

**VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE**

**Fakulta financí a účetnictví**

Katedra bankovníctví a pojišťovnictví

Studijní obor: Finanční inženýrství

**Fundamentální a technická analýza vývoje cen stříbra**

Autor diplomové práce: Bc. Anna Drobná

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Fičura, Ph.D.

Rok obhajoby: 2019

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Fundamentální a technická analýza vývoje cen stříbra“ jsem vypracovala samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označila a uvedla v přiloženém seznamu.

V Praze dne

.....

Anna Drobná

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Milanovi Fičurovi, Ph.D. za jeho vstřícný přístup, čas a cenné rady, které mi pomohly při psaní této diplomové práce. Rovněž bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu během celého studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce má za cíl analyzovat vývoj tržní ceny stříbra a její vztah k jiným investičním instrumentům, stejně tak hodnocení vlivu dalších faktorů na pohyby ceny. První dvě části poskytují teoretický základ pro praktickou část práce. První část představuje historickou tržní cenu stříbra a vlivy fundamentálních faktorů. Druhá část popisuje metody použité ve vlastní analýze, využitelné pro predikci vývoje ceny. Třetí část zahrnuje především relace ceny stříbra s vybranými instrumenty pomocí korelační a kointegrační analýzy. Dále je charakterizován vliv makroekonomických zpráv a informací z COT reportu na cenu stříbra, a rovněž spojitost s teorií Contango a Normal Backwardation. Kompletní analýza je doplněna o pokročilé metody technické analýzy, které predikují pohyb ceny stříbra v postranním trendu v následujících několika měsících. Pozitivní vztah byl nalezen v relaci s cenou zlata a cenou ropy, zatímco inverzní vztah byl prokázán v relaci s hodnotou amerického dolaru.

**Klíčová slova:** Cena stříbra, fundamentální faktory, korelační analýza, kointegrační analýza, technická analýza

## **Abstract**

This diploma thesis aims to analyze silver market prices development and its relation to the other investment instruments as well as to evaluate the influence of other factors on price movements. First part presents the historical market price of silver and the influences of fundamental factors. The second part describes the methods used in own analysis, usable for prediction of price development. The third part includes the relation of silver price with selected instruments using correlation and cointegration analysis. Furthermore, there is characterized the influence of macroeconomic announcements and news from the COT report on the silver price, also the connection with Contango and Normal Backwardation. The analysis is completed by advanced technical analysis methods that predict the price movement in the sideways trend over the next few months. The positive relationship was found in relation to the price of gold and the price of oil, while the inverse relationship was shown in relation to the value of the US dollar.

**Keywords:** Silver price, fundamental factors, correlation analysis, cointegration analysis, technical analysis

## Obsah

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| ÚVOD .....                                                                  | 1  |
| 1 CHARAKTERISTIKA STŘÍBRA .....                                             | 3  |
| 1.1 Tržní cena stříbra .....                                                | 6  |
| 1.2 Fundamentální faktory ovlivňující cenu stříbra .....                    | 8  |
| 1.2.1 Nabídka a poptávka stříbra .....                                      | 9  |
| 1.2.2 Makroekonomické faktory .....                                         | 13 |
| 1.2.3 Hodnota amerického dolaru .....                                       | 18 |
| 1.2.4 Cena zlata .....                                                      | 20 |
| 1.3 Analýza studií zabývajících se predikovatelností cen stříbra .....      | 21 |
| 2 POPIS METOD POUŽÍVANÝCH PRO PREDIKCI CEN STŘÍBRA .....                    | 24 |
| 2.1 Korelační analýza .....                                                 | 24 |
| 2.2 Kointegrační analýza .....                                              | 24 |
| 2.3 Technická analýza .....                                                 | 29 |
| 3 ANALÝZA VZTAHŮ CENY STŘÍBRA S DALŠÍMI ASPEKTY,<br>TECHNICKÁ ANALÝZA ..... | 34 |
| 3.1.1 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. US Dollar Index .....    | 34 |
| 3.1.2 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. zlato .....              | 39 |
| 3.1.3 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. S&P 500 .....            | 44 |
| 3.1.4 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. US Treasury Rate .....   | 48 |
| 3.1.5 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. ropa .....               | 51 |
| 3.1.6 Vliv markoekonomických zpráv .....                                    | 53 |
| 3.1.7 Vliv zpráv z COT reportu .....                                        | 55 |
| 3.1.8 Contango a Normal Backwardation .....                                 | 58 |
| 3.1.9 Technická analýza ceny stříbra .....                                  | 61 |
| ZÁVĚR .....                                                                 | 64 |
| ZDROJE .....                                                                | 68 |
| SEZNAM TABULEK A GRAFŮ .....                                                | 71 |

## ÚVOD

Vzácné kovy jsou obecně považovány za bezpečné aktivum pro uložení investičních prostředků v období ekonomické nejistoty. Cílem práce je analyzovat vývoj ceny stříbra a zhodnotit, jaký vliv mají jednotlivé sledované faktory na tržní cenu stříbra, čehož bylo docíleno pomocí korelační a kointegrační analýzy, doplněné o technickou analýzu.

Tato práce je zejména zaměřena na investiční stříbro ve fyzické podobě, která představuje možnost zajištění investora právě proti nepříznivému vývoji globální ekonomiky. Práce je cílena na americký trh z důvodu denominace stříbra v americkém dolaru a významné výše nabídky a poptávky z řad amerických společností.

V první části práci je zahrnuta základní charakteristika stříbra jako vzácného kovu, jeho získávání a základní využití v mnoha průmyslových odvětvích. Stříbro je pro své specifické vlastnosti vyhledáváno též jako investiční instrument. Pak se investor může rozhodovat mezi investicí do fyzického stříbra, anebo využít nepřímé formy investování, jako finanční deriváty, ETF fondy nebo akcie těžebních společností.

Následně je práce zaměřena na popis vývoje tržní ceny stříbra a hlavní faktory, které mají na cenu významný vliv. Hlavní hybnou silou je diskutována struktura nabídky a poptávky po stříbře, dále makroekonomické faktory jako inflace a politika centrálních bank, především stanovování výše úrokových sazeb. Z historického vývoje je zpozorován silný vztah ceny stříbra s cenou zlata a hodnotou amerického dolaru, proto jsou tyto fundamenty též předmětem zkoumání. První část diplomové práce uzavírá analýza odborných studií, které se zaměřují na predikování cen stříbra.

Druhá část popisuje metody používané pro analýzu vztahů mezi časovou řadou stříbra a dalšími fundamenty. Korelační analýza zkoumá lineární vztah mezi veličinami, kde významným prostředkem je Pearsonův korelační koeficient. Kointegrační analýza hodnotí existenci dynamických vztahů mezi časovými řadami na základě několika testů, jako Dickey-Fullerův test jednotkového kořene a Johansenovy testy kointegrace. Výsledky těchto analýz jsou stěžejní pro vysvětlení určitých pohybů a predikci budoucího vývoje. Pro technickou analýzu byly vybrány Fibonacciho studie a teorie Elliotových vln, doplněno indikátory MACD a RSI. Mnoho odborníků a obchodníků prokázalo, že tyto techniky jsou velmi dobrými nástroji pro analýzu chování cen komodit a pro predikce dalšího vývoje.

Třetí část obsahuje korelační a kointegrační analýzu vztahů mezi cenou stříbra a jednotlivými aspekty v programu Economic Views (EViews). Vlastní analýza

v programu EViews obsahuje výpočty korelačních koeficientů a provedení Johansenových kointegračních testů pro nalezení vzájemných vztahů mezi zkoumanými časovými řadami. Výsledky testů a propočtů jsou vhodně interpretovány. Korelační a kointegrační analýza byla aplikována na cenu stříbra v relaci s vybranými veličinami, jimiž jsou US Dollar Index, zlato, akciový index S&P 500, dluhopisová úroková sazba amerických vládních dluhopisů US Treasury Rate, a v závěru ropa. V korelační analýze bylo počítáno s výnosy daných veličin dle uvedeného vzorce, zatímco kointegrační analýza pracovala s původními daty. Jednotlivé analýzy jsou doplněny o odborné studie se shodnou tematikou, a jejich výsledky jsou porovnány s analýzou vlastní.

Po provedení korelační a kointegrační analýzy je tato část orientována na hodnocení vlivu makroekonomických zpráv na cenu stříbra a zpráv z Commitments of Traders (COT) reportu. Dále je popsána aktuální situace futures ceny stříbra v souvislosti s teorií Contango a Normal Backwardation. Praktickou část ukončuje technická analýza spotové ceny stříbra, která doplňuje komplexní analýzu chování ceny stříbra. Grafickou analýzou v obchodní platformě TradingView.com je zhodnoceno chování spotové ceny a naznačen budoucí vývoj trendu pomocí teorií a indikátorů popsaných v teoretické části práce.

# 1 CHARAKTERISTIKA STŘÍBRA

Stříbro je ušlechtilý a kujný kov. V přírodě se stříbro jako ryzí kov nachází velice vzácně, většinou se vyskytuje ve sloučeninách s jinými kovy, jako je olovo, zinek, měď nebo zlato. Celkové globální zásoby nevytěženého fyzického stříbra se odhadují na 560 000 metrických tun, tj. téměř 20 mld. uncí stříbra. Pro porovnání s jinými kovy, jsou například globální zásoby nevytěženého zlata 54 000 metrických tun a 83 000 mt. olova, to znamená, že stříbro je desetkrát hojnější než zlato a sedmkrát hojnější než olovo. Budeme-li počítat s aktuální výši těžební produkce, tak celkové zásoby stříbra budou vytěženy za 21 let. Největší zásoby náleží Peru, Polsku a Austrálii.<sup>1</sup>

Stříbro se získává buď primární **těžbou** - stříbrné doly, kde hlavní těžební surovinou je stříbro, anebo jako sekundární těžební produkt při těžbě jiných kovů, a to zlato, měď, nikl, zinek nebo olovo. Na celkové produkci stříbra se v menší míře podílí i **recyklace** kovového odpadu, která je finančně poměrně nákladným způsobem získání stříbra jako suroviny. Většina zásob fyzického stříbra v zemské kůře je v současnosti již vytěžena, a proto mnohé společnosti začínají zvyšovat efektivnost recyklace. Šperkařský průmysl a výroba stříbrných předmětů je jediné průmyslové využití, kdy nedochází ke ztrátám stříbra. V ostatních průmyslových použití se stříbro používá v mikroskopických množstvích, tím vznikají ztráty a stříbro se vyhazuje. Recyklace stříbra má velký potenciál, už jen kvůli množství vyhozeného kovu při opotřebení a vyhazování elektronických předmětů.<sup>2</sup>

Současní největší **těžebními producenti** stříbra jsou Mexiko, Peru a Čína. Mexiko zajišťuje pětinu celkové světové těžební produkce stříbra (v roce 2017 Mexiko vytěžilo 196 mil. uncí stříbra z celkových 854 mil. uncí). V Mexiku sídlí těžební společnost Fresnillo, jeden z největších producentů stříbra jako primárního těžebního produktu, a společnost Goldcorp's Peñasquito, globálně významným producentem stříbra jako sekundárního těžebního produktu.<sup>3</sup>

Svémi fyzikálními vlastnostmi stříbro nalézá největší uplatnění **v průmyslové výrobě**. Ze všech kovů má největší elektrickou a tepelnou vodivost. Pro poměrně nízký bod tání je stříbro velmi poptávaným kovem pro elektronické součástky. Světelná

---

<sup>1</sup> U. S. Geological Survey. 2018. [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.usgs.gov/>

<sup>2</sup> MALONEY, Michael. *Investujte do zlata a stříbra: všechno, co potřebujete vědět o drahých kovech*. Pragma, 2010, s. 159. ISBN 978-80-7349-156-7.

<sup>3</sup> Global Silver Mine Production, Thomson Reuters Eikon [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://eikon.thomsonreuters.com/index.html>



odrazivost je hledanou vlastností pro kvalitní zrcadla a při optických záznamech dat na CD a DVD. Díky svým unikátním vlastnostem je v dnešní době nepostradatelnou součástí při výrobě tisíců druhů produktů - elektroniky, automobilů, baterií, léků a lékařských nástrojů, CD, zrcadel, reflexních prvků, čištění vody dále pak ve fotovoltaickém průmyslu a další. Na rozdíl od zlata je měkčí a podléhá oxidaci. V minulosti sloužilo spolu s jinými kovy jako platidlo a k výrobě šperků a stříbrných předmětů, například příborů a nádobí.

Kromě průmyslového využití slouží stříbro jako **investiční instrument**. Investovat do stříbra lze přímou formou, tj. investice do stříbrných mincí, prutů, nebo formou nepřímou, tj. investice do finančních derivátů (opce, warranty, futures na stříbro), ETF fondy a další.<sup>4</sup> Při výběru konkrétního způsobu investování záleží na preferencích daného investora a jeho investičních záměrech. Finanční trh nabízí investorům alternativu k držbě fyzického stříbra v podobě finančních derivátů, podílových fondů a akcií těžebních společností.

Reálná aktiva obecně si dokážou so jisté míry uchovat svou hodnotu i v časech politické nestability nebo v období globální hospodářské recese či krize. Výhodou vlastnictví **fyzického investičního stříbra** a reálných aktiv obecně jsou vedle zisků mezi nákupní a prodejní cenou hlavně zajištění proti inflačnímu znehodnocení, zajištění proti politickému riziku (v období válek, teroristických útoků, apod.), a diverzifikace aktiv v portfoliu. Nevýhodou trhu se stříbrem může být nedostatečná likvidita, nebo nalezení kupce s výhodnou výkupní cenou. Při rozhodování o nákupu fyzického stříbra by měly hrát roli transakční náklady, skladovací a pojišťovací náklady, které mohou mít významný dopad na celkovou výnosnost vzhledem k nízké ceně stříbra.<sup>5</sup> Investor má možnost koupit investiční stříbro skrz nespočetné množství dealerů online nebo v kamenných prodejnách, v České republice například Česká mincovna (<https://ceskamincovna.cz/>) nebo Zlatáky (<https://zlataky.cz/>).

Oblíbenou formou nepřímého investování a obchodování se stříbrem jsou **futures kontrakty**. Jsou to standardizované burzovní derivátové obchody, představující pevnou dohodu mezi dvěma stranami o budoucím nákupu, resp. prodeji určitého množství stříbra k budoucímu datu za předem stanovenou cenu. Kupující vstupuje

---

<sup>4</sup> Veselá, J. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, s. 300 – 301. ISBN 978-80-7357-647-9

<sup>5</sup> Veselá, J. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, s. 289 – 293. ISBN 978-80-7357-647-9

do dlouhé pozice, tedy spekuluje na růst ceny v budoucnu. Prodávající vstupuje do krátké pozice, tedy spekuluje na budoucí pokles stříbra. Standardizaci podléhá velikost kontraktu, datum splatnosti kontraktu, den plnění kontraktu a způsob kotace. Po celém světě fungují komoditní burzy, zajišťující střet nabídky s poptávkou a vzájemné vypořádání obchodů. Clearingové domy zabezpečují každodenní vypořádání denních zisků a ztrát pomocí systému marží. Vypořádání probíhá jednou ze tří možností. Subjekty kontraktu mohou vyrovnat svou otevřenou pozici pomocí zrcadlové pozice kdykoliv během doby do splatnosti. Další možností je finanční nebo fyzické vypořádání v době splatnosti.<sup>6</sup> Ve většině případů k fyzickému vypořádání nikdy nedojde, a obchodníci otevřené pozice nahrazují za jiné, s pozdějším datem vypořádání. Tento proces se nazývá rolování. Mezi nejvýznamnější komoditní burzy patří CME Group (Chicago Merchantile Exchange Group), která spojuje tři dříve samostatné burzy, a to CBOT (Chicago Board of Trade), CME (Chicago Mercantile Exchange) a NYMEX (New York Mercantile Exchange). V Evropě sídlí burza LME (London Metal Exchange), v Indii MCX (Multi Commodity Exchange). Poměrně novým hráčem na trhu se stala americká burza ICE (Intercontinental Exchange Inc.), která se zaměřuje na mimoburzovní (OTC) obchodování s komoditními futures.<sup>7</sup>

Mezi investory jsou populární **ETF fondy** (Exchange Traded Funds). Jedná se o podílové fondy, které lze, na rozdíl od otevřených podílových fondů, burzovně obchodovat. Takový fond je složen z několika cenných papírů, představujících konkrétní index, který kopíruje výkonnost celého daného trhu. Jeden z největších ETF stříbrných fondů je *iShares Silver Trust (SLV)*, kde cena jeho akcií je přímo vázána na spotovou cenu stříbra. Nákup a prodej ETF fondů zprostředkovává obchodník s cennými papíry s přístupem na burzu. V případě investování do ETF fondů investor nenese kreditní riziko emitenta díky oddělení majetku emitenta (fondu) od investora, investor nemusí platit náklady na skladování fyzické komodity, za to je povinen platit poplatky za správu fondu, manažerský poplatek, a jiné. S fondy je spjata měnové a tržní riziko a riziko zrušení daného fondu. Výhodou ETF fondů je vyšší likvidita oproti držbě fyzické komodity, a diverzifikace rizika mezi více instrumentů v rámci fondu.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Veselá, J. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, s. 284 – 289, ISBN 978-80-7357-647-9

<sup>7</sup> Garner, C. *Komodity: Úvod do investování na nejrychleji rostoucím trhu*. Brno: BizBooks, 2014, s. 29 – 32. ISBN 978-80-265-0019-3.

<sup>8</sup> MUSÍLEK, P. *Trhy cenných papírů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2011, s. 80 – 81. ISBN 978-80-86929-70-5.

V případě investice do **akcií těžebních společností** je potřeba brát v úvahu, že jejich cena závisí na spotových cenách stříbra pouze nepřímo. Výkonnost společnosti je ovlivňována rozhodováním managementu, mzdy, úrokové míry, náklady na těžbu stříbra a další. Nastanou-li ve společnosti finanční problémy, cena akcií může klesat nehlédě na směru tržní ceny stříbra. Ceny akcií mohou být více volatilní než ceny dané komodity. Základní výhodou v tomto případě zůstává, že investor může získávat dividendu z držených akcií a zároveň profitovat z rostoucích cen stříbra.<sup>9</sup> Veselá (2011) uvádí, že akcie stříbrných dolů nejsou považovány za alternativu investice do stříbra, protože stříbro je často pouze vedlejším těžebním produktem.

## 1.1 Tržní cena stříbra

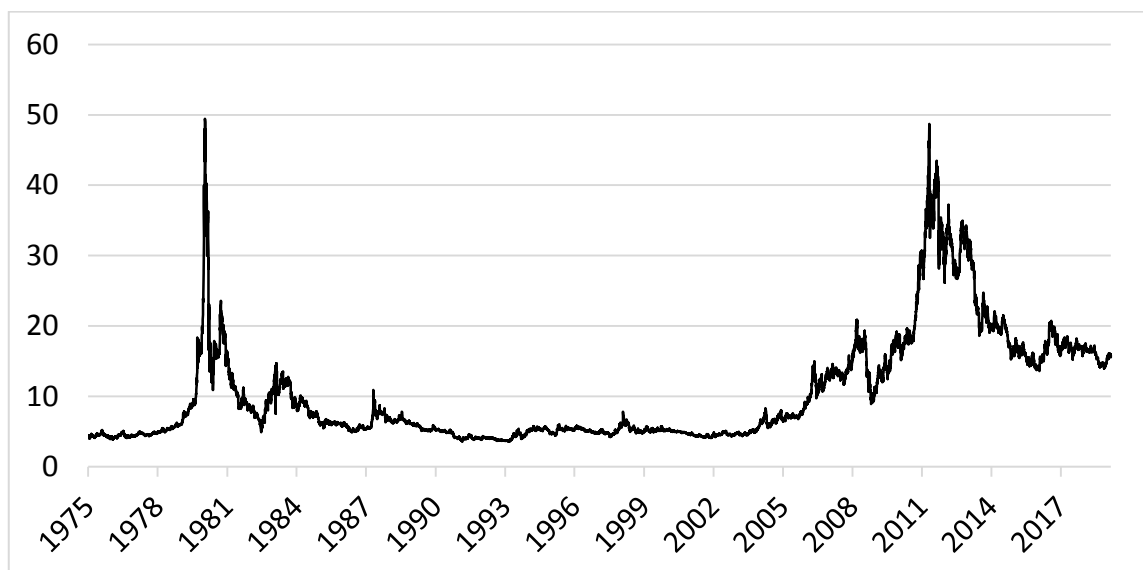
Stříbro je nejčastěji denominováno a obchodováno primárně v amerických dolarech za troyskou unci (USD/oz). Z toho důvodu a přehlednost budou v této práci ceny uváděny právě v této kotaci. Graf č. 1 ilustruje vývoj spotové ceny stříbra v období let 1968 - 2019. Jedná se o historickou časovou řadu dostupných denních dat stříbra Londýnské asociace pro trhy s investičními drahými kovy (London Bullion Market Association (dále jen LBMA)). Asociace představuje oporu pro globální mimoburzovní (OTC) trhy s drahými kovy a pomáhá k jejich vyšší transparentnosti tím, že stanovuje standardy ryzosti kovů, formy a původu investičních kovů.<sup>10</sup> Zdrojem historických dat je webový portál Quandl.com.

---

<sup>9</sup> Investing In Silver Mining Stocks. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.thebalance.com/investing-in-silver-mining-stocks-809316>

<sup>10</sup> London Bullion Market Association. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.lbma.org.uk>

**Graf č. 1: Historický vývoj spotové ceny stříbra (USD/oz)**



Zdroj: Silver Price London Fixing. Quandl. Dostupné z: <https://www.quandl.com/data/LBMA/SILVER-Silver-Price-London-Fixing>

Ve vývoji ceny stříbra můžeme pozorovat dlouhodobý rostoucí trend. Podobně jako u zlata lze i u ceny stříbra v letech 1979 – 1980 sledovat cenovou bublinu. V lednu 1980 se cena dotkla hranice 50 USD/oz (49,45 USD/oz). Náhlý vzestup byl ovlivněn tehdejší politickou nejistotou a globální inflací. Velký podíl na této anomálii měli bratři Huntovi, kteří v roce 1979, spolu se skupinou bohatých arabských investorů, začali nakupovat velké množství futures kontraktů na stříbro a manipulovali tak trhem. Jelikož inflace znehodnocovala jejich hotovost, preferovali fyzické vypořádání kontraktů namísto hotovostního. Zanedlouho vlastnili 77 % světových zásob stříbra, ve fyzické podobě i ve futures kontraktech, a to vyvolávalo na trhu nervozitu. Komoditní burzy COMEX a CBOT tehdy zareagovaly zvýšením povinné marže. Když cena stříbra začala náhle padat, bratři Huntovi neměli dostatečné prostředky na doplnění marží, museli zastavovat majetek a své otevřené futures pozice uzavřít. V důsledku toho došlo k rychlému splasknutí cenové bubliny a po dvou letech od dosažení maxima se stříbro obchodovalo opět kolem 10 USD/oz.<sup>11</sup>

Mezi lety 1985 a 2004 je vývoj víceméně stabilní, cena se pohybovala v rozmezí 4 – 8 USD/oz. Od roku 2005 cena stříbra vzrostla k téměř 20 USD/oz, a to kvůli poklesu zásob stříbra v 90. letech minulého století, které tak neuspokojovaly stále vysokou

<sup>11</sup> The Hunt Brothers and their Attempt to Corner the Silver Market. Traders Log. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.traderslog.com/hunt-brothers-silver>

poptávku především v rozvíjejících se zemích.<sup>12</sup> V roce 2008 následoval rychlý propad, který může být vysvětlen poklesem poptávky z odvětví průmyslu i z řad investorů. V novém tisíciletí byl zaznamenán velký rozmach marketingového byznysu s komoditami, investiční banky začaly obchodovat ve velkém objemu finanční deriváty (opce, forwardy, futures) s komoditami jako podkladovými aktivy. Problémem bylo, že institucionální investoři obchodovaly tyto produkty s masivní pákou. Když vypukla v roce 2008 finanční krize, investiční banky automaticky a okamžitě uzavíraly jejich otevřené pozice. Tím byla cena stříbra a jiných komodit rychle sražena na původní úroveň. To značí, že stříbro v tu dobu neplnilo funkci „bezpečného přístavu“ jako je od vzácných kovů očekáváno.<sup>13</sup>

V období globální ekonomické krize mezi lety 2007 a 2012 cena stříbra rapidně vzrostla. Nárůst zadluženosti v počátečních letech a následný krach vlivných finančních institucí měly za následek kolaps akciového trhu USA a následně Evropy a dalších regionů. Finanční nejistota vyústila ve zvýšení průmyslové a investiční poptávky po vzácných kovech a jejich ceny poptávku následovaly. Cena stříbra tak vzrostla o více než pětinasobek z 9,4 USD v prosinci 2008 na 48,7 USD/oz v dubnu 2011. To je druhá nejvyšší cena v historickém vývoji stříbra. V následujících letech cena klesla na původní úroveň a v době tvorby této práce se stříbro obchoduje okolo 16 USD/oz.

