byla v roce 2019 za nejvyšší v historii (neboli all time high)). Vzhledem k tomu, že na silnicích v tom období (ale i teď) stále přetrvávala auta se spalovacími motory, dalo by se očekávat, že ceny benzínu budou klesat, protože nabídka nedržela krok s poptávkou. [15]



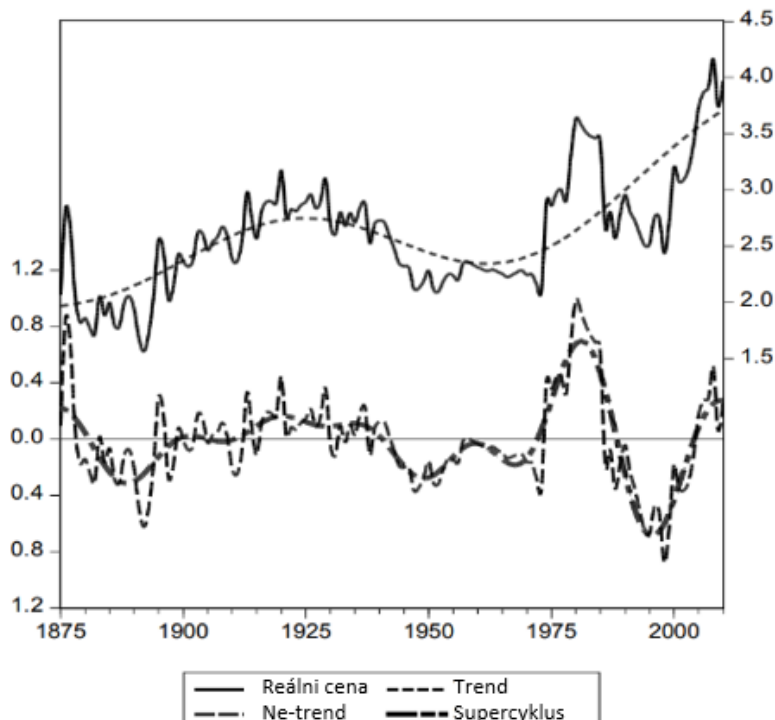
Obrázek 22: Produkce ropy v USA (1940-2019) v milionech barelech za den [16]

Zde se ale skutečnost prosazuje proti teorii. Výroba byla tedy vysoká, ale distribuce a rafinace s ní nedokázaly držet krok. Spojené státy postavily v průměru jednu rafinerii za deset let (od 70. let se výstavba zpomalila na minimum). Ve skutečnosti jde ale o čistou ztrátu. Spojené státy mají o dvě rafinerie méně než v roce 2009. Přesto má zbývajících 135 rafinerií s velkým náskokem větší kapacitu, než je kapacita kteréhokoliv jiného státu. Jedním z důvodů, proč trh není zaplavený levnou ropou tedy je, že tyto rafinerie fungují na 90 % jejich kapacity. Dá se říct, že nadbytečná kapacita je zde proto, aby uspokojila budoucí poptávku. [15]



Obrázek 23: Kapacity amerických rafinerií v milionech barelů za kalendářní den [16] [úprava autorem]

Navíc z historických dat se zdá, že existuje možný 29letý (plus minus jeden až dva roky) cyklus, který obecně řídí chování cen komodit. Od počátku vzestupu ropy jako komodity s vysokou poptávkou na počátku 20.století došlo k hlavním maximům komoditního indexu v letech 1920, 1958 a 1980. Ropa dosáhla vrcholu s komoditním indexem v letech 1920 a 1980. (V roce 1958 nebyl žádný skutečný vrchol ceny, protože se její cena od roku 1948 pohybovala v bočním trendu a pokračovala v tom až do roku 1968. Je důležité si uvědomit že nabídka, poptávka a sentiment mají přednost před cykly komodity, protože cykly jsou jen pokyny, nikoliv pravidla. [15]



Obrázek 24: komponenty produkce cen ropy v log měřítku [15] [úprava autorem]

Tento graf ukazuje rozklad přirozeného logaritmu reálných cen ropy na dlouhodobý trend, supercyklus a krátkodobý cyklus.

Pak je zde problém kartelů. Pravděpodobně největším ovlivňovačem cen ropy je OPEC (The Organization of the Petroleum Exporting Countries, tedy Organizace zemí vyvážejících ropu), kterou tvoří 13 zemí a to: Alžírsko, Angola, Kongo, Rovnicková Guinea, Gabon, Írán, Irák, Kuvajt, Libye, Nigérie, Saúdská Arábie, Spojené arabské emiráty a Venezuela. OPEC tedy společně kontroluje 40 % světových zásob ropy. [15]

I když to OPEC oficiálně neuvádí, byl založen v 60. letech minulého století, aby fixoval ceny ropy a plynu. To znamená, že OPEC mohl a může omezením těžby přimět ceny k růstu a tím teoreticky zvyšovat svoje zisky. Na rozdíl od toho, aby všechny jeho členské země prodávaly ropu a plyn na světovém trhu běžným tempem. V průběhu 70. a hlavně 80. let se ropný trh řídil touto ziskovou, i když poněkud neetickou strategií.

Podle amerického úřadu pro energetickou administrativu členské země OPEC-u často překračují své kvóty a prodávají jenom několik milionů barelů navíc s vědomím, že jim v tom donucovací orgány nemohu nijak výrazně zabránit. Vzhledem k tomu že státy jako Kanada, Rusko, Čína a Spojené státy nejsou členy OPEC-u, OPEC začíná být omezený ve svém poslání zajistit stabilizaci ropných trhů s cílem zajistit efektivní, ekonomické a pravidelné dodávky ropy spotřebitelům a taky pro výrobce.

I když se konsorcium zavázalo, že v dohledné době udrží ceny ropy nad 100 dolary za barel, v polovině roku 2014 odmítlo konsorcium omezit produkci ropy, i když ceny ropy začaly klesat. V důsledku toho cena ropy klesla z vrcholu na 100 dolarech za barel až pod 50 dolaru za barel. Od ledna 2021 se ceny ropy pohybují nad 52,23 dolaru za barel.

Na rozdíl od většiny produktu nejsou ceny ropy zcela určovány pravidlem nabídky a poptávky, dále taky tržnímu sentimentu vůči fyzickému produktu. Při určování ceny spíše hraje dominantní roli nabídka, poptávka a sentiment vůči futures na ropu, se kterými spekulanti obchodují. Svou roli hrají také cyklické trendy na trhu komodit. Bez ohledu na to, jak je cena nakonec určena, se na základě jejího použití v palivech a bezpočtu zboží a produktech zdá, že po ropě bude i v dohledné době vysoká poptávka. [15] [16]



Obrázek 25: Znárodnění průběhu tvorby ceny ropy [16]

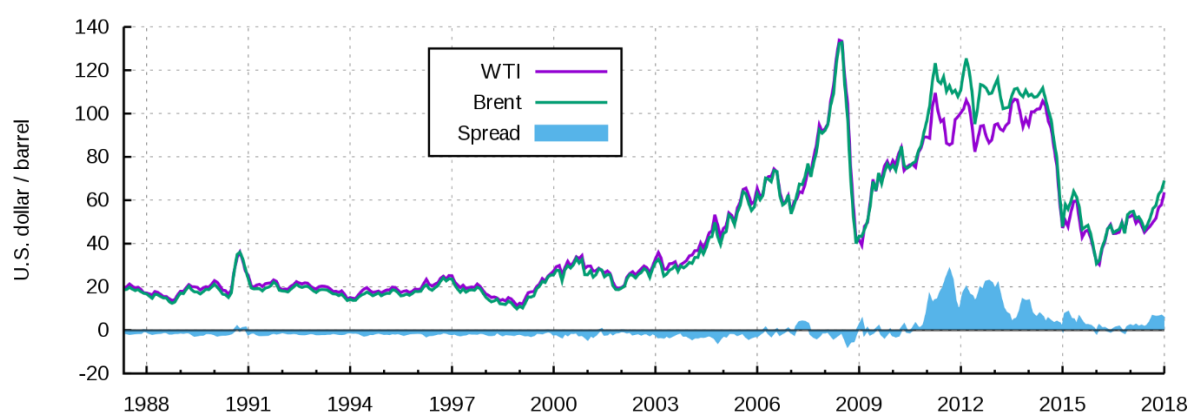
Na obrázku vidíme tvorbu ceny ropy. Na levé straně je tvořena nabídka krajinami OPEC-u a nečleny. Napravo je tvořena poptávka krajiny OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development, tedy Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) a opět nečleny této organizace. Dále nám do struktury vstupuje bilancování například formou tvorby zásob ropy. Nakonec do tvorby ceny vstupují finanční trhy.

13.3. Brent vs WTI ropa

Hlavní rozdíl mezi ropou Brent a West Texas Intermediate (WTI) je ten, že ropa Brent pochází z ropných polí mezi Norskem a Shetlandskými ostrovy (UK), zatímco ropa WTI pochází z ropných polí v USA. Obě ropy – Brent i WTI jsou vhodné pro rafinaci na benzín.

Většina ropy se oceňuje pomocí ropy Brent jako srovnávacího ukazovatele. Tato ropa se vyrábí v blízkosti moře, čím se náklady na dopravu výrazně snižují. Na rozdíl od Brent-u se WTI vyrábí ve vnitrozemských oblastech, čím se zvyšují náklady na její dopravu. V dobách krize, nebo rostoucí politické nejistoty se tyto okolnosti více projeví na ceně Brent ropy. WTI je postižen méně, hlavně díky tomu že sídlí ve zmíněných vnitrozemských oblastech v USA.

WTI je preferován ukazovatel ve Spojených Státech. Obecně je levnější, například 31 srpna 2021 se WTI obchodoval \$68.50 za barel, zatímco Brent se obchodoval \$72.85 za barel. [17]



Obrázek 26: Průběh cen ropy Brent a WTI v dolarech za barel [16]

13.4. Porovnání cen Brent a WTI ropy

Jako si můžeme na grafu (Obrázek 26) všimnout rozdíl mezi těmito dvěma ukazateli byl po celá léta jen většinou v řádu dolarů.

Na trhu se preferuje Brent, hlavně z toho důvodu, že může být lepším ukazovatelem světových cen ropy. Přestože je cena Brent-u určena pro evropské trhy (co je jedním z hlavních důvodů, proč s ní budeme dále pracovat) již se používá jako cenový standard po celém světě.

Pro ukazatel WTI bylo v roce 2009 velikou ranou, když se ho vzdali Saúdové jako referenční hodnoty spolu s Kuvajtem a namísto toho používají Argus Sour Crude Index (ASCI) založený na středně kyselé ropě z Mexického zálivu. Irák následoval o rok později. [17]

Pro výpočtovou část této práce budeme počítat s Brent, kvůli jeho vhodnějším vlastnostem pro evropský trh, tedy i pro Českou republiku.

13.5. Pád ceny ropy



Obrázek 27: Vývoj ceny ropy v USD za barel [tvorba autora]

Na grafu vidíme časový vývoj ropy spojené s událostmi, které jej ovlivnily.

Ropný průmysl je poháněn boomy a přepady. Obvykle ceny rostou v období globální ekonomické síly, když poptávka převyšuje nabídku. Ceny klesají, když je tomu naopak.

Mimo to je nabídka a poptávka po ropě řízena následujícími klíčovými faktory: změny v hodnotě amerického dolaru, změny v politice Organizace zemí vyvážejících ropu (OPEC), změny v úrovních produkce ropy a zásob, zdraví globální ekonomiky, implementace (nebo kolaps) mezinárodních dohod.

Tyto všechny faktory můžeme sledovat v roce 2014-2015:

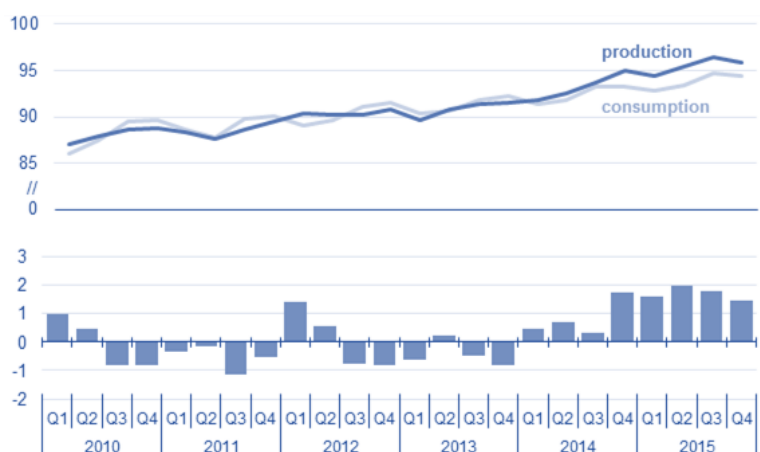
V tomto roce byl dolar na 12letém maximu vůči euru. To vyvolalo tlak na tržní ceny, protože ceny komodit jsou obvykle v dolarech a klesají, když dolar silný. Například prudký nárůst dolaru v roce 2014 způsobil celkem vzácný prudký pokles u všech hlavních komodit.

Státy OPEC-u se rozhodli na zasedání ve Vídni 2014 pro snížení produkce. Poté referenční ceny ropy OPEC klesli o 50 %.

Ceny kontraktů ropy klesly na konci září 2015, kdy se ukázalo, že zásoby ropy narůstají. Úřad pro energetické informace (EIA) uvedl, že celosvětové zásoby ropy se v každém čtvrtletí roku 2015 zvyšovaly, přičemž čisté zásoby se vytvořily ve výši 1,72 milionu barelů denně. To byla nejvyšší sazba zásob od roku 1996. Na konci roku 2015 byly ceny ropy pod 40 USD za barel, což je nejnižší úroveň od roku 2009.

Zatímco byla nabídka v růstu, celosvětová poptávka klesala. Ekonomiky Evropy a rozvojových zemí slábly, plus vozidla byla stále úspornější. Mezitím čínská devalvace vlastní měny naznačovala, že její ekonomika může také oslabovat. Vzhledem k tomu že Čína je největší světový importér ropy, jednalo se o obrovský zásah do celosvětové poptávky. To poté způsobilo negativní reakci v cenách ropy. (18)

Nakonec v červenci 2015 USA a Irán a několik dalších světových mocností podepsali dohodu, která zrušila sankce vůči Iránu. Ta mu umožnila znovu vyvážet ropu, což vedlo k ještě většímu přebytku. (Irán v roce 2019 od dohody odstoupil). (18)



Obrázek 28: Globální produkce a spotřeba ropy (nahore), změna stavu zásob (dole) v milionech barelech za den [16]

Na obrázku můžeme vidět zmíněný rok 2015 kde se porovnává produkce a spotřeba ropy. Na dolním grafu je zase vidět množství zásob.

13.6. Vliv ceny ropy na český trh

Cena ropy je jedním z makroekonomických faktorů, který ovlivňuje každý stát. Významný makroekonomický efekt na kontinentální úrovni je možné sledovat v bilanci zahraničního obchodu při nízkých cenách ropy. Efekty ze snížené ceny ropy jsou nejvýraznější v podnikové sféře. Úspory realizují hlavně sektory dopravního a chemického průmyslu navázané na zpracování ropy. [19]

Nezanedbatelné jsou i multiplikační efekty u obyvatelstva, které může úsporu za pohonné hmoty proměnit v nárůst reálné spotřeby domácností. Jeho výši odhadují některá analytická pracoviště na 0,2 % v celoročním vyjádření (tj. 0,1 % HDP)

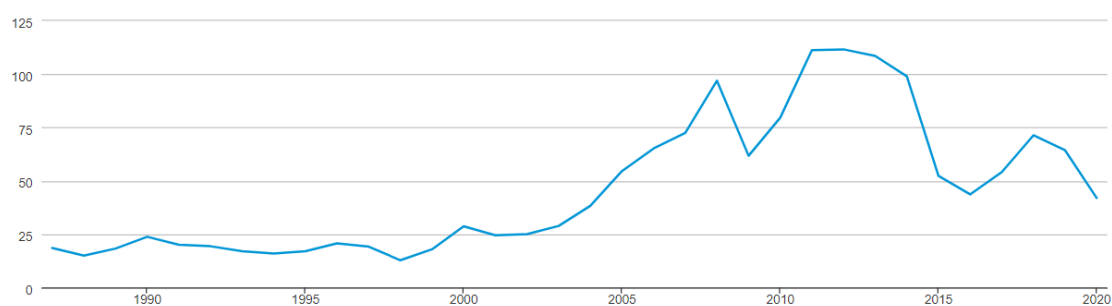
V Česku například nízká cena ropy rozhodujícím způsobem ovlivnila pokles meziroční inflace z 5,9 % v červenci na 4,2 % v listopadu 2001. [20]

13.7. Vliv ceny ropy na pohonné hmoty



Obrázek 29: Denní cena ropy od roku 1987 v dolarech za barel [16]

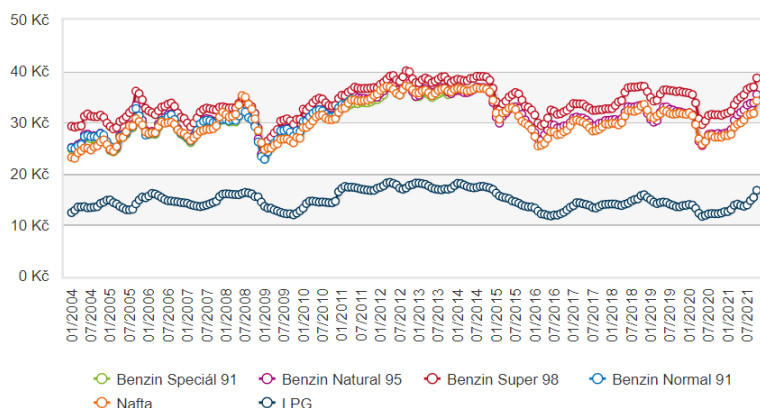
Denní cena ropy od roku 1987.



Obrázek 30: Roční cena ropy od roku 1987 v dolarech za barel [16]

Jak můžeme vidět na grafech, je zde veliký rozdíl mezi grafy vytvořenými z denních dat a z dat ročních. Na denním grafu vidíme lokální extrém, které nejsou na grafu ročních dat vůbec vidět. Protože se naše databáze skládá z dat většinou ročních a půlročních, budeme pracovat většinou se zjednodušenou verzí ceny ropy tedy – v ročních cenách.

Nejvíce můžeme sledovat fluktuaci ceny ropy na cenách pohonných hmot, které se poté odráží v dalších sférách průmyslu. Doprava je také nezanedbatelná část stavebnictví, se kterou musíme počítat.



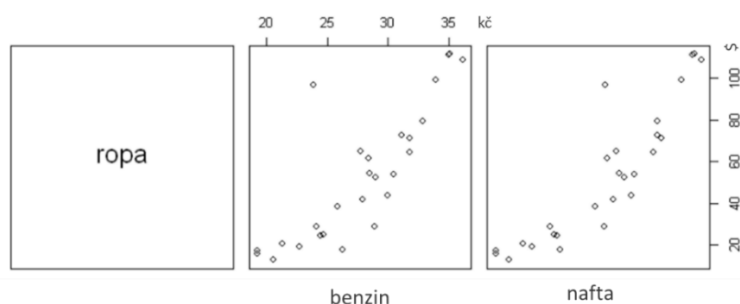
Obrázek 31: Cena pohonných hmot v ČR od (2004-2021) [36]

Na grafu můžeme vidět ceny pohonných hmot od roku 2004 až do roku 2021. Budeme počítat s prosincovými cenami každého roku, které budeme porovnávat s již zmíněnými průměrnými ročními cenami ropy (Brent).

	ropa	benzin	nafta
ropa	1.0000000	0.8244651	0.8913805
benzin	0.8244651	1.0000000	0.9769308
nafta	0.8913805	0.9769308	1.0000000

Tabulka 1: Korelace cen ropy, benzínu a nafty [tvorba autora]

Na obrázku můžeme vidět výslednou korelaci mezi jednotlivými veličinami. Nejvíce nás zajímá první řádek, kde můžeme vidět velmi silnou korelaci (větší jako 0,8) mezi cenami ropy a nafty plus benzínu.



Obrázek 32: Korelace cen ropy, benzínu a nafty [tvorba autora]

Na tomto obrázku vidíme grafické znázornění výsledku výpočtu. Na ose y se nachází ceny ropy v dolarech. Na ose x jsou ceny benzínu v Kč v prostřední sekci. Napravo jsou ceny nafty v Kč opět na ose x.



Obrázek 33: Vývoj cen ropy (silně modrá) a pohonných hmot [36] [úprava autorem]

Nakonec na tomto grafu vidíme společný průběh cen ropy a pohonných hmot v čase (bez LPG). Na grafu můžeme pozorovat vypočtenou korelaci v oblasti společných lokálních maxim a minim.

Tímto výpočtem bylo dokázáno a ověřeno závislost cen pohonných hmot na ropě jako komoditě.

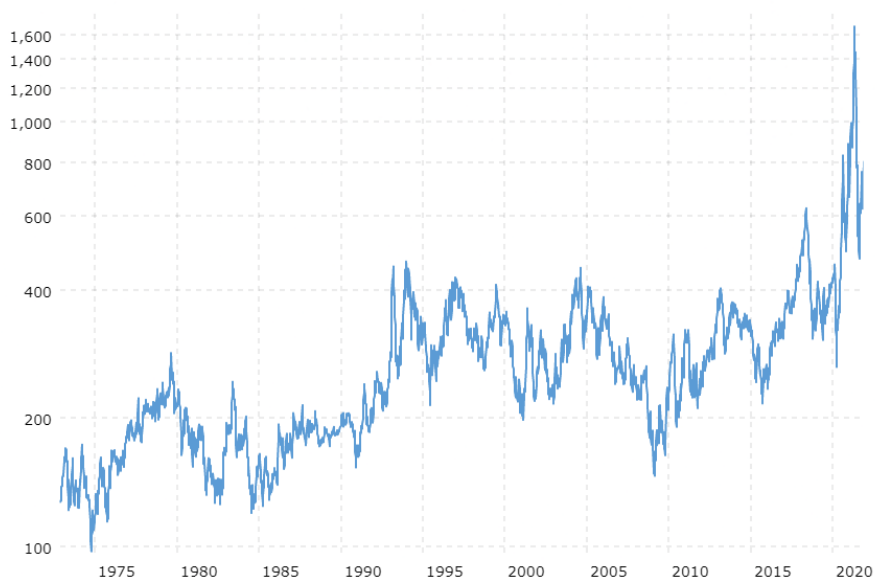
13.8. Cena řeziva

Pro tuto práci budeme počítat s cenou řeziva jako obchodovanou komoditou na Chicago Mercantile Exchange (CME). Jedná se o první burzu, která nabízí ochranu cen produktů lesního průmyslu.



Obrázek 34: Vývoj cen řeziva v dolarech [37]

Na grafu vidíme vývoj ceny Lumber (řezivo) futures, tedy již při ropě zmiňovaných budoucích kontraktu. Na ose x je čas a na ose y je cena v dolarech za 1000 ft. Sq. Tedy 92,9 m² řeziva. Toto řezivo je v jednotkách náhodné délky mezi 8–20 ft. (0,24 – 0,61 m) a průřezu 2x4' tedy 0,20 m².



Obrázek 35: Vývoj cen řeziva v logaritmickém měřítku [37]

Z důvodu extrémního nárustu v posledních letech na tomto grafu je cena řeziva v log. měřítku

13.9. Ceny řeziva v pandemii

Ceny řeziva vyskočily na rekordní maxima díky rostoucí poptávce ze strany stavitelů domů a domácích kutilů, kteří díky pandemii teď mají dostatek času. Nárůst cen byl tak velký a náhlý, že se stal symbolem nekontrolovatelné inflace.

Ceny řeziva v létě 2021 klesly, ale stále jsou na zvýšené hladině, což vytváří nové problémy pro již kritický sektor bydlení. Společnosti v dřevařském průmyslu se potýkají s novým pandemickým problémem, a to nedostatkem pracovníků.

V USA nabídkový šok, který letos posunul ceny řeziva na rekordní úrovně nepocházel, z nedostatku stromů (cena surového dřeva se téměř nepohnula). Cenová tíseň procházela z pil, které řezaly kulatinu na desky.

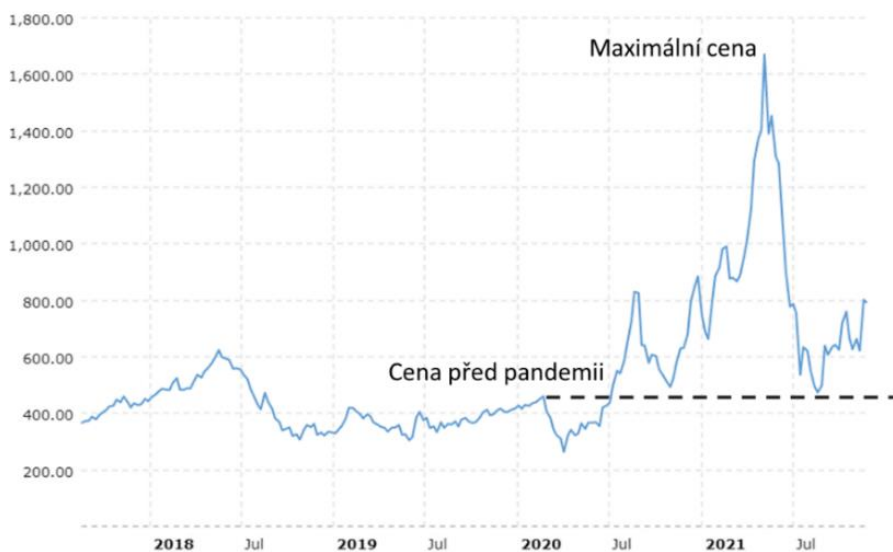
V prvních měsících pandemie se mnoho pil zavřelo, jak ze zdravotních důvodů, tak proto, že se předpokládala snížená poptávka po řezivu. Poptávka ale narůstala, Američané, kteří zůstali doma, ale začali ve velkém opravovat své domy.

Stavebnictví bylo také hnáno nízkými úrokovými sazbami a touhou obyvatel po vlastním bydlení.

Podle National Association of Home Builders vzrostla výstavba rodinných domů v loňském roce o 12% a činnost v oblasti přestaveb vzrostla o 7 %. Domácí pilařská produkce mezitím vzrostla jen o 3,3%.

V důsledku toho vzrostly ceny řeziva z 349 \$ za tisíc stop desky v dubnu 2020 na 1 514 \$ letos v květnu podle obchodního žurnálu Fastmarkets Random Lengths. Tento nárůst cen řeziva vyvolal obavy z inflace, protože u řady zboží ceny vyskočili podobně. Od května, když ceny řeziva dosáhly vrcholu, poptávka se ochladila. (lidé mohli začít cestovat, a stavitelství také přibrzdilo). Složený cenový index se poté za dva měsíce propadl o 50% na 770 \$ za tisíc stop desky.

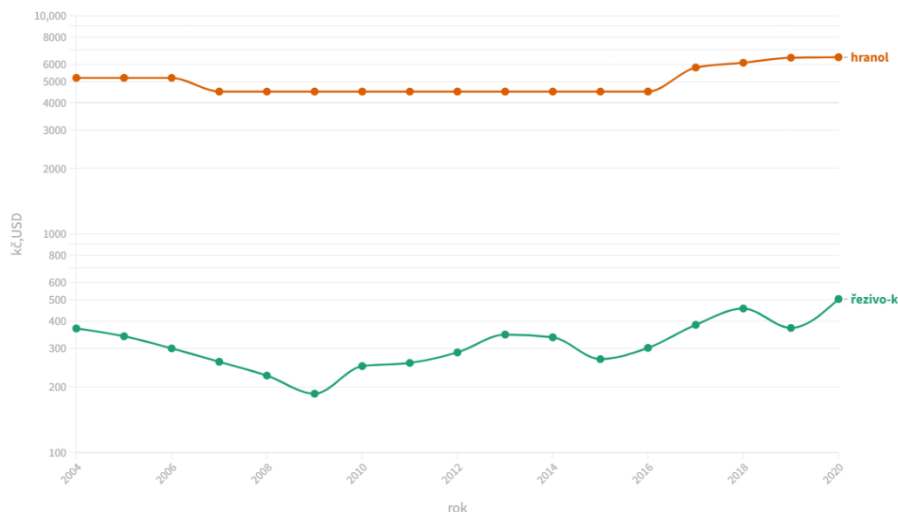
Navzdory tomuto cenovému poklesu stojí řezivo stále (červenec 2020) o 80 % více než před pandemií. Nabídka stále příliš rychle neroste. Vybudování nové pily by stálo miliony dolarů, z důvodu automatizace výroby a stavba by zabrala minimálně 3 roky. K tomu stále přetrvává nedostatek pracovních sil. [21]



Obrázek 36: Vývoj ceny řeziva přes pandemii [37] [úprava autorem]

13.10. Vliv ceny řeziva na český trh

V této kapitole se bude sledovat korelace mezi cenami řeziva jako komodity a cen hranolu (data z URS).



Obrázek 37: Porovnání vývoje cen řeziva a hranolu [tvorba autora]

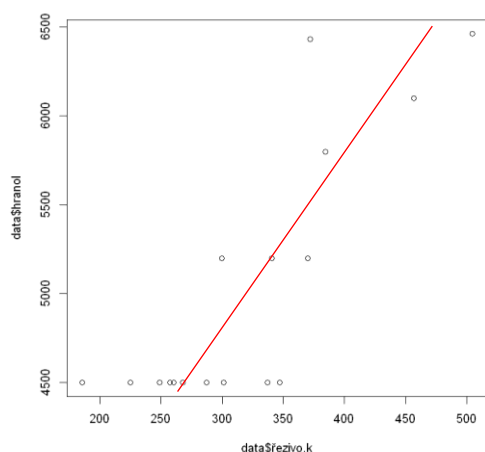
Na grafu můžeme vidět vývoj ceny řeziva (jako komodity v dolarech) zelenou barvou a ceny hranolu v Česku v Kč oranžovou barvou. Na ose y jsou dolary a Kč v log měřítku z důvodu lepšího porovnání datových souborů.

```
cor(data$řezivo.k, data$hranol)
```

0.826247977287341

Tabulka 2: Grafický výstup ze softwaru, výsledek korelace řeziva a hranolu [tvorba autora]

Korelace mezi cenami řeziva a cenami hranolů je 0,82, což znamená velmi silnou korelaci.

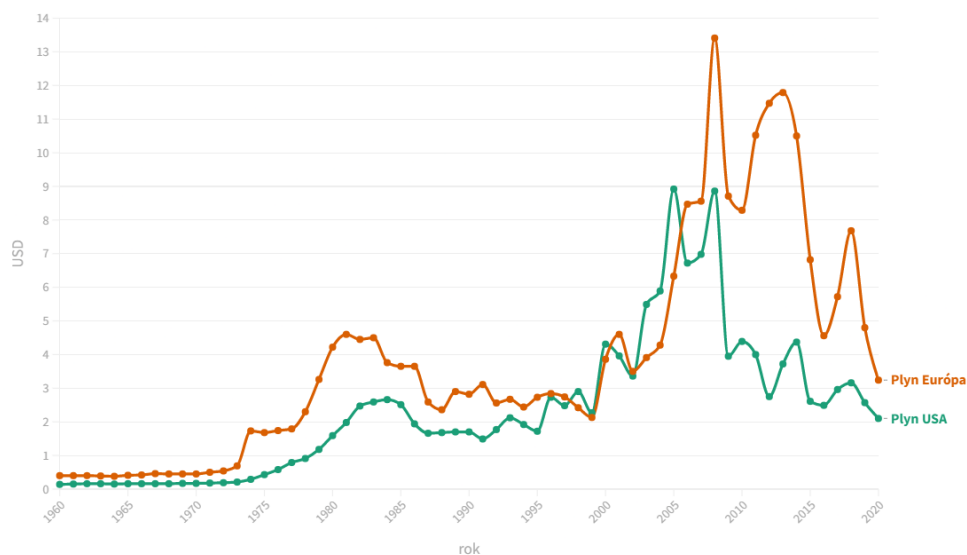


Obrázek 38: Korelace cen řeziva a hranolu [tvorba autora]

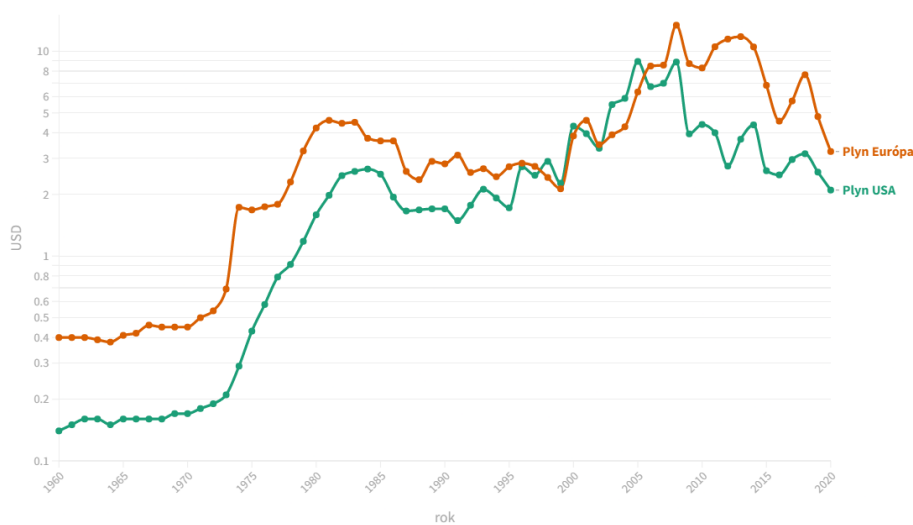
Na obrázku vidíme grafické znázornění výsledku výpočtu. Na ose y se nachází ceny hranolu v Kč. Na ose x jsou ceny řeziva v dolarech. Na základě tohoto výsledku můžeme tvrdit, že zde existuje souvislost mezi veličinami.

14. Cena plynu

V této sekci budeme porovnávat ceny amerického plynu s cenou plynu na evropské burze.



Obrázek 39: Vývoj cen plynu v EU a USA, lineární osa y [tvorba autora]

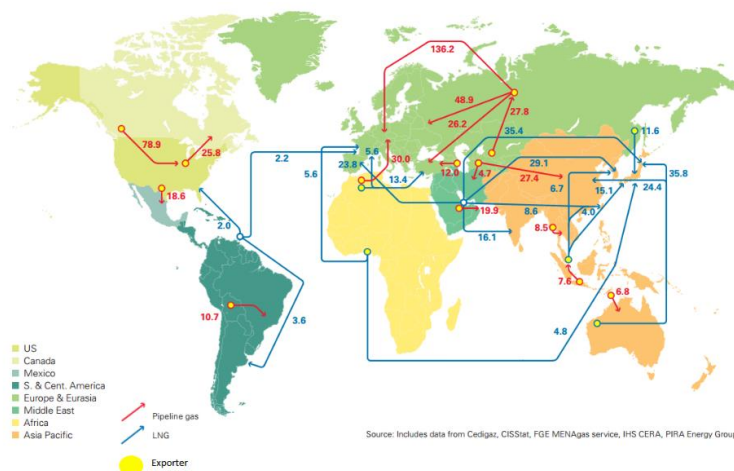


Obrázek 40: Vývoj cen plynu v EU a USA, logaritmická osa y [tvorba autora]

Oranžová barva představuje cenu plynu v Evropě, konkrétně pro obchodní uzel Title Transfer Facility (TTF) v Nizozemsku, který je určující pro ceny na evropském trhu. Osa y je v dolarech za mmbtu (mega British thermal unit, tedy britská tepelná jednotka).

Zelená barva představuje ceny plynu na americké burze (NYMEX), s názvem Henry Hub. Henry Hub je plynovod na zemní plyn, který slouží jako oficiální místo dodání pro kontrakty na Newyorské merkantilní burze (NYMEX). Hub je ve vlastnictví Sabine Pipe Line LLC a má přístup k mnoha hlavním trhům s plynem ve Spojených státech. Hub se připojuje ke čtyřem vnitrostátním a devíti mezistátním plynovodům, včetně ropovodu Transcontinental, Acadian a Sabine. [29] [30]

Sjednané ceny v Henry Hub se používají jako referenční hodnoty pro celý severoamerický trh se zemním plynem a části globální trhu s kapalným zemním plynem (LNG).



