

Mendelova univerzita v Brně
Provozně ekonomická fakulta

Investice do energetických komodit

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Petr Toman, Ph.D.

Bc. Šárka Strouhalová

Brno 2015

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Petru Tomanovi, Ph.D. za věnovaný čas, odborné vedení a cenné rady, které my pomohly při vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za neustálou podporu, které se mi od nich během studia dostalo.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Investice do energetických komodit** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 20. května 2015

Abstract

Strouhalová, Š. Energy Commodities Investments. Diploma thesis. Brno: Mendel University, 2015.

The diploma thesis deals with energy commodities investments. The content of thesis is trough analysis of markets to identify key factors affecting supply, demand and prices of energy commodities. By correlation analysis examines the relationships between energy commodities, stocks and the business cycle. Processing time series models create predictions of energy commodities prices. Using the Value at Risk method to quantify the risk, which investor has to accept in the case of investing in energy commodities. In conclusion, based on the results obtained, formulates investment recommendation.

Keywords

Energy commodities, crude oil, gas, coal, investment, portfolio, risk, correlation, Value at Risk.

Abstrakt

Strouhalová, Š. Investice do energetických komodit. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Diplomová práce se zabývá investicemi do energetických komodit. Naplní práce je prostřednictvím analýzy trhů identifikovat klíčové faktory ovlivňující nabídku, poptávku a ceny energetických komodit. Pomocí korelační analýzy zkoumá vzájemné vztahy mezi energetickými komoditami, akciemi a ekonomickým cyklem. Zpracováním modelů časových řad vytváří predikce cen energetických komodit. Využitím metody Value at Risk kvantifikuje riziko podstupované investorem při zahrnutí energetických komodit do portfolia. V závěru pak na základě získaných výsledků formuluje investiční doporučení.

Klíčová slova

Energetické komodity, ropa, zemní plyn, uhlí, investice, portfolio, riziko, korelace, Value at Risk.

Obsah

1	ÚVOD	14
2	CÍL PRÁCE	15
3	METODIKA	16
4	KOMODITNÍ INVESTICE.....	19
4.1	KOMODITNÍ TRHY	19
4.2	MOŽNOSTI INVESTOVÁNÍ.....	20
4.3	VÝNOSNOST A RIZIKOVOST KOMODITNÍCH INVESTIC	21
4.4	KORELACE KOMODIT S OSTATNÍMI AKTIVY	22
4.5	KOMODITY JAKO PRVEK ZAJIŠTĚNÍ.....	23
4.6	DEVIZOVÉ RIZIKO	24
4.7	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	24
5	TRHY VYBRANÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT.....	25
5.1	ROPA	25
5.1.1	<i>Těžba ropy.....</i>	<i>26</i>
5.1.2	<i>Nabídka ropy.....</i>	<i>26</i>
5.1.3	<i>Poptávka po ropě.....</i>	<i>31</i>
5.1.4	<i>Vývoj ceny ropy</i>	<i>34</i>
5.2	ZEMNÍ PLYN.....	35
5.2.1	<i>Těžba zemního plynu.....</i>	<i>36</i>
5.2.2	<i>Nabídka zemního plynu.....</i>	<i>36</i>
5.2.3	<i>Poptávka po zemním plynu</i>	<i>41</i>
5.2.4	<i>Vývoj ceny zemního plynu</i>	<i>44</i>
5.3	UHLÍ	46
5.3.1	<i>Těžba uhlí</i>	<i>46</i>
5.3.2	<i>Nabídka uhlí</i>	<i>46</i>
5.3.3	<i>Poptávka po uhlí</i>	<i>48</i>
5.3.4	<i>Vývoj ceny uhlí</i>	<i>50</i>
5.4	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	51
6	KORELAČNÍ ANALÝZA CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT.....	52
6.1	KORELAČNÍ ANALÝZA CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT.....	52
6.2	KORELAČNÍ ANALÝZA ENERGETICKÝCH KOMODIT A HDP	54
6.3	KORELAČNÍ ANALÝZA CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT A AKCIOVÉHO TRHU.....	55
6.4	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	57
7	PREDIKCE CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT	59
7.1	PREDIKCE CEN ROPY BRENT.....	59
7.2	PREDIKCE CEN ROPY WTI	62
7.3	PREDIKCE CEN ZEMNÍHO PLYNU	65
7.4	PREDIKCE CEN UHLÍ	68
7.5	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	72
8	KVANTIFIKACE RIZIKOVOSTI PORTFOLIÍ PŘI ZAŘAZENÍ ENERGETICKÝCH KOMODIT.....	73

8.1	VALUE AT RISK JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT	73
8.2	VALUE AT RISK PORTFOLIA ENERGETICKÝCH KOMODIT.....	75
8.3	VALUE AT RISK PORTFOLIA ENERGETICKÝCH KOMODIT A AKCIÍ	76
8.4	VALUE AT RISK PORTFOLIA UHLÍ A AKCIÍ	77
8.5	VALUE AT RISK PŘI ZOHLEDNĚNÍ DEVIZOVÉHO RIZIKA	78
8.6	ZPĚTNÉ TESTOVÁNÍ PŘI ZOHLEDNĚNÍ MĚNOVÉHO RIZIKA.....	80
8.7	DÍLČÍ ZÁVĚR	82
9	FORMULACE INVESTIČNÍHO DOPORUČENÍ.....	84
10	DISKUZE	86
11	ZÁVĚR	87
12	LITERATURA	90
13	SEZNAM PŘÍLOH	96

Seznam obrázků

OBR. 1	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ VÝNOS AKCIÍ, DLUHOPISŮ A KOMODITNÍCH FUTURES.....	21
OBR. 2	VÝVOJ MÍRY KORELACE S&P 500 A VYBRANÝCH KOMODIT.....	23
OBR. 3	HLAVNÍ OBLASTI VÝSKYTU ROPY VE SVĚTĚ	27
OBR. 4	VÝŠE OBJEVENÝCH ROPNÝCH ZÁSOb PO DEKÁDÁCH PRO CELÝ SVĚT	27
OBR. 5	SVĚTOVÉ OVĚŘENÉ ZÁSObY ROPY DLE JEDNOTLIVÝCH STÁTŮ V ROCE 2013	28
OBR. 6	PRODUKCE ROPY VE SVĚTĚ DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ.....	29
OBR. 7	PRODUKCE NEKONVENČNÍ ROPY VE SPOJENÝCH STÁTECH AMERICKÝCH	30
OBR. 8	PRODUKTY VYROBENÉ Z JEDNOHO BARELU SUROVÉ ROPY V %.....	32
OBR. 9	SPOTŘEBA ROPY VE SVĚTĚ DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ VE SROVNÁNÍ SE SVĚTOVOU PRODUKČÍ	32
OBR. 10	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ RŮST VE VLASTNICTVÍ AUTOMOBILŮ NA OBYVATELE.....	33
OBR. 11	PRODUKCE A DOVOZ ROPY V USA.....	33
OBR. 12	VÝVOJ CENY ROPY OD ROKU 1960 DO SOUČASNOSTI.....	34
OBR. 13	PROCENTNÍ ROZDĚLENÍ REZERV ZEMNÍHO PLYNU VE SVĚTĚ V LETECH 1993, 2003 A 2013	37
OBR. 14	ZEMĚ S NEJVĚTŠÍMI REZERVAMI BŘIDLICOVÉHO PLYNU NA SVĚTĚ	37
OBR. 15	PRODUKCE ZEMNÍHO PLYNU VE SVĚTĚ DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ.....	38
OBR. 16	PREDIKCE PRODUKCE ZEMNÍHO PLYNU VE SPOJENÝCH STÁTECH AMERICKÝCH	39
OBR. 17	SVĚTOVÁ SPOTŘEBA ZEMNÍHO PLYNU DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ VE SROVNÁNÍ S PRODUKČÍ.....	42
OBR. 18	SPOTŘEBA ZEMNÍHO PLYNU A UHLÍ VE SPOJENÝCH STÁTECH AMERICKÝCH V ODVĚTVÍ VÝROBY ELEKTRINY	42
OBR. 19	PODÍL DOVOZŮ Z RUSKA NA SPOTŘEBĚ ZEMNÍHO PLYNU V ROCE 2012 (V PROCENTECH)	43
OBR. 20	VÝVOJ CENY ZEMNÍHO PLYNU OD ROKU 1960 DO SOUČASNOSTI.....	45
OBR. 21	PROCENTNÍ ROZDĚLENÍ REZERV UHLÍ VE SVĚTĚ V LETECH 1993, 2003 A 2013.....	47
OBR. 22	PRODUKCE UHLÍ VE SVĚTĚ DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ	47
OBR. 23	SVĚTOVÁ SPOTŘEBA UHLÍ DLE JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ VE SROVNÁNÍ S PRODUKČÍ.....	49
OBR. 24	VÝVOJ CENY UHLÍ V LETECH 1970 DO SOUČASNOSTI.....	50
OBR. 25	VÝVOJ CEN ROPY A UHLÍ V LETECH 1994 AŽ 2013.....	53
OBR. 26	VÝVOJ CEN ROPY A AKCIOVÉHO INDEXU S&P 500 V LETECH 1994 AŽ 2013	56
OBR. 27	VÝVOJ CEN ROPY A AKCIOVÉHO INDEXU S&P 500 OD ZÁŘÍ 2008 DO KONCE ROKU 2013 ..	57
OBR. 28	MODEL SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)	60

OBR. 29	PRŮBĚH FUNKCÍ ACF A PACF PRO PROCES SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)	61
OBR. 30	PREDIKCE CEN ROPY BRENT	61
OBR. 31	SROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO VÝVOJE CEN ROPY BRENT A PREDIKCÍ V PRVNÍ POLOVINĚ ROKU 2014	62
OBR. 32	MODEL SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0) (WTI)	63
OBR. 33	PRŮBĚH FUNKCÍ ACF A PACF PRO PROCES SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0) (WTI).....	64
OBR. 34	PREDIKCE CEN ROPY WTI	64
OBR. 35	SROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO VÝVOJE CEN ROPY WTI A PREDIKCÍ V PRVNÍ POLOVINĚ ROKU 2014	65
OBR. 36	MODEL SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 2).....	66
OBR. 37	PRŮBĚH FUNKCÍ ACF A PACF PRO PROCES SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 2)	67
OBR. 38	PREDIKCE CEN ZEMNÍHO PLYNU	67
OBR. 39	SROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO VÝVOJE CEN ZEMNÍHO PLYNU A PREDIKCÍ V PRVNÍ POLOVINĚ ROKU 2014.....	68
OBR. 40	MODEL SARIMA (2, 0, 2) (0, 1, 1).....	70
OBR. 41	PRŮBĚH FUNKCÍ ACF A PACF PRO PROCES SARIMA (2, 0, 2) (0, 1, 1)	70
OBR. 42	PREDIKCE CEN UHLÍ.....	71
OBR. 43	SROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO VÝVOJE CEN UHLÍ A PREDIKCÍ V PRVNÍ POLOVINĚ ROKU 2014..	71
OBR. 44	VAR CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT NA RŮZNÝCH ČASOVÝCH HORIZONTECH	74
OBR. 45	VAR CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT A AKCIÍ NA RŮZNÝCH ČASOVÝCH HORIZONTECH DRŽBY	76
OBR. 46	VAR PŘI RŮZNÉM PROCENTUÁLNÍM ZASTOUPENÍ ENERGETICKÝCH KOMODIT A AKCIÍ V PORTFOLIU NA RŮZNÝCH ČASOVÝCH HORIZONTECH DRŽBY	77
OBR. 47	VAR PŘI RŮZNÉM PROCENTUÁLNÍM ZASTOUPENÍ UHLÍ A AKCIÍ V PORTFOLIU NA RŮZNÝCH ČASOVÝCH HORIZONTECH DRŽBY	78
OBR. 48	SROVNÁNÍ VAR JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT A AKCIÍ PŘI INVESTICI V USD A CZK	79
OBR. 49	VAR PŘI RŮZNÉM PROCENTUÁLNÍM ZASTOUPENÍ UHLÍ A AKCIÍ V PORTFOLIU PŘI INVESTICI V USD A CZK.....	80
OBR. 50	VÝSLEDKY ZPĚTNÉHO TESTOVÁNÍ MODELU VAR (BRENT – 1 DEN).....	81

Seznam tabulek

TAB. 1	KORELAČNÍ KOEFICIENT KOMODITNÍCH FUTURES S VYBRANÝMI AKTIVY	22
TAB. 2	KORELAČNÍ KOEFICIENT VYBRANÝCH AKTIV S INFLACÍ	23
TAB. 3	VZÁJEMNÉ KORELACE CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT	53
TAB. 4	VZÁJEMNÉ KORELACE LOGARITMICKÝCH DIFERENCÍ CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT	54
TAB. 5	VZÁJEMNÁ KORELACE LOGARITMICKÝCH DIFERENCÍ CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT A HDP VYBRANÝCH OBLASTÍ V LETECH 1994 AŽ 2013	54
TAB. 6	VZÁJEMNÉ KORELACE LOGARITMICKÝCH DIFERENCÍ CEN ENERGETICKÝCH KOMODIT A S&P 500	55
TAB. 7	VZÁJEMNÉ KORELACE LOGARITMICKÝCH DIFERENCÍ ENERGETICKÝCH KOMODIT A S&P 500 V OBDOBÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ FINANČNÍ KRIZI (DO ZÁŘÍ 2008)	56
TAB. 8	VZÁJEMNÉ KORELACE ENERGETICKÝCH KOMODIT A S&P 500 V OBDOBÍ PO FINANČNÍ KRIZI (PO ZÁŘÍ 2008)	56
TAB. 9	VÝSLEDKY ROZŠÍŘENÉHO DICKEY-FULLEROVA TESTU (BRENT)	59
TAB. 10	INFORMAČNÍ KRITÉRIA ZVOLENÝCH MODELŮ (BRENT)	60
TAB. 11	VÝSLEDKY ROZŠÍŘENÉHO DICKEY-FULLEROVA TESTU (WTI)	62
TAB. 12	INFORMAČNÍ KRITÉRIA ZVOLENÝCH MODELŮ (WTI)	63
TAB. 13	TABULKA VÝSLEDKY ROZŠÍŘENÉHO DICKEY-FULLEROVA TESTU (ZEMNÍ PLYN)	65
TAB. 14	INFORMAČNÍ KRITÉRIA ZVOLENÝCH MODELŮ (ZEMNÍ PLYN)	66
TAB. 15	VÝSLEDKY ROZŠÍŘENÉHO DICKEY-FULLEROVA TESTU (UHLÍ)	69
TAB. 16	INFORMAČNÍ KRITÉRIA ZVOLENÝCH MODELŮ (UHLÍ)	69
TAB. 17	DENNÍ VAR CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT V USD	73
TAB. 18	14 DENNÍ VAR CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT V USD	74
TAB. 19	MĚSÍČNÍ VAR CEN JEDNOTLIVÝCH ENERGETICKÝCH KOMODIT V USD	74
TAB. 20	VAR PORTFOLIA PŘI ROVNOMĚRNÉM ZASTOUPENÍ ENERGETICKÝCH KOMODIT PRO RŮZNÉ DOBY DRŽENÍ	75
TAB. 21	VAR PORTFOLIA PŘI ZASTOUPENÍ ENERGETICKÝCH KOMODIT DLE INDEXU PRO RŮZNÉ DOBY DRŽENÍ	75
TAB. 22	VÝSLEDKY ZPĚTNÉHO TESTOVÁNÍ MODELU VAR	81
TAB. 23	VÝSLEDKY DRUHÉHO ZPĚTNÉHO TESTOVÁNÍ MODELU VAR	82

1 Úvod

Vývoj na světových trzích po finanční krizi v roce 2009 nutí investory hledat nové možnosti, kam umístit svoje finanční prostředky. V reakci na krizi totiž úrokové sazby klesly na historická minima a klasické investiční instrumenty tak nesou velmi nízký výnos. Dokonce i investoři, kteří jsou více averzní vůči riziku a za jiných okolností by své volné finanční prostředky umístili například do dluhopisů, jsou tak nuceni pohlížet se po alternativních možnostech investování, které jim mohou přinést více příležitostí ke zhodnocení.

Jednou z možností těchto alternativních investic jsou komoditní trhy, které nabízí bezpočet nejrůznějších skupin aktiv, do kterých lze investovat. Protože komoditní trh je jako celek nesmírně široký, tato diplomová práce se zaměří na užší skupinu tak zvaných energetických komodit. Investice do energetických komodit mohou znít mnohým uším netypicky až exoticky, přesto je to právě cena ropy a dalších energetických komodit, které významně ovlivňují naše každodenní životy.

Ropa, zemní plyn a uhlí jsou v dnešní době jedněmi z nejdůležitějších zdrojů energie a skrze náklady na dopravu, topení a výrobu elektrické energie vstupují do rozhodování téměř každé domácnosti či podniku. Ceny energetických komodit jsou tak na finančních trzích velmi sledované, protože ovlivňují nejen jednotlivé podniky, ale i hospodářský vývoj na úrovni regionů či států.

Tato diplomová práce zkoumá možnosti investování do energetických komodit v současných ekonomických podmínkách. Na základě vývoje klíčových faktorů ovlivňujících trhy jednotlivých energetických komodit a analýz historického vývoje ceny, pak podává objektivní zhodnocení výhodnosti těchto investic pro potenciálního investora.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je na základě analýzy významných faktorů ovlivňujících trhy cen energetických komodit formulovat investiční doporučení, zdali je vhodné zařadit tyto komodity do investičního portfolia. Formulované investiční doporučení bude obecně platné a bude představovat především shrnutí dlouhodobých vztahů a skutečností, které budou mít vliv na hodnocení rizika investice a její zahrnutí do investičního portfolia.

Dílčím cílem první kapitoly je identifikovat na základě studia soudobé odborné literatury a vědeckých článků hlavní poznatky o investování na komoditních trzích. První kapitola bude zaměřena na komoditní trh, možnosti přístupu na tento trh a trendy na komoditním trhu týkající se výnosu, rizika a zajištění.

Druhým dílčím cílem je na základě analýzy trhů vybraných komodit identifikovat hlavní faktory, které ovlivňují daný trh. Každá z vybraných energetických komodit bude nejprve charakterizována a budou zmíněny její vlastnosti. Poté bude následovat analýza struktury nabídky dané komodity s cílem určit klíčové faktory, které ji ovlivňovaly historicky a taktéž faktory, které na ni budou mít vliv v budoucnu. Na tuto část navazuje analýza struktury poptávky, která se zaměřuje na možnosti využití dané energetické komodity a identifikaci dlouhodobých trendů, které budou objem poptávky ovlivňovat do budoucna. V závěru každé podkapitoly pak bude provedena analýza vývoje ceny dané energetické komodity od roku 1960 do současnosti s důrazem na identifikaci klíčových faktorů, které cenu ovlivnily.

Třetím dílčím cílem práce je na základě zpracované korelační analýzy a zjištěných relativních měr závislostí mezi jednotlivými energetickými komoditami, akciovým indexem S&P 500 a vývojem růstu HDP ve vybraných významných politických a ekonomických oblastech identifikovat shodné či odlišné znaky ve vývoji cen energetických komodit. Reagují ceny energetických komodit a akcií na trzích stejně nebo opačně?

Čtvrtým dílčím cílem je na základě zpracování modelů jednotlivých časových řad cen energetických komodit vytvořit predikce budoucího vývoje těchto cen. Lze vytvořit spolehlivou predikci cen energetických komodit nebo se skutečné ceny vyvíjí příliš volatálně?

Pátým dílčím cílem je kvantifikace rizika alternativních investičních portfolií a změn jejich vlastností při přidání energetických komodit do zkoumaných portfolií. Kvantifikace bude provedena pomocí jedné z metod Value at Risk, která představuje potenciální ztrátu portfolia, které může být dosaženo s danou pravděpodobností a při normálních okolnostech. Lze přidáním energetických komodit do portfolia snížit potenciální ztrátu tohoto portfolia?

3 Metodika

Základními vědeckými metodami použitými v literární rešerši byly deskripce, explanace a analýza. Metoda deskripce slouží k popisu jasně definovaných jevů, skutečností či procesů a navazovala na studium odborné literatury a vědeckých článků. Analýza je proces reálného nebo myšlenkového rozkladu zkoumaného jevu na dílčí části a byla použita především ve druhé kapitole, kde bylo nutné podrobněji prozkoumat jednotlivé trhy energetických komodit. Na tyto metody navazuje metoda explanace, která vyvozuje teoretické závěry a formuluje zdůvodnění příčin zkoumaných jevů.

Pro účely vlastní práce byla nejprve použita metoda korelační analýzy. Korelační analýza umožňuje sledovat stupeň neboli intenzitu závislosti mezi zkoumanými proměnnými. Vzájemná závislost byla zkoumána na základě vývoje cen energetických komodit, hodnoty zvoleného akciového indexu a vývoje hrubého domácího produktu ve zvolených regionech.

Relativní míru závislostí mezi dvěma proměnnými udává Pearsonův párový korelační koeficient, který pracuje se směrodatnými odchylkami proměnných a jejich kovariancí. Může nabývat hodnot od -1 do $+1$, přičemž záporná hodnota znamená nepřímou lineární závislost mezi proměnnými a naopak kladná hodnota přímou. Čím více se koeficient blíží hodnotě 1 , tím je vzájemná závislost mezi proměnnými silnější. Pokud se koeficient blíží k nule, zvolené proměnné jsou lineárně nezávislé. (Hindls, 2007, s. 202 – 213)

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\text{COV}(x,y)}{s_x s_y} \quad (1)$$

V případě, že je mezi proměnnými silná závislost, která ve skutečnosti téměř nebo vůbec neexistuje, hovoříme o tak zvané zdánlivé korelaci. K danému jevu dochází, pokud sledované proměnné vykazují stejný trend nebo jsou ovlivňovány jinou třetí proměnnou, s níž každá z proměnných jednotlivě souvisí, a proto vykazují zdání vzájemné závislosti. Aby korelační analýza měla větší vypovídací schopnost, je vstupní data nutné upravit a pracovat s prvními diferencemi, relativními změnami či logaritmickými diferencemi. (Hindls, 2007, s. 333)

Pro výpočty korelací byly použity měsíční ceny energetických komodit v letech 1994 až 2013. Tato data byla získána z volně přístupné databáze Světové banky. Ze stejného zdroje pochází i roční data o vývoji HDP, se kterými budou zvolené roční ceny energetických komodit korelovány. Pro větší podrobnost nebude HDP reprezentováno agregovaným ukazatelem celosvětového růstu HDP, ale vývojem HDP v ekonomicky či politicky významných světových oblastech. Akciový trh bude reprezentován akciovým indexem S&P 500, který měří vývoj 500 amerických akciových titulů. Tato data budou mít měsíční formát a byla získána z webových stránek Yahoo Finance.

V následující kapitole vlastní práce byla použita Box-Jenkinsova metodologie pro vytvoření ekonometrických modelů a následných predikcí časových řad. Smys-

lem této metody je, že za základní prvek konstrukce modelu časové řady bere reziduální složku, která může být tvořena korelovanými (závislými) náhodnými veličinami. (Hampel, 2011, s. 68)

Box-Jenkinsova metodologie předpokládá, že časová řada je stacionární. Za stacionární lze označit takovou časovou řadu, která má konstantní rozptyl a střední hodnotu. Nestacionarita časových řad v modelu zvyšuje hodnoty různých statistik, zkresluje výsledky a celkově lze konstruované modely považovat za neplatné. Nestacionaritu časové řady lze detekovat pomocí Rozšířeného Dickey-Fullerova testu, který testuje přítomnost jednotkového kořene (nestacionarity) v časové řadě.

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Testujeme nulovou hypotézu, že časová řada je nestacionární, tudíž $|\phi_1| = 1$. Jestliže je na základě ADF testu zjištěna přítomnost jednotkového kořene, aplikují se metody, jež převádí časové řady na stacionární. Nejčastější úpravou je jejich diferencování. (Hampel, 2011, s 53)

Hlavními procesy této metody jsou autoregresní proces řádu p – AR(p) a proces klouzavých průměrů reziduální složky řádu q – MA(q) (Hampel, 2011, s. 68):

- Autoregresní proces (AR) je takový proces, kdy je hodnota časové řady v čase t tvořena lineární kombinací minulých hodnot této řady.
- Proces klouzavých průměrů (MA) je takový proces, kdy hodnota vysvětlované veličiny v čase t je tvořena lineární kombinací současné a minulých hodnot náhodné veličiny.

Při samotné konstrukci modelu se tak nejprve určí, zdali je řada stacionární či nikoliv. Pro stacionární časové řady můžeme použít některý z procesů AP (p), MA (q) nebo jejich kombinaci ARMA (p, q). Pokud je časová řada nestacionární provádí se stacionarizace a výsledný model se potom označuje jako ARIMA (p, d, q). V některých případech nestacionární časové řady vykazují sezónnost, potom je vhodné využít sezónní diferenciaci, kterou umožňuje model SARIMA (p, d, q) (P, D, Q). Porovnáním korelogramu výběrové autokorelační funkce (ACF) a parciální autokorelační funkce (PACF) s idealizovanými typickými tvary průběhu ACF a PACF pro jednotlivé procesy, určíme, o který proces se jedná. (Hampel, 2011, s. 70)

Nejvhodnější model časové řady bude vybrán na základě porovnání informačních kritérií (Akaikeho kritérium (AIC), Schwartzovo Bayesovské kritérium (SBC), Hannan-Quinnovo kritérium (HQC)) jednotlivých modelů. Za nejvhodnější se pak považuje model, který minimalizuje hodnoty těchto kritérií. (Hampel, 2011, s. 89)

Při diagnostickém ověření modelu, model považujeme za vhodný, jestliže parametry modelu jsou statisticky významné a rezidua sériově nezávislá, což znamená, že nevykazují autokorelace.

Samotná predikce cen pak bude provedena na prvních šest měsíců roku 2014 a bude srovnána se skutečnými cenami, kterých v daném období zkoumané ener-

getické komodity dosahovaly. Pro tvorbu ekonometrického modelu časových řad byly použity měsíční ceny energetických komodit v letech 1994 až 2013 získané z databáze Světové banky.

Ve třetí části vlastní práce byla využita metoda Value at Risk pro kvantifikaci rizika podstupovaného investorem při zařazení energetických komodit do investičního portfolia. Hodnota VAR představuje potenciální ztrátu portfolia, které může být dosaženo s danou pravděpodobností a při normálních okolnostech. Tato ztráta nebude s danou pravděpodobností překročena, pokud bude současné portfolio drženo po stejnou dobu. (Alexander, 2008, s. 13) Matematicky se jedná o jednostranný kvantil z rozdělení zisků a ztrát portfolia během stanovené doby držení (Kašparovská, 2014, s. 85)

Při výpočtu VAR je nutné stanovit hodnoty dvou základních parametrů – hladiny spolehlivosti a doby držby. Hladina spolehlivosti je nejčastěji stanovena z intervalu 95 % až 99 %. Pro tuto práci byla zvolena hladina spolehlivosti 95 %. Doba držby závisí na potřebách konkrétní instituce, která výpočet hodnoty VAR provádí. V této práci bude proveden výpočet hodnoty VAR pro tři různé doby držení – jeden den, čtrnáct dní a jeden měsíc. (Alexander, 2008, s. 13)

Pro kvantifikaci hodnot VAR je využíváno tří různých metod – metody variancí a kovariancí, metody historické simulace a metody Monte Carlo. K výpočtu VAR bude v této práci využito metody historické simulace a to z toho důvodu, že nekladé vysoké nároky na rozdělení zkoumaných dat a její výsledky jsou dobře srozumitelné a snadno interpretovatelné.