## 1.2 Fundamentální faktory ovlivňující cenu stříbra

Na cenu stříbra má vliv spousta faktorů. Předmětem zkoumání v této kapitole bude zhodnocení těch nejpodstatnějších a přiblížení vztahu mezi cenou stříbra a těmito fundamenty:

- Nabídka stříbra, poptávka po stříbre
- Makroekonomické faktory – inflace, monetární politika a úrokové sazby
- Cena zlata
- Americký dolar

---

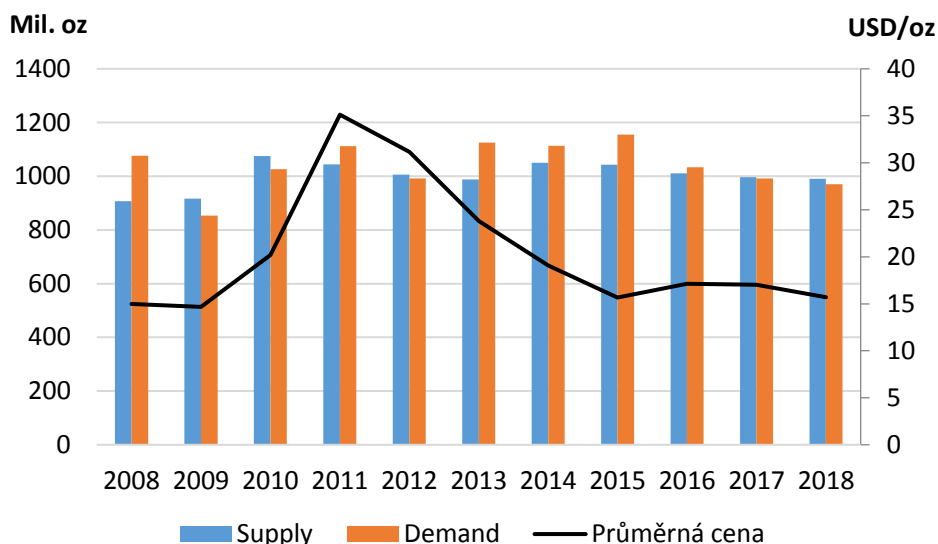
<sup>12</sup> Veselá J. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, s. 294. ISBN 978-80-7357-647-9.

<sup>13</sup> The Effects of the Financial Crisis on Metals Markets. J. M. Christian, CPM Group. 2009. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.worldbank.org/en/research>

### 1.2.1 Nabídka a poptávka stříbra

Komoditní trhy jsou poháněny, stejně jako jiné trhy, vztahem mezi nabídkou a poptávkou. Přehledný vývoj tohoto vztahu v období 2008 až 2018 je znázorněn na grafu č. 2. S pohybem nabídky a poptávky po stříbře souvisí i ostatní zkoumané faktory.

**Graf č. 2: Nabídka a poptávka po stříbře (mil. oz)**



Zdroj: Vlastní zpracování dle Thomson Reuters Eikon, dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=83501659> a Quandl.com.

Graf celkové nabídky a poptávky ukazuje, že ve sledovaném období se nabízené množství stříbra v průměru pohybuje kolem 1 000 mil. trojských uncí. Nabídka stříbra od roku 2008 do 2010 rostla, a v dalších letech kolísala na úrovni okolo 1 000 mil. oz. Pokles nabídky, který je zpozorován od roku 2014, je zapříčiněn zvyšujícími se náklady na těžbu a ubývajícím zásobami dosud nevytěženého fyzického stříbra.<sup>14</sup> Tento pokles fyzických zásob vede k mírnému navyšování tržních cen za předpokladu konstantní výše poptávky.

Při bližším zkoumání historie bylo zjištěno, že producenti reagují velmi pomalu na náhlé změny v poptávce a z hospodářské recese se zotavují daleko pomaleji než strana poptávky. Když v roce 2008 nastal kolaps na světových trzích, poptávka po stříbře (a jiných drahých kovech) rychle utichla, jenomže firmy a průmysl závisející na komoditách strádal nejen finančně. Výzkum ukazuje, že s recesí nastala ze strany firem i výrazná redukce v počtu rozpracovaných i nových těžebních projektů a dokonce některé společnosti krachovaly. Chybějící výdaje rozvoj a financování těžebních projektů

<sup>14</sup> World Silver Survey 2018. The Silver Institute. 2019. [online]. [cit. 2019-03-04] Dostupné z: <https://www.silverinstitute.org/all-world-silver-surveys/>

mají dlouhodobý negativní dopad na stranu nabídky.<sup>15</sup> Na grafu výše (č. 2) lze vidět, že rok 2009 vykázal meziroční vysoký pokles poptávky o 220 mil. oz, tj. 21 %, přičemž nabídka se nedokázala rychle přizpůsobit a zůstala na téměř stejné úrovni. Následně se trh poněkud zotavil, ale převis nabídky přetrvával ještě další rok. Rok 2011 byl znovu dramatický pro trh stříbra a jeho poptávka další rok klesla o 11 %, přičemž nabídka klesla pouze nepatrně.

Celková poptávka po stříbre ve sledovaném období má daleko větší výkyvy oproti nabídce. Poptávka se dokáže rychleji přizpůsobit aktuálním situacím na trhu, globálním nejistotám a inflaci. Od roku 2015 je vidět pokles poptávaného množství. V posledních dvou letech převyšuje nabídka nad celkovým poptávaným množstvím, na rozdíl od předchozích čtyř let, kdy byl převis poptávky nad nabídkou.

J. M. Christian (2009) uvádí tři významné faktory, které zapříčiní významný nárůst ceny komodit jako v období globální krize v roce 2008. První je silný, vytrvalý, celosvětový růst reálné poptávky pro průmyslové využití komodit. Tento růst reflektuje silný globální ekonomický růst. Druhým faktorem je vysoký nárůst investiční poptávky po komoditách a komoditních derivátech, většinou spojených s velkým pákovým efektem. Třetím faktorem je již zmiňovaná pomalá reakce agregátní nabídky komodity na růst poptávky, který rychle zapříčiní růst spotové ceny. Čím intenzivnější je nárůst poptávky, tím víc katastrofální mohou být následky pro subjekty na straně nabídky.<sup>16</sup>

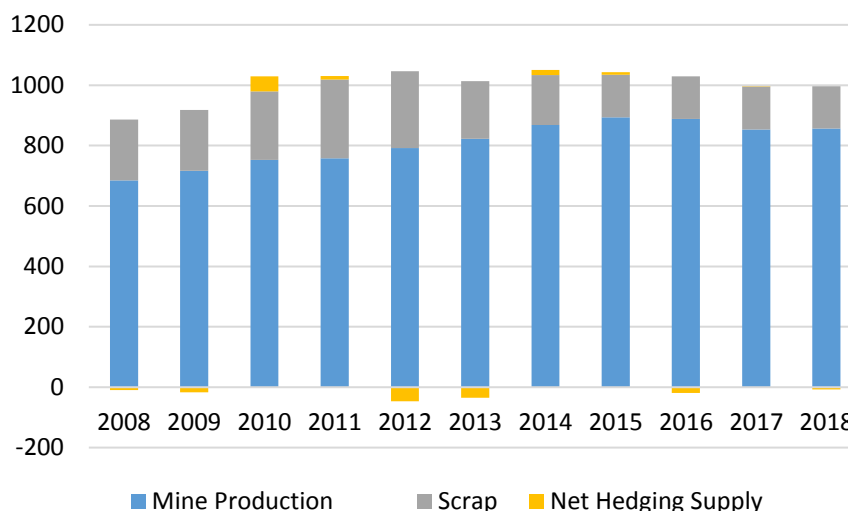
---

<sup>15</sup> *The Effects of the Financial Crisis on Metals Markets*. J. M. Christian, CPM Group. 2009. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.worldbank.org/en/research>

<sup>16</sup> *The Effects of the Financial Crisis on Metals Markets*. J. M. Christian, CPM Group. 2009. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.worldbank.org/en/research>

## STRUKTURA NABÍDKY A POPTÁVKY A JEJÍ VLIV NA CENY

**Graf č. 3: Struktura celkové nabídky stříbra (v mil. oz)**



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat z Thomson Reuters Eikon. Dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=83501659>

**Celková nabídka** stříbra zahrnuje z 87 % (za rok 2018) produkci těžebních společností, která v poslední dekádě vykazuje rostoucí tendenci. Geograficky je v těžbě stříbra v popředí střední a severní Amerika, jižní Amerika a Asie. Pouze třetina vytěženého stříbra pochází ze stříbrných dolů, kde je stříbro hlavním zdrojem zisků. Dvě třetiny produkce zahrnuje stříbro jako sekundární těžební produkt, většinou při těžbě zlata, olova, zinku nebo mědi. Těžební společnosti, které produkují stříbro jako vedlejší produkt, nemají v období recese a útlumu poptávky takové finanční problémy s výnosy, protože mohou profitovat na jiných kovech, které těží. Ovšem společnosti jako Fresnillo Plc., těžící stříbro jako hlavní produkt, jsou v takovém období ve značném finančním nebezpečí.

Dalším významnou položkou produkce je recyklace. Stříbro tak nalézá další uplatnění v průmyslové výrobě, poté, co již nemůže sloužit ve stávajících elektronických přístrojích, katalyzátorech, a jiných předmětech. Existují specializované společnosti zaměřené pouze na recyklaci kovů z elektronického odpadu. Příkladem je švédská společnost Boliden Group, která touto formou produkuje 500 000 kg stříbra ročně. Podle Bolidenu, získání kovu ze starých přístrojů vyžaduje pouze 10 – 15 % energie, než kolik vyžaduje získání kovu při těžbě. Recyklace stříbra má jistě potenciál, ale nepředpokládá se příliš velký růst objemu nabídky v této oblasti.<sup>17</sup>

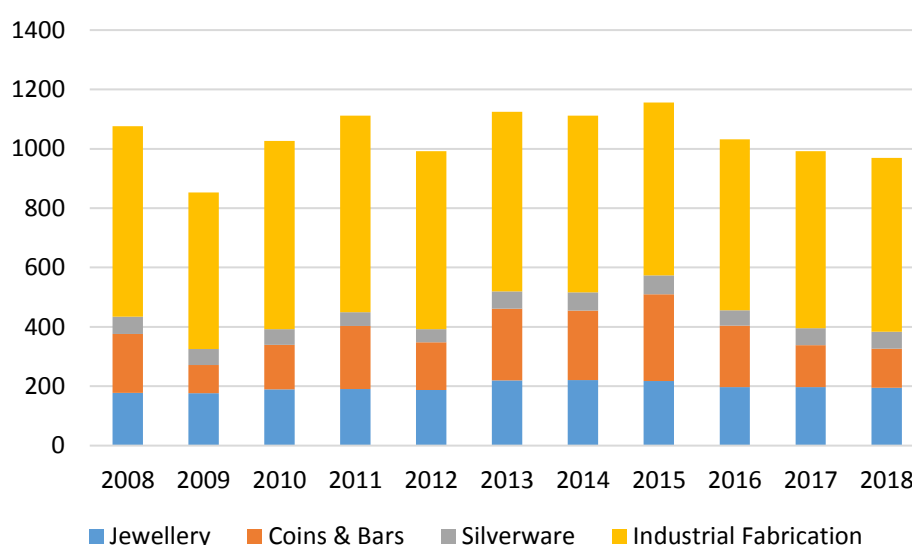
<sup>17</sup> Silver Scrap Supply Sees Further Growth. Business Insider. 2012. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/silver-scrap-supply-sees-further-growth-2012-5>



Do recyklace se zahrnují i stříbrné předměty a šperky v rukou individuálních majitelů, kteří je nabízejí jako surovinu pro výrobu nových šperků a předmětů. Analytici z Thomson Reuters uvádí, že vyšší průměrná cena stříbra bude pravděpodobně motivovat některé vlastníky starých šperků a stříbrných předmětů (např. nádobí) k jejich prodeji.

Čistá zajišťovací pozice v nabídce zahrnuje zajištění producentů, zejména těžebních společností, proti kolísavosti cen stříbra, pomocí forwardových obchodů. Čistá pozice znamená rozdíl mezi long a short otevřenými pozicemi dané společnosti v určitém čase. Tento faktor nemá významný vliv na celkovou nabídku ani na cenu stříbra.<sup>18</sup>

**Graf č. 4: Struktura celkové poptávky stříbra (v mil. oz)**



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat z Thomson Reuters Eikon. Dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=83501659>

Na **celkovou poptávku** má největší vliv poptávka pro průmyslové zpracování stříbra a poptávka po investicích do stříbra. Jak již bylo zmíněno, stříbro se využívá při výrobě elektronických součástek, v automobilovém průmyslu a dalších oblastech. Thomson Reuters předpokládá nárůst poptávky z oblasti průmyslové poptávky v budoucnu díky rozvoji automobilového průmyslu s elektromobily a hybridními prostředky společně s rozvojem solární energie, tedy fotovoltaickým průmyslem.

Stříbro se považuje, podobně jako zlato, za uchovatele hodnoty peněžních prostředků v dlouhodobém horizontu a ochrana proti inflaci. Investiční poptávka má na cenu stříbra z tohoto důvodu také významný vliv. V 90. letech 20. století byla cena dlouhodobě kolem 5 USD/oz zejména kvůli nezájmu o investice na trzích. Investiční poptávka vzrostla právě

<sup>18</sup> Silver Supply & Demand Outlook. 2018. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=74399597>

během globální finanční krizi, kdy investoři hledali právě způsoby, jak se ochránit před rostoucí nejistotou a inflací, tudíž cena stříbra vyšplhala z 15 USD/oz na počátku roku 2008 na 49 USD/oz v polovině roku 2011. Nejvíce poptávanou formou investice do stříbra jsou mince a medaile, investiční cihličky a slitky. Další formou jsou finanční deriváty (futures kontrakty a jiné), ETF fondy a investiční certifikáty. Stříbro je typicky vyhledáváno jako alternativa investice do zlata s možností využití vyššího pákového efektu při nižším kapitálu, přestože je trh stříbra daleko nižší než trh zlata. Díky vysoké průmyslové poptávce je z dlouhodobého hlediska investice do stříbra relativně bezpečná.

Poptávka po stříbrných předmětech, jako nádobí apod., není nijak výrazná, nicméně stříbrné šperky jsou velmi poptávaným zbožím hlavně díky cenové dostupnosti a nižší hmotnosti než například zlato. V Indii mají šperky dlouhou historii a ženy nosí šperky v mnoha podobách a velikostech, a to jako symbol finančního zajištění a bohatství. Staré stříbrné šperky s tradičním designem se dnes opět stávají populární a poptávka po nich roste nejen v Indii, ale i jiných zemích orientu a vůbec po celém světě.<sup>19</sup>

### 1.2.2 Makroekonomické faktory

Investice do komodit jsou vyhledávány obecně z důvodu zajištění proti inflaci a uchování hodnoty peněžních prostředků. Co se týče stříbra, lze tvrdit totéž, navzdory vyšší volatilitě a nízké ceně v porovnání s jinými vzácnými kovy, například zlato. Existují studie prokazující vztahy a určité závislosti mezi cenou stříbra a různými makroekonomickými veličinami.

Apergis a spol. (2014) se podrobně zabýval vztahy mezi trhy zlata a stříbra, akciovými trhy a mnoha makroekonomickými proměnnými z několika zemí. Ve své práci sestavil rozšířený regresní model (Factor-Augmented Vector Autoregressive Model – FAVAR) z měsíčních dat od ledna 1981 do prosince 2010. Pro cenu stříbra zvolil Zurich Silver Price v USD/kg. Výsledky této rozsáhlé studie říkají, že cena stříbra negativně reaguje na úrokové sazby, na pozitivní šoky v průmyslové výrobě, na vyšší míru nezaměstnanosti a vyšší míru inflace. Negativní vztah ceny stříbra s inflací Apergis a spol. (2014) vysvětlují tvrzením, že vyšší inflace zvyšuje nejistotu v ekonomice a poté investoři nedůvěřují ani trhu vzácných kovů.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Silver Supply & Demand Outlook. Thomson Reuters Eikon. 2018. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=74399597>

<sup>20</sup> Apergis, N., Christou, Ch., Payne, J. E. (2014) *Precious metal markets, stock markets and the macroeconomic environment: a FAVAR model approach*. Applied Financial Economics, 24(10): 691-703.

## Inflace

Je známo, že stříbro, stejně tak trh vzácných kovů, se dlouhodobě považuje za vhodný pro uchování hodnoty finančních prostředků během politické nejistoty a vysoké inflace, protože díky svým vlastnostem a vzácnosti si dokáže udržet svou hodnotu.

Míra inflace v USA je v této práci vyjádřena jako meziroční procentní změna cenové hladiny, zde vyjádřená jako průměrná změna ročního indexu spotřebitelských cen (Consumer Price Index, dále jen CPI). CPI se počítá jako vážený průměr meziročních změn cen produktů ze spotřebitelského koše oproti základnímu období. Ten zahrnuje zboží a služby jako dopravu, jídlo, zdravotní služby a další. Centrální banka Spojených států Fed cíluje inflaci na 2% meziročního růstu. Pro tuto analýzu bude použito vyjádření inflace pomocí CPI jako jeden z nejvyužívanějších způsobů jejího stanovení.

Taylor (1998) analyzoval, pomocí regresní a kointegrační analýzy, schopnost vzácných kovů zajištění proti inflaci za použití dat za období 1914 až 1996. Pro měsíční výnosy ze stříbra zjistil, že za sledované časové období stříbro splnilo podmínky testování a bylo shledáno vhodným zajišťovatelem proti inflaci v USA, měřené pomocí Consumer Price Index (CPI), a to jak dlouhodobě za celé období, tak i krátkodobě v kratších periodách. Stříbro je tedy v pozitivním vztahu k inflaci. Johansenovým testem kointegrace byla zjištěna dlouhodobá kointegrace mezi výnosy stříbra a CPI, avšak tento vztah nebyl nalezen během předválečného období 1914 až 1937.<sup>21</sup>

Vztah cen stříbra s reálnou ekonomickou aktivitou (Industrial Production Index - IP) a vztah stříbra s inflací v USA (Consumer Price Index - CPI), byl dále studován v období 1967 – 1999 autory Adrangi a spol. (2003). Metody použité v této práci byly: Hodrick-Prescott (HP) Filter, regresní modely ARIMA, dále pro kointegraci VAR modely a ECM modely. Byla zjištěna pozitivní korelace dlouhodobého vývoje cen stříbra a CPI, která podporuje tvrzení, že investici do stříbra lze považovat za možnost zajištění proti inflaci, protože v období inflačních tlaků se zvyšuje poptávka po stříbře. Pomocí Error Correction Model (ECM) autoři zkoumali krátkodobé vztahy daných veličin a zjistili, že ceny stříbra se přizpůsobují změnám v inflačním vývoji poměrně rychle. Empirické výsledky studie dále ukazují negativní vztah cen stříbra a reálné ekonomické aktivity (IP). Rostoucí industriální produkce často vede v době ekonomické konjunktury k růstu výnosů v korporátním sektoru, což má za následek zvýšení cen jejich akcií a akciových výnosů.

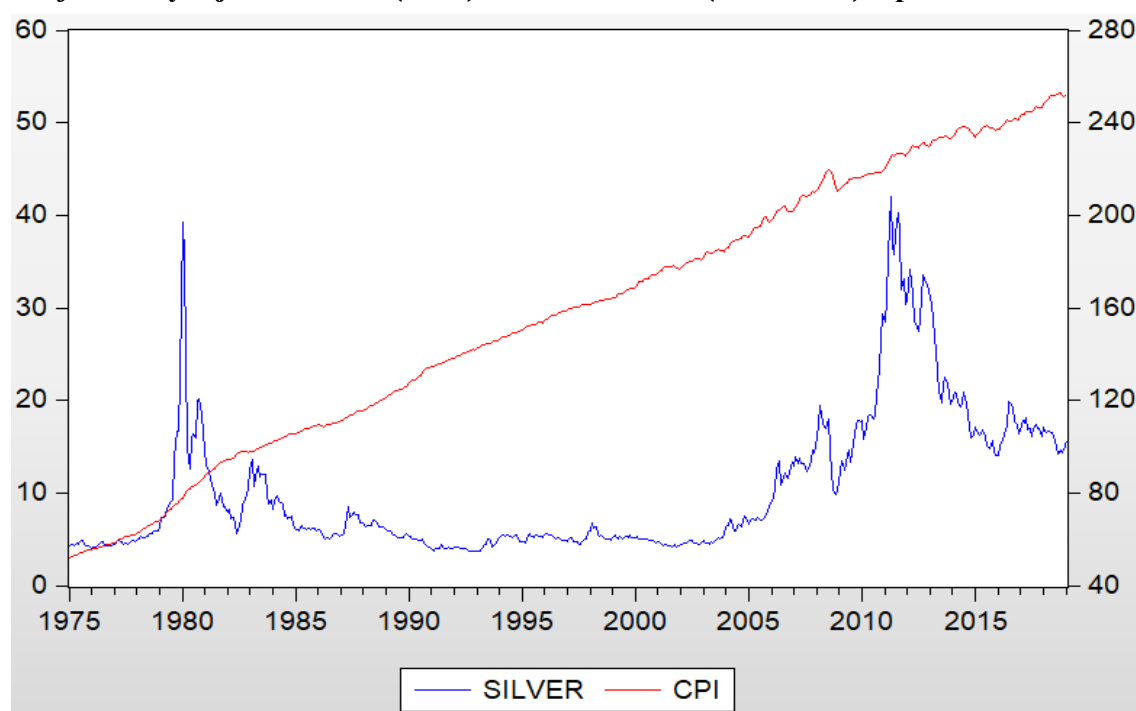
---

<sup>21</sup> Taylor, N. J. (1998). *Precious metals and inflation*. Applied Financial Economics, 8(2): 201 – 210.

Akcie se tak stávají zajímavější formou investice a následně dochází k přesunu prostředků z investičního stříbra do akcií, což logicky znamená pokles cen stříbra. V době ekonomické recese dochází k opačné situaci. Stříbro, jako jiné vzácné kovy, hraje roli „bezpečného přístavu“ oproti akciovému trhu nebo-li zajištění proti inflaci.<sup>22</sup>

Pozitivní vztah byl potvrzen i vlastní analýzou autorky této diplomové práce v programu EViews, kde byly analyzovány časové řady měsíčních dat spotových cen stříbra a indexu CPI na americkém trhu v období leden 1975 až únor 2019, tj. celkem 530 pozorování. CPI je index, kde hodnoty let 1982 – 1984 = 100. Graf č. 5 ilustruje vývoj původních časových řad, inflace (CPI) je znázorněna červenou křivkou a náleží jí svislá osa vpravo. Spotová cena stříbra je znázorněna modře.

**Graf č. 5: Vývoj cen stříbra (USD) a inflace v USA (index CPI) – původní data**



Zdroj: Vlastní konstrukce v Eviews na základě dat LBMA Silver Price London Fixing, dostupné z [www.quandl.com](http://www.quandl.com), a Fed Funds Rate, dostupné z [fred.stlouisfed.org](http://fred.stlouisfed.org)

Pro výpočet korelace byly původní časové řady přepočteny do tvaru výnosů, jako relativní přírůstek ceny stříbra, resp. hodnoty CPI, v logaritmickém tvaru dle vzorce  $Výnos = \log(P_t/P_{t-1})$ . Převedení časových řad na logaritmické výnosy zaručí stacionaritu, a tím se eliminuje riziko zdánlivé korelace, což by mohlo nastat při výpočtech s nestacionárními řadami, které vykazují autokorelace. Kladné hodnoty

<sup>22</sup> Adrangi, B., Chatrath, A., Raffiee, K. (2003). Economic Activity, Inflation, and Hedging: The Case of Gold and Silver Investments. *The Journal of Wealth Management*, 6(2): 60 – 77

korelačního koeficientu 0,124 potvrzují dlouhodobou kladnou lineární závislost mezi výnosy stříbra a inflací. Korelace je ale slabá.

### **Monetární politika centrálních bank a úrokové sazby**

Monetární politika centrální banky v každé zemi se snaží dosáhnout ekonomické stability ve své zemi. V USA, stejně jako v České republice, centrální banka usiluje o cenovou stabilitu, nízkou míru nezaměstnanosti, a úměrnou míru inflace. Skrze cílování úrokových sazeb dokáže centrální banka ovlivnit inflaci, celkovou produkci, zaměstnanost, spotřebu domácností a investice podnikatelských subjektů v USA.<sup>23</sup> Právě to, jakou politiku centrální banka nastolí, svým způsobem ovlivňuje všechny trhy, včetně komoditního trhu, včetně trhu stříbra.

