



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV EKONOMIKY

DEPARTMENT OF ECONOMICS

# ORGANIZOVANÉ TRHY S PRŮMYSLOVÝMI KOVY V DOBĚ FINANCIÁLIZACE KOMODITNÍCH TRHŮ

ORGANISED INDUSTRIAL METAL MARKETS IN FINANCIALIZED COMMODITY MARKETS

## TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE:

Ing. KAMIL SMOLÍK

ŠKOLITEL:

Prof. Ing. OLDŘICH REJNUŠ, CSc.

OPONENTI:

DATUM OBHAJOBY:

## **Abstrakt**

V souvislosti s procesem financionalizace komoditních trhů, který je charakteristický prudkým nárůstem peněžních prostředků investovaných na komoditních trzích, je diskutována otázka, které faktory v současnosti ovlivňují hodnoty komoditních aktiv. Cílem disertační práce je determinovat a kvantifikovat faktory ovlivňující ceny průmyslových kovů v době financionalizace komoditních trhů a odvodit model oceňování průmyslových kovů, který by byl schopný generovat signály jejich možného nadhodnocení nebo podhodnocení. V práci jsou zahrnuty neželezné průmyslové kovy obchodované na komoditní burze LME (London Metal Exchange), konkrétně se jedná o hliník, měď, olovo, nikl, cín a zinek. Jedná se zároveň o kovy, které jsou zahrnuty ve většině světových kompozitních komoditních indexů. V disertační práci je analyzován soudobý vývoj na komoditních trzích, závislost mezi burzovními kurzy průmyslových kovů a jejich fundamentálními faktory (zahrnující produkci, spotřebu a zásoby vybraných kovů a širokou škálu makroekonomických determinantů) nebo vztah mezi rizikem a výnosem průmyslových kovů. Po provedení dílčích analýz je za použití metody Boosted Trees vytvořený kompozitní indikátor ocenění u mědi a cínu, který je schopný vysvětlit variabilitu kurzů 3m futures kontraktů mědi za sledované období od 1/2000 do 3/2015 z 94,25% a cínu z 96,79%.

## **Klíčová slova**

Komoditní trhy, financionalizace, průmyslové kovy, makroekonomické determinanty, riziko a výnos.

## **Abstract**

In connection to the process of financialization of commodity markets which is caused by the sharp increase of money flowing into the commodity markets, the question of which factors affect commodity and commodity indices prices is discussed. The aim of the dissertation is to determine and quantify the factors affecting the prices of industrial metals during the period of financialization of commodity markets and derive the pricing model of industrial metals, which would be able to generate signals of a possible overvaluation or undervaluation. The paper examined non-ferrous industrial metals traded on the Commodity Exchange LME (London Metal Exchange), namely aluminum, copper, lead, nickel, tin and zinc. These metals are also included in the most of the world's composite commodity indices. The dissertation analyzes the contemporary developments in commodity markets; relationship between the price volatility and fundamental factors (including production, consumption and stocks of chosen metals and a wide range of macroeconomic determinants) or the relationship between risk and return of industrial metals. The closing part of the dissertation focuses on the creating of composite pricing indicator for copper and tin by using the Boosted Trees method. The results obtained in the research show that created indicator is able to explain the volatility of the 3m copper futures contracts by 94.25% and 3m futures contracts of tin by 96, 79% in the period from 1/2000 to 3/2015.

## **Key words**

Commodity markets, financialization, industrial metals, macroeconomic determinants, risk and return.

## Obsah

Úvod .....	1
1 Cíle disertační práce a formulace výzkumných otázek .....	2
1.1 Globální a parciální cíle práce .....	2
1.2 Formulace výzkumných otázek .....	2
2 Přehled současného stavu zkoumané oblasti .....	3
2.1 Klíčové aspekty fungování komoditních trhů .....	3
2.1.1 Komoditní burzy .....	3
2.1.2 Termínové komoditní deriváty a jejich charakteristika .....	3
2.2 Financionalizace komoditních trhů .....	4
2.3 London Metal Exchange a specifika trhu průmyslových kovů .....	6
3 Zdroje dat a použité metody .....	7
3.1 Zdroje dat .....	7
3.1.1 Kurzy průmyslových kovů .....	7
3.1.2 Produkce, spotřeba a zásoby .....	7
3.1.3 Makroekonomické determinanty .....	8
3.2 Použité metody .....	10
3.2.1 Metody k hodnocení vztahu mezi základními fundamentálními faktory a cenami průmyslových kovů .....	11
3.2.2 Metoda určená k hodnocení vlivu makroekonomických determinantů na cenovou volatilitu průmyslových kovů .....	13
3.2.3 Hodnocení vztahu rizika a výnosu průmyslových kovů .....	15
3.2.4 Metoda určená k sumarizaci výsledků .....	17
4 Analýza vztahu mezi základními fundamentálními faktory a reálnými cenami kovů .	18
4.1 Hodnocení vztahu mezi stavem nabídky, poptávky a reálnými cenami kovů .....	19
4.2 Hodnocení vztahu mezi reálnými cenami kovu a stavem zásob LME burzy a reálnými cenami kovů .....	21
5 Hodnocení vlivu makroekonomických determinantů na ceny průmyslových kovů ....	22
6 Hodnocení vztahu rizika a výnosu průmyslových kovů .....	24
7 Grafická syntéza výsledků a kompozitní indikátor správnosti ocenění mědi .....	25
7.1 Grafická syntéza výsledků .....	26
7.2 Kompozitní indikátor správnosti ocenění mědi .....	29
7.3 Vyhodnocení výsledků grafické syntézy a kompozitního indikátoru správnosti ocenění mědi a cínu .....	31
8 Závěr .....	32
Literatura .....	34
Přílohy .....	38

## Úvod

Geneze komoditního burzovníctví se datuje k 17. století minulého tisíciletí<sup>1</sup>, přičemž tyto burzy vznikaly jako nový nástroj k zajištění ochrany strany nabídky komoditních aktiv proti různým rizikům, které nebylo možné zajistit prostřednictvím běžných pojišťovacích institucí (Baer, 1949). V 19. a 20. století docházelo k významnému rozvoji v oblasti komoditních trhů z hlediska rozšíření škály obchodovaných komodit, kdy se kromě zemědělských plodin začaly burzovně obchodovat také jiné komodity, jako jsou kovy nebo energie. Světově nejvýznamnější komoditní burza s průmyslovými kovy, London Metal Exchange (LME), na kterou se disertační práce zaměřuje, byla založena v roce 1887.

Ve 21. století, po vzniku tzv. technologické akciové bubliny v roce 2000, dochází k další etapě vývoje v oblasti komoditních trhů. V tomto období začali investoři hledat další investiční aktiva, prostřednictvím kterých by mohli diverzifikovat svá investiční portfolia. K tomuto účelu dle řady vědeckých studií (např. Jensea spol., 2002; Gordon, Rouwenhorst, 2006; Cheung, 2010, Stoll, Whaley, 2010 nebo Jacobs a spol., 2014) mohou sloužit právě různé formy investic do komodit (investice do komoditních derivátů, komoditních indexů nebo do různých „exotických“ opcí a strukturovaných produktů, kde jsou komodity podkladovým aktivem). Jednou z nejdiskutovanějších forem investic do komodit jsou investice do komoditních futures indexů a burzovně obchodovatelných produktů – Exchange Traded Funds (ETF) a Exchange Traded Notes (ETN). Hodnota investovaného kapitálu do těchto produktů vzrostla jen ve Spojených státech amerických z přibližně 10 miliard dolarů evidovaných v roce 2000 na více než 320 miliard dolarů v roce 2012 (Lane, 2012). Tak strmý nárůst přispívá k celkové financionalizaci komoditních trhů. Pojem financionalizace lze definovat jako rostoucí úlohu finančních motivů, finančních trhů a finančních subjektů v sektoru komoditních trhů (UNCTAD, 2011).

S obdobím financionalizace komoditních trhů je spjata vysoká hladina cenové volatility komoditních aktiv, přičemž se nejen v akademické sféře vedou diskuse, zdali jsou tyto cenové výkyvy vysvětlitelné výlučně fundamentálními faktory a jaký dopad na ně mají spekulativní obchody.

Disertační práce si klade za cíl přispět k této diskusi věnující se financionalizaci komoditních trhů. Zaměření práce je pouze na sektor průmyslových kovů obchodovaných na LME burze, konkrétně se jedná o následující neželezné kovy - hliník, měď, olovo, nikl, cín a zinek<sup>2</sup>. Tyto komodity mají zastoupení ve všech

---

<sup>1</sup> Samotné obchodování s komoditami však sahá mnohem hlouběji do historie. První organizované trhy s komoditami, které neprobíhaly formou barterových obchodů, vznikaly na územích Persie, Egypta, Asýrie nebo Kartága. Na území evropského kontinentu bychom počátky organizovaných komoditních trhů mohli datovat do období antického Řecka a starověkého Říma (Baer, 1946).

<sup>2</sup> Jedná se o průmyslové neželezné kovy, které jsou obchodovány na LME burze (London Metal Exchange). Další burzovně obchodovatelné kovy, jako je zlato, stříbro nebo palladium, nejsou v disertační práci analyzovány, jelikož náleží do skupiny drahých kovů. Přestože jsou tyto kovy v průmyslu také využívány, jejich cena reaguje na fundamentální faktory a makroekonomické determinanty odlišně než v této práci analyzované průmyslové kovy.

významných světových komoditních kompozičních futures indexech a stejně jako ostatní burzovně obchodovatelné komodity podléhají financiaci komoditních trhů.

## **1 Cíle disertační práce a formulace výzkumných otázek**

Základním podnětem pro zaměření se na problematiku soudobého vývoje organizovaných komoditních trhů je již zmiňovaná dynamika tohoto vývoje. Změny, ke kterým v tomto sektoru finančních trhů dochází, vytvářejí prostor pro analýzu jejich příčin, souvislostí a důsledků. Specializace pouze na sektor průmyslových kovů navíc umožňuje bližší specifikaci trhů s těmito průmyslově významnými komoditami.

### **1.1 Globální a parciální cíle práce**

Globálním cílem disertační práce je determinovat a kvantifikovat faktory ovlivňující ceny průmyslových kovů v době financiaci komoditních trhů. Dále bude odvozen model oceňování průmyslových kovů, který by byl schopný generovat signály jejich možného nadhodnocení nebo podhodnocení. K dosažení výše uvedených cílů bude aplikována mj. metoda Boosted Trees.

Parciální cíle práce jsou následující:

1. Analyzovat soudobý vývoj na organizovaných komoditních trzích.
2. Analyzovat závislost mezi produkcí, spotřebou, zásobami a burzovními kurzy průmyslových kovů.
3. Analyzovat závislosti mezi makroekonomickými determinanty a burzovními kurzy průmyslových kovů.
4. Analyzovat vhodnost začlenění průmyslových kovů do investičního portfolia, včetně hodnocení vztahu mezi jejich rizikovostí a výnosností.

### **1.2 Formulace výzkumných otázek**

Na základě dosavadních teoretických poznatků jsou vzhledem k cílům disertační práce stanovené následující výzkumné otázky:

1. Lze volatilitu burzovně obchodovatelných průmyslových kovů na London Metal Exchange lze z dlouhodobého hlediska vysvětlit prostřednictvím základních fundamentálních faktorů a makroekonomických determinantů?
2. Došlo v období financiaci komoditních trhů došlo ke vzniku nerovnováhy mezi sledovanými fundamentálními faktory a cenami průmyslových kovů?

## **2 Přehled současného stavu zkoumané oblasti**

V této části jsou vymezeny základní pojmy, které souvisejí s problematikou komoditních trhů. Dále je zde provedena teoretická rešerše soudobého vývoje na organizovaných komoditních trzích s důrazem na proces financionalizace komoditních trhů.

### **2.1 Klíčové aspekty fungování komoditních trhů**

#### **2.1.1 Komoditní burzy**

S komoditami se obchoduje na komoditních trzích, které jsou zprostředkovávány komoditními burzami. Na celém světě existuje mnoho komoditních burz, které mají za úkol poskytovat seriózní a spolehlivé prostředí k realizaci a zúčtování obchodů, dohled nad obchodními praktikami a garanci probíhajících obchodů. Jednotlivé státy mají přitom vytvořený systém pro regulaci a dohled nad komoditními burzami.

Kupující a prodávající mohou obchodovat komodity buď na spotovém trhu, přičemž kupující a prodávající okamžitě dokončují transakci na základě aktuálních spotových cen, nebo na termínovém trhu, na kterém se obchodují termínové komoditní deriváty, zejména pak futures a opční kontrakty. Komoditní burzy zajišťují pravidelné vypořádávání těchto kontraktů - tzv. clearing, který je zajišťován prostřednictvím clearing house (vypořádací centrum). Clearing house je důležitou součástí burzovních obchodů, ve kterém členové burzy v denních intervalech vypořádávají své obchody, zajišťuje pokrytí marginových vkladů (blíže popsáno v následující kapitole) a odpovídá za plnění smluv. V tom se burzovní obchodování zásadně liší od obchodování mimoburzovního, kde je absence clearing house, kontrakty nejsou průběžně vypořádávány, a tudíž zde existuje tzv. riziko selhání protistrany.

#### **2.1.2 Termínové komoditní deriváty a jejich charakteristika**

Na komoditních trzích se obchoduje několik základních termínových derivátových instrumentů, mezi které se řadí komoditní futures a forward, komoditní opce (u komoditních opcí uvažujeme o opcích na futures) a komoditní swapy, přičemž jednotlivé kontrakty se liší svými vlastnostmi a obchodovatelností.

- **Komoditní futures a forward kontrakty**

Komoditním futures kontraktem rozumíme dohodu dvou stran (kupujícího a prodávajícího) o nákupu nebo prodeji komodity ve předem standardizovaném množství a kvalitě, za určitou cenu k danému budoucímu datu. Kupující přitom neplatí plnou cenu komodity, nýbrž tzv. margin. Marginem je stanovená minimální záloha, prostřednictvím které může kupující na určitou dobu příslušný komoditní futures kontrakt vlastnit. V případě obchodování na margin je stanovený tzv. udržovací margin, kdy v případě poklesu ceny komodity pod stanovenou hodnotu obdrží držitel futures kontraktu tzv. margin call, ve kterém bude upozorněn na nutnost vložit více peněz na účet, aby si udržel svoji otevřenou pozici. Existuje zde tedy princip pákového efektu (leverage), kdy i malé cenové výkyvy vedou k velkým ziskům nebo ztrátám. Každý

futures kontrakt má kromě svého názvu a termínu dodání ještě termín zvaný First Notice Day, který upozorňuje na vlastníctví kontraktu, u něhož se blíží tzv. Last Trading Day, který udává poslední den, kdy je možné s daným kontraktem obchodovat bez povinnosti jeho fyzického vypořádání (Kline, 2001).

Komoditní forward kontrakty jsou smluvní kontrakty na budoucí nákup či prodej komoditních aktiv v pevně stanoveném termínu za předem stanovenou cenu. Na rozdíl od futures kontraktů nejsou forward deriváty standardizované a burzovně obchodovatelné (nedochází zde k platbám marginu). Forwardové ceny zahrnují poměrně vysoké transakční, případně i skladovací náklady (Rejnuš, 2014).

- **Komoditní opční kontrakty**

Komoditní opce jsou podmíněné deriváty, které poskytují držiteli opce právo (nikoli povinnost) nakoupit nebo prodat komoditní futures kontrakt v dohodnutém okamžiku za pevně stanovenou cenu (Kline, 2001). Kupující strana zde zaplatí tzv. opční prémii (cena opce) s právem na koupi (call opce) nebo prodej (put opce) příslušné komodity za předem sjednanou realizační cenu (strike price) v dohodnutém okamžiku. Držitel opce tedy riskuje pouze hodnotu zaplacenou za opční prémii, přičemž ziskový potenciál není omezen. Prodejce opce naopak získává hodnotu opční premie.

Základním druhem opčních instrumentů jsou tzv. Plain Vanilla opční kontrakty, které je kromě jednotlivé kupní nebo prodejní opce možné dále dělit na americké opce a evropské opce, kdy americké opce lze uplatnit kdykoli v průběhu životnosti opce, zatímco evropské opce je možné uplatnit pouze v okamžiku jejich expirace. U opčních derivátů je možné také kombinovat různé opce (např. kombinace typu straddle). Kromě plain vanilla opcí existuje také řada exotických opcí, jejichž vlastnosti jsou komplexnější (Rejnuš, 2014).