Metoda historické simulace vychází z předpokladu, že všechny budoucí variace již byly zachyceny v minulosti a rozdělení rizikových faktorů, které bylo platné v minulosti, je stejné i v budoucím sledovaném období. (Alexander, 2008, s. 43) Pro výpočet hodnoty VAR jsou podstatné relativní změny ceny oproti období předcházejícímu. Z takto vypočtených změn hodnoty portfolia se určí příslušný kvantil na zvolené hladině významnosti. (Jorion, 2001, s. 222)

Kvantifikace hodnoty VAR bude nejprve provedena v amerických dolarech, protože v této měně jsou energetické komodity nejčastěji obchodovány. Následně bude proveden přepočítání výsledků v českých korunách, aby bylo zohledněno devizové riziko, které podstupuje český investor při investicích na zahraničním trhu.

Poté bude kvalita odhadů hodnot VAR na zvolených dobách držby testována pomocí modelu zpětného testování. Zpětné testování představuje formální statistický rámec, který spočívá v komparaci, zdali je skutečná ztráta portfolia v souladu se ztrátou predikovanou metodou VAR. (Jorion, 2001, s. 129)

Pro výpočet hodnoty VAR byly použity denní ceny energetických komodit v letech 2010 až 2014 získané z databáze Bloomberg. Akciové portfolio bude reprezentováno akciovým indexem S&P 500, který měří vývoj 500 amerických akciových titulů. Tato data budou mít taktéž denní formát a byla získána z webových stránek Yahoo Finance.

4 Komoditní investice

Dílním cílem této kapitoly je identifikovat na základě studia soudobé odborné literatury a vědeckých článků hlavní poznatky o investování na komoditních trzích. V rámci kapitoly bude charakterizován komoditní trh, základní vlastnosti komodit a jejich typy. Dále se kapitola soustředí na různé alternativy možného přístupu na komoditní trh od přímé investice do komodit, přes komoditní deriváty až po nákupy komoditních fondů a akcií.

Druhá část bude zaměřena na výnosnost a rizikovost investic do komodit ve srovnání s investicemi do jiných cenných papírů, schopnost diverzifikovat portfolio, možnosti zajištění se proti inflaci právě pomocí komoditního investování a devizové riziko, které je spojeno s investicemi v jiné než domácí měně.

4.1 Komoditní trhy

Komoditní trh není jediným investičním trhem, který dnes existuje. Spolu s trhem s cizími měnami, peněžním trhem a kapitálovým trhem tvoří finanční trh a je tak součástí mnohem vyššího celku. Tudíž také obchody na tomto trhu prováděné, nejsou ovlivněny jen faktory přímo působícími na komodity, ale i změnami na finančním trhu. Jednotlivé trhy jsou tak silně provázané.

Jak už napovídá sám název, na komoditním trhu se obchoduje s komoditami. Komodity jsou zjednodušeně suroviny, které jsou jedním ze základů života na naší planetě a dokud bude existovat lidstvo, bezpochyby tu budou i nejrůznější komodity (Nesnítal, 2007, s. 13). Základní členění rozlišuje soft komodity a hard komodity. Dle Garnerové (2014, s. 17) se soft komodity netěží, ale pěstují a patří mezi ně například cukr, kakao, káva a bavlna. Naopak hard komodity se těží a mají neomezenou trvanlivost. Mezi neznámější patří ropa, zlato a stříbro.

Komodity se na rozdíl od jiných investic pojí s mnoha specifickými vlastnostmi. Jednou z nejdůležitějších vlastností je jejich primární účel, kterým je spotřeba. Z ní pak plyne vlastníku komodity její užitek. Další vlastností typickou pro komodity je dle Rogerse (2008, s. 72) jejich stejnorodost neboli absolutní zaměnitelnost. Jeden galon topného oleje je stejný jako jiný, stejně tak pšenice v Evropě je stejná jako kdekoli jinde na světě. Právě stejnorodost vytváří z komoditních futures snadno přenositelné a likvidní nástroje.

Nabídka některých komodit je v časovém horizontu omezená neboli sezónní, jde především o zemědělské komodity, jejichž prodej je silně poznamenán možnostmi sklizně. Naopak jiné komodity jsou produkovány v průběhu celého roku neomezeně. Do této skupiny spadají například drahé kovy.

Alternativním přístupem, který dělí komodity do dvou skupin, je jejich obnovitelnost, respektive neobnovitelnost. Mezi neobnovitelné komodity se řadí ropa, zlato nebo platina a jejich cena pak především závisí na úrovni poptávky. Cena obnovitelných zdrojů se odvíjí od očekávaných budoucích nákladů. Jde o zemědělské plodiny nebo hospodářská zvířata.

Poslední zde zmíněnou vlastností náležející pouze komoditám je skladovatelnost, protože vysoké nároky na skladování se promítají do ceny komodit. Snadno skladovatelné jsou drahé a průmyslové kovy. Obtížně skladovatelné komodity jsou například hospodářská zvířata. (Fabozzi, 2008, s. 7)

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, jako komodity označujeme nejruznější suroviny, které nás obklopují. Jejich počet je však tak vysoký a odlišnosti mezi nimi natolik výrazné, že je člověk není schopen všechny zohlednit. Komodity se proto dělí do několika skupin:

- obiloviny (kukuřice, pšenice, sójové boby, oves, rýže atd.),
- hospodářská zvířata (skot, prasata, hovězí, vepřové),
- zemědělské produkty (káva, kakao, pomerančový džus, bavlna, cukr atd.),
- drahé a průmyslové kovy (zlato, stříbro, platina, palladium, měď atd.),
- energie (ropa, zemní plyn, bezolovnatý benzín, topný olej, uhlí, uran, elektřina).

Tato diplomová práce se bude nadále zabývat pouze energetickými komoditami, které zahrnují především nejruznější produkty z ropy a zemního plynu a další zdroje energií. Tyto zdroje jsou velmi důležité pro každodenní život a energetické komodity jsou tak známé mnoha spotřebitelům. Konkrétně se tato diplomová práce zaměří na ropu, zemní plyn a uhlí, protože se jedná, o lidstvu nejdéle známé zdroje energií. Elektřina se na finančních trzích obchoduje pouze posledních pár let, proto nelze získat dostatečně dlouhou časovou řadu využitelnou pro následující výpočty. Zpracování uranu podléhá mnoha bezpečnostním opatřením. Trhy s touto komoditou tak vykazují odlišnosti od trhů s ropou, zemním plynem či uhlím a nebudou do této diplomové práce zahrnuty.

4.2 Možnosti investování

V dnešní době může prostřednictvím svého počítače začít investovat na finančních trzích téměř kdokoli, jedinou podmínkou je mít nějaký vstupní kapitál. Nejinak je tomu i na trzích s komoditami, které investorovi přináší hned několik způsobů, jak zhodnotit své peníze. Výběr konkrétní formy investice pak závisí především na preferencích každého investora, riziku, které je ochoten přijmout, a ceně, za kterou toto riziko akceptuje. Dle Fabozziho (2008, s. 549) existují čtyři základní typy investic na komoditním trhu.

Prvním z nich je přímá investice do komodit. Jde o základní možnost, kdy se komodita nakupuje přímo ve fyzické podobě a účelem takovéto investice je větší její spotřeba.

Dalším typem je investice prostřednictvím komoditních derivátů, jejichž hodnota se odvozuje od podkladového aktiva, v tomto případě nějaké komodity. K nejpoužívanějším patří nákupy futures kontraktů. Výhodou futures je standardizovaná podoba kontraktů, díky níž jsou tyto nástroje velmi likvidní a snadno obchodovatelné na burze. Investor tak není nucen reálnou komoditu odebrat, kon-

trakt jednoduše uzavře a realizuje zisk, popřípadě ztrátu. Ke skutečnému dodání komodit dojde asi jen ve 2 % kontraktů. Dalšími druhy derivátů, do kterých je možno investovat, jsou forwardy, které jsou však nastaveny individuálně, což výrazně snižuje jejich likviditu, swapy a opce.

Alternativou těchto investic jsou komoditní akcie. Jde o akcie společností, jejichž obchodní aktivita je primárně založena na komoditách. Tyto investice však bývají podrobovány kritice, protože investor kromě rizika komoditního trhu přebírá také rizika trhu akciového.

Posledním typem investic do komodit, který Fabozzi zmiňuje, jsou komoditní fondy. Jedná se o investici do fondu, jehož výkonnost je hodnocena na základě vývoje některého z komoditních indexů. Výhodou takovéto investice je možnost diverzifikace, naopak jeho nevýhodou jsou často vysoké poplatky.

Specifickým typem investic do fondů jsou ETF fondy neboli burzovně obchodované fondy. Stejně jako klasické podílové fondy je jejich výkonnost hodnocena na základě vývoje komoditního indexu. Tyto fondy však vydaly své akcie a je tak s nimi možné obchodovat na burze, což zvyšuje jejich likviditu. (ETFs.cz)

4.3 Výnosnost a rizikovost komoditních investic

Podle Gortona a Rouwenshorsta (2006, s. 58) poskytují komodity stejnou možnost výnosu jako investice do akcií při téměř totožném riziku (Obr. 1). Avšak finanční krize v roce 2009 tento vztah pozměnila a ceny komodit jsou tak oproti cenám akcií v dnešní době volatilnější než tomu bylo před deseti lety.



Obr. 1 Průměrný roční výnos akcií, dluhopisů a komoditních futures

Zdroj: Gorton, Rouwenhorst, 2006, s. 58

Výnosnost akcií a komoditních futures je srovnatelná, ale mnohem volatilnější než výnosnost vládních dluhopisů. Komoditní futures přinášely větší výnos v 70. letech 20. století, zatímco akcie v letech devadesátých. Průměrný roční výnos komoditních futures na sledovaném intervalu činil 5,23 %. Akcie zaznamenaly mírně vyšší průměrný roční výnos a to 5,65 %. Zároveň obě tyto aktiva dvojnásobně překonala

průměrnou roční výnosnost vládních dluhopisů 2,22 %. Stejný vývoj zachycují i ukazatele Sharpe Ratio. Pro komodity má tento ukazatel hodnotu 0,43, v případě akcií je to 0,38 a pro dluhopisy 0,26.

Výnosnost akcií a komoditních futures je téměř srovnatelná, avšak komoditní futures jí dosáhly s nižší směrodatnou odchylkou 12,10 %. Směrodatná odchylka akciového trhu byla nepatrně vyšší 14,85 %, zatímco dluhopisový trh dosáhl odchylky 8,47 %. (Gorton, 2006, s. 59)

4.4 Korelace komodit s ostatními aktivy

Při investování hraje vysoká výnosnost velice významnou roli, avšak není to jediná vlastnost, která nás u investice zajímá. Další významným ukazatelem zdali bude investice úspěšná, je její schopnost diverzifikovat portfolio.

Následující tabulka zachycuje korelační koeficienty komoditních futures s akciemi a vládními dluhopisy.

Tab. 1 Korelační koeficient komoditních futures s vybranými aktivy

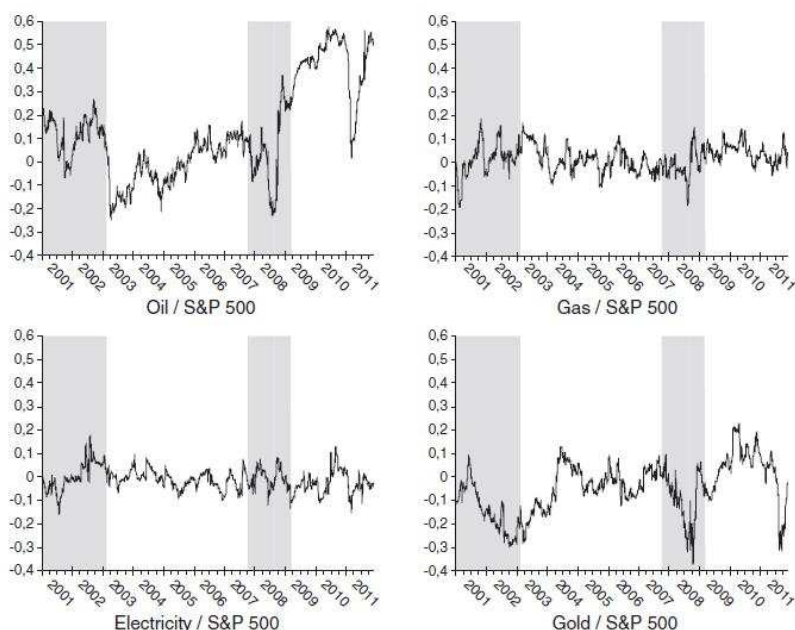
	Měsíční	Čtvrtletní	Roční	Pětiletá
Akcie	0,05	-0,06	-0,10	-0,42
Dluhopisy	-0,14	-0,27	-0,30	-0,25

Zdroj: vlastní zpracování dle Gortona, Rouwenhorsta, 2006, s. 15

Kromě měsíčního horizontu je korelace mezi komoditními futures, akciemi a vládními dluhopisy negativní. Tato negativní korelace se ještě zvyšuje s rostoucí délkou držení investice. Komoditní futures tak představují efektivní způsob diverzifikace portfolio.

Tato skutečnost však neplatí pro všechny komodity rovnoměrně, jak dokládá studie Cretiové (2013, s. 26). Korelace jednotlivých komodit jsou velice volatilní a to především v letech ekonomické krize 2007 a 2008.

Vývoj korelací akciového indexu s jednotlivými komoditami (Obr. 2) je velmi rozdílný. Velice volatilní je vývoj korelace akciového indexu s ropou. Tento vývoj je především ovlivněn fenoménem spekulace, kdy v době býčího trhu korelační koeficient roste a naopak v dobách medvědího trhu klesá. K podobnému závěru dochází ve své práci i Koch (2014, s. 203). Podle něj je cena energetických komodit v normálních časech určována vztahem nabídky a poptávky na trhu, avšak v dobách krize hrají hlavní roli fundamentální faktory, jako investiční chování investorů na trhu. Díky globalizaci, rostoucí poptávce po energiích, vlivu extrémního počasí a deregulaci trhu s elektřinou se dá očekávat, že ceny energetických komodit budou velmi volatelní i v budoucnu. (Efimova, Serletis, 2014, s. 273)



Obr. 2 Vývoj míry korelace S&P 500 a vybraných komodit
Zdroj: Greti A., Joëts, M., Mignon V., 2013, s. 26

Opačný vývoj lze pozorovat u zlata, které potvrdilo svoji roli bezpečného přístavu v dobách krize. Vývoj jeho korelace s akciovým indexem je téměř neustále negativní a perfektně se tak hodí pro diverzifikaci portfolia. Ekonomická krize hrála klíčovou roli mezi vazbami komodit a akciového trhu a snížila tak potenciální zastupitelnost těchto aktiv v jednotlivých investičních portfoliích.

4.5 Komodity jako prvek zajištění

Mimo jiné však investora také zajímá reálný výnos z investice, který by měl minimálně odpovídat růstu životních nákladů neboli inflaci. Proto je důležité, aby korelace mezi investicí a inflací byla pozitivní, jedině tak je možné, že s růstem inflace poroste i hodnota naší investice. Pro klasická aktiva obvykle platí, že mají slabé zajištění proti inflaci.

Tab. 2 Korelační koeficient vybraných aktiv s inflací

	Měsíční	Čtvrtletní	Roční	Pětiletá
Akcie	-0,15	-0,19	-0,19	-0,25
Dluhopisy	-0,12	-0,22	-0,32	-0,22
Komodity	0,01	0,14	0,29	0,45

Zdroj: vlastní zpracování dle Gortona, Rouwenhorsta, 2006, s. 65

Korelace inflace s akciemi a vládními dluhopisy je negativní. Tato aktiva tudíž mají slabé zajištění proti inflaci. Naopak korelační koeficient s komoditami je pozitivní

a navíc rostoucí s délkou držení investice. Komodity lze tedy použít jako prvek zajištění se proti inflaci.

4.6 Devizové riziko

V neposlední řadě musí investor zohlednit devizové riziko, které má vliv na výši výnosu v případě investice v jiné měně než je měna domácí. Energetické komodity jsou obchodovány převážně v amerických dolarech, devizové riziko se tak týká každého investora, jehož domácí měna není americký dolar.

Devizové riziko představuje možnou ztrátu v důsledku změny kurzu mezi měnou domácí a měnou, ve které je daný investiční instrument denominován. Platí, že posilování české koruny snižuje zisky v zahraniční měně a naopak. Pro investici do zahraničí, je tak velmi důležité také její načasování ve vztahu k vývoji domácí měny.

Proti měnovému riziku se však dá zajistit. Nejčastěji se tak děje v případě investic do komodit pomocí swapové operace nebo měnového forwardu pevným kurzem vůči koruně. Druhou možností, jak snížit devizové riziko je měnová diverzifikace, jejíž princip spočívá v rozložení celého portfolia investic mezi různé měny. (Finez: Při investicích dejte pozor na měnové kurzy)

4.7 Dílčí závěr

Komodity můžeme dělit do několika kategorií, tato diplomová práce se zaměří na energetické komodity, konkrétně pak ropu, zemní plyn a uhlí. Na trhu dnes existuje několik možností, jak investovat do komodit. Mezi tyto možnosti patří přímý nákup komodity, investice prostřednictvím komoditního derivátu, komoditní akcie, komoditního fondu nebo ETF fondu.

Před finanční krizí v roce 2009 byla výnosnost komodit a akcií velice podobná, avšak v posledních šesti letech se ceny komodit vyvíjí mnohem volatilněji než je tomu u akcií. Dle studie jsou komoditní futures negativně korelovány jak s akciemi tak dluhopisy a představují efektivní způsob diverzifikace portfolia. Avšak platnost tohoto tvrzení se liší pro jednotlivé komodity. Na druhou stranu lze komodity použít jako prvek zajištění proti inflaci, jelikož vykazují pozitivní vzájemnou korelaci s inflací.

Protože jsou energetické komodity obchodovány především v amerických dolarech, je pro každého investora, jehož domácí měnou není americký dolar, nutné v investici zohlednit devizové riziko.

5 Trhy vybraných energetických komodit

Dílním cílem této kapitoly je na základě analýzy trhů vybraných komodit identifikovat hlavní faktory, které ovlivňují daný trh. Každá z vybraných energetických komodit bude nejprve charakterizována a budou zmíněny její vlastnosti. Poté bude následovat analýza struktury nabídky dané komodity s cílem určit klíčové faktory, které ji ovlivňovaly historicky a taktéž faktory, které na ni budou mít vliv v budoucnu. Na tuto část navazuje analýza struktury poptávky, která se zaměřuje na možnosti využití dané energetické komodity a identifikaci dlouhodobých trendů, které budou objem poptávky ovlivňovat do budoucna. V závěru každé podkapitoly pak bude provedena analýza vývoje ceny dané energetické komodity od roku 1960 do současnosti s důrazem na identifikaci klíčových faktorů, které cenu ovlivnily.

5.1 Ropa

Ropa známá díky svému zbarvení také jako „černé zlato“ vznikla pře mnoha miliony let díky rozkladu malých vodních organismů. Původ slova ropa je nejistý. Podle Cílka (2008, s. 10) bylo v Podkarpatské Rusi a v Rumunsku používáno pro označení solanky čerpané ze studní a vrtů, ze které se vyráběla sůl. Tato solanka se podobala husté kapalině (ropě) pravděpodobně tím, že byla získávána z vrtů. Anglický název „oil“ je spojen s prvním využitím ropy jako mazadla.

„Ropa je bohatá směs kapalných uhlovodíků různých struktur, v nichž jsou rozpuštěny plynné i tuhé uhlovodíky a také organické sloučeniny, které mají v uhlíkovém skeletu jeden nebo více heteroatomů (síru, dusík, kyslík).“ Jde o olejovitou kapalinu, která je lehčí než voda a spolu se zemním plynem a uhlím patří mezi hořlavé organogenní sedimenty. (Petroleum.cz)

Na světě existuje několik druhů ropy. Mezi základní členění patří rozdělení na konvenční a nekonvenční ropu. Konvenční ropa je ta, která se získává z běžných ropných ložisek, zatímco nekonvenční ropa se získává z jiných typů surovin, například z černých břidlic nebo ropných písků. Dále známe ropu lehkou a těžkou. Nejcennější je lehká ropa, jejíž hustota má více než 35 °API¹ a lze z ní získat velké množství benzínu. Naopak z těžké ropy se získává hlavně asphalt a její hustota je nižší než 20 °API. Další základní charakteristikou ropy je, zda je sladká nebo kyselá. Sladká ropa má méně než 1 hmotnostní procento síry, zatímco kyselá ropa může mít 3 až 4 procenta. V rafinérii musí být síra odstraněna, aby nekorodovala zařízení a motory vozidel. Obvykle jsou lehké ropy sladké a těžké kyselé. (V. Cílek, M. Kašík, 2008, s. 20 - 22)

¹ Hustota bývá vyjádřena ve stupních API (American Petroleum Institute), které se počítají z hustoty ropy při 60 °F (15,6 °C). Je nepřímou úměrná běžně používané hustotě vyjadřované v kg/m³.

Podle smlouvy mezi USA a Saudskou Arábií z počátku 70. let se ropa na světě obchoduje pouze v amerických dolarech. Jednotkou, ve které se ropa měří, jsou barely o obsahu zhruba 159 litrů.

5.1.1 Těžba ropy

Kdysi ropa v některých lokalitách přirozeně vyvěrala na zemský povrch a byla velice snadno dostupná. Již ve starověké Mezopotámii se používala jako lepicí a těsnící hmota. Ve středověku se využívala především v bitvách jako zápalná látka a s vynálezem petrolejové lampy začala sloužit ke svícení.

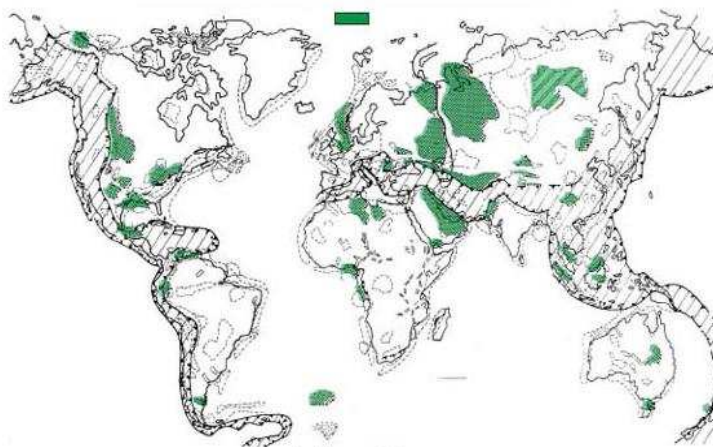
Těžba ropy, tak jak ji známe dnes, byla zahájena v polovině 19. století v Rumunsku a také v americké Pensylvánii. V tomto období začal být také průmyslově využíván proces destilace. Postupně byla vhodná ložiska pro těžbu ropy objevena po celém světě. Mezi první však patřily Texas nebo Kavkaz. (Petroleum.cz)

Dnes těžíme ropu prostřednictvím vrtů. Během let se vyvinulo několik základních technologií. Primární způsob těžby využívá přítomnosti zemního plynu v ložisku, který zajišťuje potřebný tlak, aby mohla ropa samovolně vytékat. Takto lze vytěžit zhruba 20 % z naleziště. S postupným poklesem tlaku ve vrtu musí nastoupit sekundární metody, jako je čerpání ropy pomocí pump nebo zvýšení tlaku vodní injektáží. Tyto způsoby dokážou vytěžit 25 až 35 % celkového množství ropy. Terciární metody nastupují ve chvíli, kdy už ani sekundární nestačí, ale těžba je stále ekonomická. Většinou jde o injektáž horké páry, která se vyrábí spalováním zemního plynu. Tyto metody dovolí vytěžit dalších 5 až 15 % ropy v nalezišti. (Ropa.cz)

Energetická návratnost (ERoEI) ropy se během let výrazně mění. Na počátku ropné těžby stačilo investovat cenu jednoho barelu ropy a bylo získáno 60 až 100 barelů ropy. Postupně se však tento poměr snižuje. V druhé polovině 20. století už to bylo jen 30 barelů. (V. Cílek, M. Kašík, 2008, s. 108)

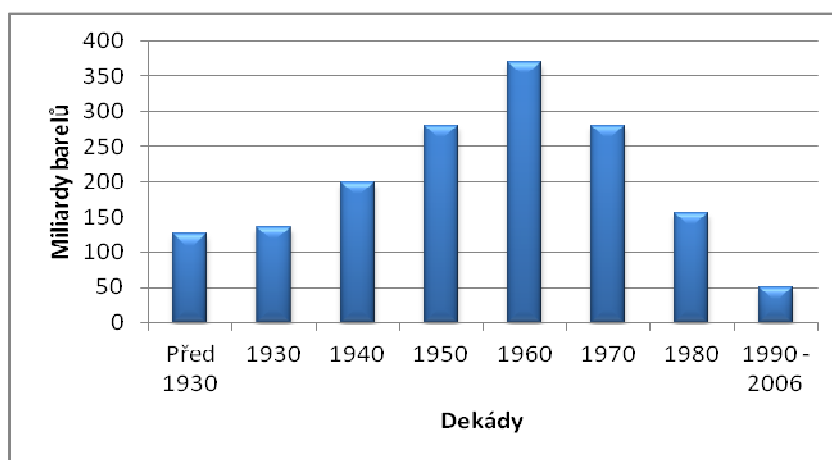
5.1.2 Nabídka ropy

Nabídka ropy se odvíjí od nalezených ložisek, která se nachází téměř po celém světě (Obr. 3). Mezi nejvýznamnější patří ložiska v Saudské Arábii, Spojených státech amerických, Rusku, Íránu, Kanadě, Iráku, Číně a Venezuele.



Obr. 3 Hlavní oblasti výskytu ropy ve světě
Zdroj: Petroleum.cz

Většina těchto ložisek byla objevena již před rokem 1973. Do tohoto roku došlo ve světě k největším objevům ropy a také byly investovány nejvyšší částky do infrastruktury. Od 80. let se snižují nejen investice do infrastruktury, ale i počty objevených ložisek (Obr. 4). Právě v důsledku nedostatečných investic v posledních desetiletích pracuje ropný průmysl na svojí hranici a i malé výpadky následkem nepokojů nebo tropických bouří v klíčových oblastech vedou k panice na ropných trzích.