V 19. století v USA při zavedení papírových bankovek platil tzv. zlatý standard, což znamenalo, že hodnota měny, resp. dolaru byla alespoň částečně kryta drahými kovy, to znamená, že měna byla směnitelná za zlato nebo stříbro. V roce 1971 bylo odstoupeno od tzv. Brettonwoodského systému a hodnota amerického dolaru přestala být vázána na cenu zlata. Měnová zásoba Spojených států byla v tu chvíli zcela nekrytá. A protože Brettonwoodský systém v roce 1944 zavedl návaznost všech ostatních měn na americký dolar, po jeho zhroucení se staly všechny měny na světě nekryté. Zrušení návaznosti měny na drahé kovy umožňuje Spojeným státům tisknout bankovky podle svých potřeb a drahé kovy jako zlato a stříbro se tak začaly oceňovat tržními cenami, což zapříčinilo vyšší volatilitu cen drahých kovů.<sup>24</sup>

Působení aktivity monetární politiky USA na ceny komodit včetně stříbra analyzují Thorbecke a Zhang (2009). Ti vycházejí z pozitivního vztahu mezibankovních úrokových sazeb (Federal Funds Rate) a inflace na americkém trhu. Ve své studii provádí regresní analýzu pro vysvětlení vztahu mezi danými veličinami a cenami komodit ve dvou uvažovaných obdobích, a to mezi lety 1974 – 1979 a 1989 – 2006. Meziobdobí 1980 – 1989 není analyzováno, protože Fed v roce 1979 přestal cílovat mezibankovní úrokové sazby. Hlavním poznatkem studie je následující. Zvýšení ceny stříbra v období 1974 – 1979 je způsobeno zvýšením mezibankovních úrokových sazeb. K tomu došlo v reakci na zvýšení poptávky po stříbre z důvodu očekávané inflace. V období 1989 – 2006 však nárůst cílovaných mezibankovních úrokových sazeb vedl k poklesu

---

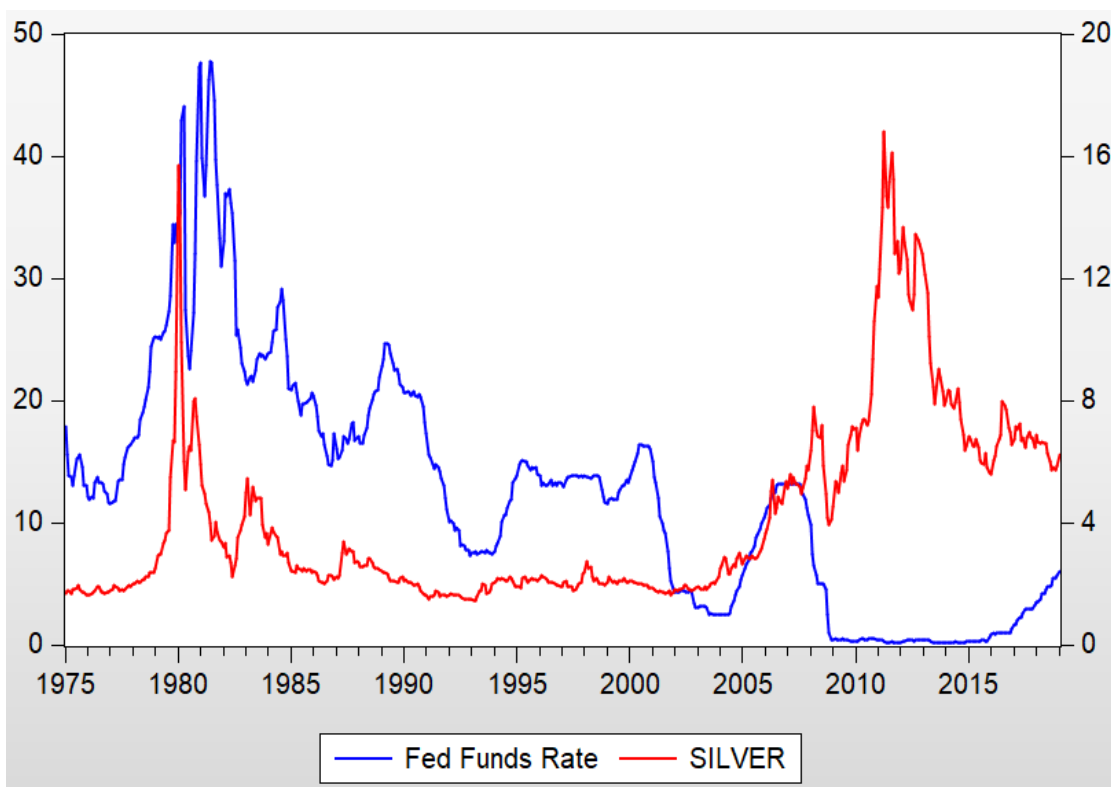
<sup>23</sup> Board of Governors of the Federal Reserve System. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.federalreserve.gov/>

<sup>24</sup> MALONEY, M. *Investujte do zlata a stříbra: všechno, co potřebujete vědět o drahých kovech*. Hodkovičky: Pragma, 2010, ISBN 978-80-7349-156-7. str. 63

poptávky po stříbře, protože na trhu bylo očekáváno zvýšení krátkodobých úrokových sazeb.<sup>25</sup> Z druhého uvažovaného období vyplývá negativní vztah mezi cílováním Federal Funds Rate a cenou stříbra. To znamená, že pokud Fed Funds Rate bude růst, cena stříbra bude reagovat svým poklesem, a naopak.

Americká sazba Federal Funds Rate je základní úroková sazba centrální banky USA pro poskytování nebo ukládání likvidity institucionálních investorů přes noc, tzv. overnight. Fed Funds Rate je částečně ovlivněna trhem, tedy nabídkou a poptávkou, a částečně centrální bankou skrze operace na volném trhu se zájmem dosáhnout cílové výše sazby. Fed Funds Rate má vliv na další úrokové sazby pro státní pokladniční poukázky (Treasury notes) a státní dluhopisy (Treasury bills), anebo úrokové sazby úvěrů a vkladů pro retailové zákazníky.<sup>26</sup>

**Graf č. 6: Vývoj ceny stříbra (USD) a Fed Funds Rate (%) – původní data**



Zdroj: Vlastní konstrukce v Eviews na základě dat LBMA Silver Price London Fixing, dostupné z [www.quandl.com](http://www.quandl.com), a Fed Funds Rate, dostupné z [fred.stlouisfed.org](http://fred.stlouisfed.org)

<sup>25</sup> Thorbecke, W., Zhang, H. (2009). Monetary Policy Surprises and Interest Rates: Choosing between the Inflation-Revelation and Excess Sensitivity Hypotheses. *Southern Economic Journal*, 75(4): 1114 – 1122.

<sup>26</sup> Federal Funds Rate. FRED. [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS>

Svého maxima úrokové sazby téměř 20 % dosáhly v roce 1980 v souvislosti s vysokou inflací v USA. V roce 1982 Fed znovu začal cílovat Fed Funds Rate a tím ji dostala pod kontrolu. Od té doby úrokové sazby sledují klesající trend od 80. let minulého století. V roce 2008 Fed držel úrokové sazby na minimální úrovni (0,1 %) ve snaze pustit do ekonomiky více likvidity a zvýšit ekonomickou aktivitu. To vyústilo ve finanční krizi, která způsobila růst poptávky po drahých kovech jako bezpečném přístavu pro své peněžní prostředky. Z toho plyne, že cena stříbra a úrokové sazby dlouhodobě vykazují negativní vztah.

Pomocí analytického programu EViews byla provedena korelační analýza měsíčních dat v období leden 1975 až březen 2019. Obě původní časové řady nejsou stacionární, proto byl korelační koreficient počítán mezi výnosy daných veličin. Vypočtený korelační koeficient ve výši 0,054 určuje nevýznamnou kladnou míru lineární závislosti. Na základě tohoto výsledku korelační analýzy lze tvrdit, že časové řady výnosů mezi sebou nekorelují.

### 1.2.3 Hodnota amerického dolaru

Stříbro a zlato jsou většinou denominováno v amerických dolarech (USD), proto jsou jejich ceny významně ovlivněny změnami v kurzu USD. Oslabení neboli depreciace.

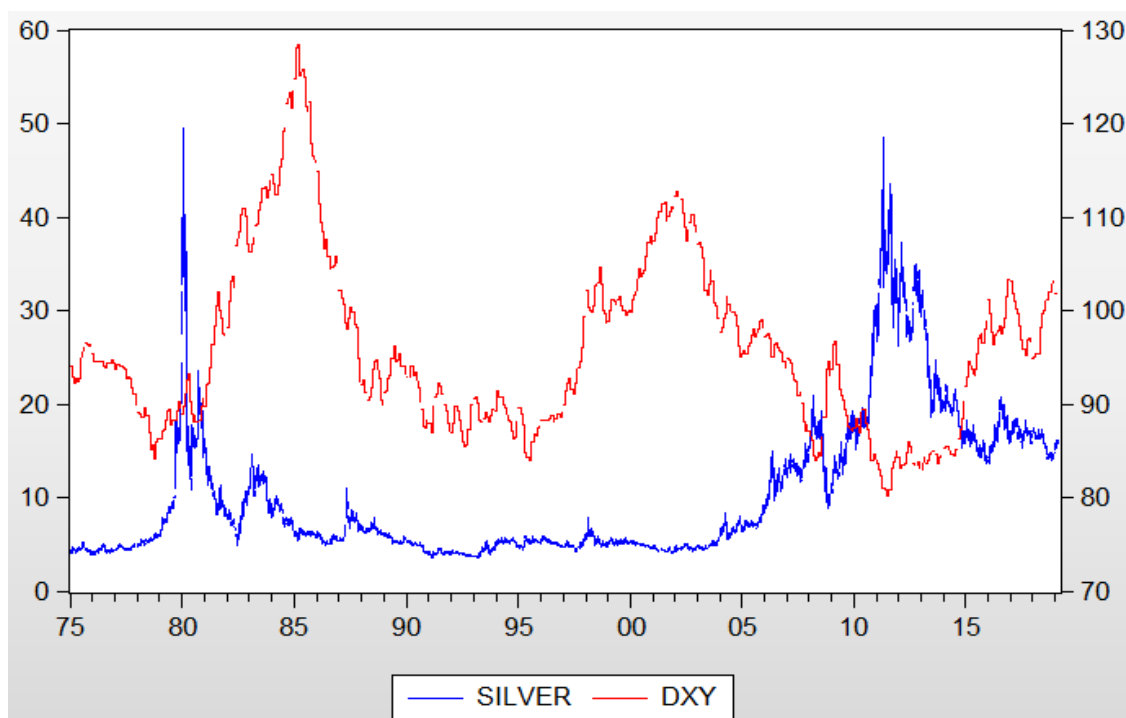
USD má dva dopady na ceny zlata a stříbra. První dopad depreciace je snížení reálné ceny zlata a stříbra pro investory mimo USA, což zvýší jejich poptávku po těchto komoditách. Zvýšená poptávka zapříčiní zvýšení cen zlata a stříbra v USD. Druhým dopadem depreciace dolaru je pravděpodobně nárůst inflace v USA. Následkem toho je opět zvýšená poptávka po zlatě a stříbre jako zajištění proti inflaci a růst cen v USD. Z toho vyplývá, že ceny zlata a stříbra rostou při oslabení USD a naopak.

Hodnotu amerického dolaru bude v této práci vystihovat US Dollar Index, který měří relativní kupní sílu amerického dolaru vůči koši šesti zahraničních měn nejvýznamnějších zahraničních obchodních partnerů. Největší váha v indexu je přiložena euru (58 %). Další započtené měny jsou japonský yen, britská libra, kanadský dolar, švédská koruna a švýcarský frank. Pokles hodnoty indexu znamená depreciaci, tedy znehodnocení dolaru, a růst indexu znamená apreciaci - zhodnocení dolaru.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Wang Z. (2012). *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*. Saint Mary's University.

**Graf č. 7: Spotová cena stříbra (USD) a US Dollar Index**



Zdroj: Vlastní konstrukce v Eviews na základě dat LBMA Silver Price London Fixing, dostupné z [www.quandl.com](http://www.quandl.com), a US Dollar Index, dostupné z [www.macrotrends.net](http://www.macrotrends.net)

Vývoj spotové ceny stříbra a US Dollar Indexu ilustruje graf č. 7, za použití měsíčních dat dostupných za období leden 1975 až únor 2019. Z historického vývoje je zřejmé, že fluktuace indexu má pouze malý vliv na pohyb ceny stříbra. V období vysoké volatility, kolem let 1980 a 2011, kdy cena stříbra dosahovala velkých výkyvů, lze pozorovat inverzní vztah mezi cenou stříbra a indexem. Tento vztah říká, že pokud se americký dolar zhodnocuje (křivka US Dollar roste), pak cena stříbra klesá. Mezi lety 1980 až 1985, kdy se dolar zhodnotil o více než 50 % a US Dollar Index vyšplhal na své maximum téměř 130 bodů, stříbro kleslo o 80 % ze svého dosavadního maxima téměř 50 USD. V následných 3 letech index opět klesl na původní hodnotu kolem 90 bodů. Tento výkyv v US Dollar Indexu (hodnotě dolaru) byl způsoben bublinou na americkém akciovém trhu vyústěnou v krach na burze 19. října 1987, který způsobil rychlé znehodnocení dolaru o více než 10 % za jediný den. Krach měl dopad i na trhy jiných světových ekonomik, protože jsou ekonomiky USA a jiných zemí, stejně tak jako měnové kurzy mezi nimi, vzájemně propojeny.

Je důležité si uvědomit, že negativní vztah daných veličin je též výrazně ovlivněn kalkulací US Dollar Indexu. Protože neodráží pouze výkonnost americké ekonomiky a americkou politiku měnových kurzů, do indexu se promítne i ekonomická výkonnost EU, Japonska, Británie, Kanady, Švédska a Švýcarska. Na přelomu tisíciletí



(1999 – 2000) americký Federal Reserve (Fed) provedla restriktce v monetární politice, aby udržela dolar silný. To zapříčinilo vysoký nárůst US Dollar Indexu během tohoto období. Od roku 2001 se USA potýkala s velkým odlivem kapitálu ze země, ekonomika se dostala do deficitu a USD deprecioval. Od roku 2008, navzdory recesi v USA, byl US Dollar Index relativně stabilní, a to z důvodu deprecie eura, která byla zapříčiněna evropskou dluhovou krizí v roce 2008, a deprecací japonského yenu, která může být z části vysvětlena zemětřesením v Japonsku v roce 2011.<sup>28</sup>

#### 1.2.4 Cena zlata

Zlato a stříbro jsou komodity aktivně obchodované již tisíce let. Oba kovy jsou základem komoditních trhů a jsou vyhledávány pro svoji schopnost uchovat hodnotu peněz v čase a zajištění proti inflaci. Zlato a stříbro mají odlišné charakteristiky a ekonomické využití, dokonce i odlišnou citlivost na exogenní šoky. Vzácnost obou kovů představuje jeho omezené množství. V porovnání se stříbrem, které je devatenáctkrát hojnější, představuje zlato pro investory bezpečnější investici, zvláště v dobách ekonomických krizí. Na druhé straně má stříbro širší využití v průmyslu oproti zlatu, což může zaručit určitou cenovou úroveň v dlouhém období a rostoucí budoucí poptávku.<sup>29</sup> Navzdory odlišnostem shledává vývoj ceny zlata a stříbra pozitivní vztah v mnoha studiích.

Pro porovnání cen zlata a stříbra je možné pomocí indikátoru Gold/Silver Ratio, který je zobrazen na grafu č. 7. Indikátor reprezentuje poměr cen jako relativní sílu spotové cena zlata vůči stříbru, jinými slovy, kolik uncí stříbra je potřeba k nákupu jedné unce zlata. Ukazatel je často sledován analytiky, obchodníky a investory pro zhodnocení, který z kovů je momentálně výkonnější. Gold/Silver Ratio je veřejně obchodováno na OTC trzích a pro obchodníky představuje alternativu k ETF fondům, futures a opcím na stříbro.

---

<sup>28</sup> Wang Z. (2012). *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*. Saint Mary's University.

<sup>29</sup> Wang Z. (2012). *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*. Saint Mary's University.

**Graf č. 8: Gold / Silver Ratio**



Zdroj: Vlastní konstrukce v Eviews na základě dat LBMA Silver Price London Fixing a LMBA Gold dostupné z [www.quandl.com](http://www.quandl.com)

Průměrně se indikátor pohybuje kolem hodnoty 60 %, historicky se pohybuje od 14 % (1980) do 100 % (1991). Značné výkyvy v indikátoru Gold/Silver Ratio naznačují nestálost vztahu mezi danými kovy, jež může být vysvětlena vyšší volatilitou stříbra oproti zlatu, případně vyšší poptávkou po zlatě oproti stříbru. To je znatelné zejména v obdobích hospodářských krizí v letech 1980, 2008 a 2011. V posledních letech je indikátor v rostoucím trendu, což je zapříčiněno relativně konstantní cenou zlata a klesající cenou stříbra. Aktuálně indikátor dosáhl hranice 80 procentních bodů a z historického vývoje je tato hranice bodem zlomu, to může indikovat obrat trendu v současném vývoji.

Bližší analýza vývoje ceny zlata a stříbra je uvedena ve třetí části práce.

### **1.3 Analýza studií zabývajících se predikovatelností cen stříbra**

V minulosti bylo zhotoveno mnoho studií na téma predikovatelnosti cen drahých kovů, zahrnujících i ceny stříbra. Lashgari (1992) vytvořil jednu z prvních studií k získání optimální předpovědi budoucích cen stříbra. Autor zde používá model exponenciálního vyrovnávání časových řad (Exponential smoothing) na základě denních, týdenních a měsíčních cen zlata a stříbra. Studie zkoumá chování cen zlata a stříbra během období hospodářského cyklu v letech 1970 až 1989, kde se tyto ceny pohybovaly od maxima k minimu a zpět k maximu. Ovšem historie nemusí být dobrou predikcí pro blízkou budoucnost, nýbrž pro dlouhodobé předpovědi to možné je. Studie dokazuje, že použití denních cen stříbra poskytuje mnohem lepší výsledky v predikci než týdenní a měsíční

data. Dále při rozšíření časového období do kratších intervalů ceny stříbra vykazují nižší stupeň závislosti na minulém vývoji, než je tomu v případě zlata.<sup>30</sup>

Narayan (2013) ve své studii zkoumá, zda výnosy na spotovém trhu zkoumaných komodit mohou být predikovány pomocí výnosů na odpovídajícím futures trhu. Ve studii byly použity denní výnosy čtyř komodit, a to ropy, zlata, stříbra a platiny, za časové období pro stříbro 1980 – 2011. Výzkum vychází z vícenásobného lineárního regresního modelu autorů Bai a Perron (1998), který testoval přítomnost více než jednoho strukturálního zlomu (structural break) v analyzovaném období. Strukturální zlom je situace, kdy dojde v časové řadě k náhlé změně, což může mít dopad na změnu dosavadního průměru a parametrů daného procesu a tedy predikovatelnost časové řady. Odhady neznámých regresních koeficientů byly sestrojeny metodou nejmenších čtverců. Narayan sestrojil lineární a nelineární regresní model pro predikce výnosů stříbra s možností výskytu pouze jednoho statisticky významného „structural break“, který nastal podle modelu v listopadu 1993. Výsledky studie potvrzují dobrou predikční schopnost futures cen předpovídat spotové ceny stříbra, a v porovnání s ostatními sledovanými komoditami je spotový trh stříbra nejvíce profitabilní, za to více volatilní. Nejvyšší volatilitu ze zkoumaných trhů vykazuje trh s ropou. Autor doporučuje postupy, při kterých investoři mohou použít tyto informace na futures trhu k výnosným obchodním strategiím. Uvedená dynamická strategie je založená na modelu Mean-Variance, a potenciální zisky z obchodování jsou zde závislé na tom, zda nastaly structural breaks nebo ne. Například během globální finanční krize v roce 2008 model vykazoval nejnižší potenciální zisky pro všechny analyzované komodity. Uvedená dynamická strategie je v rozporu s výsledky obchodování na základě klouzavých průměrů v technické analýze, nicméně je to hlavně z důvodu, že zde je proplétá vztahy spotového a futures trhu, jinak řečeno, porovnává ziskovost komoditního spotového trhu na základě predikčního modelu, který zpracovává data komoditních futures.<sup>31</sup>

Mutafoğlu (2012) se zabýval otázkou, zda cenové pohyby na spotovém trhu stříbra a platiny mohou být predikovány na základě měření otevřených futures pozic. Ve studii analyzuje data z the Commitment of Traders (COT) reportů v letech 1993 až 2009, z nichž sestavil VAR model se dvěma proměnnými - výnosy spotových cen a pozice obchodníků.

---

<sup>30</sup> Lashgari, M. K. (1992): *Information From Successive Changes in Gold and Silver Prices During Phases of the Business Cycles*. Journal of Economics and Finance. 16: 13

<sup>31</sup> Narayan, P. K. (2013). An analysis of commodity markets: What gain for investors? *Journal of Banking & Finance*, 37(10): 3878 – 3889

Při analýze pozic obchodníků autor upozoroval, že největší pozici drží Commercials (zajišťovatelé), čistá pozice každé skupiny obchodníků je velmi volatilní. Autor zaznamenal structural break v roce 2000 ve vztahu pozic obchodníků a drahými kovy. Od toho roku nastal kontinuální rostoucí trend trhu vzácných kovů, a to až do globální finanční krize v říjnu 2008. Autoři zjistili, že pozice zajišťovatelů mají inverzní vztah k tržní ceně stříbra, to znamená, že prodávají, když jsou ceny stříbra na lokálních maximech a nakupují při nízkých cenách. Byl zjištěn pozitivní vztah mezi výnosy sledovaných komodit a čistými pozicemi spekulantů a určitá schopnost extrémních hodnot čistých pozic zajišťovatelů pro predikce tržních výnosů. Testy Grangerovy kauzality ukázaly slabé kauzální vztahy mezi proměnnými, kdy tržní výnos, dosažený v minulosti na otevřených obchodních pozicích, může být nedostatečně vysvětlen aktuální čistou pozicí velkých obchodníků. To platí v období po roce 2000.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Mutafoğlu, T. H., Tokat, E., Tokat, H. A. (2012). *Forecasting precious metal price movements using trader positions*. Resources Policy, 37(3), 273–280

## 2 POPIS METOD POUŽÍVANÝCH PRO PREDIKCI CEN STŘÍBRA

V této části práce budou představeny fundamentální, statistické a technické metody, které se běžně používají pro nalezení vztahu mezi danými veličinami, a na základě nich lze vytvořit robustní predikci cen stříbra pro budoucí období. Korelační a kointegrační analýza je v další části práce používána v ekonomickém programu EViews.

### 2.1 Korelační analýza<sup>33</sup>

Korelační analýza zjišťuje přítomnost lineárního vztahu mezi dvěma veličinami a sleduje společný vývoj obou proměnných. Daný vztah je následně vyjádřen korelačním koeficientem, který vyjadřuje jak směr, tak i síla lineární závislosti. Koeficient může nabývat hodnot od -1 do 1, kde hraniční hodnoty představují dokonalou zápornou, resp. kladnou závislost, hodnota koeficientu rovna nule vyjadřuje neexistenci lineárního vztahu mezi veličinami. Pro výpočet výběrového korelačního koeficientu poslouží **Pearsonův koeficient korelace**:

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

kde  $\bar{x}$  a  $\bar{y}$  jsou výběrové průměry veličin X a Y. Často se uvádí zjednodušené vyjádření korelačního koeficientu  $r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$ , kde  $s_x$ ,  $s_y$  jsou směrodatné odchylky proměnných X a Y, a  $s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$  je výběrová kovariance X a Y. Korelace je tak vyjádřena jako poměr kovariance k součinu směrodatných odchylek daných veličin.

Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu předpokládá lineární vztah mezi daty, jejich intervalový a poměrový charakter a dvourozměrné normální rozdělení.

### 2.2 Kointegrační analýza<sup>34</sup>

Kointegrační analýza vysvětluje vzájemný vztah mezi časovými řadami, které jsou nestacionární a vyvíjí se stejným směrem v dlouhém časovém období. Je zapotřebí rozlišovat vztahy krátkodobé (náhlé změny časem vymizí) a dlouhodobé (náhlé změny ovlivňují vývoj časové řady dlouhodobě). Kointegrace charakterizuje stacionární časovou řadu, která vznikla jako lineární kombinace původních nestacionárních časových řad.

---

<sup>33</sup> J. Arlt, M. Artlová: *Ekonomické časové řady*. Praha: Professional, 2009, ISBN 978-80-86946-85-6.

<sup>34</sup> Arlt, J (1997). *Kointegrace v jednorovnicových modelech*. Politická ekonomie 45: (5), str. 733-746, VŠE Praha. ISSN 0032-3233.

Stacionárním procesem se rozumí náhodný proces, jehož pravděpodobnostní rozdělení se v čase nemění, v důsledku toho se nemění ani jeho parametry. Obecně se uvádí, že stacionární proces je integrovaný řádu 0, tedy typ  $I(0)$ . Naproti tomu nestacionární proces je proces integrovaný řádu  $d$ , tedy typ  $I(d)$ , což označuje, že daná řada je stacionární po  $d$ -té diferenci. Rozdíl mezi stacionárními procesy  $I(0)$  a nestacionárními procesy  $I(d)$ , je v nepodmíněných rozptylech a autokorelačních funkcích. Stacionární řady mají konečné rozptyly, kdežto rozptyly nestacionárních řad rostou spolu s  $t \rightarrow \infty$ . Hodnoty autokorelační funkce stacionárních procesů s rostoucím  $t$  exponenciálně klesají, jelikož jsou nezávislé na čase, avšak u nestacionárních procesů s rostoucím  $t$  konvergují k jedné. Tyto odlišnosti mají vliv na tvar nově vzniklých časových řad, kdy časové řady  $I(0)$  mají větší výkyvy a často oscilují k nepodmíněné střední hodnotě původního procesu, naproti tomu u časových řad  $I(d)$  není tato oscilace znatelná.

Kointegrace bere v úvahu existenci krátkodobých odchylek a krátkodobých odklonů směru nové časové řady od té původní. Nicméně pokud jsou dané časové řady přitahovány ke svému rovnovážnému stavu, který se v čase nemění, jsou řady v ekvilibriu. Jelikož je systém dat vystaven neustálým šokům, za dlouhodobé ekvilibrium se považuje stav, kdy k rovnovážnému stavu systém konverguje v čase a existuje mez, za kterou nemůže jít.

C. W. J. Granger v 80. letech minulého století analyzoval možnosti a využití statistických nástrojů z dlouhodobého a krátkodobého hlediska. Grangerova studie odráží výsledky analýzy integrovaných procesů ze 70. let statistiků G. Boxe a G. Jenkinse, kteří se tematikou zabývali jako první v historii. Jejich metody modelování časových řad zakládaly na chování reziduální složky, která zůstává z korelovaných náhodných veličin. Box-Jenkinsova metodologie zahrnuje mnoho modelů, z nichž nejznámější jsou: autoregresní model (AR), model klouzavých součtů (MA) a smíšený model (např. ARMA). Kointegrace nabývá významnosti z důvodu, že při tvorbě regresního modelu může použití nestacionárních procesů vést ke vzniku tzv. zdánlivé (nesmyslné) regrese. Ta se projevuje nestacionaritou náhodné složky nebo-li heteroskedasticitou, jež může zapříčinit výskyt statisticky významného koeficientu za použití metody nejmenších čtverců, navzdory tomu, že ve skutečnosti mezi sledovanými proměnnými žádný regresní vztah není. Regrese integrovaných časových řad má smysl pouze, když jsou tyto řady kointegrované. Z důvodu rozsáhlosti bude regresní analýza a sestavení vhodného modelu vysvětlující cenu stříbra vynecháno. Práce se zaměřuje na zjištění vztahů mezi danými proměnnými.