## **2.2 Financializace komoditních trhů**

Na komoditních trzích dochází v současnosti k výrazným změnám. Zejména po vzniku technologické bubliny (dotcom crash) v roce 2000 a jejím následném prasknutí, začali investoři hledat nové pozice k diverzifikaci svého investičního portfolia. Od této doby lze datovat vznik tzv. komoditního boomu. Tento komoditní boom, který byl doprovázen prudkým nárůstem počtu nekomerčních účastníků na komoditních trzích, trval do poloviny roku 2008, kdy došlo k pádu hodnot převážné většiny komodit.

Financializaci komoditních trhů lze v první řadě charakterizovat jako prudký nárůst investovaného kapitálu na komoditních trzích investory, kteří aplikují výhradně finanční vypořádávání uzavřených kontraktů. Tento způsob obchodování praktikují především spekulanti, jimž finanční forma vypořádání obchodů vyhovuje. Je pro ně jednodušší a navíc jim nehrozí, že by museli případně nedobrovolně fyzicky dodat či odebrat příslušnou komoditu (Smolík, Rejnuš, 2014).

Mezi faktory, které vedou k financializaci je již zmíněná diverzifikace investičního portfolia, perspektiva z hlediska fundamentálních faktorů, konstrukce různých druhů

strukturovaných produktů nebo dle některých autorů (Gensler, 2010; Masters, White, 2009; Rejnuš, Smolík, 2013) také nedostatečná regulace komoditních trhů. Globalizace a technologický pokrok potom umožňuje vstup velkého množství spekulantů na komoditní trh.

V souvislosti s financionalizací komoditních trhů se v současnosti vedou diskuze, jaký vliv má zvýšený podíl investorů aplikujících finanční vypořádání kontraktů a jejich obchodní strategie na volatilitu cen komoditních aktiv. Existují dvě základní teorie. První, fundamentální teorie předpokládá, že ceny komoditních aktiv jsou determinované výhradně fundamentálními faktory a všichni účastníci komoditních trhů při svých obchodních a investičních rozhodnutích vycházejí z očekávání vývoje nabídky a poptávky spotových trhů. Tato teorie je založena na předpokladu efektivních trhů, tedy že ceny komodit okamžitě a správně absorbují veškeré dostupné fundamentální informace a očekávání. Pakliže by neinformovaní finanční investoři vyhodnotili cenu vzhledem k těmto faktorům nesprávně, informovaní investoři tohoto faktu využívají a profitují na něm, což vede k návratu do rovnováhy „fundamentálních hodnot“ (Staritz, 2012). Z čehož vyplývá, že ceny komodit nejsou ovlivněny financionalizací, nýbrž jsou determinovány aktuálními fundamentálními faktory (tedy stavem produkce, spotřeby, zásob a makroekonomických faktorů), které jsou také příčinou zvýšené volatility cen komodit. Mezi zastánce této teorie patří například Pirrong (2008), Krugman (2008), Sanders, Irwin (2008), Hong, Yogo (2010), Stoll, Whaley (2010) Power, Turvey (2011) nebo Singleton (2013).

Druhá, finanční teorie předpokládá, že kromě fundamentálních faktorů hraje u volatility cen komodit významnou roli také očekávání, chování a interakce různých účastníků na trhu, zahrnující informované investory, noise traders<sup>3</sup>, investory vycházejících při svém investičním rozhodování zejména ze statistických technik (např. statistického vyhodnocení optimalizace investičního portfolia) a komoditní indexové investory (CITs)<sup>4</sup>. Tito investoři mohou způsobit výrazné odchýlení cen od jejich „fundamentálních hodnot“ (Staritz, 2012). V souvislosti s touto teorií je možné uvést následující citace (u citací byl ponechán anglický jazyk):

*„There is so much money going into commodity markets that it almost does not matter how fundamentals behave.“* (Henn, 2011 – citace manažera hedge fondu)

Další citace - Fadel Gheit, výkonný ředitel a ropný analytik pro Oppenheimer & Co. Inc.

*„I firmly believe that the current record oil price in excess of \$135 per barrel is inflated. I believe, based on supply and demand fundamentals, crude oil prices should*

---

<sup>3</sup> Noise traders jsou obchodníci, kteří vytvářejí svá investiční rozhodnutí bez racionálního využití fundamentálních dat. Tito investoři následují trend, přehnaně reagují na dobré či špatné zprávy a využívají technických analýz (více informací jsou uvedeny na webové adrese [www.investopedia.com](http://www.investopedia.com)).

<sup>4</sup> CITs – Commodity Index Traders, jsou indexoví investoři, kteří vstupují téměř výhradně do dlouhých pozic komoditních indexů skládajících se z komoditních futures kontraktů – detailněji analyzováno v následující části práce.



*not be above \$60 per barrel... There were no unexpected changes in industry fundamentals in the last 12 months, when crude oil prices were below \$65 per barrel. I cannot think of any reason that explains the run-up in crude oil price, beside excessive speculation.*“ (Gheit, in June 2008)

Finanční teorie tedy výraznější tendence vzniku spekulativních bublin a zvýšenou volatilitu přisuzuje kromě fundamentálních aspektů také noise traderům a investorům, kteří mohou díky svým obchodním strategiím založených zejména na statistických metodách (ty jsou těsně provázané s jinými oblastmi finančních trhů) způsobit vznik tzv. stádového efektu. (UNCTAD, 2009). Stádový efekt lze definovat jako tendenci jednotlivců napodobovat počínání větší skupiny, spíše než se chovat nezávisle. Jedná se tedy o totožný psychologický faktor, který analyzoval Gustave Le Bon v předešlé kapitole uvedené Psychologii davu nebo další autoři věnující se davovému chování na finančních trzích. Zastánci finanční teorie jsou kromě autorů výše uvedených citátů také Masters, White (2008), Gilbert (2010), Tang, Xiong (2010), Acharya a spol. (2012), Cheng a spol. (2012) nebo Knittel, Pindyck (2013).

### **2.3 London Metal Exchange a specifika trhu průmyslových kovů**

London metal Exchange je centrem světového nákupu a prodeje neželezných průmyslových kovů. LME poskytuje vysoce likvidní standardizované kontrakty, přičemž průměrné denní objemy u futures a opčních kontraktů činily za rok 2013 676.286 lotů v celkové roční hodnotě 14,6 miliard USD (LME).

Kontrakty lze uzavírat prostřednictvím brokerů, parketového obchodování – „open-outcry“, telefonicky nebo prostřednictvím elektronické obchodní platformy LMEselect. Každý den jsou aktualizované oficiální ceny jednotlivých kovů v dolarech za loty – v metrických tunách, hlavní zveřejňované oficiální ceny jsou spotové, tříměsíční, patnáctiměsíční (jen u některých kovů) a dvaceti sedmiměsíční futures ceny. Jedná se o oficiálně zveřejňované ceny, kontrakty lze uzavírat i v dílčích meziobdobích. LME je světově nejvýznamnější komoditní burzou s průmyslovými kovy<sup>5</sup>, která podléhá regulaci a má zajištěný clearing jednotlivých kontraktů.

LME vlastní 650 celosvětově registrovaných skladů na 38 místech v 15 zemích, které slouží k zajištění fyzického vypořádání uzavřených kontraktů. Pouze malé procento uzavřených kontraktů je však vypořádáváno fyzicky.

Na LME je možné obchodovat různé druhy kontraktů, jako jsou futures kontrakty, opční kontrakty, TAPOs (Traded Average Price Options), Monthly Average Futures, LMEminis nebo LMEX (London Metal Exchange Index). Bližší specifikace jednotlivých kontraktů je uvedena v disertační práci.

---

<sup>5</sup> Dalšími burzami s neželeznými komoditami jsou Shanghai Futures Exchange (SHFE) - obchoduje s mědí, hliníkem a zinkem a chicagská burza CME (COMEX) obchodující s mědí. S přibližně 80 % tržního podílem je LME světově nejvýznamnější.

## 3 Zdroje dat a použité metody

### 3.1 Zdroje dat

Disertační práce vychází ze sekundárních dat, což je v souladu s cílem analyzovat vývoj cen průmyslových kovů v čase, tedy časové řady cen průmyslových kovů. V rámci této analýzy je hodnocena také závislost na ostatních (vstupních) proměnných, u kterých existuje předpoklad, že cenu průmyslových kovů ovlivňují. Použitá data jsou rozdělena do 3 skupin: ceny průmyslových kovů; produkce, spotřeba a zásoby; makroekonomické determinanty.

#### 3.1.1 Kurzy průmyslových kovů

První skupinou jsou samotné kurzy (ceny) průmyslových kovů. Jak bylo popsáno v teoretické části práce, v rámci obchodování s průmyslovými kovy na LME existují kromě spotových cen také ceny (aktuální burzovní kurzy) pro futures kontrakty s různým časovým intervalem zbývajícím do fyzického vypořádání kontraktu.

V použitých metodách jsou vždy použity burzovní kurzy futures kontraktů s tříměsíční expirací. Kurz futures kontraktu neboli jeho cena je vždy za jednu 1 metrickou tunu. Značení kurzů jednotlivých kovů je použité stejné, jako je jejich chemické označení – viz tabulka č. 1. V disertační práci jsou dle konkrétního modelu použité průměrné měsíční nebo roční kurzy 3m futures kontraktů z burzy LME v časovém intervalu od 1/1998 do 3/2015<sup>6</sup>.

Tabulka 1 Zkratky kurzů 3m futures kontraktů analyzovaných průmyslových kovů.

Popis	Označení
Hliník futures kontrakt 3m	P (Al)
Měď futures kontrakt 3m	P (Cu)
Olovo futures kontrakt 3m	P (Pb)
Níkl futures kontrakt 3m	P (Ni)
Cín futures kontrakt 3m	P (Sn)
Zinek futures kontrakt 3m	P (Zn)

*Zdroj: Zpracováno autorem.*

#### 3.1.2 Produkce, spotřeba a zásoby

Druhou skupinou jsou data o produkci, spotřebě a zásobách daného kovu.

- **Světová produkce, spotřeba a zásoby**

Měsíční data o světové produkci, spotřebě a zásobách jednotlivých kovů nejsou veřejně dostupná. Nejvýznamnější institucí, která tato data poskytuje je WBMS (World Bureau of Metal Statistics), kde je možné získat veškeré údaje na měsíční bázi. Přístup do databáze WBMS je určený zejména pro společnosti, které s těmito kovy obchodují, přístupová práva jsou však zpoplatněna.

<sup>6</sup> Délka časového intervalu může být u některých analýz kratší – v závislosti na dostupnosti dat ostatních analyzovaných proměnných v rámci použitého modelu.

Další institucí, která poskytuje tato data, ovšem ne vždy na měsíční bázi, je společnost CRU. CRU je nezávislá společnost věnující se světovému výzkumu v oblasti průmyslových kovů<sup>7</sup>. CRU mi poskytla pro vědecké účely přístup do databáze se statistickými údaji se světovou produkcí, spotřebou a zásobami mědi a cínu. Frekvence dat je čtvrtletní a časový interval Q1/2000 až Q1/2015.

- **Zásoby evidované na LME**

LME pravidelně aktualizuje denní hodnoty zásob, které jsou evidovány v registrovaných skladech. Analýzy, které se zaměřují na vztah mezi cenou průmyslových kovů a zásobami jsou kalkulovány na měsíční bázi, kde je měsíční hodnota zásob vypočítaná jako aritmetický průměr denních hodnot v jednotlivých měsících v metrických tunách. Měsíční data zdarma poskytuje společnost Westmetall<sup>8</sup>, data jsou dostupná od 1/2002, pouze u niklu jsou měsíční data dostupná až od 5/2006. Posledním analyzovaným obdobím je potom 3/2015.

### **3.1.3 Makroekonomické determinanty**

Třetí skupinou dat, jsou data vztahující se k makroekonomickým determinantům. Na základě stávajících vědeckých studií, které se zabývají vazbou mezi cenami komoditních aktiv a makroekonomickými determinanty, byly identifikovány různé makroekonomické determinanty, kterými jsou ukazatele ekonomického růstu, úrokových sazeb, množství peněz v ekonomice, inflace, měnových kurzů a pro komplexnější zhodnocení také ukazatel sentimentu na akciových trzích – index volatility VIX neboli „index strachu“. Zkratky jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny v tabulce č. 2. Makroekonomické determinanty jsou analyzovány v časovém intervalu od 1/2000 do 3/2015.

- **Ekonomický růst**

Ekonomický růst je v této práci determinován prostřednictvím ukazatelů indexů nákupních manažerů (PMI – Purchasing Managers Index), jež jsou indikátory očekávání budoucího vývoje ekonomiky z řad manažerů podnikové sféry, a také prostřednictvím indexů průmyslové produkce. V rámci indexů nákupních manažerů jsou do analýz zahrnuty: Global Manufacturing PMI, PMI index Číny a PMI index Spojených států amerických. Historická data globálního PMI indexu a PMI indexu Spojených států amerických pro vědecké účely poskytla společnost Markit and JPMorgan. Data k indexu PMI Číny jsou pak dostupná na National Bureau of statistics of China. V rámci indexu průmyslové produkce jsou analyzovány indexy Spojených států amerických, Číny a ukazatel průmyslové produkce evropských zemí, zdrojem dat je v tomto případě databáze OECD. Ukazatel hrubého domácího produktu byl nahrazen výše uvedenými ukazateli z důvodu dostupnosti pouze čtvrtletních dat u Spojených států amerických a Číny.

---

<sup>7</sup> Více informací o společnosti je možné získat na následující internetové adrese: [www.crugroup.com](http://www.crugroup.com).

<sup>8</sup> Více informací o společnosti je možné získat na následující internetové adrese: [www.westmetall.com](http://www.westmetall.com). U LME jsou tato data zpoplatněna.

- **Krátkodobé úrokové sazby**

Krátkodobé úrokové sazby jsou obecně považovány za významné makroekonomické determinanty. Jako vstupní proměnné jsou v práci analyzovány jednak nejvýznamnější tříměsíční globální krátkodobé úrokové sazby, tedy krátkodobé úrokové sazby *Spojených států amerických, Velké Británie, Eurozóny a Číny*, u analýzy cen niklu, s ohledem na dominantní postavení Ruské federace v produkci tohoto kovu, jsou použity také sazby *Ruské federace*. Zdrojem dat jednotlivých krátkodobých úrokových sazeb je OECD statistics.

- **Množství peněz v ekonomice**

Za vhodný globální ukazatel množství peněz v ekonomice je považován ukazatel BIS Bank for International Settlements) global liquidity<sup>9</sup>. Nevýhodou tohoto ukazatele je čtvrtletní frekvence publikování dat. S ohledem na tuto skutečnost je v práci použitý index monetárních agregátů M3 členských zemí OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj), kde jsou data s měsíční frekvencí. Země začleněné do OECD přitom dle oficiálních internetových stránek OECD reprezentují 60 % světového a  $\frac{3}{4}$  světového obchodu<sup>10</sup>.

- **Inflace**

Inflace je zde hodnocena jako index spotřebitelských cen, zdrojem dat je World Bank a vstupní proměnnou jsou inflace zemí eurozóny, inflace Spojených států amerických, inflace Číny, inflace Ruské Federace (u niklu) a celková inflace zemí začleněných do World Bank.

- **Nominální efektivní kurzy**

Nominální efektivní kurzy znázorňují, jak ve sledovaném období ve srovnání s obdobím základním nominálně posílila či naopak oslabila měna daného státu vůči koši vybraných zahraničních měn<sup>11</sup>, jednotlivá data jsou dostupná na Bank for International Settlements<sup>12</sup>. V rámci nominálních efektivních úrokových sazeb je analyzována síla amerického dolaru a čínského jüanu. Americký dolar je vybrán z důvodu, že obchody na LME jsou obvykle realizované v amerických dolarech. Čínský jüan byl vybrán z důvodu dominantního postavení Číny z hlediska spotřeby průmyslových kovů. Mezi danými průmyslovými kovy se předpokládá inverzní vztah mezi cenou průmyslových kovů a silou dané měny. V rámci těchto analýz je možné zvažovat začlenění i jiných měn, jako je chilské peso, protože Chile je dominantním producentem mědi. V tomto případě by byl naopak předpoklad kladné korelace mezi silou chilského pesa a cenou

---

<sup>9</sup> Detailní informace jsou dostupné na <https://www.bis.org/statistics/gli.htm?m=6|333>.

<sup>10</sup> Opodstatnění tohoto ukazatele je potvrzené také výsledkem korelace čtvrtletních dat OECD monetárních agregátů M3 a dat z global liquidity BIS, která se blíží hodnotě 1.

<sup>11</sup> Při výpočtu je používán vážený geometrický průměr.

<sup>12</sup> Internetová adresa [www.bis.org](http://www.bis.org)

mědi. Nicméně se domnívám, že mezi cenou mědi a silou chilského pesa existuje spíše závislost síly chilského pesa na ceně mědi nikoli naopak<sup>13</sup>.