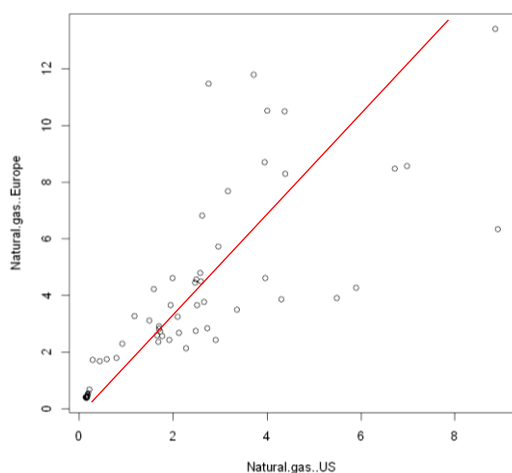
Obrázek 41: Zobrazení obchodování plynu v miliardách m³ [38]

Na obrázku vidíme hlavní obchody plynu v roce 2013 v miliardách metrů krychlových. Zjednodušeně by se dalo říct, že Henry Hub představuje modré čáry, TTF pak tvoří směs modrých a červených zdrojů/obchodů.

	Natural.gas..US	Natural.gas..Europe
Natural.gas..US	1.0000000	0.7670153
Natural.gas..Europe	0.7670153	1.0000000

Tabulka 3: Korelace cen plynu v EU a USA [tvorba autora]

Na obrázku vidíme korelaci mezi dvěma zmíněnými veličinami. Korelační koeficient je 0,77, což značí silnou korelaci.



Obrázek 42: Korelace cen plynu v EU a USA [tvorba autora]

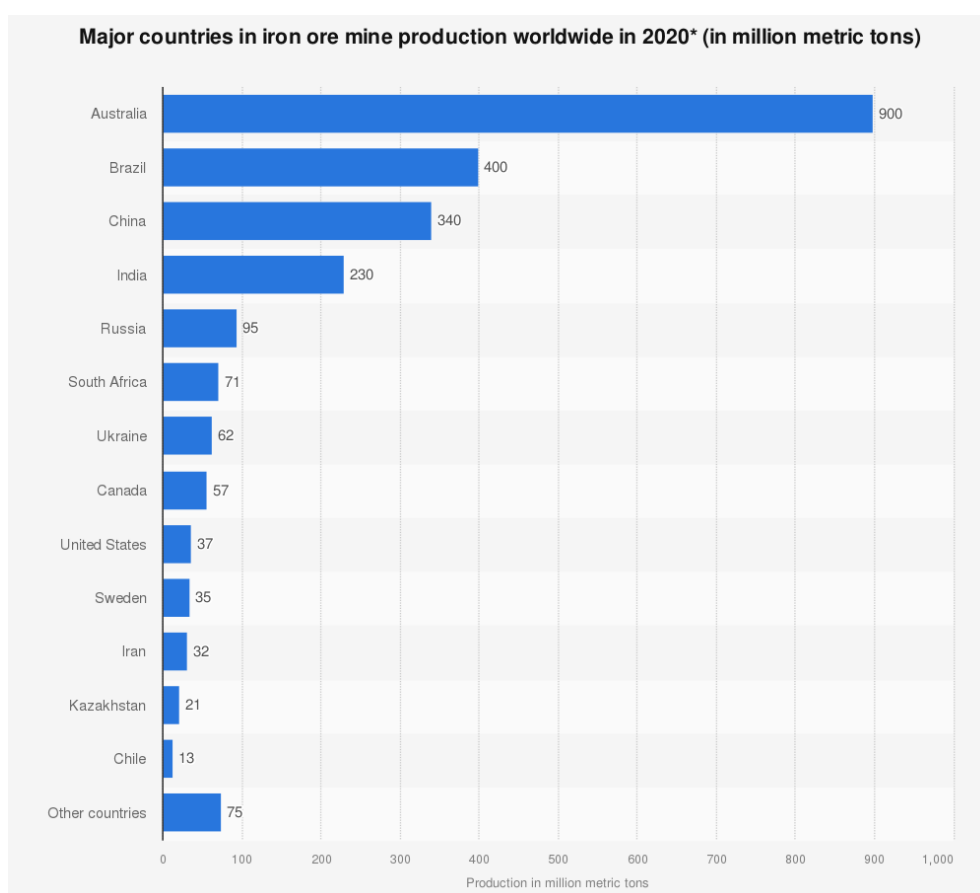
Grafický výstup korelačního výpočtu. Na ose y je cena TTF neboli evropské ceny. Na ose x jsou ceny Henry Hub, tedy amerického trhu s plynem. Z důvodu vstupů regulace státu a dostupnosti dat budeme dále počítat s cenami Henry Hub, za předpokladu vypočtené korelace s TTF.

15. Cena železné rudy

Železná ruda je základní složkou globálního železářského a ocelářského průmyslu. Téměř 98 % vytěžené rudy se využívá při výrobě oceli. Na světě těží železnou rudu okolo 50 států, přičemž Austrálie a Brazílie dominují na trhu pro export.

Pro porovnání doly v Michiganu a Minnesotě představují většinu produkce železné rudy ve Spojených státech. V roce 2019 tyto doly vyprodukovali 46,9 milionů metrických tun železné rudy. Ve stejném roce Austrálie vedla s produkcí 919 milionů tun, následovaná Brazílií s 405 milionů tun.

Provozní náklady těchto předních producentů železné rudy patří k nejnižším na světě. Důl pro komerční těžbu vyžaduje velké kapitálové investice do infrastruktury, které ze značné míry znemožňují vstup nových hráčů na trh.



Obrázek 43: Produkce železné rudy jednotlivých států, v milionech metrických tun za rok 2020 [39]

Největším exportéři roku 2020 byla Austrálie, která se podílela svým exportem 56 % světového obchodu; Brazílie s 18,4% podílem; a Jižní Afrika s podílem 4,4 %.

Ačkoliv Čína v roce 2020 byla třetím největším producentem železné rudy, byla také největším dovozcem, když skoupila 75,4% světového trhu. Pro srovnání druhým největším dovozcem bylo Japonsko, které nakupilo 6,1% z mezinárodního obchodu, následované Jižní Koreou s 4,4 %. Za Jižní Koreou následuje evropský zastupitel, Německo s 2,3 %. (22)

V průběhu minulých let zažívaly ceny železné rudy vysokou volatilitu. Například ceny byly 187 USD za tunu v únoru 2011 a poté klesly na přibližně 41 USD za tunu v prosinci 2015. [22]

Propad cen byl z velké části přisouzen poklesu poptávky z Číny. Země nakupuje téměř dvě třetiny dodávek železné rudy po moři, což podporuje podnikání velkých výrobců, jako jsou Australský BHP Billiton (BHP), nadnárodní Rio Tinto (RIO) a Brazílský Vale (VALE). Tyto společnosti mají přístup k levným ložiskům železné rudy a také těží z úspory ze svého rozsahu. Když se produkce zvýšila, trh se dostal do převahy nabídky, což přimělo „drahé“ (s většími provozními náklady, většinou se jedná o lokální až regionální společnosti) doly omezit produkci nebo ji v některých případech až úplně utlumit.

V roce 2019 byly celosvětové ceny železné rudy v průměru 93,85 USD za tunu, což je nárůst o 40 % z 69,75 USD za tunu v roce 2018.

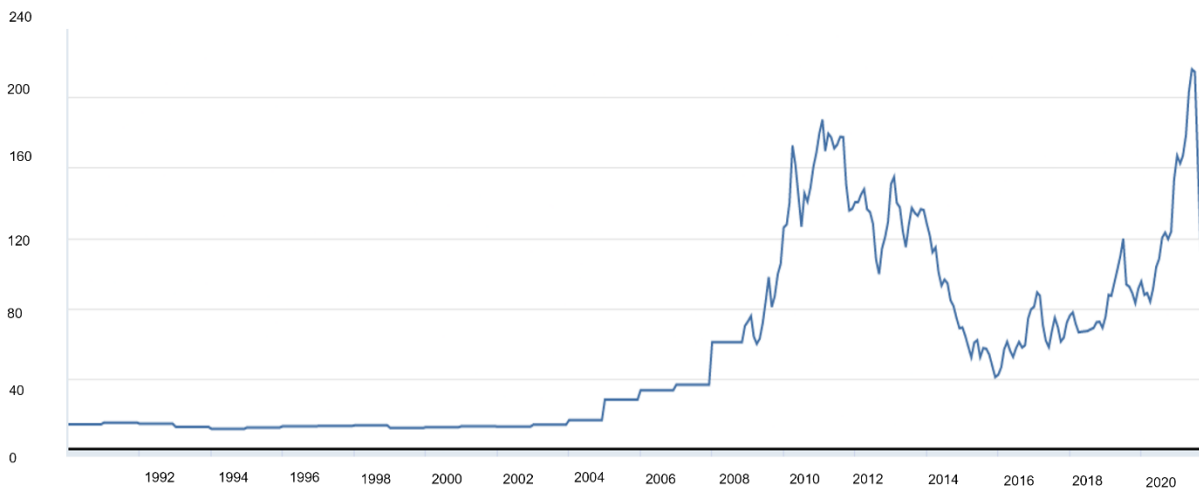
V roce 2020 zaznamenala železná ruda pokles výroby, obchodu a exportu kvůli pandemii. To poté vedlo ke globálnímu snížení spotřeby a výroby oceli. V důsledku toho ceny klesly na minimum v roce 2020 82,90 USD v červnu téhož roku poté, co se téměř o rok dříve v červenci 2019 dotkly 119,58 USD.

V roce 2021 se železná ruda zotavila a ceny dosáhly vrcholu na 215,81 USD za tunu v červnu 2021, než do září 2021, klesly na 113,71 USD za metrickou tunu.

V průběhu let ceny železné rudy prudce kolísaly. Například ceny byly 187 USD za tunu v únoru 2011 a poté klesly na přibližně 41 USD za tunu v prosinci 2015. [22]



Obrázek 44: Vývoj cen železné rudy od roku 2011 v dolarech za metrickou tunu [22]



Obrázek 45: Vývoj cen železné rudy v USD za metrickou tunu [tvorba autora]

15.1. Čína a její vliv na ceny oceli

Čína je největším světovým výrobcem oceli (vyrábí 57 % světové oceli) a zároveň také největším spotřebitelem tohoto materiálu. Vzhledem k tak dominantnímu podílu na trhu spojeným s velkým množstvím oceli používané v různých sektorech čínské ekonomiky bude mít jakékoliv zpomalení její ekonomiky velký dopad na globální ocelářský průmysl.

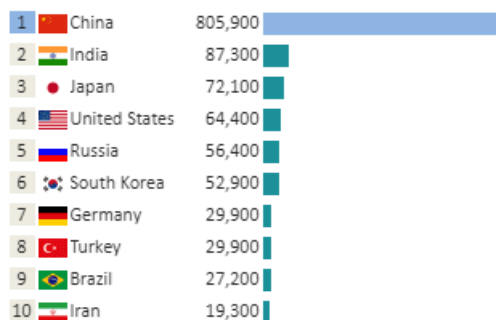
Čína má přibližně desetkrát větší produkční kapacitu oceli než USA. Byla obviněna z dumpingu (činnost, když se tovar nebo služba prodává za cenu, která je výrazně nižší než hladina ceny ekvivalentního zboží nebo služby na daném trhu, případně nepokrývá ani náklady vynaložené na zboží nebo službu) levné oceli na globální trh, aby porazila konkurenty.

Čína byla v roce 2015 největším vývozcem oceli na světě a její vývoz oceli představoval v roce 2015 přibližně 24 procent veškeré oceli vyvezené globálně.

V roce 2015 začínala čínská ekonomika zpomalovat, poptávka po oceli, železné rudě a dalších železných kovech výrazně poklesla. Tímto všem byli ovlivněny globální ceny akci mnohých společností v ocelovém průmyslu, najme Anglo American a Rio Tinto.

Ačkoliv Čína omezuje výrobu oceli, aby zmírnila znečištění krajiny, některé závody zvyšují svoji výrobní kapacitu, a tím je čínská výroba oceli na vzestupu. Toto navýšení produkce také udrželo poptávku po vysoce kvalitní železné rudě a zvýšilo její ceny.

Pokud však poptávka v budoucnu po oceli klesne, Čína vyveze přebytečnou ocel a tím sníží mezinárodní ceny. Pokud klesne produkce, poptávka po vstupních surovinách se zpomalí, a ještě více ovlivní ceny na globálních trzích. Tím pádem se dá konstatovat, že Čína má tedy největší vliv na globální ceny oceli. Hlavním důvodem je, že Čína se stala hlavním figurantem jak na trhu železní rudy, tak na trhu oceli, který je na ní závislý. [23]



Obrázek 46: Největší producenti oceli v tisících metrických tunách za rok 2021 [40]

Na grafu vidíme výše zmíněné čínské prvenství v produkci ocele. Data jsou z roku 2021 (+ předpověď) v metrických tunách.

15.2. Korelace železa

```
cor(data$zelezo...k,data$Ipe.200)
```

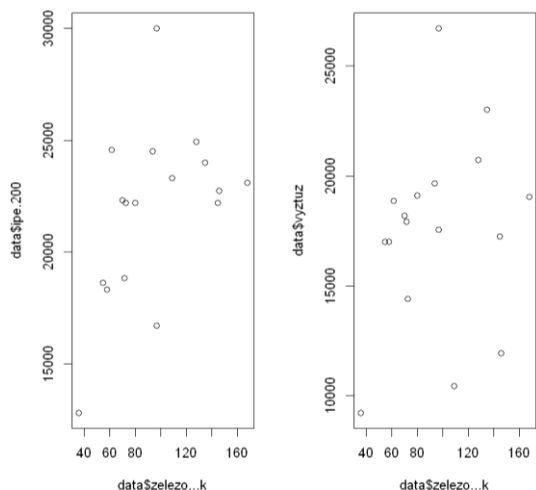
0.475870522480534

```
cor(data$zelezo...k,data$vyztuz)
```

0.216369865895472

Tabulka 4: Grafický výstup ze softwaru, výsledek korelace železné rudy s IPE 200 a výztuží [tvorba autora]

Na obrázcích vidíme napravo korelaci mezi cenami železné rudy a IPE 200. Nalevo je vypočtena korelace mezi cenami železné rudy a cenou výztuže. Korelace s IPE 200 vyšla 0,48 což je střední korelace. Korelační koeficient při výztuži je 0,21, což se rovná slabé korelaci.



Obrázek 47: Korelace železné rudy s IPE 200 (napravo) a s výztuží (vlevo) [tvorba autora]

Na grafech vidíme grafické znázornění korelací. Na ose x je cena železné rudy v dolarech. V pravém grafu jsou na osy ceny IPE 200 v Kč. V levém grafu je na osy y cena výztuže v Kč.

16. Emisní povolenky

Emisní povolenky jsou nástrojem motivující k co nejefektivnějšímu snižování emisí skleníkových plynů (zejména CO₂). Jedna povolenka opravňuje k vypouštění jedné tuny CO₂ do ovzduší. V případě, že firma danou emisní kvótu překročí, musí si další povolenku nakoupit na trhu. Subjekty, které mají možnost redukovat emise (např. zefektivněním výroby, snižováním znečišťování ovzduší), mohou uspořené emisní povolenky nebo kredity prodat těm subjektům, u nichž by taková redukce byla nákladnější.

Systém emisních povolenek funguje ve současné podobě od roku 2005, kdy vstoupil v platnost tzv. Kjótský protokol.

Obchodovat mezi sebou mohou státy Dodatku Prvního Kjótského protokolu v rámci flexibilního mechanismu Mezinárodní emisní obchodování (International Emission Trading, IET). Největším systémem emisního obchodování je European Union Emission Trading Scheme (EU ETS), kterého se jako členský stát EU účastní i Česká republika.

EU ETS zahrnuje přes 11 000 zařízení ze sektorů energetiky, výroby oceli a železa, cementu a vápna, celulózy a papíru, sklo-keramického průmyslu, chemického průmyslu, rafinérií a letecké přepravy v 31 státech a pokrývá cca 2 mld. t CO₂ ročně (v roce 2020 budou emise v EU ETS o 21 % nižší ve srovnání s rokem 2005).

V ČR je EU ETS upraven zákonem č. 383/2012 Sb. Provozovatelé neboli subjekty monitorují své emise, které každoročně vykazují Ministerstvu životního prostředí a využívají na ně povolenky. Část těchto povolenek dostanou bezplatně, zbytek si musí koupit na trhu nebo v aukci. Další možností je snížit své emise natolik, že nebudou potřebovat nakupovat další povolenky (platí hlavně v případě, že přijdou náklady na snížení emisí levněji než nákup povolenek). [24]

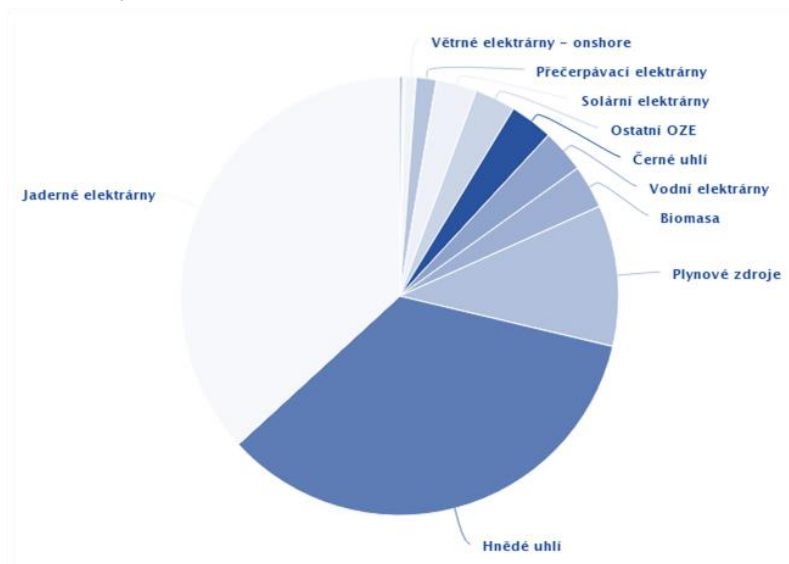


Obrázek 48: Vývoj cen emisních povolenek (EU ETS) v eurech za tunu [tvorba autora]

17. Energetický sektor

V této části se budeme hlavně věnovat výrobě elektrické energie.

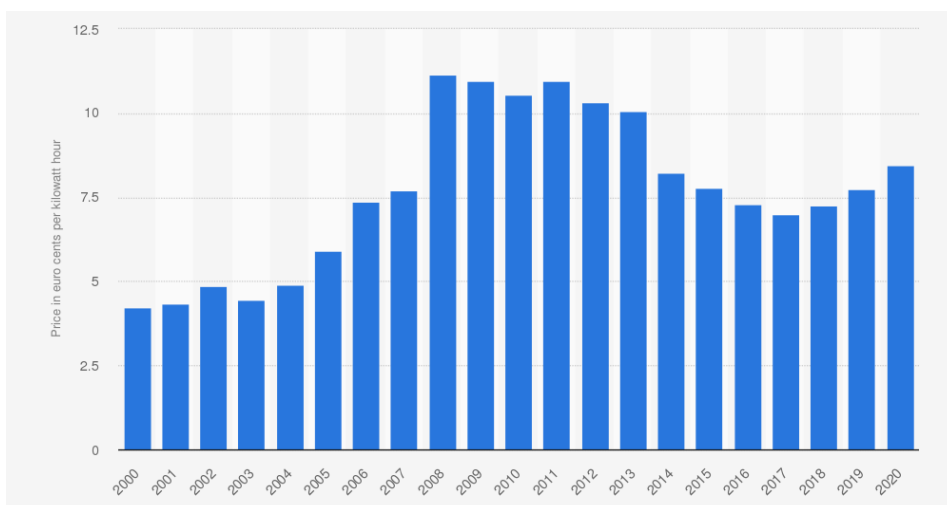
Většina elektřiny v České republice byla v červenci 2021 z jaderných elektráren, její podíl byl (33,6 %), dále podíl hnědého uhlí (32,4 %), plynové zdroje dodaly (11,1 %), solární elektrárny (5 %), vodní elektrárny (4,5 %) a černé uhlí (4,3 %). [25]



Obrázek 49: Podíl zdrojů na výrobě elektřiny v roce 2021 [27]

Dominantním výrobcem elektřiny na domácím trhu je ČEZ a.s., která provozuje 10 uhelných, 2 jaderné, 37 vodních (z toho 3 přecherpací), 1 paroplynovou, 13 fotovoltaických (slunečních) a 2 větrné elektrárny, 3 elektrárny spalující biomasu a 1 bioplynovou stanici. [26]

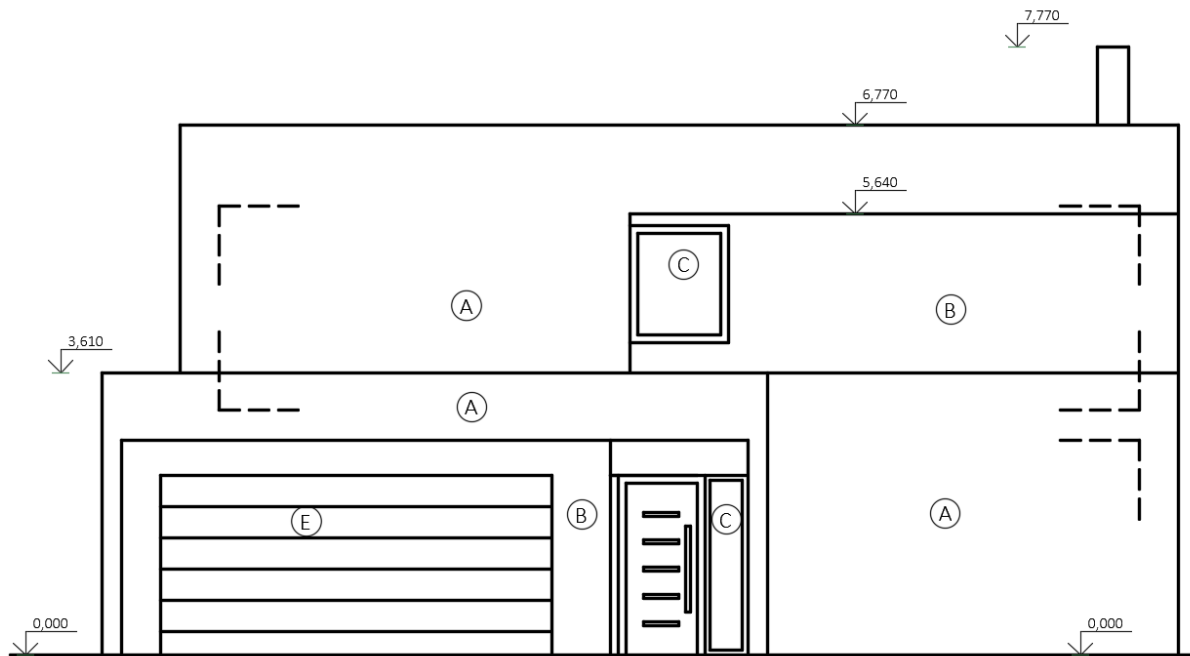
Dle vlády by český energetický mix měl být v dlouhodobém horizontu postaven na jádru a obnovitelných zdrojích. Na přechodnou dobu mají pomoci plynové zdroje. Uhelná komise v prosinci 2020 doporučila ukončit využívání uhlí v Česku pro výrobu elektřiny a tepla v roce 2038. [27]



Obrázek 50: Vývoj ceny elektřiny pro český průmysl v kWh/eur [41]

18. Referenční objekt

Pro porovnání ekonomických dopadů na konkrétní stavbu byl vybrán rodinný dům. Jedná se o dvoupodlažní dům pro 5 osob. S objektem je počítáno jako s novostavbou.



Obrázek 51: Severní pohled na stavbu

Následující údaje o konstrukcích pocházejí z technických a souhrnných zpráv a z projektové dokumentace.

Základové konstrukce

Založení stavby je navrženo na dvoustupňových základových pasech, kde první stupeň bude tvořit železobetonový pás a druhý stupeň z prolívaných betonových tvarovek. Nad základovými pasy bude provedena betonová deska v tloušťce 150 mm. Kolem objektu bude drenáž pro odvod vody.

Nosné zdivo

Nosná obvodová konstrukce je navržena z cihelných tvarovek vyplněných vatou tloušťky 500 mm, nosná vnitřní z cihelných tvarovek tl. 240 mm.

Stropní konstrukce

Veškeré stropy budou monolitické, tl. 250 mm.

Příčky

Vnitřní příčky jsou navrženy z cihelných tvarovek tl. 115 mm.

Podlahy

Nášlapné vrstvy v místnostech – koupelna, WC, sklad, technická místnost jsou navrženy dlažby. V místnostech – zádveří, chodby, schodiště, pokoje, ložnice, šatny, pracovna, obývací pokoj s jídelnou a kuchyňským koutem – vinyl. V garáži povrchová úprava z epoxidové pryskyřice. Na terasách dřevoplastové (WPC) prkna. Venkovní zpevněné plochy z betonové dlažby. Izolační vrstva z kročejové (vata) a tepelné izolace (polystyren), roznášecí vrstva z anhydritu.

Hydroizolace

Radonovým průzkumem bylo prokázáno, že pozemek spadá do středního radonového indexu, z tohoto důvodu bylo nutno navrhnout opatření. Hydroizolace v základové desce je navržena také protiradonová – SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny.

Pod vegetační souvrství je navržena hydroizolace – pás z SBS modifikovaného asfaltu s hliníkovou vložkou a hydroizolační folie z PVC – P určená pro vegetační střechy

Schodiště

Vnitřní schodiště je navrženo monolitické s nášlapnou vinylovou vrstvou.

Zateplení objektu

Podlahové konstrukce na terénu budou zatepleny 140 mm tepelné izolace z polystyrenu. Vnitřní podlahy obytných místnostech, WC a koupelnách jsou navrženy s teplovodním podlahovým topením.

Vnitřní podhledy

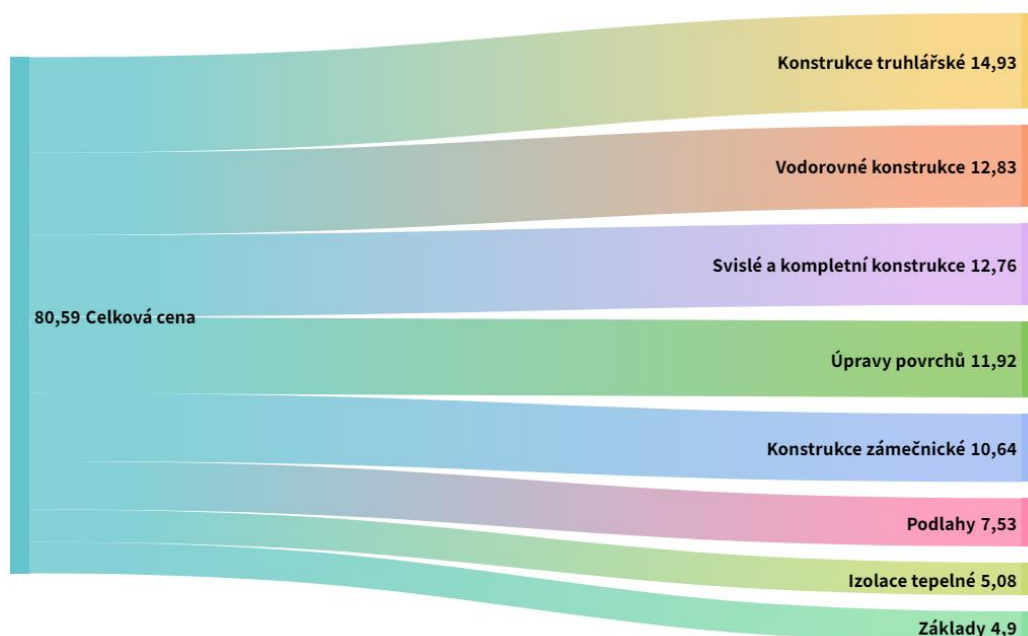
Sádrokartonové podhledy na nosných hliníkových profilech jsou navrženy v koupelnách, WC.

Střešní konstrukce

Nosnou část ploché střechy tvoří železobetonová deska tloušťky 250 mm. Nad 2.NP je nepochozí s mPVC hydroizolační povrchovou vrstvou, nad garáží extenzivní vegetační plochá střecha.

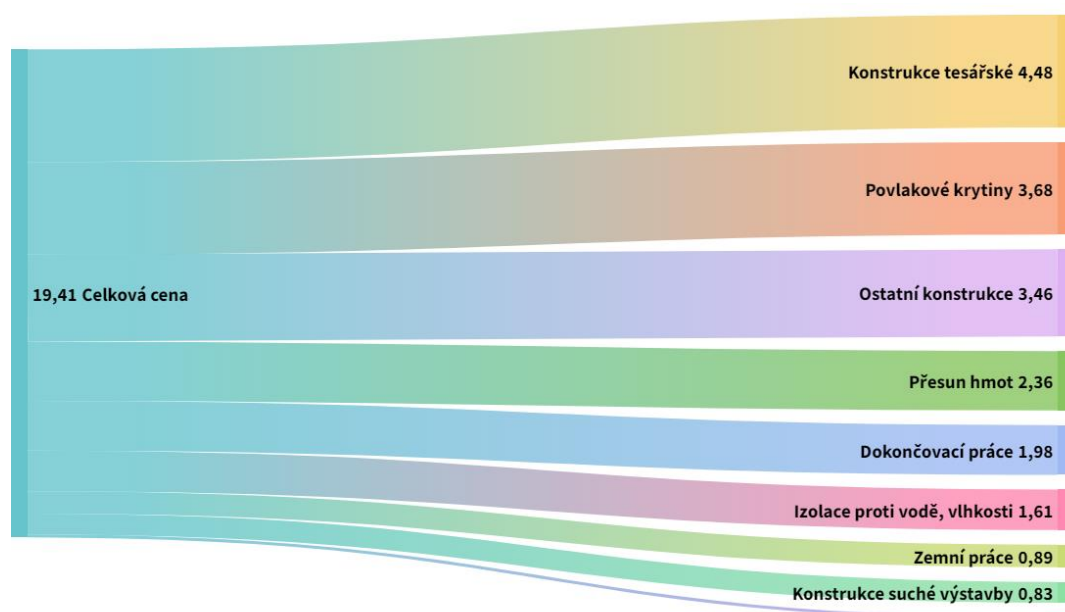
18.1. Náklady na stavbu

Procentuální rozdělení nákladů je sestaveno na základě položkového rozpočtu. Celková cena stavebního objektu je 9 847 576,01 Kč.



Obrázek 52: Rozdělení nákladu na stavbu v % [tvorba autora]

Na grafu vidíme rozložení cca 80 % nákladu na stavbu rodinného domů do jednotlivých sekcí. Na grafu dole vidíme rozložení zbylých cca 20 % nákladu na stavbu RD.



Obrázek 53: Rozdělení nákladu na stavbu v % [tvorba autora]

Poslední čára 20 % Sankey grafu představuje Konstrukce klempířské 0,12.

Největší samostatní položkou je zdivo s 5,89 % z celkové ceny RD (bez příček), výztuž stropů s 4,83 %, podlahoviny (parkety) 3,94 % + terasová prkna 3,24 % a monolitické stropy s 3,38 %. Další položky jsou v rozpětí 0 - 1,5 %.

Stavební díl	Materiál	Jednotka
Konstrukce truhlářské	Hranol	m ³
Vodorovné konstrukce	Beton, Výztuž, Panely spiroll, Cement	m ³ ,t,m,t
Svislé a kompletní konstrukce	Porotherm cihly , Pórobetonové cihly	1000 ks, m ³
Úpravy povrchů	Sádkokartón	m ²
Konstrukce zámečnické	IPE 200	t
Podlahy	Vlys. parkety	m ²
Izolace tepelné	EPS, tep. izolační deska	m ² , m ²
Základy	Beton, Cement	m ³ ,t
Konstrukce tesařské	Hranol	m ³
Povlakové krytiny	Asfaltový pás	m ²
Ostatní konstrukce	Ø	
Přesun hmot	Ø	
Dokončovací práce	Ø	
Izolace proti vodě, vlhkosti	Asfaltový pás	m ²
Zemní práce	Štěrkopísek	t
Konstrukce suché výstavby	Sádkokartón, OSB deska	m ² , m ²
Konstrukce klempířské	IPE 200	t

Tabulka 5: Seznam referenčních materiálů [tvorba autora]

Seznam jednotlivých materiálu, kteří jsou zástupci jednotlivých dílů referenční stavby pro další analýzu a posouzení. V posledním sloupci jsou uvedeny jednotky, ve kterých se dále pracuje s materiály v dalších analýzách a výpočtech. *Viz více viz příloha č.5 seznam materiálů.*

Dokončovací práce jsou malby, tapety plus obklady. Ostatní konstrukce tvoří hlavně montáž a demontáž lešení. Tyto dva stavební díly plus přesun hmot nemají přímého zástupce.

U povlakových krytin je asfaltový pás jako nepřímý zástupce, společný s izolacím proti vodě a vlhkosti.

Konstrukce tesařské a truhlářské mají společný referenční materiál, a to dřevěný hranol.

IPE 200 je byl vybrán jako nepřímý materiálový ukazatel pro konstrukce klempířské.

Jak je vidět na materiálech, snažíme se referenční objekt ještě více zobecnit, co se týče materiálového hlediska. Je to hlavně z toho důvodu, aby následující analýza byla co nejobecnější a zabírala co největší škálu stavebních materiálů.

19. Metodika

Numerické výpočty, ale také výpočty, u kterých výsledkem jsou grafické výstupy jsou vytvořeny v prostředí Google colab a Jupyter notebook. Jedná se o softwarové produkty, které na základě zdrojového kódu vytváří grafy, tabulky, dokumenty.

V těchto programech byly používány programovací jazyky R (programovací jazyk určen pro statistickou analýzu dat a jejich grafické zobrazení) a Python.

Zjednodušeně se tedy dá říct, že Google colab a Jupyter je prostředí, ve kterém se používá programovací jazyk. Google colab se používal při analýzách jako je FB prophet, z důvodů výpočtové náročnosti. Důvodem jeho výběru je, že colab běží na serveru Google na rozdíl od Jupyteru, který běží jenom na PC.

Data cen materiálu mi byly poskytnuty z URS CZ, v Brně. Zdroje ostatních dat jsou uvedeny dále.