Kointegrační analýza zahrnuje dvě části: identifikace míry integrovanosti časových řad a testování kointegračních vztahů. Obecně integrované procesy řádu  $d$ , značené jako  $I(d)$ , jsou procesy s dlouhou pamětí, které byly po  $d$ -té diferenci transformovány na procesy s krátkou pamětí, tedy na procesy stacionární ( $Y_t \sim I(d)$ ). Pro stanovení řádu integrace jsou používány testy parametrické a neparametrické. Mezi parametrické patří Dickey-Fullerův (DF) test, respektive jeho rozšířená verze (ADF). Z neparametrických testů lze jmenovat Phillips-Perron test nebo KPSS test (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin). Když analyzované časové řady splní podmínku nestacionarity, lze pokračit v analýze k druhému kroku, a to je testování kointegrace. K tomu se používají Engle-Grangerův test, Johansenův test, a další. Většina těchto testů vychází z nulové hypotézy o nepřítomnosti kointegračních vztahů na určité hladině významnosti.

Následně soubor kointegrovaných časových řad lze popsat Error-Correction modelem (ECM), který umožňuje rozlišení dlouhodobých a krátkodobých vztahů mezi procesy a svými parametry vystihuje vychýlení souboru od dlouhodobého ekvilibria. Z důvodu rozsáhlosti a náročnosti nebude sestavení modelu ECM předmětem této práce.

### Dickey-Fullerův test<sup>35</sup>

Pro stanovení řádu kointegrace časových řad jiným než subjektivním způsobem, je často používán Dickey-Fullerův test, který testuje přítomnost jednotkového kořene. Test vychází ze stochastického procesu  $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$ , kde  $u_t$  je posloupnost nezávislých náhodných veličin s nulovou střední hodnotou a rozptylem  $\sigma^2$ ;  $\rho$  je parametr,  $Y_0 = 0$ . Testuje se nulová hypotéza, která tvrdí, že proces, který vznikl po propojení dvou nestacionárních procesů, je též nestacionární, tedy integrovaná řádu 1  $I(1)$ , nazývá se jako náhodná procházka (random walk),  $H_0: \rho = 1$ . Alternativní hypotéza shledává nový proces stacionární a integrovaný řádu 0  $I(0)$ ,  $H_1: \rho < 1$ . Autoři testu vytvořili tři hlavní modely pro test:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad \text{základní model,}$$

$$Y_t = \beta_0 + \rho Y_{t-1} + u_t \quad \text{model obsahuje úrovněvou konstantu,}$$

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \rho Y_{t-1} + u_t \quad \text{model obsahuje úrovněvou konstantu a deterministický trend.}$$

---

<sup>35</sup> J. Arlt, M. Artlová: *Ekonomické časové řady*. Praha: Professional, 2009, s. 60 – 62. ISBN 978-80-86946-85-6

Testová statistika je ve tvaru  $t = \hat{\rho} - 1 / s_{\hat{\rho}}$ , kde  $s_{\hat{\rho}}$  je odhad směrodatné chyby odhadu  $\hat{\rho}$ . Při platnosti alternativní hypotézy  $H_1$  má testová statistika normální rozdělení  $t \sim N(0,1)$ , přičemž u malého výběru má asymptotické  $t$  rozdělení  $t \sim t(T-1)$ .

V mnoha případech se používá rozšířený DF test, který dobře pracuje i v případě, že rezidua jsou korelovaná. Slabinou DF testu je jeho relativně nízká robustnost, jež může vést k nesprávnému nezamítnutí nulové hypotézy. Příčinou toho lze uvést například určení příliš malého počtu zpoždění, které neodstraňuje autokorelaci reziduů v modelu, což ovlivní vydatnost odhadů. Naopak při stanovení příliš velkého počtu zpoždění dojde ke zvýšení standardní chyby koeficientů, a to sníží sílu testu. Druhou nevýhodou jsou zkreslující výsledky, když dojde ke skokovým změnám v časové řadě, což vede k tomu, že ji DF test začne považovat za nestacionární, přestože neobsahuje žádný jednotkový kořen.

### Engle-Grangerův test<sup>36</sup>

C. W. J. Granger a R. F. Engle patří k nejvýznamnějším odborníkům, kteří přispěli do oblasti zkoumání stochastických vztahů. Princip jejich testování kointegračních vztahů zakládá na testu jednotkového kořene aplikovaného na rezidua regresního modelu. Tento regresní model je vytvořen metodou nejmenších čtverců ve tvaru:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t$$

Kde  $y_t$  a  $x_t$  jsou zkoumané časové řady. Takto odhadnutá rezidua  $u_t$  jsou dále podrobena ADF testem, kde je relevantní parametr  $\Phi$ . Testujeme tedy regresní rovnici reziduů:

$$\Delta u_t = \Phi u_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta u_{t-i} + \varepsilon_t$$

Engle-Grangerův test testuje nulovou hypotézu o přítomnosti jednotkového kořene reziduů, ze které lze vyvodit nepřítomnost kointegrace mezi časovými řadami. Hypotézy mohou být definovány následovně:

$H_0: u_t \sim I(1) \dots$  neexistence kointegrace,

$H_1: u_t \sim I(0) \dots$  existence kointegrace.

Autoři sestavili sedm alternativních testových statistik pro použití i jiných testů než pouze ADF, stejně tak kritické hodnoty pro každou ze sedmi alternativ testu. Testová statistika je  $t$  statistika ADF testu pro parametr  $\Phi$ . Kritické hodnoty jsou více záporné než

<sup>36</sup> Ježková M. *Kointegrace a její aplikace ve financích*. Brno, 2013. 91 s. Diplomová práce. Masarykova univerzita Brno. Přírodovědecká fakulta. Ústav matematiky a statistiky. Vedoucí práce Ing. Daniel Němec, Ph.D.



u ADF testu a závisejí na počtu proměnných v regresním modelu a počtu pozorování. Například za podmínek  $\Delta x$  a  $\Delta y$  nezávislé s normálním rozdělením, počtem pozorování 100 a 10.000 opakování, jsou kritické hodnoty pro použití ADF testu 3,77, 3,17 a 2,84 pro hladinu spolehlivosti 1 %, 5 % a 10 %, podle pořadí.

Pokud dojde k zamítnutí nulové hypotézy, tedy pokud rezidua regresního modelu vykazují stacionaritu, pak jsou časové řady  $y_t$  a  $x_t$  kointegrované. Pokud ale nelze nulovou hypotézu zamítnout, tedy rezidua jsou nestacionární, potom zkoumané časové řady nejsou kointegrované.

Engle-Grangerův test může být problematický, pokud jsou proměnné v regresním modelu nestacionární, což může vést k nespolehlivosti odhadů toho modelu pomocí metody nejmenších čtverců. Další nevýhodou této metody je specifikace kointegrační rovnice, pokud neznáme směr závislosti proměnných, případně je závislost oboustranná. Chybnou identifikací závislosti proměnných může dojít k deformaci výsledků celého testu. E-G metoda je vhodná pro kointegrační regresi o dvou proměnných, dokáže tedy určit maximálně jeden kointegrační vztah. Pro zkoumání vztahů mezi více proměnnými slouží lépe Johansenovy testy.

### Johansenovy testy<sup>37</sup>

Testování existence kointegračních vztahů mezi časovými řadami je předmětem Johansenovy metodologie. Při aplikaci Johansenových testů se vychází z definice vektorového autoregresního modelu (VAR):

$$\Delta y_t = \mu + \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} r_i y_{t-i} + \varepsilon_t$$

kde  $y$  je vektor proměnných  $I(1)$ ,  $\varepsilon_t$  je vektor přírůstků a platí:

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I \quad \text{a zároveň} \quad r_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$$

Pokud platí, že hodnota matice  $\Pi$  je  $r < n$ , pak existuje  $n \times r$  matic  $\alpha$  a  $\beta$ , každá s hodnotí  $r$ , a současně  $\Pi = \alpha\beta'$  a vektor  $\beta'y_t$  je stacionární.

Hodnota  $r$  určuje počet existujících kointegračních vztahů v souboru, matice  $\alpha$  obsahuje upravené parametry vektoru error-correction modelu (ty znamenají rychlost přizpůsobení novým podmínkám rovnováhy),  $\beta$  je matice dlouhodobých koeficientů

<sup>37</sup> Ježková M. *Kointegrace a její aplikace ve financích*. Brno, 2013. 91 s. Diplomová práce. Masarykova univerzita Brno. Přírodovědecká fakulta. Ústav matematiky a statistiky. Vedoucí práce Ing. Daniel Němec, Ph.D.

(každý sloupec matice je kointegrační vektor). Má-li matice  $\Pi$  plnou hodnotu  $n$ , znamená to, že proměnné vektoru  $y_t$  jsou  $I(0)$  a nemá tedy smysl uvažovat kointegraci.

Johansen sestrojil dva testy kointegrace. První test typu „trace“ se snaží potvrdit nulovou hypotézu o existenci  $r$ -kointegrovaných vektorů, a zamítnout alternativní hypotézu o  $n$ -kointegrovaných vektorech. Druhý test maximálního vlastního čísla „Eigenvalue“ testuje nulovou hypotézu o existenci  $r$ -kointegrovaných vektorů proti hypotéze říkající, že počet kointegrovaných vektorů v souboru je  $r+1$ . Oba testy dávají podobné výsledky. Je-li testová statistika větší než kritická hodnota, nulová hypotéza je zamítnuta. Pokud v prvním testu není zamítnuta nulová hypotéza, pak testování ukončujeme se závěrem, že nebyly prokázány kointegrační vztahy mezi proměnnými. Pokud se nezamítne,  $r$  se testuje pro vyšší hodnoty  $n$ , dokud nulovou hypotézu nezamítneme. Johansenovy testy jsou citlivé na zvolení délky zpoždění, přítomnost konstanty a deterministického trendu v modelu.

## 2.3 Technická analýza<sup>38</sup>

Celková analýza vývoje ceny stříbra je doplněna o několik přístupů technické analýzy, jejichž výsledky v minulosti přinesly bohatství mnoha obchodníků na finančních trzích.

Technická analýza patří k nejstarším analytickým metodám pro studium vývoje kurzů investičních instrumentů spolu s objemy uzavřených obchodů v grafické podobě. Použití různých technických nástrojů dokáže přinést významné informace o dosavadním pohybu kurzu, které jsou stěžejní pro jeho budoucí vývoj. Cílem technické analýzy je správné načasování nákupů a prodejů za účelem dosažení maximálního zisku, a dále identifikovat směr vývoje, tedy trendu kurzu, posouzení jeho síly, případně předpovědět jeho změnu. Úspěšné provedení technické analýzy zakládá na třech předpokladech, a to: (1) všechny faktory, které ovlivňují kurz instrumentu, jsou obsaženy právě v pohybu daného kurzu, (2) ve vývoji kurzu existují vzorce chování, které se (3) mohou opakovat, protože jsou formovány strukturou nabídky a poptávky po daném instrumentu.

První skupinou nástrojů technické analýzy je tzv. charting, který představuje grafické postupy, jejichž cílem je zaznamenat historický vývoj kurzu a odhalit jeho trend. Charting zahrnuje standardizované formace, trendovou analýzu (především trendové linie a hranice podpory a odporu), a pokročilé grafické metody (Fibonacciho studie a teorie

---

<sup>38</sup> Veselá, J., Oliva, M. *Technická analýza na akciových, měnových a komoditních trzích*. Praha: Ekopress, 2015, 246 s. ISBN 978-80-87865-22-4.

Elliotových vln). Druhou skupinou technické analýzy jsou indikátory trendové, cenové, objemové, a další. Je důležité zmínit, že technické indikátory byly vytvořeny primárně pro analýzu akciových trhů, proto ne všechny indikátory jsou vhodné pro použití na trh vzácných kovů. Fibonacciho studie a teorie Elliotových vln patří mezi pokročilé grafické metody se specifickými principy. Mnoho obchodníků potvrzuje, že strategie založené na těchto teoriích se jeví jako velmi ziskové. Pro obohacení této části byl zařazen trendový indikátor MACD a cenový indikátor RSI.

### **Fibonacciho studie**

V současnosti velmi oblíbený přístup k technické analýze je skrze několika grafických metod zakládající na matematických principech známých již na přelomu 12. a 13. století. L. Fibonacci sestrojil posloupnost čísel, kde jsou po sobě jdoucí čísla v určitém vztahu. Posloupnost má podobu:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 *atd.*

V posloupnosti platí, že každé číslo je zhruba 1,618násobek čísla předchozího a současně 0,618násobek čísla následujícího. Fibonacciho studie používají několik poměrů čísel posloupnosti. V technické analýze jsou užitečné hodnoty 23,6 %, 38,2 %, 50 %, 61,8 % a 100 %, které jsou vloženy do grafu vývoje kurzu nejčastěji jako linie a v jejich blízkosti lze očekávat změnu kurzu.

Mezi oblíbené Fibonacciho studie patří Fibonacciho čáry zpětného návratu (Fibonacci Retracements) s jeho rozšířením (Trend-Based Fibonacci Extension), dále Fibonacciho časové zóny (Fibonacci Time Zones), a jiné.

Fibonacci Retracements má podobu vodorovných linií stanovených dle Fibonacciho procentních úrovní výše, které jsou zakresleny na základě trendové linie mezi významným extrémním dnem a vrcholem. Dané procentní úrovně značí hranice odporu nebo rezistence, od nichž se většinou kurz odrazí a změní směr (trend), případně hranici testuje zpětným návratem. Konkrétní aplikace bude znázorněna v praktické části, v kapitole 3.1.9.

Trend-Based Fibonacci Extension je rozšíření studie Fibonacci Retracements, pro lepší predikování následujícího obratu trendu. K této situaci dochází na Fibonacciho úrovni 100 %.<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> How to Use the Fibonacci Extension Tool to Find Trading Profit Targets. Vantage Point Trading, 2018. [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://vantagepointtrading.com/use-fibonacci-extension-tool-find-targets-reversal-points/>

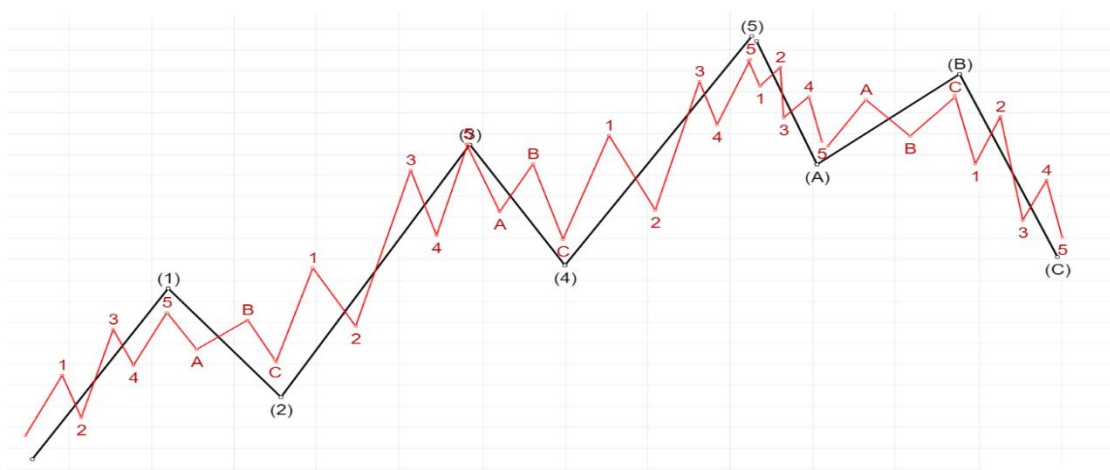
## Teorie Elliotových vln

Další pokročilý přístup technické analýzy je teorie Elliotových vln (EW), jejíž autor R. N. Elliot dlouhodobým pozorováním prokázal, že kurzy se pohybují cyklicky v určitých formacích složených z několika vln, které se opakují. Teorie navazuje na Dowovu teorii, která mimo jiné říká, že většina kurzů se pohybuje v souladu s hlavním trendem na trhu, jež je složen z trendů různých délek trvání. Jedná se o primární trend (v řádu let), sekundární trend (v řádu 3 týdnů až měsíců), a terciální trend (v řádu hodin až 3 týdnů). Teorie Elliotových vln dále užívá základy Fibonacciho posloupnosti a implikaci psychologických faktor na hodnoty kurzu.

Základní formace kurzu dle teorie se označuje jako „formace 5-3 vlny“, a je složena z 8 vln, kde 5 vln jde v souladu s hlavním trendem a 3 vlny jdou obráceně. Vlny 1, 3, 5 jsou impulzivní vlny, a vlny 2 a 4 jsou korekční vlny. Poslední tři vlny jsou označovány jako korekční vlny (A), (B), (C). Základní formace je v grafu č. 9 značena černou křivkou. Dle teorie je každý cyklus vln obsahuje několik menších cyklů, v grafu zobrazen červenou křivkou. Jinými slovy, každá vlna hlavního trendu je složena z dalších subvln.

Teorie podléhá mnoha pravidlům, které určují, jak mají jednotlivé vlny vypadat, a kde mají ležet. Některé byly popsány výše. Identifikace daných vzorů a formací, stejně tak predikce, je velmi subjektivní a závisí na zkušenostech analytika a jeho přesnosti v analýze. Často je analýza podle Elliotových vln kombinována s Fibonacciho studiemi pro cílování délky budoucích vln a jinými indikátory, jež zlepší predikční schopnost.

**Graf č. 9: Teorie Elliotových vln**



Zdroj: vlastní nákres v obchodní platformě Tradingview

## Trendový indikátor MACD – Konvergence/Divergence klouzavých průměrů

MACD je propracovaný indikátor odvozený od klouzavých průměrů, které jsou běžně používány pro zobrazení směru a trvání trendu. Zároveň obsahuje dynamické prvky konvergence a divergence kolem nulové hodnoty, čímž se řadí mezi oscilátory. Nejčastěji jsou ve výpočtu indikátoru použity exponenciální klouzavé průměry, neboť jsou citlivější na změny než jednoduché klouzavé průměry. Obecný vzorec pro výpočet exponenciálních klouzavých průměrů (EMA) v čase  $t$  je:

$$EMA_t = EMA_{t-1} * (1 - \alpha) + P_t * \alpha$$

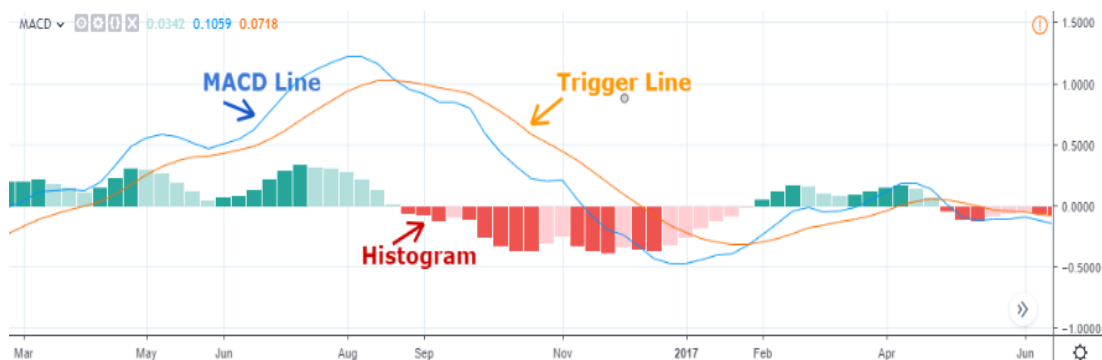
kde  $\alpha = \frac{2}{n+1}$  je váha jednotlivých cen vyjádřená jako exponenciální procento.

Následně lze MACD vyjádřit jako rozdíl nebo podíl mezi rychlým a pomalým exponenciálním klouzavým průměrem (MACD Line). Nejčastěji jsou používány 12 denní a 26 denní průměry, avšak volba délky je subjektivní. Vzorec je následující:

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \quad \text{nebo} \quad MACD = EMA_{12} / EMA_{26}$$

Pro identifikaci obchodních signálů je MACD sledován ve vztahu k tzv. spouštěcí linii (Trigger Line), tj. 9 denní exponenciální klouzavý průměr z průměrů v MACD ( $EMA_9$ ). Histogram představuje rozdíl mezi MACD Line a Trigger Line a slouží jako doplněk indikátoru.

**Graf č. 10: MACD (12, 26) - Konvergence/Divergence klouzavých průměrů**



Zdroj: vlastní úprava v obchodní platformě Tradingview

Pro sledování trendu a identifikaci nákupních a prodejních signálů slouží průsečíky MACD a Trigger Line, MACD a nulová linie, a divergence kurzu stříbra a indikátoru. Divergence je indikátorem brzkého obratu trendu podle indikátoru. Například, pokud v určitém období indikátor roste navzdory klesajícímu kurzu stříbra, pak by měla nastat změna trendu v kurzu z klesajícího na rostoucí. Je nutné si uvědomit, že klouzavé průměry jsou indikátory založené na historických datech, a tudíž indikátor na nich založený je zpožděný a nemusí vždy dávat vhodné signály k obchodování. MACD

pracuje efektivněji při velkých oscilacích trhu, kde se snáze sledují situace překoupeného nebo přeprodaného trhu a konvergence nebo divergence.

### Index relativní síly (RSI)

RSI je oscilátor vyjadřující vnitřní sílu zkoumaného aktiva neboli tempo změny uzavíracích cen, který dobře funguje na trhu derivátů a komodit. Vzorec pro výpočet je:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}, \text{ kde RS je poměr kladných a záporných změn v ceně za danou}$$

periodu. Autor oscilátoru RSI doporučuje používat 14 denní periodu. Velikost zvolené periody determinuje volatilitu oscilátoru, kdy s kratší periodou roste kolísavost RSI.

Hodnoty oscilují v pásmu 0 až 100 a má několik způsobů využití. Oscilátor vhodně identifikuje překoupený, resp. přeprodaný trh, tj. pohyb RSI nad linií 70, resp. pod linií 30. Lze zvolit i alternativní linie, např. 80 a 20. V těchto zónách lze odvodit obchodní signály a při dosahování extrémních hodnot (0 a 100) lze předpokládat blížící se změnu trendu. Další interpretací je analýza divergencí podobně jako MACD, identifikace rostoucích a klesajících vln, úrovně podpory (minimum) a odporu (maximum), průsečíky indikátoru s linií 50 nebo nalezení grafických formací.

#### **Graf č. 11: Index relativní síly RSI (14)**



Zdroj: [www.tradingview.com](http://www.tradingview.com)

### 3 ANALÝZA VZTAHŮ CENY STŘÍBRA S DALŠÍMI ASPEKTY, TECHNICKÁ ANALÝZA

V této části je zahrnuta korelační a kointegrační analýza jednotlivých vztahů mezi cenou stříbra a vybranými aspekty, které spolu souvisí. Vlastní analýza v programu EViews obsahuje výpočet korelačních koeficientů v několika obdobích a jejich výsledky jsou vhodně interpretovány. Korelační analýza pracuje s časovou řadou spotové ceny stříbra a jednotlivých zkoumaných časových řad, jednotlivě ve tvaru výnosů z důvodu jejich stacionarity, čímž je eliminováno riziko zdánlivé korelace. Výnosy byly počítány jako logaritmus relativního přírůstku ceny stříbra, resp. daných časových řad, v čase  $t$  a  $t-1$ , podle vzorce:

$$Výnos = \log(P_t/P_{t-1}).$$

Johansenův test kointegrace analyzuje existenci kointegračního vztahu mezi původními nestacionárními časovými řadami, tedy na úrovních. Jednotlivé analýzy předchází studie se shodnou tematikou, a jejich závěry jsou hodnoceny a porovnány s vlastní analýzou.

Po provedení korelační a kointegrační analýzy je tato část zaměřena na hodnocení vlivu makroekonomických zpráv na cenu stříbra a zpráv z Commitments of Traders (COT) reportu. Dále je popsána aktuální situace futures ceny stříbra v prostředí Contanga a Normal Backwardation. Praktickou část završuje technická analýza spotové ceny stříbra, vhodná pro predikci dalšího vývoje pomocí významných teorií a dalších indikátorů.

#### 3.1.1 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. US Dollar Index

Wang (2012)<sup>40</sup> ve své studii analyzuje vzájemné vztahy mezi spotovou cenou stříbra, spotovou cenou zlata a US Dollar Indexem. Stříbro a zlato mají hlavní charakteristiky společné, v dlouhém horizontu se jejich hodnoty pohybují stejným směrem. Autor vysvětluje pohyby cen stříbra v závislosti na zbývajících dvou veličin, a to v období před a po vypuknutí hypoteční krizi na americkém trhu v roce 2007. Používá denní data (komoditní data z burzy COMEX) v období let 1986 – leden 2012, které

---

<sup>40</sup> Wang Z. (2012). *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*. Saint Mary's University.

analyzuje metodami jako korelační analýza, analýza míry růstu, kointegrovaný VAR model a Granger Causality test.

Z Wangovy korelační analýzy plyne silný pozitivní vztah ceny stříbra s cenou zlata, kde korelační koeficient je roven 0,743. Mezi cenou stříbra a US Dollar Indexem v období 1986 až 2006, též v období 2007 – 2012 byla nalezena slabá negativní korelace, kdy korelační koeficient má hodnotu – 0,254.

**Tabulka 1: Korelační matice zahrnující stříbro, zlato a USD v obou sledovaných obdobích**

|          | 1986-2006 |          |          | 2007-    |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | L_SILVER  | L_GOLD   | L_USD    | L_SILVER | L_GOLD   | L_USD    |
| L_SILVER | 1         | 0.74306  | -0.25409 | 1        | 0.89859  | -0.48521 |
| L_GOLD   | 0.74306   | 1        | -0.61735 | 0.89859  | 1        | -0.31997 |
| L_USD    | -0.25409  | -0.61735 | 1        | -0.48521 | -0.31997 | 1        |

Zdroj: Z. Wang: *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*.