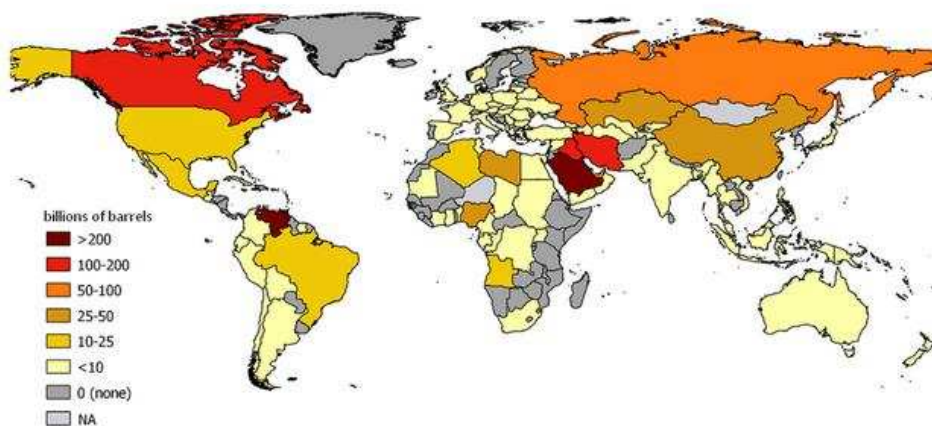
Obr. 4 Výše objevených ropných zásob po dekáдах pro celý svět
Zdroj: vlastní zpracování dle V. Cílek, 2008, s. 71

Ropa se vyskytuje především v sedimentárních pánvích, kterých na světě existuje přibližně 900 a asi 600 z nich, může obsahovat ropu. Podle Cílka (2008, s. 71) je z tohoto množství 160 pánví ekonomicky produktivních a zhruba 240 jich bylo orientačně prozkoumáno. Zbývajících 200 pánví tvoří v současnosti jediné neprozkoumané zdroje ropy na světě, nachází se však na dně oceánů a jejich průzkum je velice drahý. Další potenciálním zdrojem ropy může podle předsedy společnosti

Exxon R. Tillersona² být zatím neprozkoumaná oblast Arktidy a nekonvenční zdroje. Celkově je podle Schenka (2012, s. 2) z U. S. Geological Survey na celém světě 565 miliard barelů zatím neobjevené konvenční ropy, přičemž 75 % se nachází ve 4 oblastech - v Jižní Americe a Karibiku, subsaharské Africe, Blízkém východu a severní Africe a arktické části Severní Ameriky.

S objevováním nových ropných ložisek také souvisí teorie Ropného zlomu, kterou zveřejnil její autor M. King Hubert již v roce 1956, ale dlouhá léta na ni nebyla brána zřetel. Ropa není obnovitelným zdrojem a její produkce se řídí závislostí velice podobnou Gaussově křivce. Nejprve strmý nárůst těžby následovaný vrcholem a pak neodvratitelný pokles. Zároveň také předpověděl vrchol ropné produkce Spojených států amerických na roky 1962 - 1972, což se ve zpětném hledisku skutečně vyplnilo³. Postupně se ukázalo, že tato teorie platí pro všechna ložiska a stala se důležitým mezníkem budoucnosti celé civilizace, protože ropa má dnes velmi široké využití. Podle různých scénářů má svět ropu na dalších 40 až 70 let, avšak je nutné očekávat problémy se snižující se dostupností a v důsledku toho rostoucích cen. (V. Cílek, M. Kašík, 2008, s. 80)

Podle posledních čísel, která zveřejnila společnost British Petroleum, ověřené světové zásoby ropy činily v roce 2013 1 687 miliard barelů, což je nárůst o téměř 350 miliard barelů oproti roku 2003. Tyto zásoby ropy by tak měly vystačit při současné spotřebě asi na 53 let. K největšímu zvýšení rezerv došlo v tomto desetiletí ve Venezuele, kde zásoby vzrostly o více než 200 miliard barelů.



Obr. 5 Světové ověřené zásoby ropy dle jednotlivých států v roce 2013

Zdroj: U. S. Energy Information Administration, Who are the major players supplying the world oil market

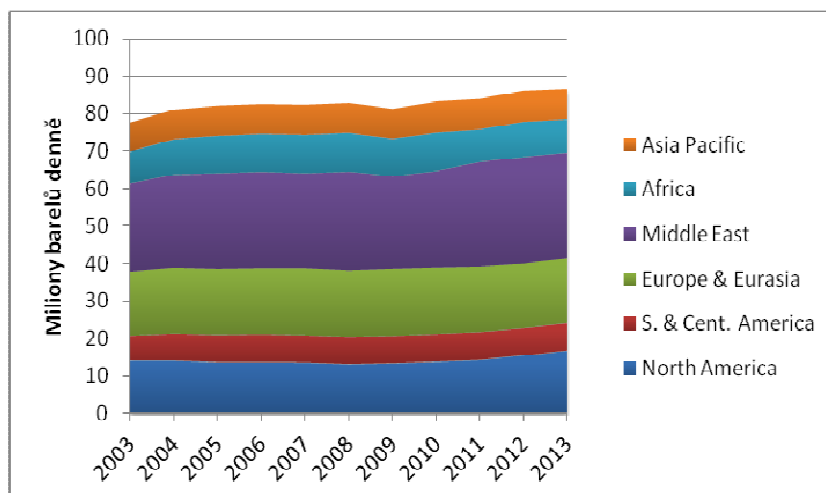
Největší zásoby ropy na světě drží Saudská Arábie (Obr. 5), avšak ohledně jejich skutečné výše se objevuje spousta spekulací už několik let. Saudové již v 80. letech

² Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 24.

³ V roce 1970 dosáhla produkce ropy v USA vrcholu. Bylo vytěženo 3,39 mld. barelů ročně, avšak od roku 1971 produkce ropy setrvale klesala. Opět růst začala až s těžbou nekonvenční ropy.

20. století oznámili, že mají rezervy 260 miliard barelů ropy. Toto číslo je stále stejné dodnes, přestože za posledních 25 let vytěžily hrubým odhadem asi 90 miliard barelů ropy a zároveň nebylo objeveno žádné nové velké ložisko ropy. Podobné nesrovnalosti ve výši zásob však lze najít i u jiných států, jak dokládá Rogers (2008, s. 124) a Cílek (2008, s. 57). Až budoucnost ukáže, jak vysoké světové zásoby ropy skutečně jsou.

Přestože se v posledních letech nedaří hledat tolik nových ložisek jako v minulosti, produkce ropy od roku 2009 opět mírně roste (Obr. 6).



Obr. 6 Produkce ropy ve světě dle jednotlivých oblastí

Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 8

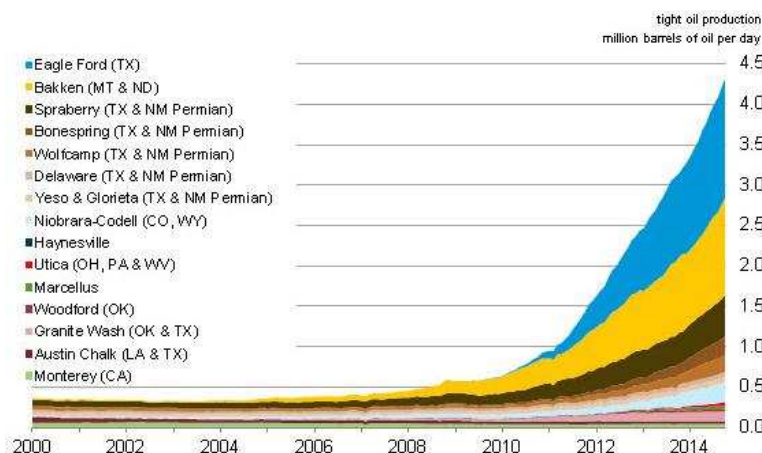
Za jejím nárůstem stojí hlavně nové technologie, které umožnily těžbu nekonvenční ropy a lepší využívání technologií těžby v rozvojových zemích. Produkce ropy se zvýšila nejvýznamněji ve Spojených státech amerických, Kazachstánu, Rusku, Iráku, Spojených arabských emirátech a Angole. Naopak k výraznému poklesu došlo především v Evropě (Norsko a Velká Británie), dále v Mexiku, Íránu, Libyi, Súdánu, Jemenu a Sýrii. Většina těchto poklesů souvisí s vyčerpáním ložisek nebo s politickými problémy v dané lokalitě.

Možnosti těžby ropy z břidlic a ropných písků se ve Spojených státech amerických zkoumají již od 80. let 20. století, ale až poslední desetiletí přineslo dostatečně vyvinutou technologii těžby a zároveň ceny ropy byly natolik vysoké, aby těžba byla ekonomická. Ropa se z těchto sedimentárních hornin, které obsahují pevné bitumenové materiály, získává jejich ohřevem. Podle Bartise (2005, s. 13) jsou přínosy těžby zřejmé – zvýšení nabídky ropy ve světě, vytvoření nových pracovních míst a snížení vlivu organizace OPEC⁴ na tvorbu ceny ropy. Těžba sebou nese ale

⁴ OPEC neboli Organizace zemí vyvážejících ropu vznikla v roce 1960 a dnes sdružuje 12 zemí exportujících ropu. Patří mezi ně Alžírsko, Angola, Ekvádor, Irák, Írán, Katar, Kuvajt, Libye, Nigérie, Saudská Arábie, Spojené arabské emiráty a Venezuela.

i rizika a to hlavně ve formě znečištění vody, zhoršení kvality ovzduší a zvýšení emisí.

Následující graf zobrazuje vývoj produkce nekonvenční ropy od roku 2000 ve Spojených státech amerických, které jsou v současnosti největším producentem tohoto typu ropy. Ještě v roce 2011 byla produkce pouze 1 milion barelů denně, za poslední 3 roky však narostla více než čtyřnásobně. Podle prezidenta společnosti Hallibuton Jeffa Millera⁵ narostly rezervy ropy Spojených států amerických díky nekonvenční ropě o 25 %.



Obr. 7 Produkce nekonvenční ropy ve Spojených státech amerických

Zdroj: U. S. Energy Information Administration, Shale in the United States

Dalším významným producentem nekonvenční ropy je Kanada, jejíž těžba činila v roce 2012 1,7 milionů barelů denně a očekává se nárůst na 3,2 milionu barelů do roku 2020. (Toronto Star) Největší kanadské ložisko se nachází ve státě Alberta. Jeho rezervy se odhadují na 423,6 miliard barelů ropy, přesto se neočekává, že by se nabídka díky nálezů nekonvenční ropy strmě zvýšila. Tato těžba v současnosti spíše vyrovnává poklesy těžby konvenčních zdrojů ropy ve světě. (J. Redden, 2013, s. 81)

Největší zásoby nekonvenční ropy by však podle prezidenta společnosti LUKOIL Vagita Alekperova⁶ mělo mít Rusko. Obrovský potenciál spatřuje především v nalezišti Bazkenov, těžbu však brzdí politické a ekonomické podmínky. V současnosti Rusko vytěží pouze 4,5 milionu barelů této ropy ročně.

Postupně se projekty zaměřené na těžbu nekonvenční ropy rozbíhají i v dalších státech jako třeba Japonsko, Estonsko nebo Brazílie, produkce je však zatím velmi nízká. U. S. Energy Information Administration odhaduje, že celkově se produkce nekonvenční ropy v roce 2008 podílela 12 % na celkové nabídce a 35 % v roce 2012.

⁵ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 56.

⁶ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 44.

Díky těžbě nekonvenční ropy poprvé od 70. let produkce ropy ve Spojených státech amerických neklesá, ale roste. Podle posledních zpráv The Times Spojené státy americké sesadili Saudskou Arábii z pomyslného trůnu největšího producenta ropy a zemního plynu, když v srpnu roku 2014 vytěžili průměrně o 0,3 milionu barelů denně více. Dosud byla Saudská Arábie považována za flexibilního producenta, který je schopný snižovat a navyšovat svoji produkci dle aktuální poptávky a tím ovlivňovat cenu ropy na trhu.

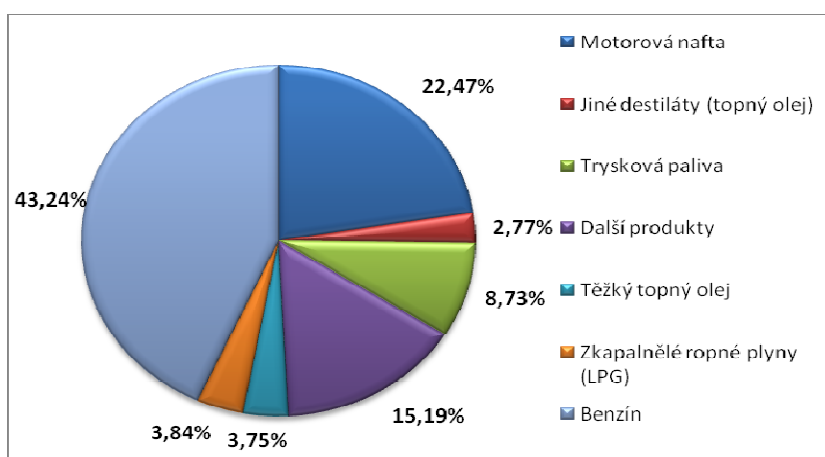
Růst nabídky má však za následek pokles ceny ropy, ta klesá již několik měsíců. Tohoto faktu využívá dle ABC Premium News Saudská Arábie, která se snaží svoji produkci navýšit, aby cena ropy poklesla ještě výrazněji a těžba americké nekonvenční ropy se tak stala neekonomickou. Jako hraniční pro nekonvenční ropu uvádí cenu 70 dolarů za barel. Podle serveru Eakcie se však OPEC mýlí a náklady na těžbu nekonvenční ropy jsou mnohem nižší. Podle amerických těžařů ze Severní Dakoty, která v současnosti produkuje nejvíce ropy, jsou průměrné náklady na barel jen 42 dolarů.

Do budoucna se očekává další nárůst produkce ropy ve světě. OPEC předpokládá nárůst nabídky ropy z dnešních 90 milionů vytěžených barelů denně na 111 milionů v roce 2040. K největšímu nárůstu by mělo dojít v Jižní Americe, Kaspickém moři a ve státech, které jsou členy OPEC. Naopak výrazný pokles těžby se očekává v Evropě, Mexiku a Asii. OPEC také předpovídá, že se bude muset výrazněji investovat do ropného průmyslu, především pak do infrastruktury. Investice by měly v příštích dvaceti letech dosáhnout až 7,3 miliardy amerických dolarů v cenách roku 2013. Snadno získatelná ropa je dnes již minulostí, do budoucna je nutné být kreativní a vyvíjet nové technologie těžby. To však nezmění nic na tom, že ropa není obnovitelným zdrojem.

5.1.3 Poptávka po ropě

Ropa je výchozí surovina pro mnoho průmyslových odvětví. Kolem 40 % celosvětové spotřeby energie pochází z ropy. Na dopravě se ropa podílí z 90 %.

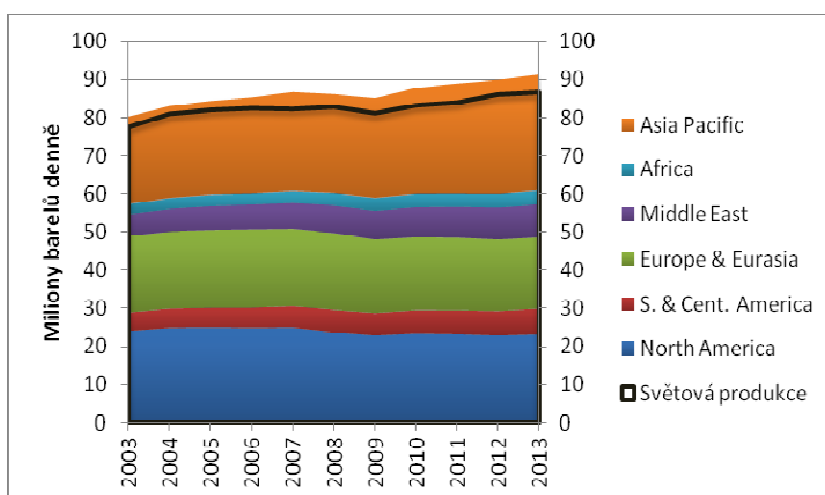
Z ropy se vyrábí motorová paliva, topný olej, mazadla, plasty, ale také léky, hnojiva a pesticidy. Chudší země pak spotřebují asi 7 % celkové světové produkce ropy k výrobě elektřiny (Ropa.cz). Následující obrázek zobrazuje, jaké produkty jsou vyrobeny z jednoho barelu surové ropy.



Obr. 8 Produkty vyrobené z jednoho barelu surové ropy v %

Zdroj: vlastní zpracování dle U. S. Department of Energy, The How's and Why's of Replacing the Whole Barrel

Světová spotřeba ropy se neustále zvyšuje (Obr. 9). V posledních deseti letech dokonce mírně převyšuje denní produkci ropy ve světě a tento nedostatek stále narůstá.



Obr. 9 Spotřeba ropy ve světě dle jednotlivých oblastí ve srovnání se světovou produkcí

Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 9

Mění se však státy, odkud nejvyšší poptávka po ropě vychází. Jak zmiňuje viceprezident společnosti IHS Daniel Yergin⁷ v roce 2000 tvořily dvě třetiny poptávky po ropě pokročilé průmyslové státy, zatímco dnes je více než polovina ropy poptávána z rozvojových zemí. Důvodem je rostoucí příjem domácností v těchto zemích a s ním spojené větší nároky na spotřebu.

⁷ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 20.

Nejvíce poptávka po ropě narostla v zemích tichomořské Asie a to především v Číně, která svou poptávku téměř zdvojnásobila. Příčinou tohoto nárůstu je především hospodářský růst v zemi, se kterým se pojí nárůst důchodů a životní úrovně. Ta se pak projevuje rostoucí poptávkou po automobilech a tím i ropě (Obr. 10).

Poptávka po ropě v Číně je mnohem vyšší než nabídka v této zemi, Čína je tak dnes plně závislá na dovozu ropy. Podle studie Luové (2014, s. 410) bude závislost Číny na dovozu ropy v roce 2015 více než 60% a v roce 2035 až 85%.



Obr. 10 Průměrný roční růst ve vlastnictví automobilů na obyvatele
Zdroj: OPEC, World Oil Outlook 2014, s. 95

Naopak k výraznému poklesu spotřeby došlo ve Spojených státech amerických a Japonsku. Spojené státy americké byly po dlouhá léta největším dovozcem ropy na světě. Avšak díky rostoucí poptávce v Číně a především těžbě ropy z břidlic a ropných písků, se jim podařilo snížit importy ropy do země (Obr. 11).



Obr. 11 Produkce a dovoz ropy v USA
Zdroj: U. S. Department of Energy, Oil

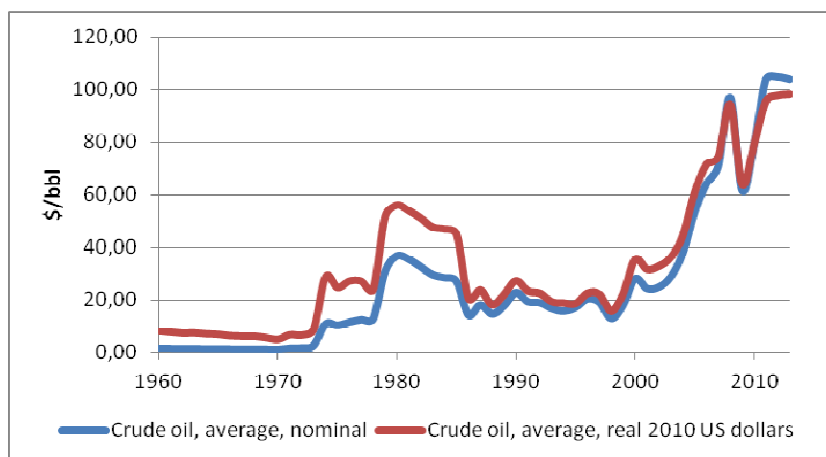
Dle předpovědí světových organizací zaměřujících se na ropu a energie, by měla být poptávka i nadále rostoucí. OPEC odhaduje, že poptávka po ropě by se měla do roku 2040 zvýšit o 21 milionů barelů denně na celkových 111 milionů barelů denně a hlavními poptávajícími budou Čína a Indie. Nárůst poptávky po ropě o 23 milionů barelů denně ve stejném období očekává i International Energy Agency. Důležitým mezníkem v uspokojování rostoucí poptávky však bude vybudování nové infrastruktury. Stávající ropovody totiž vedou do států, jejichž poptávka po ropě stagnuje nebo klesá. V nejbližší budoucnosti tak bude nezbytně nutné modernizovat ropovody a vytvořit novou infrastrukturu, která by efektivně dopravovala ropu především do Asie, kde roste poptávka nejrychleji.

V současné době neexistuje plnohodnotný substitut, který by mohl ropu ve spotřebě nahradit. Postupně se sice čím dál více využívají alternativní zdroje jako solární energie, větrná energie, biopaliva nebo geotermály, avšak zatím neexistuje technologie, jak by mohly ropu nahradit úplně. Ropa tak bude mít na trzích i nadále velmi významnou roli.

5.1.4 Vývoj ceny ropy

Na světě existuje mnoho typů ropy, proto se k jejich ocenění používají benchmarky. Mezi nejznámější na světě patří West Texas Intermediate (WTI), Brent a Dubai. WTI se užívá hlavně ve Spojených státech amerických a často bývá označován také jako americká lehká ropa. Ropa Brent je složena z 15 druhů ropy těžených v Severním moři a používá se v Evropě. Ropa Dubai je lehká kyselá ropa těžená ve Spojených arabských emirátech.

Následující graf zobrazuje vývoj ceny ropy od roku 1960 do současnosti. Cena ropy je spočítána jako průměr již zmiňovaných tří nejznámějších benchmarků.



Obr. 12 Vývoj ceny ropy od roku 1960 do současnosti

Zdroj: vlastní zpracování dle Světové obchodní banky

K prvnímu významnému výkyvu v ceně ropy došlo na podzim roku 1973, kdy vypukla na Blízkém východě tak zvaná Jomkipurská válka, kterou vyvrcholil konflikt mezi Izraelem a okolními arabskými státy. V tomto období se také poprvé začal

projevovat nedostatek ropy, když organizace OPEC snížila těžbu za účelem ovlivnění ceny ve svůj prospěch a zároveň uvalila embargo na dovoz ropy do států podporujících Izrael (zejména USA a Nizozemí). Výsledkem byl nárůst ceny ze tří dolarů za barel až na téměř dvanáct (v tehdejších cenách).

Nedlouho poté následoval druhý ropný šok. V roce 1979 došlo k íránské revoluci, díky které Írán začal vyvážet méně ropy. Na to okamžitě zareagovala organizace OPEC zvýšením těžby, avšak následující panika na trzích vyhnala cenu ropy až na téměř 40 dolarů za barel.

K dalšímu zvýšení ceny, tentokrát však pouze krátkodobému, došlo v roce 1990, kdy Irák provedl invazi do Kuvajtu, a odehrála se Válka v zálivu. V následujících letech se cena stabilizovala na zhruba 30 dolarech za barel a docházelo pouze k menším výkyvům.

Asijská ekonomická krize na konci 90. let snížila poptávku po ropě a s ní i její cenu, avšak od roku 2000 cena ropy nezadržitelně stoupala. Bylo to v důsledku rostoucí poptávky zejména v Číně a naopak klesající produkce ropy, zejména ve Spojených státech amerických. Dále byl růst ceny ropy důsledkem hurikánu Katrina v roce 2005 a také invaze USA do Iráku v roce 2003. Cena ropy se tak v roce 2008 zastavila na rekordní výši téměř 100 dolarů za barel. V roce 2009 pak došlo k prudkému poklesu v důsledku světové ekonomické krize. Od tohoto roku však cena ropy znovu překonala svoje maximum, když se v letech 2010 až 2012 vyšplhala až na 105 dolarů za barel. Tento prudký nárůst byl způsoben tak zvaným Arabským jarem, což je vlna nepokojů probíhajících v arabských státech.

Během posledního roku pak dochází k nebývalému poklesu ceny ropy, který je způsoben především růstem nabídky nekonvenční ropy ve Spojených státech amerických. Ceny benchmarku Brent a WTI se tak na počátku roku 2015 pohybují kolem 50 dolarů za barel.

Jak dokládají předcházející odstavce, cena ropy je ovlivňována nejen nabídkou a poptávkou po této komoditě, ale především ekonomickým cyklem a politickými událostmi v místech její těžby.

5.2 Zemní plyn

Zemní plyn vzniká nejčastěji v ložiscích spolu s ropou (naftový zemní plyn) nebo uhlím (karbonský zemní plyn). „*Je o přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH₄ a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů).*“ (Zemníplyn.cz)

Je to bezbarvý a nezapáchající plyn, proto se odorizuje, aby ho bylo možno zjistit ve vzduchu pouhým čichem. Patří do skupiny topných plynů, protože má velice dobrou výhřevnost, zároveň jsou však s ním díky jeho plynnému skupenství spojeny vysoké náklady na skladování a dopravu. Zemní plyn bývá označován jako nejčistší z paliv. Jeho hořením vzniká o 45 % méně emisí CO₂ než u uhlí a o 30 % méně než při hoření ropy. (World Petroleum Council, 2012, s. 18)

Ve světě existuje několik typů zemního plynu. Základní dělení ho člení na konvenční a nekonvenční. Konvenční zemní plyn se nachází v geologických pastech,

kde v nepropustné skalní pasti existují pukliny v propustných horninách, které obsahují plyn. Nekonvenční plyn se těží z nepropustných skalních útvarů jako pís-kovec, vápenec a jíly, dále z ropných břidlic nebo ve formě uhelného metanu z uhelných slojí. (B. Shively, 2011, s. 8; F. Holz, 2013, s. 13)

Dále se zemní plyn může vyskytovat ve dvou formách CNG a LNG. CNG (Compressed Natural Gas) je stlačený zemní plyn při tlaku 200 barů a používá se jako palivo do motorových vozidel. LNG (Liquefied Natural Gas) je zkapalnělý zemní plyn při teplotě -162 °C. V této formě bývá zemní plyn dopravován pomocí tankerů na místo odbytu. (Zemníplyn.cz)

Zemní plyn se tak jako ropa nejčastěji oceňuje v dolarech. Jednotkou, ve které se těží, jsou kubické metry a obchoduje se v milionech BTU (britská tepelná jednotka).

5.2.1 Těžba zemního plynu

Poprvé byl zemní plyn využit před 2500 lety ve Starověké Číně k získání čerstvé vody z vody mořské. V Číně bylo také ve stejném období vytvořeno první plynové potrubí z bambusu.

Ve větším rozsahu se zemní plyn začal používat až od konce 18. století, kdy byly ve Velké Británii objeveny jeho hořlavé vlastnosti. Sloužil především k osvětlení domů a ulic. Svítiplyn byl ve 20. století postupně nahrazen elektrickou energií. Dnes se zemní plyn používá hlavně k vytápění a ohřevu vody.