- **Index volatility VIX**

Indexy volatility jsou obecně indikátory sentimentu (nálad) investorů. Index volatility VIX je navázán na akciový index S&P 500, což je široký, tržní kapitalizací vážený burzovní index, v němž jsou de facto zahrnuty nejvýznamnější americké společnosti obchodované na NYSE, NASDAQu a AMEXu, zahrnující všechna odvětví ekonomiky. Konstrukce indexu je vytvořena na základě vývoje velikosti opčních prémie při obchodování indexu S&P 500, dává tedy relativně věrný obraz o změnách v psychice investorů. Index volatility VIX není typickým makroekonomickým determinanem, ale v této práci je do daných analýz začleněn z důvodu předpokladu, že tržní sentiment je jedním z pozorně sledovaných tržních ukazatelů jednotlivými účastníky trhu.

Tabulka 2 Zkratky makroekonomických determinantů.

Popis	Označení
Index průmyslové produkce Spojených států amerických	USIP
Index průmyslové produkce Číny	CHIP
Index průmyslové produkce Evropa	EURIP
Index nákupních manažerů ve výrobě – globální	GPMI
Index nákupních manažerů ve výrobě – Spojené státy americké	USPMI
Index nákupních manažerů ve výrobě – Čína	CHPMI
Krátkodobé úrokové sazby – Spojené státy americké	USSTIR
Krátkodobé úrokové sazby – Čína	CHSTIR
Krátkodobé úrokové sazby – Eurozóna	EURSTIR
Krátkodobé úrokové sazby – Velká Británie	UKSTIR
Krátkodobé úrokové sazby – Ruská federace	RSTIR
Index monetárních agregátů M3 členských zemí OECD	MAM3
Inflace – globální	GIR
Inflace – Spojené státy americké	USIR
Inflace – Čína	CHIR
Inflace – Eurozóna	EURIR
Inflace – Ruská federace	RSTIR
Nominální efektivní kurzy – americký dolar	NEERUSD
Nominální efektivní kurzy – čínský jüan	NEERJUAN
Nominální efektivní kurzy – euro	NEEREURO
Index volatility – VIX	VIX

*Zdroj: Zpracováno autorem.*

### 3.2 Použité metody

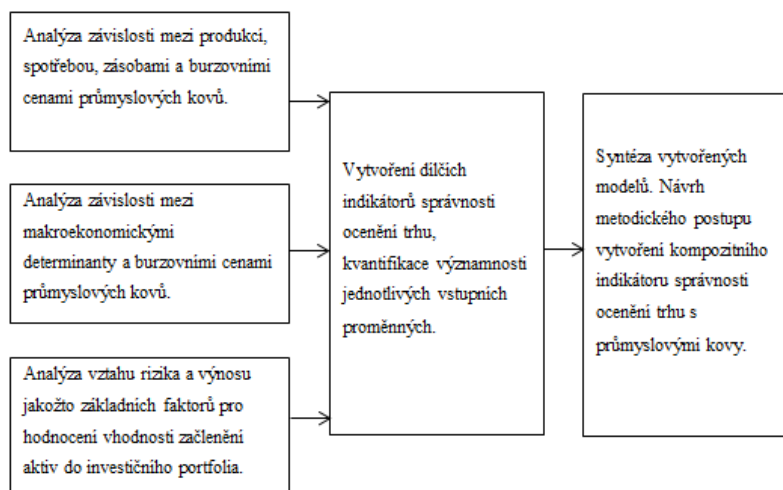
Vzhledem ke komplexnosti řešené problematiky, je nezbytné rozdělit použité metody do několika skupin, které se věnují analýze základních fundamentálních faktorů, makroekonomických determinantů a vhodnosti zařazení průmyslových kovů do

<sup>13</sup> Pozn. chilské HDP je dle zpravodajství FIO banky až z 20% tvořeno právě příjmy z produkce mědi.

investičního portfolia. Jednotlivé metody tedy slouží k dosažení výsledků pro splnění parciálních cílů disertační práce.

Výsledky následně umožní selektovat významné proměnné pro komplexní model, který by byl schopný generovat signály možného nadhodnocení nebo podhodnocení vybraných průmyslových kovů. Níže je uvedené schématické znázornění postupu řešení disertační práce – Obrázek č. 1.

Obrázek 1 Schématické znázornění postupu řešení disertační práce.



*Zdroj: Zpracováno autorem.*

### 3.2.1 Metody k hodnocení vztahu mezi základními fundamentálními faktory a cenami průmyslových kovů

V rámci analýzy základních fundamentálních faktorů komoditního trhu, tedy produkce, spotřeby a zásoby příslušné komodity, je v disertační práci analyzována jednak závislost mezi reálnými cenami (kurzy) 3m futures kontraktů a hodnotami ukazatele stocks-to-use ratio, tak závislost mezi reálnými cenami (kurzy) 3m futures kontraktů a zásobami příslušného kovu na burze LME.

Při hodnocení výše uvedených proměnných je mj. aplikovaný Spearmanův korelační koeficient, který popisuje jak lineární tak nelineární závislosti. Uvedený vzorec nabývá hodnot v intervalu  $<-1;1>$ , přičemž hodnota  $-1$  značí zcela nepřímou závislost (antikorelaci), hodnoty kolem  $0$  (nekorelovanost) znamenají, že není žádná statisticky zjištělná lineární závislost, a hodnota  $1$  znamená zcela přímou lineární závislost. Výhodou tohoto korelačního koeficientu v porovnání s Pearsonovým korelačním koeficientem je, že se jedná o neparametrickou metodu, která využívá při výpočtu pořadí hodnot sledovaných veličin, nevyžaduje tedy ze statistického hlediska normální rozdělené dat. K výpočtu korelačních koeficientů je použitý software Statistica 12.

- **Hodnocení vztahu mezi stavem nabídky, poptávky a reálnými cenami kovů**

Vhodný způsob pro hodnocení vzájemné závislosti mezi nabídkou, poptávkou a cenou komodit je ukazatel stocks-to-use ratio (SUR). SUR ve svých publikacích využili

například Piesse, Thirtlec (2009), Dawe (2009) nebo Bobenrieth a spol. (2013). Přestože se jedná o ukazatel užívaný především pro zemědělské plodiny, je jej možné aplikovat i pro průmyslové kovy, vycházíme-li z předpokladu, že se cena komodit odvíjí od jejich základních fundamentálních faktorů.

Ukazatel SUR hodnotí vzájemné vztahy mezi produkcí, spotřebou a zásobami v analyzovaném období. Matematické vyjádření ukazatele SUR aplikovaného v této práci je následující:

$$SUR = \frac{S + GP - GC}{GC} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde  $S$  je počáteční hodnota zásob (dle dostupných dat jsou použité buď celkové světové hodnoty zásob – u hliníku, mědi a cínu, nebo stavy zásob reportované na LME burze u olova, niklu a zinku),  $GP$  je celková hodnota světové produkce vybraných průmyslových kovů za sledované období,  $GC$  je celková hodnota spotřeby za sledované období a SUR je ukazatel stocks-to-use ratio vyjádřený v procentních bodech.

V rámci hodnocení vztahu mezi reálnou cenou futures kontraktu  $P$  (k získání reálné ceny je použitý index spotřebitelských cen ve Spojených státech amerických aplikovaný na aritmetický průměr kurzů 3 měsíčních futures kontraktů za sledované období) a ukazatele  $SUR$ , lze očekávat existenci inverzního vztahu, neboli stavu, kdy snížení ukazatele  $SUR$  vede k růstu ceny daného kovu. Pro potvrzení inverzního vztahu je použitý výše uvedený Spearmanův korelační koeficient.

Pro účely posouzení nadhodnocení nebo podhodnocení daného komoditního trhu, je v práci použitý následující indikátor správnosti ocenění trhu:

$$\text{Indikátor správnosti ocenění} = SUR \cdot P_{real} - MA(SUR \cdot P_{real}) \quad (2)$$

Kde  $SUR$  je stocks-to-use ratio,  $P_{real}$  je reálná cena jednotlivých průmyslových kovů (získaná na základě průměrných reálné ceny – kurzů futures kontraktů v jednotlivých obdobích),  $MA(SUR \cdot P_{real})$  je funkce klouzavého průměru,

U kovů kde jsou k dispozici čtvrtletní data (tj. u mědi a cínu) byl zvolen 2 letý klouzavý průměr a u kovů, kde jsou k dispozici pouze roční data (ostatní analyzované kovy), byl zvolen z důvodu menšího počtu dat 3 letý klouzavý průměr, což vnáší do modelu zpoždění. Vzhledem k dostupnosti dat pouze na čtvrtletní nebo roční bázi, není možné analyzovat volatilitu dat v měsíčních intervalech<sup>14</sup>.

Jedná se tedy o indikátor, který hodnotí nadhodnocení nebo podhodnocení dvouletého, resp. tříletého klouzavého průměru součinu průměrných reálných cen kovů a ukazatele

<sup>14</sup> Data na měsíční bázi je možné zakoupit na Word Bureau of Metal Statistics, aktuální cena přístupu do databáze je 8 980 GBP, platné k 15.4.2015.

SUR. Tento indikátor nevyjadřuje procentuální nadhodnocení/podhodnocení trhu, nýbrž vyjadřuje, o kolik je tento součin rozdílný oproti jeho dvouletému (tříletému) klouzavému průměru, dochází tak k porovnávání aktuálního stavu s historickým vývojem. Obdobný indikátor byl použitý například Treglerem (2005) v rámci hodnocení vztahu mezi akciovým indexem S&P 500 a indexem volatility VIX, s tím rozdílem, že vzhledem k charakteru závislosti mezi proměnnými je v disertační práci využitý klouzavý průměr součinu vstupních hodnot, nikoli podílu.

- **Hodnocení vztahu mezi reálnými cenami kovu a stavem zásob LME burzy a reálnými cenami kovů**

Druhou použitou metodou v této kapitole je hodnocení závislosti mezi změnou stavu zásob evidovaný burzou LME a reálnou změnou kurzů futures kontraktů jednotlivých průmyslových kovů. Postup výpočtu je obdobný jako u hodnocení vztahu mezi stavem nabídky, poptávky a reálnými cenami kovů, s tím rozdílem, že ukazatel SUR je nahrazený průměrnou měsíční hodnotou zásob evidovaných na LME burze  $LME_s$ , tedy pro jednotlivé kovy  $LME_s(Al, Cu, \dots, Zn)$ . V rámci níže uvedeného indikátoru správnosti ocenění je vždy použitý dvouletý klouzavý průměr. K výpočtu je použitý software Microsoft Office Excel 2010.

Použitý indikátor správnosti ocenění:

$$\text{Indikátor správnosti ocenění} = LME_s \cdot P_{real} - MA(LME_s \cdot P_{real}) \quad (3)$$

### 3.2.2 Metoda určená k hodnocení vlivu makroekonomických determinantů na cenovou volatilitu průmyslových kovů

Pro účely hodnocení významnosti hodnot analyzovaných makroekonomických determinantů na ceny jednotlivých průmyslových kovů byla zvolena metoda Boosted Trees (BT), která je vhodná pro vyhodnocování vztahu mezi několika proměnnými. Výhodou této metody je také její použitelnost i v případě existence odlehlých hodnot vstupních proměnných, tzv. outliers (Twala, 2010).

Totožná metoda byla použita v rámci hodnocení vztahu mezi makroekonomickými determinanty a komoditním indexem S&P GSCI, kde bylo dokázáno, že více než 75% cenových výkyvů tohoto komoditního indexu je možné vysvětlit změnami hodnot vybraných makroekonomických determinantů (Smolík, Karas, Rejnuš., 2014).

BT je neparametrickou metodou, která vychází z kombinace metody CART (*Classification and Regression Trees*)<sup>15</sup> sloužící pro klasifikaci a regresi binárních rozhodovacích stromů<sup>16</sup> (viz Breiman a spol., 1984) a boosting algoritmu. Boosting algoritmus spočívá v generování více (klasifikačních nebo regresních) modelů a jejich

---

<sup>15</sup> Možná je však také aplikace kombinace s umělými neuronovými sítěmi.

<sup>16</sup> **Klasifikační stromy**- modelujeme závislost **kategoriální** závislé proměnné na jedné či více nezávislých proměnných. **Regresní stromy**- modelujeme závislost **spojité** závislé proměnné na jedné či více nezávislých proměnných. Binární uzel znamená, že z jednoho uzlu vychází právě 2 větve.



složení (kombinace) na základě vah tak, aby vznikl z vnějšího pohledu jediný výsledný model (Komprdová, 2012). Podrobný technický popis boostingu je možné najít v publikacích Friedman (1999) nebo také Miner a spol. (2009).

V rámci metody BT dochází k vytváření jednoduchých klasifikačních nebo regresních stromů, přičemž každý následující strom je motivován k tomu, aby byl trénován na neúspěšných vzorech předcházejícího jednoduchého stromu. Metoda BT tak staví stromy postupně, přičemž nový strom závisí na výsledcích předešlého stromu<sup>17</sup>. Jinak řečeno boosting algoritmus přispívá ke zvýšení přesnosti algoritmu díky postupné redukci chybové složky.

BT umožňuje zachytit také nelineární závislosti mezi vysvětlovanou proměnnou a vektorem vysvětlujících  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ , prostřednictvím vzorku dostupných dat (tzv. learning sample)  $\{x_i, y_i\}_1^N$  hodnot  $(y, x)$ .

Cílem metody je nalézt aproximaci  $\hat{F}(x)$  funkce  $F^*(x)$ , která přiřazuje hodnotě  $x$  hodnotu  $y$  tak, že minimalizuje očekávanou hodnotu chybové funkce přes celé rozdělení hodnot, tj.:

$$F^* = \arg \min_F E_{y,x} L(y, F(x)) = \arg \min_F E_x [E_y (L(y, F(x))) | x] \quad (4)$$

Metoda BT je použitelná jak pro regresi, tak pro klasifikaci. V případě použití metody pro účely regrese, je střední absolutní chyba funkce  $L(y, F(x))$  (viz Friedman, 2001) následující:

$$L(y, F(x)) = E_x |F^*(x) - \hat{F}(x)| \quad (5)$$

Odvození výsledného pravidla (funkce  $F$ ) je vytvořeno prostřednictvím iterativního algoritmu. Nejběžnějším algoritmem používaným pro klasifikaci je AdaBoost.M1, jehož autory jsou Freund a Schapire (1996), daný algoritmus je detailněji popsán v publikaci (Hastie a spol., 2009).

Další vlastností této metody je možnost seřadit jednotlivé proměnné podle jejich relativního vlivu  $I_j$  na variabilitu aproximace funkce  $\hat{F}(x)$  přes celé rozdělení vstupních proměnných, matematický zápis by pak mohl být následující (Friedman, 2001):

$$I_j = \left( E_x \left[ \frac{\partial \hat{F}(x)}{\partial x_j} \right] \cdot \text{var}_x [x_j] \right)^{1/2} \quad (6)$$

Pro zpracování dat je použitý software Statistica 12. Zmíněná metoda byla použita pro sestavení následujícího modelu - matematická vyjádření:

$$P = f(MAM3, GIP, USIP, CHIP, EURIP, \dots, VIX) \quad (7)$$

<sup>17</sup> Tím se algoritmus „Boosting“ odlišuje od algoritmu Bagging, který pracuje s kombinací navzájem nezávislých stromů – více Breiman (1996).

Kde  $P$  jsou kurzy 3m futures kontraktů jednotlivých kovů, *MAM3, GIP, USIP, CHIP, EURIP,...*, *VIX* jsou hodnoty jednotlivých makroekonomických determinantů – nezávislé proměnné.

Jako indikátor správnosti ocenění pak je použita diference mezi historickými kurzy jednotlivých kovů a hodnotami predikovanými metodou BT. K výpočtu korelačních koeficientů je použitý software Statistica 12.

### 3.2.3 Hodnocení vztahu rizika a výnosu průmyslových kovů

Diverzifikace investičního portfolia prostřednictvím komoditních aktiv je využívaná širokou škálou institucionálních investorů, hedge fondů, CTA nebo i jednotlivými spekulanty, a bývá označovaná jako jeden z hlavních důvodů financionalizace komoditních trhů.

Investiční portfolia jsou diverzifikována na základě rizikovosti a výnosnosti jednotlivých aktiv, přičemž se bere v potaz také jejich vzájemná korelace. Výstupem těchto modelů však není stanovení vnitřní hodnoty daného aktiva, jelikož jedinou vstupní proměnnou je tržní cena aktiv a fundamentální faktory nejsou obvykle analyzovány.