Na základě analýzy denních přírůstků bylo zjištěno, že volatilita denních přírůstků ceny stříbra je v obou obdobích vyšší než u cen zlata a indexu. Z pohledu investora vyšší volatilita znamená větší příležitosti k dosažení zisku.

V empirické analýze byla původní data sledovaných veličin zlogaritmována z důvodu zmírnění heteroskedasticity. Dále byla testována stacionarita časových řad pomocí Augmented Dickey-Fuller (ADF) testu a Phillips-Perron (PP) testu a následně bylo pracováno s prvními diferencemi. Z ADF a PP testů plyne, že všechny veličiny jsou v obou obdobích integrované řádu 1, tedy stacionární po první diferenci. Tyto data jsou výchozí pro sestavení VAR modelu a pro testy kointegrace. Podle daných kritérií VAR modelu bylo v období před krizí, tj. 1986 až 2006, odhadnut optimální počet zpoždění 2 a 3. Autor porovnává oba modely VAR(2) a VAR(3) s konstantou a zjišťuje, že dávají velmi podobné výsledky. Proto dále pracuje pouze s modelem VAR(2). Stabilita VAR modelu se potvrdila konstrukcí AR kořenů, které musí být menší než jedna a ležet uvnitř jednotkového kruhu, což bylo splněno. Test kointegrace vysvětluje dlouhodobé vztahy mezi časovými řadami. Výsledkem testu je existence dlouhodobých vztahů mezi danými třemi veličinami, které jsou odhadnuty ve VAR(2) modelu. Robustnost modelu potvrzuje i indikátor R-squared s hodnotami blízkými jedné. Výsledný dlouhodobý vztah těchto veličin je matematicky zapsán v následující rovnici.



$$\begin{bmatrix} L\_SILVER_t \\ L\_GOLD_t \\ L\_USD_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.022766 \\ -0.009390 \\ 0.035081 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.900866 & 0.098740 & -0.097485 \\ 0.000541 & 0.929586 & -0.094371 \\ 0.000933 & 0.006705 & 0.978720 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L\_SILVER_{t-1} \\ L\_GOLD_{t-1} \\ L\_USD_{t-1} \end{bmatrix} \\
+ \begin{bmatrix} 0.096733 & -0.095683 & 0.099443 \\ -0.000342 & 0.070530 & 0.096237 \\ -0.000033 & -0.009347 & 0.016651 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L\_SILVER_{t-2} \\ L\_GOLD_{t-2} \\ L\_USD_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{4t} \end{bmatrix}$$

Výsledný rovnicový model ukazuje, že v období 1986 až 2006 cena stříbra pozitivně koreluje s cenou zlata se zpožděním 1 (koeficient 0,09874) a US Dollar Indexem se zpožděním se zpožděním 2 (koeficient 0,099443). Cena stříbra negativně koreluje s cenou zlata se zpožděním 2 (koeficient -0,095683) a US Dollar Indexem se zpožděním 1 (koeficient -0,097485). To znamená, že pokud současně vzroste cena zlata a poklesne index, zapříčiní to růst ceny stříbra.

V post-krizovém období, tj. 2007 – 2012 autor zvolil VAR(1) model, tedy VAR model se zpožděním 1 a konstantou, který se ukázal jako robustní. Nicméně v další analýze autor došel k závěru, že zde není obecná rovnocennost mezi cenou stříbra, cenou zlata a US Dollar Indexem. Kointegrační analýza v tomto období selhala. Když autor uvážil VAR(2) model, mnoho koeficientů bylo statisticky nevýznamných a model nedostatečně vysvětloval vztahy mezi veličinami.

Vztahy mezi veličinami, které byly nalezeny v období před krizí, v dalším období neplatily. A to ani dlouhodobé ani krátkodobé vztahy. Může to být vysvětleno tím, že globální ekonomická nejistota v období krize zdůrazňovala investorům důležitost zajišťování (hedging). Díky tomu rostla poptávka na trhu se zlatem i stříbrem, rostlo množství spekulantů, kteří zvyšovali volatilitu cen zlata a stříbra dříve než předtím, a vztah mezi cenami daných komodit a US Dollar Indexem oslaboval.

Druhý důvod narušení vztahů mezi veličinami je volatilita US Dollar Indexu v období po krizi, která způsobovala slabší vztah mezi veličinami. V roce 2007 USA a Evropská unie upadly do ekonomické deprese a depreciační USD vůči ostatním měnám v indexu. V důsledku toho index klesal. Nicméně jak se krize šířila do celého světa, depreciovaly i ostatní měny a hlavně kvůli depreciační eura US Dollar Index přirozeně vzrostl. US Dollar Index je spíše vysvětlován jako relativní hodnota dolaru než jeho reálná kupní síla, proto je v post-krizovém období slabý vztah mezi sledovanými veličinami.

Výsledné poznatky Wangovy práce říkají, že cena stříbra je pozitivně korelována s cenou zlata a negativně korelována s US Dollar Indexem. V období 1986 až 2006 je zpozorován dlouhodobý vztah ceny stříbra, zlata a US Dollar Indexu díky VAR modelu. Tento dlouhodobý vztah ale v období 2007 až 2012 vymizel.

Vlastní analýza v programu EViews se snaží zhodnotit korelaci a kointegraci mezi cenou stříbra a US Dollar Indexem v delším časovém období než ve zmíněné studii. Pro analýzu dat byly použity měsíční data spotových cen stříbra LMBA Silver, a US Dollar indexu. Zdrojem byl webový portál [quandl.com](http://quandl.com) a [macrotrends.net](http://macrotrends.net). Časové řady zahrnují období leden 1975 až březen 2019, celkem 530 pozorování. Průběh původních dat je znázorněn v kapitole 1.2.4 na grafu č. 7. Jak bylo řečeno v úvodu třetí části, korelační analýza počítá s výnosy daných časových řad.

**Tabulka 2: Korelační matice - stříbro a US Dollar Index**

|                      | 1975 – 2019 | 1975 – 1984 | 1985 - 2006 | 2007 - 2012 | 2013 - 2019 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Korelační koeficient | - 0,257     | - 0,286     | - 0,125     | - 0,506     | - 0,327     |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Výsledný **korelační koeficient** o hodnotě  $- 0,257$  za celé sledované období potvrzuje subjektivní závěr o negativní korelaci výnosů stříbra a indexu. Z analýzy jednotlivých period korelační koeficient dosahuje podobných hodnot. V období ekonomické krize 2007 až 2012 má korelační koeficient hodnotu  $- 0,506$ , což značí, že v období politických nejistot je negativní vztah mezi veličinami silnější než v obdobích relativní stability trhů.

**Dickey-Fullerův test** jednotkového kořene byl proveden na obou časových řadách pro zjištění výskytu jednotkového kořene, tedy zjištění stacionarity časových řad po  $d$ -té diferenci. Přičemž se snažíme potvrdit nulovou hypotézu o nestacionaritě řad, abychom mohli provést testy kointegrace. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady jsou nestacionární ( $\rho = 1$ )

$H_1$ : časové řady jsou stacionární ( $\rho < 1$ )

Aplikací testu na dané časové řady bylo zjištěno, že obě časové řady jsou stacionární po první diferenci, tudíž jsou integrované řádu 1,  $I(1)$ .

**Johansenův test kointegrace** v programu EViews byl použit pro zjištění dlouhodobých kointegračních vztahů navzdory stacionaritě obou časových řad. Jak bylo

popsáno v teoretické části, Johansen sestrojil dvě verze testů, přičemž u obou testů je žádoucí zamítnout nulovou hypotézu na určené hladině významnosti (zde 5 %), aby se prokázala existence kointegračních vztahů mezi cenami zlata a stříbra. Pro data připouštíme předdefinovaný lineární deterministický trend, pro kointegrované vztahy v modelu připouštíme konstantu bez trendu a maximálně 4 zpoždění endogenních proměnných pro daný test. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady nejsou kointegrované ( $r = 0$ )

$H_1$ : časové řady jsou kointegrované ( $r \neq 0$ )

**Tabulka 3: Johansenův test kointegrace stříbra a US Dollar Indexu**

| <b>První Johansenův test (Trace)</b>              |                                     |                             |                                |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Trace statistika</b>     | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,001117                            | 14,0566                     | 15,4947                        | 0,0814                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,000284                            | 2,8518                      | 3,8415                         | 0,0913                 |
| <b>Druhý Johansenův test (Maximum Eigenvalue)</b> |                                     |                             |                                |                        |
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Max-Eigen statistika</b> | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,001117                            | 11,2048                     | 14,2646                        | 0,1442                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,000284                            | 2,8518                      | 3,8415                         | 0,0913                 |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Z hodnot Johansenových testů vyčteme totožné závěry. Nulová hypotéza o nepřítomnosti kointegračního vztahu mezi časovými řadami ( $r = 0$ ) nemohla být zamítnuta. Testové statistiky (Trace statistika a Max-Eigen statistika) nepřesáhly své kritické hodnoty pro zamítnutí nulové hypotézy na zvolené hladině významnosti 5 %. A to i v případě testování alternativní hypotézy. To znamená, že podle obou testů nebyl nalezen žádný kointegrační vztah mezi cenou stříbra a US Dollar Indexem na hladině významnosti 5 %.

### **Výsledky analýzy**

Za celé sledované období (1975 – 2019) byla zpočtena negativní korelace mezi výnosy cen stříbra a US Dollar Indexem s korelačním koeficientem – 0,257. Nejsilnější korelace byla naměřena v období hospodářské krize (2007 – 2012), kdy koeficient dosáhl hodnoty - 0,506, tj. středně silná korelace. V posledním období korelace opět zeslábla. Analyzované časové řady byly shledány integrovanými řádu 1,  $I(1)$ . Z kointegrační analýzy vyplývá, že mezi cenou stříbra a indexem nebyl nalezen dlouhodobý kointegrační

vztah na 5% hladině významnosti, Je důležité si uvědomit, že hodnota dolarového indexu má spojitost dalšími faktory jako například kupní silou měn zahrnutých do výpočtu US Dollar Indexu, zejména kurz eura, které má ve výpočtu indexu nadpoloviční podíl. Nelze tedy při predikci dalšího vývoje ceny stříbra zohlednit pouze negativní korelaci tohoto indexu, vhodnější je zahrnout další sledované fundamentální faktory.

### 3.1.2 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. zlato

Vztah cen zlata a stříbra je podnětem mnoha studií. Escibano, Granger (1998) potvrdili dlouhodobý dynamický vztah ve vývoji spotových cen zlata a stříbra mezi lety 1971 – 1990, který je užitečný hlavně pro predikci budoucího vývoje časových řad. Pomocí lineární regrese a nelineárního modelu korekce chyb (Error Correction Model), našli silnou pozitivní kointegraci daných cen, zejména v období cenové bubliny na přelomu roku 1980. Tato studie byla oporou pro další zkoumání dané problematiky pro mnoho odborníků. Ciner (2001) testoval jejich výsledky pomocí Johansenových kointegračních testů, kde potvrdil tvrzení, že v dlouhodobém vztahu mezi danými kovy nastal v 90. letech bod zlomu („break down“)<sup>41</sup>.

Na výsledky studie Escibana a Grangera (1998) navazují Baur a Tran (2014)<sup>42</sup>, kteří jejich analýzu rozšířili o vlivy cenových bublin a finančních krizí na ceny zlata a stříbra a kointegrační analýzu. V uvažovaném období leden 1970 až červenec 2011 (celkem 499 pozorování) pracovali s daty spotových cen konkrétně Gold Bullion US dollar (GOLDBLN) a Silver Fix cash US dollar (SLVCASH). Autoři potvrdili dlouhodobý kointegrovaný vztah mezi vývojem cen zlata a stříbra za použití vektorového error-correction modelu. Model korekce chyby (ECM) se často používá v případě, kdy mezi podkladovými proměnnými existuje dlouhodobý kointegrační vztah. Model je vhodný pro odhadování jak krátkodobých, tak i dlouhodobých účinků jedné časové řady na jiné.

V prvním kroku bylo testováno a následně potvrzeno, že ceny zlata a stříbra, stejně tak ceny v logaritmickém tvaru, jsou nestacionární, tedy integrované řádu jedna, I(1). Na základě nestacionarity dat byl odhadnut kointegrační regresní model rovnováhy pro cenu zlata:

$$GP_t = c + \beta SP_t + \gamma X_t + Z_t$$

---

<sup>41</sup> Ciner, C. (2001): *On the long run relationship between gold and silver prices: A note*. Global Finance Journal, 12(2): 299 – 303

<sup>42</sup> Baur, D. G., Tran, D. T. (2014). *The long-run relationship of gold and silver and the influence of bubbles and financial crises*. Empirical Economics, s. 1 – 17

kde  $GP$  je cena zlata v čase  $t$ ,  $SP$  je cena stříbra v čase  $t$ ,  $X$  je matice období finančních krizí za určitých podmínek interakce s daty,  $Z_t$  je chybová složka.

Model byl sestaven se zahrnutím období cenové bubliny 1980, se zahrnutím období finanční krize v roce 2008, období cenového výkyvu na přelomu roku 2010 a 2011, a také bez těchto šoků. V daných scénářích je specifikováno, zda model počítá s interakcí daného období či nikoliv a jaké proměnné používá. Situace byly testovány Dickey-Fuller testem na přítomnost jednotkového kořene, a to v základní podobě, s konstantou, a ve verzi s konstantou i trendem.

Výsledky D-F testů pro první model bez interakcí cenové bubliny (1980) a finanční krize (2008) ukazují stacionaritu reziduí a vztah mezi zlatem a stříbrem je prezentován koeficientem  $\beta = 0,392$  jako statisticky významným. V druhém modelu zahrnující cenovou bublinu (1980) i finanční krizi (2008) testy též značí stacionaritu reziduí a podporují tvrzení, že jsou ceny zlata a stříbra kointegrované. Koeficient  $\beta = 0,358$  se příliš neodlišuje od předchozí situace a jeho kladná hodnota značí pozitivní dlouhodobý vztah. Ve třetím modelu, který zahrnuje vliv finanční krize (2008) a cenový výkyv (2011), koeficienty opět potvrzují pozitivní vztah.

Dynamika vztahu daných proměnných v rovnovážném stavu je popsána prostřednictvím Error-Correction modelu s konstantou:

$$GP_t = c + \alpha_1 DB_t + \alpha_2 DC_t + \alpha_3 D04_t + \beta SP_t + Z_t$$

kde  $DB$ ,  $DC$ ,  $D04$  znamenají vliv sledovaných situací jednotlivě v letech 1980, 2008, a 2011.

Vztah mezi danými proměnnými, když se nachází mimo rovnovážný stav, je popsán dvěma rovnicemi modelu ECM:

$$\begin{aligned}\Delta GP_t &= \sum_{i=1}^{12} \beta_{1,i} \Delta GP_{t-i} + \sum_{i=1}^{12} \beta_{1,12+i} \Delta SP_{t-i} + f(Z_t) \\ \Delta SP_t &= \sum_{i=1}^{12} \beta_{2,i} \Delta GP_{t-i} + \sum_{i=1}^{12} \beta_{2,12+i} \Delta SP_{t-i} + f(Z_t)\end{aligned}$$

V tomto případě je chybová složka  $Z_t$  vyjádřena funkcí, aby modelovala možný nelineární efekt chybové složky na ceny zlata a stříbra.

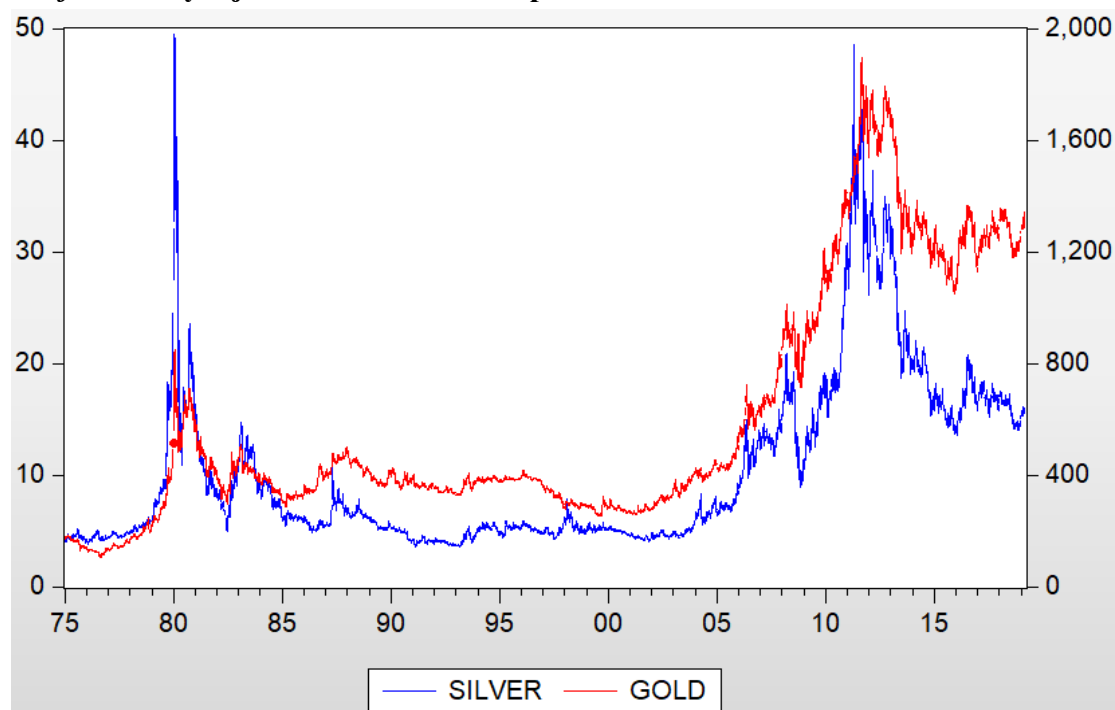
Modelem ECM byly modelovány různé scénáře. V závěru byl nalezen téměř neměnný rovnovážný stav, který implikuje dlouhodobý vztah napříč uvažovanými modely. Díky Grangerovy kauzality bylo potvrzeno, že cena zlata významně ovlivňuje cenu stříbra, avšak opačná implikace neplatí. Na základě vypočtených koeficientů

v různých zpožděních, výsledků modelu ECM a Grangerovy kauzality lze shrnout tyto závěry o vztahu cen stříbra a zlata:

- Všechny modely predikují, že současný růst cen stříbra bude mít dopad na růst cen zlata i cen stříbra v příštím měsíci. Zároveň růst cen zlata bude mít za následek budoucí pokles cen zlata i stříbra.
- Cena zlata hraje významnou roli v dlouhodobém vývoji ceny stříbra, nicméně tyto dva kovy nelze považovat za substituty při zajišťování proti stejným druhům rizika, a to zejména proto, že každý z nich má odlišné ekonomické využití.
- V popisu dlouhodobých vztahů mezi danými časovými řadami je důležité pracovat s nelineárními strukturami modelu ECM, obzvláště během období významných cenových výkyvů.<sup>43</sup>

Vlastní analýza zkoumá vztah časových řad londýnských fixních spotových cen zlata LMBA Gold, a stříbra LMBA Silver z webového portálu quandl.com. Denní data zahrnují období od 1.1.1975 do 1.3.2019, celkem tedy 10 940 pozorování, jež znázorňuje graf č. 12.

**Graf č. 12: Vývoj cen zlata a stříbra – původní data**



Zdroj: vlastní zpracování v EViews

<sup>43</sup> Baur, D. G., Tran, D. T. (2014). *The long-run relationship of gold and silver and the influence of bubbles and financial crises*. Empirical Economics, s. 1–17

**Tabulka 4: Korelační matice - stříbro a zlato**

|                      | 1975 – 2019 | 1975 – 1984 | 1985 - 2006 | 2007 - 2012 | 2013 - 2019 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Korelační koeficient | 0,357       | 0,716       | 0,116       | - 0,023     | 0,022       |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Výsledný **korelační koeficient** o hodnotě 0,357 za celé sledované období značí středně silný pozitivní vztah mezi výnosy stříbra a zlata. Nejsilnější pozitivní lineární závislost na výnosech (0,716) vyšla v období zahrnující cenovou bublinu kolem roku 1979. Naproti tomu v období ekonomické krize v období 2007 až 2012 výnosy komodit vykazují bezvýznamnou, a dokonce zápornou hodnotu korelačního koeficientu – 0,023. Nízká korelace může být vysvětlena odlišnou citlivostí na exogenní šoky, anebo vyšší poptávkou po zlatě v období nejistot v porovnání se stříbrem, jež bylo zmíněno v kapitole 1.2.4. V poslední subperiodě vykazuje korelace též nepodstatných hodnot.

**Dickey-Fullerův test** jednotkového kořene byl proveden na obou časových řadách pro zjištění stacionarity časových řad. Snažíme se potvrdit nulovou hypotézu o nestacionaritě řad, abychom mohli provést testy kointegrace. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady jsou nestacionární ( $\rho = 1$ )

$H_1$ : časové řady jsou stacionární ( $\rho < 1$ )

Aplikací testu na dané časové řady bylo zjištěno, že obě časové řady mají jednotkový kořen, jsou stacionární po první diferenci a to s rovnicemi bez trendu a bez konstanty. Obě časové řady jsou tedy integrované řádu 1,  $I(1)$ . Má smysl testovat jejich kointegraci.

**Johansenův test kointegrace** v programu EViews byl použit pro zjištění dlouhodobých kointegračních vztahů. Jak bylo popsáno v teoretické části, Johansen sestrojil dvě verze testů, přičemž u obou testů je žádoucí zamítnout nulovou hypotézu na určené hladině významnosti (zde 5 %), aby se prokázala existence kointegračních vztahů mezi cenami zlata a stříbra. Pro data připouštíme předdefinovaný lineární deterministický trend, pro kointegrované vztahy v modelu připouštíme konstantu bez trendu a maximálně 4 zpoždění endogenních proměnných pro daný test. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady nejsou kointegrované ( $r = 0$ )

$H_1$ : časové řady jsou kointegrované ( $r \neq 0$ )

**Tabulka 5: Johansenův test kointegrace zlata a stříbra**

| <b>První Johansenův test (Trace)</b>              |                                     |                             |                                |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Trace statistika</b>     | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,002994                            | 30,2926                     | 15,4947                        | 0,0002                 |
| $r \leq 1$                                        | 2,35E-0,5                           | 0,2353                      | 3,8415                         | 0,6276                 |
| <b>Druhý Johansenův test (Maximum Eigenvalue)</b> |                                     |                             |                                |                        |
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Max-Eigen statistika</b> | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,002994                            | 30,2926                     | 14,2646                        | 0,0001                 |
| $r \leq 1$                                        | 2,35E-05                            | 0,2353                      | 3,8415                         | 0,6276                 |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Oba Johansenovy testy kointegrace v tomto případě podávají stejné závěry s téměř stejnými hodnotami. Testy se snaží zamítnout nulovou hypotézu, která tvrdí, že mezi časovými řadami neexistuje žádný kointegrační vztah ( $r = 0$ ). Trace statistika přesáhla kritickou hodnotu pro zamítnutí nulové hypotézy na zvolené hladině významnosti 5 %. To znamená, že zamítáme tvrzení nulové hypotézy na hladině významnosti 5 %. Totéž Max-Eigen statistika. Alternativní hypotézu o přítomnosti maximálně jednoho kointegračního vztahu ( $r \leq 1$ ) potvrzujeme díky hodnotám Trace statistiky a Max-Eigen statistiky, které nepřesáhly kritickou hodnotu pro její zamítnutí na hladině významnosti 5 %.

### **Výsledky analýzy**

Korelace mezi výnosy stříbra a zlata dosahuje slabší hodnoty 0,357, nicméně při bližším pozorování kratších časových intervalů je korelace značně rozdílná. Nejsilnější korelace (0,716) byla nalezena během období kolem roku 1979, naproti tomu v období 2007 až 2012 dosahovala korelace slabě záporných hodnot -0,023 a v poslední době jsou hodnoty též bezvýznamné. Odůvodnění může podat odlišná citlivost stříbra a zlata na exogenní šoky nebo vyšší poptávka po zlatě v období nejistot v porovnání se stříbrem. Testy kointegrace lze shrnout, že mezi cenou zlata a stříbra byl nalezen vzájemný vztah. Dickey-Fullerův test ukázal přítomnost jednotkových kořenů, obě analyzované časové řady jsou integrované řádu 1,  $I(1)$ . Z kointegrační analýzy Johansenovy metodologie plyne existence jednoho kointegračního vztahu na 5% hladině významnosti. Vlastní analýza se shoduje se závěry předchozí studie o korelaci a kointegraci daných kovů.



### 3.1.3 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. S&P 500

Analýza vztahu mezi vývojem cen stříbra a vývojem akciového trhu byla provedena na základě tvrzení, že vzácné kovy, včetně stříbra, jsou považovány za „bezpečný přístav“ („*save haven*“) pro investory v dobách ekonomické nejistoty a finančních krizí. Bezpečný přístav je odborníky definován jako aktivum, které vykazuje nulovou nebo zápornou korelaci s jinými aktivy (př. akcie), nebo portfoliem aktiv, ve stresovém období na trhu. Vzácné kovy jsou považovány za bezpečný přístav zejména pro jejich specifické užití. Nejvíce jsou poptávány pro průmyslové využití, šperkařství nebo jako měnový prostředek a rezervy centrálních bank (zejména zlato). V historii se na seznamu bezpečného přístavu zapsalo mnoho druhů aktiv, ať už vládní cenné papíry USA, Ruska, Německa, z měn byl preferován americký dolar, německá marka, švýcarský frank, euro, nebo japonský yen. V 80. a 90. letech byla velice poptávaná americká aktiva a americký dolar.