Při těžbě tradičních ložisek zemního plynu rozlišujeme dva typy těžby. Pokud se jedná o dvoufázové ložisko (plyn a voda), vrchol struktury se co nejdále od rozhraní vody a plynu navrtá vertikálním vrtem, jehož cílem je co nejdále zabránit přístupu vody do vrtu. Pokud se jedná o třífázové ložisko (plyn, ropa a voda), nejprve se musí vytěžit ropa a poté až plyn. Jinak by ve vrtu poklesl tlak a snížila by se výtěžitelnost ropy. (Zemníplyn.cz)

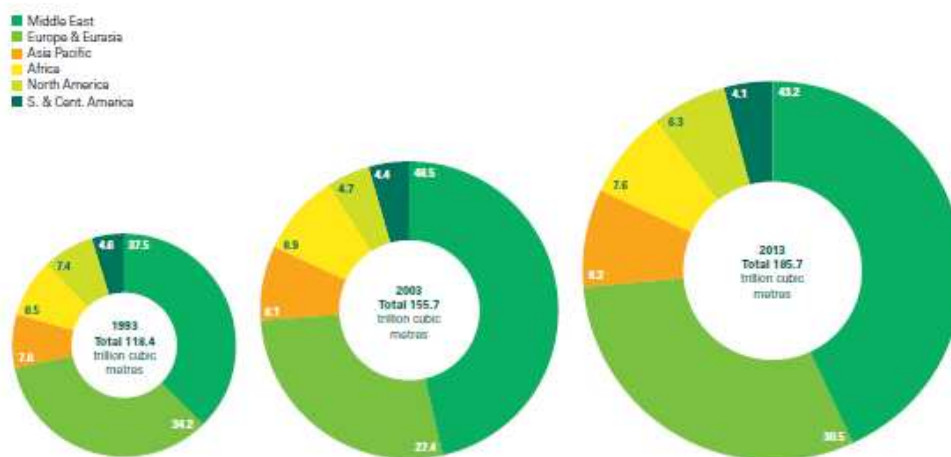
5.2.2 Nabídka zemního plynu

Ložiska zemního plynu se nachází v oblastech po celém světě a to nejčastěji spolu s ropou. Mezi nejvýznamnější patří ložiska nacházející se v Rusku, Turkmenistánu, Spojených státech amerických a Íránu.

Podobně jako je tomu u ropy, objevování nových konvenčních ložisek je v dnešní době téměř nulové. Jediným skrytým zdrojem může být zatím neprozkoumaná oblast Arktidy a nekonvenční ložiska, která jsou v posledních letech hojně nacházena. Celkově je podle Schenka (2012, s. 2) z U. S. Geological Survey na celém světě asi 156 bilionů kubických metrů zatím neobjeveného konvenčního zemního plynu, z čehož 58 % se nachází v oblasti Arktidy. Další oblasti, kde se neobjevený plyn nachází, jsou Blízký východ a severní Afrika, tichomořská Asie a subsaharská Afrika.

Podle posledních čísel zveřejněných společností British Petroleum byly světové zásoby zemního plynu v roce 2013 185,7 bilionů kubických metrů (Obr. 13). Studie Franzisky Holzové a dalších však odhaduje konvenční zásoby na 321 až

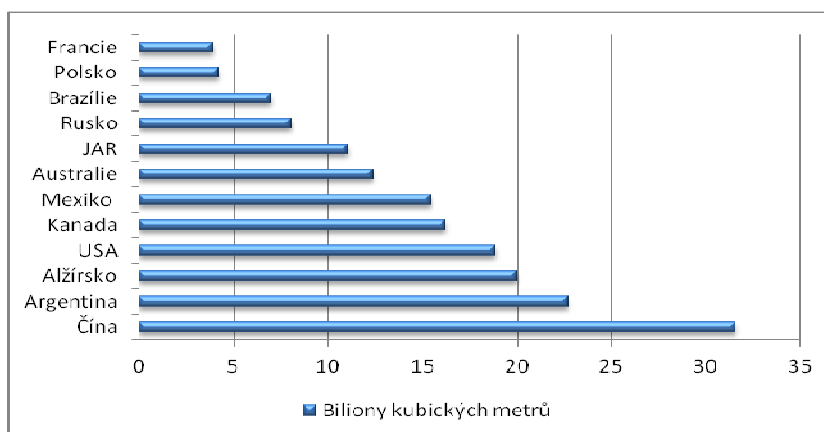
498 bilionů kubických metrů a nekonvenční zásoby na 275 až 917 bilionů kubických metrů. Při současné spotřebě by tak zásoby měly vystačit na 232 až 391 let. (Holz, 2013, s. 15)



Obr. 13 Procentní rozdělení rezerv zemního plynu ve světě v letech 1993, 2003 a 2013
Zdroj: British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 21

Největší zásoby zemního plynu mají státy na Blízkém východě (konkrétně Katar). Spolu s Ruskem pak drží více než 70 % konvenčních zásob světa. Za posledních deset let se podle British Petroleum nejvíce zvýšily zásoby v Íránu a to o téměř 13 bilionů kubických metrů. V současnosti tak má tento stát největší zásoby zemního plynu na světě.

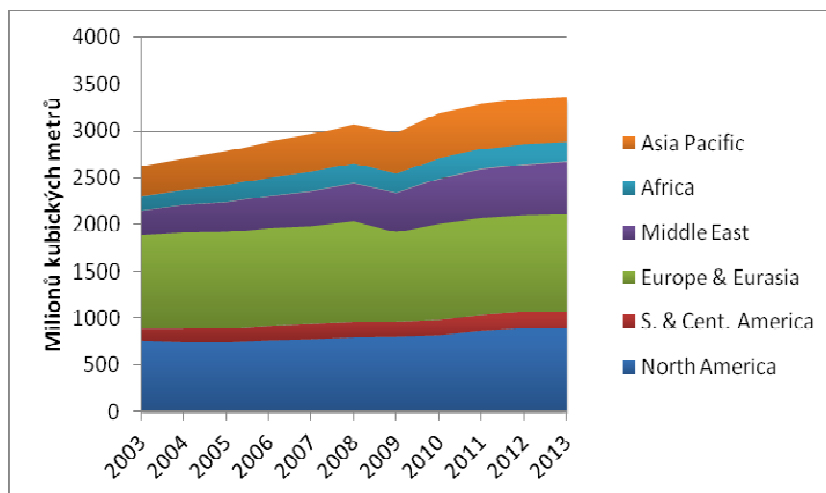
Naopak mezi státy s největšími rezervami břidlicového plynu (Obr. 14) patří Čína, Argentina, Alžírsko, Spojené státy americké a Kanada.



Obr. 14 Země s největšími rezervami břidlicového plynu na světě
Zdroj: vlastní zpracování dle Holz, 2013, s. 16

Přestože se v posledních letech nedaří hledat tolik nových ložisek jako v minulosti, produkce zemního plynu je od roku 2009 opět rostoucí (Obr. 15). Za

jejím nárůstem stojí hlavně nové technologie, které umožnily těžbu nekonvenčního zemního plynu a dopravu ve formě LNG. Produkce zemního plynu se zvýšila nejvýznamněji ve Spojených státech amerických, Íránu, Kataru a Číně.



Obr. 15 Produkce zemního plynu ve světě dle jednotlivých oblastí

Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 22

Kvůli vysokým nákladům na skladování a dopravu zemního plynu je trh geograficky rozdělen na Severní Ameriku, Evropu a tichomořskou Asii. (WPC Yearbook, 2014, s. 84)

Nejvýznamnějším hráčem na trhu se zemním plynem v Severní Americe jsou Spojené státy americké. Ještě do roku 2007 byla produkce zemního plynu klesající a Spojené státy americké byly jedním z největších dovozců zemního plynu na světě. Plyn do země přiváděli pomocí plynovodů z Kanady a po moři ve formě LNG (Shively, 2011, s. 10). Těžba plynu byla stále nákladnější, protože snadno dostupné zdroje byly již vytěženy, což se v letech 1998 až 2008 promítlo do nárůstu ceny zemního plynu z 2 na 10 dolarů (Jacoby, 2011, s. 19). Nové technologie jako horizontální vrty a frakování spolu s vyšší cenou zemního plynu dovolily těžít nekonvenční zdroje zemního plynu, především pak břidlicový plyn, a Spojené státy americké se tak staly největším producentem zemního plynu na světě.

Podle Joskova (2013, s. 342) sebou přináší těžba břidlicového plynu celou řadu výhod. Mezi hlavní patří zvýšení zaměstnanosti v oblastech těžby, redukce emisí CO₂, protože levnější plyn nahrazuje ve spotřebě uhlí, zvýšení konkurenceschopnosti amerických společností a snížení ceny zemního plynu na americkém trhu. Podle výkonného ředitele společnosti International Energy Agency Maria van der Hoevena⁸ ceny poklesly oproti ceně zemního plynu v Evropě třikrát a ve srovnání s Asií dokonce čtyřikrát.

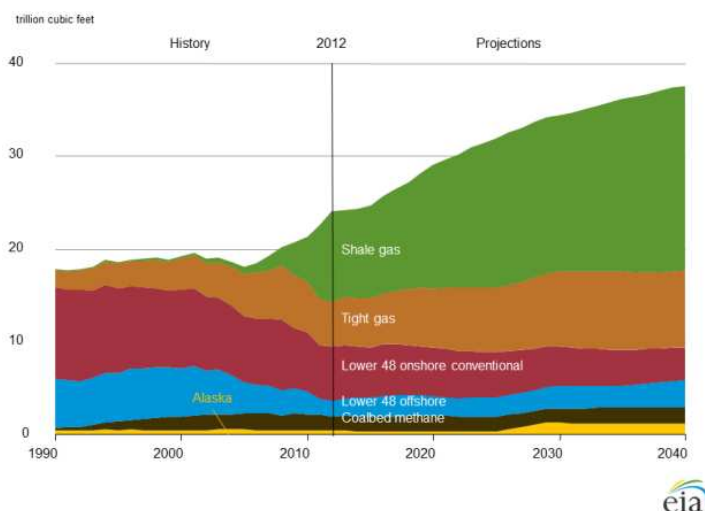
Na druhou stranu však těžba nekonvenčního plynu přináší i rizika. Ty se týkají především životního prostředí a možné kontaminace vody, která se sice ve Spojených

⁸ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 33.

ných státech zatím nepotvrdila, přesto je však nutné vypracovat regulace, které tento problém ošetří a také vylepšit stávající technologie těžby, aby nemusela být při frakování do vrtů napouštěna voda (Modern Shale Gas Development in the United States, 2013, s. 64). Další problémy, které mohou při těžbě nastat, rozvíjí ve své studii Brown (2014, s. 14). Ten se obává, že rostoucí poptávka po zaměstnancích povede k růstu mezd v odvětví těžby, což může mít negativní dopady na ostatní průmyslová odvětví. V místě těžby bude také potřeba více domů, což zvýší poptávku a tím i cenu nemovitostí a náklady na bydlení. Zatím se však tyto problémy ve Spojených státech nepotvrdily a vliv těžby nekonvenčního plynu se projevuje na zaměstnanosti a mzdách pozitivně.

Podle prezidenta společnosti Halliburton Jeffa Millera⁹ narostly rezervy zemního plynu Spojených států amerických díky nekonvenčním zdrojům až o 60 % a globálně o 20 %. V současnosti představuje těžba nekonvenčního plynu 44 % veškeré produkce ve Spojených státech amerických, přičemž v roce 2004 to byly jen 2 % (Obr. 16). Do roku 2035 by měl podle Joskova (2013, s. 338) tvořit břidlicový plyn 49 % a celkově by se nekonvenční zdroje plynu měli podílet na produkci ze 70 %.

Figure MT-44. U.S. natural gas production by source in the Reference case, 1990-2040



Obr. 16 Predikce produkce zemního plynu ve Spojených státech amerických
Zdroj: U. S. Energy Information Administration, Shale in the United States

Díky rostoucí produkci, která přesahuje spotřebu Spojených států amerických, by se v budoucnu měly zvýšit dodávky zemního plynu do Mexika a také jsou ve výstavbě LNG terminály, aby mohl být plyn exportován na asijský trh, který je atraktivnější než evropský.

Také Kanada má poměrně vysoké zásoby konvenčního a nekonvenčního zemního plynu. V současnosti představují nekonvenční zdroje 45 % produkce a jejich

⁹ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 56.

poměr na produkci by se měl v budoucnu zvyšovat. Kanada začíná budovat LNG terminály, aby mohla vyvážet ropu na asijský trh.

Na evropském trhu je největším producentem zemního plynu Rusko, které je také druhým největším producentem na světě. Podle organizace OPEC dodává pomocí plynovodů 77 % svojí produkce do Evropy. Plynovody vedou přes Pobaltí, Bělorusko a Ukrajinu. Přesto je produkce Ruska natolik vysoká, že společnost Gazprom podepsala smlouvy o dodávkách plynu do Číny. Tak zvanou východní cestou, která povede z nalezišť ve východní Sibiři pomocí plynovodu Síla Sibiře, bude dodáváno 38 miliard krychlových metrů ročně. Tento plynovod je od září tohoto roku ve výstavbě. Nově byla v listopadu podepsána smlouva o západní cestě, která povede z nalezišť v západní Sibiři a měla by do Číny přivádět dalších 30 miliard metrů krychlových ročně. (Hospodářské noviny: Čína koupí od Ruska další plyn)

Dalšími producenty ropy v Evropě, avšak výrazněji menšími než Rusko, jsou Norsko a Nizozemí. Oba tyto státy mají výrazně nižší spotřebu zemního plynu než je jeho těžba, což jim umožňuje plyn vyvážet do západní Evropy.

V Evropě se také nachází nekonvenční ložiska zemního plynu a to především v Polsku, Francii, Velké Británii, Německu, Ukrajině a Rumunsku. Ve své studii Gény (2010, s. 103) velikost těchto zdrojů odhaduje na 35 bilionů kubických metrů. Avšak jejich těžba se kvůli překážkám v evropském prostředí nespustí tak rychle jako v případě Spojených států amerických. A i pokud dojde k těžbě, Gény předpovídá, že těžba ovlivní pouze trh se zemním plynem v daném státě, nikoliv však celoevropsky. Mezi hlavní překážky zavedení těžby patří větší hustota osídlení v Evropě než ve Spojených státech amerických a vlastnictví pozemků jednotlivými státy, zatímco ve Spojených státech pozemky vlastnili občané. Dále je to téměř žádný výzkum těchto ložisek a způsobů těžby v minulosti, nízké investice do odvětví a vyšší náklady na těžbu než ve Spojených státech amerických. Největší překážku však představují obavy o zhoršení životního prostředí a s ním spojené regulace těžby. (Umbach, 2013, s. 310)

Taktéž přístup jednotlivých států k metodám těžby nekonvenčního zemního plynu se napříč Evropou velmi liší. Německo, Francie, Itálie, Rakousko a Česká republika zakázaly metodu frakování k získávání zemního plynu. Činí tak z obav o kvalitu životního prostředí. Naopak Velká Británie frakování povolila a připravuje podmínky pro těžbu břidlicového plynu. Také Polsko začíná s průzkumem nekonvenčních ložisek a možností těžby, avšak zatím nepříliš úspěšně. I Pobaltské státy a Rumunsko jsou těžbě nakloněni, zatím ale vyčkávají na výsledky výzkumu v ostatních státech. (Smith, 2013, s. 14)

V Asii můžeme najít státy, které mají velké zásoby zemního plynu a jsou čistými vývozci a naopak země, které nemají téměř žádné zdroje a jsou plně závislí na dovozech. Největší zásoby zemního plynu se nachází na Blízkém východě, konkrétně pak v Íránu, Kataru a Saudské Arábii. Všechny tyto státy plyn vyváží především do jiných asijských států a to nejčastěji ve formě LNG, protože jejich spotřeba je velmi nízká. Podle British Petroleum je Katar dokonce v současnosti největším exportérem LNG na světě. Na celkovém vývozu tohoto produktu se podílí z 32 %.

Dalšími asijskými státy, které mají nízkou spotřebu a plyn mohou vyvážet, jsou Malajsie a Indonésie.

Významným hráčem na asijském trhu se zemním plynem je Austrálie, která zásobuje zkapalněným zemním plynem především tichomořskou Asii. Výhodou pro tyto exporty je její menší vzdálenost od těchto trhů ve srovnání se Spojenými státy americkými. Díky nalezištím nekonvenčního zemního plynu (Graf 12) Austrálie plánuje do roku 2020 překonat Katar a být největším exportérem LNG na světě (World Petroleum Council, 2012, s. 78). Dnes tvoří nekonvenční zdroje 10 % produkce, ale v roce 2035 už to mělo být 35 % (Smith, 2013, s. 315).

Podle Umbacha (2013, s. 315) se nekonvenční zdroje nachází i v Číně, Indii a Pákistánu, avšak nedostatek zkušeností s těžbou a neznalost technologií brzdí jejich další rozvoj. Čína má největší zásoby nekonvenčního plynu na světě (Graf 12) a plánuje, že v roce 2035 by měly nekonvenční zdroje tvořit alespoň polovinu produkce. Přestože se však produkce zemního plynu v Číně za posledních 10 let ztrojnásobila, poptávka za stejné období vzrostla pětkrát. (World Petroleum Council, 2012, s. 90)

Do budoucna Energy International Administration očekává, že nabídka zemního plynu se bude zvyšovat, aby uspokojila rostoucí poptávku. Podle náměstka ministra pro Afriku ve Velké Británii Marka Simmondse¹⁰ v budoucnu porostou také exporty plynu z Afriky, jejich rozvoj však bude záviset na politické situaci v jednotlivých afrických státech.

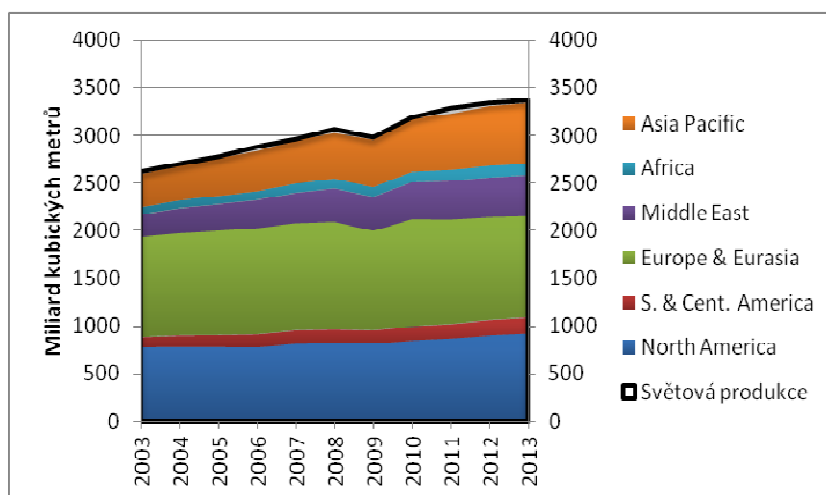
5.2.3 Poptávka po zemním plynu

V minulosti se zemní plyn používal výhradně ke svícení. Dnes se využívá především k ohřevu vody, vaření a vytápění, méně pak už k výrobě palivových článků nebo jako motorové palivo. (Zemníplyn.cz)

Poptávka po zemním plynu je právě kvůli způsobům jeho využití ovlivněna sezónností a také ekonomickým cyklem (Shively, 2011, s. 100). Stejně jako u nabídky, pro ni platí kontinentální rozdělení na Severní Ameriku, Evropu a Asii.

Světová spotřeba zemního plynu v posledních deseti letech výrazně narůstá (Obr. 17). Roste však stejným tempem jako produkce, tudíž nevzniká žádný nedostatek zemního plynu.

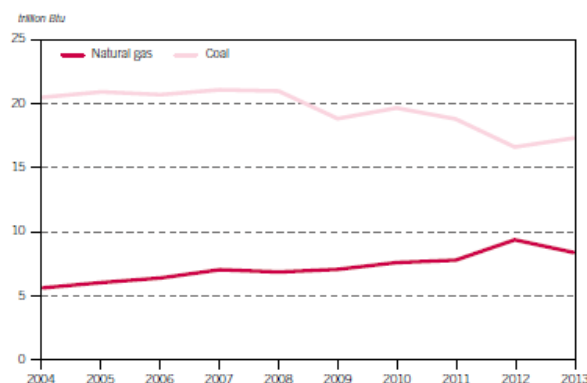
¹⁰ Více v WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia, s. 36.



Obr. 17 Světová spotřeba zemního plynu dle jednotlivých oblastí ve srovnání s produkcí
Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 23

Mění se však státy, odkud vychází největší poptávka po zemním plynu. Podle organizace OPEC v letech 1960 až 2013 dominovaly poptávce po zemním plynu OECD státy. Eurasie byla druhým největším spotřebitelem, avšak roku 1989 přišel vrchol její spotřeby a od roku 2004 byla překonána spotřebou rozvojových zemí.

Spojené státy americké jsou největším spotřebitelem zemního plynu na světě. Díky nalezištím nekonvenčního plynu a nízké ceně zemního plynu, nahrazují spotřebu uhlí, které má vyšší emise CO₂, právě zemním plynem (Obr. 18). V zemi dochází k přeměně tepelných elektráren spalujících uhlí na elektrárny plynové, které mohou elektřinu vyrábět z levnějšího a pro Spojené státy americké dobře dostupného zemního plynu. U. S. Energy Information Administration očekává, že v budoucnu se ve Spojených státech bude zemní plyn více využívat i v dopravě.

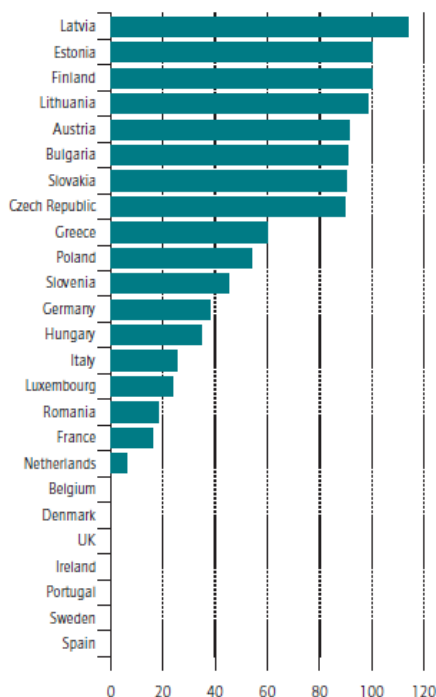


Obr. 18 Spotřeba zemního plynu a uhlí ve Spojených státech amerických v odvětví výroby elektřiny
Zdroj: OPEC, World Oil Outlook 2014, s. 82

Evropa nemá dostatečné zásoby zemního plynu a tak musí 65 % svojí spotřeby tohoto artiklu dovážet z Ruska, oblasti Kaspického moře a ve formě LNG z Kataru,

Nigérie a Alžírsko. Jednu pětinu svojí spotřeby zemního plynu pak dováží z Norska. Ta směřuje do Velké Británie, Belgie, Nizozemí, Francie a Německa. (Engerer, 2014, s. 3)

Hlavním dodavatelem je však Rusko, které uspokojuje celou čtvrtinu evropské poptávky. V roce 2012 se plynovodem z Ruska do Evropy dostalo 112 miliard kubických metrů zemního plynu. Většina evropských států dováží alespoň částečně plyn z Ruska, avšak některé státy jako například Česká republika, Bulharsko a Pobaltské republiky jsou na tomto plynu plně závislé (Obr. 19).



Obr. 19 Podíl dovozů z Ruska na spotřebě zemního plynu v roce 2012 (v procentech)
Zdroj: Engerer, 2014, s. 7

Krise na Ukrajině v Evropě po minulých zkušenostech¹¹ vyvolala zvýšení obav o dodávky plynu z Ruska, na což reaguje Evropská unie a snaží se zajistit bezpečnost těchto dodávek. Mezi opatření, která mají bezpečnost zajistit, patří například vybudování větších prostor pro uskladnění rezerv plynu v jednotlivých státech a stavba plynovodů mezi evropskými státy, aby mohl být zemní plyn v případě nedostatku veden do problémových oblastí. (Engerer, 2014, s. 5)

Navíc se Evropa snaží diverzifikovat svoje dodavatele a dostávat plyn i z jiných zemí. Za tímto účelem jsou v přímořských oblastech budovány LNG terminály. Používány jsou již terminály ve Velké Británii, Španělsku, Francii a Itálii. Jejich kapacita v roce 2013 byla 184 miliard kubických metrů, což představuje

¹¹ V roce 2009 se dodávky ruského plynu kvůli neshodám o jeho ceně mezi Ruskem a Ukrajinou zastavily.

40 % evropské poptávky. Využity však byly ve stejném roce jen z 12 %. Další terminály LNG se budují ve Švédsku a Polsku. (Engerer, 2014, s. 7)

V Asii je poptávka po zemním plynu ve srovnání se Spojenými státy americkými nebo Evropou mnohem nižší, avšak do budoucna se dá očekávat její prudký nárůst, jak se bude spotřeba dnes hojně užívaného uhlí nahrazovat zemním plynem.

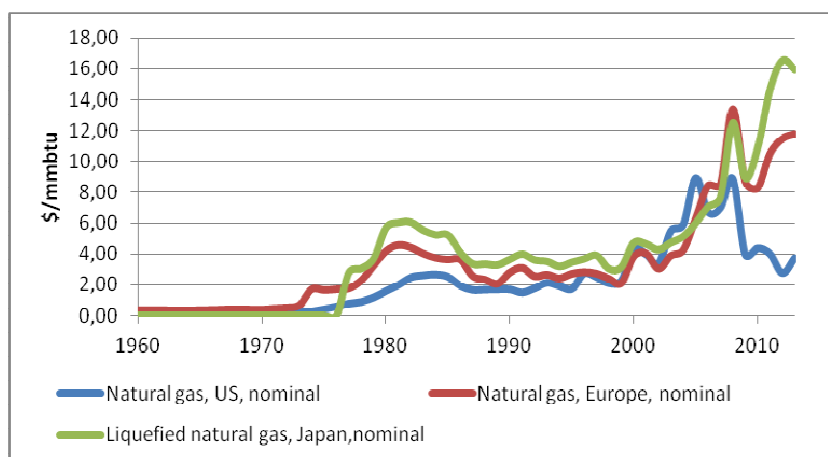
Přestože Čína v roce 2012 zvýšila svoji produkci na 107 miliard kubických metrů zemního plynu, její spotřeba překonala 146 miliard a bude i nadále rostoucí. Čína se tak postupně stává významným dovozcem zemního plynu. V roce 2012 bylo dovezeno skoro 30 % její spotřeby. Plyn se dopravuje pomocí plynovodů z Turkmenistanu a Kazachstánu a také formou LNG z Malajsie, Iráku a Austrálie. Již zmiňované další smlouvy o dovozu zemního plynu pak byly podepsány s Ruskem. Svoji produkci se Čína snaží zvýšit také syntetickým zemním plynem z uhlí, ten však nemá nižší emise CO₂ jako je tomu u klasického zemního plynu a jeho těžba a spotřeba se tak negativně promítá na životním prostředí. (Li, 2014, s. 185)

Poptávka po zemním plynu roste také v Japonsku a to hlavně od nehody v jaderné elektrárně Fukušima v roce 2011. Jaderná energie je tak plně nahrazována zemním plynem, což zvyšuje jeho ceny na asijském trhu. Dalšími plně závislými státy na dovozu zemního plynu jsou Jižní Korea a Taiwan. Zemní plyn se do těchto států dováží ve formě LNG z Austrálie, Blízkého východu a východní Afriky.