19.1. Introdukce k výpočtové části

V následujících částech budou jedním z hlavních výstupů korelační tabulky, kterých číselné hodnoty hodnotíme, podle již zmíněné Evansovy příručky:

0,00 - 0,19 – velmi slabá korelace

0,20 - 0,39 – slabá korelace

0,40 - 0,59 – střední korelace

0,60 - 0,79 – silná korelace

0,80 - 1,00 – velmi silná korelace [7]

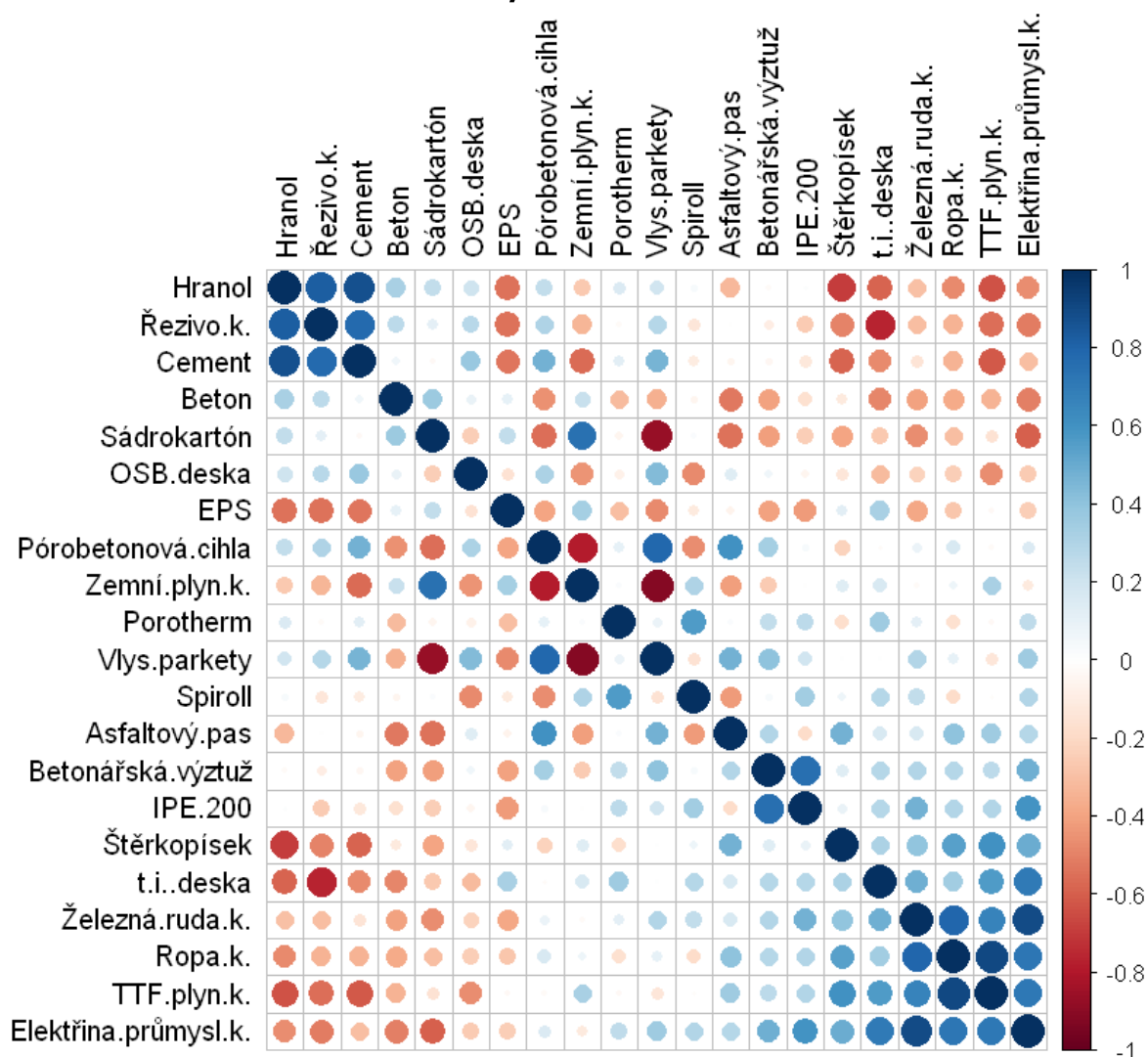
Tyto veličiny jsou v absolutních hodnotách, tedy platí jak pro záporní, tak pro kladní výsledky. Jako významní nebo bližšího zkoumání vhodné považujeme korelace v okolí 0,6.

Čím tyto hodnoty budou vyšší (nebo blíže k + 1), tím více korelují s danou komoditou, tedy rostou, když roste ona a klesají, když její ceny klesají.

Naopak čím budou hodnoty nižší (nebo blíže k -1), tím mají vyšší negativní korelaci, tedy když její ceny rostou, jejich klesají a opačně.

Hodnoty v okolí nuly považujeme za nezávislé na dané komoditě.

20. Vliv komodit na materiály



Obrázek 54: Korelační matice [tvorba autora]

k. – značí, že se jedná o komoditu nebo sledovaný primární položku.

Na tomto grafu vidíme korelaci mezi datovými soubory. Datové soubory jsou z let 2004-2020.

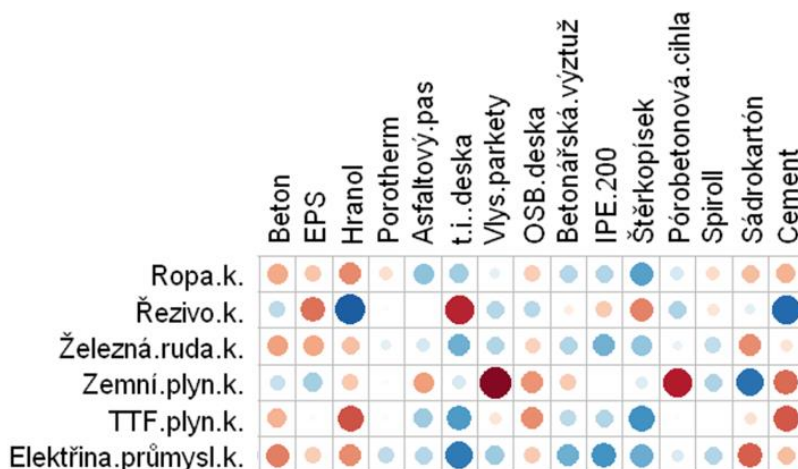
Čím je barva tmavě modřejší, tím je korelace blíže k plus 1. To znamená, že je korelace silnější na pozitivní stranu. Na diagonále vidíme tmavě modré indikátory, které značí dokonalou korelaci, protože jde o korelaci datového souboru se sebou samým.

Čím je barva více tmavě rudá k minus 1, tím se více jedná o silnější zápornou korelaci.

V dalších částech se budeme detailněji věnovat jednotlivým datovým souborům a jejich korelacím.

Ceny jsou sledovány v rozpětí od 2004 – 2020. Rokem 2004 jsme omezení kvůli dostupnosti historických dat jednotlivých materiálů. Rok 2021 z důvodu jeho jedinečnosti bude obsažen ve vlastní kapitole.

21. Korelace vstupů a komodit s materiály



Obrázek 55: Korelační matice komodit [tvorba autora]

21.1. Ropa

Tato část grafu se zabývá korelací mezi tržními komoditami a vstupy s materiály.

Ropa má největší pozitivní korelaci z materiálu s : Štěrkopískem(0,54) , Asfaltovými pásy (0,46) a s Betonářskou výztuží (0,43).

Největší zápornou korelaci má s : Hranolem (-0,48), Betonem (-0,38) a Sádrokartónem (-0,31).

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Ropa k.	-0,376	-0,275	-0,479	-0,168	-0,168	0,348	0,106	-0,247

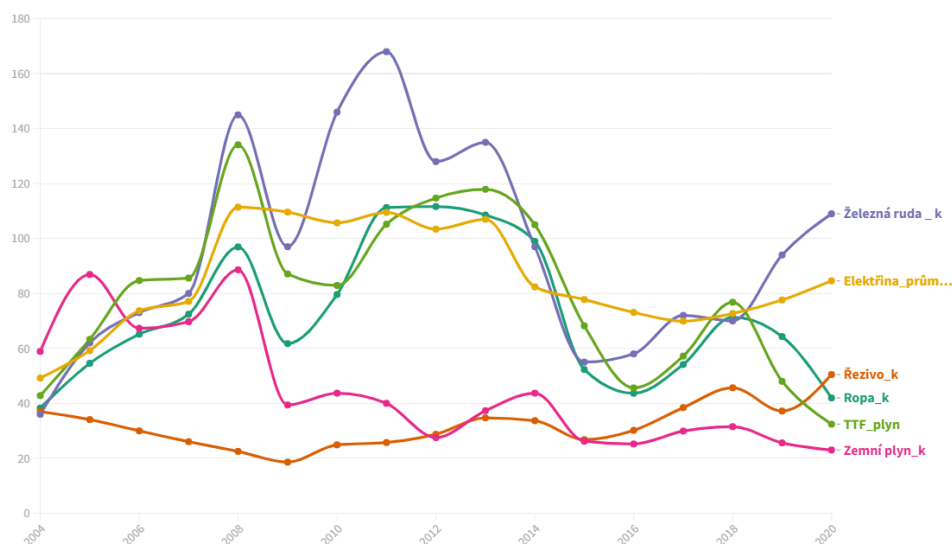
	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Ropa k.	0,430	0,291	0,540	0,163	-0,185	-0,307	-0,350

Korelace ropy s komoditami a se vstupy.

	Řezivo k.	Železná ruda .k	Zemní plyn k.	TTF plyn k.	Elektřina průmysl k.
Ropa k.	-0,349	0,790	0,071	0,902	0,723

Tabulka 6: Korelační tabulky ropy [tvorba autora]

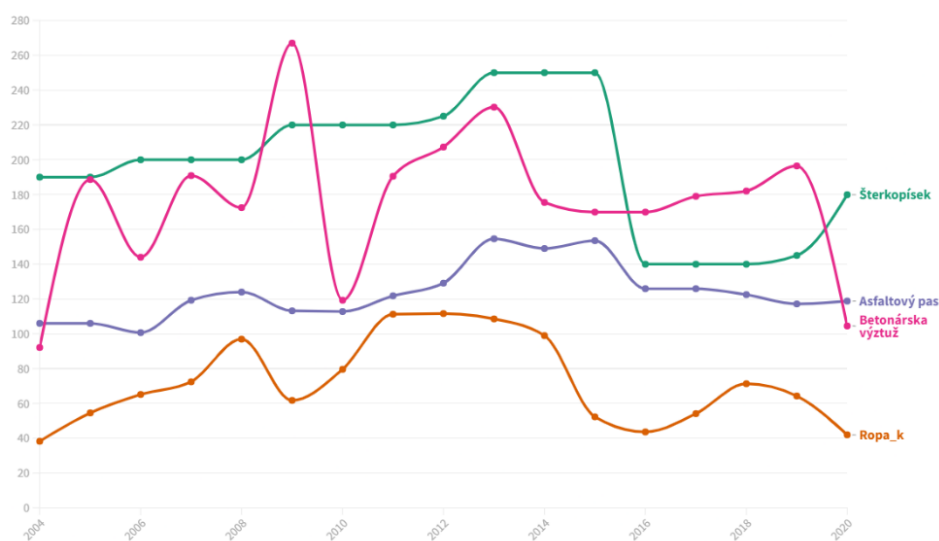
Největší korelaci má ropa s komoditami s: plynem TTF (0,90), Elektřinou (0,72) a s cenami Železné rudy (0,79). Vliv ropy na ceny materiálů se dá předpokládat hlavně jejím přímým vlivem na ceny pohonných hmot a tím tedy na dopravní náklady.



Obrázek 56: Graf vývoje cen komodit [tvorba autora]

Graf vývoje cen komodit jsou v dolarech, ceny elektřiny jsou v Kč. Pro lepší zobrazení byly ceny řeziva vyděleny 10. Ceny zemního plynu (HH), ceny zemního plynu (TTF) a elektřiny byly naopak 10 vynásobeny.

Ropa pozitivní korelace

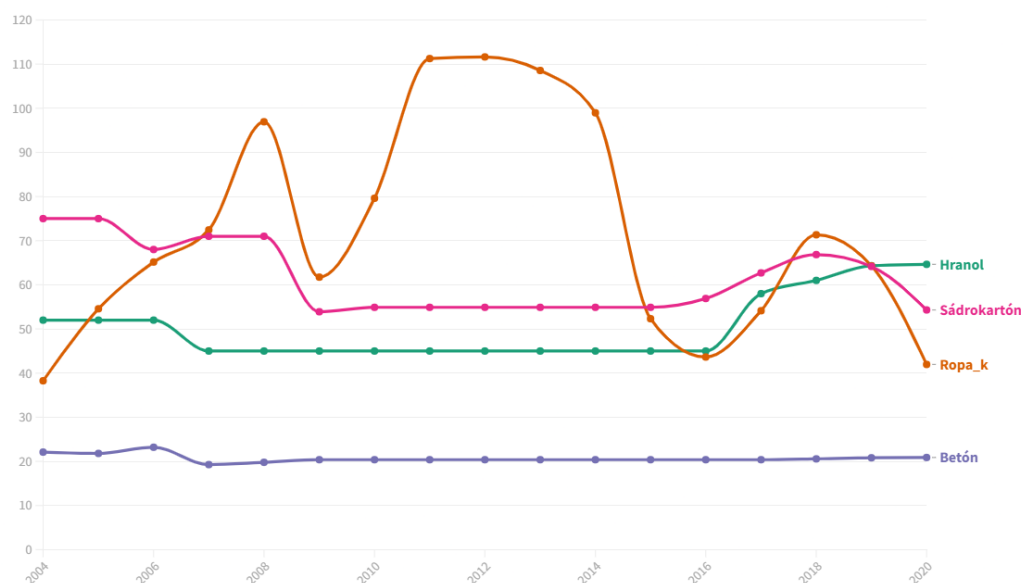


Obrázek 57: Graf vývoje cen ropy s materiály [tvorba autora]

Graf ropy s materiály, které vykazovaly zvýšenou pozitivní korelaci. Ropa je v dolarech, zbylé materiály jsou v Kč. Sledované období je od roku 2004 do roku 2020.

Ceny výztuže byli vyděleny 100 pro lepší zobrazení.

Ropa negativní korelace



Obrázek 58: Graf vývoje cen ropy s materiály [tvorba autora]

Graf ropy s materiály, které vykazovali zvýšenou negativní korelaci. Ropa je v dolarech, zbylé materiály jsou v Kč.

Ceny hranolu a betonu byly vyděleny 100 pro lepší zobrazení.

21.2. Řezivo

	Ropa k.	Železná ruda .k	Zemní plyn k.	TTF plyn k.	Elektřina průmysl k.
Řezivo k.	-0,349	-0,305	-0,338	-0,554	-0,515

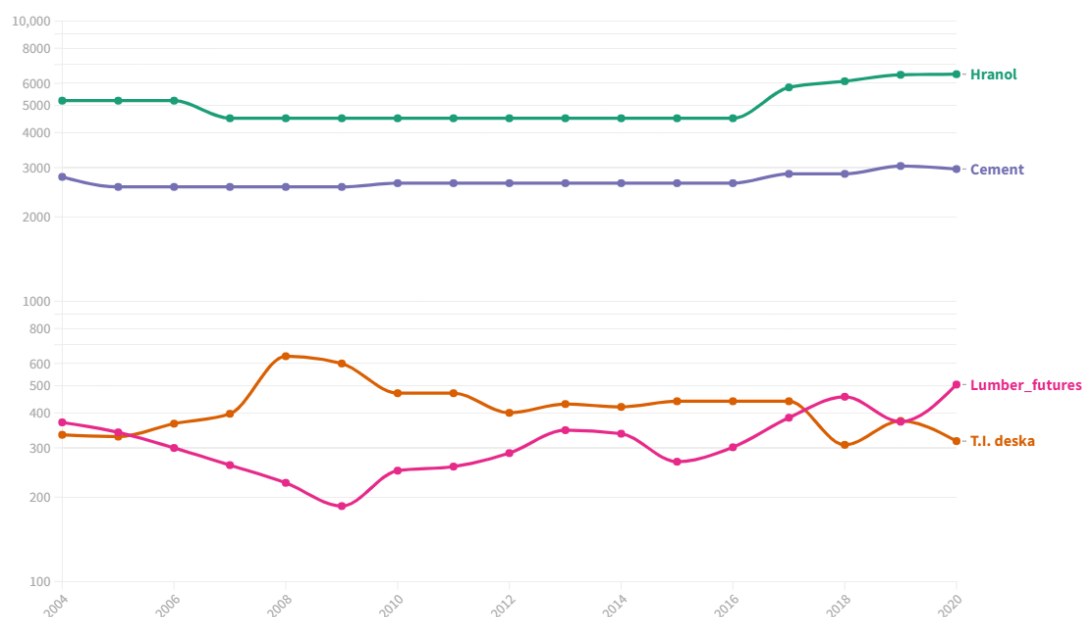
	Beton	EPS	Hranol	Poroherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Řezivo k.	0,267	-0,548	0,826	-0,029	-0,029	-0,768	0,280	0,271

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Řezivo k.	-0,410	-0,257	-0,491	0,308	-0,139	0,118	0,777

Tabulka 7: Korelační tabulky řeziva [tvorba autora]

Největší korelace s cenami hranolu (0,83) viz. Zde se nám potvrdil předpoklad vlivu ceny řeziva, jako komodity na ceny hranolu. Zajímavý je zde vliv ceny řeziva na český trh s cementem (0,777), dále stojí za povšimnutí vyšší negativní korelace s cenami tepelně izolační desky.

Řezivo korelace



Obrázek 59: Průběh cen řeziva spolu s materiály [tvorba autora]

Průběh cen od 2004 do 2020 v log měřítku řeziva s materiály se silnou pozitivní korelací. Lumber futures, tedy ceny řeziva jako komodity jsou v dolarech, ostatní položky jsou v Kč. T.I. deska má silnou negativní korelaci s řezivem, což je patrné i na grafu.

21.3. Železná ruda

	Ropa k.	Řezivo k.	Zemní plyn k.	TTF plyn k.	Elektřina průmysl k.
Železná ruda .k	0,790	-0,305	-0,026	0,662	0,897

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pas	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Železná ruda .k	-0,409	-0,385	-0,292	0,113	0,113	0,480	0,293	-0,226

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Železná ruda .k	0,216	0,476	0,400	0,089	0,247	-0,461	-0,147

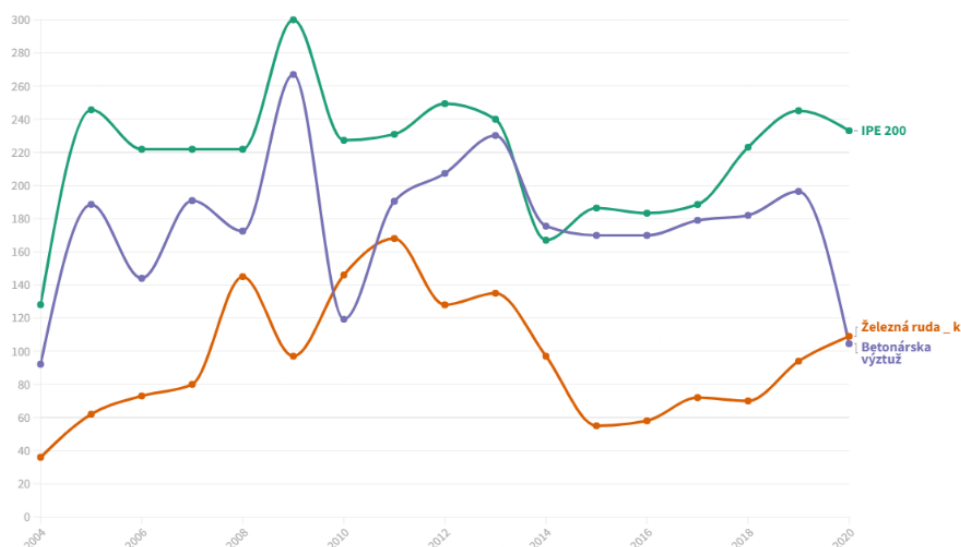
Tabulka 8: Korelační tabulky železné rudy [tvorba autora]

Významní korelace s komoditami: ropa(0,790), elektřina(0,897), TTF(0,662)

Významní korelace s materiály: IPE 200(0,476), Štěrkopísek(0,400), T.I. deska(0,480), Sádrokartón (-0,461),

Nejvyšší korelaci dosahují ceny železné rudy s cenami ocelových profilů (IPE 200), co se očekávalo. Na druhou stranu nepotvrdila se nám závislost cen výztuže na této komoditě.

Železná ruda pozitivní korelace



Obrázek 60: Vývoj cen ropy a sledovaných materiálů [tvorba autora]

Ceny IPE 200 a výztuže byly vyděleny 100 pro lepší zobrazení. Na tomto grafu si můžeme všimnout vyšší korelace mezi vývojem cen IPE 200 a Betonářskou výztuží. Ostatní položky i s vyšší korelací byli při zobrazení v grafu ignorovány z důvodu sledování vývoje pouze mezi materiály z oceli/železa.

21.4. Zemní plyn

Jedná se o plyn Henry Hub (tedy americký plyn).

	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	TTF plyn k.	Elektřina průmysl
Zemní plyn k.	0,071	-0,338	-0,026	0,322	-0,111

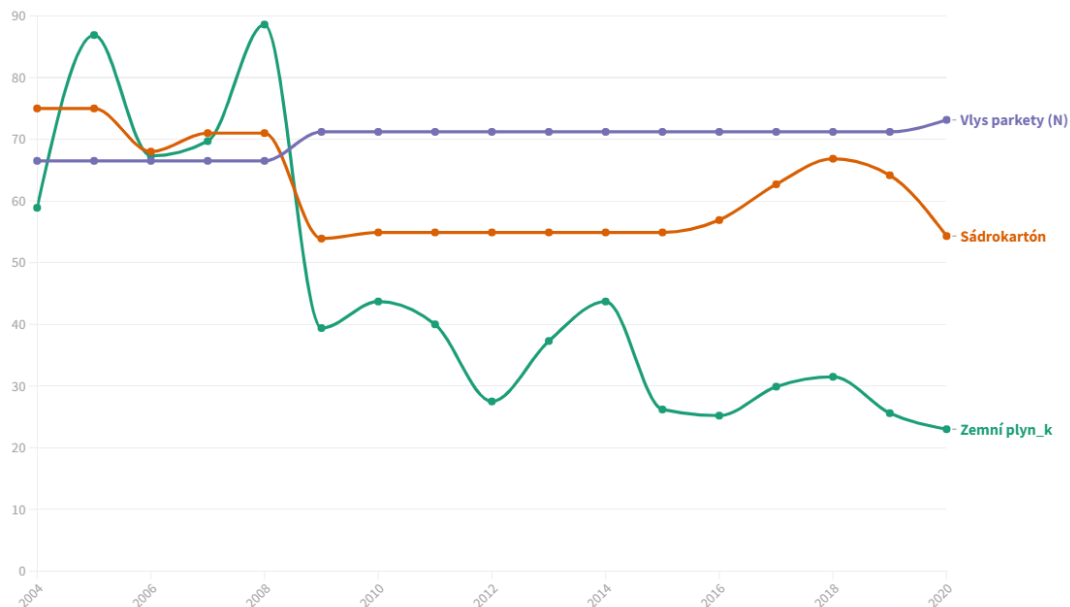
	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Zemní plyn k.	0,228	0,339	-0,265	0,027	0,027	0,168	-0,912	-0,446

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Zemní plyn k.	-0,089	-0,009	0,135	-0,786	0,305	0,743	-0,564

Tabulka 9: Korelační tabulky amerického zemního plynu [tvorba autora]

Významní korelace s materiály: Vlys parkety (-0,912)Pórobetonová cihla (-768), Sádrokarton(0,743).

Zde můžeme počítat s americkým plynem jako regulační složkou cen evropského plynu. Korelace se sádrokartónem nám potvrzuje jeho vyšší energetickou závislost. Naopak je zde zajímavá vyšší negativní korelace s pórobetonovými cihlami, u kterých bychom očekávali závislost na cenách elektrické energie. Negativní korelace s dřevěnými parketami by se dala vysvětlit, tím že vlysy jsou substitučním materiálem pro průmyslně vyráběny podlahoviny.



Obrázek 61: Vývoj ceny amerického plynu s materiály [tvorba autora]

Ceny plynu jsou vynásobeny 10. Ceny vlysových parket jsou vyděleny hodnotou 10. (N) při parketách značí, že mají negativní korelaci s řezivem.

21.5. TTF plyn

	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	Zemní plyn k.
TTF plyn k.	0,902	-0,554	0,662	0,322

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
TTF plyn k.	-0,347	-0,036	-0,638	-0,034	-0,034	0,562	-0,140	-0,466

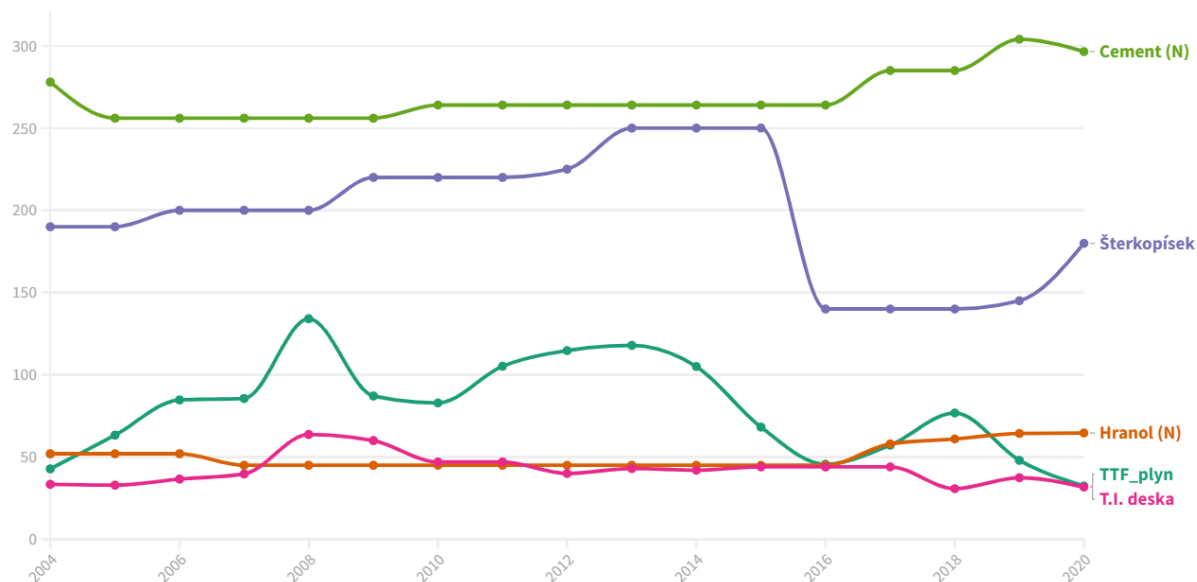
	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
TTF plyn k.	0,473	0,295	0,609	-0,026	-0,017	-0,151	-0,610

Tabulka 10: Korelační tabulky zemního plynu v EU [tvorba autora]

Významní korelace s materiály: Štěrkopísek (0,609), T.I. deska (0,562), Betonářská výztuž (0,473), Ropa (0,902), Železná ruda (0,662).

Negativní korelace cen plynu TTF s hranolem poukazuje na tento materiál jako substituční oproti průmyslně vyráběným materiálům. Překvapivé je zde silná negativní korelace s cementem a pozitivní se štěrkopískem.

TTF plyn pozitivní korelace.



Obrázek 62: Vývoj cen plynu TTF a materiálů [tvorba autora]

Ceny hranol a t.i. desky jsou vyděleny 100. Ceny TTF plynu jsou vynásobeny 10. Ceny cementu jsou vyděleny 100. Hranol a cement mají negativní korelaci s plynem.

21.6. Elektřina průmysl

	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	Zemní plyn k.	TTF plyn k.
Elektřina průmysl k.	0,723	-0,515	0,897	-0,111	0,719

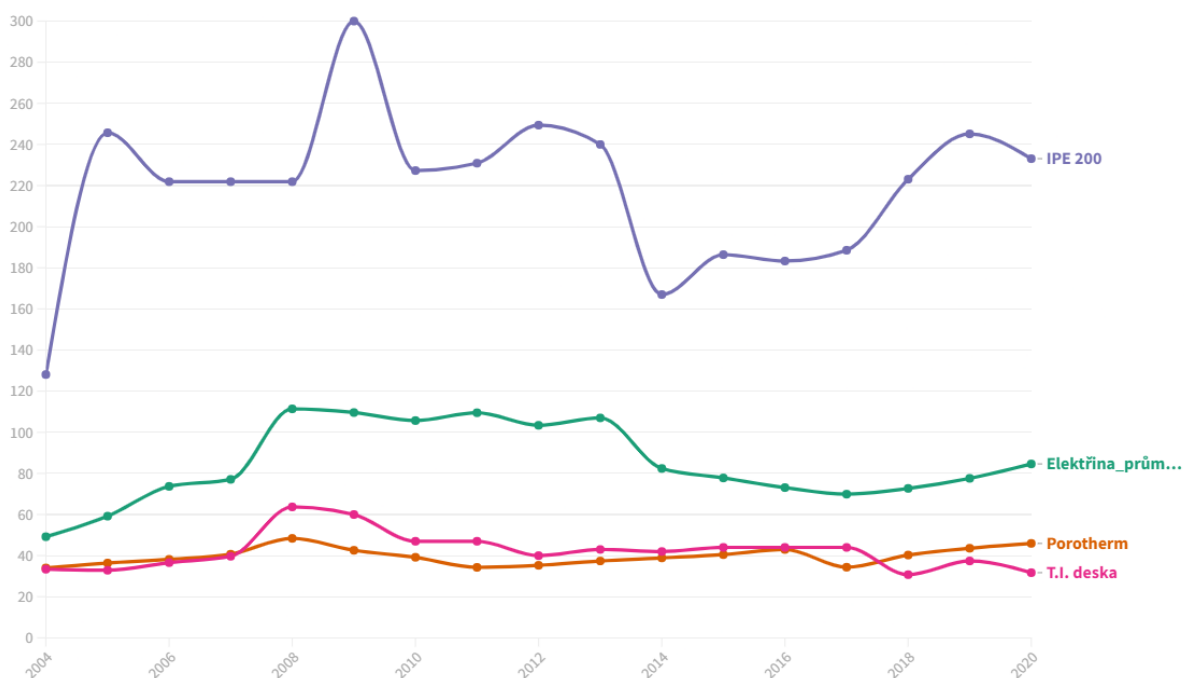
	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	T.I..deska	Vlys parkety	OSB deska
Elektřina průmysl k.	-0,507	-0,249	-0,463	0,251	0,251	0,704	0,353	-0,257

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Elektřina průmysl k.	0,444	0,593	0,494	0,160	0,298	-0,596	-0,309

Tabulka 11: Korelační tabulky ceny elektřiny pro český průmysl [tvorba autora]

Významné korelace s materiály:

T.I. deska (0,704), IPE 200 (0,593), Sádrokartón(-0,596), Beton (-0,507), Železná ruda (0,897),



Obrázek 63: Vývoj cen elektřiny a materiálů [tvorba autora]

Ceny elektřiny jsou vynásobeny 10. Ceny cihel porotherm vyděleny 1000 a IPE 200 jsou vyděleny 100. Důvodem je lepší zobrazení dat.

Očekávaná korelace cen elektřiny pro průmyslu se nepotvrdili. Kladná korelace cen elektřiny s cenami tepelně izolačních desek a IPE 200, může naznačovat na jejich energetickou závislost na elektrické energii.

Negativní korelace cen elektřiny se sádrokartónem naznačuje spíše na vyšší využívání zemního plynu na výrobních linkách pro sádrokartón (hlavně při kalcinaci)

Negativní korelace betonem taky naznačuje vyšší závislost na zemním plynu, i když byla nízká 0,228.

22. Zhodnocení

Tento oddíl slouží jako stručný přehled předešlých kapitol. Zejména toho, které materiály dosahovaly nejvyšších hodnot shody neboli korelace s komoditami. Jako významné korelace rozumíme ty, které dosahují hodnot v okolí 0,6 (silní korelace). Tabulky jsou na základě dat od 2004 do 2020.

Ropa

Materiál	Korelace
Štěrkopísek	0,540

Řezivo

Materiál	Korelace
Hranol	0,826
Cement	0,777
t.i. deska	-0,768
EPS	-0,548

Zemní plyn (HH)

Materiál	Korelace
Sádrokartón	0,743
Vlys parkety	-0,912
Pórobetonová cihla	-0,768
Cement	-0,564

Zemní plyn (TTF)

Materiál	Korelace
Štěrkopísek	0,609
t.i. deska	0,562
Hranol	-0,638
Cement	-0,610

Elektřina průmysl

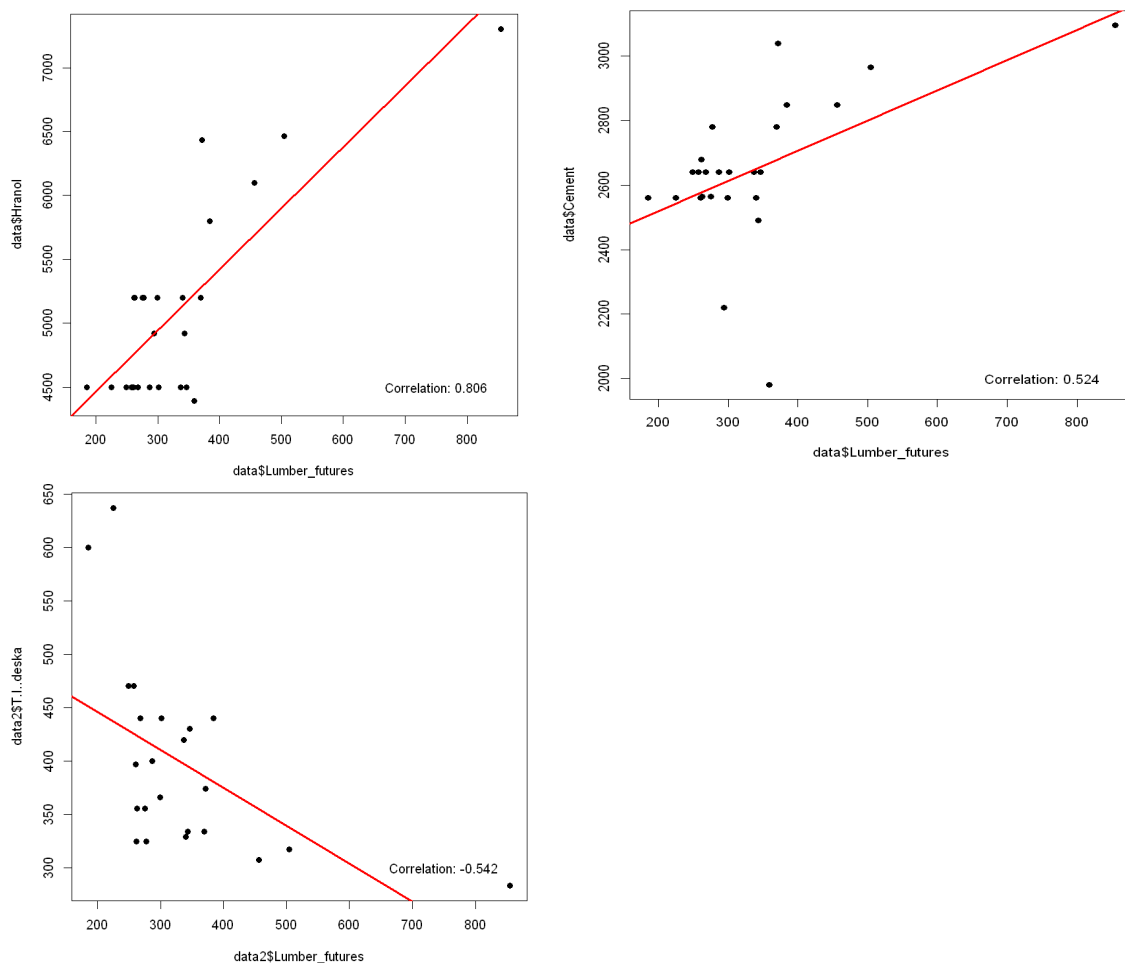
Materiál	Korelace
t.i. deska	0,704
IPE 200	0,593
Sádrokartón	-0,596

Tabulka 12: Tabulky zhodnocení významných korelací [tvorba autora]

23. Vybrané korelace

V této části detailněji prozkoumáme jednotlivé významnější korelace. Pro tuto kapitolu byly vybrány materiály s korelačním koeficientem v rozmezí 0,8 a výš. Ceny za rok 2021 jsou z databáze ÚRS CZ (z 1.1 a 1.7 roku).

23.1. Řezivo – Hranol, T.i. deska, Cement

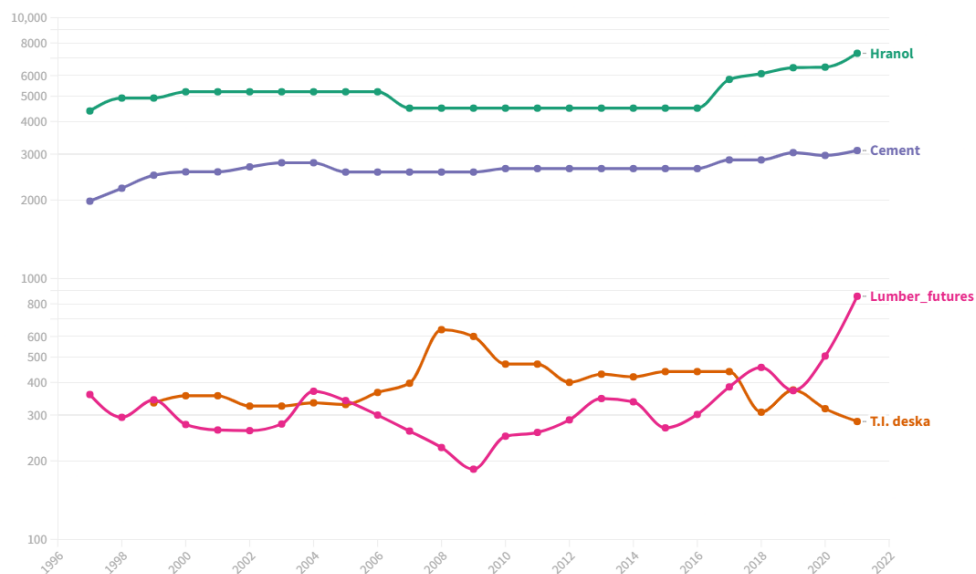


Obrázek 64: Korelace řeziva s hranolem, t.i. deskou a cementem [tvorba autora]

Materiál	Předcházející korelace 2004 - 2020	Nové korelace 1997 - 2021
Hranol	0,826	0,806
Cement	0,777	0,524
Tepelně izolační deska	-0,768	-0,542

Tabulka 13: Porovnání korelací řeziva [tvorba autora]

V delším časovém horizontu nám korelace slábnou. Při hranolu to je minimálně, ale při cementu a desce to je 0,2 posun (plus/mínus).