- **Sharpeho poměr**

Kromě analýz korelačních koeficientů je v disertační práci kvantifikován vztah mezi rizikem a výnosem u vybraných průmyslových kovů. Touto problematikou se v návaznosti na moderní teorii portfolia zabýval William Forsyth Sharpe (1964), který kromě modelu CAPM (blíže specifikováno v následující části práce) identifikoval vztah mezi rizikem a výnosem prostřednictvím tzv. Sharpeho poměru (Sharpe ratio), jehož matematické vyjádření je uvedené v následující rovnici:

$$S = \frac{E(R - R_f)}{\sigma} \quad (8)$$

Kde  $R$  je výnosnost sledovaného aktiva,  $R_f$  je výnosnost bezrizikového aktiva,  $E(R - R_f)$  je očekávaná výnosnost sledovaného aktiva ponížena o výnosnost bezrizikového aktiva a  $\sigma$  je směrodatná odchylka výnosnosti sledovaného aktiva.

Při interpretaci výsledků Sharpeho poměru platí, že výhodnější je ta investice, jejíž poměr výnosu nad bezrizikovou mírou a rizikem (stanovené volatilitou aktiv) je vyšší. Jde tedy o míru prémie k podstoupenému riziku. Sharpeho poměr bere v potaz celkové riziko (nikoli benchmark) a proto se hodí také pro porovnávání aktiv napříč všemi kategoriemi. Vzhledem ke skutečnosti, že disertační práce je postavena na historických datech, nevychází výsledky Sharpeho poměru z očekávaných výnosů, nýbrž ze skutečných historických výnosů vybraných aktiv.

V souvislosti s výpočtem Sharpeho poměru byla stanovena hodnota bezrizikového aktiva na úrovni desetiletých státních pokladničních poukázek Spojených států

amerických (data jsou dostupná např. na internetových stránkách [www.ycharts.com](http://www.ycharts.com)). Proměnné jsou počítány na základě měsíčních hodnot analyzovaných aktiv. Časové řady výsledků Sharpeho poměru jsou vypočítány na základě dat z 12 předcházejících měsíců.

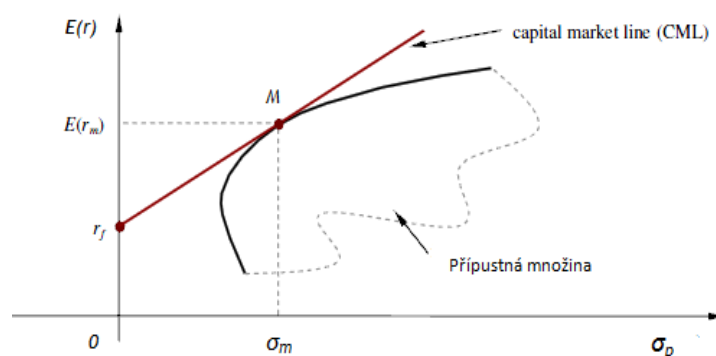
V případě Sharpeho poměru je rizikovost vyjádřena pomocí směrodatné odchylky. Z toho důvodu je součástí analýz také testování normality rozdělení výnosů. Normalita rozdělení časových řad je testována prostřednictvím Shapiro-Wilkova testu normality. Shapiro-Wilkův test (viz Shapiro, Wilks, 1964) je dle literatury speciálně vhodný pro testování i menších vzorků dat (viz Meloun a spol., 1994). Shapiro-Wilkův test pracuje s nulovou hypotézou, že vzorek  $x_1, x_2, \dots, x_n$  prochází z populace s normálním rozdělením.

- **Hodnocení vztahu rizika a výnosu vycházející z modelu CAPM**

Model CAPM vychází z předpokladu, že investor má možnost kombinovat bezrizikové aktivum s množinou efektivních portfolií na efektivní hranici, je tedy schopen dosáhnout jakékoli kombinace rizika a výnosu, která leží na **přímce kapitálového trhu** (Capital Market Line – CML) počátkem v bodě  $[0; E(r)]$ .

V bodě M z grafu č. 1 investor sestaví své portfolio pouze z rizikových aktiv. Toto portfolio se označuje jako tržní portfolio<sup>18</sup>. V ostatních případech investor buď sestaví své portfolio z kombinace rizikových a bezrizikových aktiv (zápůjční portfolio - graficky znázorněné v linii  $R_f$  a  $M$ ) nebo si vypůjčuje bezrizikové aktivum s tím, že získané finanční prostředky investuje do rizikového aktiva (výpůjční portfolio – od bodu  $M$ ).

Graf 1 Přímka kapitálového trhu.



Zdroj: Fabozzi, Modigliani (2003).

<sup>18</sup> Tržní portfolio je portfolio, které je tvořeno investicemi do všech cenných papírů, které jsou na daném trhu k dispozici, v takovém poměru, že proporce investovaná do jednotlivého cenného papíru odpovídá jeho relativní tržní hodnotě. Relativní tržní hodnota cenného papíru je rovna agregované tržní hodnotě cenného papíru dělené sumou agregovaných tržních hodnot všech cenných papírů (Sharpe, 1964).

Přímka kapitálového trhu (CML) se stává efektivní hranicí, která vyjadřuje rovnovážný vztah mezi očekávanou výnosovou mírou a celkovým rizikem efektivního portfolia. Matematicky ji můžeme vyjádřit v následujícím tvaru:

$$E(R_p) = R_f + \frac{E(rR_m) - R_f}{\sigma_m} \cdot \sigma_p \quad (9)$$

Kde  $E(R_p)$  je očekávaná výnosová míra portfolia,  $R_f$  je bezriziková úroková míra,  $E(R_m)$  je očekávaná výnosová míra z tržního portfolia,  $\sigma_p$  je směrodatná odchylka portfolia,  $\sigma_m$  je směrodatná odchylka tržního portfolia.

S ohledem na skutečnost, že v disertační práci nebudou hodnoceny výnosy očekávané, nýbrž historické, není použitý k analýze nadhodnocení a podhodnocení jednotlivých průmyslových kovů tradiční model CAPM, ale tzv. ex-post CAPM, který byl aplikovaný například Karlem Treglerem (2005). Rovnici modelu ex-post CAPM lze zapsat následovně:

$$R = b + a \cdot \sigma \quad (10)$$

Kde  $R$  je historický výnos aktiva za sledované období,  $\sigma$  je směrodatná odchylka tohoto výnosu a  $a$ ,  $b$  jsou koeficienty.

Historický výnos je kalkulován jako jednoletý klouzavý průměr měsíčních dat. Nadhodnocení a podhodnocení daného kovu je vyjádřena prostřednictvím alfa faktoru, v tomto případě odchylkou historického výnosu od přímky trendu znázorňující přímku CML. Jinak řečeno se jedná o ukazatel, který vyjadřuje, o kolik byl výnos (v procentuálním vyjádření) aktiva vyšší nebo nižší oproti výnosu uvedenému na přímce CML. Matematické vyjádření je následující:

$$\alpha = MA(R) - \text{přímka lineární regrese všech pozorování } R \quad (11)$$

### 3.2.4 Metoda určená k sumarizaci výsledků

Pro sumarizaci výsledku je vytvořena grafická syntéza výsledků použitých metod, kde budou prostřednictvím funkce podmíněného formátování softwaru Microsoft Office Excel 2010 modře zvýrazněná podhodnocení a oranžově nadhodnocení v jednotlivých obdobích.

Dále pak je aplikovaná metoda Boosted Trees pro vytvoření kompozitního indikátoru nadhodnocení nebo podhodnocení kurzů 3m futures kontraktů mědi a cínu ve sledovaném období včetně stanovení relativní významnosti jednotlivých vstupních proměnných. Jako vstupní proměnné jsou použity čtvrtletní průměrné hodnoty veškerých proměnných sledovaných v dílčích analýzách, tj.:

- Ukazatel stocks-to-use ratio hodnotící vazbu mezi produkcí, spotřebou a zásobami daných kovů
- Stav zásob na LME

- Analyzované makroekonomické determinanty
- Sharpeho poměr daného kovu

Takto vytvořený kompozitní indikátor v sobě tedy obsahuje jak indikátory fundamentální (zahrnující základních fundamentální faktory komoditních aktiv i z makroekonomické determinanty), tak finanční v podobě Sharpeho poměru, který hodnotí vztah mezi rizikem a výnosem daného aktiva.

U ostatních analyzovaných průmyslových kovů (hliník, olovo, nikl a zinek) kompozitní indikátor není vytvořený z důvodu dostupnosti pouze ročních dat u ukazatele SUR. Nicméně tento metodický postup pro tvorbu modelu oceňování je možné aplikovat také u těchto kovů.

V rámci této analýzy je také prostřednictvím upraveného koeficientu determinace<sup>19</sup> vyjádřeno, jakou část celkové variability příslušných průmyslových kovů je možné vysvětlit prostřednictvím použitého modelu.

Výsledky jsou následně rozdělené do několika sledovaných období:

- Celé analyzované období
- Období od Q1/2000 do Q4/2007
- Období od Q1/2008 do Q4/2009, ve kterém se nejvíce projevila volatilita související s finanční krizí v roce 2008 (celkový růst cen aktiv na začátku roku 2008, finanční krize ve druhé polovině roku 2008 a následný tržní růst v roce 2009)
- Období od Q1/2010 do Q1/2015

## **4 Analýza vztahu mezi základními fundamentálními faktory a reálnými cenami kovů**

V souladu s členěním metod v předešlé kapitole jsou použity 2 metody k hodnocení základních fundamentálních faktorů: hodnocení vztahu mezi stavem nabídky, poptávkou a reálnými cenami (kurzy) kovů, dále pak hodnocení vztahu mezi reálnými cenami kovu a stavem zásob LME burzy a reálnými cenami kovů.

V teziích disertační práce jsou z důvodů značného rozsahu analytické části uvedeny pouze detailní analýzy u mědi.

---

<sup>19</sup> Upravený koeficient determinace je oproti standardnímu koeficientu determinace vhodný i pro analýzy s malým rozsahem výběru.

## 4.1 Hodnocení vztahu mezi stavem nabídky, poptávky a reálnými cenami kovů

Korelace mezi proměnnými – produkcí, spotřebou, zásobami, ukazatele SUR a reálnými cenami mědi.

Tabulka 3 Korelace mezi reálnou cenou mědi a jejich produkcí, spotřebou, zásobami a ukazatelem SUR.

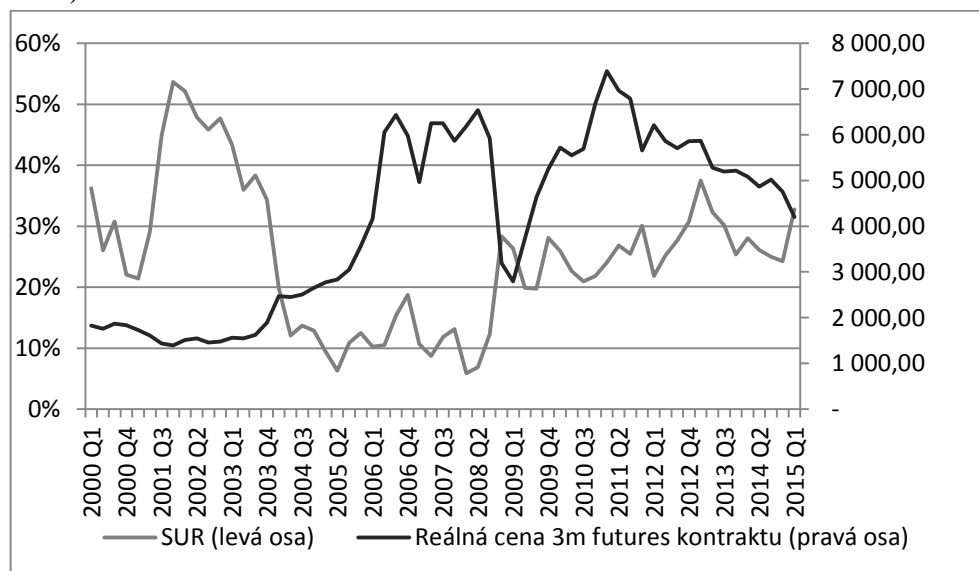
	Reálná cena 3m futures - Měď
Produkce příslušného kovu	0,695
Spotřeba příslušného kovu	0,822
Zásoby LME příslušného kovu	-0,221
Stocks-to-use ratio příslušného kovu	-0,471

Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.<sup>20</sup>

Je potvrzen předpoklad negativní korelace mezi ukazatelem SUR a reálnou cenou mědi. Dále jsou také zaznamenány vysoké hodnoty korelace jak se světovou produkcí, tak se spotřebou.

V následující části práce jsou provedeny analýzy vztahů mezi ukazateli SUR a reálnou cenou jednotlivých kovů včetně zhodnocení příslušných indikátorů správnosti ocenění trhu:

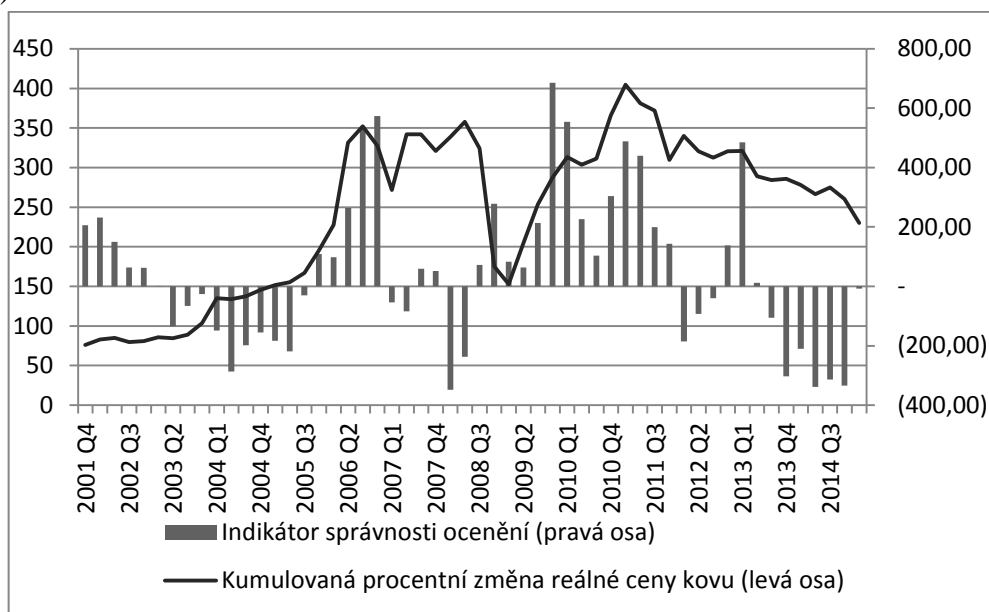
Graf 2 Vztah mezi SUR v % a reálnou cenou mědi v USD/mt (čtvrtletní data, Q1/2000 – Q1/2015).



Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.

<sup>20</sup> Zásoby jsou v korelační matici zastoupeny pouze v podobě zásob evidovaných na LME, data měsíční v intervalu 1/2002 až 3/2015. Světová produkce, spotřeba a SUR je kalkulovaná na základě čtvrtletních dat, časový interval Q1/2000 až Q1/2015. Červeně uvedené hodnoty jsou statisticky významné na hladině významnosti 5%.

Graf 3 Indikátor správnosti ocenění trhu s mědí na bázi ukazatele SUR (Q4/2001-Q1/2015).