Podle International Energy Agency vzroste spotřeba zemního plynu do roku 2040 o polovinu, což bude nejrychlejší růst ze všech fosilních paliv. Poptávka vzroste především v Číně a na Blízkém východě, ale i v Evropě a Spojených státech amerických, jak bude vyvíjen tlak na snižování emisí. Také U. S. Energy Information Administration očekává nárůst spotřeby plynu do roku 2035 o 50 %. Zemní plyn by tak měl tvořit 25 % spotřebovaných energií. V budoucnu se také zvýší role LNG dovozů. V roce 2013 bylo tímto způsobem uspokojeno 10 % poptávky a do roku 2015 by měly tyto exporty růst o pět procent každý rok.

5.2.4 Vývoj ceny zemního plynu

Ceny zemního plynu jsou především v Evropě a Asii navázány na vývoj cen ropy. Ve Spojených státech amerických se pro ocenění zemního plynu používá benchmark Henry Hub, což je konvenční plyn těžený ve státě Louisiana. Avšak s rozvojem nekonvenčních zdrojů ztrácí na popularitě. Následující graf zobrazuje vývoj cen zemního plynu za posledních 55 let.



Obr. 20 Vývoj ceny zemního plynu od roku 1960 do současnosti
Zdroj: vlastní zpracování dle Světové obchodní banky

K prvnímu zvýšení cen zemního plynu dochází v roce 1973, kdy byl zaznamenán již zmíněný první ropný šok. Na tento šok reagují Spojené státy americké regulací cen zemního plynu. K uvolnění cen došlo až v roce 1992 a cena zemního plynu byla v daném období stabilní. Naopak na trzích v Evropě a Asii, kde regulace cen nebyly zavedeny, se plně projevil druhý ropný šok, který vystřelil ceny zemního plynu na dvojnásobek v Evropě a dokonce trojnásobek v Asii.

V 90. letech se ceny na jednotlivých trzích téměř vyrovnaly. Následovala však Asijská ekonomická krize, která zvýšila ceny v Asii a také prudký pokles technologických akcií v roce 2000, který zapříčinily ekonomickou krizi a mimo jiné i zvýšení cen zemního plynu ve světě. Následoval poměrně strmý nárůst cen, který byl zapříčiněn rostoucí poptávkou po zemním plynu a celosvětovým optimismem. Toto zvyšování cen však bylo ukončeno další ekonomickou krizí v roce 2008.

Ve stejném roce také Spojené státy začaly s těžbou nekonvenčního plynu, což snížilo ceny na tomto trhu na pouhé dva dolary za milion BTU. Naopak v Evropě a Asii ceny začaly po prvotním propadu opět růst. V Evropě byl za nárůst cen zodpovědný především zákaz těžby nekonvenčních zdrojů v některých státech. K mnohem výraznějšímu nárůstu však došlo na asijském trhu, kde v roce 2011 došlo k havárii japonské jaderné elektrárny Fukušima, což zvýšilo poptávku po zemním plynu a tím i jeho cenu.

V současnosti ceny na americkém trhu mírně vzrostly kvůli velmi chladné zímě na přelomu let 2013 a 2014 a v důsledku toho rostoucí poptávce. Na druhou stranu v Evropě bylo počasí mírnější, poptávka mírně poklesla a taktéž ceny zemního plynu. Podobný vývoj lze vidět i v Asii, kde ceny mírně klesají, je to však zapříčiněno přesycením trhu v důsledku rostoucí nabídkou LNG.

Tak jako ceny ropy i ceny zemního plynu jsou ovlivňovány politickými událostmi ve světě a ekonomickým cyklem, avšak lze tvrdit, že výraznější vliv než u ropy na ně má vztah nabídky a poptávky na jednotlivých trzích.

5.3 Uhlí

Uhlí je jedno z nejdůležitějších fosilních paliv. „Odborníci říkají, že jde o pevný kaustobiolit (řecky: kaustos = hořlavý, bios = život), tedy nerostné palivo v tuhém skupenství, které vzniklo z nahromaděných odumřelých rostlinných látek a zbytků nižších živočichů usazujících se v bažinách.“ Uhlí je dobře hořlavé a výhřevné, jeho nevýhodou jsou však vysoké emise CO₂, které vznikají jeho spalováním. (OKD.cz)

Podle složení, způsobu vzniku, stáří a energetické vydatnosti se rozlišuje několik základních druhů uhlí. Černé uhlí vznikalo v prvohorách a obsahuje 80 % až 90 % uhlíku, jeho výhřevnost je pak 18 až 30 MJ/kg. Hnědé uhlí je vývojově mladší, bývá uloženo nehluboko pod povrchem, a proto je jeho těžba levnější. Obsahuje méně uhlíku (60 % až 80 %) a je také méně výhřevné (15 až 20 MJ/kg). Speciálním typem hnědého uhlí je lignit, který obsahuje méně než 60 % uhlíku a je na něm dosud patrná struktura dřeva. Nejvýhřevnějším uhlím je antracit, který je tvořen z více než 90 % uhlíkem, avšak obtížně se zapaluje. (OKD.cz)

Uhlí se nejčastěji tak jako ropa a zemní plyn oceňuje v amerických dolarech. Jednotkou, ve které se těží a obchoduje, jsou tuny.

5.3.1 Těžba uhlí

Uhlí jako zdroj tepla náhodně a příležitostně využíval už pravěký člověk, jak dokládají nálezy z Ostravska. Známé bylo také ve starověké Číně a Řecku. První pokusy s těžbou a využitím uhlí se prováděly v Anglii během 17. století.

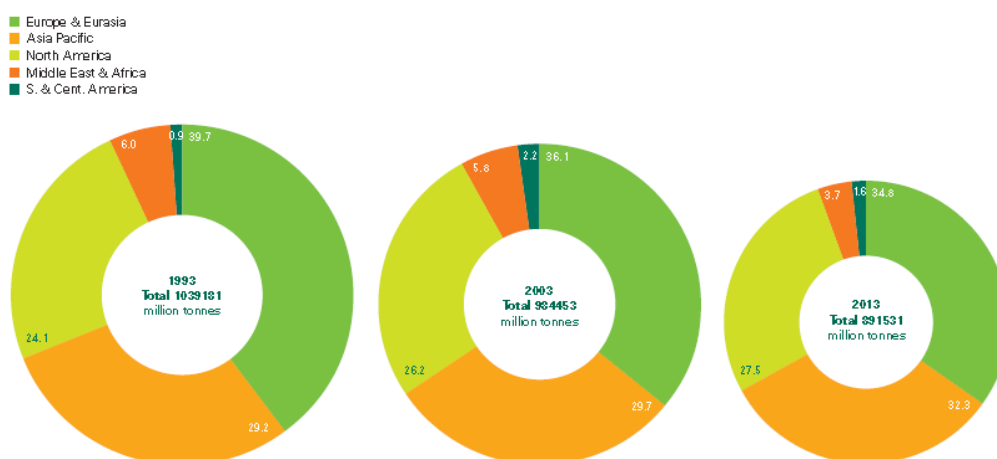
Skutečný význam uhlí se však ukázal až s průmyslovou revolucí, když byl na konci 18. století vynalezen parní stroj. Tento objev odstartoval nárůst spotřeby uhlí, především při nahrazování dřeva a také pro výrobu železa a oceli. Od okamžiku, kdy byla v 19. století vynalezena elektřina, se uhlí používá hlavně k její výrobě. (World Coal Institut: The Coal Resource, 2009, s. 19)

Při těžbě uhlí se rozlišují povrchové a hlubinné doly. Při povrchové těžbě se nejprve odtěží nadložní vrstvy a až poté dojde k samotné těžbě uhlí. Tímto způsobem lze vytěžit až 90 % celého ložiska. Takto se těží hlavně hnědé uhlí, které se nachází blíže povrchu. Černé uhlí se těží v hlubinných dolech, pro něž je typické vybudování vertikálních šachet, kterými dělníci sfárají dolů do dolu. Tam se pohybují pomocí elektronických vláček. Stejným způsobem se dostává uhlí na povrch. (World Coal Institut: The Coal Resource, 2009, s. 7)

5.3.2 Nabídka uhlí

Ložiska uhlí se nacházejí v téměř 80 zemích světa. Pro mnoho z těchto zemí, zejména pak státy Evropy, uhlí představuje jediný doma získatelný zdroj energie. (World Coal Association: Global availability of Coal, 2012, s. 3)

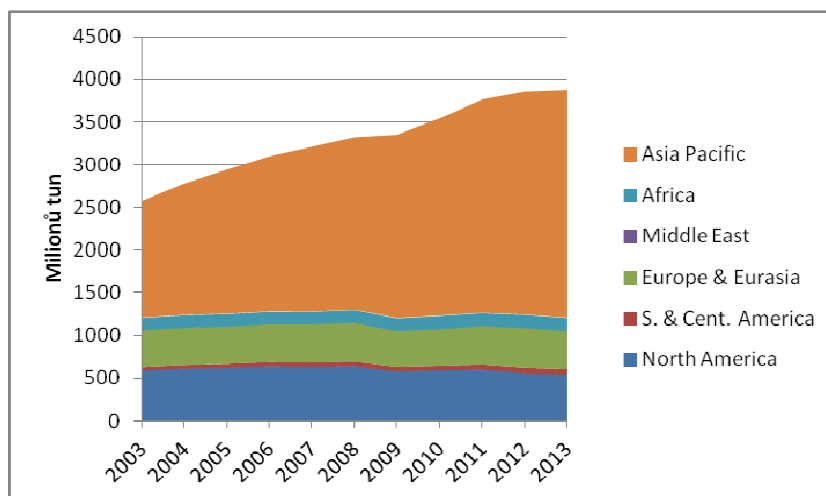
Podle posledních čísel zveřejněných British Petroleum byly světové zásoby uhlí v roce 2013 891 miliard tun. Při současné úrovni spotřeby by tak tyto zásoby vystačily na zhruba 200 let. Geograficky se největší zásoby uhlí nacházejí v Eurasii a pacifické Asii (Obr. 21). Největší zásoby uhlí pak mají Spojené státy americké, následuje Rusko, Čína a Indie.



Obr. 21 Procentní rozdělení rezerv uhlí ve světě v letech 1993, 2003 a 2013

Zdroj: British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 31

Produkce uhlí je v posledních deseti letech výrazně rostoucí (Obr. 22). Za jejím nárůstem stojí hlavně zvyšující se životní úroveň v zemích pacifické Asie, která se sebou přináší větší nároky na využití elektrické energie. Největším producentem uhlí je Čína, jejíž těžba několika násobně převyšuje těžbu ostatních států. Dalšími významnými producenty uhlí jsou Spojené státy americké, Austrálie, Indonésie, Rusko a Jihoafrická republika.



Obr. 22 Produkce uhlí ve světě dle jednotlivých oblastí

Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 32

Podle Froggatiho (2013, s. 300) je trh s uhlím geograficky rozdělen na dvě oblasti – atlantickou a pacifickou. Do atlantické oblasti je uhlí dováženo především ze Spojených států, Ruska, Jihoafrické republiky a Kolumbie. Na druhou stranu pacifická oblast je zásobována uhlím z Austrálie, Indonésie, Číny, Vietnamu a částečně pak taktéž z Ruska a Jihoafrické republiky.

Jak již bylo zmíněno, největším producentem uhlí je Čína, avšak veškerá tato produkce je spotřebována na domácím trhu, díky vysoké poptávce. Druhým největším producentem uhlí jsou Spojené státy americké.

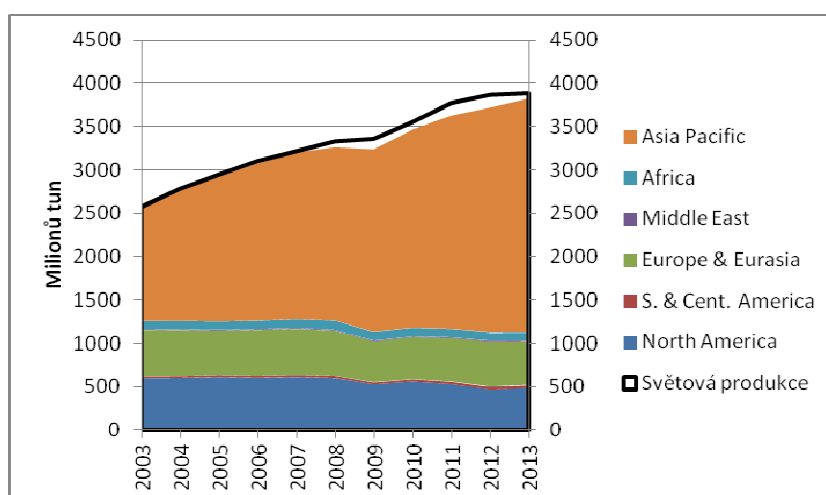
Od roku 2007 však produkce uhlí ve Spojených státech amerických mírně klesá. Podle Energy Information Administration klesla produkce uhlí v roce 2012 oproti roku 2011 o 7 %. Za těmito poklesy stojí levný zemní plyn, který postupně nahrazuje uhlí ve spotřebě. Podle organizace OPEC se spotřeba uhlí od roku 2007 snížila o 18 % a naopak spotřeba zemního plynu vzrostla o 20 %. Na počátku roku 2013 se však tento trend, díky poklesu ceny uhlí a naopak zvýšení ceny zemního plynu, zpomalil. Energy Information Administration tak od roku 2019 očekává další nárůst produkce, a to z důvodu rostoucí poptávky po elektřině. Právě substituce uhlí a zemního plynu ve spotřebě Spojených států amerických, dovoluje více této suroviny vyvážet. Podle organizace OPEC se exporty uhlí od roku 2009 zdvojnásobily a směřují především na evropský trh.

V budoucnu se dá díky rostoucí poptávce po elektrické energii v rozvojových zemích očekávat další nárůst produkce uhlí. Toto zvýšení však bude závislé i na investicích do nových a efektivnějších technologií, které sníží tvorbu emisí při spalování uhlí. Každý stroj, který bude alespoň o 1 % efektivnější, bude redukovat emise o 2 % až 3 %. Do roku 2050 by se tak emise měly snížit podle prognózy International Energy Agency o 7 %. (World Coal Association: Coal and Electricity Generation, 2012, s. 2)

5.3.3 Poptávka po uhlí

Uhlí představuje v posledním desetiletí nejvíce užívaný zdroj energie. Používá se především v energetice, metalurgii pro výrobu železa a oceli a také v chemickém průmyslu. 41 % veškeré vyrobené elektrické energie na světě je z uhlí. Na výrobu oceli je spotřebováno 68 % vytěženého uhlí. Očekává se, že světová poptávka po oceli se do roku 2035 zvýší o 60 % v důsledku urbanizace Asie. (World Coal Association: Coal in the Global Energy Supply, 2012, s. 2)

Celosvětová spotřeba uhlí je v posledních deseti letech nejrychleji rostoucí ze všech fosilních paliv, produkce roste však ve stejném období nepatrně rychleji (Obr. 23). Podle British Petroleum spotřeba uhlí vzrostla v roce 2013 o 3 % a v současnosti tvoří 30 % veškeré poptávky po energiích. Za tímto nárůstem stojí především již zmiňovaná rostoucí životní úroveň v asijských státech a s ní spojený růst poptávky po uhlí v této oblasti.



Obr. 23 Světová spotřeba uhlí dle jednotlivých oblastí ve srovnání s produkcí

Zdroj: vlastní zpracování dle British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2014, s. 33

Největším spotřebitelem uhlí na světě je Čína. Její spotřeba podle organizace OPEC narostla mezi lety 2002 a 2012 dva a půlkrát, zatímco produkce pouze 2,3krát. Od roku 2009 je tak Čína nucena i před vysokou produkcí uhlí dovážet. Podle Wanga (2013, s. 453) tvoří uhlí v současnosti 76 % veškeré produkce elektrické energie v zemi, avšak dá se očekávat, že musí přijít vrchol těžby. Ten autor očekává někdy mezi lety 2025 až 2030, otázkou však zůstává, jak Čína nahradí tento ubývající zdroj energie.

Druhým největším spotřebitelem uhlí jsou Spojené státy americké, v posledních letech však jejich spotřeba díky levnému zemnímu plynu pomalu klesá (Obr. 18). Třetím největším spotřebitelem uhlí je Indie. Podle Froggatiho (2013, s. 286) vyrábí elektrickou energii z 60 % z uhlí a do roku 2035 spolu s Čínou zdvojnásobí světovou poptávku po uhlí. Dalším státem, který v posledních letech zvyšuje poptávku po uhlí, je Japonsko. Může za to nehoda v jaderné elektrárně Fukushima, která zapříčinila konec jaderné energie v této zemi a její nahrazení jinými zdroji (zemním plynem a uhlím).

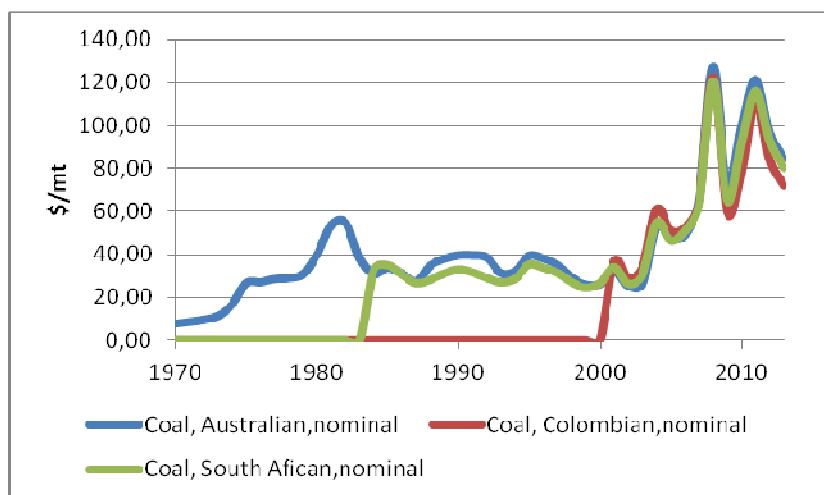
V Evropě by díky požadavkům na snižování emisí CO₂ měla spotřeba uhlí klesat. Avšak v posledních třech letech spotřeba opět mírně narůstá díky rostoucí ceně zemního plynu, které uhlí nejčastěji nahrazuje a rozhodnutí Německa z léta 2011 skočit s výrobou elektrické energie štěpením jádra. V současnosti je z uhlí vyráběno jen 28 % elektrické energie a ze 40 % pak Evropa závisí na dovozu uhlí. Do budoucna se však dá očekávat pokles spotřeby, jak se evropské státy budou snažit nahrazovat uhlí zemním plynem a obnovitelnými zdroji. (Froggati, 2013, s. 290)

Odhaduje se, že 1,3 miliardy lidí dnes stále nemá přístup k elektrické energii a 2,2 miliardy lidí využívají jen tradiční paliva jako sušený trus a dřevo. International Energy Agency předpokládá, že více než polovina těchto lidí uspokojí své požadavky po elektrické energii právě uhlím. Poptávka po uhlí do roku 2035 vzroste o 17 % a to především v Asii. Indie se do roku 2020 stane druhým největším spo-

třebitelem uhlí hned po Číně. (World Coal Association: Divestment and Future Role of Coal, 2012, s. 2 - 5)

5.3.4 Vývoj ceny uhlí

Již na první pohled je zřejmé, že vývoj ceny uhlí tolik nekoresponduje s ekonomickým cyklem a politickými událostmi ve světě, jako je tomu u ropy a zemního plynu (Obr. 24).



Obr. 24 Vývoj ceny uhlí v letech 1970 do současnosti
Zdroj: vlastní zpracování dle Světové obchodní banky

K prvnímu nárůstu ceny uhlí došlo s ropnými šoky v 70. letech, avšak nebyl tak vysoký, jako tomu bylo u cen ropy a zemního plynu. K výraznému nárůstu došlo až po roce 1980. Vrcholu cena uhlí dosáhla v roce 1982, kdy se vyšplhala na téměř 55 dolarů za tunu. Poté se cena uhlí na téměř 15 let ustálila v rozmezí 35 až 40 dolarů za tunu. Roku 2004 cena ropy v důsledku rostoucí poptávky v Asii vystřelila na 53 dolarů za tunu a následoval další prudký růst, který se zastavil až v roce 2008, kdy vypukla světová ekonomická krize.

Poté ceny poklesly, ale brzy se opět vrátily na úroveň více než 110 dolarů za tunu. Od roku 2010 se začaly projevovat důsledky těžby břidlicových plynů ve Spojených státech amerických, které výrazně snížily cenu zemního plynu. Spojené státy americké tak začaly spotřebovávat více zemního plynu, což jim dovolilo vyvážet více uhlí a zvýšilo světovou nabídku uhlí. Od roku 2011 až do současnosti ceny klesají, což je důsledkem především výkyvů počasí v posledních letech (chladná léta a teplejší zimy), které omezily těžbu uhlí.

Jak plyne z předcházejících odstavců, cena uhlí se odvíjí především od vztahu nabídky a poptávky na trhu a nepodléhá tolik vlivu politických událostí jako je tomu hlavně u ropy.

5.4 Dílčí závěr

Z analýzy trhů jednotlivých energetických komodit vyplynulo, že všechny tyto komodity mají na trhu s energiemi významnou a v současnosti nezastupitelnou roli, jelikož zatím neexistují substituty, které by je mohly nahradit v plné míře.

Nabídka ropy se dříve vyznačovala klesající tendencí. Jednotlivá ložiska byla postupně vytěžena, avšak zlom přinesla těžba nekonvečních zdrojů ropy, která podstatně zvýšila zásoby tohoto klíčového artiklu. Podobný vývoj platí i pro zemní plyn. Díky nekonvečním zdrojům se mnohonásobně zvýšily zásoby, které tak vydrží mnohem déle než rezervy ropy. Předpokládá se, že díky nízkým emisím se zemní plyn stane palivem budoucnosti. Přestože by mnozí očekávali, že uhlí má svá nejlepší léta za sebou, není tomu tak. Je to nejvíce využívané palivo v rozvojových zemích a také pro mnoho zemí nejlépe dostupné. Díky novým technologiím, které sníží emise, které vznikají spalováním uhlí a vysokým zásobám uhlí ve světě, se dá očekávat, že i nadále bude hrát na trhu velmi významnou roli.

V současnosti se ropa využívá především k výrobě pohonu pro motorová vozidla, zemní plyn slouží hlavně k vytápění a uhlí k výrobě elektrické energie. Poptávková strana trhů bude v příštích desetiletích závislá především na vývoji v pacifické Asii, konkrétně pak Číně a Indii, kde roste spolu s životní úrovní obyvatel také poptávka po energiích.

Analýza vývoje ceny jednotlivých komodit ukázala, že ceny ropy a zemního plynu jsou více náchylné na ekonomický cyklus a politické události, zatímco ceny uhlí se více odvíjí od stavu nabídky a poptávky na trhu.

6 Korelační analýza cen energetických komodit

Cílem této kapitoly je na základě zpracované korelační analýzy a zjištěných relativních měr závislostí mezi jednotlivými energetickými komoditami, akciovým indexem S&P 500 a vývojem HDP ve vybraných významných politických a ekonomických oblastech identifikovat shodné či odlišné znaky ve vývoji cen energetických komodit. Tyto výsledky budou taktéž využity v následujících kapitolách této diplomové práce a budou sloužit jako jeden z podkladů pro závěrečnou formulaci investičního doporučení.

Pro výpočty korelací byly použity měsíční ceny energetických komodit v letech 1994 až 2013 získané z volně přístupné databáze Světové banky. Akciový trh bude reprezentován akciovým indexem S&P 500, který měří vývoj 500 amerických akciových titulů. Tato data budou mít taktéž měsíční formát a byla získána z webových stránek Yahoo Finance. Dále budou roční ceny energetických komodit korelovány s daty vývoje růstu HDP získanými z databáze Světové banky. Pro větší podrobnost nebude HDP reprezentováno agregovaným ukazatelem celosvětového růstu HDP, ale vývojem HDP v ekonomicky či politicky významných světových oblastech.

6.1 Korelační analýza cen jednotlivých energetických komodit

Jak již bylo zmíněno v předcházející kapitole, ceny energetických komodit se nevyvíjí pouze na základě vztahu nabídky a poptávky pro konkrétní komoditu, ale nezanedbatelný vliv na ně mají také ekonomické a politické události, což se může projevit v podobném vývoji cen.

Následující tabulka zobrazuje korelační matici zkoumající výše zmíněné vztahy. Všechny párové korelační koeficienty jsou statisticky významné, jelikož jsou větší než kritická hodnota 0,1267.

Všechny párové korelační koeficienty nabývají kladných hodnot, což značí přímou lineární závislost mezi jednotlivými energetickými komoditami. Nejsilnější závislost lze spatřovat mezi ropou Brent a WTI, jejichž párový korelační koeficient je roven téměř jedné. Tato závislost však není ničím překvapivým, jelikož jde pouze o jiné benchmarky ropy a ty jsou ovlivňovány téměř stejnými faktory.

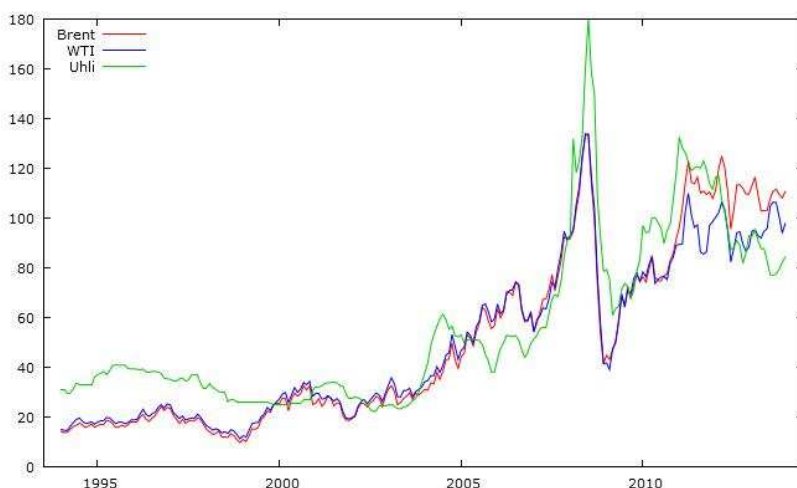
Tab. 3 Vzájemné korelace cen energetických komodit

Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí	
1,0000	0,9893	0,3874	0,9003	Brent
	1,0000	0,4689	0,9018	WTI
		1,0000	0,3218	Zemní plyn
			1,0000	Uhlí

Pozn: 5% kritická hodnota (oboustranná) = 0,1267 pro n = 240

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

O to překvapivější je silná přímá lineární závislost mezi cenami ropy a uhlí, která dosahuje hodnoty 0,9, přičemž hodnota jedna představuje maximum. Cena uhlí tak musí být ovlivňována stejnými činiteli jako cena ropy a vyvíjet se obdobně avšak ne identicky, což dokládá následující graf.