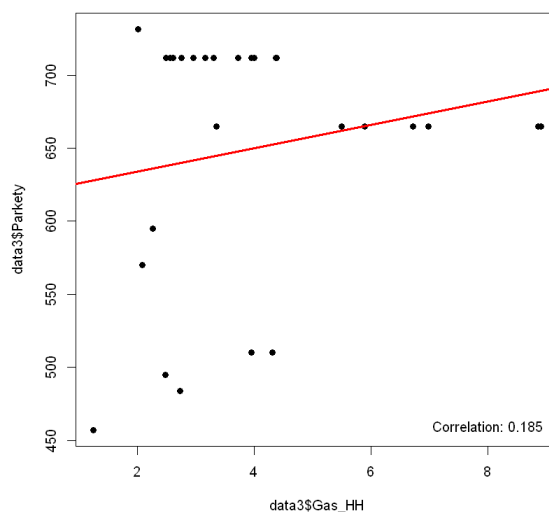
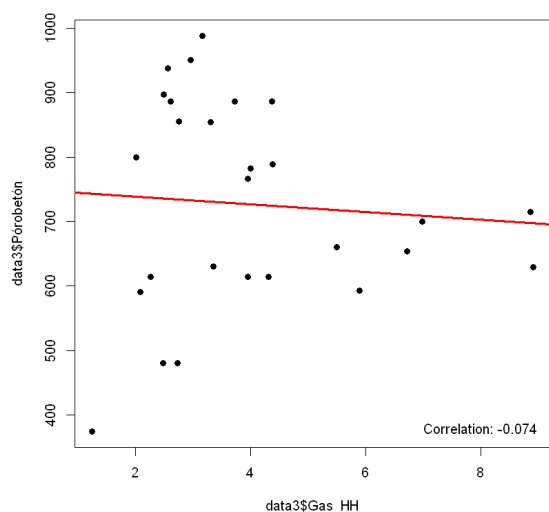


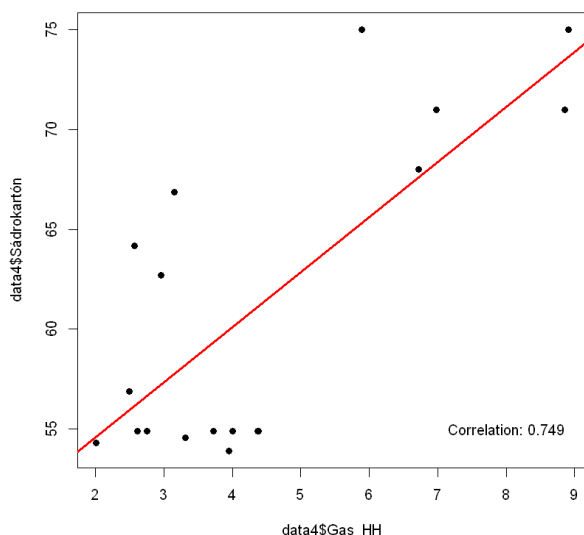
Obrázek 65: Vývoj cen řeziva s vybranými materiály [tvorba autora]

Na grafu vidíme průběh cen od 1997 do 2021. Na osy x je čas v letech. Osa y je v logaritmickém měřítku pro lepší porovnání.

Ceny řeziva jsou průměrem cen roku 2021 od ledna do prosince.

23.2. Zemní plyn – Pórobetonová cihla, Vlys parkety, Sádrokartón



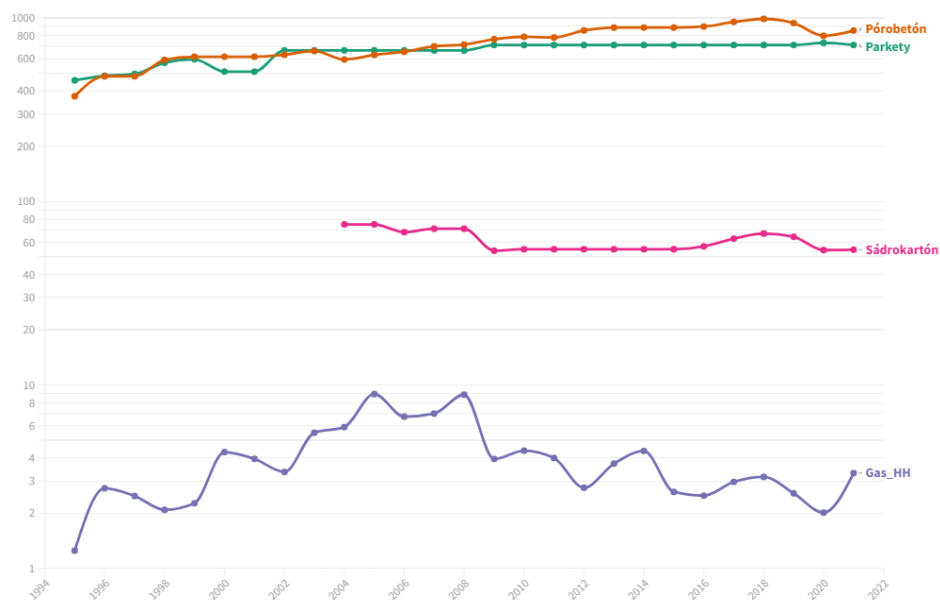


Obrázek 66: Korelace cen amerického plynu s pórobetonovými cihlami, parketami a sádrokartónem [tvorba autora]

Materiál	Předcházející korelace 2004 - 2020	Nové korelace 1995 - 2021
Pórobeton	-0,768	-0,074
Vlys. parkety	-0,912	0,185
Sádrokartón	0,743	0,749

Tabulka 14: Porovnání korelací amerického zemního plynu (HH) [tvorba autora]

Korelace v delším časovém rozpětí mezi plynem (americkým) a sádrokartónem posilnila. Na druhou stranou korelace s dalšími dvěma materiály padla téměř na nulu při pórobetonu (což z nich dělá nezávislé veličiny). Při parketách se korelace dostává na úroveň velmi slabé korelace.

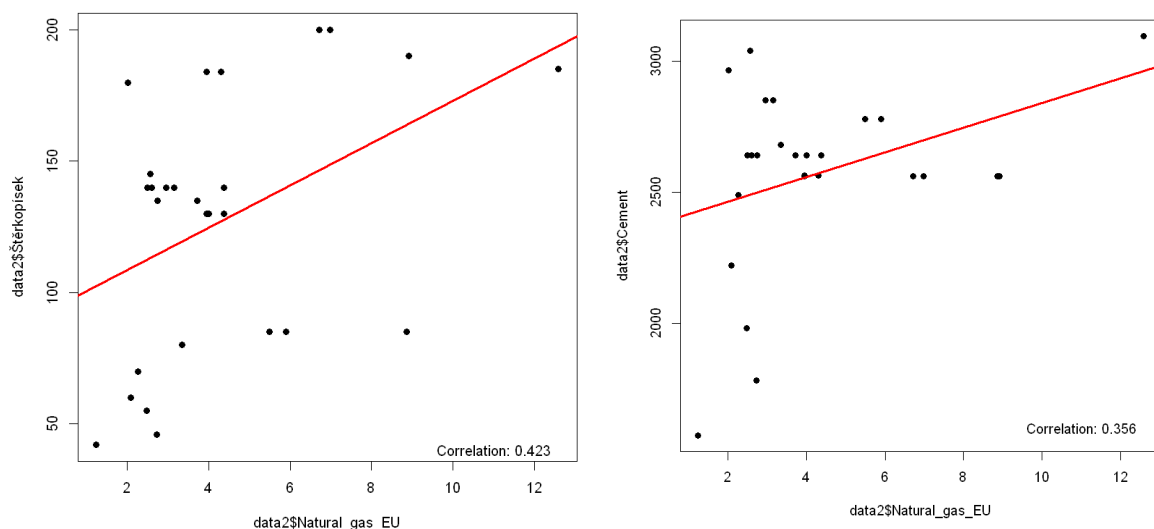


Obrázek 67: Vývoj cen plynu s materiály [tvorba autora]

Na grafu vidíme průběh cen od 1995 do 2021. Na osy x je čas v letech. Osa y je v logaritmickém měřítku pro lepší porovnání.

Ceny plynu pro rok 2021 jsou průměrem cen od ledna do prosince.

23.3. TTF plyn – Štěrkopísek, Cement

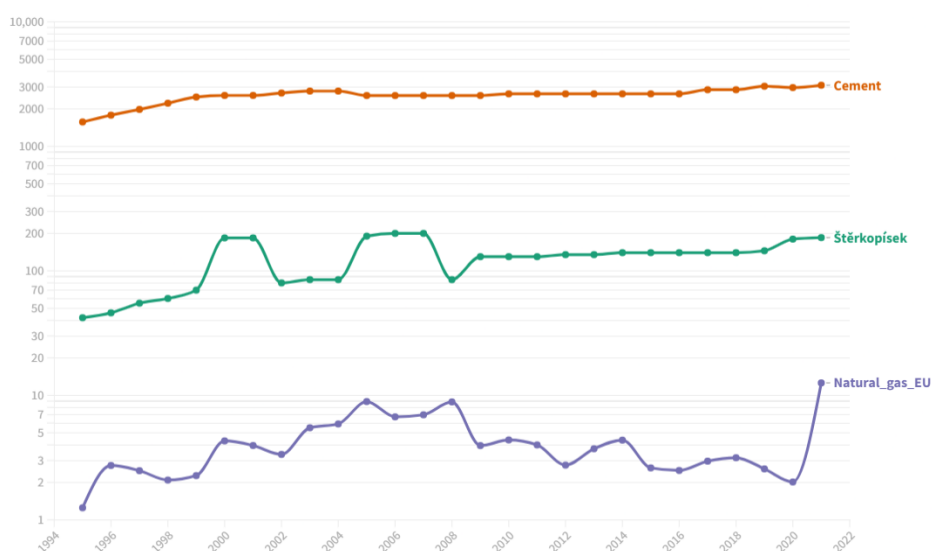


Obrázek 68: Grafy korelací evropského plynu (TTF) se štěrkopískem a cementem [tvorba autora]

Materiál	Předcházející korelace 2004 - 2020	Nové korelace 1995 - 2021
Štěrkopísek	0,609	0,423
Cement	-0,61	0,356

Tabulka 15: Porovnání korelací evropského plynu [tvorba autora]

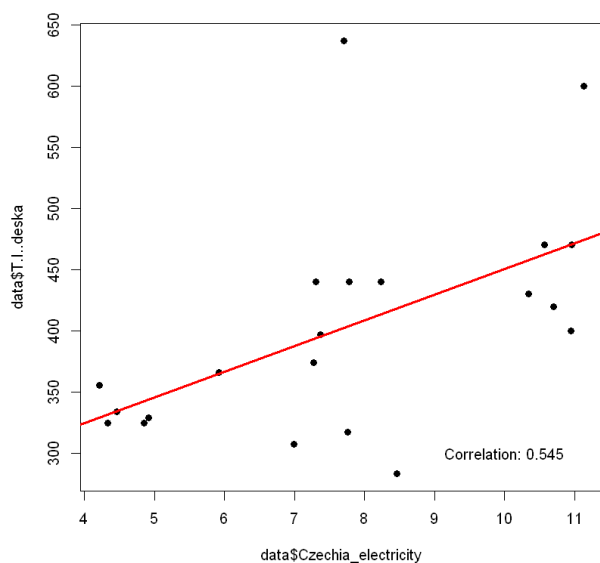
Korelace mezi plynem TTF (prodáváním na evropské burze) a štěrkopískem oslabila. Korelace mezi cementem a plynem TTF přešla z negativní do pozitivní korelace.



Obrázek 69: Vývoj cen plynu (TTF) spolu s materiály [tvorba autora]

Na grafu vidíme průběh cen od 1995 do 2021. Na osy x je čas v letech. Osa y je v logaritmickém měřítku pro lepší porovnání.

23.4. Elektřina průmysl – T.I.deska

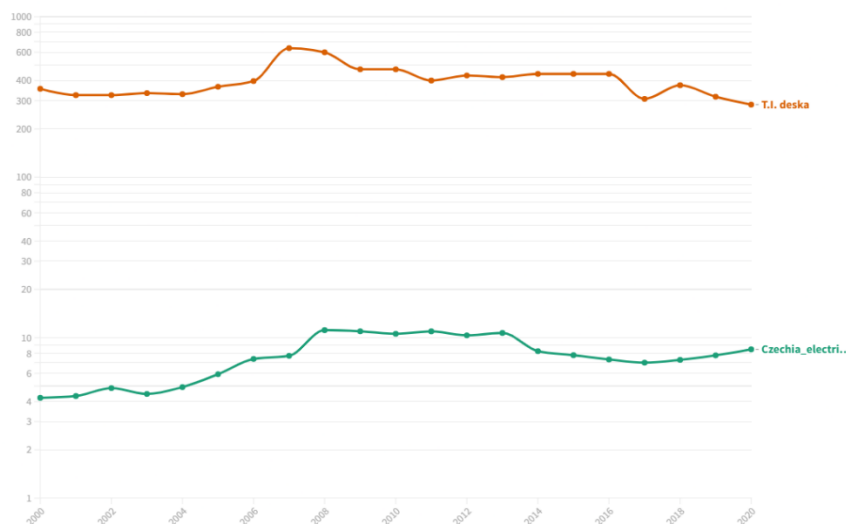


Obrázek 70: korelace en elektřiny s cenami t.i. desky [tvorba autora]

Materiál	Předcházející korelace 2004 - 2020	Nové korelace 2000 - 2020
Tepelně izolační deska	0,704	0,545

Tabulka 16: Porovnání korelací elektřiny [tvorba autora]

Korelace mezi cenami elektřiny a průmysl padla na hladinu 0,54.

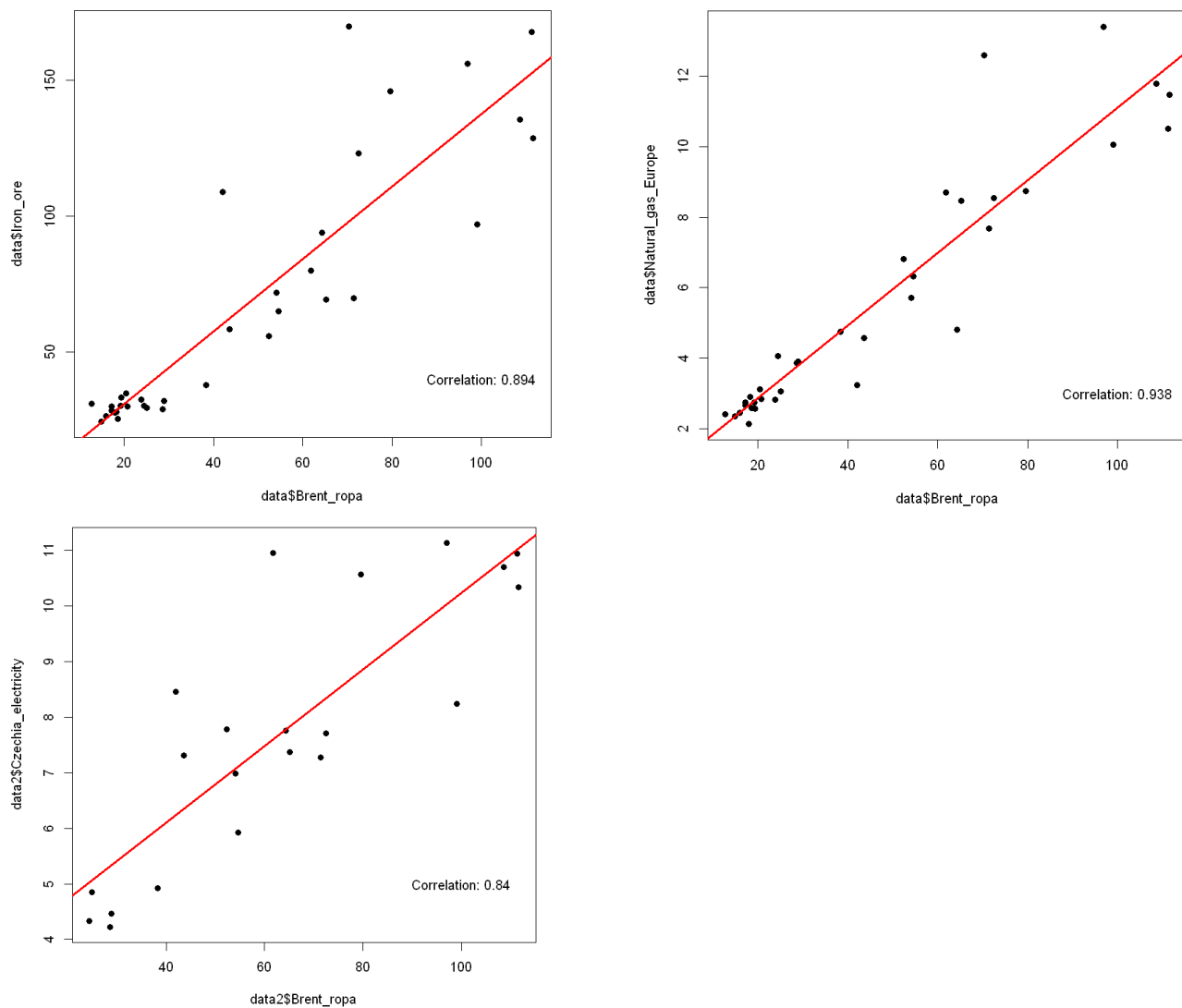


Obrázek 71: Vývoj cen elektřiny [tvorba autora]

Na grafu vidíme průběh cen od 2000 do 2020. Na osy x je čas v letech. Osa y je v logaritmickém měřítku pro lepší porovnání.

23.5. Zhodnocení mezi komoditami

Ropa – Železná ruda, TTF plyn, Elektřina průmysl



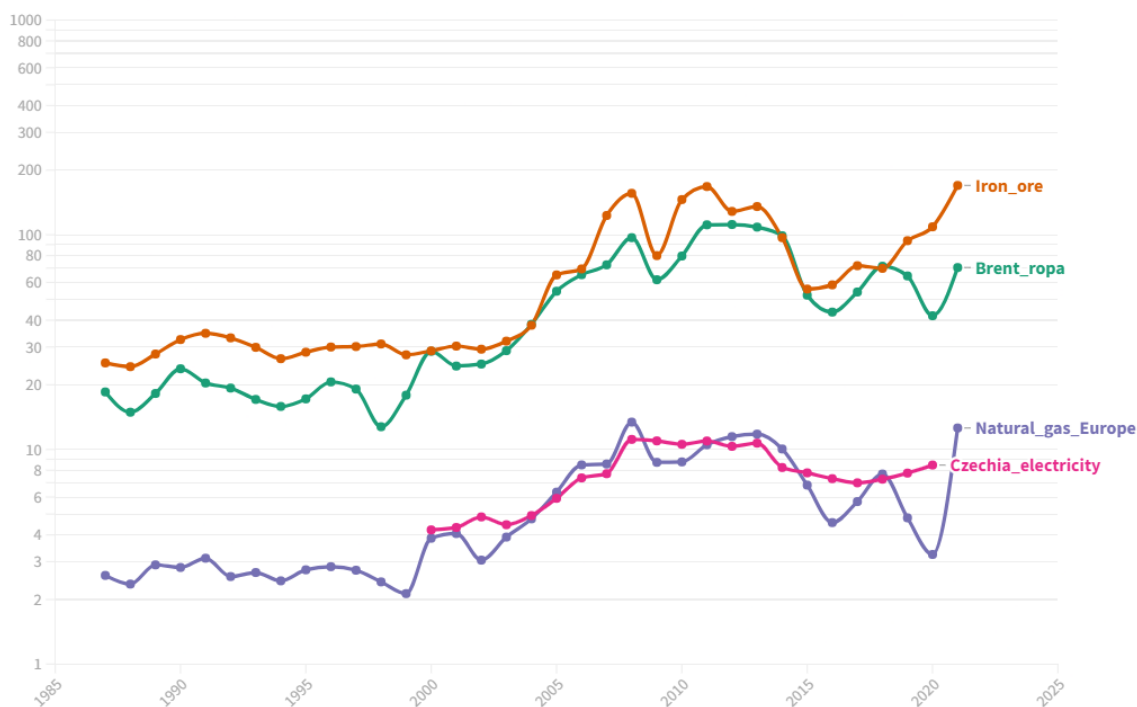
Obrázek 72: Grafy korelací mezi komoditami, ropa s železnou rudou, evropským plynem a cenami elektřiny
[tvorba autora]

Materiál	Předcházející korelace 2004 - 2020	Nové korelace 1987 - 2021
Železná ruda	0,79	0,894
TTF plyn	0,902	0,938
Elektřina průmysl *	0,723	0,84

Tabulka 17: Porovnání korelací komodit s ropou [tvorba autora]

* Elektřina je počítána v časovém období od 2000 – 2020 z důvodu nedostatku dat

V tomto případě větší časový záběr znamená silnější korelaci.



Obrázek 73: Vývoj cen komodit [tvorba autora]

Na grafu vidíme průběh cen od 1987 do 2021. Na osy x je čas v letech. Osa y je v logaritmickém měřítku pro lepší porovnání.

Zhodnocení korelací mezi komoditami:

Brent ropa	Předcházející korelace		Nové korelace	
	Materiál	2004 - 2020	1987 - 2021	změna [%]
Železná ruda		0,79	0,894	13,165
TTF plyn		0,902	0,938	3,991
Elektřina průmysl *		0,723	0,84	16,183

Tabulka 18: Zhodnocení korelací komodit [tvorba autora]

* Elektřina je počítána v časovém období od 2000 – 2020 z důvodu nedostatku dat

Jak je vidět v tabulce, s větším množstvím dat se korelace jenom zesiluje.

Když rostou ceny pohonných hmot má to dopad na, za jakou cenu lidé cestují, cenu dopravy zboží, a nakonec i to, jak lidé formují své rodinné rozpočty.

Jedním z důvodů těchto a dalších výkyvů ceny pohonných hmot, je cena ropy. Cena ropy ovlivňuje individuální formu výdaje firem i osob. V extrémních případech může dokonce narušovat vztahy mezi státy. Ropa je možná nejdůležitějším přírodním zdrojem na světě a ovlivňuje každodenní životy lidí na celém světě.

23.6. Zhodnocení korelací mezi komoditami a materiály

Řezivo	Předcházející korelace	Nové korelace	
Materiál	2004 - 2020	1997 - 2021	změna [%]
Hranol	0,826	0,806	-2,421
Cement	0,777	0,524	-32,561
Tepelně izolační deska	-0,768	-0,542	+29,427

Zemní plyn (USA)	Předcházející korelace	Nové korelace	
Materiál	2004 - 2020	1995 - 2021	změna [%]
Pórobeton	-0,768	-0,074	+90,365
Vlys. parkety	-0,912	0,185	-120,285
Sádrokartón	0,743	0,749	0,808

TTF plyn	Předcházející korelace	Nové korelace	
Materiál	2004 - 2020	1995 - 2021	změna [%]
Štěrkopísek	0,609	0,423	-30,542
Cement	-0,61	0,356	+158,361

Elektřina pro průmysl	Předcházející korelace	Nové korelace	
Materiál	2004 - 2020	2000 - 2020	změna [%]
Tepelně izolační deska	0,704	0,545	-22,585

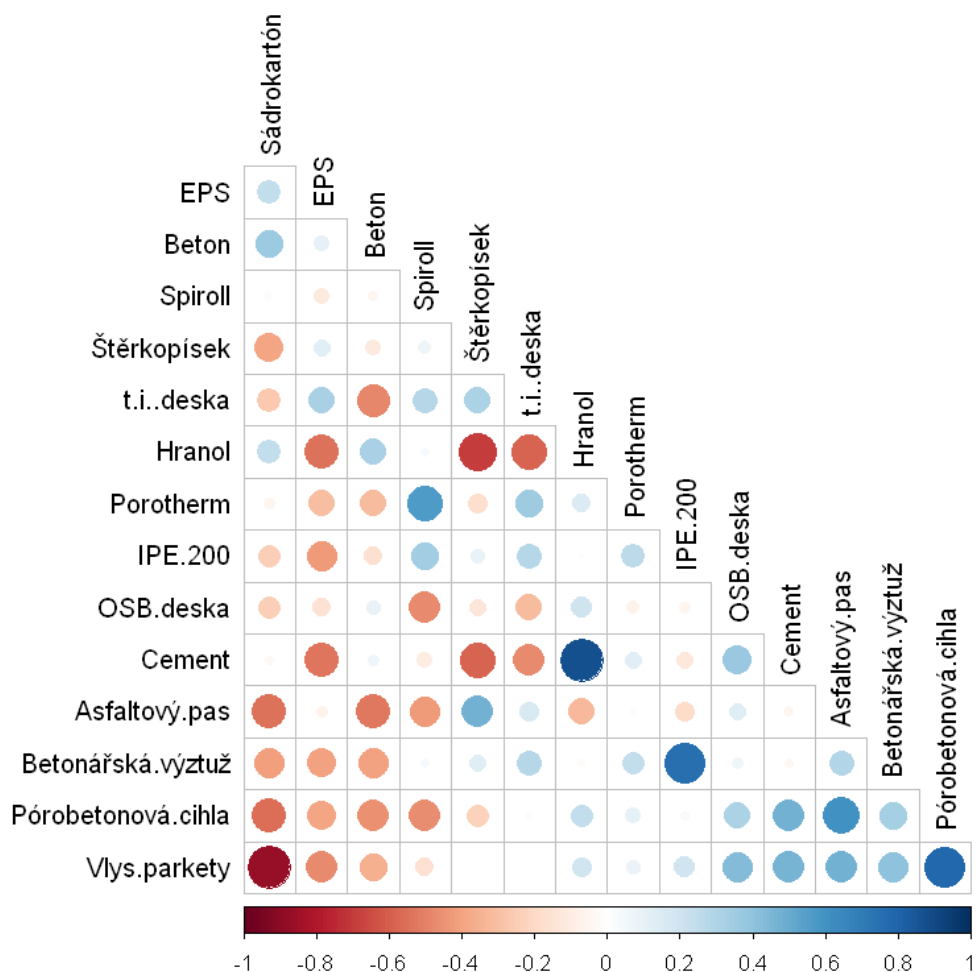
Tabulka 19: : Zhodnocení korelací komodit a materiálů [tvorba autora]

Téměř ve všech případech korelace slábne, čím víc začínáme v minulosti. Výjimkou je cement, u kterého se záporná korelace -0,61 mění na pozitivní korelaci 0,356.

Na rozdíl od komodit, korelace oslabuje.

Tyto data se dají interpretovat různými způsoby. Nejjednodušším vysvětlením této změny je globalizace české ekonomiky a její zvyšující se závislost na vnějších faktorech a globálních trzích.

23.7. Korelace mezi materiály



Obrázek 74: Korelační matice materiálů [tvorba autora]

Tady vidíme upravenou původní korelační matici. Byla odstraněna diagonála datových souborů samých se sebou. Data byla seřazena dle FPC (first principal component), časové období je 2004-2020.

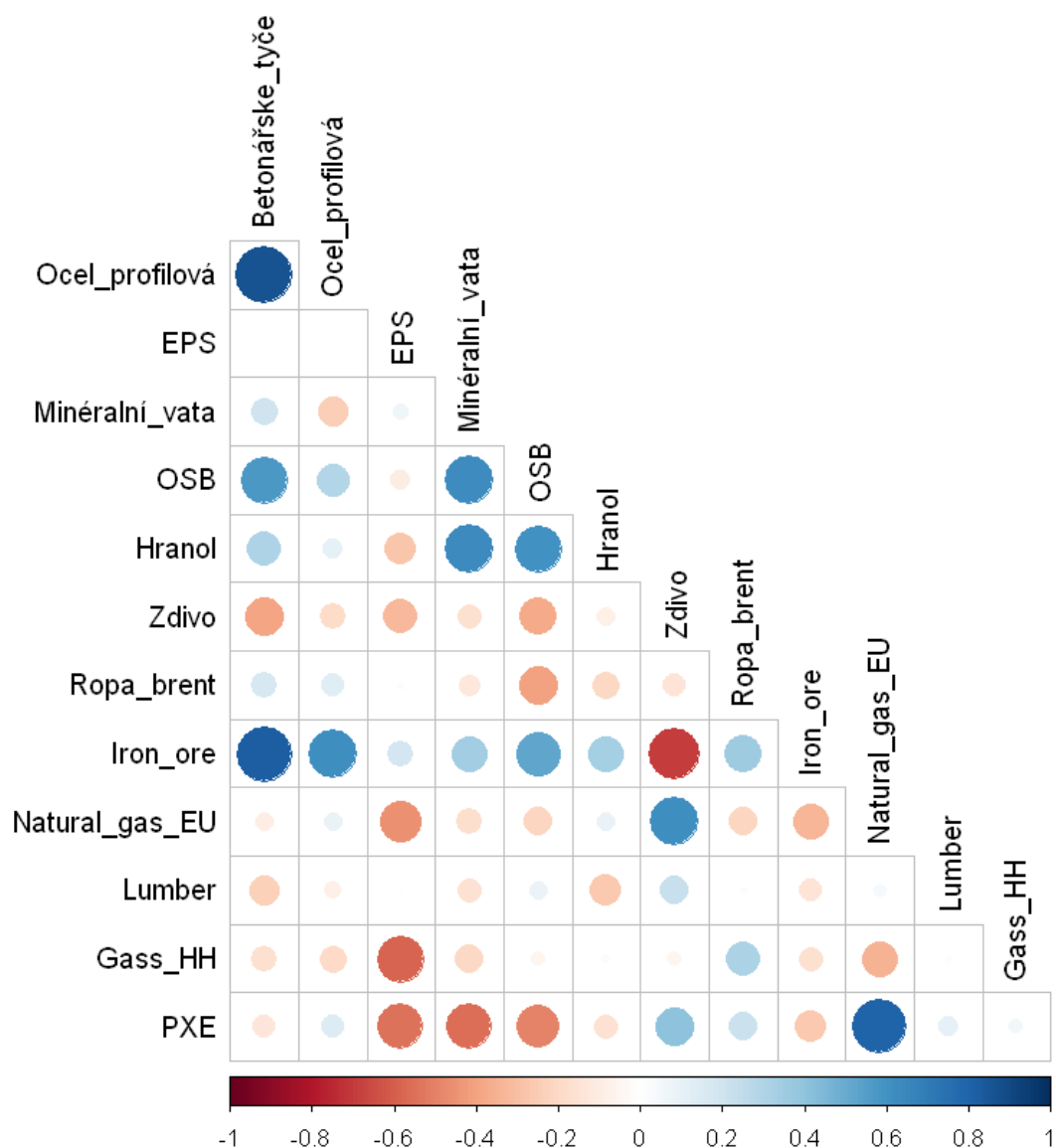
Významné korelace (v okolí 0,7) mezi materiály jsou:

Materiál č.1	Materiál č.2	Korelace
Hranol	Štěrkopísek	-0,690
Cement	Hranol	0,87
Betonářská výztuž	IPE 200	0,75
Vlysové parkety	Sádrokartón	-0,87
Vlysové parkety	Pórobetonová cihla	0,79
Pórobetonová cihla	Asfaltový pás	0,61

Tabulka 20: Významné korelace mezi materiály [tvorba autora]

24. Rok 2021

Období pandemie je natolik jedinečné v moderní historii, že se nedá opomenout v cenové analýze. V této části se bude podrobněji probírat hlavně rok 2021 (leden–říjen/listopad). Korelace byl počítána od ledna do října z důvodu dostupnosti některých dat.



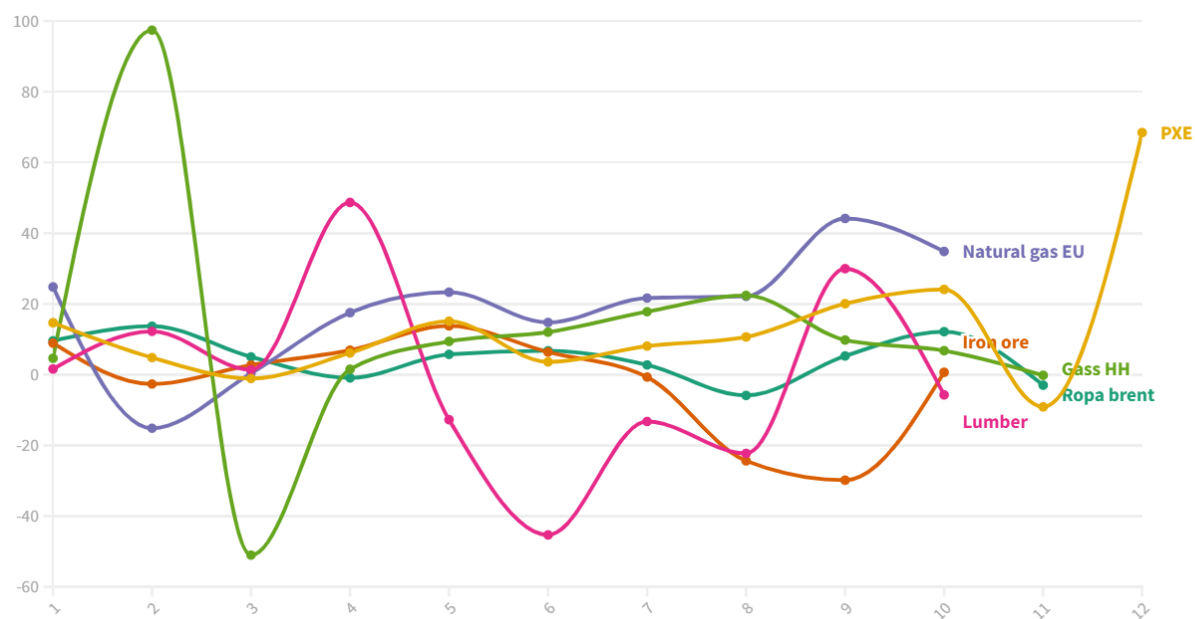
Obrázek 75: Korelační matice pro rok 2021 [tvorba autora]

Na grafu vidíme korelační matici vybraných materiálů a komodit, které sledujeme v roce 2021.

V dalších kapitolách budou rozebrány jednotlivé komodity a materiály graficky.

PXE - Elektřina na komoditní burze Power Exchange Central Europe, a. s.