*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

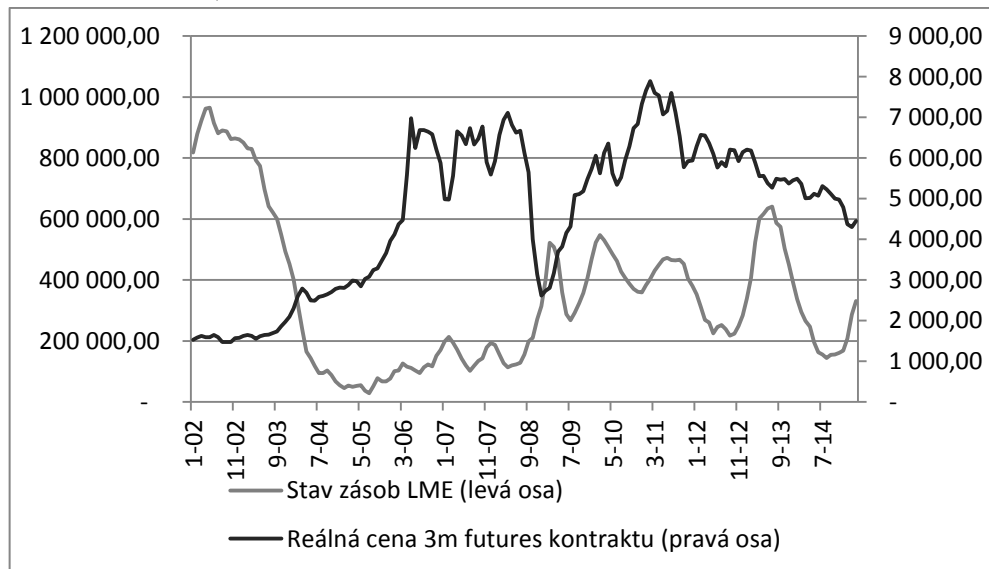
Z výsledků je patrný inverzní vztah mezi SUR a reálnou cenou 3m futures kontraktů mědi. V roce 2004 je indikátor správnosti ocenění trhu s mědí v záporných hodnotách, trh se tedy jeví jako podhodnocený. Je to způsobeno skutečností, že poptávka po mědi rostla mnohem rychleji než nabídka, a to nejrychleji od vzniku Asijské krize v roce 1997 (Dunsby, 2008). Růst ceny mědi v dalších letech, zejména pak v roce 2006, není zcela podložený základními fundamentálními faktory. Dle Dunsbyho (2008) je možné přisuzovat tento nárůst ceny mědi zvýšené míře investic do komoditních indexů, a také zaujímáním dlouhých pozic u mědi jednotlivými fondy<sup>21</sup>. Použitý indikátor správnosti ocenění naopak opodstatňuje vysoké ceny mědi v letech 2007 a 2008, v roce 2008 ukazatel SUR dosáhl svého minima za sledované období, kdy byl úrovní 6%. Od Q4/2009 do Q3/2011 se trh jeví jako nadhodnocený, což je částečně možné opodstatnit pouze pozvolným nárůstem těžby mědi a relativně nízkých využitím těžebních kapacit v tomto období (ICSG - International Copper Study Group, 2011). Například v Q4/2009 došlo k nárůstu ukazatele SUR z 20% na 28%, a ceny mědi o 14% oproti předešlému období, korelace mezi proměnnými byla tedy pozitivní, cena mědi však rostla výrazněji než ukazatel SUR. Pozitivní korelace se pak opakovala v Q1/2013, což bylo zatím poslední období, ve kterém model indikuje nadhodnocení trhu. Podhodnocení trhu od Q2/2013 je možné mimo jiné odůvodnit tím, že v těchto obdobích produkce mědi převyšuje spotřebu, např. za celý rok 2013 o přibližně 390 tis. tun (USGS, 2014).

<sup>21</sup> Nutno podotknout, že zastávání dlouhých pozic ve zvýšených objemech, není u hedge fondů zcela potvrzeno. Jak uvádí sám autor výroku, jedná se o „rumors“, což je možné přeložit jako „zvěsti“.

## 4.2 Hodnocení vztahu mezi reálnými cenami kovu a stavem zásob LME burzy a reálnými cenami kovů

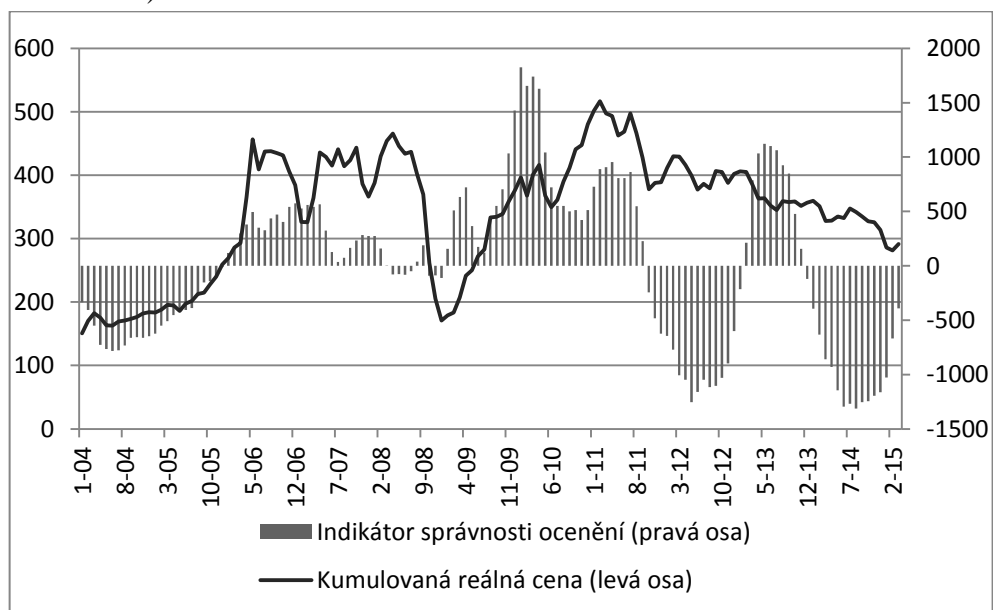
V následující části práce jsou uvedeny výsledky vztahu mezi zásobami jednotlivých průmyslových kovů evidovanými na LME burze a cenou (kurzem) 3m futures kontraktů daných kovů. První graf vyjadřuje vztah mezi reálnou cenou kovu v USD/mt a stavem zásob v tunách. Druhý graf uvádí nadhodnocení/podhodnocení trhu dle použitého indikátoru správnosti ocenění.

Graf 4 Vztah mezi LME zásobami v tunách a reálnou cenou mědi v USD/mt (měsíční data, 1/2002 – 3/2015).



Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.

Graf 5 Indikátor správnosti ocenění trhu s mědí na bázi LME zásob (měsíční data, 1/2004 – 3/2015).



Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.



U mědi je korelace mezi reálnou cenou 3m futures kontraktů a stavem zásob na LME burze negativní, a to ve výši -0,221. V druhé polovině roku 2008 je, stejně jako u hliníku, možné sledovat opačný trend mezi reálnými cenami mědi a zásob na LME burze. Dle použitého indikátoru nadhodnocení/podhodnocení trhu s mědí, je možné konstatovat, že k nejvýraznějšímu nadhodnocení došlo v období mezi 10/2009 až 7/2011. V roce 2012 a 2014 je naopak zaznamenáno podhodnocení ceny mědi, což je dáno relativně nízkou úrovní zásob – přibližně 240 tisíc tun v roce 2012 a 163 tisíc tun v roce 2014. V roce 2013 byl trh znovu nadhodnocený, například v období 5/2013 vzrostly zásoby na LME přibližně na 2,5 násobek oproti hodnotě v 6/2012, přičemž výkyvy reálných cen 3m futures kontraktů nebyly tak výrazné.

## 5 Hodnocení vlivu makroekonomických determinantů na ceny průmyslových kovů

V následující kapitole je analyzován vztah mezi jednotlivými makroekonomickými determinanty a cenami mědi. Tato analýza je v disertační práci rozdělena na 2 části, v první části je hodnocena korelace mezi jednotlivými makroekonomickými determinanty, což vede k tomu, že některé vysoce korelované ukazatele (korelační koeficient vyšší než 0,9) nejsou zahrnuty do následujících analýz.

Ve druhé části jsou uvedeny výsledky metody Boosted Trees (BT) použité k hodnocení vztahu mezi hodnotami vybraných makroekonomických a cenami 3m futures kontraktů průmyslových kovů<sup>22</sup>.

Výsledný model BT, který hodnotí závislost mezi hodnotou makroekonomických determinantů (nezávislé proměnné) a kurzem 3 m futures kontraktu mědi se potom skládá z 85 stromů. V následující tabulce č. 4 jsou seřazeny jednotlivé makroekonomické determinanty v závislosti na míře, kterou přispívají k vysvětlení volatility kurzů 3m futures kontraktů mědi prostřednictvím metody BT.

Tabulka 4 Měď - významnost jednotlivých makroekonomických determinantů.

Proměnná	Pořadí	Relativní významnost
NEERUSD	100	1,000000
EURIP	94	0,937345
USIP	85	0,849913
GIR	77	0,766374
USPMI	69	0,692689
CHSTIR	69	0,687721
GPMI	63	0,625813
VIX	62	0,615121
USSTIR	50	0,499710
CHIP	46	0,462576

<sup>22</sup> V rámci těchto analýz je jednou ze vstupních proměnných ukazatel světové inflace, z toho důvodu je závislou proměnnou nominální cena 3m futures kontraktů průmyslových kovů, nikoli jejich reálná cena (kurz), která byla použita v předešlých analýzách.

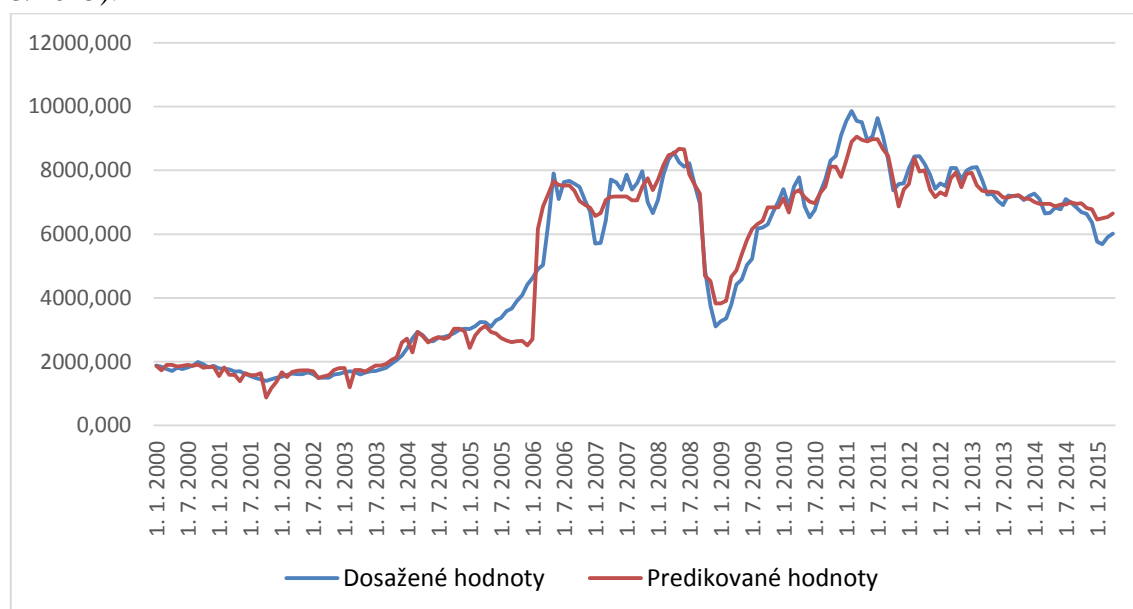
NEERJUAN	45	0,451006
CHPMI	42	0,420862

*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

Z tabulky číslo 4 vyplývá, že z analyzovaných makroekonomických determinantů, mají nejvyšší hodnotu relativní významnosti ukazatele: síla amerického dolaru, ukazatel průmyslové produkce Spojených států amerických a evropských zemí nebo inflace. Naopak za relativně nevýznamnou položku jsou ukazatele síly čínského jüanu a čínský PMI index.

Níže je také uvedený graf č. 6, který znázorňuje vztah mezi skutečně dosaženými historickými kurzy 3m futures kontraktů hliníku (v USD/mt) a predikovanými hodnotami použitou metodou Boosted trees.

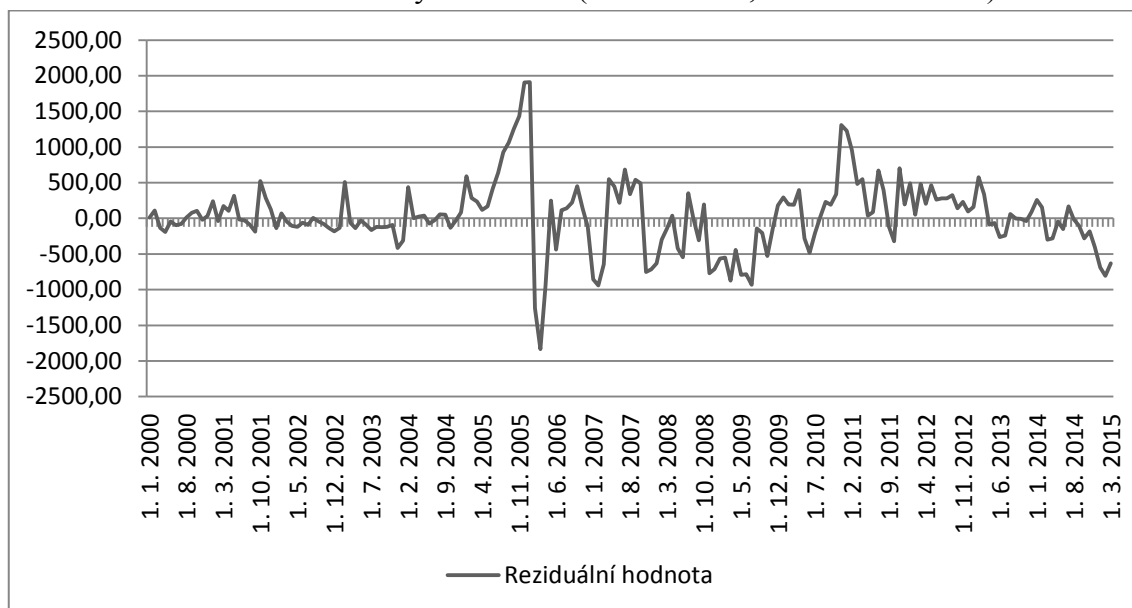
Graf 6 Měď - dosažené vs. predikované hodnoty v USD/mt (měsíční data, 1/2000 až 3/2015).



*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

Diference mezi skutečně dosaženými historickými kurzy futures kontraktů mědi a predikovanými hodnotami prostřednictvím metody BT jsou uvedené v grafu č. 7. Tento graf poukazuje zejména na nadhodnocení na přelomu ve druhé polovině roku 2005 nebo na začátku roku 2011 a na podhodnocení ceny mědi na začátku roku 2006 a od prosince 2008 do června roku 2009.

Graf 7 Měď - reziduální hodnoty v USD/mt (měsíční data, 1/2000 až 3/2015).



*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

## 6 Hodnocení vztahu rizika a výnosu průmyslových kovů

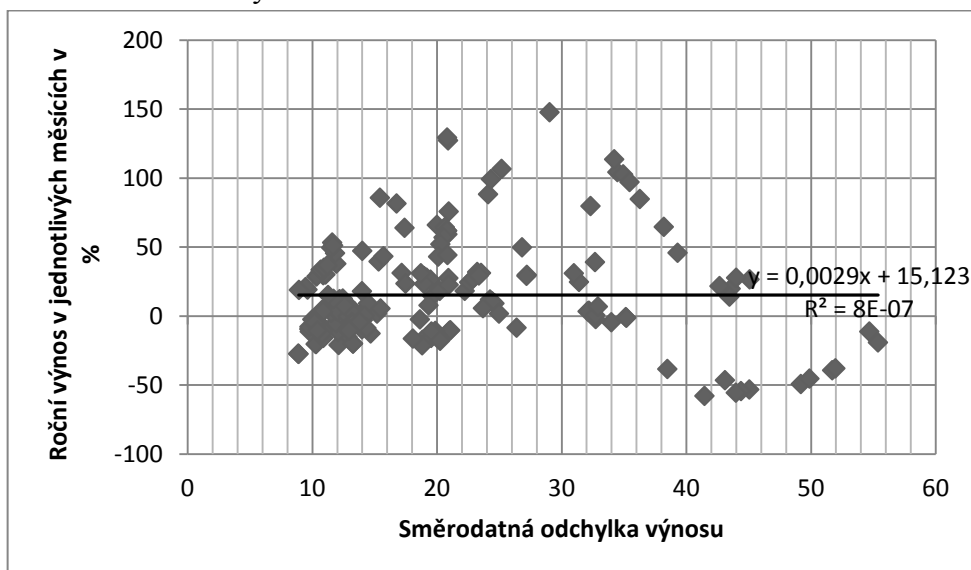
Na základě historického výnosu a směrodatné odchylky je výsledná hodnota Sharpeho poměru za sledované období 12/1998 až 3/2015 0,318.

V souladu s ex-post CAPM modelem je sestrojen příslušný indikátor správnosti ocenění jednotlivých kovů. Přestože se jedná o zajímavý model, který má oporu v ekonomické teorii, tak z hlediska dosažených výsledků se jedná o statisticky nepoužitelný model - u všech analyzovaných kovů, včetně mědi, model jako celek nevyšel na 90% hladině spolehlivosti statisticky významný.