Lucey a Li (2015) sestavili model pro vysvětlení dynamického vztahu mezi akciovým trhem a cenou stříbra. Akciový trh je zde zastoupen akciovým indexem S&P 500 a stříbro jako výnosy vypočtené z futures cen. Denní data z burzy NYMEX za období 1989 až 2013, celkem 6124 pozorování. Autoři sestrojili sofistikovaný model dynamické podmíněné korelace (Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH Model), jež se skládá z jednoduché regresní rovnice pro analýzu chování výnosů jednotlivých aktiv v průběhu ekonomické krize, a pro určení, zda se dané aktivum chová jako bezpečný přístav. GARCH model (1,1) byl použit pro vysvětlení variability. Pro testování výnosů stříbra jako bezpečného přístavu v období krize vypadá model následovně:

$$(1) \quad r_{silver,t} = \alpha + b_t r_{stock,t} + e_t$$

$$(2) \quad b_t = c_0 + c_1 D(r_{stock} q_5) + c_2 D(r_{stock} q_{2,5}) + c_3 D(r_{stock} q_1)$$

V rovnici (1) je modelován vztah mezi výnosem z cen stříbra (vysvětlovaná proměnná  $r_{silver,t}$ ) a výnosem z akcií (vysvětlující proměnná  $r_{stock,t}$ ) v čase  $t$ ,  $\alpha$  a  $b_t$  jsou odhadované parametry. Parametr  $b_t$  je modelován jako dynamický proces dle rovnice (2), kde  $c_0$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  jsou opět odhadované parametry,  $D$  značí dummy variables, signalizující extrémní pohyb na akciovém trhu.  $D(r_{stock} q_x) = \begin{cases} 1, & \text{když } r_{stock,t} < r_{stock} q_x \\ 0, & \text{když } r_{stock,t} \geq r_{stock} q_x \end{cases}$ , přičemž

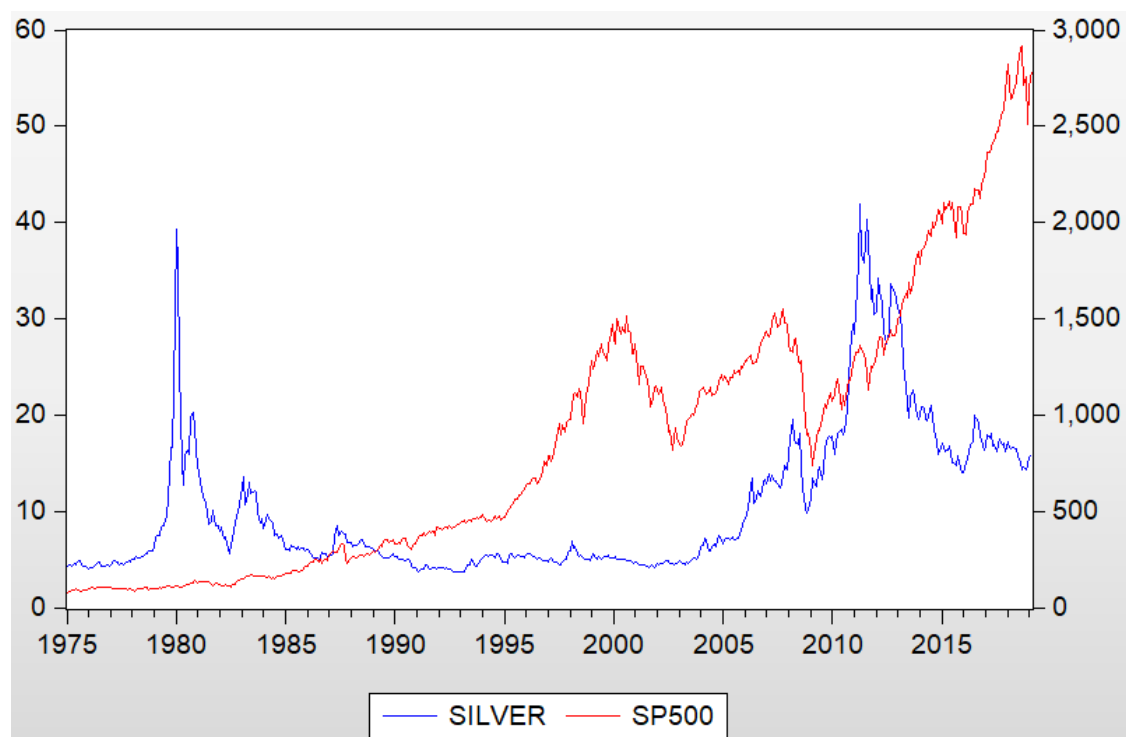
$r_{stock} q_x = x\%$  hranice daná 5%, 2,5%, 1% kvantilem pravděpodobnostního rozdělení výnosu. Výstupy regresních rovnic lze charakterizovat následovně. Pokud jsou parametry v rovnici (2) záporné nebo rovny nule, pak se stříbro považuje za slabý bezpečný přístav.

Pokud jsou parametry negativní a statisticky významné, pak je stříbro považováno za silný bezpečný přístav.

Výsledky naznačují dlouhodobou kladný regresní vztah mezi výnosy stříbra a indexu S&P 500. Při rozdělení analýzy na čtvrtletí bylo zjištěno, že stříbro bylo bezpečným přístavem ihned po globální finanční krizi ve čtvrtém kvartálu 2009 (Q4 2009) a v prvním kvartálu 2010 (Q1 2010). To znamená, že pouze v těchto kvartálech byly parametry modelu záporné. V porovnání s délkou sledovaného období (24 let) je stříbro bezpečným přístavem poměrně krátkou dobu. Nelze ho tedy považovat za ideální alternativu akciových trhů v období ekonomických nejistot.<sup>44</sup>

Vlastní analýza v programu EViews zahrnuje porovnání denních dat spotových cen stříbra a akciového indexu S&P 500. Zdrojem dat byl portál quandl.com a finance.yahoo.com. Časové řady byly zhodnoceny za celé sledované období 1. 1. 1975 až 1. 3. 2019, celkem tedy 10 941 pozorování, a následně za kratší časové intervaly, pro zhodnocení korelací v obdobích ekonomické stability a hospodářských krizí.

**Graf č. 13: Vývoj ceny stříbra a S&P 500 – původní data**



Zdroj: vlastní zpracování v EViews na základě dat z quandl.com a finance.yahoo.com

<sup>44</sup> Lucey, B. M., Li, S. (2015): *What precious metals act as safe havens, and when? Some US evidence*. Applied Economics Letters, 22 (1): 35 – 45

**Tabulka 6: Korelační matice - stříbro a S&P 500**

|                      | 1975 – 2019 | 1975 – 1984 | 1985 - 2006 | 2007 - 2012 | 2013 - 2019 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Korelační koeficient | - 0,008     | 0,017       | - 0,038     | 0,004       | 0,028       |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Graf č. 13 ilustruje vývoj daných časových řad ve sledovaném období v původních spotových cenách. Na základě propočtů korelačních koeficientů na datech ve tvaru výnosů byla zjištěna nevýznamná korelace, korelační koeficienty se pohybují blízko nuly. Za celkové období dosahuje korelační koeficient hodnoty - 0,008. Dle výsledků lze shrnout korelační vztah mezi výnosy stříbra a výnosy indexu S&P 500 jako neutrální, jelikož hodnoty korelačních koeficientů jsou velmi blízké nule. Důvodem může být absolutně odlišné chování trhu stříbra od akciových trhů. Jak bylo v první části práce uvedeno, největší hybnou silou pro cenu stříbra je poptávka ze strany producentů a zpracovatelský průmysl, kdežto akciový trh se odvíjí od poptávky investiční.

**Dickey-Fullerův test** zjišťuje stacionaritu časových řad a řád integrace časových řad. Testujeme platnost nulové hypotézy o nestacionaritě řad, abychom mohli provést testy kointegrace. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady jsou nestacionární ( $\rho = 1$ )

$H_1$ : časové řady jsou stacionární ( $\rho < 1$ )

Aplikací testu na dané časové řady bylo zjištěno, že obě časové řady mají jednotkový kořen, jsou stacionární po první diferenci, a to s rovnicemi bez trendu a bez konstanty. Obě časové řady jsou integrované řádu 1, tedy typu  $I(1)$ . Dále můžeme testovat jejich kointegraci.

**Johansenův test kointegrace** v programu EViews aplikovaný na ceny stříbra a S&P 500 opět zahrnuje dvě verze, Trace a Maximum Eigenvalue. Cílem je zjistit, zda jsou veličiny kointegrované, tedy při zamítnutí nulové hypotézy na určené hladině významnosti (zde 5 %) test prokáže existence kointegračních vztahů mezi cenou stříbra a akciovým indexem. Specifikace testu byly stejné jako v případě testování kointegrace zlata a stříbra. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady nejsou kointegrované ( $r = 0$ )

$H_1$ : časové řady jsou kointegrované ( $r \neq 0$ )

**Tabulka 7: Johansenův test kointegrace stříbra a S&P 500**

| <b>První Johansenův test (Trace)</b>              |                                     |                             |                                |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Trace statistika</b>     | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,00123                             | 12,8535                     | 15,4947                        | 0,1203                 |
| $r \leq 1$                                        | 5,19E-0,5                           | 0,5203                      | 3,8415                         | 0,4707                 |
| <b>Druhý Johansenův test (Maximum Eigenvalue)</b> |                                     |                             |                                |                        |
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Max-Eigen statistika</b> | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,00123                             | 12,3332                     | 14,2646                        | 0,0987                 |
| $r \leq 1$                                        | 5,19E-0,5                           | 0,5203                      | 3,8415                         | 0,4707                 |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Podobné hodnoty obou Johansenových testů dávají stejné závěry. Při hodnotě tvrzení, že mezi časovými řadami neexistuje žádný kointegrační vztah ( $r = 0$ ). Testové statistiky nepřesáhly své kritické hodnoty pro zamítnutí nulové hypotézy na zvolené hladině významnosti 5 %. A to v případě obou testovaných hypotéz. To znamená, že podle obou testů nebyl nalezen žádný kointegrační vztah mezi cenou stříbra a indexem S&P 500 na hladině významnosti 5 %.

### **Výsledky analýzy**

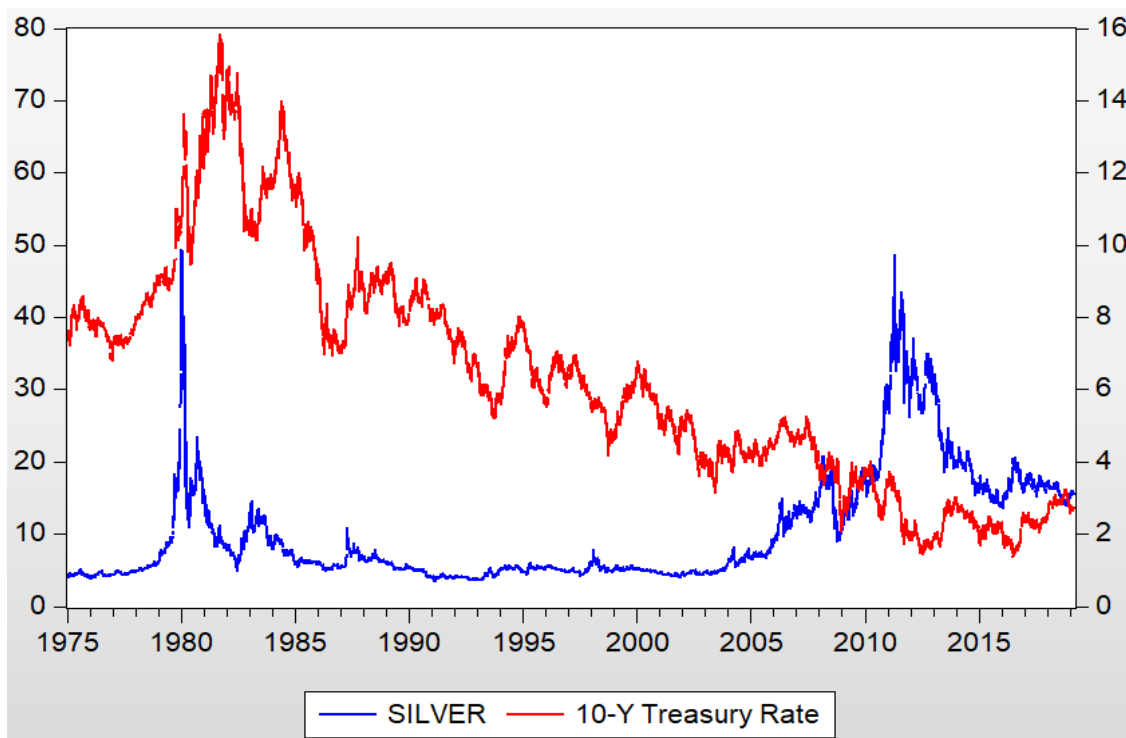
Téměř nulové hodnoty korelačního koeficientu během celého sledovaného období naznačují, že mezi výnosy stříbra a indexem S&P 500 byla nalezena nevýznamná až nulová korelace. Na základě testů kointegrace lze shrnout, že mezi spotovou cenou stříbra a S&P 500 nebyl nalezen žádný dlouhodobý kointegrační vztah na 5% hladině významnosti, přičemž časové řady jsou integrované řádu 1,  $I(1)$ . Neexistence kointegračního vztahu mezi veličinami a velmi slabá korelace ukazuje, že spolu veličiny významně nesouvisí. Trhy mají odlišné charakteristiky a nelze tvrdit, že by docházelo k jednoznačnému přesunu investiční poptávky mezi akciovým trhem a trhem stříbra, například na základě aktuální ekonomické situace. Výsledky přiložené studie ukazují na dlouhodobě pozitivní vztah mezi veličinami, avšak z důvodu použití jiných metod nelze jednoznačně porovnat, jak silný daný vztah je.

### **3.1.4 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. US Treasury Rate**

Dalším zkoumaným aspektem je vztah mezi cenou stříbra a dluhopisovým trhem. V této práci je dluhopisový trh zastoupen úrokovou sazbou amerických vládních dluhopisů. Konkrétně byla zvolena úroková sazba desetiletých vládních dluhopisů USA s konstantní dobou splatnosti (10-Year Treasury Constant Maturity Rate). Byla zvolena desetiletá splatnost z důvodu dlouhodobého pohledu na vztah mezi veličinami. Zastoupení cen stříbra je opět časová řada spotových cen stříbra (LBMA Silver Price, London Fixing). Zdrojem dat je webový portál [quandl.com](http://quandl.com). Byla použita denní data za období 1. 1. 1975 až 1. 3. 2019, celkem 10 827 pozorování.

Zvolená dlouhodobá sazba státních dluhopisů úzce souvisí se základní sazbou Fed Funds Rate, která byla popsána v první části práce, v kapitole 1.2.2. Obě úrokové sazby mají velmi podobný vývoj, jelikož Fed Funds Rate je základem pro stanovení desetileté úrokové sazby dluhopisů. Lze předpokládat, že i dluhopisová úroková sazba bude mít inverzní vztah k ceně stříbra, z důvodu odlišnosti investičních preferencí investorů a záměrů monetární politiky USA, jež se nízkými dluhopisovými sazbami podporuje ekonomickou aktivitu, což může zapříčinit pokles investiční poptávky. Na druhou stranu podpora ekonomické aktivity vede k rozvoji těžebního průmyslu, který je hlavním hybatelem ceny stříbra. Z grafu č. 14 je vidět, že od roku 1981 sazby dlouhodobých státních dluhopisů vykazují klesající trend, nicméně v posledních 3 letech (od r. 2016) sazby pomalu rostou oproti klesajícím cenám stříbra.

**Graf č. 14: Vývoj ceny stříbra a 10-Y Treasury Rate – původní data**



*Zdroj: vlastní zpracování v EViews na základě dat z quandl.com*

**Tabulka 8: Korelační matice - stříbro a 10-Y Treasury Rate**

|                      | 1975 – 2019 | 1975 – 1984 | 1985 - 2006 | 2007 - 2012 | 2013 - 2019 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Korelační koeficient | 0,022       | 0,020       | 0,024       | 0,052       | - 0,024     |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

**Korelační analýza** ukazuje velmi slabou korelaci mezi výnosy stříbra a výnosy úrokových sazeb za celé sledované období 1975 až 2019, kde korelační koeficient má hodnotu 0,022. Při pohledu na kratší časové intervaly je vidět, že korelační koeficienty jsou téměř konstantní, slabé, v kladných hodnotách. V posledním období nám nejbližší, 2013 až 2019, je korelace slabě záporná, koeficient má hodnotu – 0,024. Podobně jako akciový trh se i dluhopisový trh vyvíjí na základě odlišných faktorů než trh stříbra a korelace mezi těmito trhy není významná.

**Dickey-Fullerův test** jednotkového kořene určuje řád integrace časových řad na základě testování jejich stacionarity. Testujeme platnost nulové hypotézy o estacionaritě řad, abychom mohli provést testy kointegrace. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady jsou nestacionární ( $\rho = 1$ )

$H_1$ : časové řady jsou stacionární ( $\rho < 1$ )

Aplikací testu na dané časové řady bylo zjištěno, že obě časové řady mají jednotkový kořen, jsou stacionární po první diferenci, a to s rovnicemi bez trendu a bez konstanty. Obě časové řady jsou typu  $I(1)$ . Přejdeme na testování jejich kointegračních vztahů.

**Johansenovy testy kointegrace** pro cenu stříbra a 10-Y Treasury Rate byly opět použity pro zjištění dlouhodobého vztahu mezi veličinami. Pro připomenutí, při zamítnutí nulové hypotézy na určené hladině významnosti (5 %) test prokáže přítomnost kointegračních vztahů mezi cenou stříbra a úrokovou sazbou dluhopisů. Specifikace testu byly stejné jako v případě testování předchozích dvojic. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady nejsou kointegrované ( $r = 0$ )

$H_1$ : časové řady jsou kointegrované ( $r \neq 0$ )

**Tabulka 9: Johansenův test kointegrace stříbra a 10-Y Treasury Rate**

| <b>První Johansenův test (Trace)</b>              |                                     |                             |                                |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Trace statistika</b>     | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,001037                            | 9,6428                      | 15,4947                        | 0,3092                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,000158                            | 1,2737                      | 3,8415                         | 0,2591                 |
| <b>Druhý Johansenův test (Maximum Eigenvalue)</b> |                                     |                             |                                |                        |
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Max-Eigen statistika</b> | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,001037                            | 8,3691                      | 14,2646                        | 0,3424                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,000158                            | 1,2737                      | 3,8415                         | 0,2591                 |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Kointegrační analýza dle Johansenových testů neuspěla při nalezení kointegračních vztahů mezi veličinami. Nulová hypotéza o neexistenci kointegračních vztahů časových řad nebyla zamítnuta, protože ani jedna testová statistika nepřekročila kritickou hodnotu na dané hladině významnosti 5 %.

### **Výsledky analýzy**

Vlastní analýza ukazuje velmi slabou korelaci mezi časovými řadami výnosů stříbra a úrokovou sazbou desetiletých amerických státních dluhopisů. Za celé sledované období 1975 až 2019 je korelační koeficient roven hodnotě 0,022. Ve sledovaných kratších intervalech byla korelace obdobná, a v posledním období ekonomické stability mezi lety 2013 až 2019 lze sledovat zápornou korelaci, též velmi slabou, korelační koeficient měl zde hodnotu  $-0,024$ . Časové řady jsou typu  $I(1)$ , tedy integrované řádu 1, avšak kointegrační analýza neukazuje žádný dlouhodobý vztah mezi časovými řadami na 5 %

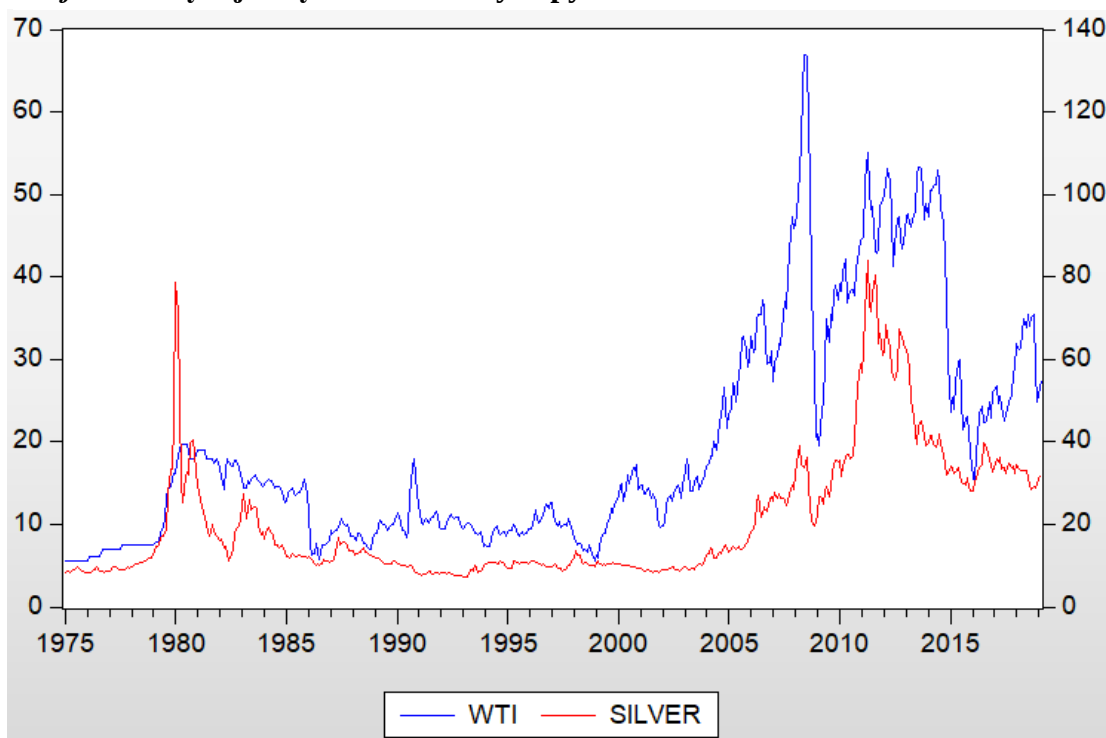
hladině významnosti. Proto lze uzavřít analýzu tvrzením, že trh stříbra a trh dluhopisů nejsou navzájem propojeny, byla naměřena velmi slabá korelace v dlouhém období a žádný kointegrační vztah.

### 3.1.5 Korelační a kointegrační analýza stříbra vs. ropa

Mnoho zdrojů uvádí existenci určité propojenosti mezi cenou stříbra a cenou ropy. Většina studií nalézá pozitivní korelaci mezi veličinami. K tomu přispívá fakt, že poptávka po obou komoditách je z velké části sestavena z průmyslové výroby a zpracování. Stříbro i ropa jsou nejčastěji denominovány v americkém dolaru (USD), a pokud kurz dolaru roste, poptávka po stříbře a ropě klesá, jelikož je investoři považují za dražší než aktiva denominovaná v jiných měnách. Dále je vzájemný vztah možný vysvětlit pomocí inflace. Ceny obou komodit budou růst společně s inflací, díky jejich průmyslové poptávce, která je závislá na globální ekonomické situaci.<sup>45</sup>

Pro analýzu byla použita měsíční data z portálu [quandl.com](https://www.quandl.com), pro stříbro opět spotové ceny LBMA Silver London Fixing, a pro spotovou cenu ropy Spot Crude Oil Price: West Texas Intermediate (WTI). Sledované období je 1975 – 2019, celkem tedy 530 pozorování. Vývoj cen je zobrazen na grafu č. 15.

**Graf č. 15: Vývoj ceny stříbra a ceny ropy**



Zdroj: vlastní zpracování v EViews na základě dat z [quandl.com](https://www.quandl.com)

<sup>45</sup> Reboredo, J. C., Ugolini, A. (2016): *The impact of downward/upward oil price movements on metal prices*. Resources Policy, 49: 129 – 141



**Tabulka 10: Korelační matice - stříbro a ropa**

|                      | 1975 – 2019 | 1975 – 1984 | 1985 - 2006 | 2007 - 2012 | 2013 - 2019 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Korelační koeficient | 0,129       | 0,091       | 0,079       | 0,395       | 0,075       |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Výsledný **korelační koeficient** za celé sledované období, počítaný na výnosech stříbra a ropy, je roven 0,129. Shoduje se tak závěry předchozích studií o pozitivní korelaci daných veličin. Korelace v jednotlivých časových periodách zůstává stále pozitivní a slabá. Nejsilnější vztah je sledován v období hospodářské krize mezi lety 2007 až 2012, kdy korelační koeficient dosáhl hodnoty 0,395. V období po krizi až po současnost je korelace opět nevýznamná.

**Dickey-Fullerův test** jednotkového kořene byl použit pro stanovení řádu integrace časových řad na základě testování jejich stacionarity. Testujeme platnost nulové hypotézy o nestacionaritě řad, abychom přešli k dalším testům. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady jsou nestacionární ( $\rho = 1$ )

$H_1$ : časové řady jsou stacionární ( $\rho < 1$ )

Aplikací testu na dané časové řady bylo zjištěno, že i tato dvojice časových řad má jednotkový kořen, jsou stacionární po první diferenci, a to s rovnicemi bez trendu a bez konstanty. Obě časové řady jsou typu  $I(1)$ . Testování jejich kointegrace má smysl.