24.1. Komodity

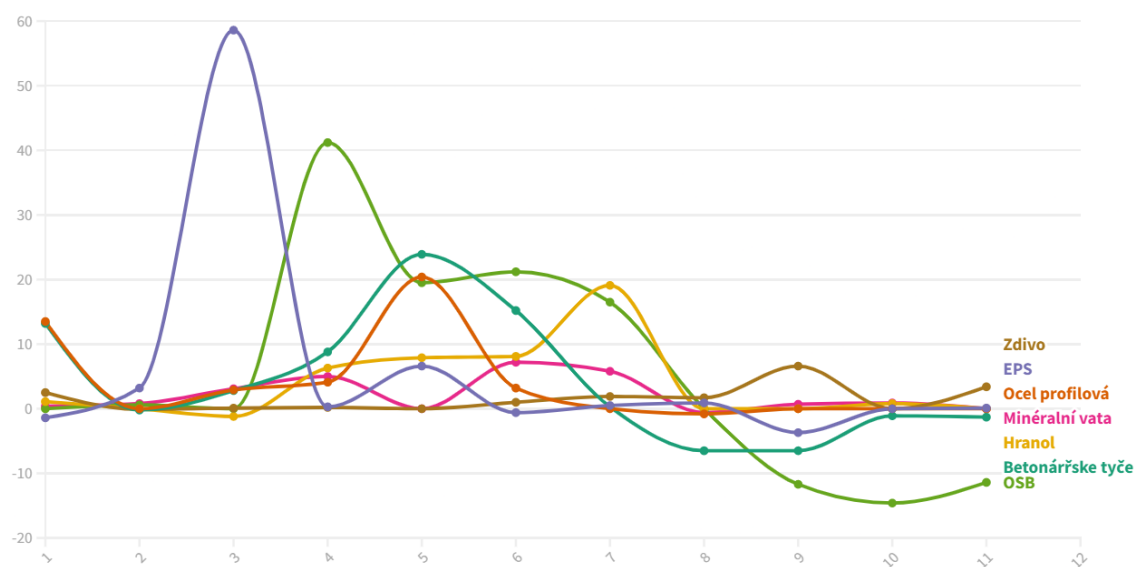


Obrázek 76: Meziměsíční vývoj cen komodit v roce 2021 [tvorba autora]

Na tomto grafu vidíme procentuální vývoj cen roku 2021. Na osy x (1-12 = leden až prosinec). Na osy y jsou procentuální změny oproti předcházejícímu měsíci.

Počáteční bod grafu představuje změnu oproti prosinci (loňského roku).

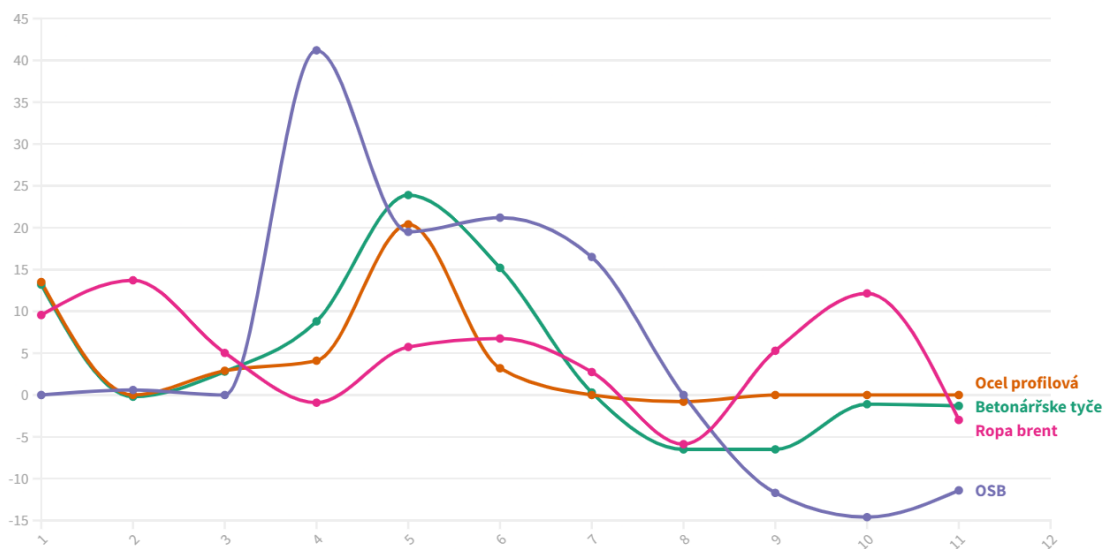
24.2. Materiály



Obrázek 77: Meziměsíční procentuální vývoj cen materiálu [tvorba autora]

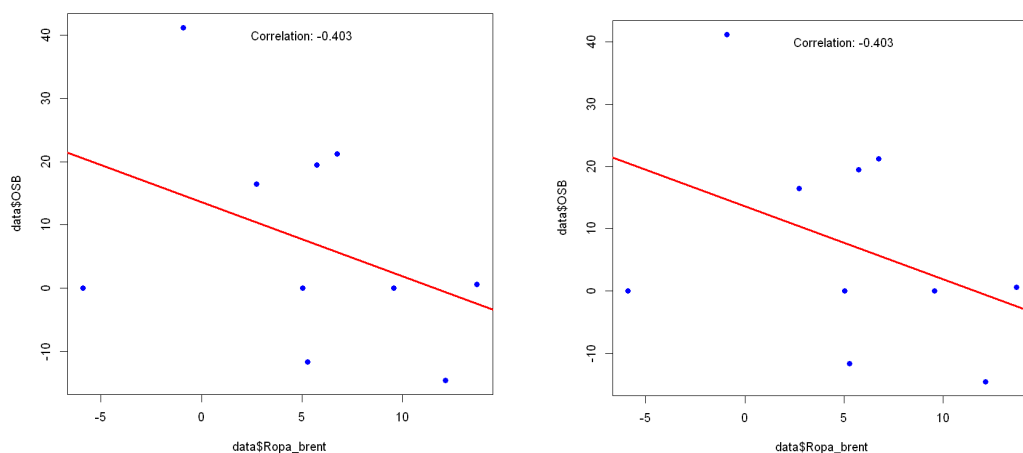
25. Vybrané korelace pro rok 2021

25.1. Ropa Brent



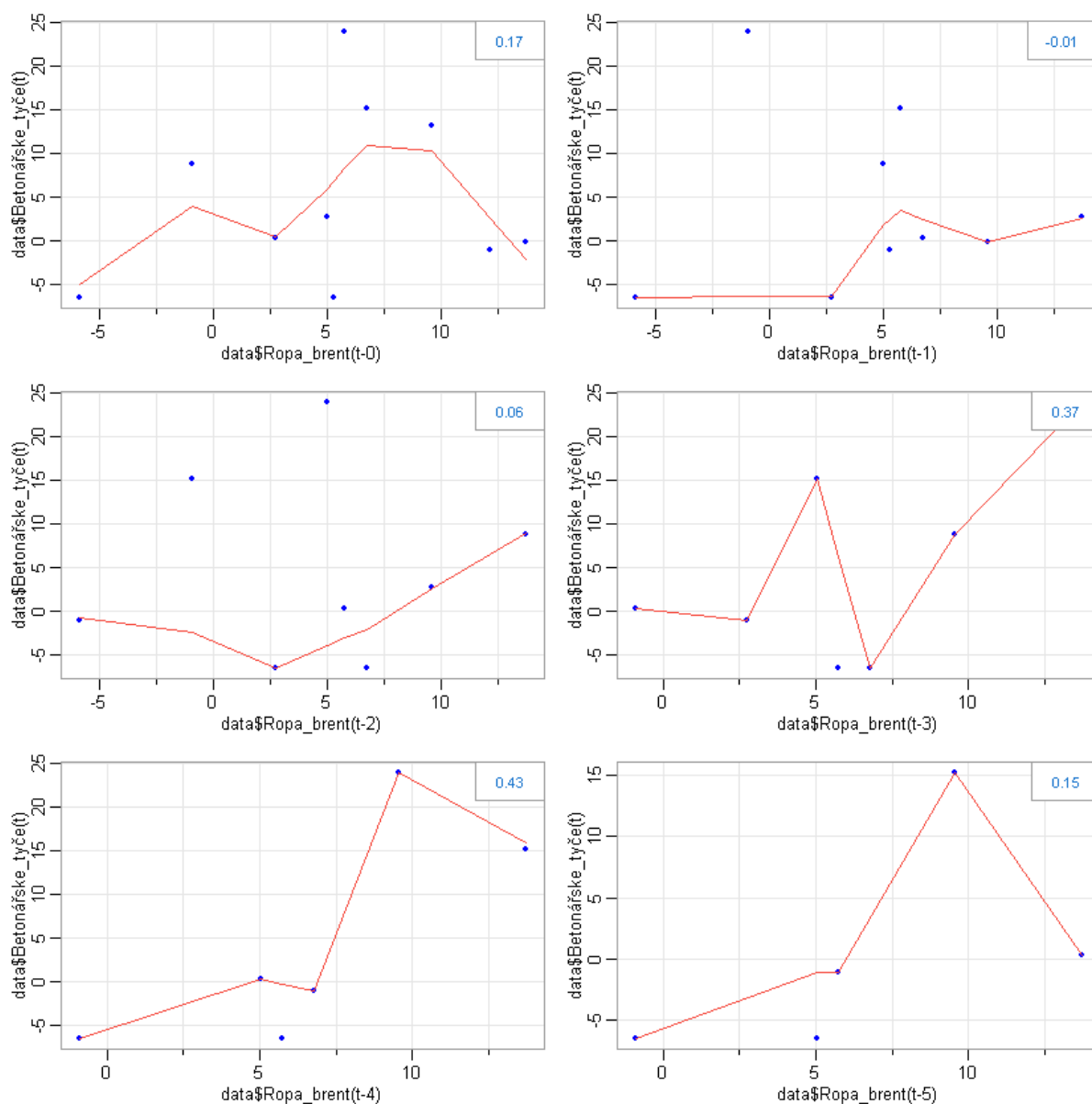
Obrázek 78: Vývoj cen ropy a materiálů [tvorba autora]

Procentuální meziměsíční vývoj materiálu, porovnání s vývojem ceny ropy Brent.



Obrázek 79: Grafy korelací ropy s OSB (vlevo) a betonářskou výztuží [tvorba autora]

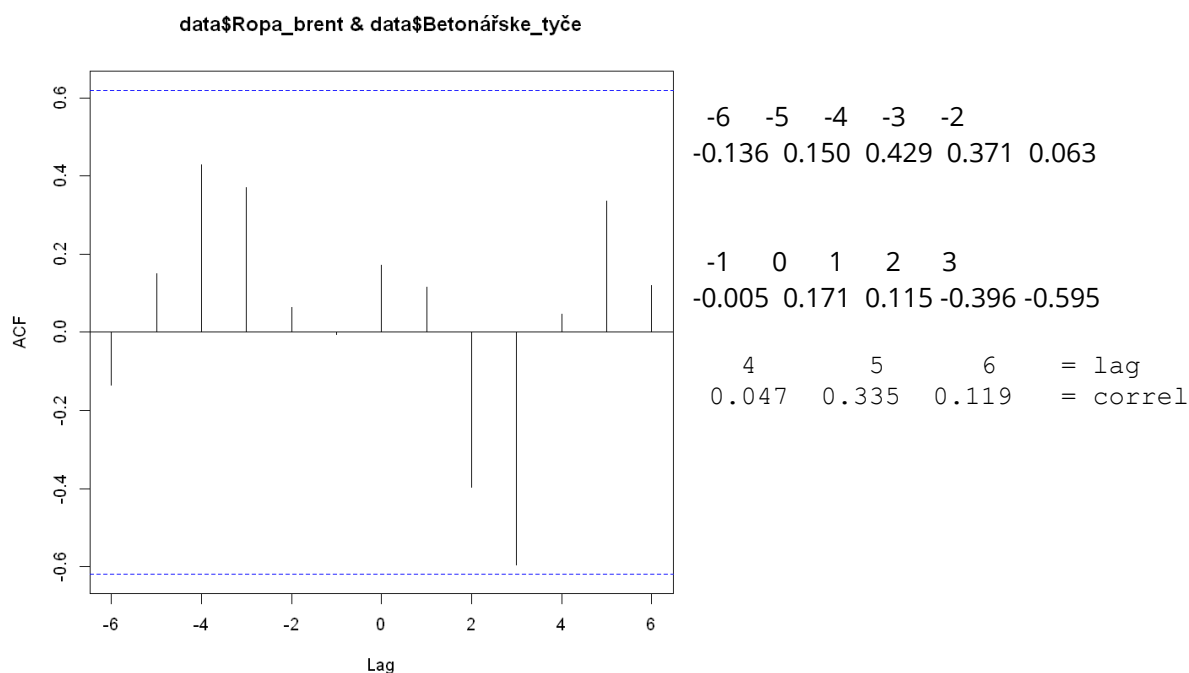
Procentuální meziměsíční vývoj materiálu, porovnání s vývojem ceny ropy Brent. Hlavním důvodem, proč detailněji pozorujeme ropu Brent, nejsou její korelace s materiály. Ropu sledujeme, abychom si na ní ukázali tzv. opožděnou korelaci.



Obrázek 80: Křížové korelace ropy a betonářské výztuže, v měsících [tvorba autora]

Na grafech vidíme korelaci mezi ropou Brent a betonářskou výztuží. Vlevo nahoře s korelací v rámečku 0,17 je původní tzv. nulová korelace (t-0 na ose x). Následuje korelace -0,01, kde jsou data Ropy Brent označeny s (t-1). Tam už se jedná o tzv. křížovou korelaci ((cross-correlation). Jedná se o maticový výpočet korelace mezi dvěma veličinami.

Na ose x se nachází veličina, která „laguje“, tedy se bude zpožďovat. V našem případě je (t-1) zpoždění o jeden měsíc, (t-2) je zpoždění o 2 měsíce atd.



Obrázek 81: Autokorelace ropy a betonářské výztuže
[tvorba autora]

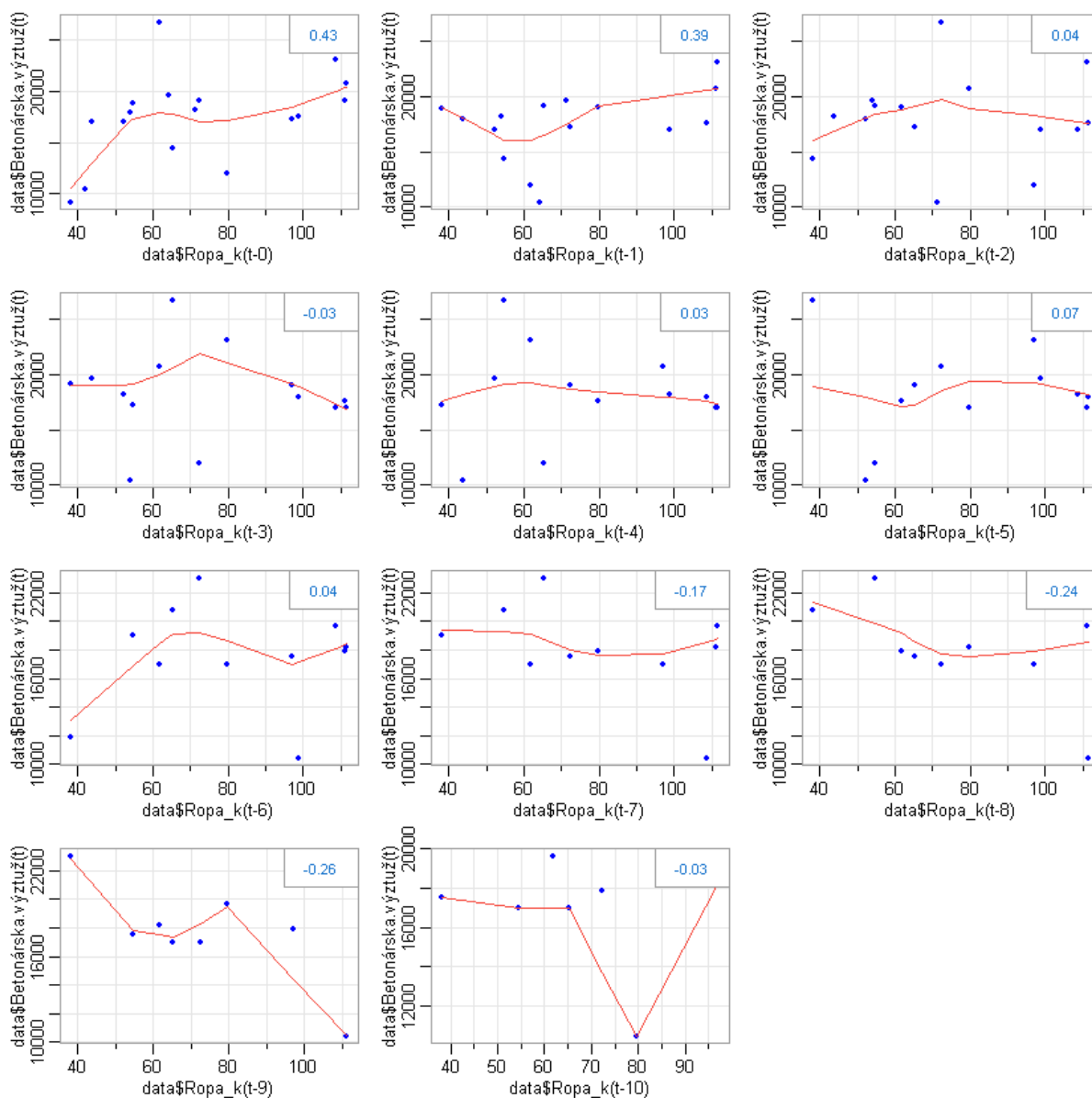
Na obrázku vidíme předešlé grafy „opožděných korelací“ uspořádané na jednom grafu. 0 Lag se rovná vypočtené běžné korelaci. Mínusové a plusové Lagy jsou shodné s předešlým vysvětlením Lagu (t-n). Vidíme, že je zde taky plusový Lag neboli předstih datového souboru, ten ale není předmětem našeho šetření.

Modré tečkovaná čára zobrazuje 95 % hladinu spolehlivosti.

Napravo od grafu vidíme tabulku, kde je ke každému zpoždění přiřazená korelace. Největší korelaci má datový soubor s opožděním 4 měsíce.

Je potřeba ale i tuto metodu brát s rezervou z důvodu nižšího počtu dat. Taky zde nastává problém s tím, že čím víc jedeme do minulosti, tím máme méně dat na porovnání, tím pádem výpovědní hodnota koeficientu korelace klesá.

V celkovém vyhodnocení databází ropy a výztuže (2004 – 2020) vyšla největší korelace v nule, takže se dá předpokládat že opoždění změn cen ropy, v cenách výztuže se projeví, v řádu měsíců. Dalo by se tedy říct, že analýza většího počtu dat potvrzuje naši předešlou hypotézu.

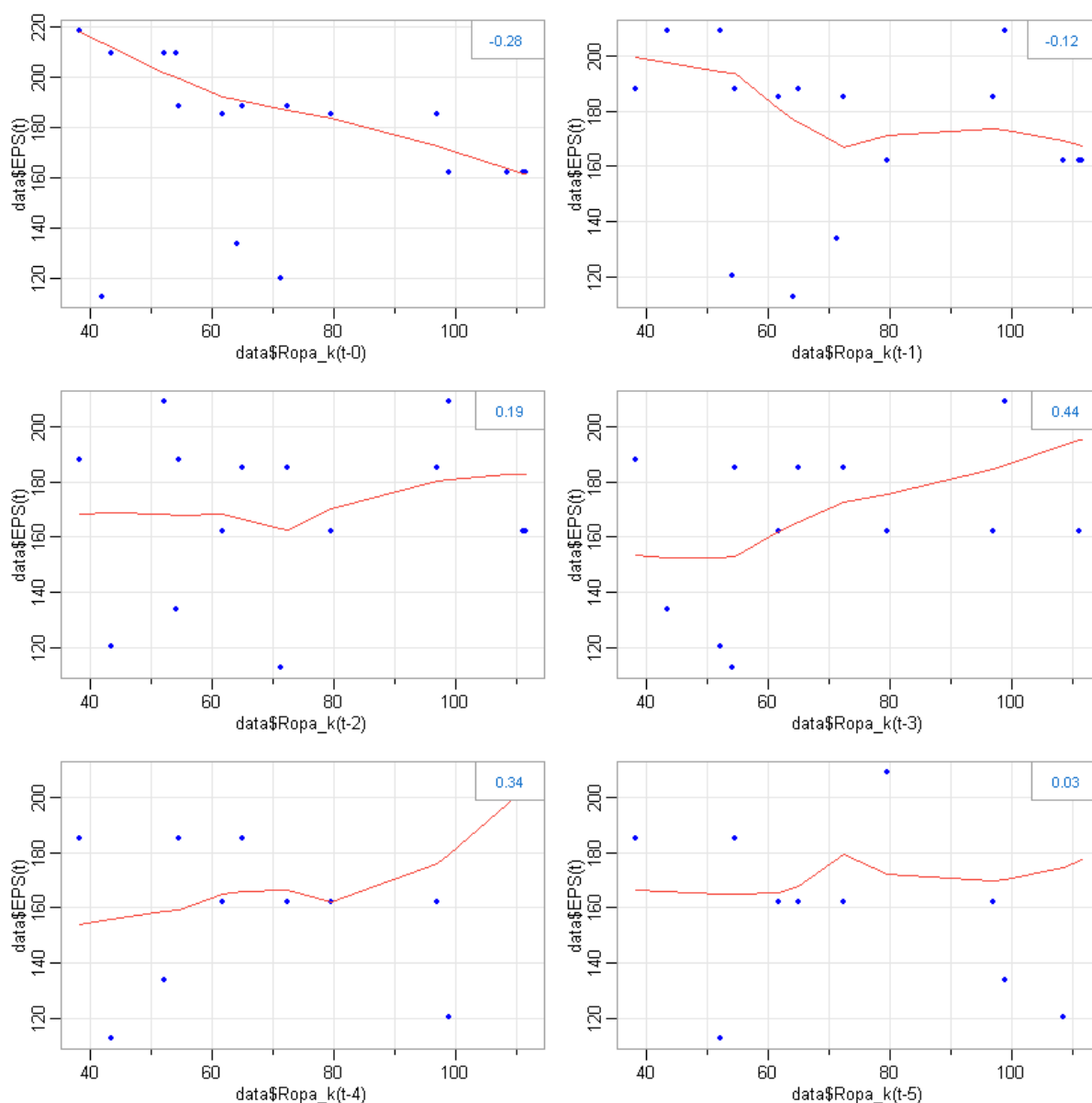


Obrázek 82: Křížové korelace ropy a betonářské výztuže, v rocích [tvorba autora]

Zmíněný graf vývoje cen ropy oproti ceny výztuže s opožděním již v rocích. Jak můžeme vidět, největší korelace je v případě bez opoždění a s opožděním jednoho roku poté začíná být nízká až zanedbatelná.

Tady můžeme vidět zmíněný problém nedostatku dat v minulosti, zobrazený snižováním počtu modrých teček, které představují data.

Na další straně si představíme také opačný případ.



Tabulka 21: Křížové korelace ropy a EPS, v rocích [tvorba autora]

V tomto případě vidíme, že korelace v nule (nezpožděná) je menší a výsledky nasvědčují tomu, že ceny EPS jsou opožděny o tři roky s korelací 0,44 (středně silná korelace) s cenami ropy.

Zde je důležité si uvědomit, že tato korelace není natolik silná, abychom na základě ní vytvořili hypotézu opožděné korelace. Je potřeba mít namysli, že tato korelace může vznikat vlivem náhody, tedy když máme dvě veličiny s opožděnou korelací, dá se očekávat vznik anomálií.

25.2. Zhodnocení pro rok 2021

V příloze č.1 se nachází vypracované analýzy pro: Železnou rudu, Zemní plyn (TTF), Zemní plyn (Henry Hub) a elektřiny pro rok 2021. Tyto analýzy se nachází v příloze č. 1 z důvodu, že se jedná o totožný postup jako při ropě.

Výtah z analýz:

Při železné rudě se i při meziměsíčních změnách v roce 2021 potvrdila silná korelace s profilovanou ocelí, korelace s betonářskou je v tomto období silnější jako v analýze od roku 2004. Nakonec se zde objevila silná negativní korelace se zdivem.

Tabulka korelací:

Železná ruda / Betonářská výztuž:	0,824
Železná ruda / Ocel profilová:	0,616
Železná ruda / Zdivo:	-0,698

Ceny zemní plynu v EU dosahovali silnou korelaci se zdivem (0,618) a negativní korelaci s cenovými změnami EPS (- 0,454).

Americký plyn (neboli na evropském trhu zkapalněný plyn) měl vyšší hodnoty korelace s EPS (- 0,581).

Fluktuace cen elektřiny PXE měla následující korelace:

Tabulka korelací:

Elektřina/ EPS:	-0,546
Elektřina / Zdivo:	0,408
Elektřina / Minerální vata:	-0,556
Elektřina / OSB desky:	-0,497

Nejčastěji se objevovala korelaci mezi komoditami se zdivem a EPS. Nejvyšších hodnot korelace EPS dosahovalo s cenami amerického plynu (-0,581), a zdivo s cenami zemní plynu pro EU (0,618).

Cenu amerického plynu (Henry Hub) reguluje cenový dopad hodnot plynu pro evropský trh. Můžeme s touto položkou tedy počítat jako s jistým druhem stínových cen.

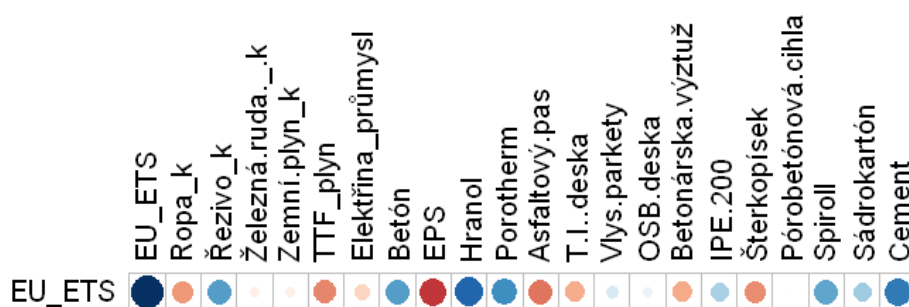
Největší meziměsíční změny měly EPS z února do března o 58,5 % a ceny OSB z dubna do května o 41,2 %. Mezi komoditami byly největší cenové „skoky“ u cen řeziva z března do dubna o 48,70 %, u amerického plynu z 1. d o 2. měsíce roku o 97,42 % a PXE z 10. do 11. měsíce o 68,45 %. (Více viz. tab. V příloze č.

26. Ukazatele

V této části budou představeny indikátory, a to: cena emisních povolenek, hodnoty HDP České republiky (počítáno výdajovou metodou), medián mezd a úroky státních dluhopisů. Důvodem tohoto výběru je při emisních povolenkách sledování dopadu cen povolenek na materiály.

HDP a jeho analýza by neměla naznačovat vliv jeho změn na ceny materiálů, spíše je zde s HDP uvažováno jako s dlouhodobým ukazovatelem, který bude předzvěstí změn cen materiálu.

26.1. Emisní povolenky



Obrázek 83: Korelační matice emisních povolenek [tvorba autora]

Na výřezu korelační matice vidíme korelaci mezi emisními povolenkami a komoditami a materiály.

Tabulka korelací:

	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	Zemní plyn k	TTF plyn k.	Elektřina průmysl k.
EU ETS	-0,437	0,556	-0,089	-0,084	-0,480	-0,214

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
EU ETS	0,556	-0,719	0,795	0,614	-0,535	-0,362	0,162	0,088

	Betonářská výztuž	IPE.200	Šterkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
EU ETS	-0,372	0,322	-0,461	0,000	0,526	0,351	0,706

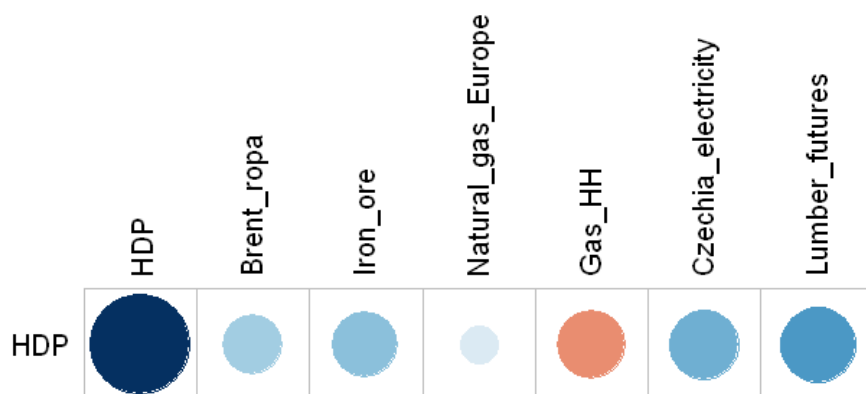
Tabulka 22: Tabulky korelací emisních povolenek (EU ETS) [tvorba autora]

Největší korelace s EU ETS jsou: Hranol (0,795), EPS (-0,719), Cement (0,706), Porotherm (0,614), Beton (0,556). Z komodit to je Řezivo (0,556).

Korelace jsou sledované v období 2008–2020. Ceny povolenek jsou z prosince každého roku.

Nejvíce „závislé“ na povolenkách se jeví položky hranolu a cementu. U těchto dvou položek můžeme při nárůstu cen povolenek očekávat jejich zdražování.

26.2. HDP



Obrázek 84: Korelační matice HDP [tvorba autora]

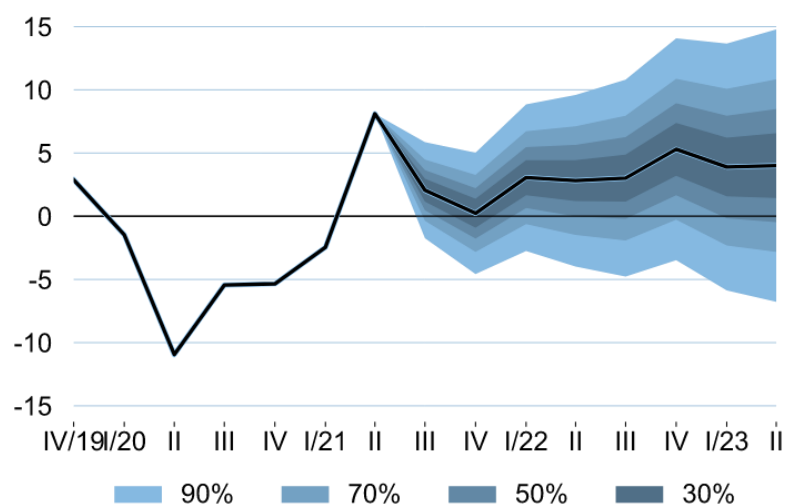
Na výřezu korelační matice vidíme korelaci mezi HDP České republiky a sledovanými komoditami. Jedná se o HDP vypočteno výdajovou metodou. Doba sledování je 2000 – 2020.

Tabulka korelací:

	Ropa k.	Železná ruda k	Zemní plyn (TTF)	Zemní plyn(HH)	Elektřina	Řezivo
HDP	0,35	0,42	0,15	- 0,47	0,48	0,57

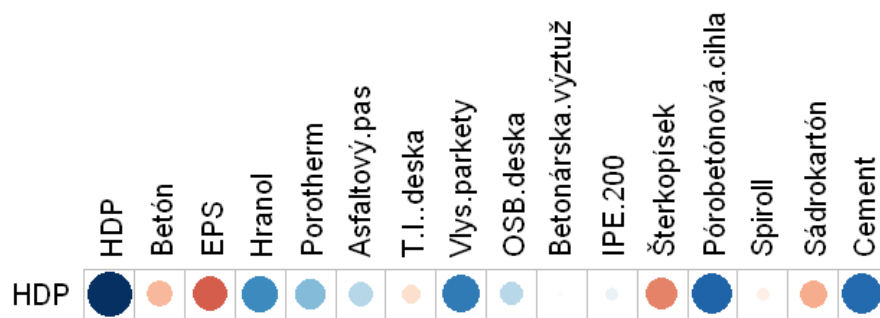
Tabulka 23: Korelace HDP s komoditami [tvorba autora]

Hlavním důvodem, proč zmiňuji HDP, je ten, že k němu můžeme dostávat nepřesnější predikce do budoucnosti, např. přes ČNB.



Obrázek 85: Prognóza HDP [42]

Z komodit nejvíce koreluje s hodnotami HDP řezivo (0,57) a negativně nejvíc koreluje zemní plyn (Henry Hub) (-0,47).



Obrázek 86: Korelační matice HDP s materiály [tvorba autora]

Na výřezu korelační matice vidíme korelaci mezi HDP České republiky a sledovanými materiály.

Tabulka korelací:

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
HDP	- 0,32	- 0,60	0,64	0,44	0,28	- 0,17	0,71	0,27

	Betonářská výztuž	IPE.200	Šterkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
HDP	0,02	0,09	- 0,50	0,81	- 0,09	- 0,37	0,77

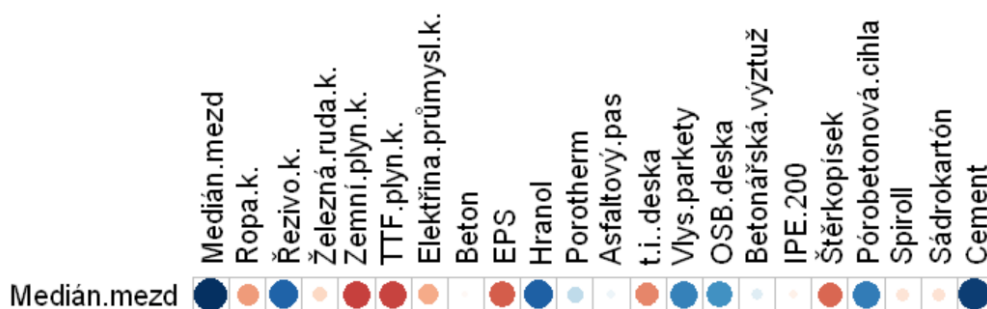
Tabulka 24: Korelační tabulky HDP s materiály [tvorba autora]

Největší pozitivní korelaci z materiálu mají následující materiály: pórobetonová cihla (0,81), cement (0,77), vlysové parkety (0,71).

Zajímavé so zde ceny EPS a šterkopísku, které jdou proti růstu HDP, a tedy když roste ekonomika jejich ceny klesají a opačně.

26.3. Medián mezd

Průměrná mzda je hodnota spíše orientační, proto zde s ní nepočítáme. Na jejím základě nelze hodnotit, jaký mají životní standard čeští zaměstnanci. Z výsledků strukturálních výdělkových statistik víme, že zhruba dvě třetiny zaměstnanců mají mzdu nižší, než je celostátní průměr. Reálnější údaje poskytuje, tedy jako ukazatel oz medián. [2][28]



Obrázek 87: Korelační matice mediánu mezd [tvorba autora]

Na obrázku vidíme korelační matice, sledujeme zde korelaci s mediánem mezd od roku 2006–2020.

Tabulka korelací:

	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	Zemní plyn k.	TTF plyn k.	Elektřina průmysl k.
Medián mezd	-0,430	0,803	-0,204	-0,689	-0,676	-0,376

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pás	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Medián mezd	-0,038	-0,610	0,816	0,256	0,070	-0,482	0,679	0,610

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopísek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Medián mezd	0,131	-0,074	-0,578	0,698	-0,149	-0,154	0,945

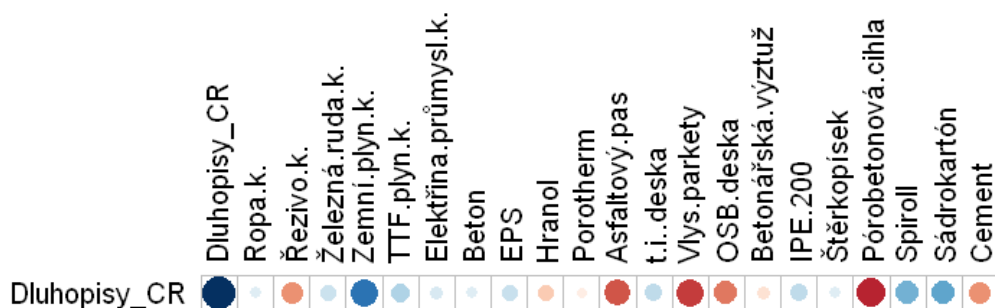
Tabulka 25: Korelační tabulky mediánu mezd [tvorba autora]

Významní korelaci má mezi komoditami s mediánem mezd řezivo (0,803). Mezi materiály vidíme nejvyšší korelaci s Cementem (0,945) a Hranolem (0,816). Tyto vysoké korelace mohou být vysvětlena vysokou závislosti, těchto materiálů na ceně práce.

V případě korelaci se mzdami se jeví zajímavé materiály, které jdou v opačným směru, tedy vychází v negativní korelaci a to EPS (-0,610), Štěrkopísek (-0,578) a t.i. deska (-0,482).

26.4. Desetileté dluhopisy České republiky

Dluhopisy nám, podobně jako hodnoty HDP, budou sloužit jako ukazatele zdraví ekonomiky. Desetileté dluhopisy nám slouží jako ukazatel úrovně důvěry věřitelů ve stát, tato důvěra se kvantifikuje úrokem. S tímto úrokem, neboli výnosem dluhopisu pracujeme dále v korelacích.