Obr. 25 Vývoj cen ropy a uhlí v letech 1994 až 2013

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Závislost mezi ropou a zemním plynem je dle párových korelačních koeficientů nabývajících hodnot od 0,3 do 0,5 mnohem slabší, než je tomu u uhlí. Silnější je vzájemná korelace mezi cenami zemního plynu a ropou WTI. Za ceny zemního plynu jsou totiž brány ceny amerického trhu, které jsou ovlivňovány podobnými faktory jako benchmark WTI, který je stanoven pro tentýž trh.

Nejnižší párový korelační koeficient má vzájemná korelace uhlí a zemního plynu. Zemní plyn a uhlí po zavedení těžby nekonvenčních zdrojů zemního plynu fungují zejména na americkém trhu jako substituty. Kdy s klesající cenou zemního plynu je spotřebováno více tohoto artiklu právě na úkor uhlí.

V důsledku možné zdánlivé korelace byly původní časové řady upraveny na logaritmické diference, čímž se odstranila trendová složka časových řad a bylo do-

saženo stacionarity časových řad. Korelační matice logaritmických diferencí cen energetických komodit je zobrazena v následující tabulce.

Tab. 4 Vzájemné korelace logaritmických diferencí cen energetických komodit

Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí	
1,0000	0,9392	0,1394	0,3310	Brent
	1,0000	0,1853	0,3242	WTI
		1,0000	0,1689	Zemní plyn
			1,0000	Uhlí

Pozn: 5% kritická hodnota (oboustranná) = 0,1267 pro n = 240

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Odstraněním zdánlivé korelace se jednotlivé párové korelační koeficienty výrazně snížily, přesto však zůstává zachována pozitivní korelace mezi všemi energetickými komoditami. Nejvyšší hodnoty opět nabývá párový korelační koeficient mezi cenou uhlí a cenami ropy, avšak je podstatně nižší než tomu bylo v předchozí korelační matici. Naopak nejnižší je opět vzájemná korelace mezi uhlím a zemním plynem, která se výrazně přiblížila hodnotě nula, jež představuje lineární nezávislost.

6.2 Korelační analýza energetických komodit a HDP

Energetické komodity jsou často označovány jako cyklické investice, jejichž cena roste v časech konjunktury a naopak klesá, když dojde k ekonomické recesi. Následující tabulka zachycuje korelační matici pro logaritmické difference energetických komodit a vývoje hospodářství.

Tab. 5 Vzájemná korelace logaritmických diferencí cen energetických komodit a HDP vybraných oblastí v letech 1994 až 2013

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
OECD	0,0086	0,0072	0,0618	-0,4656
Severní Amerika	0,1178	0,1888	0,1394	-0,3217
USA	0,1132	0,1845	0,1401	-0,3290
Latinská Amerika a Karibik	0,3592	0,4334	0,6300	0,1177
Evropa a centrální Asie	0,0439	0,0962	0,3632	0,0291
Evropská unie	-0,0511	-0,0689	-0,1069	-0,3130
Východní Asie a Pacifik	0,4859	0,5328	0,3740	0,2906
Čína	0,2072	0,2058	0,2250	-0,1625

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Většina párových korelačních koeficientů potvrzuje tvrzení, že energetické komodity jsou cyklické, záleží však na zvolené oblasti, jak silná je míra korelace. Silnější pozitivní závislost můžeme spatřovat mezi cenami energetických komodit a oblastmi jako je latinská Amerika a Východní Asie. Naopak v případě nejvyspělejších trhů jako je Severní Amerika, Evropa a centrální Asie, je sice závislost také pozitivní, avšak výrazně méně. V rozporu s tímto tvrzením jsou párové korelační koeficienty mezi cenami energetických komodit a vývojem HDP v Evropské unii. Tyto koeficienty ukazují spíše opačnou závislost.

Výjimkou mezi energetickými komoditami je uhlí, které má záporné párové korelační koeficienty téměř s každou sledovanou oblastí a představuje tak necyklické aktivum, jehož ceny se vyvíjejí opačně než ekonomický cyklus. To může být způsobeno použitými daty, pro výpočet byly použity ceny uhlí na australském trhu. Nejsilnější pozitivní korelaci můžeme spatřovat mezi cenami uhlí a ekonomickým cyklem ve východní Asii a Pacifiku, které mají k Austrálii nejbližší. Tyto ceny uhlí jsou tak pravděpodobně ovlivněny australským hospodářským cyklem.

6.3 Korelační analýza cen energetických komodit a akciového trhu

Aby mohlo být posouzeno, zdali energetické komodity mohou diverzifikovat portfolio složené výhradně z akcií, je nutné zjistit, zdali reagují na změny na trzích ceny energetických komodit a akcií stejně či opačně. Pro výpočet vzájemných závislostí mezi cenami energetických komodit a akciového trhu byla korelační matice rozšířena o další proměnnou – akciový index S&P 500. Následující tabulka zobrazuje hodnoty párových korelačních koeficientů logaritmických diferencí cen energetických komodit a akciového indexu S&P 500.

Tab. 6 Vzájemné korelace logaritmických diferencí cen energetických komodit a S&P 500

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
S&P 500	0,0498	0,0932	0,0374	0,0894

Pozn: 5% kritická hodnota (oboustranná) = 0,1267 pro $n = 240$

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Z výsledných párových korelačních koeficientů je patrné, že ve sledovaném období je mezi cenami energetických komodit a vývojem akciového trhu naprosto minimální závislost, respektive lineární nezávislost, protože koeficienty jsou téměř rovny nule. Vývoj cen energetických komodit tak není ovlivňován stejnými faktory jako ceny akcií. Ceny se sice vyvíjí stejným směrem, ale na sobě nezávisle. Energetické komodity tak mají slabou schopnost diverzifikovat portfolio složené výhradně z akcií.

Pro podrobnější zkoumání vzájemných závislostí cen energetických komodit a akciového indexu zobrazují následující dvě tabulky korelační matice logaritmic-

kých diferencí vývoje cen energetických komodit a akciového indexu před finanční krizí v roce 2008 a po ní.

Tab. 7 Vzájemné korelace logaritmických diferencí energetických komodit a S&P 500 v období předcházející finanční krizi (do září 2008)

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
S&P 500	-0,1825	-0,2126	-0,0785	-0,3392

Pozn: 5% kritická hodnota (oboustranná) = 0,2461 pro n = 64

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Ve sledovaném období lze pozorovat výraznou změnu párových korelačních koeficientů. Všechny párové korelační koeficienty jsou záporné a mezi sledovanými časovými řadami je nepřímá lineární závislost. V období před finanční krizí tak všechny zkoumané energetické komodity plnily funkci diverzifikace, pokud byly zařazeny do akciového portfolia.

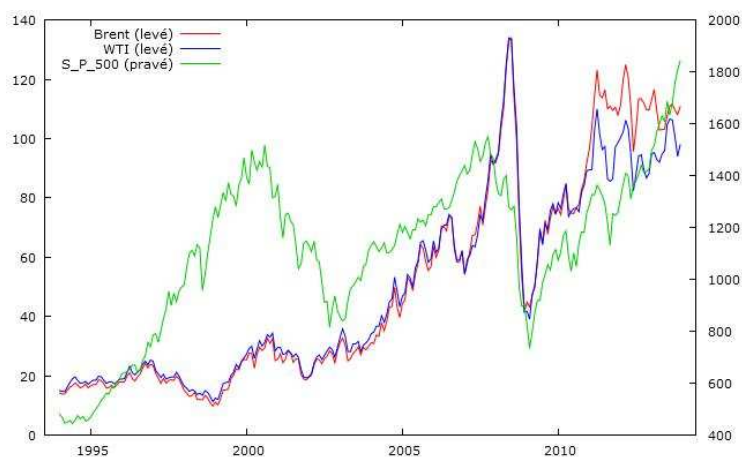
Tab. 8 Vzájemné korelace energetických komodit a S&P 500 v období po finanční krizi (po září 2008)

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
S&P 500	0,4544	0,4722	-0,0907	0,3234

Pozn: 5% kritická hodnota (oboustranná) = 0,2461 pro n = 64

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

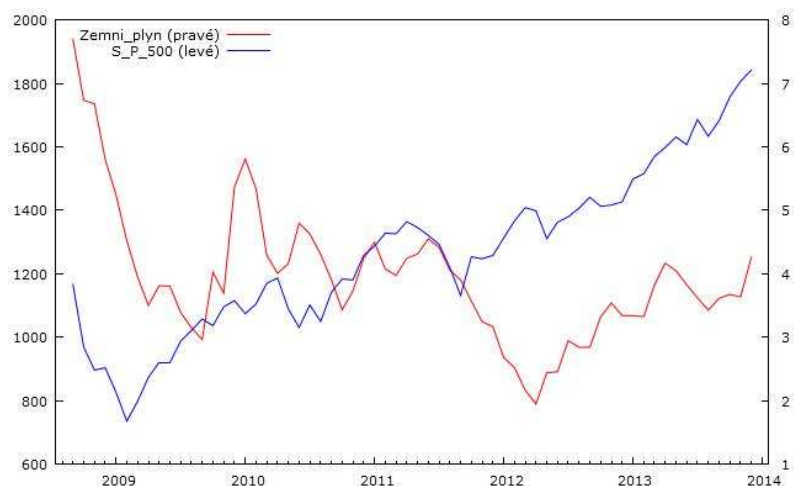
Naopak v období po finanční krizi došlo k výraznému nárůstu párového korelačního koeficientu mezi ropu a akciovým indexem. Ceny ropy stejně tak jako akciový index zaznamenaly na přelomu let 2008 a 2009 výrazný pokles ceny a opětovný prudký nárůst v roce 2010. Od roku 2010 se pak vyvíjí velmi podobně (Obr. 26), lze tedy tvrdit, že na ně působí stejné faktory.



Obr. 26 Vývoj cen ropy a akciového indexu S&P 500 v letech 1994 až 2013

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

K opačnému vývoji došlo u cen zemního plynu, jehož párový korelační koeficient zůstal v záporných hodnotách a mezi cenami zemního plynu a akciového indexu přetrvávala nepřímá závislost (Obr. 27).



Obr. 27 Vývoj cen ropy a akciového indexu S&P 500 od září 2008 do konce roku 2013
Zdroj: vlastní zpracování dle dat Světové banky

Ceny zemního plynu na přelomu let 2008 a 2009 v důsledku finanční krize prudce poklesly, avšak na rozdíl od akciového indexu, který se brzy začal vracet na svoji původní úroveň, došlo u cen zemního plynu k dalšímu poklesu cen. Ten byl způsoben začátkem těžby nekonvenčních zdrojů zemního plynu ve Spojených státech amerických a zvýšením světové nabídky zemního plynu. Zemní plyn se tak ve sledovaném období stal energetickou komoditou, které jako jediná měla schopnost diverzifikovat plně akciové portfolio.

6.4 Dílčí závěr

Korelační analýza potvrdila, že ceny jednotlivých energetických komodit jsou ovlivňovány podobnými ekonomickými a politickými faktory. Mezi všemi cenami energetických komodit existuje pozitivní vzájemná korelace, díky níž by bylo nevhodné sestavit celé investiční portfolio pouze z energetických komodit, protože tyto komodity mají malý vliv na diverzifikaci portfolia.

Dále zpracovaná korelační analýza prokázala, že ropa a zemní plyn jsou cyklické investice, jejichž ceny se pohybují stejně jako ekonomický cyklus ve většině politicky a ekonomicky významných oblastech. K výrazně odlišným výsledkům však analýza dospěla při korelaci HDP Evropské unie a cen ropy a zemního plynu. V případě ekonomického cyklu Evropské unie jsou všechny energetické komodity necyklickými investicemi. Jedinou komoditou, která se vyvíjí zcela opačně vůči ekonomickým cyklům ve většině vybraných oblastí, je uhlí, tento vývoj však mohl být ovlivněn zvolenými cenami uhlí.

Na základě vzájemné korelace cen energetických komodit a akciového trhu, reprezentovaného akciovým indexem S&P 500, bylo prokázáno, že mezi cenami těchto aktiv neexistuje lineární závislost, avšak tyto výsledky se výrazně změnily při rozdělení časové řady na období před finanční krizí a po ní. V období před finanční krizí (do září 2008) existuje mezi všemi energetickými komoditami a akciovým indexem negativní korelace a investicí do energetických komodit tak může být diverzifikováno akciové portfolio. Tento vztah se však v období po krizi mění. Jediným aktivem, které si zachovává nepřímou lineární závislost vůči akciovému indexu, je zemní plyn. Přesná míra změny celkového podstupovaného rizika při zahrnutí zemního plynu do akciového portfolia bude zkoumána v dalších kapitolách této diplomové práce.

7 Predikce cen energetických komodit

Cílem této kapitoly je na základě zpracování ekonometrických modelů jednotlivých časových řad cen energetických komodit vytvořit predikce budoucího vývoje těchto cen. Tyto výsledky budou sloužit jako jeden z podkladů pro závěrečnou formulaci investičního doporučení.

Pro tvorbu ekonometrického modelu časových řad byly použity měsíční ceny energetických komodit v letech 1994 až 2013 získané z databáze Světové banky. Výsledné predikce budou vyčísleny pro období prvních šesti měsíců roku 2014 a následně budou srovnány se skutečným vývojem v těchto měsících.

7.1 Predikce cen ropy Brent

Při tvorbě ekonometrického modelu s využitím Box-Jenkinsovy metodologie je základním požadavkem stacionarita časové řady. Ta byla otestována pomocí Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (Tab. 9), kdy ve všech třech zkoumaných případech byla p-hodnota vyšší než zvolená hladina významnosti 5 %. Nulová hypotéza o nestacionaritě nebyla zamítnuta a časovou řadu cen ropy Brent můžeme označit za nestacionární.

Tab. 9 Výsledky Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (Brent)

Typ testu	p-hodnota
test bez konstanty	0,9282
test s konstantou	0,9269
s konstantou a trendem	0,2486

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Protože zkoumaná časová řada vykazuje nestacionaritu, k jejímu dalšímu zpracování bude využit integrovaný proces SARIMA (p, d, q) (P, D, Q), který ceny ropy sezónně diferencuje a tím dosáhne jejich stacionarity. Nejvhodnější model byl zvolen dle nejnižších informačních kritérií (Tab. 10).

Podmínku nejnižších informačních kritérií splnil model, který zahrnoval oba základní procesy AR (p) a MA (q) a také sezónní proces SAR (P). Pro proces AR bylo zvoleno zpoždění 2, pro proces MA 1 a pro proces SAR 2.

Tab. 10 Informační kritéria zvolených modelů (Brent)

	AIC	SBC	HQC
SARIMA (0, 0, 0) (0, 1, 0)	1986,729	1990,728	1988,112
SARIMA (2, 0, 0) (0, 1, 0)	1467,782	1481,449	1473,317
SARIMA (2, 0, 1) (0, 1, 0)	1459,812	1476,959	1466,730
SARIMA (2, 0, 1) (1, 1, 0)	1428,657	1449,233	1436,959
SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)	1398,627	1422,633	1408,313

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Aby mohl být model označen za vhodný, musí splnit požadavky na statistickou významnost parametrů modelu a rezidua by neměla vykazovat autokorelaci. Jak je vidět na následujícím obrázku, všechny p-hodnoty parametrů modelu jsou menší než zvolená hladina významnosti 5 % a parametry jsou tak statisticky významné.

```

Model 3: ARIMA, za použití pozorování 1995:01-2013:12 (T = 228)
Odhad proveden pomocí Kalmanova filtru (přesné ML)
Závisle proměnná: (1-Ls) Brent
Směrodatné chyby založené na Hessiánu
-----
             koeficient   směr. chyba      z      p-hodnota
-----
const          5,21445      1,71748      3,036   0,0024   ***
phi_1           1,58329      0,121450     13,04   7,58e-039 ***
phi_2          -0,651964      0,113774     -5,730   1,00e-08   ***
Phi_1          -0,528357      0,0644066    -8,203   2,34e-016 ***
Phi_2          -0,375383      0,0624854    -6,008   1,88e-09   ***
theta_1        -0,328957      0,155825     -2,111   0,0348   **

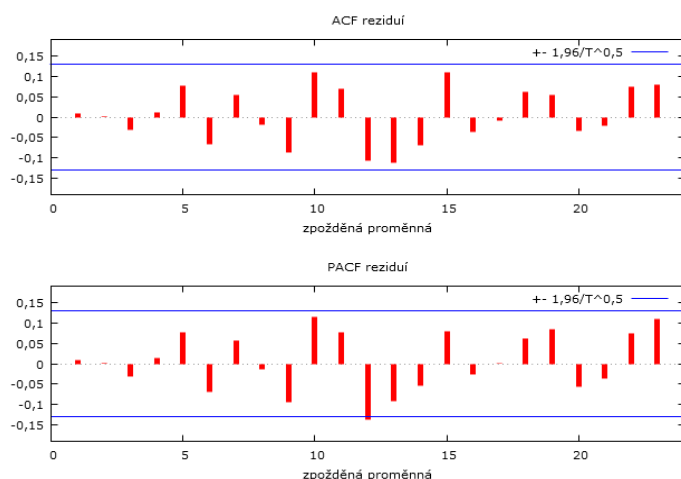
Střední hodnota závisle proměnné   4,896125
Sm. odchylka závisle proměnné      18,83533
Střední hodnota inovací             -0,027410
Sm. odchylka inovací                4,950641
Logaritmus věrohodnosti             -692,3136
Akaikovo kritérium                  1398,627
Schwarzovo kritérium                 1422,633
Hannan-Quinnovo kritérium           1408,313
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

```

Obr. 28 Model SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)

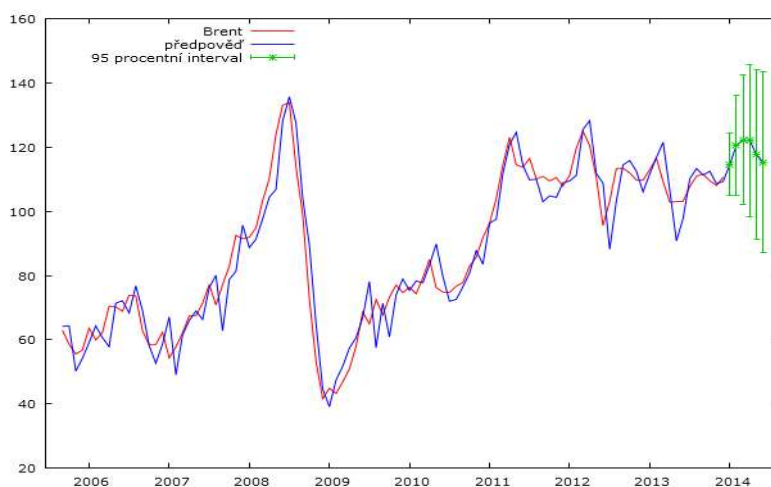
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Druhým požadavkem pro diagnostiku modelu je sériová nezávislost reziduí, což znamená, že rezidua jsou bez autokorelací. V grafickém průběhu funkcí ACF a PACF (Obr. 29) zvoleného modelu časové řady, lze vidět, že zpoždění číslo 12 je statisticky významné a mělo by být odstraněno. Jde však o strukturální zlom v ceně ropy Brent, který nebyl způsoben normálními okolnostmi a dalšímu využití modelu nebrání. To potvrzuje i Ljung-Boxův test sériové nezávislosti reziduí. Pomocí programu Gretl byla vypočtena p-hodnota 0,0927, která je vyšší než zvolená hladina významnosti 5 % a nulová hypotéza o sériové nezávislosti reziduí nebyla zamítnuta. Rezidua cen ropy Brent nevykazují autokorelaci.



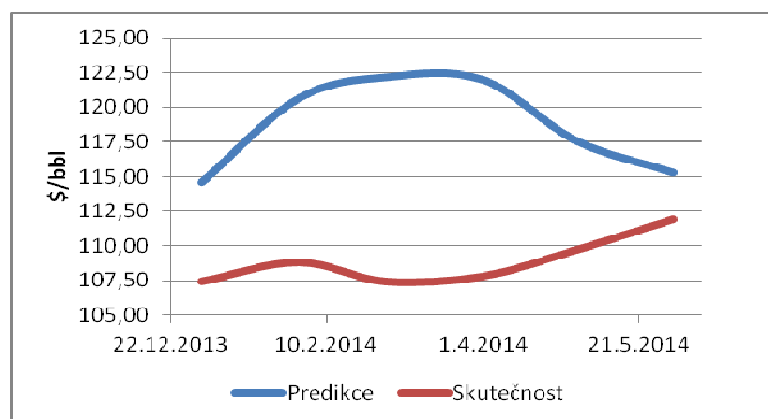
Obr. 29 Průběh funkcí ACF a PACF pro proces SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)
 Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Zvolený model SARIMA lze považovat za vhodný a je možné ho využít pro predikci cen ropy Brent v období prvních šesti měsíců roku 2014. Výslednou predikci zobrazuje následující graf. Z obrázku je vidět, že ceny ropy Brent by měly dle predikce ve zvoleném období nejprve růst ze 114 dolarů za barel na 122 dolaru za barel a poté od dubna klesat až na 115 dolarů za barel na koci sledovaného období.



Obr. 30 Predikce cen ropy Brent
 Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Skutečný vývoj cen ropy Brent v prvních šesti měsících byl odlišný, jak dokládá následující graf. Avšak ceny se držely v predikovaném oscilačním pásmu, které mělo v nejširším bodě rozpětí 87 dolaru za barel až 143 dolaru za barel.



Obr. 31 Srovnání skutečného vývoje cen ropy Brent a predikcí v první polovině roku 2014
Zdroj: vlastní zpracování

Cena ropy Brent nejprve oscilovala kolem hodnoty 107 dolaru za barel a poté začala v dubnu 2014 mírně růst. Na konci června 2014 stál barel ropy Brent 115 dolaru.

7.2 Predikce cen ropy WTI

Také při tvorbě ekonometrického modelu cen ropy WTI byla nejprve zkoumána stacionarita časové řady. Ta byla otestována pomocí Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (Tab. 11), kdy ve dvou zkoumaných případech byla p-hodnota vyšší než zvolená hladina významnosti 5 %. Nulová hypotéza o nestacionaritě přesto nebyla zamítnuta a časovou řadu cen ropy WTI můžeme označit za nestacionární.

Tab. 11 Výsledky Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (WTI)

Typ testu	p-hodnota
test bez konstanty	0,8093
test s konstantou	0,7942
s konstantou a trendem	0,0013

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Protože zkoumaná časová řada vykazuje nestacionaritu, k jejímu dalšímu zpracování bude využit integrovaný proces SARIMA (p, d, q) (P, D, Q), který ceny ropy sezónně diferencuje a tím dosáhne jejich stacionarity. Nejvhodnější model byl zvolen dle nejnižších informačních kritérií (Tab. 12).

Tab. 12 Informační kritéria zvolených modelů (WTI)

	AIC	SBC	HQC
SARIMA (0, 0, 0) (0, 1, 0)	1982,003	1985,432	1983,387
SARIMA (2, 0, 0) (0, 1, 0)	1456,139	1469,856	1461,674
SARIMA (2, 0, 1) (0, 1, 0)	1444,674	1461,821	1451,592
SARIMA (2, 0, 1) (1, 1, 0)	1414,664	1435,240	1422,966
SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0)	1385,106	1409,111	1394,791

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Podmínku nejnižších informačních kritérií splnil stejný model jako v případě ropy Brent. Model zahrnuje oba základní procesy AR (p) a MA (q) a také sezónní proces SAR (P). Pro proces AR bylo zvoleno zpoždění 2, pro proces MA 1 a pro proces SAR 2.

Aby mohl být model označen za vhodný, musí splnit požadavky na statistickou významnost parametrů modelu a rezidua by neměla vykazovat autokorelaci. Jak je vidět na následujícím obrázku, všechny p-hodnoty parametrů modelu jsou menší než zvolená hladina významnosti 5 % a parametry jsou tak statisticky významné.

```

Model 11: ARIMA, za použití pozorování 1995:01-2013:12 (T = 228)
Odhad proveden pomocí Kalmanova filtru (přesné ML)
Závisle proměnná: (1-Ls) WTI
Směrodatné chyby založené na Hessiánu

-----
             koeficient   směr. chyba      z      p-hodnota
-----
const          4,37464         1,40731      3,109   0,0019   ***
phi_1           1,64546         0,0889637   18,50   2,23e-076 ***
phi_2          -0,722271         0,0830255   -8,699   3,34e-018 ***
Phi_1          -0,520300         0,0640227   -8,127   4,41e-016 ***
Phi_2          -0,376662         0,0632048   -5,959   2,53e-09   ***
theta_1        -0,372737         0,121769    -3,061   0,0022   ***

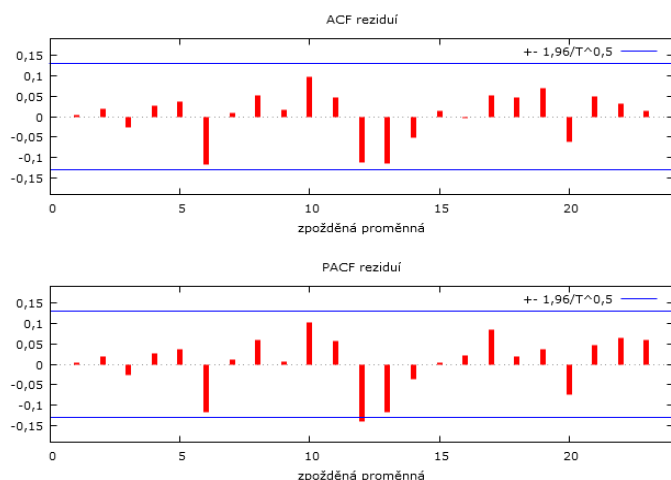
Střední hodnota závisle proměnné   4,251549
Sm. odchylka závisle proměnné      18,64114
Střední hodnota inovací             -0,024695
Sm. odchylka inovací                4,803799
Logaritmus věrohodnosti             -685,5528
Akaikovo kritérium                   1385,106
Schwarzovo kritérium                 1409,111
Hannan-Quinnovo kritérium           1394,791
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
    
```

Obr. 32 Model SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0) (WTI)

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

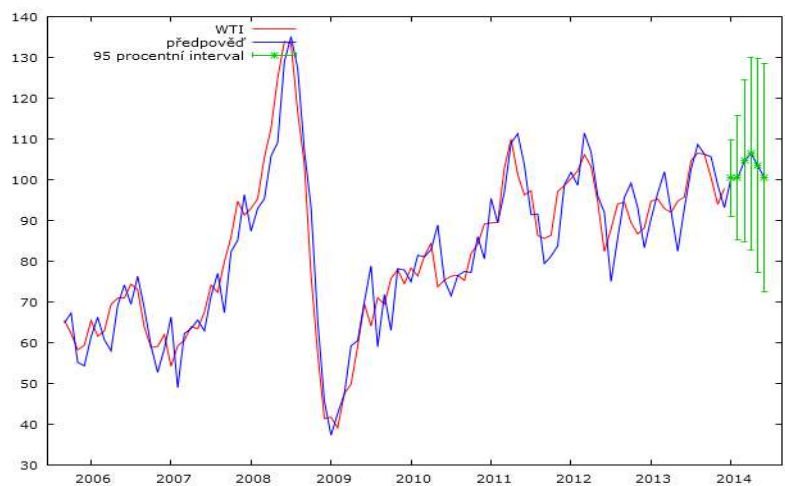
Druhým požadavkem pro diagnostiku modelu je sériová nezávislost reziduí, což znamená, že rezidua jsou bez autokorelací. V grafickém průběhu funkcí ACF a PACF (Obr. 33) zvoleného modelu časové řady, lze opět vidět, že zpoždění číslo 12 je statisticky významné a mělo by být odstraněno. Znovu se jedná o strukturální zlom v ceně ropy WTI, který nemá vliv na další využití modelu, což dokládá i Ljung-Boxův test sériové nezávislosti reziduí. Pomocí programu Gretl byla vypočtena p-hodnota 0,1603, která je vyšší než zvolená hladina významnosti 5 % a nulová hy-

potéza o sériové nezávislosti reziduí nebyla zamítnuta. Rezidua cen ropy WTI nevykazují autokorelaci.