I přes nízkou spolehlivost tohoto modelu, jsou v následující části práce uvedeny 2 grafy s výsledky modelu u mědi. První graf znázorňuje vztah historického výnosu a směrodatné odchylky, druhý graf pak znázorňuje indikátor správnosti ocenění v podobě odchylky alfa od lineární regrese všech pozorování (přímky ex-post CML), pakliže se hodnoty nacházejí nad přímkou ex-post CML, je alfa kladná a vice versa. Komentáře k dosaženým výsledkům jsou uvedeny na konci této podkapitoly.

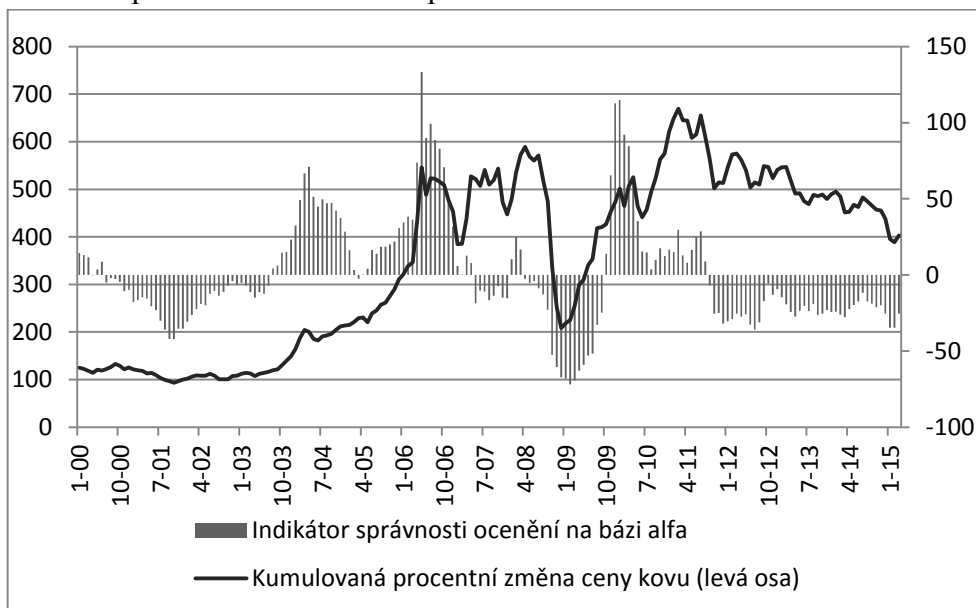
Na základě dosažených výsledků statistické významnosti je možné konstatovat, že v rámci průmyslových kovů nelze při analýze cenové volatility brát v potaz pouze indikátory rizika a výnosu příslušných aktiv, ale je nezbytné do analýz zahrnout také fundamentální faktory.

Graf 8 Měď - riziko vs. výnos.



Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3

Graf 9 Měď ex-post CAPM indikátor správnosti ocenění.



Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.

## 7 Grafická syntéza výsledků a kompozitní indikátor správnosti ocenění mědi

Z doposud provedených analýz je patrné, že jednotlivé indikátory správnosti ocenění trhu nemají shodné oscilační pásmo a dosahují odlišných výsledků. Z toho důvodu nelze ve většině sledovaných období jednoznačně stanovit, jestli byl daný trh nadhodnocený nebo podhodnocený.

## 7.1 Grafická syntéza výsledků

V následující části práce je vytvořená grafická syntéza výsledků prezentovaných indikátorů správnosti ocenění, které byly vytvořeny na základě vztahu ceny daného průmyslového kovu k stocks-to-use ratio, zásobám evidovaných na LME burze, makroekonomickým determinantům a vzhledem k poměru rizika a výnosu. Takto zobrazené výsledky poskytnou komplexnější pohled na nadhodnocení/podhodnocení jednotlivých kurzů 3m futures kontraktů průmyslových kovů a pomohou identifikovat období, ve kterých případně žádný z použitých indikátorů nebyl schopný opodstatnit cenový výkyv v daném období. Komentáře k dílčím analýzám jsou uvedeny v předcházejících částech práce.

Tabulka 5 Měď - grafická syntéza výsledků.

Období - čtvrtletí	Období - měsíce	Fundamentální faktory			Indikátor správnosti ocenění na základě modelu ex-post CAPM
		Indikátor správnosti ocenění na základě ukazatele SUR.	Indikátor správnosti ocenění na základě hodnot zásob na LME.	Indikátor správnosti ocenění na základě makroekonomických determinantů - reziduální hodnota metody BT	
Q1-2000	1-00			9,116	14,271
	2-00			107,456	13,081
	3-00			-131,133	11,636
Q2-2000	4-00			-191,670	-0,041
	5-00			-43,020	3,626
	6-00			-97,735	8,676
Q3-2000	7-00			-77,293	-5,050
	8-00			10,401	-2,123
	9-00			76,895	-2,767
Q4-2000	10-00			105,025	-4,636
	11-00			-20,910	-10,801
	12-00			34,973	-9,846
Q1-2001	1-01			240,901	-17,777
	2-01			-36,283	-16,672
	3-01			170,858	-14,765
Q2-2001	4-01			103,330	-15,591
	5-01			316,509	-20,564
	6-01			-15,911	-23,011
Q3-2001	7-01			-31,012	-29,986
	8-01			-87,194	-35,863
	9-01			-187,719	-42,108
Q4-2001	10-01			524,747	-42,322
	11-01	206,311		283,327	-35,290
	12-01			123,463	-35,294
Q1-2002	1-02			-139,469	-30,670
	2-02	231,907		69,114	-26,312
	3-02			-48,931	-22,458
Q2-2002	4-02			-106,725	-19,212
	5-02	149,436		-118,034	-19,922
	6-02			-61,324	-12,359
Q3-2002	7-02			-90,274	-10,598
	8-02	63,286		7,477	-13,732
	9-02			-44,373	-11,102
Q4-2002	10-02			-80,051	-7,065
	11-02	62,496		-137,496	-3,936
	12-02			-183,045	-6,347
Q1-2003	1-03			-131,035	-5,208
	2-03	-1,193		507,965	-6,968
	3-03			-58,996	-11,403
Q2-2003	4-03			-137,016	-14,929
	5-03	-135,014		-30,165	-11,438
	6-03			-87,842	-12,374
Q3-2003	7-03			-165,892	-7,174
	8-03	-65,569		-118,021	4,130
	9-03			-122,698	6,171

Q4-2003	10-03	-26,017		-119,603	14,631
	11-03			-90,378	15,100
	12-03			-415,883	23,176
Q1-2004	1-04	-148,845	-336,237	-313,746	32,375
	2-04		-405,017	439,107	49,269
	3-04		-551,052	0,474	66,723
Q2-2004	4-04	-286,857	-727,984	22,411	71,074
	5-04		-764,875	37,422	51,297
	6-04		-781,657	-73,338	44,789
Q3-2004	7-04	-198,659	-778,102	-25,657	49,712
	8-04		-731,577	57,782	47,166
	9-04		-662,362	49,753	47,248
Q4-2004	10-04	-155,583	-656,138	-131,486	42,316
	11-04		-661,861	-29,806	37,395
	12-04		-648,536	80,666	28,352
Q1-2005	1-05	-183,116	-624,239	590,968	16,219
	2-05		-550,090	286,169	3,191
	3-05		-508,171	233,644	-2,460
Q2-2005	4-05	-219,316	-451,608	118,983	0,321
	5-05		-408,875	167,560	3,999
	6-05		-406,790	413,077	16,352
Q3-2005	7-05	-30,366	-389,528	637,373	13,869
	8-05		-272,443	924,581	18,624
	9-05		-153,587	1061,676	18,452
Q4-2005	10-05	108,838	-140,375	1253,306	19,970
	11-05		-98,759	1434,012	21,918
	12-05		-12,000	1906,510	30,725
Q1-2006	1-06	97,589	116,968	1911,259	34,559
	2-06		174,322	-1257,997	38,344
	3-06		298,411	-1833,740	36,211
Q2-2006	4-06	264,423	378,843	-946,373	73,758
	5-06		496,309	247,266	133,352
	6-06		351,046	-440,091	90,119
Q3-2006	7-06	536,292	327,443	114,879	99,252
	8-06		435,043	141,947	88,528
	9-06		470,790	220,296	82,968
Q4-2006	10-06	573,383	403,407	449,877	70,679
	11-06		541,318	137,669	50,629
	12-06		573,477	-118,206	31,864
Q1-2007	1-07	-53,539	527,277	-856,113	5,897
	2-07		560,910	-940,296	0,068
	3-07		542,779	-643,175	12,633
Q2-2007	4-07	-83,763	564,155	548,721	7,698
	5-07		323,302	445,723	-18,666
	6-07		126,298	215,323	-10,344
Q3-2007	7-07	59,491	34,478	686,313	-10,815
	8-07		72,875	339,071	-16,541
	9-07		164,742	542,371	-13,561
Q4-2007	10-07	51,617	231,496	492,028	-7,394
	11-07		284,369	-752,936	-14,992
	12-07		275,074	-717,987	-15,411
Q1-2008	1-08	-347,785	274,469	-629,566	10,329
	2-08		159,883	-297,502	24,780
	3-08		3,001	-139,402	16,567
Q2-2008	4-08	-237,544	-78,331	37,052	-2,593
	5-08		-76,934	-419,662	-5,279
	6-08		-83,188	-545,660	-3,895
Q3-2008	7-08	71,895	-50,066	350,368	-8,898
	8-08		38,827	-0,342	-12,785
	9-08		189,661	-307,728	-22,961
Q4-2008	10-08	277,818	-91,603	195,722	-52,500
	11-08		-86,930	-769,022	-60,519
	12-08		-110,868	-713,486	-67,184
Q1-2009	1-09	82,682	157,551	-562,190	-68,223
	2-09		509,345	-550,312	-71,896
	3-09		633,521	-875,294	-69,415
Q2-2009	4-09	63,236	722,650	-442,308	-62,958
	5-09		364,489	-793,359	-59,176
	6-09		175,225	-784,975	-52,926
Q3-2009	7-09	213,516	119,693	-932,154	-51,630
	8-09		416,633	-142,101	-32,763

	9-09		550,899	-204,614	-24,901
Q4-2009	10-09		703,309	-526,821	13,810
	11-09	685,982	1033,139	-142,581	65,411
	12-09		1429,426	180,239	112,755
Q1-2010	1-10		1826,898	292,114	114,818
	2-10	553,985	1653,579	197,134	92,207
	3-10		1740,250	191,149	84,605
Q2-2010	4-10		1627,146	397,086	61,248
	5-10	225,834	1043,024	-281,159	35,321
	6-10		723,002	-484,949	15,291
Q3-2010	7-10		551,850	-205,622	14,804
	8-10	103,346	549,530	15,824	3,667
	9-10		501,464	230,905	9,948
Q4-2010	10-10		512,581	192,148	17,428
	11-10	303,748	422,290	336,786	12,420
	12-10		512,436	1306,527	16,577
Q1-2011	1-11		726,414	1227,358	14,926
	2-11	488,338	889,608	957,057	29,573
	3-11		906,346	482,956	12,826
Q2-2011	4-11		954,120	550,178	8,050
	5-11	439,644	806,972	37,350	16,413
	6-11		806,761	85,927	24,827
Q3-2011	7-11		863,750	669,187	28,616
	8-11	199,457	548,562	397,174	8,954
	9-11		227,195	-119,578	-6,898
Q4-2011	10-11		-244,206	-320,379	-25,345
	11-11	143,275	-483,495	703,874	-25,006
	12-11		-624,519	195,930	-31,869
Q1-2012	1-12		-644,418	491,504	-30,413
	2-12	-185,885	-771,207	51,315	-28,994
	3-12		-1006,184	481,926	-25,412
Q2-2012	4-12		-1047,658	202,337	-27,221
	5-12	-92,903	-1253,898	463,660	-25,764
	6-12		-1160,234	261,521	-32,666
Q3-2012	7-12		-1047,714	279,906	-35,987
	8-12	-39,935	-1114,492	278,565	-31,100
	9-12		-1104,082	326,395	-17,141
Q4-2012	10-12		-1030,919	140,386	-5,671
	11-12	138,305	-896,524	232,232	-12,964
	12-12		-599,642	96,978	-9,373
Q1-2013	1-13		-213,330	161,168	-14,625
	2-13	484,853	213,450	577,030	-19,249
	3-13		786,106	337,345	-24,459
Q2-2013	4-13		1034,507	-88,635	-27,426
	5-13	12,210	1122,827	-67,465	-23,584
	6-13		1100,848	-263,507	-20,436
Q3-2013	7-13		1064,483	-240,423	-23,683
	8-13	-105,718	925,428	61,187	-19,016
	9-13		848,966	-3,813	-26,291
Q4-2013	10-13		475,885	-7,098	-25,463
	11-13	-303,194	156,224	-39,751	-23,132
	12-13		-120,551	85,359	-24,273
Q1-2014	1-14		-393,817	255,883	-24,231
	2-14	-210,297	-633,111	155,306	-26,149
	3-14		-859,311	-301,084	-27,831
Q2-2014	4-14		-930,716	-282,944	-22,590
	5-14	-338,275	-1144,636	-41,928	-19,760
	6-14		-1294,809	-152,710	-17,391
Q3-2014	7-14		-1269,290	167,050	-11,815
	8-14	-313,998	-1312,321	-12,706	-17,486
	9-14		-1254,679	-106,864	-18,835
Q4-2014	10-14		-1243,826	-278,861	-21,286
	11-14	-334,636	-1195,210	-183,910	-19,887
	12-14		-1163,260	-404,198	-25,471
Q1-2015	1-15		-1027,831	-690,025	-34,774
	2-15	-8,108	-669,063	-808,229	-34,599
	3-15		-390,379	-629,466	-25,429

Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.

## 7.2 Kompozitní indikátor správnosti ocenění mědi

V následující části práce je u mědi analyzovaný komplexní vztah mezi kurzy 3m futures kontraktů a portfoliem různých sektorů vstupních proměnných – ukazatel SUR, zásoby na LME, vybrané makroekonomické determinanty a hodnota Sharpeho poměru. Struktura analýzy je v tomto případě obdobná jako u analýzy závislosti kurzů 3m futures kontraktů na hodnotách jednotlivých makroekonomických determinantů. U všech sledovaných proměnných jsou analyzovány čtvrtletní data, v případě ukazatelů, u kterých byly v předešlých analýzách použity čtvrtletní data, je použit aritmetických průměr těchto dat v jednotlivých čtvrtletích

Výsledný model se skládá ze 197 stromů. V následující tabulce č. 6 jsou seřazeny jednotlivé analyzované proměnné v závislosti na míře, kterou přispívají k vysvětlení volatility kurzů 3m futures kontraktů mědi prostřednictvím metody BT.

Tabulka 6 Měď kompozitní indikátor - významnost jednotlivých vstupních proměnných.

Proměnná	Pořadí	Relativní významnost
NEERUSD	100	1,000000
GIR	88	0,879583
CHSTIR	82	0,820913
EURIP	80	0,801460
LME (Cu)	72	0,720582
USIP	69	0,686956
USPMI	64	0,637349
CHIP	63	0,633916
VIX	63	0,628140
Sharpeho poměr (Cu)	59	0,587031
SUR (Cu)	57	0,565877
USSTIR	55	0,549188
NEERJUAN	55	0,547604
GPMI	55	0,546497
CHPMI	50	0,500853

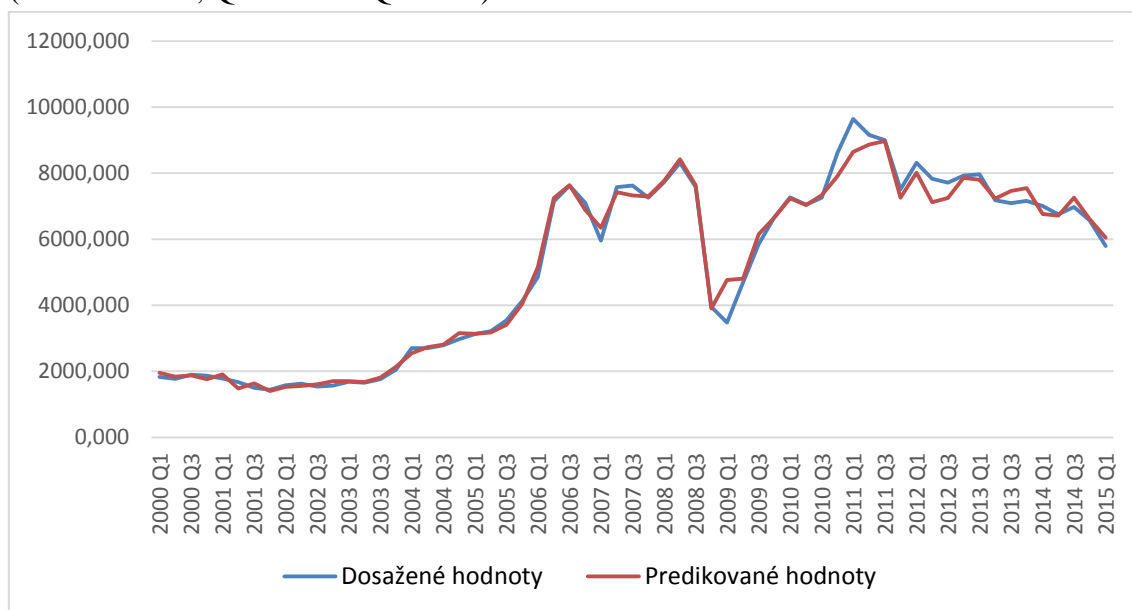
*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

Z tabulky číslo 6 vyplývá, že z analyzovaných ukazatelů mají nejvyšší hodnotu relativní významnosti ukazatele: ukazatel síly amerického dolaru, globální inflace, čínských krátkodobých úrokových sazeb. V žebříčku relativní významnosti se pak umístil ukazatel Sharpeho poměru na 10. místě a SUR na 11. místě. Relativně nevýznamnou položkou jsou síla čínského jüanu, Globální PMI index a PMI index Číny.