Obrázek 88: Korelační matice dluhopisů [tvorba autora]

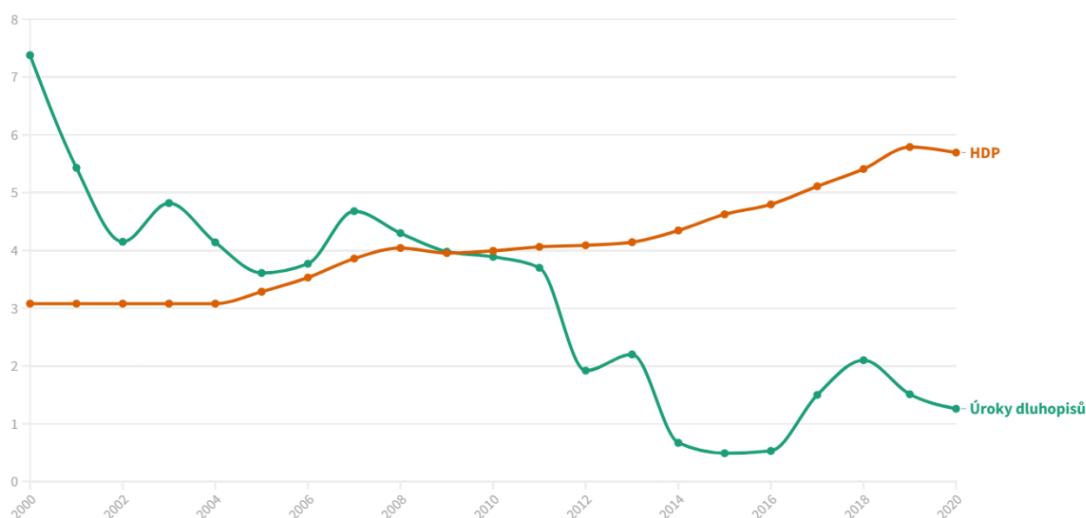
	Ropa k.	Řezivo k.	Železná ruda k.	Zemní plyn k.	TTF plyn k.	Elektřina Průmysl k.
Dluhopisy ČR	0,137	-0,455	0,217	0,740	0,307	0,170

	Beton	EPS	Hranol	Porotherm	Asfaltový pas	t.i. deska	Vlys parkety	OSB deska
Dluhopisy ČR	0,132	0,229	-0,255	-0,099	-0,626	0,260	-0,692	-0,523

	Betonářská výztuž	IPE.200	Štěrkopisek	Pórobetonová cihla	Spiroll	Sádrokartón	Cement
Dluhopisy ČR	-0,154	0,259	0,131	-0,768	0,478	0,524	-0,451

Tabulka 26: Korelační tabulky dluhopisu [tvorba autora]

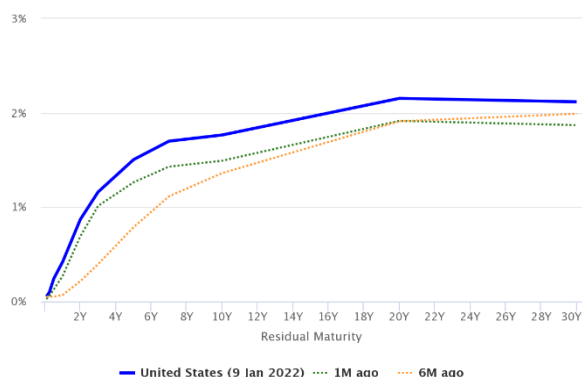
Významní korelaci má mezi komoditami s dluhopisy Zemní plyn (HH) (0,640). Mezi materiály vidíme nejvyšší korelaci se sádrokartónem (0,524), spiroll panely (0,478) a pórobetonovou cihlou (-0,768).



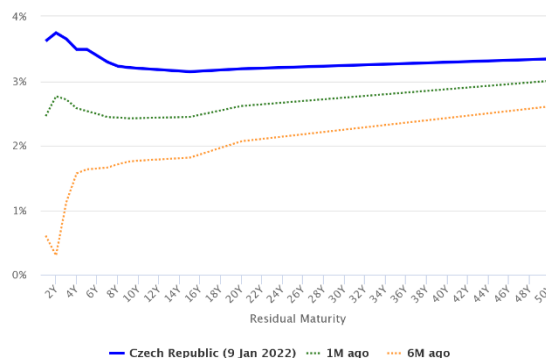
Obrázek 89: Vývoj úroků desetiletých dluhopisů [%] a hodnot HDP [10¹² Kč] [tvorba autora]

Na předešlém grafu vidíme vztah mezi výnosy státních dluhopisů a hodnot HDP (výdajovou metodou). Korelační koeficient mezi těmito dvěma veličinami v období 2000-2020 se rovná -0,813 (silná korelace). Ve zkratce, když nám roste HDP, klesají úroky desetiletých dluhopisů, protože při silné ekonomice není vysoké riziko, tedy ani vysoký úrok.

Hlavním důvodem, proč zmiňujeme dluhopisy je výnosová křivka. Výnosová křivka ukazuje, jak se mění úrokový výnos s dobou splatnosti dluhopisu. Na ose y je procentuální výnos a na ose x jsou jednotlivé dluhopisy seřazené dle doby jejich splatnosti. Obvyklý tvar výnosové křivky je rostoucí, tedy že dluhopisy s delší splatností mají větší úrok.



Obrázek 91: Výnosová křivka USA [43]



Obrázek 90: Výnosová křivka ČR [43]

Na levém grafu vidíme výnosovou křivku USA, která má obvyklý tvar. Napravo se nachází výnosová křivka ČR. Ta již ale má tzv. inverzní tvar. Inverzní výnosová křivka nastává, když dlouhodobé výnosy klesnou pod krátkodobé výnosy.

Za těchto okolností se investoři spokojí s nižšími výnosy spojenými s nízkorizikovými dlouhodobými dluhopisy, pokud se domnívají, že ekonomika v blízké budoucnosti vstoupí do recese. Investoři věří, že krátkodobé sazby v určitém okamžiku v budoucnosti prudce klesnou. [31]

Podle amerického ekonoma Harveyho Campbella obrácená výnosová křivka předpovídá recesi (jeho práce se týkala jenom USA). [32]

Kromě toho, že inverzní výnosová křivka signalizuje potenciální ekonomický pokles, také naznačuje že trh věří v pokračující nízkou inflaci. Je to proto, že i když dojde k recesi, nízký výnos dluhopisů bude stále kompenzován nízkou inflací.

Toto vše nasvědčuje, že České republice hrozí recese (pokles reálného HDP po dvou nebo více následujících čtvrtletích v roce), ale na druhou stranu také nízká inflace v dlouhodobém časovém horizontu.

To by dále na základě historických dat nasvědčovalo k růstu cen EPS a štěrkopísku, naopak pádu cen pórobetonových cihel, cementu, parket a hranolu.

27. Zhodnocení

Tento oddíl slouží jako stručný přehled předešlých kapitol. Zejména toho, které materiály dosahovaly nejvyšších hodnot shody neboli korelace s ukazateli. Jako významné korelace rozumíme ty, které dosahují hodnot v okolí 0,6 (silní korelace). Tabulky jsou na základě dat od 2004 do 2020.

Emisní povolenky

Materiál	Korelace
Hranol	0,795
Cement	0,706
EPS	-0,719

HDP

Materiál	Korelace
Pórobetonová cihla	0,81
Cement	0,77
Vlys parkety	0,71
Hranol	0,64
EPS	-0,60

Medián mezd

Materiál	Korelace
Cement	0,945
Hranol	0,816
Pórobetonová cihla	0,698
Vlys parkety	0,679
OSB deska	0,61
EPS	-0,61

Dluhopisy ČR

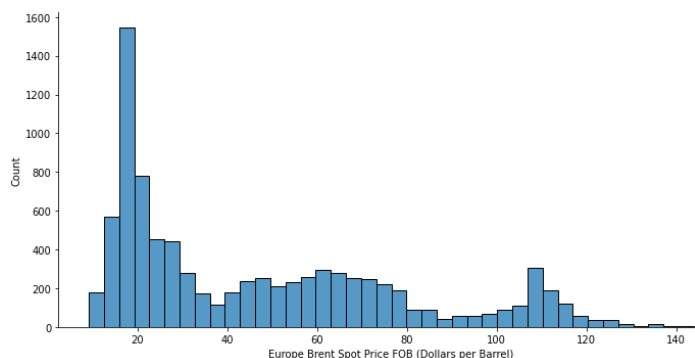
Materiál	Korelace
Pórobetonová cihla	-0,768
Vlys parkety	-0,692
Asfaltový pas	-0,626

Tabulka 27: Tabulky zhodnocení významných korelací [tvorba autora]

28. Analýza cen

Táto kapitola tvoří úvod pro analýzu datových souborů. Z materiálů bude vybrán jeden reprezentant, na kterém bude vysvětlen postup výpočtu. Zbytek výsledku se nachází v příloze č. 4.

Z komodit byla vybrána ropa Brent a se stavebních materiálu byl vybrán jako reprezentant beton.



Obrázek 92: Rozložení cen ropy Brent

[tvorba autora]

Na grafu vidíme ceny ropy Brent od roku 1987 do roku 2021, jedná se denní data. Na obrázku vidíme histogram cen. Na ose x je cena ropy v dolarech, na osy y je počet cen v dané třídě histogramu.

Počet tříd neboli sloupců, byl vypočten následovně:

a) $n > 100$ $k = \lceil 10 \log(n) \rceil$

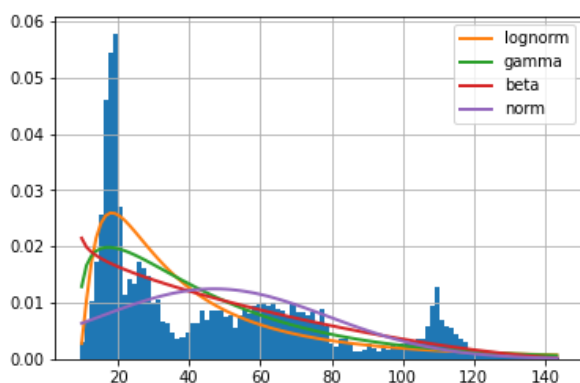
b) $40 < n \leq 100$ $k = \lceil 2\sqrt{n} \rceil$

c) $n \leq 40$ $k = \lceil 1 + 1,4426 \cdot \ln(n) \rceil$

n... počet dat

k...počet tříd

V našem případě je počet dat $n = 8778$, tedy počet tříd $k = 10 \log(8778) = 39,43 = 40$ tříd.

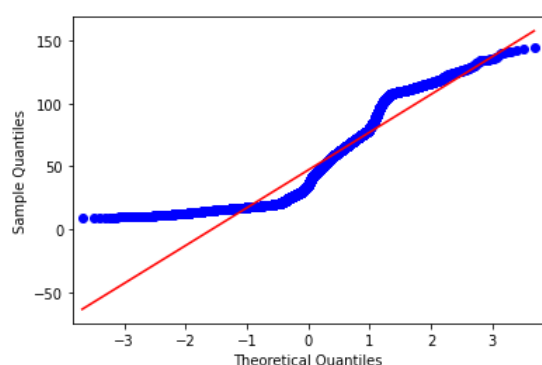


Obrázek 93: Výběr nejvhodnějšího datového rozdělení pro ceny ropy [tvorba autora]

Na obrázku je pro datový soubor hledáno nejvhodnější datové rozložení. Z grafu vidíme, že nejvíc dat je v cenové třídě 20 dolarů. Hlavním důvodem je, že data sahají až do roku 1987.

Abychom tomuto předešli, budeme brát ceny ropy od roku 2000 a výsledek vizuálně porovnáme s histogramem od roku 1987. Na ose x jsou opět ceny v dolarech a na ose y je intenzita neboli četnost. Data byly porovnávana se 4 rozděleními (legenda vpravo nahoře), nejlépe na data sedí lognormální rozdělení.

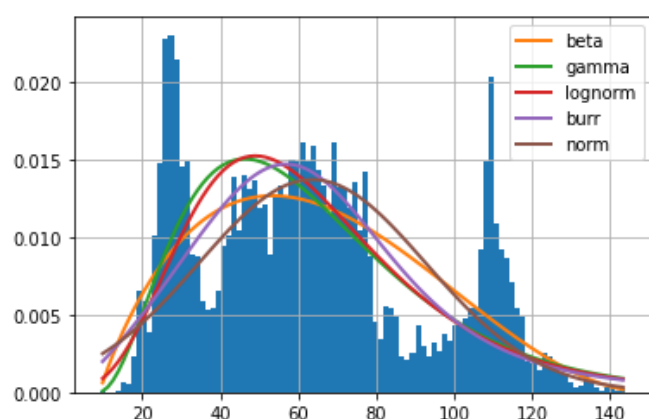
Další možností pro výběr rozložení dat je pomocí Q-Q čáry.



Obrázek 94: Q-Q čára cen ropy [tvorba autora]

Na předešlém grafu vidíme Q-Q čáru rozložení ropy, červená čára značí normální rozdělení. Kdyby tedy data ležela na červené čáře, jednalo by se o téměř dokonalé normální rozdělení dat. Na ose y se nachází kvantily našeho datového souboru a na ose x jsou kvantily normálního rozdělení.

Z grafu můžeme vyčíst, že nejnižší ceny ropy nejsou dost konzistentní zvláště, aby dosahovaly normálního rozdělení (jedná se o levý „chvost“ modré čáry, která představuje jednotlivá data). Na pravé straně datové čáry zase vidíme, že nejvyšší ceny ropy nejsou dost vysoké na to, aby dosahovaly normálního rozdělení. Můžeme tedy říct, že se nejedná o normální rozdělení.



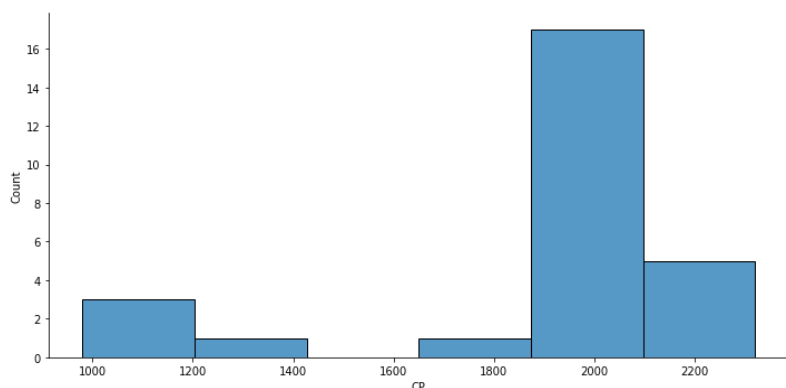
Obrázek 95: Výběr nejvhodnějšího datového rozdělení pro ceny ropy od roku 2000 [tvorba autora]

Na grafu vidíme histogram dat od roku 2000 do roku 2021, opět se jedná o denní data. Zde oproti histogramu od roku 1987 vidíme, že data jsou více kompaktní. Jako nejvhodnější rozdělení je Beta rozdělení. Vhodnost rozdělení byly posuzovány na základě výsledku: Zbytkový součet čtverců (sumsquare_error), Informační kritérium Akaike (AIC) a Bayesovské informační kritérium (BIC).

Při ropě máme problém s velikostí dat. Data z období 1987–2000 se ceny ropy pohybovaly hlavně v rozmezí 20 dolarů. To nám značně ovlivňuje data a jejich rozložení. Na základě této premisy budeme uvažovat s modelem od roku 2000.

Rozdělení dat a jeho úprava na jeden z matematických modelů nám umožňuje zhruba poznat, jaké hodnoty můžeme očekávat. Tento výsledek by měl být ale brán kriticky, jedná se jenom o základní analýzu dat.

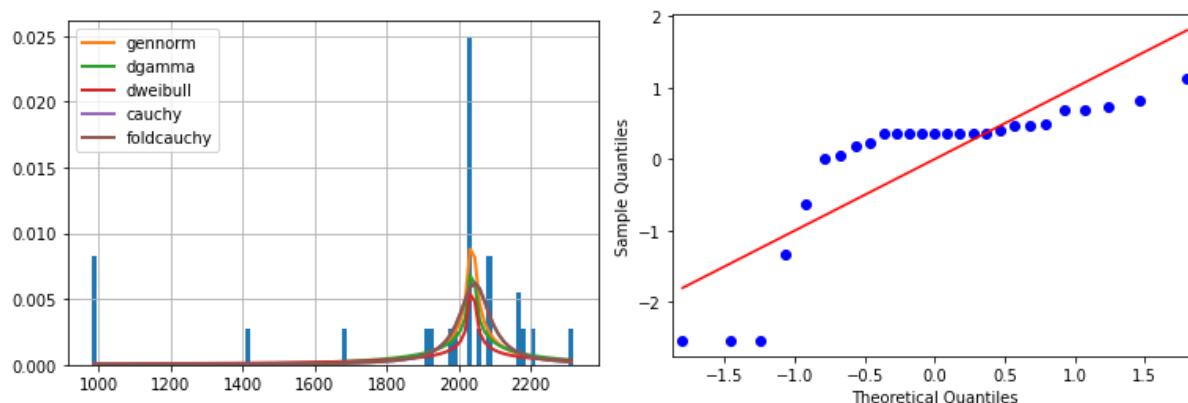
28.1. Beton



Obrázek 96: Rozložení cen betonu [tvorba autora]

Na obrázku vidíme histogram betonu počet dat $n = 24$, data jsou od roku 1995 do roku 2021. Tedy počet tříd $k = 1 + 1,4426 \cdot \ln(24) = 5,58 = 6$ tříd. Nejvíce dat je v třídě v okolí 2000 korun za m^3 .

Nalevo vidíme nízké ceny, které se vymykají průměru. Tyto data jsou z let 1995, 1996 a 1997.



Obrázek 97: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny betonu a Q-Q čára cen betonu (vlevo) [tvorba autora]

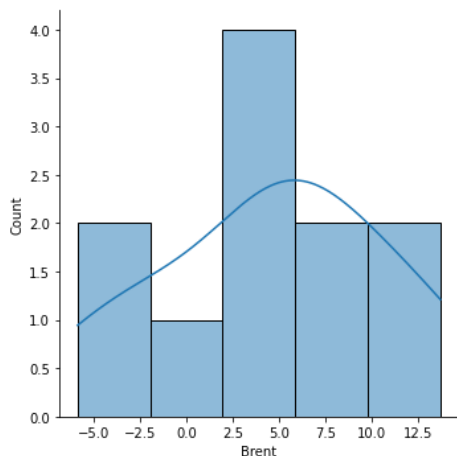
Na levém grafu vidíme výběr nejvhodnějších rozdělání. Nejvhodnějším rozděláním vychází: Zobecněné normální rozdělání (gennorm).

V tomto případě, na rozdíl od betonu, jsme si mohli dovolit rozsáhlejší analýzu dat a tím vhodnější výběr rozdělání. Při ropě, kde se objem dat pohybuje v tisících, je výpočet vhodného rozložení dat omezen technikou, konkrétněji časem, který by byl potřeba. To je důvodem, proč v případě betonu vidíme méně známá rozdělání.

Napravo vidíme Q-Q graf. V případě betonu je normální rozdělání méně vhodné jako u ropy. Ceny ropy totiž delší čas kopírovaly normální rozdělání na grafu zastoupené červenou čarou. Při nižším počtu dat můžeme na grafu vidět jednotlivé datové body zobrazeny modrými tečkami. S rudou čarou mají kontakt jenom tři.

28.2. Rok 2021

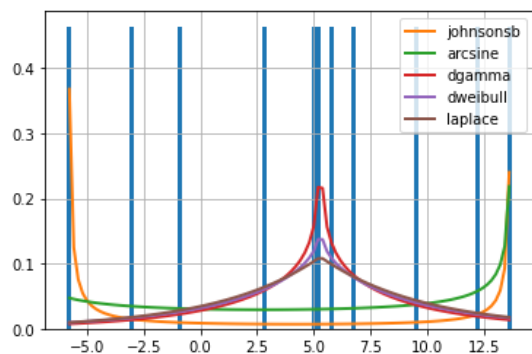
V této části se analyzují procentuální změny cen. Data jsou od ledna do listopadu roku 2021. Z toho důvodu, že nemáme data změn cen betonu, byl vybrán jako substituční materiál betonářská výztuž, která tvoří značnou část jeho ceny (při použití železobetonu).



Obrázek 98: Rozložení cen ropy v roce 2021 [tvorba autora]

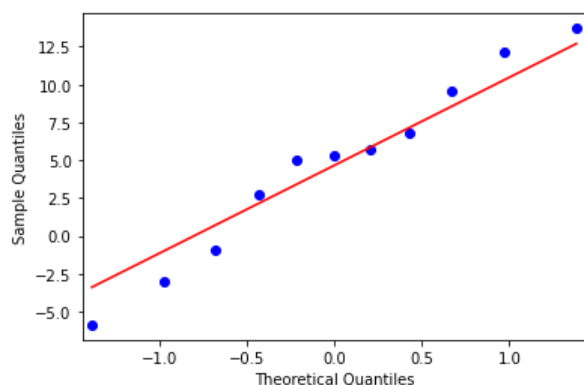
Na grafu vidíme histogram rozložení procentuálních změn ceny ropy Brent. Modrá čára představuje odhad hustoty jádra (KDE). Odhad hustot jádra je jedním ze základních metod vyhlazování dat. Představuje odhad funkce hustoty pravděpodobnosti náhodné proměnné.

Počet dat $n = 11$, pak počet tříd $k = 1 + 1,4426 \cdot \ln(11) = 4,45 = 5$ tříd. Nejčastější změna cen ropy se nachází ve třídě 2,5 – 5 %. Dalo by se tedy říci, že v této třídě a její okolí můžeme očekávat nejvíc výsledků také v blízké budoucnosti (2-5 měsíců).



Obrázek 99: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny ropy pro rok 2021 [tvorba autora]

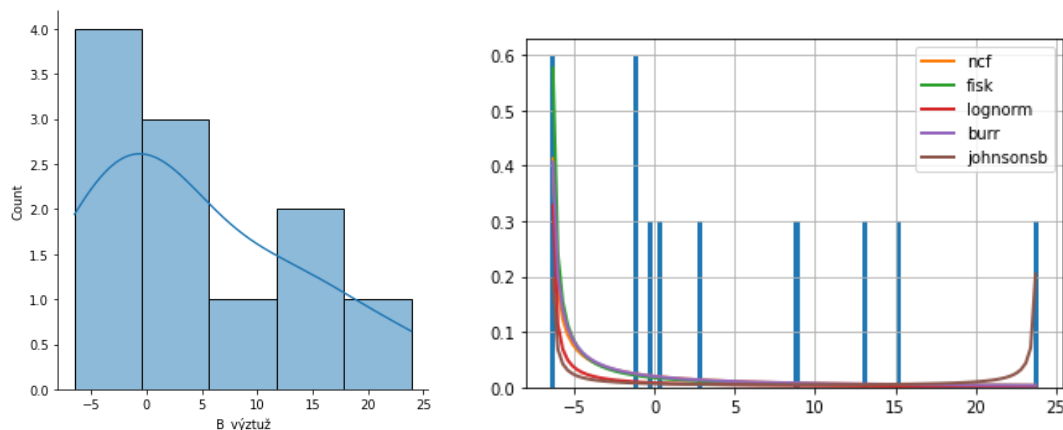
Jako nejvhodnější vychází Johnsonová SU distribuce dat. Díky nízkému počtu dat bylo možné porovnat data s velkým rozsahem možných datových rozdělení. Proto se jako nejvhodnější rozdělení objevují méně frekventovaná rozdělení. Z tohoto důvodu budeme datové rozložení ropy opět zobrazovat na Q-Q čáře s více známým normálním rozdělením.



Obrázek 100: Q-Q čára cen ropy [tvorba autora]

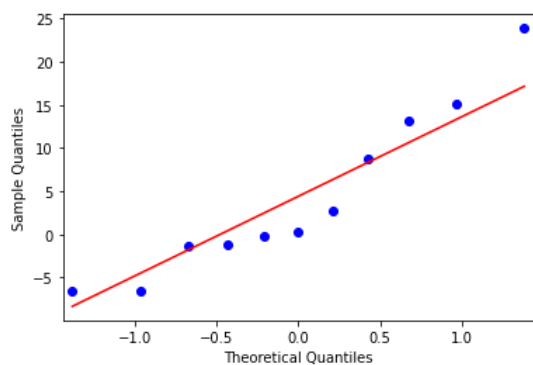
Oproti předešlým Q-Q čár ropy a betonu dostáváme výsledek, který aspoň trendově směřuje podobně jako normální rozdělení. Na obrázku vidíme výpadek četnosti v okolí nulového teoretického kvantilu na ose x.

Na obrázku nalevo vidíme histogram procentuálních změn cen betonářské výztuže. Jako



Obrázek 101: Obrázek 67: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny výztuže a Q-Q čára cen výztuže (vlevo) [tvorba autora]

nejvhodnější vychází necentrální F-rozdělení (ncf). Opět bylo použité větší množství porovnávacích datových rozdělení. Z toho důvodů znova použijeme Q-Q čáru.



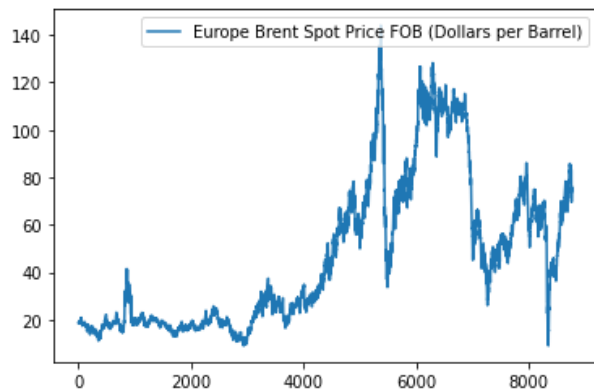
Obrázek 102: Q-Q čára cen betonářské výztuže [tvorba autora]

Na obrázku vidíme porovnání kvantilů dat a normálního rozdělení.

29. Predikční modely

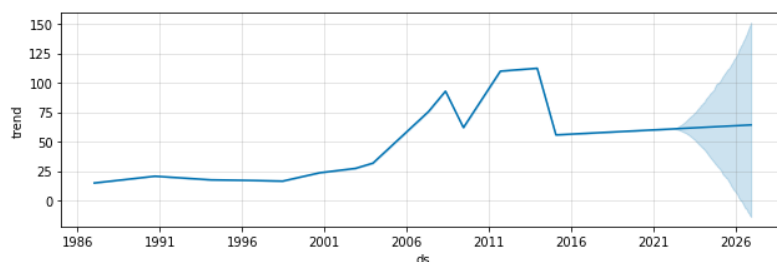
29.1. Ropa

Na cenách ropy budě představena analýza pomocí fb prophet.



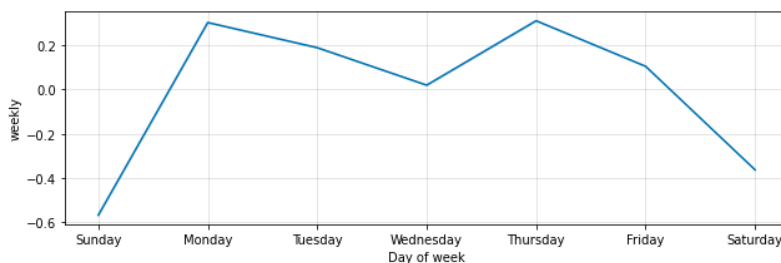
Obrázek 103: Vývoj cen ropy v dolarech za barel [tvorba autora]

Na obrázku vidíme časovou sérii cen ropy. Na osy x je pořadové číslo položky. Na osy y je cena ropy za barel. Ceny ropy jsou od roku 1987 do 2021.



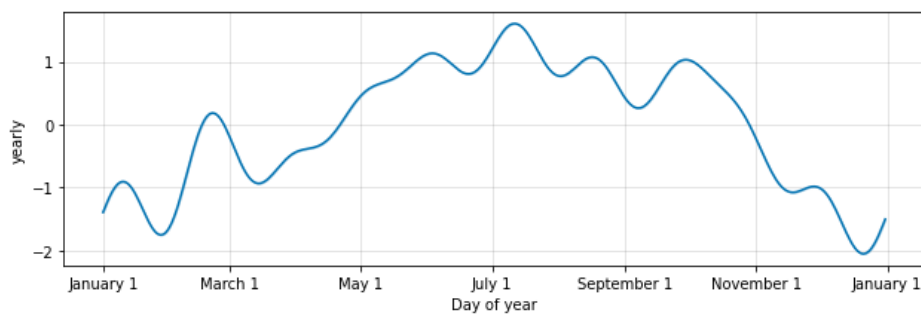
Obrázek 104: Trend cen ropy [tvorba autora]

Na grafu vidíme trend časové série cen ropy. Slabě modrá plocha symbolizuje již předpověď ceny. Tato oblast tvoří 80procentní hladinu nejistoty (jedná se o interval složený z horního a dolního prahu nejistoty). V tomto intervalu se nachází pokračující trend ceny ropy (vytvořen na základě historických dat). Maximum trendu bylo v letech 2011 až 2014.



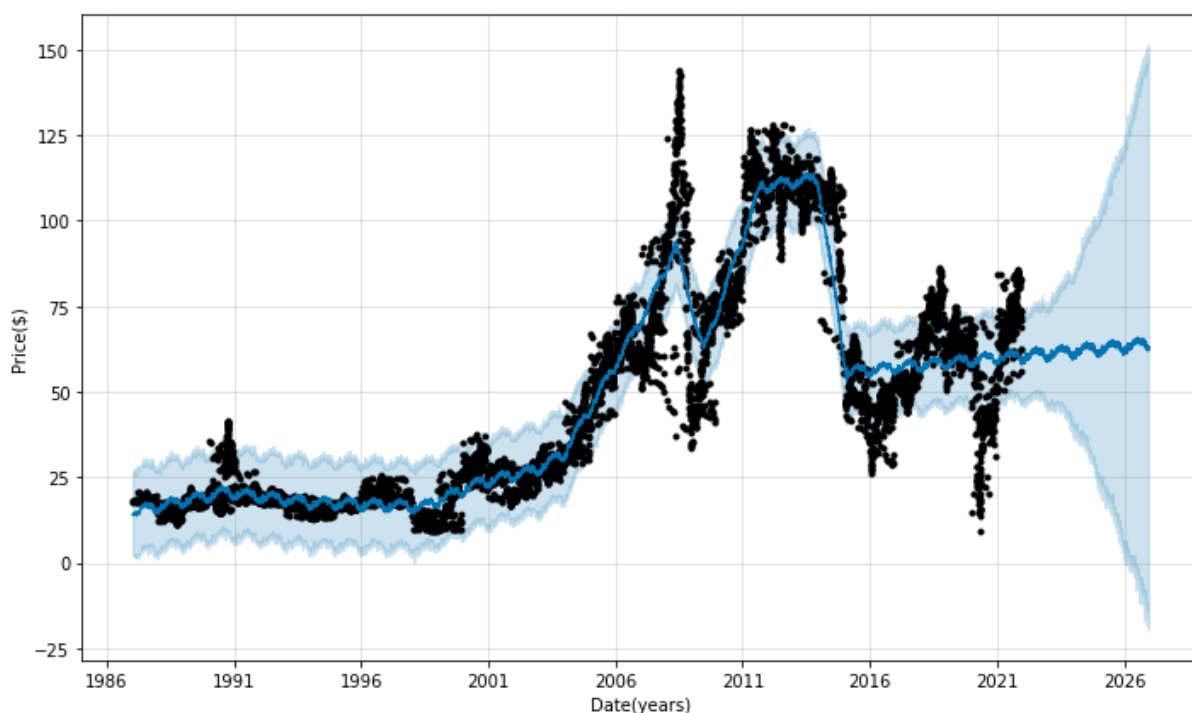
Obrázek 105: Vývoj cen ropy během týdne [tvorba autora]

Tento graf představuje trend v průběhu jednotlivých dnů v týdnu. Vidíme, že vrchol trendu je v pondělí a ve čtvrtek, minimum v neděli a v sobotu (protože to nejsou obchodní dny). Os y představuje o kolik se v jednotlivý den zvednul/spadl trend za celou dobu.



Obrázek 106: Sezónnost cen ropy [tvorba autora]

Na posledním grafu ze tří komponentu vidíme průběh sezónnosti v jednotlivé měsíce roku. Z grafu můžeme vyčíst, že maximum ceny můžeme očekávat přes léto. Nejnížší ceny můžeme očekávat v lednu.



Obrázek 107: Predikční model cen ropy [tvorba autora]

Tento graf je výsledkem naší cenové předpovědi. Na ose x vidíme časovou os, na osu y zase ceny ropy za barel. Černé tečky představují jednotlivé datové body. Zde například vidíme velký propad cen v roce 2020, který v trendové křivce není patrný. Modrá čára představuje model vytvořený skriptem a FB prophet-em. Model je vytvořen na základě výpočtu z historických dat. V okamžiku, kde končí černé tečky, už nastává predikce.

Tento model je doprovázen opět 80procentním intervalem nejistoty, vykreslen slabě modrým polem. Hodnoty tohoto intervalu vychází z historických dat sledovaného objektu, tedy cen ropy. Dále si můžeme povšimnout, jak se hladina nejistoty v budoucnosti rozevírá. Hlavním důvodem je, že čím dále predikujeme hodnoty v budoucnosti (v našem případě 5 let) tím narůstá nejistota neboli přesnost odpovědi klesá.

Z predikčního modelu můžeme vytvořit následující závěr:

Na základě trendu můžeme očekávat růst v hladině mezi 50-75 dolary za barel. Je třeba ale myslet na stále se rozpínající se hladinu nejistoty.

Největší pozitivní korelaci s ropou měly: Štěrkopísek, Výztuž, IPE profily, Asfaltový pás a t.i. desky.

Na základě pozitivní korelace těchto materiálů se tedy dá u nich očekávat zvyšování cen. Je třeba ale zde připomenout že se nejednalo o silnou korelaci (nejsilnější korelaci byla u štěrkopísku 0,54).

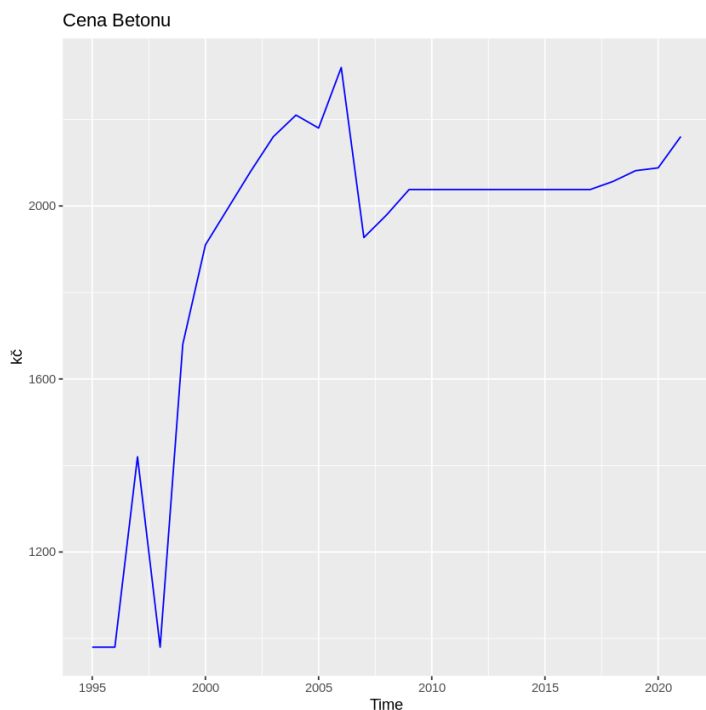
Naopak hranol měl negativní korelaci (-0,479) s ropou a tím pádem tady bychom mohli očekávat pokles ceny.

Výhodou ceny ropy je její robustní množství dat a také jejich frekvence. Tyto data také není problém dohledat a získat, což neplatí u jiných komodit. Tyto vlastnosti ropy jsou ideální pro predikční model fb prophet, který hledá sezónnost v datech a čím je jejich frekvence vyšší (v našem případě denní) tím je model přesnější.