Obr. 33 Průběh funkcí ACF a PACF pro proces SARIMA (2, 0, 1) (2, 1, 0) (WTI)
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

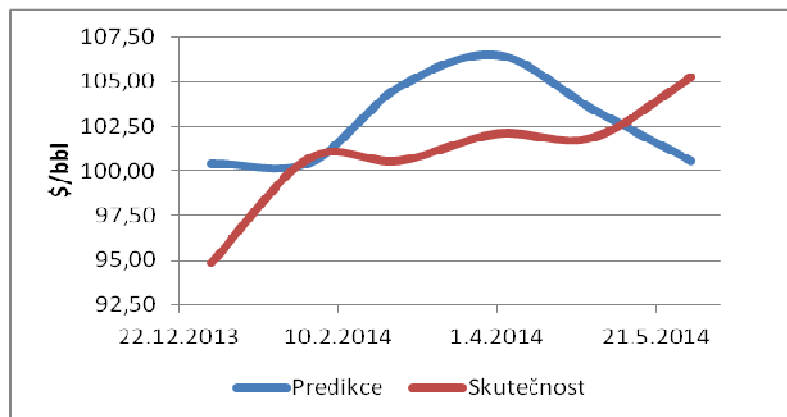
Zvolený model SARIMA lze považovat za vhodný a je možné ho využít pro predikci cen ropy WTI v období prvních šesti měsíců roku 2014. Výslednou predikci zobrazuje následující graf. Z obrázku je vidět, že ceny ropy WTI by měly dle predikce ve zvoleném období nejprve oscilovat těsně nad cenou 100 dolarů za barel, poté na začátku března začít růst až na 106 dolaru za barel a na konci období znovu poklesnout na původních 100 dolarů za barel.



Obr. 34 Predikce cen ropy WTI
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Skutečný vývoj cen v první polovině roku 2014 se od predikce příliš neodlišoval. Skutečné ceny sice měly mírně jiný vývoj, avšak držely se velice blízko cenám pre-

dikovaným, jak je vidět v následujícím obrázku. Ceny nevybočily z predikovaného oscilačního pásma, které mělo v nejširším místě rozsah 72 dolaru za barel až 128 dolaru za barel.



Obr. 35 Srovnání skutečného vývoje cen ropy WTI a predikcí v první polovině roku 2014
Zdroj: vlastní zpracování

Cena ropy WTI z počátku strměji narostla a vyrovnala se s cenou predikovanou. Poté skutečné ceny ropy WTI až do května oscilovaly kolem hodnoty 100 dolarů za barel. K opačnému vývoji než předkládala predikce cen, došlo až v červnu 2014, kdy skutečná cena ropy WTI vzrostla na 105 dolarů za barel, zatímco cena predikovaná poklesla. Celkově lze predikce modelu cen ropy WTI shrnout jako věrohodnější a blíže skutečným hodnotám než tomu bylo u předcházejícího modelu cen ropy Brent.

7.3 Predikce cen zemního plynu

Také při tvorbě ekonometrického modelu cen zemního plynu byla nejprve zkoumána stacionarita časové řady. Ta byla otestována pomocí Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (Tab. 13), kdy ve všech třech zkoumaných případech byla p-hodnota vyšší než zvolená hladina významnosti 5 %. Nulová hypotéza o nestacionaritě nebyla zamítnuta a časovou řadu cen zemního plynu můžeme označit za nestacionární.

Tab. 13 Tabulka Výsledky Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (zemní plyn)

Typ testu	p-hodnota
test bez konstanty	0,4485
test s konstantou	0,0815
s konstantou a trendem	0,2012

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Protože zkoumaná časová řada vykazuje nestacionaritu, k jejímu dalšímu zpracování bude využit integrovaný proces SARIMA (p, d, q) (P, D, Q), který ceny ropy sezónně diferencuje a tím dosáhne jejich stacionarity. Nejvhodnější model byl zvolen dle nejnižších informačních kritérií (Tab. 14).

Tab. 14 Informační kritéria zvolených modelů (Zemní plyn)

	AIC	SBC	HQC
SARIMA (0, 0, 0) (0, 1, 0)	1044,587	1048,016	1048,970
SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 0)	718,988	729,276	723,139
SARIMA (1, 0, 1) (1, 1, 0)	652,412	669,559	659,330
SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 1), bez konstanty	570,364	580,652	574,515
SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 2), bez konstanty	568,796	582,513	574,33

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Podmínku nejnižších informačních kritérií splnil model, který zahrnoval základní proces AR (p) a sezónní proces SMA (Q). Pro proces AR bylo zvoleno zpoždění 1 a pro proces SMA 2.

Aby mohl být model označen za vhodný, musí splnit požadavky na statistickou významnost parametrů modelu a rezidua by neměla vykazovat autokorelaci. Jak je vidět na následujícím obrázku, všechny p-hodnoty parametrů modelu jsou menší než zvolená hladina významnosti 5 % a parametry jsou tak statisticky významné.

```

Model 28: ARIMA, za použití pozorování 1995:01-2013:12 (T = 228)
Odhad proveden pomocí Kalmanova filtru (přesné ML)
Závisle proměnná: (1-Ls) Zemni_plyn
Směrodatné chyby založené na Hessiánu

      koeficient   směr. chyba      z      p-hodnota
-----
phi_1      0,963185      0,0207463      46,43      0,0000      ***
Theta_1    -1,14958      0,0989085     -11,62      3,16e-031    ***
Theta_2      0,149576      0,0804046       1,860      0,0628      *

Střední hodnota závisle proměnné      0,095199
Sm. odchylka závisle proměnné          2,386037
Střední hodnota inovací                  0,061476
Sm. odchylka inovací                     0,757428
Logaritmus věrohodnosti                 -280,3980
Akaikovo kritérium                       568,7961
Schwarzovo kritérium                     582,5134
Hannan-Quinnovo kritérium                574,3306
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

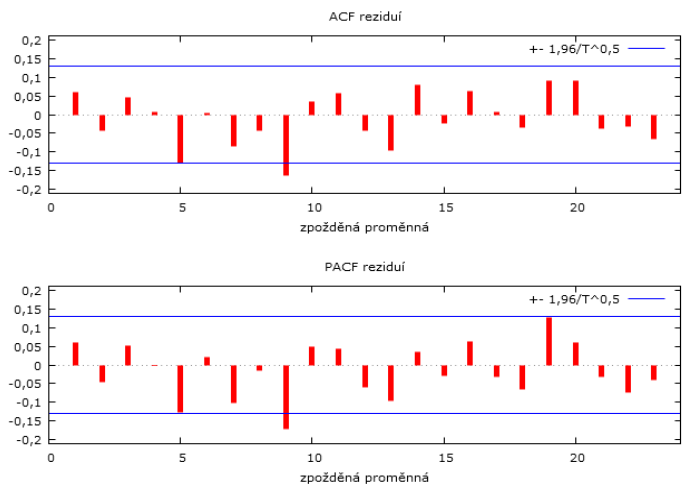
```

Obr. 36 Model SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 2)

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

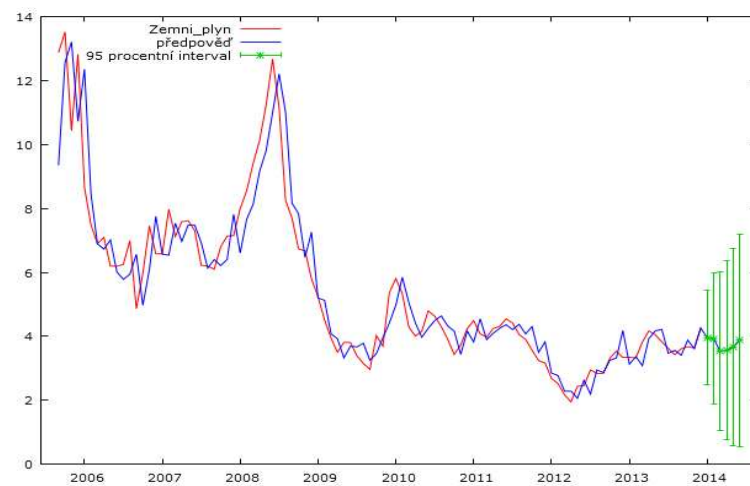
Druhým požadavkem pro diagnostiku modelu je sériová nezávislost reziduí, což znamená, že rezidua jsou bez autokorelací. V grafickém průběhu funkcí ACF a PACF (Graf 37) zvoleného modelu časové řady, lze vidět, že zpoždění číslo 9 je statisticky významné a mělo by být odstraněno. Jde však o strukturální zlom v ceně zemního plynu, který nebyl způsoben normálními okolnostmi na trhu a dalšímu využití mo-

delu nebrání. To potvrzuje i Ljung-Boxův test sériové nezávislosti reziduí. Pomocí programu Gretl byla vypočtena p-hodnota 0,0687, která je vyšší než zvolená hladina významnosti 5 % a nulová hypotéza o sériové nezávislosti reziduí nebyla zamítnuta. Rezidua cen zemního plynu nevykazují autokorelaci.



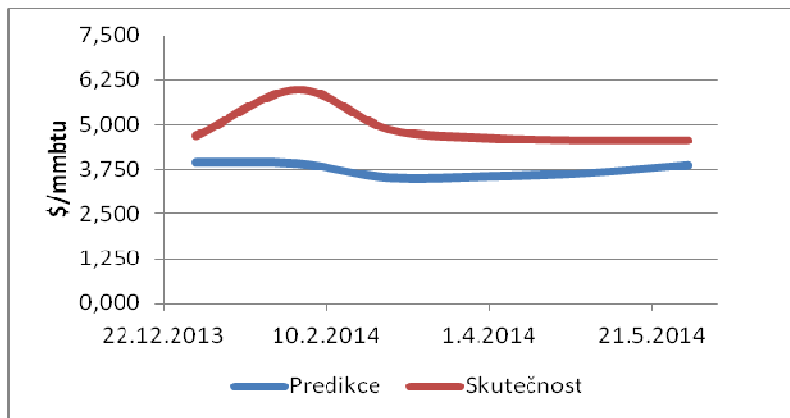
Obr. 37 Průběh funkcí ACF a PACF pro proces SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 2)
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Zvolený model SARIMA lze považovat za vhodný a je možné ho využít pro predikci cen zemního plynu v období prvních šesti měsíců roku 2014. Výslednou predikci zobrazuje následující graf. Z obrázku je vidět, že ceny zemního plynu by měly dle predikce ve zvoleném období nejprve poklesnout z 3,96 dolarů za milion kubických metrů na 3,53 dolaru za milion kubických metrů a poté v dubnu začít opět růst až na 3,88 dolarů za milion kubických metrů na konci sledovaného období.



Obr. 38 Predikce cen zemního plynu
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Skutečný vývoj cen zemního plynu byl odlišný od predikce, avšak po celé sledované období ceny zemního plynu zůstaly v predikovaném oscilačním pásmu, které se na konci června pohybovalo v rozmezí 0,55 až 7,20 dolaru za milion kubických metrů.



Obr. 39 Srovnání skutečného vývoje cen zemního plynu a predikcí v první polovině roku 2014
Zdroj: vlastní zpracování

Cena zemního plynu nejprve poměrně výrazně vzrostla až na téměř 6,00 dolaru za milion kubických metrů. Následně se oscilovala kole hodnoty 4,50 dolaru za milion kubických metrů. Minima dosáhla na začátku června 2014, kdy stál milion kubických metrů 4,57 dolaru. Poté se opět vrátila k ceně 3,00 dolaru za milion kubických metrů.

Celkově se predikci cen zemního plynu podařilo zachytit trend vývoje cen zemního plynu, avšak poměrně výrazně se odlišovala v samotných cenách. Přesto skutečné ceny zemního plynu nevybočily z oscilačního pásma stanoveného predikcí.

7.4 Predikce cen uhlí

I v posledním vytvořeném ekonometrickém modelu byla nejprve zkoumána stacionarita časové řady cen uhlí. Ta byla znovu otestována pomocí Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (Tab. 15). Ve všech třech zkoumaných případech byla p-hodnota vyšší než zvolená hladina významnosti 5 %. Proto nebyla nulová hypotéza o nestacionaritě zamítnuta a časovou řadu cen uhlí můžeme označit za nestacionární.

Tab. 15 Výsledky Rozšířeného Dickey-Fullerova testu (uhlí)

Typ testu	p-hodnota
test bez konstanty	0,5854
test s konstantou	0,5294
s konstantou a trendem	0,1035

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Protože zkoumaná časová řada vykazuje nestacionaritu, k jejímu dalšímu zpracování bude využit integrovaný proces SARIMA (p, d, q) (P, D, Q), který ceny ropy sezónně diferencuje a tím dosáhne jejich stacionarity. Nejvhodnější model byl zvolen dle nejnižších informačních kritérií (Tab. 16).

Tab. 16 Informační kritéria zvolených modelů (uhlí)

	AIC	SBC	HQC
SARIMA (1, 0, 0) (0, 1, 0)	1615,985	1626,283	1620,136
SARIMA (2, 0, 0) (0, 1, 0)	1585,864	1599,582	1591,399
SARIMA (2, 0, 0) (0, 1, 1)	1474,317	1491,463	1481,234
SARIMA (2, 0, 2) (0, 1, 1)	1465,510	1485,086	1473,812

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Podmínku nejnižších informačních kritérií splnil model, který zahrnoval oba základní procesy AR (p) a MA (q) a také sezónní proces SMA (Q). Pro proces AR bylo zvoleno zpoždění 2, pro proces MA 2 a pro proces SMA 1.

Aby mohl být model označen za vhodný, musí splnit požadavky na statistickou významnost parametrů modelu a rezidua by neměla vykazovat autokorelaci. Jak je vidět na následujícím obrázku, všechny p-hodnoty parametrů modelu jsou menší než zvolená hladina významnosti 5 % a parametry jsou tak statisticky významné.

```

Model 40: ARIMA, za použití pozorování 1995:01-2013:12 (T = 228)
Odhad proveden pomocí Kalmanova filtru (přesné ML)
Závisle proměnná: (1-Ls) Uhlí
Směrodatné chyby založené na Hessiánu

      koeficient   směr. chyba   z   p-hodnota
-----
const      3,97061      1,17878      3,368  0,0008 ***
phi_1      1,19598      0,0651753    18,35  3,29e-075 ***
phi_2     -0,254162      0,0644775    -3,942  8,08e-05 ***
theta_2     0,215717      0,0629433     3,427  0,0006 ***
Theta_1    -0,944595      0,0977891    -9,660  4,48e-022 ***

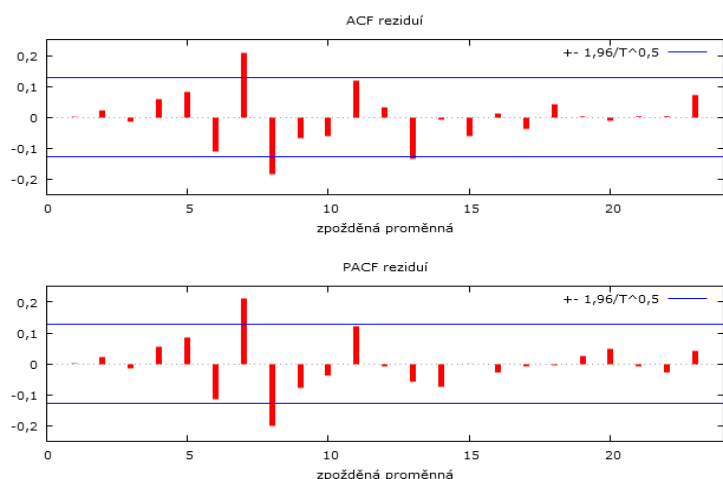
Střední hodnota závisle proměnné   2,750640
Sm. odchylka závisle proměnné      26,17083
Střední hodnota inovací              -0,188832
Sm. odchylka inovací                 5,518204
Logaritmus věrohodnosti              -726,7552
Akaikovo kritérium                   1465,510
Schwarzovo kritérium                 1486,086
Hannan-Quinnovo kritérium            1473,812
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

```

Obr. 40 Model SARIMA (2, 0, 2) (0, 1, 1)

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Druhým požadavkem pro diagnostiku modelu je sériová nezávislost reziduí, což znamená, že rezidua jsou bez autokorelací. Taktéž v grafickém průběhu funkcí ACF a PACF (Obr. 41) zvoleného modelu časové řady můžeme spatřovat problémy. Zpoždění číslo 7 a 8 jsou statisticky významná a měla by být odstraněna. Přesto opět nebrání dalšímu využití modelu, jelikož jde o vyjímečné situace ve vývoji ceny uhlí. To potvrzuje i Ljung-Boxův test sériové nezávislosti reziduí. Pomocí programu Gretl byla vypočtena p-hodnota 0,0657, která je vyšší než zvolená hladina významnosti 5 % a nulová hypotéza o sériové nezávislosti reziduí nebyla zamítnuta. Rezidua cen uhlí nevykazují autokorelaci.

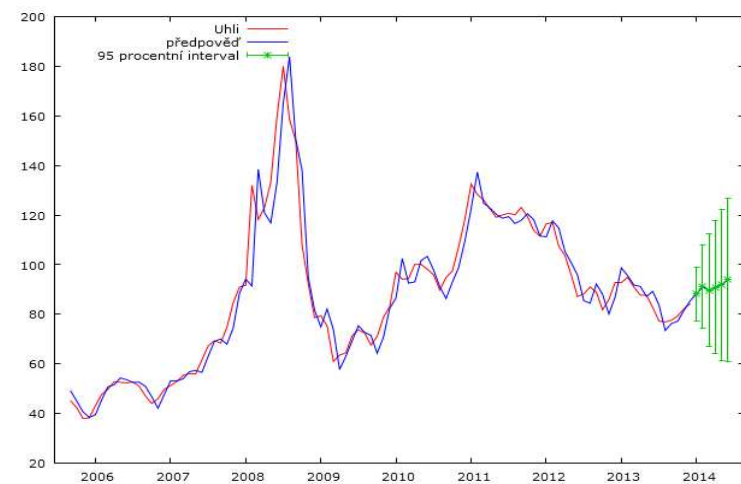


Obr. 41 Průběh funkcí ACF a PACF pro proces SARIMA (2, 0, 2) (0, 1, 1)

Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

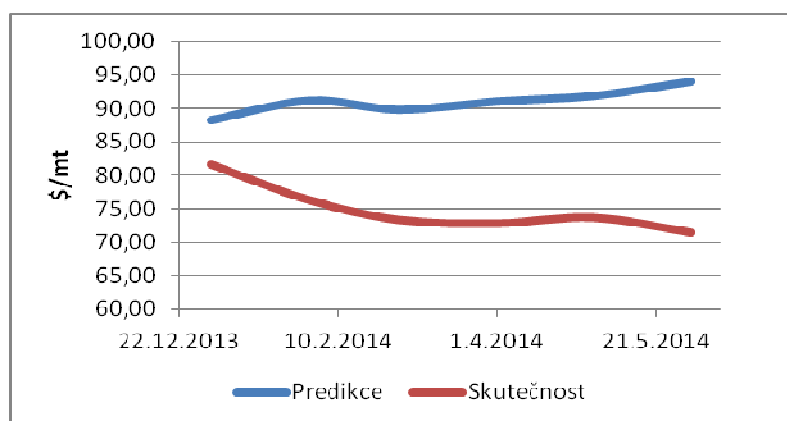
Zvolený model SARIMA lze považovat za vhodný a je možné ho využít pro predikci cen uhlí v období prvních šesti měsíců roku 2014. Výslednou predikci zobrazuje následující graf. Z obrázku je vidět, že ceny uhlí by měly dle predikce ve zvoleném

období růst z původních 88,3 dolarů za milion tun na téměř 94 dolarů za milion tun v červnu.



Obr. 42 Predikce cen uhlí
Zdroj: vlastní zpracování v programu Gretl

Avšak skutečný vývoj cen v prvních šesti měsících roku 2014 se od predikce výrazně lišil, jak dokládá následující graf.



Obr. 43 Srovnání skutečného vývoje cen uhlí a predikcí v první polovině roku 2014
Zdroj: vlastní zpracování

Ceny uhlí po celé sledované období postupně klesaly a to z původních 81,6 dolarů za milion tun až na konečných 71,4 dolarů za milion tun. Přesto skutečné ceny v celém sledované období nevybočily z oscilačního pásma, které bylo v nejširším místě stanoveno v rozmezí 61,1 dolaru za milion tun uhlí až 126,8 dolaru. Celkově lze tedy predikci modelu uhlí shrnout jako nejméně zdařilou z dosavadních predikcí.

7.5 Dílčí závěr

Skutečné ceny energetických komodit se v první polovině roku 2014 ve všech čtyřech zkoumaných případech pohybovaly v oscilačních pásmech stanovených predikcemi modelů. Nejvěrohodnější byla predikce cen ropy WTI, která byla nejbližší skutečným cenám. Predikci ceny zemního plynu se pak podařilo zachytit trend vývoje skutečných cen. Celkově tak lze predikce cen energetických komodit vytvořené pomocí Box-Jenkinsovy metodologie označit za věrohodné a zdařilé.

Avšak již při tvorbě modelu se objevily problémy s výraznými propady ceny, které byly způsobeny neočekávanými událostmi na trzích. Takovéto události není Box-Jenkinsova metodologie schopna zachytit a její predikce je tak použitelná pouze v případě normálních okolností na trzích.

8 Kvantifikace rizikovosti portfolií při zařazení energetických komodit

Cílem této kapitoly je kvantifikace rizika alternativních investičních portfolií a změn jejich vlastností při přidání energetických komodit do zkoumaných portfolií. Výpočet bude proveden pomocí jedné z metod Value at Risk, která představuje potenciální ztrátu portfolia, které může být dosaženo s danou pravděpodobností a při normálních okolnostech. Tato ztráta nebude s danou pravděpodobností překročena, pokud bude současné portfolio drženo po stejnou dobu. Konkrétní metodou použitou v této diplomové práci je metoda historické simulace, která je založena na skutečném vývoji cen v minulosti, při následné době držení jeden den, čtrnáct dní a jeden měsíc.

Pro výpočet hodnoty VAR byly použity denní ceny energetických komodit v letech 2010 až 2014 získané z databáze Bloomberg. Akciové portfolio bude reprezentováno akciovým indexem S&P 500, který měří vývoj 500 amerických akciových titulů. Tato data pocházejí z webových stránek Yahoo Finance.

Nejprve budou kvantifikovány potenciální ztráty portfolií složených pouze z energetických komodit. Poté bude následovat výpočet pro portfolia složená z akcií a energetických komodit. Aby bylo zohledněno devizové riziko podstupované českým investorem, bude celý výpočet proveden znovu, tentokrát v českých korunách. Na závěr bude správnost kvantifikace rizika ověřena zpětným testováním na skutečném vývoji cen.

8.1 Value at Risk jednotlivých energetických komodit

V rámci této kapitoly budou vypočteny hodnoty Value at Risk pro jednotlivé energetické komodity v různých časových horizontech. Byly zvoleny tři časové horizonty držení – 1 den, 14 dní a 1 měsíc. Hodnota VAR bude vždy uváděna v případě investované částky 10 000 USD a na hladině pravděpodobnosti 95 %. Následující tabulky zobrazují získané hodnoty VAR na zvolených horizontech držení.

Tab. 17 Denní VAR cen jednotlivých energetických komodit v USD

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
VAR	-246,55	-258,07	-398,03	-110,29

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

Při srovnání získaných hodnot, podstupuje investor největší riziko v případě investování celé částky do zemního plynu. V případě investování do této energetické komodity nedosáhne jeho potenciální investice v hodnotě 10 000 USD s 95% pravděpodobností na jednodenním horizontu vyšší ztráty než 398,03 USD. Neboli s 5% pravděpodobností zaznamenaná jeho ztráta na daném horizontu vyšší propad než

vypočtených 398,03 USD. Naopak nejnižší míru rizika investor podstupuje při investování do uhlí.

Naprostotožný vývoj míry rizika v případě investic do energetických komodit můžeme spatřovat i na obou delších časových horizontech (Tab. 18 a 19). Nejvyšší riziko sebou přináší investice do zemního plynu a naopak nejnižší investice do uhlí.

Tab. 18 14 denní VAR cen jednotlivých energetických komodit v USD

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
VAR	-842,99	-877,84	-1 093,07	-532,69

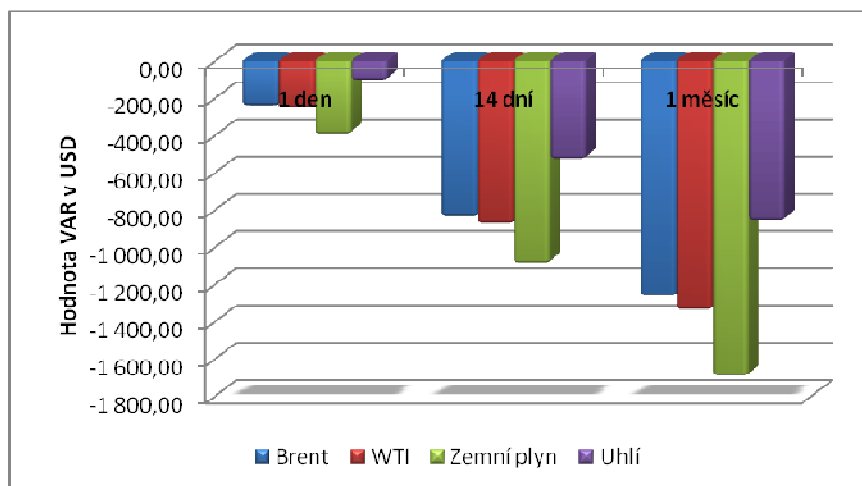
Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

Tab. 19 Měsíční VAR cen jednotlivých energetických komodit v USD

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
VAR	-1 269,82	-1 342,16	-1 696,28	-863,95

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

Dosažené výsledky této kapitoly souhrnně zaznamenává následující graf, který zobrazuje potenciální ztráty všech energetických komodit na jednotlivých dobách držení.