Níže je také uvedený graf č. 10, který znázorňuje vztah mezi skutečně dosaženými historickými kurzy 3m futures kontraktů mědi (v USD/mt) v jednotlivých čtvrtletích a predikovanými hodnotami použitou metodou Boosted trees.



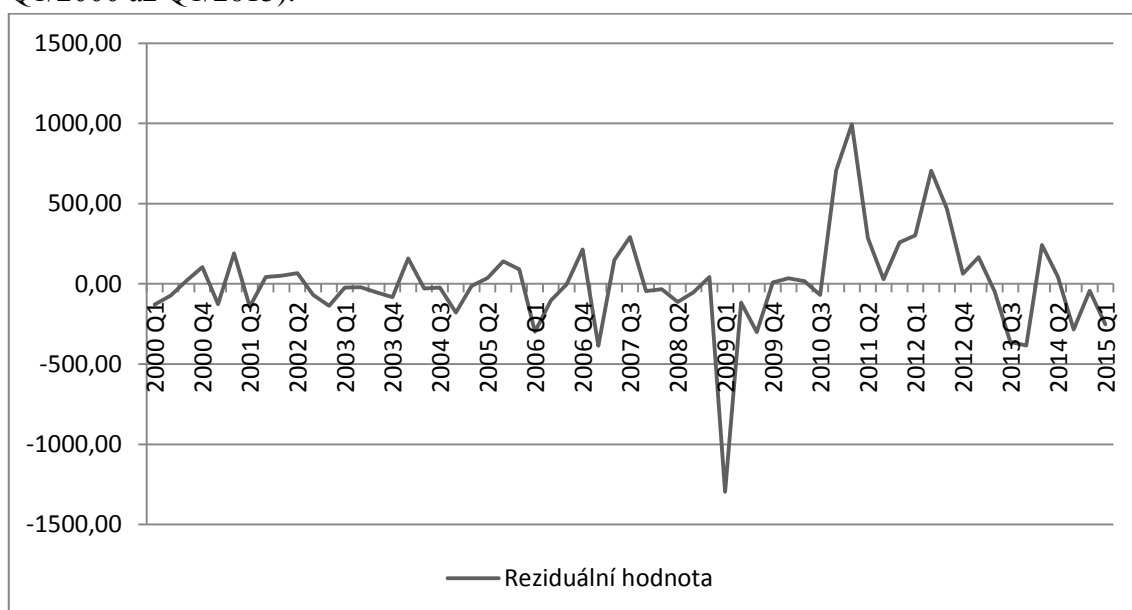
Graf 10 Měď kompozitní indikátor - dosažené vs. predikované hodnoty v USD/mt (čtvrtletní data, Q1/2000 až Q1/2015).



*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

Diference mezi skutečně dosaženými historickými kurzy futures kontraktů mědi a predikovanými hodnotami prostřednictvím metody BT jsou uvedené v grafu č. 11. Tento graf poukazuje zejména na nadhodnocení v období Q4/2010 až Q2/2011 a Q2/2012 přelomu roku 2006 a 2007. K nejvýznamnějšímu podhodnocení pak došlo v Q1/2009.

Graf 11 Měď kompozitní indikátor - reziduální hodnoty v USD/mt (čtvrtletní data, Q1/2000 až Q1/2015).



*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

Výsledky upraveného koeficientu determinace jsou uvedeny v tabulce č. 7. Variabilitu kurzů 3m futures kontraktů mědi je možné vysvětlit za celé sledované období z 94,25%,

v období Q1/2000 až Q4/2007, nejvyšší hodnota upraveného koeficientu determinace byla dosažena v období Q1/2000 až Q4/2007 – 98,57%, v tomto období tedy byly vykázány jen minimální reziduální hodnoty použitého modelu. Nejméně přesné byly výsledky v posledním sledovaném dílčím období, kdy použitý model byl schopný vysvětlit 86,58% variability kurzů 3m futures kontraktů mědi.

Tabulka 7 Měď kompozitní indikátor - přesnost modelu v celém sledovaném období i dílčích časových úsecích.

Období	Vysvětlitelná volatilita
Q1/2000 – Q1/2015	94,25%
Q1/2000 – Q4/2007	98,57%
Q1/2008 – Q4/2009	93,97%
Q1/2010 – Q1/2015	86,58%

*Zdroj: Zpracováno autorem na základě dat uvedených v kapitole 3.*

### 7.3 Vyhodnocení výsledků grafické syntézy a kompozitního indikátoru správnosti ocenění mědi a cínu

Výše uvedené analýzy zahrnují širokou škálu vstupních proměnných, které mohou ovlivňovat cenovou volatilitu průmyslových kovů. Z grafické syntézy výsledků je patrné, že výsledky jednotlivých indikátorů správnosti ocenění jsou výrazně odlišné, přičemž nelze jednoznačně stanovit, jestli trh je nadhodnocený nebo podhodnocený v případě, kdy některý z fundamentálních indikátorů tuto skutečnost nepotvrzuje.

Měď: U mědi byl vytvořený kompozitní indikátor správnosti ocenění, který poukázal na podhodnocení trhu v Q4/2009. Z hlediska grafické syntézy výsledků indikátorů správnosti ocenění vytvořené na základě ukazatelů SUR a LME zásob neevidují výrazné odchýlení ceny od oscilačního pásma, podhodnocení bylo zaznamenáno u makroekonomických determinantů. V Q1/2011 je pak trh nadhodnocený u všech provedených analýz, včetně kompozitního indikátoru. Kurzy 3m futures kontraktů mědi jsou spíše podhodnocené v obdobích od druhé poloviny roku 2014.

#### **Vyjádření se ke stanovaným výzkumným otázkám:**

1. Lze volatilitu burzovně obchodovatelných průmyslových kovů na London Metal Exchange z dlouhodobého hlediska vysvětlit prostřednictvím základních fundamentálních faktorů a makroekonomických determinantů.

Na základě dosažených výsledků lze z dlouhodobého hlediska potvrdit závislost mezi fundamentálními faktory a kurzy 3m futures kontraktů průmyslových kovů. Průmyslové kovy jsou významně závislé na makroekonomických determinantech, produkci, spotřebě a zásobách vybraných kovů. Výzkumná otázka je potvrzena.

2. Došlo v období financionalizace komoditních trhů ke vzniku nerovnováhy mezi sledovanými fundamentálními faktory a cenami průmyslových kovů?

Přestože z dlouhodobého hlediska jsou průmyslové kovy závislé na fundamentálních faktorech, v době financionalizace komoditních trhů došlo na základě provedených analýz ke vzniku nerovnováhy mezi sledovanými fundamentálními faktory a kurzy 3m futures kontraktů průmyslových kovů. Stav nadhodnocení nebo podhodnocení byl přitom patrný zejména v časovém intervalu od roku 2006 do roku 2015. V tomto období také došlo k nejvýraznějšímu růstu počtu uzavřených derivátových kontraktů na komoditních burzách. Výzkumná otázka je potvrzena.

## 8 Závěr

Komoditní trhy jsou dynamicky se rozvíjející oblastí finančních trhů. Jedná se o velice širokou problematiku, proto je disertační práce zaměřena pouze na sektor burzovně obchodovatelných průmyslových kovů – hliník, měď, olovo, nikl, cín a zinek. Základní analyzovaný časový interval je od ledna 2000 do března 2015, jednotlivé analýzy mohou být však s ohledem na použité klouzavé průměry nebo s ohledem na nedostupnost některých dat odlišné.

Disertační práce se skládá z několika částí. V první části jsou uvedena teoretická východiska komoditních trhů a analyzovaný soudový vývoj na komoditních trzích. Soudový vývoj na komoditních trzích je přitom charakteristický financionalizací komoditních trhů, kterou je možné definovat jako rostoucí úlohu finančních motivů, finančních trhů a finančních subjektů v sektoru komoditních trhů.

Ve druhé části práce byl analyzovaný vztah mezi základními fundamentálními faktory a kurzy 3m futures kontraktů prostřednictvím grafického znázornění vývoje hodnot analyzovaných proměnných, korelačních koeficientů a indikátoru správnosti ocenění vytvořeném na základě 2 letých nebo 3 letých klouzavých průměrů zahrnujících vazby mezi danými proměnnými. V rámci těchto analýz byl potvrzený inverzní vztah mezi ukazatelem stocks-to-use ratio (SUR) a kurzy 3m futures kontraktů průmyslových kovů, s výjimkou niklu. Při analýze vztahu mezi zásobami evidovanými na LME burze a kurzy 3m futures kontraktů jednotlivých kovů byla negativní korelace potvrzena zejména u hliníku, niklu a zinku.

Třetí část práce hodnotí vztah mezi vybranými makroekonomickými determinanty zahrnující oblast ekonomického růstu, krátkodobých úrokových sazeb, množství peněz v ekonomice, inflace nebo nominální efektivní kurzy měn. Ukazatele makroekonomických determinantů byly doplněny také o sentimentální vstupní proměnnou – index volatility VIX. Pro účely hodnocení vztahu mezi makroekonomickými determinanty byl použit model Boosted Trees. Tento Model se díky svým vlastnostem, které jsou uvedeny v předešlých kapitolách, jeví jako vhodný model pro kvantifikaci jednotlivých ukazatelů bez ohledu na to, zda jsou makroekonomické či jiného (např. sentimentálního) charakteru. Model je pružný a lze jeho prostřednictvím analyzovat významnost prakticky jakýchkoli uvažovaných ukazatelů, které lze navíc různě vzájemně kombinovat. I z toho důvodu byl daný model použit i v rámci vytvořeného kompozitního indikátoru správnosti ocenění mědi a cínu.

Přes skutečnost, že funkčnost modelu byla potvrzena, nemusí být jeho prostřednictvím získané výsledky neomezeně platné. Každá vypracovaná verze je totiž založena na zadaných předpokladech, které nemusejí dlouhodobě platit. To ovšem nebrání výměny použitých faktorů a provedení přepočtu. Za nejvýznamnější makroekonomické determinanty v souvislosti s kurzy 3 měsíčních futures kontraktů průmyslových kovů lze pak považovat sílu amerického dolaru (posilování USD jejich kurzy snižuje a naopak), ukazatele průmyslové produkce nebo inflace.

Čtvrtá část práce navazuje na základní principy teorie portfolia, kde Harry Markowitz formuloval výhody vzájemné diverzifikace finančních a reálných aktiv spočívající v takové alokaci aktiv, jež přináší investorovi maximální očekávaný výnos při stejné úrovni rizika. Konkrétně byl analyzován vztah mezi rizikem a výnosem průmyslových kovů prostřednictvím Sharpeho poměru a ex-post modelu CAPM. Na základě ex-post modelu CAPM byl vytvořen i indikátor správnosti ocenění jednotlivých průmyslových kovů. V rámci těchto analýz byla jedinou vstupní proměnnou tržní cena (kurz) aktiv bez zohlednění fundamentálních faktorů. Dosažené výsledky ex-post CAPM indikátoru správnosti ocenění byly však ze statistického hlediska nepoužitelné, což potvrzuje předpoklad publikovaný Fabozzim a spol., (2008), že i přes rostoucí počet kontraktů realizovaných za účelem výhradně finančního vypořádání (nikoli fyzické vypořádání) komodit, není aplikace modelu CAPM u komoditních aktiv vhodná.

Na základě výsledků výše uvedených dílčích analýz byla potom vytvořena grafická syntéza výsledků a u mědi a cínu také kompozitní indikátor správnosti ocenění, prostřednictvím čehož je možné generovat signály možného nadhodnocení a podhodnocení trhu. Vytvořený kompozitního indikátoru zahrnuje základní fundamentální faktory (včetně zásob evidovaných na LME burze), makroekonomické determinanty (včetně ukazatele tržního sentimentu – indexu volatility VIX) a vývoj Sharpeho poměru. Takto vytvořený kompozitní indikátor byl potom schopný vysvětlit variabilitu kurzů 3m futures kontraktů mědi za celé sledované období z 94,25% a cínu z 96,79%.

Dosažené výsledky potom umožnily vyjádřit se ke stanoveným výzkumným otázkám, ve kterých byla z dlouhodobého hlediska potvrzena závislost mezi fundamentálními faktory a kurzy 3m futures kontraktů průmyslových kovů, ale také byla potvrzena možnost vzniku krátkodobých nerovnovážných stavů mezi sledovanými fundamentálními faktory a kurzy průmyslových kovů. Nutno poznamenat, že takto vzniklé nerovnovážné stavy byly zaznamenány zejména od roku 2006, kdy dochází k nevýraznějšímu nárůstu počtu uzavřených derivátových kontraktů na komoditních burzách, což je základním aspektem financionalizace komoditních trhů.

## Literatura

- ACHARYA, Viral V.; LOCHSTOER, Lars A.; RAMADORAI, Tarun. Online Appendix to Limits to Arbitrage and Hedging: Evidence from Commodity Markets. May, 2012, 18: 2012.
- AKRAM, Q. Farooq. Commodity prices, interest rates and the dollar. *Energy economics*, 2009, 31.6: 838-851.
- ALGIERI, Bernardina. Price volatility, speculation and excessive speculation in commodity markets: sheep or shepherd behaviour?. *ZEF-Discussion Papers on Development Policy*, 2012, 166.
- BAER, Julius B., et al. *Commodity Exchanges and Futures Trading*, 1949.
- BELKE, Ansgar; BORDON, Ingo G.; HENDRICKS, Torben W. Global liquidity and commodity prices—a cointegrated VAR approach for OECD countries. *Applied Financial Economics*, 2010.
- BHARDWAJ, Geetesh; DUNSBY, Adam. The business cycle and the correlation between stocks and commodities. *SSRN Working Paper Series*, 2012.
- BIGGS, Barton. *Hedgehogging*. John Wiley & Sons, 2011.
- BLACK, Fischer. The pricing of commodity contracts. *Journal of financial economics*, 1976, 3.1: 167-179.
- BLAU, Gerda. Some aspects of the theory of futures trading. *The Review of Economic Studies*, 1944, 12.1: 1-30.
- BOBENRIETH, Eugenio; WRIGHT, Brian; ZENG, Di. Stocks- to- use ratios and prices as indicators of vulnerability to spikes in global cereal markets. *Agricultural Economics*, 2013, 44.s1: 43-52.
- BREIMAN, Leo, et al. *Classification and regression trees*. CRC press, 1984.
- BREIMAN, Leo. Bagging predictors. *Machine learning*, 1996, 24.2: 123-140.
- BUYUKSAHIN, Bahattin; ROBE, Michel A. Does It Matter Who Trades Energy Derivatives?. *Review of Environment, Energy and Economics*, 2012.
- CASASSUS, Jaime; COLLINDUFRESNE, PIERRE. Stochastic convenience yield implied from commodity futures and interest rates. *The Journal of Finance*, 2005, 60.5: 2283-2331.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. *Business Research : A practical guide for undergraduate and postgraduate students*. Second Edition, 2003. 374 s. ISBN 978-0-333-98325-6.
- DAWE, David, et al. The unimportance of “low” world grain stocks for recent world price increases. *Agricultural Development Economics Division, The Food and Agriculture Organization of the United Nations ESA Working paper*, 2009, 09-01.
- Daytrade [Online]. Citováno z <http://daytrade.cz/psychologicka-analyza/>. [cit. 2015-11-10].
- DUNSBY, Adam, et al. *Commodity investing: maximizing returns through fundamental analysis*. John Wiley & Sons, 2008.
- DVOŘÁK, Petr. *Deriváty*. 1. přeprac. vyd. Praha: Oeconomica, 2006. 297 s. ISBN 80-245-1033-2.
- FABOZZI, Frank J.; FUSS, Roland; KAISER, Dieter G. *The handbook of commodity investing*. John Wiley & Sons, 2008.
- FABOZZI, Frank J.; MODIGLIANI, Franco. *Capital markets: institutions and instruments*. Pearson College Division, 2003.
- FRANKEL, Jeffrey A. The effect of monetary policy on real commodity prices. *National Bureau of Economic Research*, 2006.
- FREUND, Yoav, et al. Experiments with a new boosting algorithm. In: *ICML*. 1996. p. 148-156.