29.2. Beton

Ceny betonu jsou v jednotlivých letech. Tady tedy nemůžeme použít fb prophet, protože ten potřebuje alespoň data dvakrát do roka. Tím pádem můžeme fb prophet použít pro datový soubor od roku 2017 kdy máme data dva krát do roka (a to z 1.1. a 1.7. každého roku).

Postup předpovědi a analýzy cen betonu nebude obdobný jako v příkladě ropy. Ze zmíněných důvodů ročních dat budeme postupovat následovně:



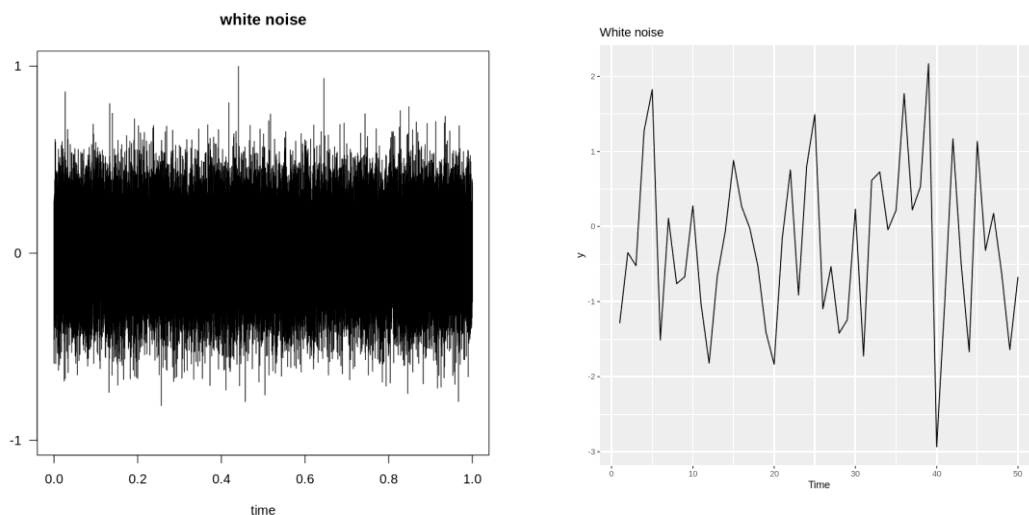
Obrázek 108: Vývoj cen betonu [tvorba autora]

Na grafu vidíme vývoj cen betonu od 1994 do 2021. Můžeme vidět silný trend do roku 2003. Z tohoto důvodu jsme nuceni časovou řadu od tohoto trendu „očistit“, abychom ji mohli dále používat.

Statistické ukazatele cen betonu:

Průměr = 1908 Kč, Medián = 2038 Kč, Směrodatná odchylka = 372,883 Kč.

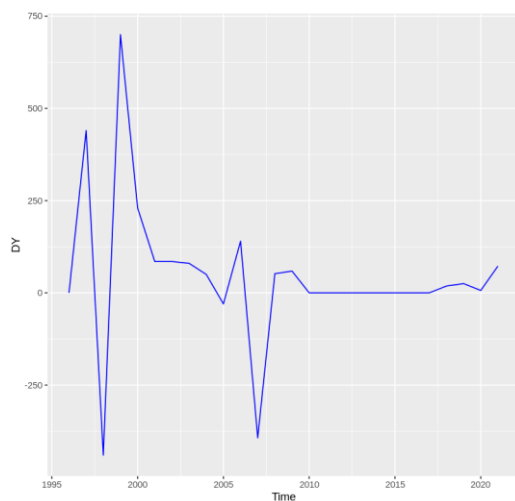
Budeme se snažit data očistit tak aby se co nejvíc podobali rozložení bílého šumu (white noise).



Obrázek 109: Bílý šum a zjednodušený bílý šum (vlevo) [tvorba autora]

Na obrázku vlevo vidíme dokonalý bílý šum, napravo od něho vidíme jeho zjednodušenou verzi. Této verzi napravo se budeme snažit co nejvíce přiblížit abychom zajistili faktor náhodnosti.

Data budeme diferencovat. Tedy odečítat sousední hodnoty, tedy $\text{diff} = n_i - n_{i-1}$ (hodnotu z roku 1995 mínus 1994 atd.)

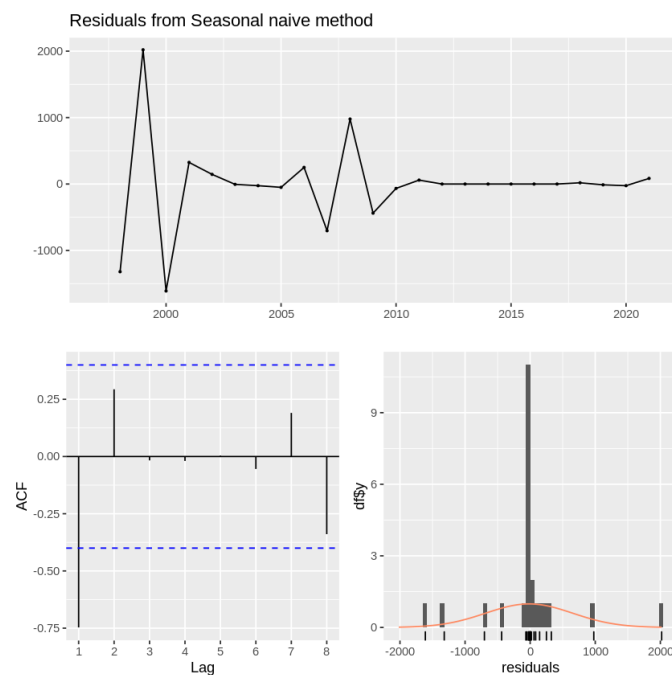


Obrázek 110: Diferenciál cen betonu [tvorba autora]

Na grafu vidíme první diferenciál cen betonu. Oproti předešlé časové řadě zde můžeme až jen podle vizuální kontroly vidět změny na stranu náhodnosti. S touto první diferencí budeme pracovat dále namísto originální časové řady.

Data budeme testovat na modely: holt-winters, exponenciálního vyrovnání, naivní metodu a Arimu. Tyto modely budeme mezi sebou porovnávat a vybereme ten, který bude optimální pro data. Modely budeme porovnávat dle ukazatelů: AIC, BIC, Error (chyby) a směrodatnou odchylku.

29.3. Naivní metoda



Statistické ukazovatele:

Směrodatná odchylka: 654,0204 Kč

Obrázek 111: Komponenty naivní metody [tvorba autora]

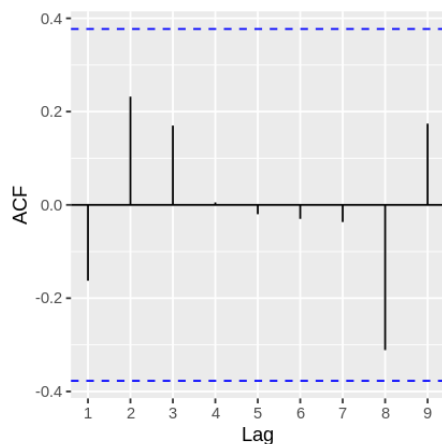
Na obrázku vidíme grafy: Nahoře diferenciál časové řady, kterou používáme pro další modulaci.

Dole vlevo se nachází graf ACF, tedy autokorelace. Autokorelace je korelace subjektu sebe sama se sebou s opožděním neboli Lag-em. Již vysvětlena. Na ose x jsou opoždění a na ose y jsou hodnoty korelace. Dále budeme sledovat jen tento graf, protože ostatní dva budou totožné.

Vpravo dole vidíme graf rozložení dat. Oranžová čára tvoří křivku pravděpodobnosti rozdělení dat.

Tato metoda nám poskytuje jenom omezené množství ukazatelů.

29.4. Metoda exponenciálního vyrovnání



Statistické ukazovatele:

Směrodatná odchylka: 205,5634 Kč

MASE: 0,9961976

AIC: 380,5004

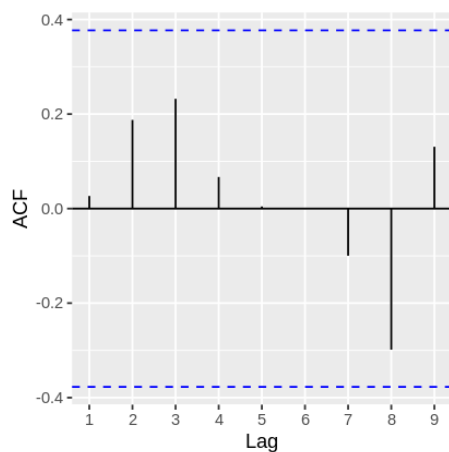
BIC: 384,3879

Obrázek 112: Obrázek 62: autokorelace ETS modelu betonu [tvorba autora]

Na obrázku vidíme graf autokorelace. Tento model nám poskytuje více ukazovatelů, se kterými můžeme pracovat dále.

Oproti naivnímu modelu zde vidíme výrazně nižší směrodatnou odchylku (čím je nižší, tím je model přesnější, protože číslo ukazuje, jak velmi se model pohybuje od průměrů).

29.5. Arima



Statistické ukazovatele:

Směrodatná odchylka: 195,253924 Kč

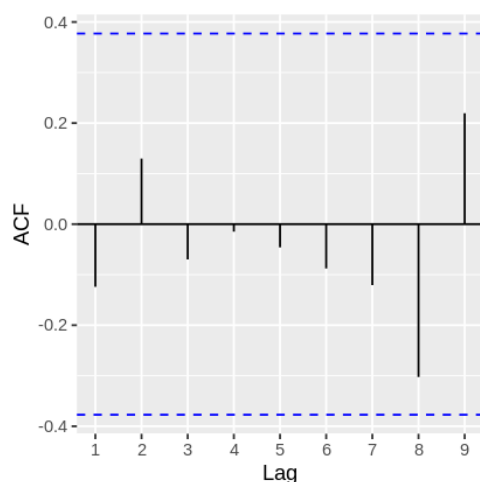
MASE: 1,068789

AIC: 352,13

BIC: 355,9

Obrázek 113: autokorelace Arima modelu betonu [tvorba autora]

29.6. Holt-Wintersova metoda



Statistické ukazovatele:

Směrodatná odchylka: 201,122 Kč

MASE: 1,131505

AIC: 381,0696

BIC: 387,5488

Obrázek 114: Obrázek 62: autokorelace Holt-Winters modelu betonu [tvorba autora]

Tyto výsledné ukazatele porovnáme mezi sebou. Autokorelace není v žádném případě žádná anomálie (autokorelace se objevují uvnitř hladiny spolehlivosti, tj. mezi modrými tečkovanými čarami).

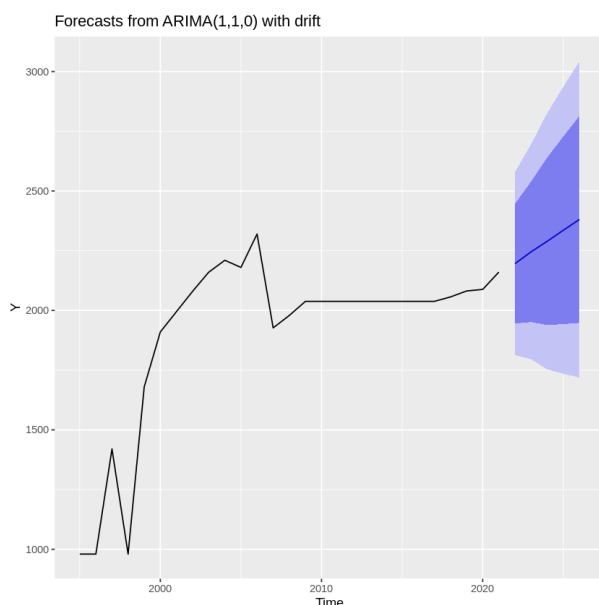
29.7. Porovnání modelů

	Holt-Winters	Arima	ETS	Naive
Std	201,122	195,254	205,563	654,020
MASE	1,132	1,069	0,996	
AIC	381,070	352,130	380,500	
BIC	387,549	355,900	384,388	

Tabulka 28: Zhodnocení modelu pro ceny betonu [tvorba autora]

V této tabulce vidíme porovnání modelů, čím je číslo lepší tím je model pro nás výhodnější. Takže sledujeme nejvíc modré položky. Největší váhu klademe na Std (Směrodatná odchylka), další ukazatele jsou poté jenom nápomocné při rozhodování mezi dvěma blízkými hodnotami. V našem případě jednoznačně vyčnívá model Arima s nejnižší směrodatnou odchylkou a nejnižším AIC a BIC (při BIC to je složitější, ne nejnižší je vždy nejlepší, ale pro zjednodušení rozhodování budeme postupovat s tím, že nižší hodnota BIC je lepší).

29.8. Předpověď modelu ARIMA



Forecasts:

	Point	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2022		2195.773	1945.530	2446.015	1813.060	2578.485
2023		2245.344	1951.447	2539.242	1795.866	2694.822
2024		2289.424	1938.891	2639.957	1753.329	2825.518
2025		2335.613	1942.988	2728.237	1735.145	2936.080
2026		2380.991	1948.104	2813.878	1718.948	3043.035

V tabulce vidíme číselné zobrazení hladin nejistoty a predikce.

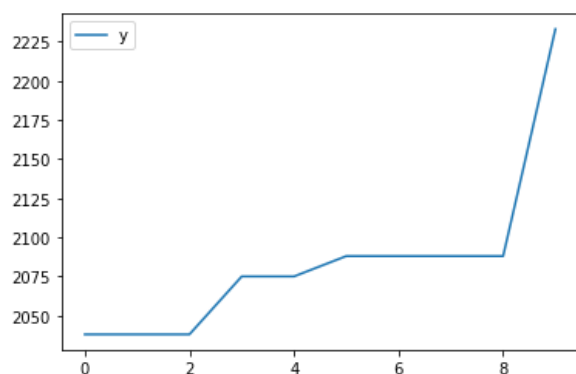
Obrázek 115: Arima model cen betonu [tvorba autora]

Výsledný ARIMA model je (1,1,0). Čísla zde znázorňují (p,d,q) model, kde: p = auto regresivní část, d = stupeň diferencování, q = stupeň pohyblivého průměru. Tento model dává větší váhu posledním letem, z toho důvodu je patrný rostoucí trend. Modrá čára představuje trend, a tedy průměr predikčních hodnot. Silně modrá oblast je 80% hladina nejistoty. Slabě modrá oblast představuje 95% hladinu nejistoty.

Arima modely mají inherentní vlastnost, která jejich predikci při delších predikcích (10 let a více) táhne směrem k nule, z toho důvodu je 5 let maximální období, s kterým budeme pracovat.

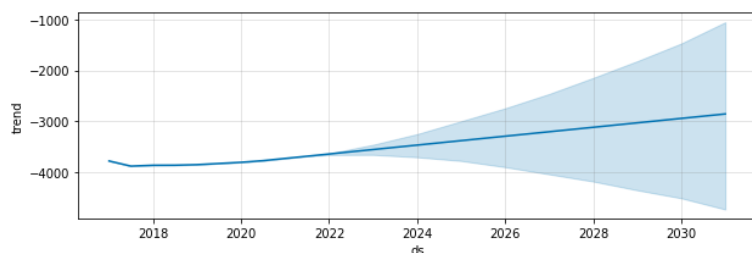
29.9. Beton od roku 2017

Z důvodu silného trendu Arima modelu ovlivněných posledními roky ověříme tento trend pomocí modelu ve fb prophet-u. Tento model bude vytvořen z dat od roku 2017, z každého roku máme dvě data ročně a to z 1.1. a 1.7..



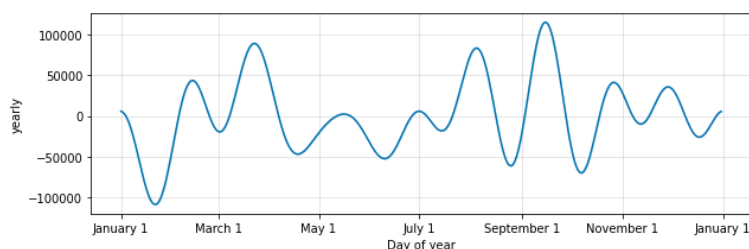
Obrázek 116: Vývoj cen betonu od roku 2017 [tvorba autora]

Na grafu vidíme časovou řadu od roku 2017, kde na ose y je cena betonu v Kč za metr kubický. Na ose x je pořadí jednotlivých položek. Na grafu vidíme vysoký nárůst z bodu 8 do bodu 9, tedy z roku 2020 do 2021.



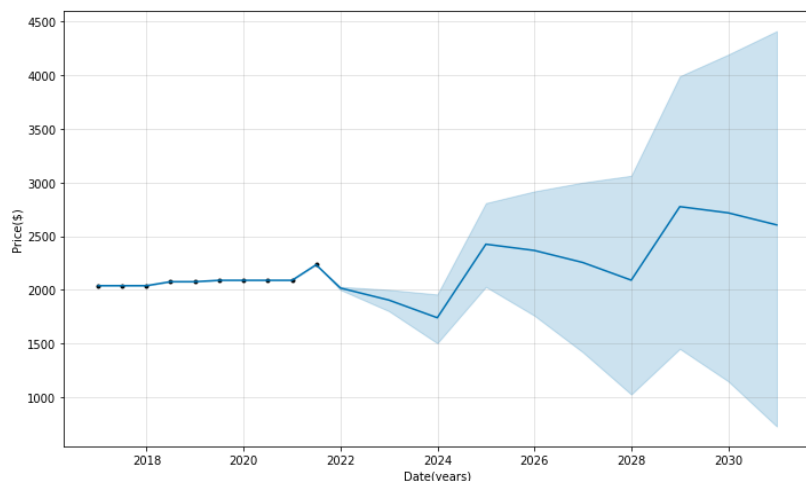
Obrázek 117: Trend cen betonu [tvorba autora]

Na tomto grafu vidíme trend dat od roku 2017, plus predikci cen betonu. Osa y počítá nárůst trendu z mínusových hodnot z důvodu vlastností softwaru.



Obrázek 118: Sezónnost cen betonu [tvorba autora]

Na této křivce nenacházíme žádnou sezónnost, hlavně toho z důvodu, že data jsou k dispozici jenom dvakrát do roku. Na této křivce vidíme příklad, že se přibližuje bílému šumu (tím pádem můžeme říci, že zde tedy není sezonnost, ale náhodná složka).



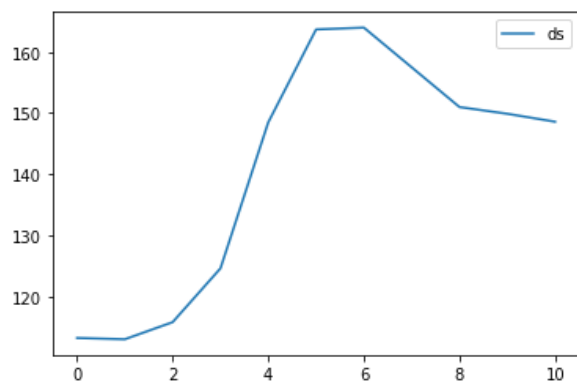
Obrázek 119: Predikce cen betonu [tvorba autora]

Zde vidíme výslední predikci, na které si můžeme povšimnout sezonnost, kterou fb prophet vytvořil v predikci.

Tento model nám potvrzuje předešlou premisu rostoucího trendu cen betonu.

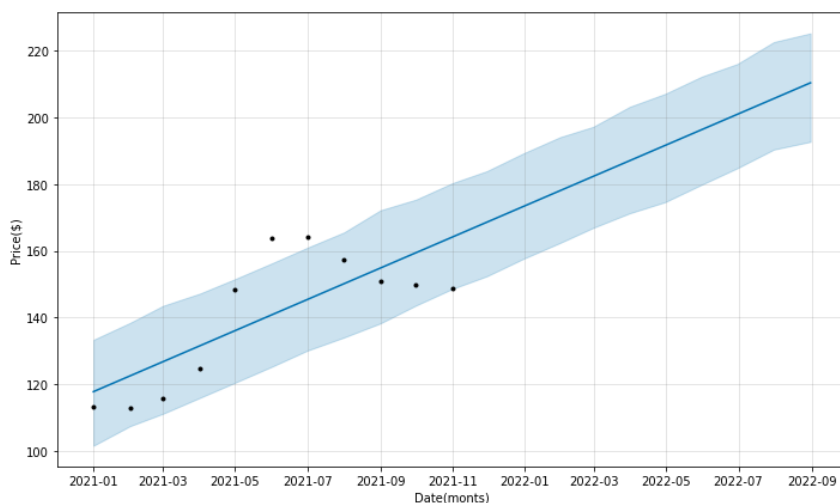
29.10. Beton rok 2021

K dispozici máme ještě data z roku 2021. V tomto případě použijeme data z cen betonářské výztuže. Původní data byla v podobě meziměsíčních procentuálních změn. Tyto data byly transformována na tzv. index, kde 100 % představuje ceny výztuže z prosince 2021.



Obrázek 120: Vývoj cen betonu v roce 2021 v % [tvorba autora]

Na grafu vidíme index změny cen betonářské výztuže. Na ose x je pořadí a na ose y je hodnota v procentech (100 % = 12/2021).



Obrázek 121: Predikce cen betonu na základě dat z roku 2021 [tvorba autora]

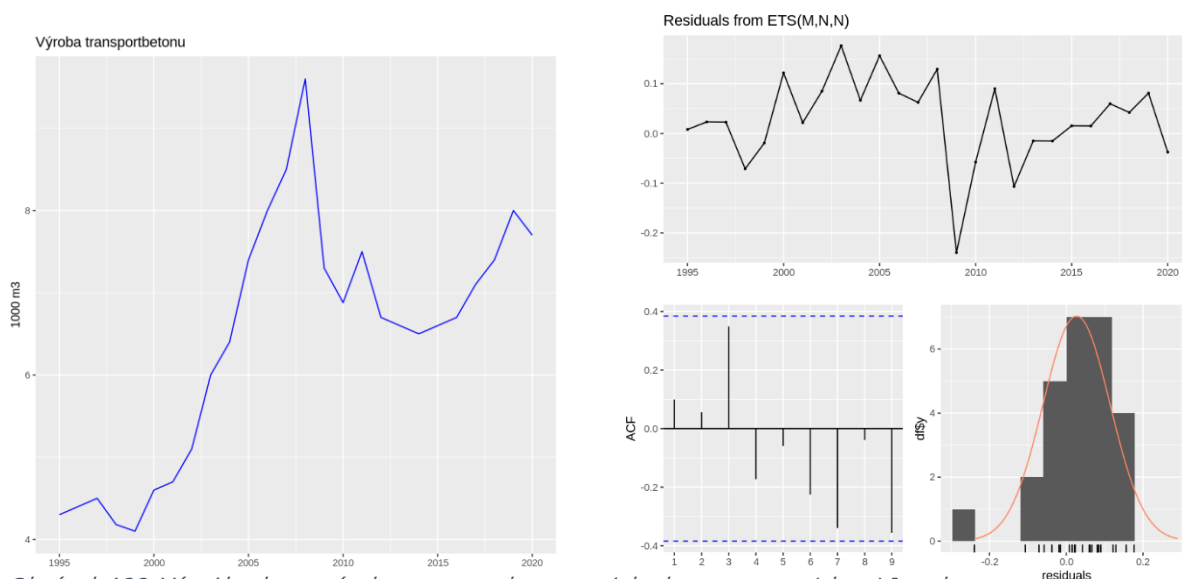
Poslední model predikce naznačuje sinusoidní rostoucí trend. Je potřeba ale brát na vědomí, že data jsou pouze z jednoho roku (tím pádem nedokážeme sledovat sezonnost). Predikční horizont modelu je maximálně 1 rok.

30. Predikce výroby

V této části predikujeme výrobu transportbetonu. Také bude sledována závislost cen materiálu (betonu) na celkovém množství výroby (výroby transportbetonu v České republice). Tuto závislost budeme kvantifikovat korelačním koeficientem.

30.1. Výroba transportbetonu

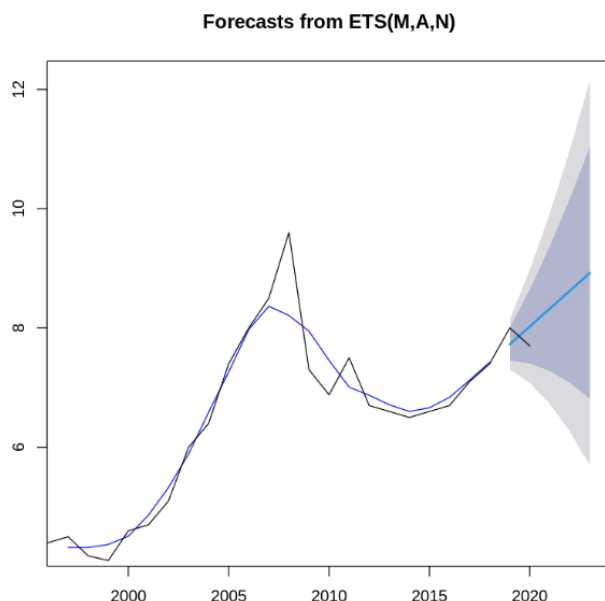
Transportbetony jsou čerstvé betony, které jsou vyráběny v betonárně a na stavbu jsou dodávány autodomíchávačem.



Obrázek 122: Vývoj hodnoty výroby transportbetonu a jeho komponenty (vlevo) [tvorba autora]

Graf vlevo zachycuje hodnoty výroby transportbetonu v 1000 m³. Napravo vidíme charakteristiky vybraného matematického modelu. Časový záběr dat je od roku 1994 do 2020.

V případě modelu výroby se jeví jako nejvhodnější model exponenciálního vyrovnání. Abychom docílili nezávislého modelu, byla použita dvojnásobná diferenciace původních dat. Autokorelace je v mezích hladiny nejistoty.



	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2019	7.725009	7.450501	7.999517	7.305185	8.144832
2020	8.025019	7.406221	8.643817	7.078649	8.971388
2021	8.325029	7.279807	9.370251	6.726500	9.923557
2022	8.625039	7.079711	10.170366	6.261664	10.988413
2023	8.925049	6.811011	11.039087	5.691907	12.158191

V tabulce vidíme číselné zobrazení hladin nejistoty a predikce.

Rok 2019–2020 představuje model na základě kterého se vytváří predikce.

Obrázek 123: Predikce hodnot výroby transportbetonu [tvorba autora]

Na obrázku vidíme výslednou predikci. Černou čarou je zobrazena původní časová série výroby. Modrou křivkou je znázorněn model, v tomto případě posouvajícího se průměru. Jako nejvhodnější vycházel model s posunem okna o 4, tedy výslednou čáru, kterou vidíme, tvoří průměr 4 bodů černé křivky.

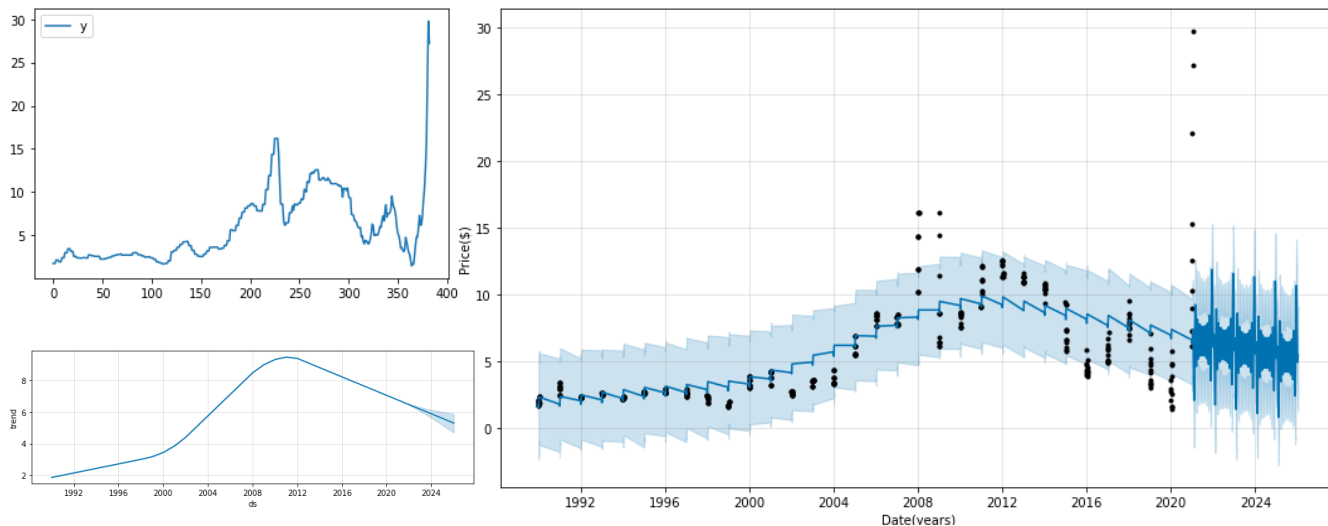
Korelace mezi betonem a hodnotami jeho výroby je 0,624 (silná korelace). Tato korelace nezajišťuje kauzalitu, ale v tomto případě se dá o kauzalitě uvažovat. Zde by se dalo předpokládat dle teorie poptávky a nabídky, že korelace bude spíše na stranu zápornou. Data ale naznačují spíše opak a to, že při zvyšování produkce může se zvyšovat a zvyšovala se cena betonu.

Podobnou kolizi s teorií nabídky a poptávky má také cement s hodnotami jeho výroby, při korelačním koeficientu 0,346.

Všechny modely predikce betonu vyšly rostoucí, můžeme tedy očekávat růst cen betonu, s tím, že počítáme s poklesy v rámci hladin nejistoty vyobrazených na grafech.

31. Zhodnocení komodit

31.1. Plyn EU



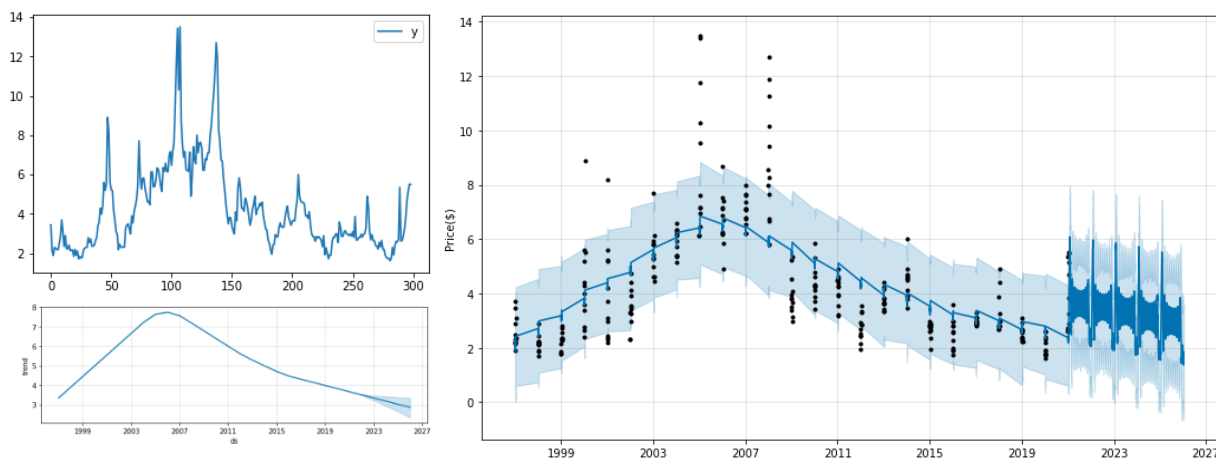
Obrázek 124: Komponenty predikčního modelu cen plynu v EU (TTF), z fb prophet-u [tvorba autora]

Napříč historickými maximám cen zemního plynu na tabulce vlevo nahoře (ceny plynu v čase od 1990) vidíme, jak na grafu trendu (vlevo dole), tak i na grafu predikce (napravo) jak klesající trend i predikci. Model počítá s daty z roku 2021 jako anomáliemi, co můžeme vidět na grafu predikce, kde černé tečky znázorňující ceny jsou téměř všechny v roku 2021 mimo model (bledomodré pole).

Na grafu predikce vidíme silnou sezónnost. Tato sezónní vložka se překresluje i do predikčního modelu pravidelnými tvary grafu rozpětí predikce.

Na základě predikčního modelu a předešlých korelací můžeme formulovat vlastní predikci směru cen materiálu a to: Zvyšování cen tepelněizolačních desek a štěrkopísku. Na druhou stranu pokles cen cement a hranolu.

31.2. Plyn Henry Hub

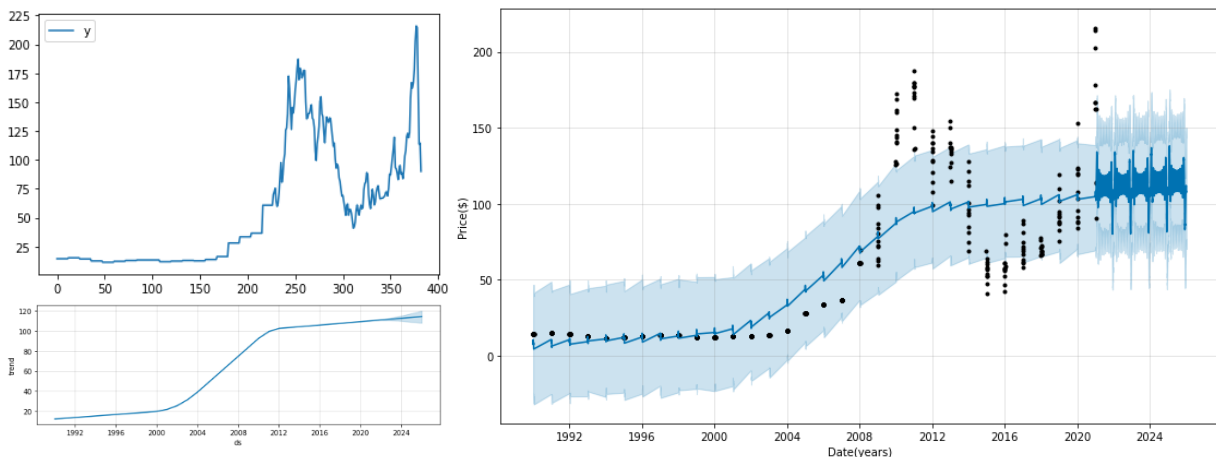


Obrázek 125: Komponenty predikčního modelu cen amerického plynu (HH), z fb prophet-u [tvorba autora]

Při americkém plynu vidíme obdobný vzorec jako při plynu v EU. Vyobrazuje se zde klesající trend, který ale v grafu predikce vidíme ve vyšší hladině, než se nyní nacházíme.

Na základě korelací historických dat bychom měli očekávat v budoucnosti pokles cen sádrokartónu. Naopak růst bychom měli očekávat při pórobetonových cihlách a vlysových parketách na základě jejich negativní korelace.

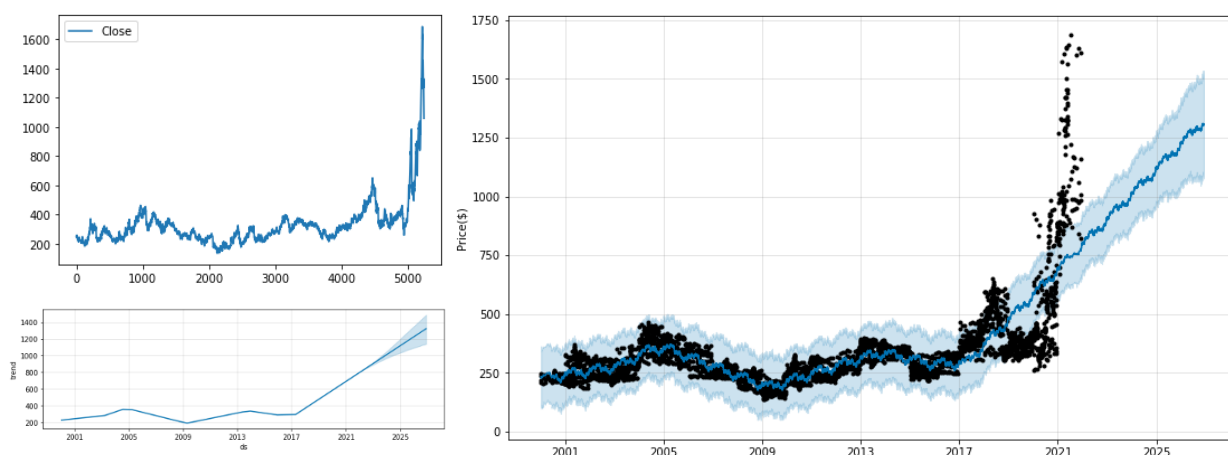
31.3. Železná ruda



Obrázek 126: Komponenty predikčního modelu cen železné rudy, z fb prophet-u [tvorba autora]

Při predikci cen železné rudy vidíme rostoucí trend, který pokračuje i dále v prognóze. Tento rostoucí trend bychom tedy mohli očekávat také u ocelových profilů (IPE 200), štěrkopísku a tepelně izolačních desek. Na klesajícím trendu by se tedy měl nést sádrokartón.