**Johansenův test kointegrace** v programu EViews byl použit pro zjištění dlouhodobých kointegračních vztahů. Jak bylo popsáno v teoretické části, Johansen sestrojil dvě verze testů, přičemž u obou testů je žádoucí zamítnout nulovou hypotézu na určené hladině významnosti (zde 5 %), aby se prokázala existence kointegračních vztahů mezi cenami zlata a stříbra. Pro data připouštíme předdefinovaný lineární deterministický trend, pro kointegrované vztahy v modelu připouštíme konstantu bez trendu a maximálně 4 zpoždění endogenních proměnných pro daný test. Testované hypotézy jsou:

$H_0$ : časové řady nejsou kointegrované ( $r = 0$ )

$H_1$ : časové řady jsou kointegrované ( $r \neq 0$ )

**Tabulka 11: Johansenův test kointegrace stříbra a ropy**

| <b>První Johansenův test (Trace)</b>              |                                     |                             |                                |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Trace statistika</b>     | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,033922                            | 22,1890                     | 15,4947                        | 0,0042                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,007724                            | 4,0709                      | 3,8415                         | 0,0436                 |
| <b>Druhý Johansenův test (Maximum Eigenvalue)</b> |                                     |                             |                                |                        |
| <b>Nulová hypotéza</b>                            | <b>Vlastní hodnota (Eigenvalue)</b> | <b>Max-Eigen statistika</b> | <b>Kritická hodnota (0,05)</b> | <b>p-value (Prob.)</b> |
| $r = 0$                                           | 0,033922                            | 18,1182                     | 14,2646                        | 0,0117                 |
| $r \leq 1$                                        | 0,007724                            | 4,0709                      | 3,8415                         | 0,0436                 |

*Zdroj: vlastní zpracování v EViews*

Oba Johansenovy testy kointegrace zde dávají stejné závěry s téměř stejnými hodnotami. Testy zamítly nulovou hypotézu, která tvrdí, že mezi časovými řadami neexistuje žádný kointegrační vztah ( $r = 0$ ). Trace statistika přesáhla kritickou hodnotu pro zamítnutí tvrzení nulové hypotézy na zvolené hladině významnosti 5 %, stejně tak Max-Eigen statistika. Z toho plyne, že zamítáme tvrzení nulové hypotézy a potvrzujeme přítomnost jednoho kointegračního vztahu mezi časovými řadami na hladině významnosti 5 %.

### **Výsledky analýzy**

Korelační analýza potvrzuje pozitivní vztah mezi výnosy stříbra a ropy. Dlouhodobě byla nalezena pozitivní a slabá korelace s korelačním koeficientem 0,129. Silnější korelaci lze mezi veličinami pozorovat v období hospodářské krize mezi lety 2007 až 2012, kdy koeficient dosáhl hodnoty 0,395. V dalším období je korelace opět slabá. Časové řady jsou integrované po první diferenci, typu  $I(1)$ . Johansenovy testy kointegrace potvrdily mezi veličinami existenci kointegračního vztahu na 5% hladině významnosti.

#### **3.1.6 Vliv markoeconomických zpráv**

Dalším důležitým faktorem, který je pozorován pro svůj potenciální vliv na cenu stříbra je zveřejňování makroekonomických zpráv. Znalost těchto vztahů pomůže investorům při řízení rizika svých investičních portfolií. Jedni z prvních odborníků, kteří se tímto tématem zabývali, byli Christie – David a spol. (2000), kteří analyzovali 15-ti minutová intraday data logaritmických výnosů futures cen stříbra v období od ledna 1992 do prosince 1995 a 23 zveřejnění makroekonomických zpráv týkající se trhu USA. Autoři

použili robustní neparametrické testy a regresní analýzu. V analýze byla porovnána variabilita výnosů podle toho, který den v týdnu byla zpráva zveřejněna, v kolik hodin, a zda stříbro reagovalo v přímo v den zveřejnění zprávy nebo v jiný den. Bylo zpozorováno, že rozptyl výnosů stříbra je větší koncem týdne, konkrétně výnosy reagují nejsilněji na zprávy vyhlášené v pátek. Variabilita byla zpozorována značně vyšší v jiných dnech, než ve dnech, kdy byly zprávy vyhlášeny. Co se týče druhu zveřejňovaných zpráv, tak silnou reakci vykazuje stříbro na zveřejnění zpráv o využití kapacity ve výrobě (capacity utilisation) a míře nezaměstnanosti. Na druhou stranu byl zjištěn slabý efekt zpráv o inflaci (CPI), zpráv o hodinových mzdách, firemních zásobách a výdaje ve stavebnictví.<sup>46</sup>

Podobně jako předchozí studie, Elder a spol. (2012) studovali vliv amerických makroekonomických zpráv na futures ceny stříbra, výnosy z investice do stříbra a obchodovaný objem dané komodity. Jejich analýza zahrnovala intraday data za období let 2002 až 2008. Dle výsledků této analýzy, pozitivní vliv na ceny má pouze zveřejnění dat z obchodní bilance. Oproti tomu statisticky negativní vliv na futures ceny stříbra mají: retailové tržby, počet zaměstnanců na trhu mimo zemědělství, firemní zásoby, nebo výdaje ve stavebnictví.<sup>47</sup>

Adrangi a spol. (2015) analyzovali reakci futures ceny stříbra na 18 makroekonomických zpráv během období let 1999 až 2008 pomocí regresní analýzy intraday dat. Dané zprávy se týkaly finančního trhu v USA, konkrétně oblast reálné ekonomické aktivity (využití kapacity, osobní příjem, míra nezaměstnanosti, průmyslová produkce, atd.), spotřeby (retailové tržby, osobní spotřeba, spokojenost zákazníka, obchodní bilance) a inflace (Consumer Price Index - CPI, Producer Price Index - PPI). Výsledky studie byly rozděleny do kategorií podle toho, za jak dlouho cena reagovala na zveřejnění daných zpráv, přičemž do regrese bylo zahrnuto i prvek překvapení trhu stříbra na danou zprávu. Napříč kategoriemi se studie shoduje se závěry studie Christie – David (2000), že na futures cenu stříbra mají významný pozitivní vliv využití kapacity ve výrobě (capacity utilisation), a dále pak průmyslová výroba (industrial production).<sup>48</sup>

---

<sup>46</sup> Christie-David, R. A., Chaudhry, M., and Koch, T. W. (2000). *Do macroeconomics news releases affect gold and silver prices?* Journal of Economics and Business, 52(5): 405 – 421

<sup>47</sup> Elder, J., Miao, H., Ramchander, S. (2012). *Impact of macroeconomic news on metal futures.* Journal of Banking & Finance, 36(1): 51 – 65

<sup>48</sup> Adrangi, B., Chatrath, A., Christie-David, R. A., Miao, H., Ramchander, S. (2015). *Stock-Versus-Flow Distinctions, Information, and the Role of Inventory.* Journal of Futures Markets, 35(11):1003–1025.

### 3.1.7 Vliv zpráv z COT reportu

Commitments of Traders (COT) report je jedním z nejvýznamnějších zdrojů informací pro obchodování ve střednědobém a dlouhodobém období. Report je publikován jednou týdně americkou Commodity Futures Trading Commission (CFTC) a poskytuje informace o otevřených obchodních pozicích profesionálních investičních subjektů na futures trhu s komoditami. Cílem zveřejňování reportu je zvýšit transparentnost futures trhů a zabránit zde cenové manipulaci. CFTC zveřejňuje několik typů reportů, a to podle jednotlivých burz (Legacy report), podle zemědělských komoditních kontraktů (Supplemental report), podle finančních futures kontraktů (Traders in Financial Futures), a report rozdělený dle jednotlivých fyzických komodit (Disaggregated report). Právě poslední zmíněný typ reportu obsahuje obchodní pozice týkající se právě stříbra, dále pak jiných kovů, nebo zemědělských a energetických komodit.<sup>49</sup>

#### Tabulka 12: Ukázka COT reportu

| Disaggregated Commitments of Traders-All Futures Combined Positions as of March 12, 2019     |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|
| Reportable Positions                                                                         |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| -----                                                                                        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| : Producer/Merchant : Swap Dealers : Managed Money : Other Reportables :                     |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| : Processor/User : : : :                                                                     |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| : Long : Short : Long : Short :Spreading: Long : Short :Spreading: Long : Short :Spreading : |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| -----                                                                                        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| SILVER - COMMODITY EXCHANGE INC. (CONTRACTS OF 5,000 TROY OUNCES)                            |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| CFTC Code #084691                                                                            |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| Open Interest is                                                                             |        |        |        |        |        |        |        |       |        | 189,768 | :       |
| : Positions :                                                                                |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| :                                                                                            | 13,648 | 49,087 | 47,787 | 58,609 | 7,735  | 51,261 | 41,774 | 8,551 | 24,922 | 7,327   | 5,155 : |
| : Changes from: March 5, 2019 :                                                              |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| :                                                                                            | 1,732  | -2,811 | -341   | -1,778 | -2,535 | -3,654 | 4,715  | 717   | 2,883  | -47     | 622 :   |
| : Percent of Open Interest Represented by Each Category of Trader :                          |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| :                                                                                            | 7.2    | 25.9   | 25.2   | 30.9   | 4.1    | 27.0   | 22.0   | 4.5   | 13.1   | 3.9     | 2.7 :   |
| : Number of Traders in Each Category :                                                       |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |
| :                                                                                            | 17     | 15     | 19     | 16     | 13     | 38     | 36     | 27    | 65     | 17      | 17 :    |
| -----                                                                                        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |         |         |

Zdroj: [www.cftc.gov](http://www.cftc.gov)

COT report (Disaggregated) rozlišuje čtyři skupiny obchodníků (viz obrázek). Pro tuto práci bude relevantní první a druhá skupina, představující **zajišťovatele (hedgers)** na futures trhu. První skupina, která představuje producenty a výrobce, jejichž hlavním účelem na futures trhu je zajištění své produkce a prodejní ceny do budoucna. Obchodují tedy s fyzickou komoditou ve velkých objemech. Společně se swapovými dealery (Swap Dealers) představují skupinu z Legacy reportů označenou jako „commercial“, tedy právě obchodníky, kteří vstupují na trh s cílem zajištění se (hedging) proti obchodnímu riziku a zajištění budoucích cen pro svou produkci. Jejich chování

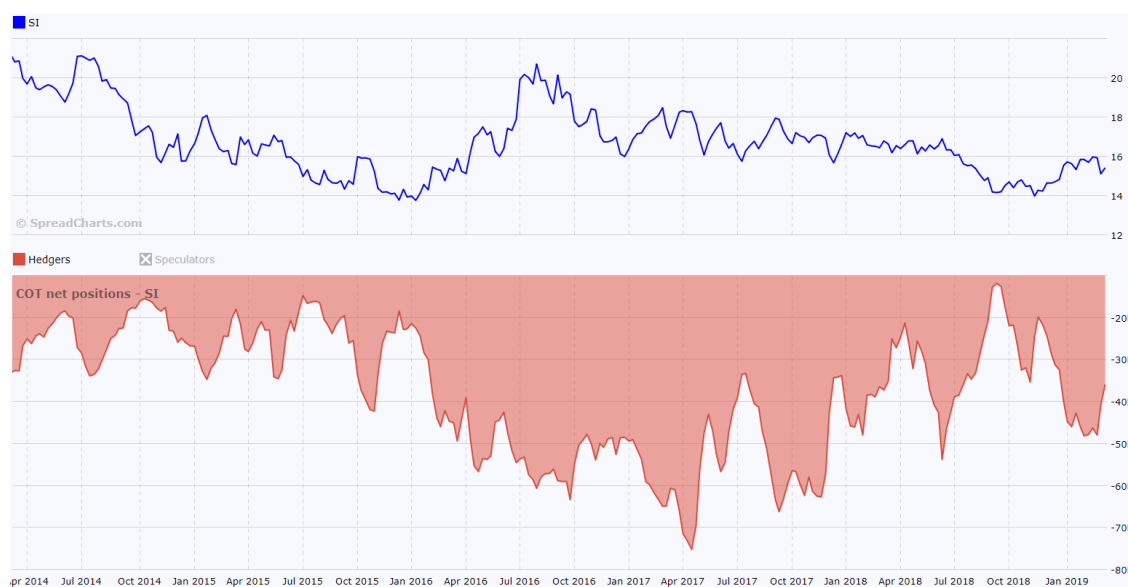
<sup>49</sup> Commitments of Traders. CFTC. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://cftc.gov/MarketReports/CommitmentsofTraders/index.htm>

na trhu, proto poskytuje kvalitnější informace o pohybu tržních cen než u jiných skupin obchodníků.

Managed Money jsou většinou investiční fondy, jejichž záměrem je spekulace na pohyby tržní ceny podkladu a tím dosažení zisku. Vidinu potenciálních zisků má i čtvrtá skupina Other Reportables, kam se řadí ostatní obchodníci s malými pozicemi a široká veřejnost, nebo též malí spekulanti. Ti nemají kvalitní informace o budoucím vývoji podkladu, a proto většinou nakupují na vrcholu trendu a prodávají na dně. Tyto dvě skupiny bychom našli současně ve skupině značené jako „non-commercial“ v Legacy reportu, a značí právě celkové pozice **spekulantů** na futures trhu.<sup>50</sup>

Největším přínosem COT analýzy je odhalení sentimentu daného trhu, tedy zda jsou velcí obchodníci v extrémní long nebo short pozici v relaci k minulosti, kdy je trh překoupený nebo přeprodaný apod. Protože mají zajišťovatelé největší pozici na trhu, dokážou ovlivňovat cenu daného aktiva. Pro COT analýzu se používá čistá pozice zajišťovatelů, která určuje rozdíl mezi počtem celkových long a short pozic dané skupiny obchodníků.

**Graf č. 16: Čistá pozice zajišťovatelů na trhu stříbra a futures cena stříbra (v USD)**



Zdroj: <https://app.spreadcharts.com/user/>

Graf č. 16 ilustruje vývoj čistých pozic zajišťovatelů v čase (červená křivka) oproti futures ceně stříbra (modrá křivka) za posledních 5 let, tj. od dubna 2014 do března 2019. Je zřejmé, že čistá pozice zajišťovatelů se pohybuje opačným směrem jako cena stříbra.

<sup>50</sup> Commitments of Traders. CFTC. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://cftc.gov/MarketReports/CommitmentsofTraders/index.htm>

Lokální minima pozic zajišťovatelů se shodují s lokálními maximy ceny. (U spekulantů je situace opačná, to znamená, že vývoj čistých pozic spekulantů kopíruje směr vývoje tržní ceny.) Sentiment trhu lze určit podle změny pozic zajišťovatelů v čase. Pokud čistá pozice zajišťovatelů dosahuje velmi nízkých hodnot (to značí přeprodaný trh), tedy velcí hráči jsou v silné short pozici, znamená to aktuální klesající trend na trhu stříbra, obrat v zajišťovatelských pozicích bude znamenat obrat trendu. Na grafu je taková situace viditelná mezi dubnem 2017 a zářím 2018, kdy čisté pozice postupně rostou z nejnižších hodnot okolo – 70 000 (duben 2017), až k - 12 000 (září 2018). Za toto období cena stříbra vykazovala mírný klesající trend. V září 2018 nastal zvrat, zajišťovatelé otevírali více long pozic, čímž čistá pozice začala opět klesat a cenu stříbra to odrazilo ode dna. Situace ukazuje, že nastal rostoucí trend na ceně stříbra, obdobně jako tomu bylo na počátku roku 2016, kdy cena stříbra nabrala rostoucí tendenci jako následek snížení čisté pozice hedgerů.

COT analýzu lze použít pro střednědobé a dlouhodobé investování, protože se jedná o týdenní data. Je to oblíbený nástroj pro predikci budoucích trendů, avšak je vhodné pro predikci kombinovat COT analýzu s dalšími indikátory, např. indikátory technické analýzy, protože signály nemusí být vždy čitelné. Často používaným indikátorem je tzv. CoT index, který funguje obdobně jako čisté pozice obchodníků. Poměruje aktuální čistou pozici zajišťovatelů s jejím maximem a minimem za určité období, nejčastěji 3 měsíce až 1 rok. Když se index dostane do nízkých hodnot, znamená to silnou short pozici velkých hráčů a může nastat změna trendu v rostoucí trend. Naopak u vysokých hodnot indexu může nastat změna trendu z rostoucího na klesající.<sup>51</sup>

Velkou nevýhodou COT reportu je, že nespecifikuje blíže dané skupiny zajišťovatelů a spekulantů. Nelze tedy jednoznačně určit, zda ve skupině zajišťovatelů, jež se používá pro predikci budoucího trendu ceny komodity, převažují producenti nebo spotřebitelé dané komodity. Jejich odlišné zájmy na trhu stříbra mohou způsobit značné deformace výše uvedených závěrů o vývoji ceny stříbra a možných predikcí. Při COT analýze je tedy nutné mít na paměti, že se jedná o počet subjektů ve skupinách zajišťovatelů a spekulantů, které byly určitým způsobem stanoveny komisí CFTC.

---

<sup>51</sup> All you need to know about COT report. I really trade. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.ireallytrade.com/cotreport.html>

### 3.1.8 Contango a Normal Backwardation<sup>52 53</sup>

Za podmínek bezarbitrážního oceňování pro forwardový, resp. futures kontrakt na investiční vzácné kovy lze odvodit vzorec pro vyjádření vztahu mezi spotovou ( $S_0$ ) a futures ( $F_0$ ) cenou za časové období ( $T-t$ ) s úrokovou sazbou  $r$ :

$$F_0 = (S_0 + U)e^{r(T-t)}$$

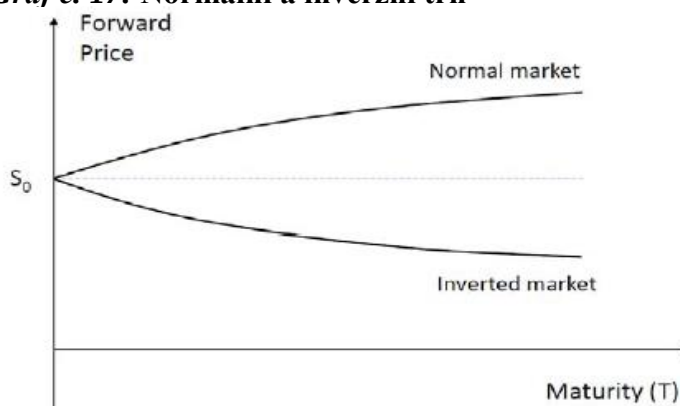
Předpokládá se, že producenti vzácných kovů se potřebují zajišťovat proti nepříznivým pohybům ceny v budoucnu, což mohou udělat otevřením short pozic na daný kov. Short pozice jsou spojeny s náklady na vypůjčení a držbu velkého množství kovu. V případě stříbra se náklady na uskladnění rozumí spíše platba za uskladnění vzácného kovu na bezpečné místo, provedená většinou jednorázově na počátku daného období. Ve vzorci jsou tyto náklady vyjádřeny veličinou  $U$ .

Alternativní vyjádření vztahu mezi spotovou a forwardovou, resp. futures cenou zahrnuje úrokovou sazbu  $r$ , pravidelně placenou sazbu nákladů na ukládání  $u$ , a pravidelně vyplácené procento příjmů  $q$ . Poté lze vztah mezi cenami vyjádřit jako:

$$F_0 = S_0 \cdot e^{(r+u-q)(T-t)}$$

Pokud celkové náklady na skladování (*cost of carry*,  $r + u - q > 0$ ) jsou kladné, pak by forwardová, resp. futures cena měla být vyšší než spotová cena, a měla by růst s dobou do splatnosti. Tato situace je na tzv. **normálním trhu (normal market)**. Pokud jsou náklady na skladování (*cost of carry*) záporné, pak by forwardová, resp. futures cena měla být nižší než spotová cena a klesající se splatností. Zde mluvíme o tzv. **inverzním trhu (inverted market)**.<sup>54</sup>

**Graf č. 17: Normální a inverzní trh**



Zdroj: Witzany. *Financial Derivatives: valuation, hedging and risk management*

<sup>52</sup> WITZANY, Jiří. *Financial derivatives: valuation, hedging and risk management*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2013, s. 27 – 32. ISBN 978-80-245-1980-7.

<sup>53</sup> DVOŘÁK, P.: *Deriváty*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Oeconomica, 2008, s. 166-169. ISBN 978-80-245-1435-2.

<sup>54</sup> WITZANY, Jiří. *Financial derivatives: valuation, hedging and risk management*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2013, s. 27 – 32. ISBN 978-80-245-1980-7.

Teorie Contango a Normal Backwardation je spojována s autory J. M. Keynes a J. R. Hicks a vymezuje vztah mezi futures cenami  $F_0$  a očekávanými spotovými cenami  $E[S_T]$  na základě chování zajišťovatelů a spekulantů na futures trhu.<sup>55</sup> Podle teorie spekulanti vstupují na trh s očekáváním budoucího zisku, které jim náleží od zajišťovatelů za podstoupení rizika. Zajišťovatelé se zajišťují proti nepříznivému vývoji budoucích cen a přenáší to riziko na spekulanty, kteří požadují rizikovou přírážku. Teorie je obecně platná pro akciový trh, na trhu stříbra a komodit může být situace odlišná podle toho, zda se více zajišťují producenti nebo spotřebitelé dané komodity. To bohužel ze samotných futures cen nelze vyčíst.

Teorie **Normal Backwardation** předpokládá, že čistá pozice zajišťovatelů je krátká, protože hlavním motivem zajišťovatelů je zajistit svou produkci proti poklesu cen. Z toho plyne, že čistá pozice spekulantů musí být dlouhá, tudíž spekulanti očekávají dnešní futures ceny nižší než budoucí spotové ceny,  $F_0 < E[S_T]$ . Systematické riziko je v této situaci u mnoha aktiv kladné, a proto prémie za riziko bude pro spekulanty představovat zisk jako rozdíl  $S_T - F_0$ . Jelikož pro futures kontrakt platí, že s blížící se splatností kontraktu futures ceny konvergují ke spotovým cenám, při Normal Backwardation mají futures ceny během doby do splatnosti kontraktu rostoucí charakter.

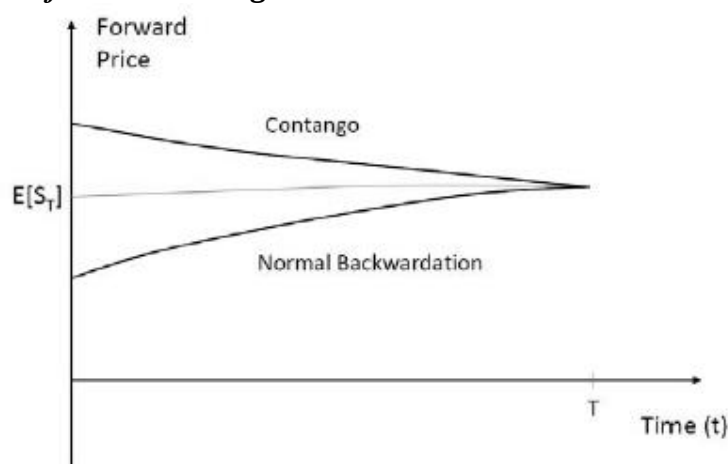
Opačná situace **Contango** představuje stav, kdy zajišťovatelé vstupují převážně do dlouhých pozic. Pak spekulanti zaujímají krátké pozice a očekávají tak zisky jako rozdíl  $F_0 - S_T$ . Požadovaná riziková prémie za systematické riziko dle modelu CAPM je v případě drahých kovů záporná, a aktuální futures ceny jsou tedy vyšší než očekávané spotové,  $F_0 > E[S_T]$ . Z důvodu konvergence futures cen v čase budou aktuální futures ceny během doby do splatnosti kontraktu klesat. Chování futures cen v době do splatnosti je znázorněno na grafu č. 18. Situace Contanga většinou představují trhy vzácných kovů, včetně stříbra.

---

<sup>55</sup> DVORÁK, P.: *Deriváty*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Oeconomica, 2008, s. 166. ISBN 978-80-245-1435-2.



**Graf č. 18: Contango a Normal Backwardation**



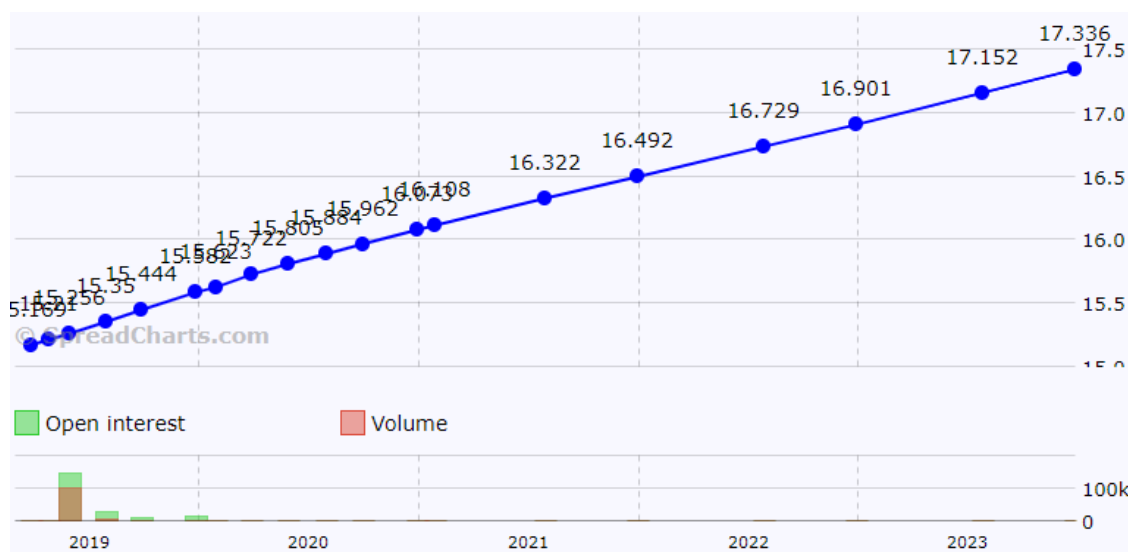
Zdroj: Witzany. *Financial Derivatives: valuation, hedging and risk management*

Následná analýza zahrnuje aktuální časovou strukturu futures kontraktu na stříbro, který prostředkovává burza CME. Kontrakt je na 5 000 trojských uncí stříbra, přičemž sledovaná futures cena je v USD za trojskou unci.<sup>56</sup> Křivka časové struktury (*term structure*) představuje ceny všech obchodovaných kontraktů na stříbro. Na grafu č. 19 je vidět, že křivka má rostoucí tendenci. To znamená, že kontrakt se vzdálenější splatností se obchoduje za vyšší cenu než kontrakt s bližší splatností, což souvisí s vyššími náklady po dobu držby komodity a vyššími budoucími riziky. Rostoucí křivka časové struktury tedy značí, že se jedná o normální trh. Futures kontrakty se tedy obchodují s určitou přírážkou ke spotové ceně. Z dané situace lze vyvodit, že obchodníci očekávají další růst cen stříbra. Mnoho obchodníků považuje stav normálního trhu s rostoucí křivkou časové struktury za situaci dle teorie Contanga, nicméně jejich závěry vykazují pouze předpoklad rostoucích futures cen, nikoliv rizikovou přírážku, očekávané spotové ceny a množství spekulantů a zajišťovatelů v otevřených pozicích.