FRIEDMAN, Jerome H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of statistics*, 2001, 1189-1232.

GEMAN, Hélyette. *Commodities and commodity derivatives*. 1.vyd. London: Willey finance, 2005. 396s. ISBN 0-470-01218-8.

GEMAN, Hélyette; SMITH, William O. Theory of storage, inventory and volatility in the LME base metals. *Resources Policy*, 2013, 38.1: 18-28.

GENSLER, Gary. History of derivatives regulation, culprit OTCs. *CommodityOnline*, July, 2010, 2.

GILBERT, Christopher L., et al. Speculative influences on commodity futures prices 2006-2008.

GORDON, Robert. Commodities in an Asset Allocation Context. *Journal of Taxation of Investments*, 2006, 23.2: 181.

GORTON, Gary B.; HAYASHI, Fumio; ROUWENHORST, K. Geert. The fundamentals of commodity futures returns. *Review of Finance*, 2012, rfs019.

GORTON, Gary; ROUWENHORST, K. Geert. Facts and fantasies about commodity futures. *Financial Analysts Journal*, 2006, 62.2: 47-68.

GREER, Robert J. Conservative commodities: A key inflation hedge. *The Journal of Portfolio Management*, 1978, 4.4: 26-29.

HARRAS, Georges; SORNETTE, Didier. How to grow a bubble: A model of myopic adapting agents. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2011, 80.1: 137-152.

HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert; FRIEDMAN, Jerome. *Unsupervised learning*. Springer New York, 2009.

HE, Xue-Zhong; WESTERHOFF, Frank H. Commodity markets, price limiters and speculative price dynamics. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2005, 29.9: 1577-1596.

HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Portál, s.r.o., 2004.

HICKS, John Richard, et al. *Value and capital: An inquiry into some fundamental principles of economic theory*. OUP Catalogue, 1975.

HONG, Harrison; YOGO, Motohiro. Commodity market interest and asset return predictability. In: *American Finance Association Meeting Atlanta*. 2010.

CHEN, Gongmeng; FIRTH, Michael; XIN, Yu. The Price-Volume Relationship in China's Commodity Futures Markets. *Chinese Economy*, 2004, 37.3: 87-122.

CHENG, Ing-Haw; KIRILENKO, Andrei; XIONG, Wei. *Convective risk flows in commodity futures markets*. National Bureau of Economic Research, 2012.

CHEUNG, C. Sherman; MIU, Peter. Diversification benefits of commodity futures. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 2010, 20.5: 451-474.

ICSG The World Copper Factbook [Online]. Citováno z <http://copperalliance.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/ICSG-Factbook-2014.pdf>. [cit. 2015-10-05].

IRWIN, Scott H.; SANDERS, Dwight R. Index funds, financialization, and commodity futures markets. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 2011, ppq032.

ISM. 2015. PMI History. In: *ISM Manufacturing Report on Business®*. [Online]. Citováno z <http://www.ism.ws/ISMReport/?navItemNumber=22442>. [cit. 2015-10-19].

JACOBS, Heiko; MÜLLER, Sebastian; WEBER, Martin. How should individual investors diversify? An empirical evaluation of alternative asset allocation policies. *Journal of Financial Markets*, 2014, 19: 62-85.

JENSEN, Gerald R.; JOHNSON, Robert R.; MERCER, Jeffrey M. Tactical asset allocation and commodity futures. *The Journal of Portfolio Management*, 2002, 28.4: 100-111.

KALDOR, Nicholas. Speculation and economic stability. *The Review of Economic Studies*, 1939, 7.1: 1-27.

KEYNES, John M. *Obecná teorie zaměstnanosti, úroku a peněz*, český překlad, nakladatelství československé akademie věd. 1963.

KLINE, Donna. *Fundamentals of the futures market*. McGraw-Hill, 2001.

KNITTEL, Christopher R.; PINDYCK, Robert S. The simple economics of commodity price speculation. National Bureau of Economic Research, 2013.

KOMPRDOVÁ, Klára, et al. *Rozhodovací stromy a lesy*. Akademické nakladatelství CERM, 2012.

KRUGMAN, Paul. Commodity prices (wonkish). *New York Times*, March 19th, 2008.

KUČERA, J.; RADVAN, E. *Filosofické aspekty metodologie vědy*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie, 2000. 175s. ISBN 80-85960-16-8.

LANE, Timothy, Financing commodities markets [online] 2012. [cit. 2012-12-27] Dostupné z WWW: <http://www.bis.org/review/r120926b.pdf>.

London Metal Exchange. [Online]. Citováno z <http://www.lme.com/>. [cit. 2015-11-10].

MARKETS.COM. [Online]. Citováno z Markets.com. [Online]. Citováno z <http://www.metalcentrum.cz/clanek/med>. [cit. 2015-11-10].

MARKOWITZ, Harry M. *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. Yale university press, 1968.

MASTERS, Michael W.; WHITE, Adam K. The accidental Hunt brothers: How institutional investors are driving up food and energy prices. *The Accidental Hunt Brothers Blog*, special report posted July, 2008, 31: 2009.

MELOUN, Milan; MILITKÝ, Jiří; KOČMÍDOVÁ, Helena. *Statistické zpracování experimentálních dat*. Plus, 1994.

MIELCOVÁ Elena, Stoklasová Radmila a Ramík Jaroslav. *Statistické programy* [Online]. Citováno z <http://mdg.vsb.cz/wiki/public/Excel4.pdf>. [cit. 2016-02-03].

MINER, Gary; NISBET, Robert; ELDER IV, John. *Handbook of statistical analysis and data mining applications*. Academic Press, 2009.

MONGARS, Philippe, et al. Commodity: an asset class in their own right?. *Bank of France Financial Stability Review*, 2006, 9: 31-38.

MORRIS, Mike; KAPLINSKY, Raphael; KAPLAN, David. "One thing leads to another"—Commodities, linkages and industrial development. *Resources Policy*, 2012, 37.4: 408-416.

MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2011, 520 s. ISBN 978-80-86929-70-5, 2011.

OECD 2013. *Monthly Monetary and Financial Statistics (MEI)*. [Online]. Cited from <http://data.worldbank.org/data-catalog/global-economic-monitor>. [cit. 2015-07-05].

PHILLIPS, Peter CB; YU, Jun. Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis. *Quantitative Economics*, 2011, 2.3: 455-491.

PIESSE, Jenifer; THIRTLE, Colin. Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events. *Food policy*, 2009, 34.2: 119-129.

PIRRONG, Craig. *Stochastic fundamental volatility, speculation, and commodity storage*. *Speculation, and Commodity Storage* (October 17, 2008), 2008.

POWER, Gabriel J.; TURVEY, Calum G. Long-range dependence in the volatility of commodity futures prices: Wavelet-based evidence. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2010, 389.1: 79-90.

REJNUŠ, Oldřich. Finanční trhy. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2014, 760 s. Partners. ISBN 978-80-247-3671-6.

REJNUŠ, Oldřich; SMOLÍK, Kamil. Commodity Markets Financialization and its Impact on the World Economy. European Financial Systems, 2013.

SARGENT, Thomas J. Commodity price expectations and the interest rate. The Quarterly Journal of Economics, 1969, 127-140.

SEKARAN, U.; BOUGIE, R. Research methods for business : a skill building approach. 5. vydání. Chichester, West Sussex : John Wiley & Sons Ltd., 2009. 467 s. ISBN 978-0-470-74479-6.

SHARPE, William F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. The journal of finance, 1964, 19.3: 425-442.

SHIPMAN, Mark. Komodity: Jak investovat a vydělat. Computer Press, 2007.

SINGLETON, Kenneth J. Investor flows and the 2008 boom/bust in oil prices. Management Science, 2013, 60.2: 300-318.

SMOLÍK, Kamil, et al. How Macroeconomic Factors Influence the Commodity Market in the Financialization Period: The Case of S & P GSCI Commodity Index. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2015, 62.6: 1417-1425.

SMOLÍK, Kamil; REJNUŠ, Oldřich. Soudobé vývojové tendence na komoditních trzích. Scientific papers of the University of Pardubice, 2014, 107.

STARITZ, Cornelia. Financial markets and the commodity price boom: Causes and implications for developing countries. Working Paper, Austrian Foundation for Development Research (ÖFSE), 2012.

STOLL, Hans R.; WHALEY, Robert E. Commodity index investing and commodity futures prices. Journal of Applied Finance (Formerly Financial Practice and Education), 2010, 20.1.

TANG, Ke; XIONG, Wei. Vindex Investment and Financialization of Commodities V. NBER Working Paper w16385, 2010.

TILL, Hilary. A long-term perspective on commodity futures returns. EDHEC Risk and Asset Management Research Center, EDHEC Business School, 2006.

TREGLER, Karel. Oceňování akciových trhů – metody měření správnosti ocenění. Nakladatelství CH Beck, 2005.

TWALA, Bhekisipho. Multiple classifier application to credit risk assessment. Expert Systems with Applications, 2010, 37.4: 3326-3336.

UNCTAD, Price Formation in Financialized Commodity Markets: The Role of Information, New York and Geneva, June 2011.

UNCTAD, Trade and Development Report 2009, New York and Geneva, 7 September 2009.

USGS. Mineral Commodity Summaries 2007 [Online]. Citováno z <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2007/mcs2007.pdf>. [cit. 2015-06-04].

USGS. Mineral Commodity Summaries 2014 [Online]. Citováno z <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2014/mcs2014.pdf>. [cit. 2015-06-05].

VESELÁ, Jitka. Investování na kapitálových trzích. Wolters Kluwer Česká republika, 2011.

WBMS World Bureau of Metal Statistics [Online]. Citováno z <http://www.world-bureau.com/>. [cit. 2015-10-10].



## **Přílohy**

### **Příloha č. 1 Přehled publikační činnosti**

#### **Články v recenzovaném časopise zahrnutém do databáze SCOPUS:**

SMOLÍK, K.; KARAS, M.; REJNUŠ, O. How Macroeconomic Factors Influence the Commodity Market in the Financialization Period: The Case of S & P GSCI Commodity Index. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2014, roč. 62, č. 6, s. 1417-1425. ISSN: 1211- 8516.

SMOLÍK, K.; REJNUŠ, O. Soudobé vývojové tendence na komoditních trzích. *Sborník vědeckých prací University Pardubice*, 2014, roč. 20, č. 30, s. 107-118. ISSN: 1211-555X.

#### **Článek v recenzovaném časopise ze seznamu RVVaI:**

SMOLÍK, K.; KARAS, M.; BOČEK, A. Soudobé integrační tendence finančních a komoditních trhů. *TRENDY EKONOMIKY A MANAGEMENTU*, 2013, roč. 7, č. 16, s. 1-9. ISSN: 1802- 8527.

#### **Články v recenzovaném sborníku z konference zahrnutém do databáze Thomson Reuters:**

REJNUŠ, O.; SMOLÍK, K. Commodity Markets Financialization and its Impact on the World Economy. In *European Financial Systems 2013. Proceedings of the 10th International Scientific Conference*. Brno: Masaryk University, 2013. s. 272-278. ISBN: 978-80-210-6294- 8.

SMOLÍK, K.; REJNUŠ, O. Macroeconomic factors and commodity price volatility. In *Proceedings of the 11th International Scientific Conference*. Lednice: Masarykova Univerzita, 2014. s. 550-556. ISBN: 978-80-210-7153- 7.

#### **Článek v zahraničním recenzovaném časopise:**

REJNUŠ, O.; SMOLÍK, K. Commodity markets financialization and its impact on the world economy. *US- China Law Review*, 2014, roč. 11, č. 7, s. 911-920. ISSN: 1548-6605.

#### **Příspěvek ve sborníku z mezinárodních/tuzemských konferencí**

SMOLÍK, K. Commodities and Traditional Asset Classes. In *Contemporary Problems of Economics, Business and Management: Theory and Practice*. 2013. s. 216-221. ISBN: 978-5-7526-0597- 0.

BOČEK, A.; SMOLÍK, K. Advantages and Disadvantages of Various Types of Commodity Investment Products. In *Contemporary Problems of Economics, Business and Management: Theory and Practice*. 2013. s. 171-175. ISBN: 978-5-7526-0597- 0.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. *Výnos českých státních dluhopisů v inflačním prostředí*. Hradec Králové: GAUDEAMUS, Univerzita Hradec Králové, 2012. s. 271-274. ISBN: 978-80-7435-185- 3.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. *Riziko a výnos jako indikátor správnosti ocenění Dow Jones AIG Commodity Indexu*. Hradec Králové: GAUDEAMUS, Univerzita Hradec Králové, 2012. s. 266-270. ISBN: 978-80-7435-185- 3.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. *Capital asset pricing model and chosen modifications*. Zlín: Tomas Bata University in Zlín, 2012. s. 1-10. ISBN: 978-80-7454-013- 4.

BOČEK, A.; SMOLÍK, K. Investování do komoditních aktiv prostřednictvím Exchange Traded Funds. In *Mezinárodní workshop doktorandských prací*. Brno: 2012. ISBN: 978-80-214-4632- 8.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. Indexy volatility jakožto nástroj investičního rozhodování. In *Mezinárodní workshop doktorandských prací*. Brno: Fakulta podnikatelská, 2011. s. 1-6. ISBN: 978-80-214-4348- 8.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. Komparace vybraných komoditních indexů a jejich výkonnosti. In *Sborník příspěvků z XI. mezinárodní konference IMEA 2011*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. s. 321-326. ISBN: 978-80-7372-720- 8.

SMOLÍK, K.; SRNA, M. Analýza otevřených podílových fondů se zaměřením na dynamické a konzervativní fondy významných investičních společností působících v České republice. In *Sborník příspěvků Mezinárodní Masarykovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2011*. 2011. s. 2039-2048. ISBN: 978-80-904877-7- 2.

SRNA, M.; SMOLÍK, K. Analýza vývoje objemů uzavřených kontraktů na světových komoditních burzách. In *International workshop for PhD students*. 2010. ISBN: 978-80-214-4194- 1.

## **Příloha č. 2 Strukturovaný životopis**

### **Osobní údaje**

**Datum narození:** 01. 02. 1986  
**Adresa:** Ochoz u Brna 184, Ochoz u Brna, 664 02, Česká republika  
**Telefon:** +420 724 565 543  
**Email:** kamilsmolik1@gmail.com

### **Pracovní zkušenosti**

2016 – současnost      Lear Corporation Czech Republic, s.r.o.; Tovární 735/10,  
682 01, Vyškov, Česká republika  
Financial Analyst, BP&A Analyst of European T&C  
divisions

2014 – 2016              Lear Corporation Czech Republic, s.r.o.; Tovární 735/10,  
682 01, Vyškov, Česká republika  
Financial Analyst, CapEx specialist

### **Vzdělání**

2010 – současnost      Doktorské studium  
Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta podnikatelská  
Studijní obor: Podnikové finance

2013                        Zahraniční studium – program ERASMUS, 2/2013 – 6/2013  
FH Joanneum, University of Applied Sciences, Austria  
Studijní obor: Průmyslový management

2008 – 2010              Magisterské studium  
Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta podnikatelská  
Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku

2005 – 2008              Bakalářské studium  
Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta podnikatelská  
Studijní obor: Daňové poradenství

2001 – 2005              Gymnázium, Brno, třída Kapitána Jaroše 14, Česká republika

### **Vědecko-pedagogická činnost**

#### **Seznam vyučovaných předmětů:**

Finanční trhy a Cenné papíry a burzy

#### **Seznam spoluřešených projektů:**

Rozvoj poznatků ke zdokonalování informační podpory ekonomického řízení podniku,  
zahájení: 01.01.2011, ukončení: 31.12.2011.

Efektivní ekonomické řízení podniku s ohledem na vývoj globálních trhů, zahájení:  
01.01.2012, ukončení: 31.12.2012.

Mikroekonomické a makroekonomické principy a jejich působení na chování firem.,  
zahájení: 01.01.2013, ukončení: 31.12.2014.