31.4. Řezivo



Obrázek 127: Komponenty predikčního modelu cen řeziva, z fb prophet-u [tvorba autora]

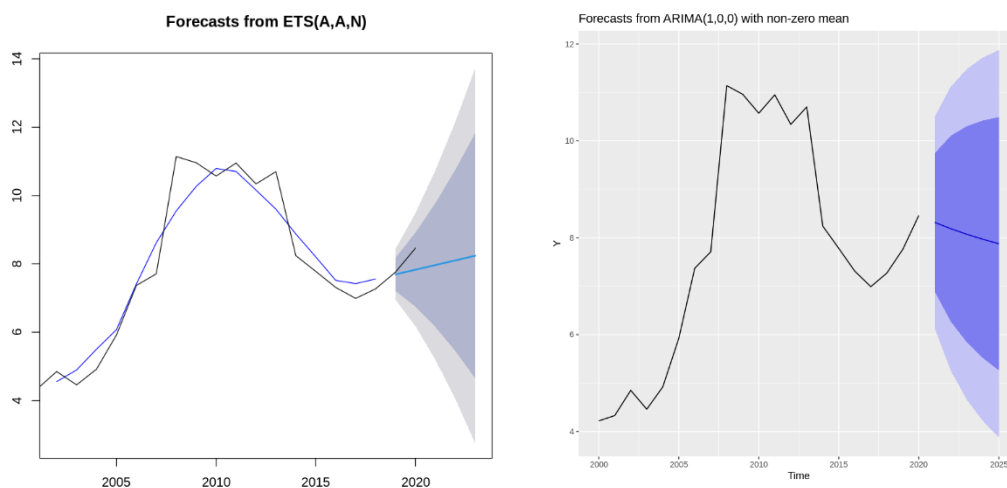
Model cen řeziva, jako komodity je ze všech modelů vytvořených ve FB prophet-u nejradikálnější. Vidíme zde silný rostoucí trend. Na matematickém modelu napravo vidíme velké množství anomálií v roce 2021. Zde je možné předpokládat silný vliv cen roku 2020-2021 na rostoucí trend matematického modelu.

Na základě predikce modelu můžeme předpokládat růst cen hranolu a cementu. Předpokládaný pokles cen se může projevit (anebo růst cen v ne tak dramatickém trendu, jako u řeziva) u t.i. desky a štěrkopísku.

31.5. Elektřina

Při cenách elektřiny si nemůžeme dovolit tento druh analýzy z důvodu nepřístupnosti denních dat. Z toho důvodu byly použity méně sofistikované metody, kterých výsledky vidíme na grafech níže.

Na základě silných korelací cen elektřiny s cenami ropy (0,723) a železné rudy (0,897), které mají obě mírně rostoucí trend, můžeme očekávat podobný vývoj také u elektřiny. Na základě těchto předpokladů, predikce ETS (nalevo) se je ví vhodnější.



Obrázek 128: Predikční modely elektřiny [tvorba autora]

32. Zhodnocení predikcí

	Predikční trend dle				
Materiály	modelu*	komodity	% nárůst	komodita	indikátor
Beton	růst		10,206		EU ETS
EPS	růst	pokles	17,235	Řezivo ⁻¹	EU ETS ⁻¹
Hranol	růst	růst	8,199	Řezivo	EU ETS
Porotherm	nejasný				EU ETS
Asfaltový pas	nejasný				
T.I. deska	růst	růst	30,820	Elektřina	
Vlys parkety	růst	růst	2,249	plyn HH ⁻¹	Medián mezd
OSB deska	pokles		-24,964		Medián mezd
Betonářská výztuž	růst	růst	-7,619	Železná r.	
IPE.200	nejasný	růst		Železná r.	
Štěrkopísek	pokles	pokles	-4,351	plyn TTF	
Pórobetonová cihla	růst	pokles	10,449	plyn HH	Dluhopisy ⁻¹
Spiroll	nejasný				
Sádrokartón	nejasný	pokles		plyn HH	Dluhopisy
Cement	růst	pokles	4,178	plyn TTF	EU ETS

Tabulka 29: Zhodnocení predikcí materiálů [tvorba autora]

* jedná se autopredikci, tedy model vytvořený z dat daného materiálu

⁻¹ představuje inverzní funkci, tedy negativní korelaci

Nejasný trend znamená že predikční model představuje jenom rovnou čáru.

Procentuální nárůst je počítán oproti roku 2021

V tabulce vidíme závěrečné zhodnocení jednotlivých materiálů. Grafy k těmto predikcím se nachází v příloze č. 6. Predikce je vytvořena na horizont pěti let. Růst trendu je myšlen pro celé predikované období (od roku 2022 až 2026).

Komodity a indikátory byly vybrány na základě korelací. V úvahu byly brány jenom silné korelace v okolí 0,6. Pokud měl daný materiál více vyšších korelací s komoditami, byla vybrána ta nejvyšší.

Železná ruda byla preferována (i přes její nižší korelační koeficient) vůči elektřině jako komoditě z důvodu, že se jedná o primární surovinu (při výztuži a IPE 200).

Při návaznosti dluhopisu na HDP je možné brát indikátor dluhopisů jako HDP⁻¹, tedy jedná je o inverzní funkci.

33. Zhodnocení dopadů predikcí na referenční stavbu

Predikce pro rok 2026

Stavební díl	Trend predikce [Kč]	Predikce [%]
Konstrukce truhlářské	1 590 793,72	8,20
Vodorovné konstrukce	1 291 933,47	2,25
Svislé a kompletní konstrukce	1 387 846,09	10,45
Úpravy povrchů		
Konstrukce zámečnické		
Podlahy	758 199,54	2,25
Izolace tepelné	620 457,38	24,03
Základy	517 233,13	7,19
Konstrukce tesařské	477 344,67	8,20
Povlakové krytiny		
Ostatní konstrukce		
Přesun hmot		
Dokončovací práce		
Izolace proti vodě, vlhkosti		
Zemní práce		-4,35
Konstrukce suché výstavby		-24,96
Konstrukce klempířské		
Stavba (celkem)	10 311 446,59	4,71

Tabulka 30: Tabulka 27: Zhodnocení predikcí stavebních dílů a referenční stavby [tvorba autora]

Hodnoty predikcí jsou pro rok 2026, procentuální hodnoty predikce jsou oproti cenám v roce 2021.

Stavební díly byly ve výpočtech reprezentovány jednotlivými materiály (toto rozdělení již bylo uvedeno v kapitole věnované referenčnímu objektu). Dále byly na základě matematických predikčních modelů vyčísleny jejich trendy. Pokud je řádek prázdný znamená to, že predikce daného zástupného materiálu byla nejasná, co se týče růstu nebo poklesu (zkrátka čára predikce byla rovná). Pokud jako například, při vodorovných konstrukcích měl stavebních díl více referenčních materiálů, jejich predikční hodnoty byly zprůměrovány.

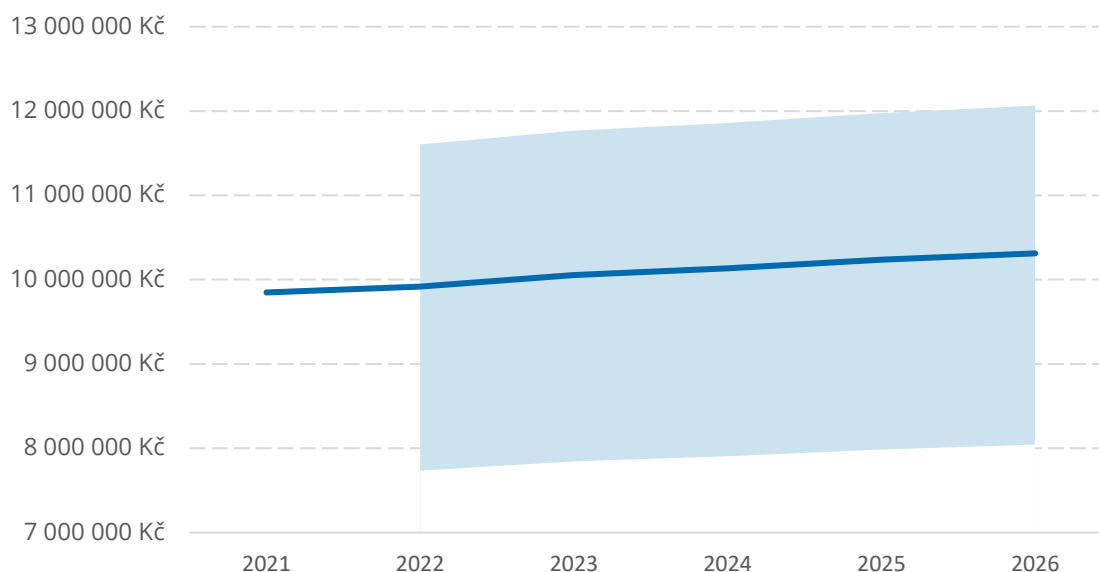
Poté co jsme dostali tyto procentuální hodnoty, byly predikce jednotlivých stavebních dílů vypočteny jako procentuální nárůsty, nebo poklesy, z cen těchto dílů roku 2021. Následně byly tyto díly sečteny jako hodnota celkové stavby rodinného domů.

Prudký pokles dílu suché výstavby je zapříčiněn tím, že jediný referenční materiál této sekce, který měl jasný trend byly OSB desky, kterých prognózované hodnoty jsou jedni z nejrychleji klesajících.

Dvacet čtyři procentní nárůst při tepelné izolaci byl vypočten na základě průměru predikcí EPS (+ 17,235 %) a tepelněizolačních desek (+ 30,820 %).

Pro rok 2026 je prognózovaný nárůst cen pět procent na celou stavbu, zde je ale potřeba myslet na to, že se jedná jenom o trend, kterého limitace budou vysvětleny na následující straně.

Kompletní tabulky pro všechny roky se nachází v Příloze č.6.



Obrázek 129: Predikce ceny referenčního objektu [tvorba autora]

Na grafu vidíme predikci vývoje ceny referenčního objektu pro dobu následujících pěti let. Na ose x vidíme časovou osu a na ose y se nachází cena referenčního objektu (rodinného domu) v Kč. Tmavě modrá čára představuje trend predikční modelu. Slabě modrou barvou je 80% hladina nejistoty. Je tedy osmdesát procentní šance, že se v této ploše budou nacházet budoucí hodnoty. Tato plocha byla kvantifikována na základě trendu, který prochází přibližně středem této plochy.

Cena domu začíná v roce 2021 na 9 847 576,01 Kč.

Největší meziroční nárůst trendu je z roku 2022 na 2023 a to 1,424% nárůst oproti roku 2021. Jak můžeme vidět trend predikce je rostoucí, tedy s ním roste do vyšších hodnot taky hladina nejistoty predikce.

34. Závěr

Hlavním cílem práce byla predikce ceny referenčního objektu. Tato cena byla na základě analýz, této práce predikována na rok 2026 a to s 5 % nárustem oproti roku 2021. Predikce jednotlivých dílů vidíme v tabulce, *zhodnocení dopadů predikcí na referenční stavbu*. Procentuální nárůsty roku 2026 vidíme v tabulce, v kapitole *Zhodnocení predikcí*. Celkové predikce se nachází v přílohách.

Výstupem práce je zhodnocení korelací jednotlivých komodit s materiály, které uvádím v jednotlivých kapitolách. V kapitole 22. *Zhodnocení* vidíme souhrn nejvyšších korelací materiálů s komoditami.

V následující kapitole jsou tyto nejvýznamnější korelace blíže zkoumány. Výsledkem této části je potvrzení hypotézy o postupné globalizaci české ekonomiky. K této tezi jsme se dopracovali pomocí srovnání korelací v období 2004-2020, oproti období 1995-2021. V téměř všech případech byly korelace značně silnější v nedávném období (2004-2020), tedy můžeme očekávat v budoucnosti ještě větší provázanost české ekonomiky se světem.

Korelace mezi samotnými materiály je zakončena tabulkou, kde vidíme, vývoj materiálu nejvíce spolu souvisejících.

Pro výpočty korelací roku 2021 je v práci uveden postup pro ropu, zbytek komodit se nachází v přílohách. V této části se nám potvrdila premise o korelaci cen železné rudy a výrobku z oceli (výztuž, IPE 200), která se naopak při běžném zkoumaném období nepotvrdila.

V části obsahující ukazatele cen materiálů byly představeny indikátory, které je vhodné sledovat v budoucnosti. Kapitola je zakončena celkovým zhodnocením významných korelací. Zde se nám potvrdil předpoklad závislosti cen cementu na cenách emisních povolenek. Ukazatele nebyly předmětem predikce, z důvodu jejich silného politického charakteru např. při cenách emisních povolenek. Naopak jsou zde indikátory jako HDP, u kterých disponujeme predikcí od ČNB.

V následující analýze cen je vysvětlen postup tvorby predikčního modelu pro ropu a beton. Modely zbylých materiálů se nachází v přílohách. Díky dostupným datům jsme na cenovou predikci betonu navázali také analýzou hodnot jeho výroby.

Zhodnocení komodit se zabývá predikcemi jejich vývoje. Při ropě a železné rudě vidíme mírný růst, na druhou stranu při obou plynech (HH + TTF) vidíme předpověď mírného poklesu. Při predikci cen řeziva můžeme očekávat strmý rostoucí trend. Ceny elektřiny jsme nedokázali predikovat na základě predikčního modelu FB prophet, ale na základě korelací elektřiny s komoditami a výsledků predikce jednoduššími modely její ceny, můžeme u cen elektřiny očekávat také mírně rostoucí trend.

Cílem tvorby predikcí nebylo snažit se předpovídat budoucnost, ale pomoci nám v přítomnosti co nejsmysluplněji jednat.

35. Reference

1. **Křivý, Ivan**. Analýza časových řad. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, 2012.
2. **Souček, E**. Statistika pro ekonomy. Vyd. 1. Praha : Vysoká škola ekonomie a managementu, 2006. str. 267 . ISBN 80-86730-06-9.
3. **Hayes, Adam**. Investopedia. [Online] 24. Září 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/c/correlation.asp>
4. **Fernando, Jason**. Investopedia. [Online] 5. Říjen 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/c/correlationcoefficient.asp>
5. **Chen, James**. Investopedia. [Online] 9. Leden 2022. [Citace: 10. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/c/covariance.asp>
6. **Hargrave, Marshall**. Investopedia. [Online] 8. Prosinec 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/s/standarddeviation.asp>
7. **Mathstat**. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.] https://mathstat.econ.muni.cz/media/12657/pear_cor.pdf
8. **Australian Bureau of Statistics**. [Online] 7. Leden 2022. <https://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/statistical+language+-+correlation+and+causation>
9. **Hendl, Jan**. Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. 4. Praha : Portál, 2012. 9788026202004
10. **Chen, James**. Investopedia. [Online] 28. Říjen 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/n/normaldistribution.asp>
11. **Varshney, Paras**. Towards Data Science. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.] <https://towardsdatascience.com/q-q-plots-explained-5aa8495426c0>
12. **HYNDMAN, Rob J. a George ATHANASOPOULOS**. Forecasting: principles and practice. Third print edition. Melbourne : OTexts, 2021. 978-0-9875071-3-6
13. **Hayes, Adam**. investopedia. [Online] 12. Říjen 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/a/autoregressive-integrated-moving-average-arima.asp>
14. **Facebook**. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.] <https://facebook.github.io/prophet/>
15. **Kosakowski, Paul**. investopedia. [Online] 14. Prosinec 2021. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/articles/economics/08/determining-oil-prices.asp>
16. **U.S. Energy Information Administration**. eia.gov. [Online] <https://www.eia.gov/finance/markets/crudeoil/balance.php>.
17. **James Chen**. investopedia. [Online] 31. Prosinec 2020. [Citace: 7. Leden 2022.] <https://www.investopedia.com/terms/w/wti.asp>

18. **Tarver, Evan.** investopedia. [Online] 2. Srpen 2021. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.investopedia.com/articles/investing/102215/4-reasons-why-price-crude-oil-dropped.asp>
19. **Kosakowski, Paul.** investopedia. [Online] 12. Prosinec 2021. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.investopedia.com/articles/economics/08/determining-oil-prices.asp>
20. **Český statistický úřad**, czso. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.czso.cz/staticke/cz/cisla/1/11/1101012p/1101012.htm>
21. **Horsley, Scott.** npr. [Online] 8. Červenec 2021. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.npr.org/2021/07/08/1013819703/what-the-rise-and-fall-of-lumber-prices-tell-us-about-the-pandemic-economy>
22. **TEAM, THE INVESTOPEDIA.** investopedia. [Online] 3. Listopad 2021. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.investopedia.com/articles/investing/030215/how-iron-ore-market-works-supply-market-share.asp>
23. **Set, Sobhit.** investopedia. [Online] 2. Září 2020. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.investopedia.com/articles/investing/021716/how-china-impacts-global-steel-industry.asp>
24. **Ministerstvo životního prostředí**, mzp. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
https://www.mzp.cz/cz/emisni_obchodovani.
25. **Ministerstvo průmyslu a obchodu**, mpo. [Online] [Citace: 7. Lden 2022.]
<https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/souhrnne-udaje-o-vyrobe-elektriny-za-leden-az-prosinec-2015--178883/>
26. **ČEZ (České energetické závody)**, cez. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje>
27. **Oenergetice.** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.] <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/vice-nez-tretina-elektriny-vyrobeno-v-cesku-pochazi-i-v-lete-stale-z-uhli>
28. **Podhorská, Jana.** czso. [Online] 6. Prosinec 2021. [Citace: 7. Lden 2022.]
https://www.czso.cz/csu/xa/prumerna-mzda-v-praze-3-ctvrtleti-2021#_ftnref1
29. **James Chen** investopedia. [Online] 1. Červen 2019. [Citace: 7. Leden 2022.]
https://www.investopedia.com/terms/h/henry_hub.asp
30. **Gasunie Transport Services** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.gasunietransportservices.nl/en/about-gts/gastransport/ttf>
31. **Walden Siew.** investopedia. [Online] 29. Srpen 2021. [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.investopedia.com/terms/i/invertedyieldcurve.asp>
32. **Campbell R. Harvey's Dissertation.** faculty.fuqua.duke.edu. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Research/Thesis/Thesis.htm>

Pouze obrázky:

33. **Wikipedia.** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://en.wikipedia.org/wiki/Correlation>
34. **Mathstat** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
https://mathstat.econ.muni.cz/media/11376/kapitola_i.pdf
35. **Learnbyexample** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.learnbyexample.org/r-quantile-quantile-qq-plot-base-graph/>
36. **Český statistický úřad**, czso. [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.czso.cz/csu/czso/ceny-pohonných-hmot-od-roku>
37. **Macrotrends** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.macrotrends.net/futures/lumber>
38. **Wikipedia.** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas
39. **Statista** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.statista.com/statistics/267380/iron-ore-mine-production-by-country/>
40. **Knoema** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://knoema.com/infographics/cyrrug/world-steel-production-and-prices>
41. **Statista** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://wwwWstatista.com/statistics/596267/electricity-industry-price-czech-republic/>
42. **Česká národní banka**. cnb [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>
43. **Worldgovernmentbonds** [Online] [Citace: 7. Leden 2022.]
<http://www.worldgovernmentbonds.com/>

36. Zdroje dat

[online][cit. 2022-1-1]

Ceny Železné rudy

<https://fred.stlouisfed.org/series/PIORECRUSDM>

Ceny plyn v EU

<https://fred.stlouisfed.org/series/PNGASEUUSDM#0>

Ceny plynu HH

<https://fred.stlouisfed.org/series/PNGASUSUSDM>

Ceny ropy Brent

<https://fred.stlouisfed.org/series/POILBREUSDM>

Ceny pohonných hmot

<https://www.czso.cz/csu/czso/ceny-pohonnnych-hmot-od-roku>

Ceny emisních povolenek

<https://www.barchart.com/futures/quotes/CKZ21>

Ceny řeziva

<https://www.macrotrends.net/futures/lumber>

<https://finance.yahoo.com/quote/LBS%3DF?p=LBS%3DE>

Ceny elektřiny

<https://www.statista.com/statistics/596267/electricity-industry-price-czech-republic/>

Ceny elektřiny PXE

<https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/>

HDP

https://apl.czso.cz/pll/rocenka/rocenkavyber.makroek_vydaj

Medián mezd

<https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-1-ctvrtleti-2021>

Úroků dluhopisů

https://www.cnb.cz/cnb/STAT.ARADY_PKG.PARAMETRY_SESTAVY?p_sestuid=22048&p_strid=AEBA&p_lang=CS

37. Seznam obrázků

Obrázek 1: Stacionární a nestacionární časové řady [12]	2
Obrázek 2: Bílý šum [12]	3
Obrázek 3: Model náhodné procházky [tvorba autora]	3
Obrázek 4: Dekompozice vývoje cen ropy [tvorba autora]	4
Obrázek 5: Grafické znázornění korelací [33]	5
Obrázek 6: Grafy síly korelací [7]	7
Obrázek 7: Korelace mezi cenou ropy a EPS [tvorba autora]	7
Obrázek 8: Distribuce normálního rozdělení [10]	9
Obrázek 9: Vychýlení rozdělení [34]	9
Obrázek 10: Procentuální změna cen ropy v roce 2015 [34]	10
Obrázek 11: Porovnání Q-Q čar a grafů rozdělení [35] [úprava autorem]	10
Obrázek 12: Model klouzavého průměru cen EPS [tvorba autora]	12
Obrázek 13: Predikce cen EPS [tvorba autora]	13
Obrázek 14: Porovnání změn hodnot alfa při predikčních modelech [tvorba autora]	15
Obrázek 15: Předpověď cen EPS pomocí exponenciálního vyrovnání [tvorba autora]	16
Obrázek 16: Monte Carlo 1. metoda predikce cen EPS [tvorba autora]	19
Obrázek 17: Monte Carlo 2. metoda predikce cen EPS [tvorba autora]	20
Obrázek 18: Monte Carlo alternativní metoda predikce cen EPS [tvorba autora]	20
Obrázek 19: Predikce cen EPS na základě Holt-Winters metodě [tvorba autora]	21
Obrázek 20: Arima predikční model pro ceny EPS [tvorba autora]	23
Obrázek 21: Historie spotřeby energií v USA (1776-2012) v kvadrilionech Btu [16] [úprava autorem]	24
Obrázek 22: Produkce ropy v USA (1940-2019) v milionech barelech za den [16]	25
Obrázek 23: Kapacity amerických rafinerií v milionech barelů za kalendářní den [16] [úprava autorem]	26
Obrázek 24: komponenty produkce cen ropy v log měřítku [15] [úprava autorem]	26
Obrázek 25: Znázornění průběhu tvorby ceny ropy [16]	27
Obrázek 26: Průběh cen ropy Brent a WTI v dolarech za barel [16]	28
Obrázek 27: Vývoj ceny ropy v USD za barel [tvorba autora]	29
Obrázek 28: Globální produkce a spotřeba ropy (nahore), změna stavu zásob (dole) v milionech barelech za den [16]	30
Obrázek 29: Denní cena ropy od roku 1987 v dolarech za barel [16]	31
Obrázek 30: Roční cena ropy od roku 1987 v dolarech za barel [16]	31
Obrázek 31: Cena pohonných hmot v ČR od (2004-2021) [36]	31
Obrázek 32: Korelace cen ropy, benzínu a nafty [tvorba autora]	32
Obrázek 33: Vývoj cen ropy (silně modrá) a pohonných hmot [36] [úprava autorem]	32
Obrázek 34: Vývoj cen řeziva v dolarech [37]	33
Obrázek 35: Vývoj cen řeziva v logaritmickém měřítku [37]	33
Obrázek 36: Vývoj ceny řeziva přes pandemie [37] [úprava autorem]	34
Obrázek 37: Porovnání vývoje cen řeziva a hranolu [tvorba autora]	35
Obrázek 38: Korelace cen řeziva a hranolu [tvorba autora]	35
Obrázek 39: Vývoj cen plynu v EU a USA, lineární osa y [tvorba autora]	36
Obrázek 40: Vývoj cen plynu v EU a USA, logaritmická osa y [tvorba autora]	36
Obrázek 41: Zobrazení obchodování plynu v miliardách m ³ [38]	37

Obrázek 42: Korelace cen plynu v EU a USA [tvorba autora].....	37
Obrázek 43: Produkce železné rudy jednotlivých států, v milionech metrických tun za rok 2020 [39]	38
Obrázek 44: Vývoj cen železné rudy od roku 2011 v dolarech za metrickou tunu [22]	39
Obrázek 45: Vývoj cen železné rudy v USD za metrickou tunu [tvorba autora].....	40
Obrázek 46: Největší producenti oceli v tisících metrických tunách za rok 2021 [40].....	41
Obrázek 47: Korelace železné rudy s IPE 200 (napravo) a s výztuží (vlevo) [tvorba autora].....	41
Obrázek 48: Vývoj cen emisních povolenek (EU ETS) v eurech za tunu [tvorba autora].....	42
Obrázek 49: Podíl zdrojů na výrobě elektřiny v roce 2021 [27].....	43
Obrázek 50: Vývoj ceny elektřiny pro český průmysl v kWh/eur [41].....	43
Obrázek 51: Severní pohled na stavbu	44
Obrázek 52: Rozdělení nákladu na stavbu v % [tvorba autora]	46
Obrázek 53: Rozdělení nákladu na stavbu v % [tvorba autora]	46
Obrázek 54: Korelační matice [tvorba autora].....	49
Obrázek 55: Korelační matice komodit [tvorba autora]	50
Obrázek 56: Graf vývoje cen komodit [tvorba autora]	51
Obrázek 57: Graf vývoje cen ropy s materiály [tvorba autora].....	51
Obrázek 58: Graf vývoje cen ropy s materiály [tvorba autora].....	52
Obrázek 59: Prubeh cen řeziva spolu s materiály [tvorba autora].....	53
Obrázek 60: Vývoj cen ropy a sledovaných materiálů [tvorba autora]	54
Obrázek 61: Vývoj ceny amerického plynu s materiály [tvorba autora].....	55
Obrázek 62: Vývoj cen plynu TTF a materiálů [tvorba autora]	56
Obrázek 63: Vývoj cen elektřiny a materiálů [tvorba autora]	57
Obrázek 64: Korelace řeziva s hranolem, t.i. deskou a cementem [tvorba autora]	59
Obrázek 65: Vývoj cen řeziva s vybranými materiály [tvorba autora]	60
Obrázek 66: Korelace cen amerického plynu s pórobetonovými cihlami, parketami a sádkartónem [tvorba autora].....	61
Obrázek 67: Vývoj cen plynu s materiály [tvorba autora]	61
Obrázek 68: Grafy korelací evropského plynu (TTF) se štěrkopískem a cementem [tvorba autora]	62
Obrázek 69: Vývoj cen plynu (TTF) spolu s materiály [tvorba autora]	62
Obrázek 70: korelace en elektřiny s cenami t.i. desky [tvorba autora]	63
Obrázek 71: Vývoj cen elektřiny [tvorba autora]	63
Obrázek 72: Grafy korelací mezi komoditami, ropa s železnou rudou, evropským plynem a cenami elektřiny	64
Obrázek 73: Vývoj cen komodit [tvorba autora].....	65
Obrázek 74: Korelační matice materiálů [tvorba autora].....	67
Obrázek 75: Korelační matice pro rok 2021 [tvorba autora]	68
Obrázek 76: Meziměsíční vývoj cen komodit v roce 2021 [tvorba autora].....	69
Obrázek 77: Meziměsíční procentuální vývoj cen materiálu [tvorba autora].....	69
Obrázek 78: Vývoj cen ropy a materiálů [tvorba autora]	70
Obrázek 79: Grafy korelací ropy s OSB (vlevo) a betonářskou výztuží [tvorba autora]	70
Obrázek 80: Křížové korelace ropy a betonářské výztuže, v měsících [tvorba autora].....	71
Obrázek 81: Autokorelace ropy a betonářské výztuže [tvorba autora]	72
Obrázek 82: Křížové korelace ropy a betonářské výztuže, v rocích [tvorba autora]	73
Obrázek 83: Korelační matice emisních povolenek [tvorba autora].....	76
Obrázek 84: Korelační matice HDP [tvorba autora].....	77

Obrázek 85: Prognóza HDP [42]	77
Obrázek 86: Korelační matice HDP s materiály [tvorba autora]	78
Obrázek 87: Korelační matice mediánu mezd [tvorba autora]	79
Obrázek 88: Korelační matice dluhopisů [tvorba autora]	80
Obrázek 89: Vývoj úroků desetiletých dluhopisů [%] a hodnot HDP [10^{12} Kč] [tvorba autora]	80
Obrázek 90: Výnosová křivka ČR [43]	81
Obrázek 91: Výnosová křivka USA [43]	81
Obrázek 92: Rozložení cen ropy Brent	83
Obrázek 93: Výběr nejvhodnějšího datového rozdělení pro ceny ropy [tvorba autora]	83
Obrázek 94: Q-Q čára cen ropy [tvorba autora]	84
Obrázek 95: Výběr nejvhodnějšího datového rozdělení pro ceny ropy od roku 2000 [tvorba autora]	84
Obrázek 96: Rozložení cen betonu [tvorba autora]	85
Obrázek 97: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny betonu a Q-Q čára cen betonu (vlevo) [tvorba autora]	85
Obrázek 98: Rozložení cen ropy v roce 2021 [tvorba autora]	86
Obrázek 99: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny ropy pro rok 2021 [tvorba autora]	86
Obrázek 100: Q-Q čára cen ropy [tvorba autora]	87
Obrázek 101: Obrázek 67: Výběr nejvhodnějšího modelu pro ceny výztuže a Q-Q čára cen výztuže (vlevo) [tvorba autora]	87
Obrázek 102: Q-Q čára cen betonářské výztuže [tvorba autora]	87
Obrázek 103: Vývoj cen ropy v dolarech za barel [tvorba autora]	88
Obrázek 104: Trend cen ropy [tvorba autora]	88
Obrázek 105: Vývoj cen ropy během týdne [tvorba autora]	88
Obrázek 106: Sezónnost cen ropy [tvorba autora]	89
Obrázek 107: Predikční model cen ropy [tvorba autora]	89
Obrázek 108: Vývoj cen betonu [tvorba autora]	90
Obrázek 109: Bílý šum a zjednodušený bílý šum (vlevo) [tvorba autora]	91
Obrázek 110: Diferenciál cen betonu [tvorba autora]	91
Obrázek 111: Komponenty naivní metody [tvorba autora]	92
Obrázek 112: Obrázek 62: autokorelace ETS modelu betonu [tvorba autora]	93
Obrázek 113: autokorelace Arima modelu betonu [tvorba autora]	93
Obrázek 114: Obrázek 62: autokorelace Holt-Winters modelu betonu [tvorba autora]	94
Obrázek 115: Arima model cen betonu [tvorba autora]	95
Obrázek 116: Vývoj cen betonu od roku 2017 [tvorba autora]	95
Obrázek 117: Trend cen betonu [tvorba autora]	96
Obrázek 118: Sezónnost cen betonu [tvorba autora]	96
Obrázek 119: Predikce cen betonu [tvorba autora]	96
Obrázek 120: Vývoj cen betonu v roce 2021 v % [tvorba autora]	97
Obrázek 121: Predikce cen betonu na základě dat z roku 2021 [tvorba autora]	97
Obrázek 122: Vývoj hodnoty výroby transportbetonu a jeho komponenty (vlevo) [tvorba autora]	98
Obrázek 123: Predikce hodnot výroby transportbetonu [tvorba autora]	99
Obrázek 124: Komponenty predikčního modelu cen plynu v EU (TTF), z fb prophet-u [tvorba autora]	100
Obrázek 125: Komponenty predikčního modelu cen amerického plynu (HH), z fb prophet-u [tvorba autora]	101

Obrázek 126: Komponenty predikčního modelu cen železné rudy, z fb prophet-u [tvorba autora]	101
Obrázek 127: Komponenty predikčního modelu cen řeziva, z fb prophet-u [tvorba autora]	102
Obrázek 128: Predikční modely elektřiny [tvorba autora]	102
Obrázek 129: Predikce ceny referenčního objektu [tvorba autora]	105

38. Seznam tabulek

Tabulka 1: Korelace cen ropy, benzínu a nafty [tvorba autora]	32
Tabulka 2: Grafický výstup ze softwaru, výsledek korelace řeziva a hranolu [tvorba autora]	35
Tabulka 3: Korelace cen plynu v EU a USA [tvorba autora]	37
Tabulka 4: Grafický výstup ze softwaru, výsledek korelace železné rudy s IPE 200 a výztuží [tvorba autora]	41
Tabulka 5: Seznam referenčních materiálů [tvorba autora]	47
Tabulka 6: Korelační tabulky ropy [tvorba autora]	50
Tabulka 7: Korelační tabulky řeziva [tvorba autora]	52
Tabulka 8: Korelační tabulky železné rudy [tvorba autora]	53
Tabulka 9: Korelační tabulky amerického zemního plynu [tvorba autora]	54
Tabulka 10: Korelační tabulky zemního plynu v EU [tvorba autora]	55
Tabulka 11: Korelační tabulky ceny elektřiny pro český průmysl [tvorba autora]	56
Tabulka 12: Tabulky zhodnocení významných korelací [tvorba autora]	58
Tabulka 13: Porovnání korelací řeziva [tvorba autora]	59
Tabulka 14: Porovnání korelací amerického zemního plynu (HH) [tvorba autora]	61
Tabulka 15: Porovnání korelací evropského plynu [tvorba autora]	62
Tabulka 16: Porovnání korelací elektřiny [tvorba autora]	63
Tabulka 17: Porovnání korelací komodit s ropou [tvorba autora]	64
Tabulka 18: Zhodnocení korelací komodit [tvorba autora]	65
Tabulka 19: : Zhodnocení korelací komodit a materiálů [tvorba autora]	66
Tabulka 20: Významné korelace mezi materiály [tvorba autora]	67
Tabulka 21: Křížové korelace ropy a EPS, v rocích [tvorba autora]	74
Tabulka 22: Tabulky korelací emisních povolenek (EU ETS) [tvorba autora]	76
Tabulka 23: Korelace HDP s komoditami [tvorba autora]	77
Tabulka 24: Korelační tabulky HDP s materiály [tvorba autora]	78
Tabulka 25: Korelační tabulky mediánu mezd [tvorba autora]	79
Tabulka 26: Korelační tabulky dluhopisu [tvorba autora]	80
Tabulka 27: Tabulky zhodnocení významných korelací [tvorba autora]	82
Tabulka 28: Zhodnocení modelu pro ceny betonu [tvorba autora]	94
Tabulka 29: Zhodnocení predikcí materiálů [tvorba autora]	103
Tabulka 30: Tabulka 27: Zhodnocení predikcí stavebních dílů a referenční stavby [tvorba autora]	104

39. Seznam zkratek a použitých symbolů

HH – Henry Hub

TTF – Title Transfer Facility

% – procento

Kč – česká koruna

USD – americký dolar

€ – euro

Kwh – kilowatthodina

EU ETS – European Union Emissions Trading System

t.i./T.I. – tepelně izolační deska

EPS – expandovaný pěnový polystyrén

Btu - British thermal unit

ACF – Autokorelace

ln – přirozený logaritmus

HDP – hrubý domácí produkt

např. – například

log – logaritmus

tzn. – to znamená

40. Seznam příloh

Příloha č.1 – Rok 2021

Příloha č.2 – Procentuální změny cen materiálů

Příloha č.3 – Komponenty predikce

Příloha č.4 – Predikce cen materiálu

Příloha č.5 – Seznam materiálů

Příloha č.6 – Predikce referenční stavby