Situace Contanga i Normal Backwardation jsou v praxi obtížně pozorovatelné. Za předpokladu záporné rizikové prémie dle modelu CAPM (Witzany, 2013) by bylo možné konstatovat, že se pravděpodobně trh stříbra převážně pohybuje v situaci Contango, avšak bylo by potřeba hlubší analýzy a potvrzení tohoto závěru.

<sup>56</sup> Silver Quotes Globex. [online] [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.cmegroup.com/trading/metals/precious/silver\\_quotes\\_globex.html](https://www.cmegroup.com/trading/metals/precious/silver_quotes_globex.html)

**Graf č. 19: Časová struktura futures kontraktu na stříbro**



Zdroj: aplikace SpreadCharts.com dostupné z <https://app.spreadcharts.com/user/>

### 3.1.9 Technická analýza ceny stříbra

V této kapitole je analyzována spotová cena stříbra z dlouhodobého hlediska s cílem identifikace jednotlivých trendů a predikce vývoje v průběhu několika dalších měsíců. V obchodní platformě TradingView byla analyzována týdenní data historické časové řady LBMA Silver Price London Fixing. Obchodní platforma byla vybrána z důvodu snadné dostupnosti a rozsáhlých analytických nástrojů, které jsou zde k dispozici. Praktická technická analýza kombinuje všechny čtyři zmíněné metody popsané v kapitole 2.3 Technická analýza, konkrétně teorie Elliotových vln, Fibonacciho studie a indikátory MACD a RSI.

Dle teorie Elliotových vln byla sestavena základní formace „5-3 vlny“, jež představuje hlavní trend kurzu stříbra s počátkem v roce 1993. Prvních pět vln sleduje hlavní trend, kde první vlna vrcholí v roce 1998 (1), pátá vlna představuje dosažené maximum v roce 2011 (5). Následuje korekční struktura ABC (vyznačeny modře), která byla dokončena v polovině roku 2013. Z technického hlediska se předpokládalo, že následně nastoupí nový rostoucí trend ve formaci vln 1 až 5. Nicméně hodnoty nového cyklu by neměly spadnout pod úroveň vlny C předchozí struktury, což nebylo splněno. Kurz nabral postupný klesající trend, a tak se analýza cyklů musela transformovat.

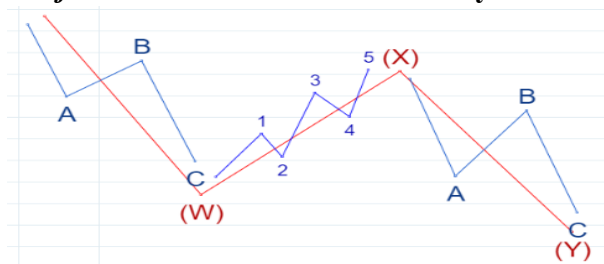
## Graf č. 20: Aplikace teorie Elliotových vln



Zdroj: vlastní zpracování v Tradingview.com

Ze selhání nové vlny 1 bylo usouzeno, že se jedná o komplexnější korekční strukturu WXY, která byla vyvinuta pro popis podobných situací na trhu, jako je zde na trhu stříbra. Struktura WXY (vyznačena červeně na grafu č. 20) rozšiřuje původní korekční strukturu ABC o další korekce v hlavním trendu. Teorie tvrdí, že každý cyklus zahrnuje několik menších cyklů, tak i každá vlna této struktury WXY má svoji vlastní strukturu, ilustrovanou na grafu č. 21.

## Graf č. 21: Struktura korekční vlny WXY



Zdroj: vlastní zpracování v Tradingview.com

Vlna (W) obsahuje celou původní strukturu ABC, vlna (X) má pětivlnovou strukturu, a vlna (Y) je další korekční struktura typu ABC, která se skládá z dalších subvln. Aktuálně v době tvorby diplomové práce se kurz nachází v subvlně B vlny (Y). Předpokládá se, že se kurz bude pohybovat dále v postranním trendu, v trianglu (vyznačeném červeně) předtím, než bude dokončena subvlna C, která dokončí celou korekční strukturu WXY. V tom okamžiku můžeme předpokládat obrat trendu z klesajícího na rostoucí a nástup nového cyklu.

Podrobnější analýzou vlny (Y) lze stanovit, kam až může kurz stříbra klesnout, než dojde k jejímu dokončení a nástupu rostoucího trendu. To bylo dosaženo pomocí nástroje Trend-Based Fibonacci Extension (dále jen Extension), což je rozšíření studie Fibonacci

Retracements. Pro sestrojení Extension jsou stěžejní body (X) - maximum, A - minimum, a bod (a) – výchozí úroveň a nejvyšší bod subvlny B. Na grafu č. 22 je vidět, že Extension stanovuje lokálnímu minimu (bod A) úroveň 61,8 % a dále počítá cílové hodnoty pro budoucí vývoj. Dle této studie by mělo dojít k obratu trendu okolo úrovně 100 %. Výsledná cílová hodnota dokončení struktury se tedy předpokládá v intervalu 8,81 USD až 10,37 USD/oz. Přesný termín, kdy k dokončení struktury dojde, však nelze přesně předpovědět. Čistě z technického hlediska k tomu může dojít v roce 2020, případně se může kurz dále pohybovat v postranním trendu v trianglu ještě další měsíce.

### Graf č. 22: Aplikace Fibonacciho studie



Zdroj: vlastní zpracování v Tradingview.com

Indikátory MACD a RSI nedosahují žádných významných hodnot. MACD osciluje kolem nuly a RSI osciluje mezi liniemi 30 % až 70 %, ani jeden tedy nevykazuje zajímavé obchodní signály a ani nenaznačují změnu trendu.

Technická analýza hodnotí, že kurz stříbra se bude pohybovat v postranním trendu, ve vyznačeném trianglu, a to v průběhu následujících měsíců. Následně je kurz predikován k obratu klesajícího trendu na rostoucí při dosažení hodnot 8,81 USD až 10,37 USD/oz.

## ZÁVĚR

Tato práce zahrnuje analýzu nejvýznamnějších faktorů, které mají vliv na cenu stříbra. V první části práce je popsán vliv struktury nabídky a poptávky po stříbře, který je stěžejní pro aktuální cenu stříbra. Strana nabídky je tvořena zejména těžebními společnostmi a recyklovaným stříbrem, a poptávka se dělí průmyslovou a investiční.

Při analýze tržní ceny stříbra byl zjištěn dlouhodobý pozitivní vztah mezi výnosy stříbra a mírou inflace, to znamená, že s rostoucí inflací se zvýší poptávané množství stříbra, a tím i jeho cena. Na druhou stranu při rostoucí reálné ekonomické aktivitě se cena stříbra může snižovat, protože investoři nachází vyšší zisky v dynamičtějších odvětvích. Z dlouhodobého hlediska jsou tyto veličiny v pozitivním korelačním a kointegračním vztahu. Studie prokázaly, že cena stříbra dlouhodobě negativně koreluje s mezibankovními úrokovými sazbami, vlastní propočty korelací za obsáhlejší časové období však odhalily hodnotu korelace blízkou nule.

Zlato a stříbro mají odlišné charakteristiky a ekonomické využití, dokonce i odlišnou citlivost na exogenní šoky. Vzácnost obou kovů představuje jeho omezené množství. Značné výkyvy v indikátoru Gold/Silver Ratio naznačují nestálost vztahu mezi danými kovy, nicméně bližší analýza vývoje ceny zlata a stříbra, uvedená ve třetí části práce, ukazuje dlouhodobý stejný směr vývoje.

Z historického vývoje je zřejmé, že fluktuace US Dollar Indexu má pouze malý vliv na pohyb ceny stříbra, nicméně negativní vztah hodnoty amerického dolaru a ceny stříbra je zpozorován zejména v období hospodářských nejistot.

Na téma predikovatelnosti cen drahých kovů bylo zhotovena řada studií, zahrnující i ceny stříbra. Vybrané studie používají různé statistické metody predikce časových řad, které zjistily vysokou volatilitu oproti jiným kovům, a nižší volatilitu v porovnání s trhem ropy. Studie ukazují dobrou schopnost futures cen predikovat spotové ceny a slabou predikční schopnost čistých pozic obchodníků na trhu se stříbrem pro zjištění budoucího vývoje ceny stříbra.

V druhé části byly popsány hlavní metody použité pro analýzu chování ceny stříbra ve třetí části, řadí se sem korelační a kointegrační analýza. Doplněna byla technická analýza, která zahrnuje Fibonacciho teorie a teorii Elliotových vln. Tyto technické metody se v minulosti osvědčily jako vhodné pro predikování dalšího vývoje jakýchkoliv aktiv, i zde na trhu stříbra dávají dobré výsledky pro budoucí vývoj ceny.

V třetí části byly analyzovány vztahy cen stříbra a dalších investičních instrumentů a predikce byla provedena v rámci technické analýzy. Znalost relací mezi jednotlivými veličinami může být přínosné pro sestavení modelu, který bude vysvětlovat konkrétní vztahy cen stříbra s vysvětlujícími proměnnými, a díky tomu lze sestavit robustní predikce budoucího vývoje. Korelační analýza pracuje s časovými řadami daných veličin ve tvaru výnosů jako logaritmus relativních přírůstků. Kointegrační analýza analyzuje nestacionární časové řady, představující původní data.

Analýza korelace výnosů cen stříbra a US Dollar Indexu značí negativní vztah za celé sledované období, tj. leden 1975 až březen 2019, kdy korelační koeficient dosahoval hodnoty  $-0,257$ . Silnější korelace byla naměřena v období hospodářské krize (2007 až 2012) a od té doby korelace opět zeslábla. Z kointegrační analýzy vyplývá, že mezi cenou stříbra a indexem neexistuje dlouhodobý kointegrační vztah na 5% hladině významnosti. Hodnota US Dollar indexu je ovlivněna mimojiné kupní silou měn zahrnutých do výpočtu US Dollar Indexu, zejména kurzem eura, které má ve výpočtu indexu nadpoloviční podíl. Z toho důvodu je vhodné pro predikci vývoje cen stříbra zohlednit nejen US Dollar Index samotný, ale i faktory, jež daný index ovlivňují.

Analýza vztahu výnosů stříbra a zlata vypovídá o slabé korelaci s korelačním koeficientem  $0,357$  za sledované dlouhé období. Nicméně hodnoty koeficientů v kratších periodách se znatelně mění, z hodnoty  $0,716$  v období cenové bubliny kolem roku 1979, ke slabě záporným hodnotám  $-0,023$  v období ekonomické krize 2007 až 2012. Důvodem těchto výkyvů může být odlišná citlivost stříbra a zlata na exogenní šoky nebo vyšší poptávka po zlatě v období nejistot v porovnání se stříbrem. Podle Johansenových testů existuje mezi časovými řadami spotových cen kointegrační vztah na 5% hladině významnosti. Dle studie cena zlata významně ovlivňuje cenu stříbra z dlouhodobého hlediska, ale nelze tyto dva kovy považovat za substituty při zajišťování proti stejným druhům rizika zejména proto, že každý z nich má odlišné ekonomické využití.

Vzájemný vztah cen stříbra a akciového trhu zastoupeného indexem S&P 500 byl korelační a kointegrační analýzou shledán jako nevýznamný. Veličiny dlouhodobě vykazují velmi nízkou hodnotu korelace, korelační koeficient za celé sledované období 1975 až 2019 je  $-0,008$ . Také v kratších obdobích korelační koeficienty dosahují nízkých hodnot. Celková analýza stříbra a akciového indexu značí velmi slabou až nulovou korelaci mezi veličinami. Na základě použitých testů nebyl zjištěn vzájemný kointegrační vztah na dané hladině významnosti.

Závěry z analýzy vztahu ceny stříbra s úrokovou sazbou 10-ti letých amerických státních dluhopisů, zastupující dluhopisový trh, jsou velmi podobné předchozímu zkoumanému vztahu. Trh stříbra a trh dluhopisů nejsou vzájemně propojeny. Byla naměřena velmi slabá korelace mezi výnosy daných veličin, korelační koeficient v dlouhém období dosáhl hodnoty pouze 0,022, obdobně je tomu v kratších intervalech. Ani mezi těmito časovými řadami nebyl identifikován žádný kointegrační vztah.

Výnosy stříbra a ropy jsou dlouhodobě slabě pozitivně korelované, za sledované období byl vypočten korelační koeficient o hodnotě 0,129. Silnější korelaci mezi veličinami lze pozorovat v období hospodářské krize mezi lety 2007 až 2012, kdy byl koeficient roven 0,395. Kointegrační analýza Johansenovy metodologie potvrdila existenci kointegračního vztahu na 5% hladině významnosti. Lze tedy tvrdit, že ceny stříbra a ceny ropy spolu dlouhodobě slabě souvisí. Pozitivní vztah lze zdůvodnit faktem, že ve struktuře nabídky a poptávky obou komodit převažuje průmyslové zpracování, jež se odvíjí od ekonomické situace na trhu.

Analýza vlivu makroekonomických zpráv na cenu stříbra, v prostředí amerického trhu, ukazuje silnou reakci stříbra na zveřejnění zpráv o využití kapacity ve výrobě (*capacity utilisation*) a míře nezaměstnanosti a zprávy o průmyslové výrobě (*industrial production*). Na druhou stranu byl zjištěn velmi slabý efekt zpráv o inflaci, zpráv o výši hodinových mezd, firemních zásobách a o výdajích ve stavebnictví.

Zprávy z COT reportu mohou investorům pomoci identifikovat aktuální trend ve vývoji ceny stříbra a možný obrat dlouhodobého trendu. Sledování čistých pozic velkých hráčů na trhu, zajišťovatelů, a změn velikosti jejich pozic v čase, svým způsobem určuje, zda je trh v rostoucím nebo klesajícím trendu. Z dostupných dat však není možné určit, zda se do skupiny zajišťovatelů na trhu stříbra řadí spíše producenti, anebo spotřebitelé. Analýza shledala klesající trend futures ceny stříbra od poloviny roku 2016 jako následek snížení čisté pozice zajišťovatelů. V září roku 2018 nastal další zvrat, kdy čistá pozice zajišťovatelů začala klesat a cena stříbra začala pomalu růst. Dle COT analýzy tedy nastal rostoucí trend futures cen stříbra. Nicméně pro potvrzení závěrů analýzy je třeba použití dalších indikátorů.

Tržní situace dle teorie Contanga a Normal Backwardation jsou v praxi obtížně pozorovatelné. Sledovaná křivka časové struktury futures kontraktů na stříbro má rostoucí tendenci, což odpovídá podmínkám normálního trhu. Na základě zdrojů se předpokládá, že trh drahých kovů, včetně stříbra vykazuje známky Contanga, což by bylo splněno za předpokladu záporné rizikové premie.

Technická analýza byla provedena v obchodní platformě TradingView.com. Kombinací teorie Elliotových vln spolu s Fibonacciho studií bylo predikováno, že kurz stříbra se dalších několik měsíců bude nadále pohybovat v postranním trendu před dokončením poslední vlny korekční struktury. Následně se předpokládá nastoupení nového cyklu rostoucích vln při dosažení hodnot 8,81 USD až 10,37 USD/oz.



## ZDROJE

### BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE

- [1] ARLT J., ARLTOVÁ M. *Ekonomické časové řady*. V Professional Publishing vyd. 1. Praha: Professional Publishing, 2009, 290 s. ISBN 978-80-86946-85-6.
- [2] DVOŘÁK, P. *Deriváty*. 2. přeprac. Vyd. Praha: Oeconomica, 2008. 297 s. ISBN 978-80-245-1435-2.
- [3] GARNER, C. *Komodity: úvod do investování na nejrychleji rostoucím trhu*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2014. 296 s. ISBN 978-80-265-0019-3.
- [4] JEŽKOVÁ M. *Kointegrace a její aplikace ve financích*. Brno, 2013. 91 s.  
Diplomová práce. Masarykova univerzita Brno. Přírodovědecká fakulta. Ústav matematiky a statistiky. Vedoucí práce Ing. Daniel Němec, Ph.D.
- [5] MALONEY, M. *Investujte do zlata a stříbra: všechno, co potřebujete vědět o drahých kovech*. Pragma, 2010. 244 s. Poradci bohatého táty. ISBN 978-80-7349-156-7.
- [6] MUSÍLEK, P. *Trhy cenných papírů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2011. 520 s. ISBN 978-80-86929-70-5.
- [7] VESELÁ, J. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. 789 s. ISBN 978-80-7357-647-9.
- [8] VESELÁ, J., OLIVA, M. *Technická analýza na akciových, měnových a komoditních trzích*. Praha: Ekopress, 2015, 246 s. ISBN 978-80-87865-22-4.
- [9] WITZANY, J. *Financial derivatives: valuation, hedging and risk management*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2013, 372 s. ISBN 978-80-245-1980-7.

### ODBORNÉ ČLÁNKY

- [1] Arlt, J. (1997). *Kointegrace v jednorovnicových modelech*. Politická ekonomie 45: (5), str. 733-746, VŠE Praha. ISSN 0032-3233.
- [2] Adrangi, B., Chatrath, A., Christie-David, R. A., Miao, H., and Ramchander, S. (2015). *Stock-Versus-Flow Distinctions, Information, and the Role of Inventory*. Journal of Futures Markets, 35(11): 1003 – 1025.
- [3] Adrangi, B., Chatrath, A., and Raffiee, K. (2003). *Economic Activity, Inflation, and Hedging: The Case of Gold and Silver Investments*. The Journal of Wealth Management, 6(2): 60 – 77

- [4] Apergis, N., Christou, Ch., Payne, J. E. (2014) *Precious metal markets, stock markets and the macroeconomic environment: a FAVAR model approach*. Applied Financial Economics, 24(10): 691-703.
- [5] Baur, D. G. and Tran, D. T. (2014). *The long-run relationship of gold and silver and the influence of bubbles and financial crises*. Empirical Economics, s. 1 – 17
- [6] Ciner, C. (2001). *On the long run relationship between gold and silver prices: A note*. Global Finance Journal, 12(2): 299 – 303
- [7] Christie-David, R. A., Chaudhry, M., and Koch, T. W. (2000). *Do macroeconomics news releases affect gold and silver prices?* Journal of Economics and Business, 52(5): 405 - 421
- [8] Elder, J., Miao, H., and Ramchander, S. (2012). *Impact of macroeconomic news on metal futures*. Journal of Banking & Finance, 36(1): 51 – 65
- [9] Lashgari, M. K. (1992) *Information From Successive Changes in Gold and Silver Prices During Phases of the Business Cycles*. Journal of Economics and Finance. 16: 13
- [10] Lucey, B. M., Li, S. (2015) *What precious metals act as safe havens, and when? Some US evidence*. Applied Economics Letters, 22 (1): 35 – 45
- [11] Mutafoğlu (2012). *Forecasting precious metal price movements using trader positions*. Resources Policy, 37(3): 273–280
- [12] Narayan, P. K. (2013). *An analysis of commodity markets: What gain for investors?* Journal of Banking & Finance, 37(10): 3878 – 3889
- [13] Reboredo, J. C. and Ugolini, A. (2016). *The impact of downward/upward oil price movements on metal prices*. Resources Policy, 49: 129 – 141
- [14] Taylor, N. J. (1998). *Precious metals and inflation*. Applied Financial Economics, 8(2): 201 – 210.
- [15] Thorbecke, W. and Zhang, H. (2009). *Monetary Policy Surprises and Interest Rates: Choosing between the Inflation-Revelation and Excess Sensitivity Hypotheses*. Southern Economic Journal, 75(4): 1114 – 1122.
- [16] Wang Z. (2012). *The Relationships between Silver Price, Gold Price and U.S. Dollar Index Before and After the Subprime Crisis*. Saint Mary's University.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] All you need to know about COT report. I really trade. 2018. [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.ireallytrade.com/cotreport.html>
- [2] App Spread Charts. 2019. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://app.spreadcharts.com/user/>
- [3] Board of Governors of the Federal Reserve System. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.federalreserve.gov/>
- [4] Commitments of Traders. CFTC. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://cftc.gov/MarketReports/CommitmentsofTraders/index.htm>
- [5] Finance Yahoo.com. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/>
- [6] Federal Funds Rate. FRED. [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS>
- [7] Global Silver Mine Production, Thomson Reuters Eikon [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://eikon.thomsonreuters.com/index.html>
- [8] How to Use the Fibonacci Extension Tool to Find Trading Profit Targets. Vantage Point Trading, 2018. [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://vantagepointtrading.com/use-fibonacci-extension-tool-find-targets-reversal-points/>
- [9] Investing In Silver Mining Stocks. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.thebalance.com/investing-in-silver-mining-stocks-809316>
- [10] London Bullion Market Association. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.lbma.org.uk>
- [11] Quandl. [online] [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.quandl.com/>
- [12] Silver Quotes Globex. [online] [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.cmegroup.com/trading/metals/precious/silver\\_quotes\\_globex.html](https://www.cmegroup.com/trading/metals/precious/silver_quotes_globex.html)
- [13] Silver Scrap Supply Sees Further Growth. Business Insider. 2012. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/silver-scrap-supply-sees-further-growth-2012-5>
- [14] Silver Supply & Demand Outlook. Thomson Reuters Eikon. 2018. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://emea1.apps.cp.thomsonreuters.com/web/cms/?navid=74399597>

- [15] The Hunt Brothers and their Attempt to Corner the Silver Market. Traders Log. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.traderslog.com/hunt-brothers-silver>
- [16] The Effects of the Financial Crisis on Metals Markets. J. M. Christian, CPM Group. 2009. [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.worldbank.org/en/research>
- [17] TradingView. [online] [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.tradingview.com/>
- [18] U. S. Geological Survey. 2018. [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.usgs.gov/>
- [19] World Silver Survey 2018. The Silver Institute. 2019. [online]. [cit. 2019-03-04] Dostupné z: <https://www.silverinstitute.org/all-world-silver-surveys/>

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1: Korelační matice zahrnující stříbro, zlato a USD v obou sledovaných obdobích..... | 35 |
| Tabulka 2: Korelační matice - stříbro a US Dollar Index.....                                 | 37 |
| Tabulka 3: Johansenův test kointegrace stříbra a US Dollar Indexu.....                       | 38 |
| Tabulka 4: Korelační matice - stříbro a zlato .....                                          | 42 |
| Tabulka 5: Johansenův test kointegrace zlata a stříbra.....                                  | 43 |
| Tabulka 6: Korelační matice - stříbro a S&P 500.....                                         | 46 |
| Tabulka 7: Johansenův test kointegrace stříbra a S&P 500.....                                | 47 |
| Tabulka 8: Korelační matice - stříbro a 10-Y Treasury Rate .....                             | 49 |
| Tabulka 9: Johansenův test kointegrace stříbra a 10-Y Treasury Rate.....                     | 50 |
| Tabulka 10: Korelační matice - stříbro a ropa .....                                          | 52 |
| Tabulka 11: Johansenův test kointegrace stříbra a ropy .....                                 | 53 |
| Tabulka 12: Ukázka COT reportu .....                                                         | 55 |
| <br>Graf č. 1: Historický vývoj spotové ceny stříbra (USD/oz) .....                          | 7  |
| Graf č. 2: Nabídka a poptávka po stříbře (mil. oz) .....                                     | 9  |
| Graf č. 3: Struktura celkové nabídky stříbra (v mil. oz).....                                | 11 |
| Graf č. 4: Struktura celkové poptávky stříbra (v mil. oz).....                               | 12 |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf č. 5: Vývoj cen stříbra (USD) a inflace v USA (index CPI) – původní data.....         | 15 |
| Graf č. 6: Vývoj ceny stříbra (USD) a Fed Funds Rate (%) – původní data .....              | 17 |
| Graf č. 7: Spotová cena stříbra (USD) a US Dollar Index.....                               | 19 |
| Graf č. 8: Gold / Silver Ratio .....                                                       | 21 |
| Graf č. 9: Teorie Elliotových vln .....                                                    | 31 |
| Graf č. 10: MACD (12, 26) - Konvergence/Divergence klouzavých průměrů .....                | 32 |
| Graf č. 11: Index relativní síly RSI (14) .....                                            | 33 |
| Graf č. 12: Vývoj cen zlata a stříbra – původní data .....                                 | 41 |
| Graf č. 13: Vývoj ceny stříbra a S&P 500 – původní data .....                              | 45 |
| Graf č. 14: Vývoj ceny stříbra a 10-Y Treasury Rate – původní data .....                   | 49 |
| Graf č. 15: Vývoj ceny stříbra a ceny ropy .....                                           | 51 |
| Graf č. 16: Čistá pozice zajišťovatelů na trhu stříbra a futures cena stříbra (v USD) .... | 56 |
| Graf č. 17: Normální a inverzní trh.....                                                   | 58 |
| Graf č. 18: Contango a Normal Backwardation .....                                          | 60 |
| Graf č. 19: Časová struktura futures kontraktu na stříbro.....                             | 61 |
| Graf č. 20: Aplikace teorie Elliotových vln.....                                           | 62 |
| Graf č. 21: Struktura korekční vlny WXY .....                                              | 62 |
| Graf č. 22: Aplikace Fibonacciho studie .....                                              | 63 |