Obr. 44 VAR cen jednotlivých energetických komodit na různých časových horizontech

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

8.2 Value at Risk portfolia energetických komodit

Na základě výsledků získaných korelační analýzou, existuje mezi energetickými komoditami pozitivní vzájemná korelace. Díky této korelaci není pro investora vhodné sestavit celé investiční portfolio pouze z energetických komodit, protože tyto komodity mají malý vliv na diverzifikaci portfolia. Přesto se tato kapitola zaměřuje na potenciální ztráty portfolia složeného pouze z energetických komodit, za účelem zjištění optimálních vah jednotlivých komodit v portfoliu.

Následující tabulka zobrazuje vypočtené diverzifikované a nediverzifikované hodnoty VAR portfolia na zvolených časových horizontech držby, v případě že je investice 10 000 USD rovnoměrně rozdělena mezi energetické komodity. Diverzifikovaný VAR bere v úvahu diverzifikační výhody mezi jednotlivými prvky portfolia, zatímco nediverzifikovaný VAR je pouhým součtem hodnot VAR jednotlivých komponent portfolia. Diverzifikovaný VAR je na všech zvolených časových intervalech nižší než VAR nediverzifikovaný.

Tab. 20 VAR portfolia při rovnoměrném zastoupení energetických komodit pro různé doby držení

VAR	1 den	14 dní	1 měsíc
Diverzifikovaný	-176,67	-613,83	-835,79
Nediverzifikovaný	-253,24	-836,65	-1293,05

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

Další možností, jak stanovit váhu investičních instrumentů v portfoliu, je dle cenových indexů. Ty zohledňují důležitost investičních aktiv pro soudobou ekonomiku a objemy obchodů. Pro účely stanovení vah energetických komodit v portfoliu složeném pouze z těchto komodit, byl použit Energetický index zveřejňovaný Světovou bankou. Ropa v tomto indexu má 84,6% podíl, zemní plyn zastupuje 10,8 % a uhlí 4,7 %. Následující tabulka zobrazuje diverzifikované a nediverzifikované hodnoty VAR portfolia, kde jsou váhy jednotlivých energetických komodit stanoveny dle zmiňovaného indexu.

Tab. 21 VAR portfolia při zastoupení energetických komodit dle indexu pro různé doby držení

VAR	1 den	14 dní	1 měsíc
Diverzifikovaný	-217,74	-766,08	-1082,87
Nediverzifikovaný	-261,40	-870,22	-1327,47

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databáze Bloomberg

Při srovnání obou portfolií, vykazuje portfolio složené dle energetického indexu na všech dobách držení vyšší hodnoty VAR než portfolio s rovnoměrným zastoupením. To je způsobené mnohonásobně nižším zastoupením uhlí, které má ze všech energetických komodit nejnižší VAR. Proto bude v následujících kapitolách

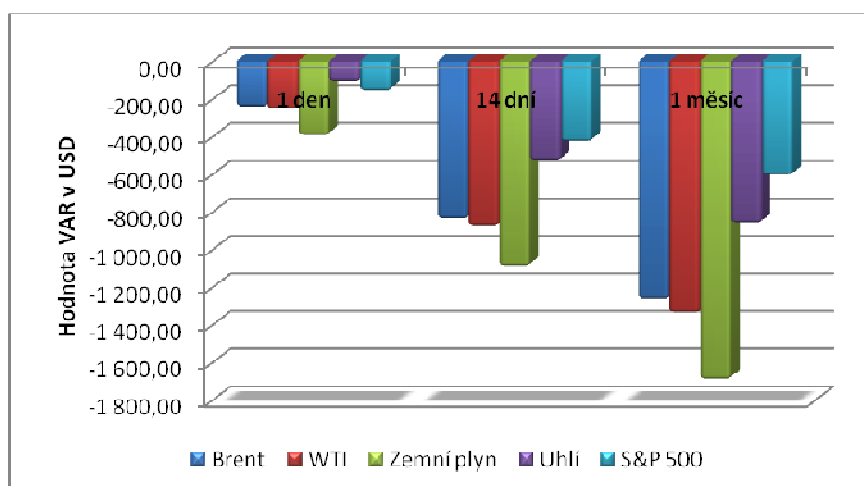
pracováno s rovnoměrným zastoupením energetických komodit v portfoliu, protože toto portfolio dosahuje příznivějších výsledků pro potenciálního investora.

8.3 Value at Risk portfolia energetických komodit a akcií

Cílem této kapitoly je zjistit, do jaké výše jsou energetické komodity schopny diverzifikovat portfolio složené výhradně z akcií a především jaký poměr energetických komodit v portfoliu dosahuje nejlepších výsledků. Schopnost diverzifikace bude měřena pomocí hodnoty VAR, která by se měla po zařazení energetických komodit do portfolia snižovat.

V kapitole zabývající se korelační analýzou bylo zjištěno, že ceny energetických komodit a akcií na sobě nejsou lineárně závislé, avšak tento vztah se změnil po rozdělení období, za které byly korelace měřeny. V období po finanční krizi (od září 2008) existuje mezi energetickými komoditami a akciemi pozitivní vzájemná závislost, proto nejsou energetické komodity příliš vhodné k diverzifikaci akciového portfolia.

Následující graf zachycuje hodnoty VAR pro investice 10 000 USD do jednotlivých energetických komodit a akcií, které jsou reprezentovány indexem S&P 500.



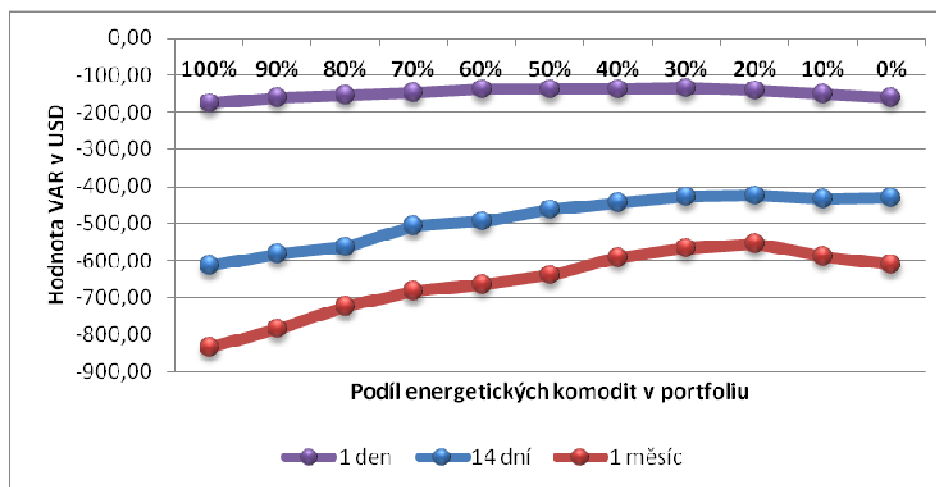
Obr. 45 VAR cen jednotlivých energetických komodit a akcií na různých časových horizontech držby

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a Yahoo Finance

Při složení investičního portfolia pouze z akcií podstupuje potenciální investor menší riziko, než při investicích do energetických komodit. Výjimku tvoří doba držení jednoho dne, kdy má investice do uhlí ve výši 10 000 USD nižší hodnotu VAR než stejná investice do akcií.

Hodnoty VAR pro různé procentuální složení portfolia z energetických komodit a akcií zobrazuje následující graf. Již při zařazení 10% energetických komodit do akciového portfolia se snižuje hodnota VAR při době držení jeden den na 150,35 USD. Optimálního poměru pak portfolio na tomto časovém horizontu držby

dosahuje při 30% zastoupení energetických komodit a 70% akcií. Hodnota VAR pak poklesne na 136,43 USD.



Obr. 46 VAR při různém procentuálním zastoupení energetických komodit a akcií v portfoliu na různých časových horizontech držby

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a Yahoo Finance

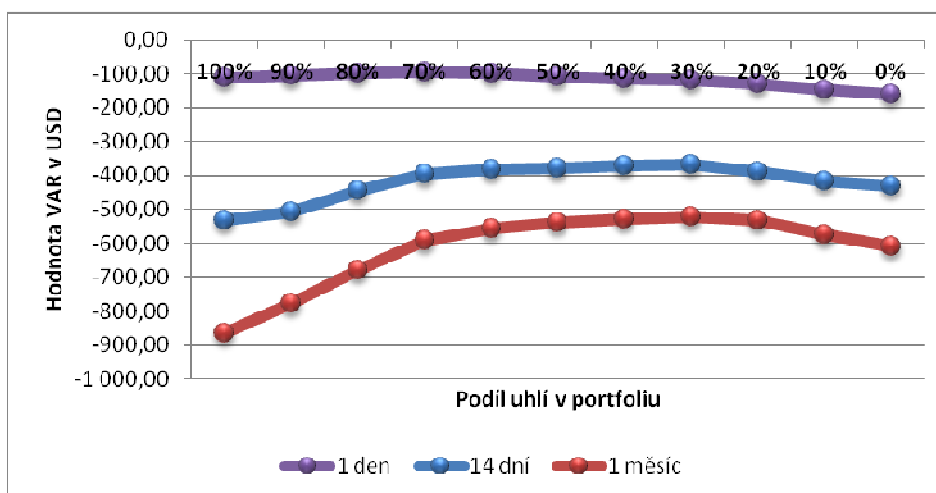
Pro delší zkoumané doby držení se optimální zastoupení energetických komodit v portfoliu snižuje na 20%. Při 14 denní době držení se VAR takového portfolia sníží ze 431,67 USD na 424,22 USD a v případě měsíčního časového horizontu držby dojde k poklesu z 610,70 USD na 554,07 USD. Energetické komodity v nízkém zastoupení v portfoliu tak mají schopnost diverzifikovat portfolio složené výhradně z akcií.

8.4 Value at Risk portfolia uhlí a akcií

Přestože v rámci korelační analýzy byla záporná vzájemná korelace identifikována pouze mezi akciovým indexem a zemním plynem, neprokázalo se, že portfolio složené výhradně z akcií a zemního plynu bude mít nižší hodnoty VAR. Zemní plyn totiž dosahuje nejvyšších hodnot VAR na všech dobách držení a není tak optimální pro diverzifikaci akciového portfolia. Naopak uhlí dosahuje nejnižších hodnot VAR, a proto následující graf zobrazuje hodnoty VAR portfolia složeného pouze z uhlí a akcií při různém procentuálním zastoupení obou těchto aktiv.

Překvapivého výsledku dosahuje portfolio složené z uhlí a akcií při době držení jeden den. Optimální zastoupení uhlí v portfoliu je totiž 70% a hodnota VAR klesá z 161,38 USD pro portfolio složené pouze z akcií na 94,79 USD při zařazení uhlí, což představuje 42% pokles rizikovosti portfolia.

Při delší době držení portfolia se v obou případech optimální podíl uhlí výrazně snižuje a to na 30%. Pokud je portfolio drženo 14 dní, klesá hodnota VAR při zařazení uhlí ze 431,67 USD na 368,78 USD a při době držení jedním měsícem klesá z 610,70 USD na 520,30 USD.



Obr. 47 VAR při různém procentuálním zastoupení uhlí a akcií v portfoliu na různých časových horizontech držby

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a Yahoo Finance

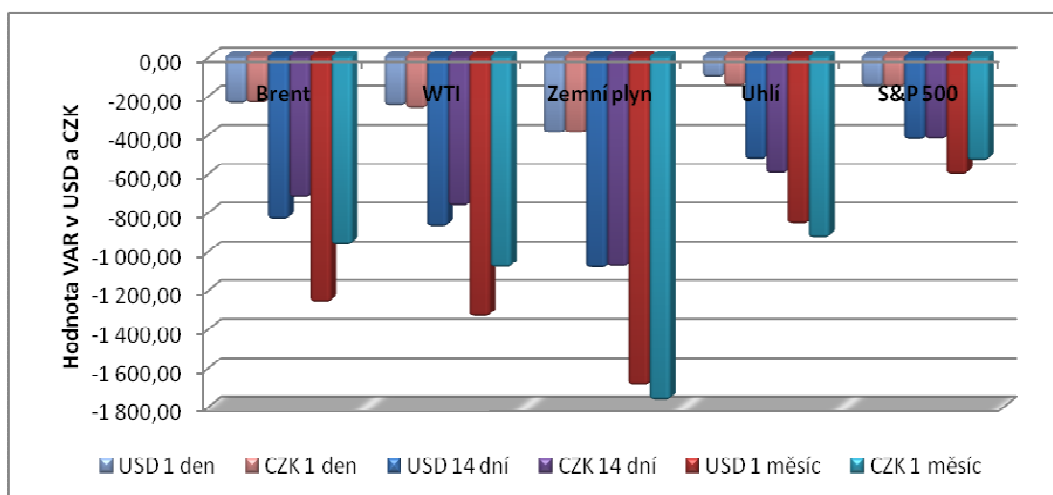
Ve všech třech zkoumaných případech dosahuje portfolio složené pouze z uhlí a akcií nižších potenciálních ztrát než v případě portfolia složeného ze všech energetických komodit a akcií nebo samotných akcií.

8.5 Value at Risk při zohlednění devizového rizika

Dosud byly veškeré výpočty počítány v amerických dolarech. Aby však bylo možné zohlednit devizové riziko podstupované českým investorem při investování v zahraniční měně, budou stávající potenciální ztráty jednotlivých energetických komodit, akcií a portfolií přepočteny pro investici 10 000 CZK a budou komparovány s předcházejícími výsledky.

Pro výpočet Value at Risk byl použit denní devizový kurz amerického dolaru a české koruny v časovém období od ledna 2010 z databáze České národní banky. Následující graf srovnává potenciální ztráty portfolií složených z jednotlivých kovů či akcií při investici v amerických dolarech a českých korunách na různých časových horizontech držby.

Při investici 10 000 CZK dosahuje opět nejnižší hodnoty VAR při době držení jeden den uhlí a to 158,99 CZK. Jen nepatrně vyšší ztrátu 163,82 CZK zaznamenává na stejném horizontu držení potenciální investice do akcií. Na obou vyšších dobách držení je nejméně rizikové portfolio složené výhradně z akcií, v případě doby držby čtrnácti dní dosahuje potenciální ztráty 429,47 CZK a v případě jednoho měsíce 538,66 CZK. V obou případech tak dosahuje mírně nižší ztráty než stejná investice v amerických dolarech.



Obr. 48 Srovnání VAR jednotlivých energetických komodit a akcií při investici v USD a CZK
Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg, Yahoo Finance a České národní banky

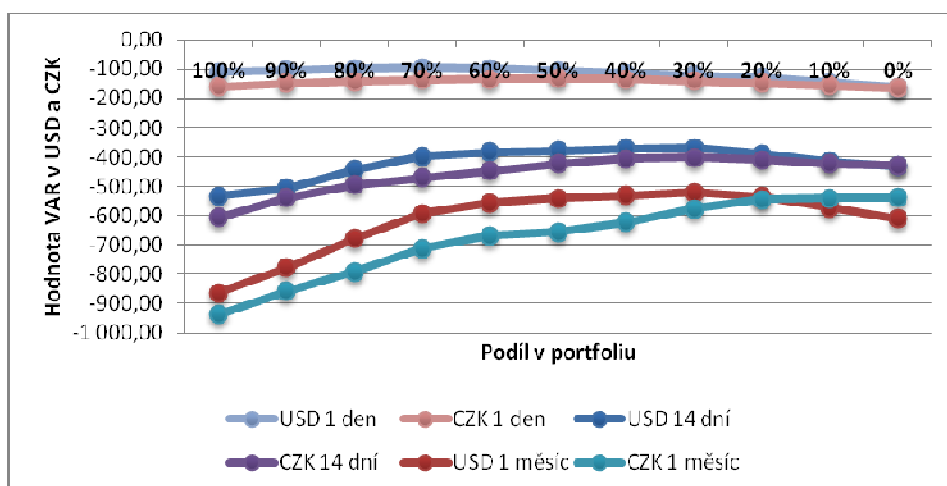
Z celkového srovnání investic v různých měnách vyplývá, že výhodnost zahraniční investice se mění s dobou držby investice a také s investovaným aktivem. Pro časový horizont jednoho dne jsou potenciální ztráty téměř stejné pro všechna aktiva bez ohledu na měnu.

Potenciální ztráta portfolia v případě investice do ropy je však na obou vyšších časových horizontech držby výrazně nižší při investici v českých korunách než v amerických dolarech. To může být způsobeno vývojem cen ropy v posledním roce, kdy došlo k silnému poklesu, zároveň však výrazně oslabila česká koruna vůči americkému dolaru, což českým investorům částečně kompenzovalo ztráty.

Opačný vývoj lze spatřovat u zemního plynu a uhlí. Obě tyto energetické komodity na konci roku 2013 a počátku roku 2014 rostly, a přestože v posledním roce jejich ceny spíše klesají, znehodnocení české koruny nedokázalo kompenzovat tyto ztráty natolik jako u ropy.

Nejnižších hodnot VAR dosahovalo v předchozích výpočtech portfolio složené pouze z akcií a uhlí, proto bude přehodnoceno riziko tohoto portfolia po zahrnutí měnového rizika. Následující graf porovnává hodnoty VAR pro různé procentuální zastoupení uhlí a akcií v portfoliu při investici v USD a CZK.

Při zohlednění měnového rizika se mírně snižuje podíl uhlí v portfoliu, protože uhlí má v případě investice v CZK vyšší VAR než při investici v USD. V případě jednodenního časového horizontu je optimální složení portfolia půl na půl. Takové portfolio pak může dosáhnout potenciální ztráty 131,43 CZK. Při čtrnáctidenním držení portfolia se optimální poměr 30 % uhlí a 70 % akcií nemění, avšak mírně narůstá potenciální ztráta na 401,96 CZK. Nejnižší podíl bude mít uhlí v portfoliu při době držení jeden měsíc. V takovém případě bude uhlí v portfoliu pouze 10 % a bude dosahovat potenciální ztráty 540,43 CZK.



Obr. 49 VAR při různém procentuálním zastoupení uhlí a akcií v portfoliu při investici v USD a CZK

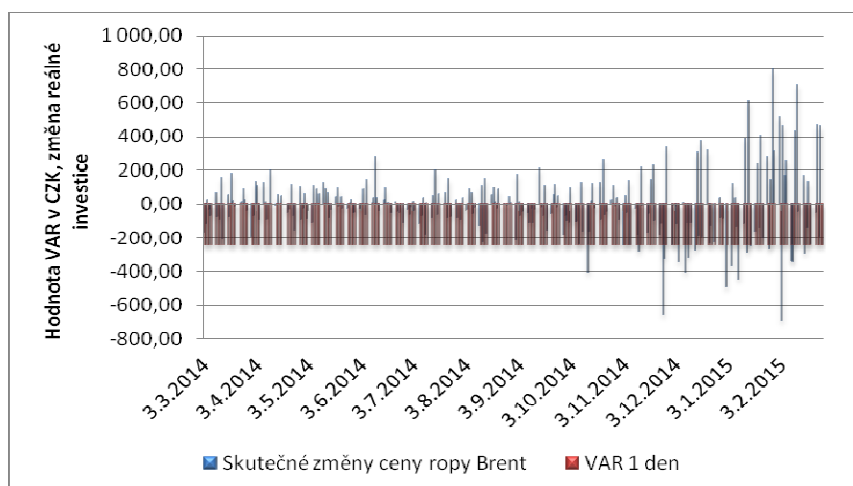
Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg, Yahoo Finance a České národní banky

Srovnáním těchto výsledků s investicemi do stejného portfolia, ale v amerických dolarech vyplývá, že investice v CZK přináší vyšší ztráty a investor podstupuje vyšší riziko.

8.6 Zpětné testování při zohlednění měnového rizika

Hodnoty VAR při zohlednění měnového rizika získané v minulé kapitole budou nyní srovnány se skutečným vývojem cen energetických komodit od února roku 2014 do února roku 2015.

Následující graf srovnává vypočtené hodnoty VAR v případě investice 10 000 CZK do ropy Brent a době držení jeden den se skutečnou změnou hodnoty této případné investice. Z grafu je patrné, že v 18 případech skutečná investice do ropy Brent překročila ztrátu vypočtenou pomocí metody historické simulace. Při procentuálním vyjádření je to pak 7 % případů ze všech testovaných pozorování.



Obr. 50 Výsledky zpětného testování modelu VAR (Brent – 1 den)

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a České národní banky

Toto srovnání skutečných změn a hodnoty VAR vypočtené metodou historické simulace bylo provedeno pro všechny energetické komodity na všech třech dobách držení. Procentuální výsledky těchto srovnání zobrazuje následující tabulka.

Tab. 22 Výsledky zpětného testování modelu VAR

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
1 den	7,0	9,0	3,9	3,5
14 dní	14,2	13,0	7,3	0,0
1 měsíc	22,6	19,2	3,8	0,0

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a České národní banky

Skutečné změny cen nejčastěji překračují vypočtené hodnoty VAR v případě obou benchmarků ropy. Při době držení ropy WTI 1 den v 9 % případů skutečná ztráta investice překročí hodnotu VAR. S narůstající dobou držení se tyto počty ještě zvyšují. Již z definice hodnoty VAR víme, že je platná za normálních tržních podmínek, což určitě neplatí pro vývoj cen ropy v roce 2014. Díky zavedení těžby nekonvenční ropy a tlaku OPEC na nesnižování těžby v členských státech je na trhu přebytek ropy, který tlačí její cenu nebývale dolů.

Naopak v případě investic do zemního plynu a uhlí je chybovost vypočtených hodnot VAR velice nízká a modely lze označit za spolehlivé.

Z důvodu nestandardních tržních podmínek, které ovlivňovaly vývoj ropy v posledním roce, bude zpětné testování modelu VAR provedeno ještě jednou. Ve druhém případě zpětného testování byla spočítána hodnota VAR jen ze změn cen v roce 2014 a s touto hodnotou pak byly srovnány skutečné změny v období únor 2014 až únor 2015.

Toto srovnání skutečných změn a hodnoty VAR vypočtené metodou historické simulace bylo opět provedeno pro všechny energetické komodity na všech třech

dobách držení. Procentuální výsledky tohoto druhého zpětného testování zobrazuje následující tabulka.

Tab. 23 Výsledky druhého zpětného testování modelu VAR

	Brent	WTI	Zemní plyn	Uhlí
1 den	9,0	9,8	4,7	5,5
14 dní	8,1	6,1	6,1	0,0
1 měsíc	8,5	7,3	5,1	0,0

Zdroj: vlastní zpracování dle dat získaných z databází Bloomberg a České národní banky

Při novém výpočtu hodnoty VAR pouze za rok 2014 se na delších časových horizontech vypočtený VAR v případě ropy zvýšil. To mělo za následek menší počet skutečných změn, které vypočtenou hodnotu VAR překročily.

Naopak v případě investic do zemního plynu a uhlí se chybovost mírně zvýšila, jelikož nově vypočtené hodnoty VAR na rozdíl od ropy lehce poklesly a skutečné změny tak vícekrát přesáhly ty vypočtené.

Celkově lze toto zpětné testování označit za zdařilé a výsledky spolehlivé. Při výpočtu hodnoty VAR metodou historické simulace je však nesmírně důležité zvolit správné časové období pro výpočet VAR, aby alespoň částečně odpovídalo skutečným podmínkám na trhu.

8.7 Dílčí závěr

Pro kvantifikaci rizika podstupovaného investorem při zařazení energetických komodit do portfolia bylo využito metody historické simulace Value at Risk. Tato metoda říká, jaká je potenciální ztráta portfolia, které může být dosaženo s danou pravděpodobností a při normálních okolnostech.

Nejnižších hodnot VAR a tím nejlepších výsledků pro investora bylo dosaženo na všech časových horizontech v případě investice do uhlí. S tím také souvisí stanovení velikosti vah jednotlivých energetických komodit v portfoliu složeném pouze z těchto komodit. Lepších výsledků dosáhlo portfolio s rovnoměrným zastoupením všech energetických komodit, protože v něm bylo vyšší zastoupení uhlí.

Přestože předcházející kapitola vyhodnotila na základě korelací jako nejvhodnější k diverzifikaci akciového portfolia zemní plyn, neprokázalo se, že by mělo portfolio složené výhradně z akcií a zemního plynu nižší hodnoty VAR než akciové portfolio. Je to způsobené vysokými hodnotami VAR pro zemní plyn. Avšak v případě zahrnutí uhlí do akciového portfolia přináší takové portfolio investorovi nižší riziko než portfolia složená ze všech energetických komodit a akcií nebo samotných akcií.

V případě zahrnutí devizového rizika, které je český investor nucen postoupit při zahraniční investici, dochází ve většině případů k mírnému poklesu podstupovaného rizika. To bylo způsobeno výrazným oslabením české koruny vůči americkému dolaru po intervenci České národní banky v listopadu 2013, což českým in-

vestorům částečně kompenzovalo ztráty. Opakem je však uhlí, jehož hodnoty VAR jsou na všech časových horizontech v případě investice v českých korunách vyšší než v amerických dolarech. To je také důvodem, proč ze srovnání hodnot VAR portfolia složeného z uhlí a akcií při investici v českých korunách s investicemi do stejného portfolia, ale v amerických dolarech vyplývá, že investice v CZK přináší vyšší ztráty a investor podstupuje vyšší riziko.

Zpětné testování prokázalo, že ne všechny vypočtené hodnoty VAR jsou stejně spolehlivé. Skutečné změny cen zemního plynu a uhlí jen velmi zřídka překračují ztrátu vypočtenou metodou historické simulace, naopak je tomu u cen ropy. Ropa však v roce 2014 zaznamenala nebývalý pokles cen, který byl způsoben převisem nabídky nad poptávkou. Z tohoto důvodu došlo ke zkrácení období, za které byla vypočtena hodnota VAR pouze na rok 2014. Nový model lépe zachytil stávající situaci na trhu a jeho výsledky lze označit za spolehlivé. Při výpočtu hodnoty VAR metodou historické simulace je tak nesmírně důležité zvolit správné časové období pro výpočet VAR, aby alespoň částečně odpovídalo skutečným podmínkám na trhu.

9 Formulace investičního doporučení

Cílem této diplomové práce je na základě analýzy významných faktorů ovlivňujících trhy cen energetických komodit formulovat investiční doporučení, zdali je vhodné zařadit tyto komodity do investičního portfolia.

Ceny energetických komodit, které byly podstatou výzkumu této diplomové práce, jsou ovlivňovány mnoha faktory. Některé z nich jsou společné všem energetickým komoditám, jiné se vztahují pouze k jediné z nich:

- Mezi hlavní faktory ovlivňující ceny energetických komodit patří, kromě vztahu nabídky a poptávky na trhu, také ekonomický cyklus a především politické události v místě těžby těchto komodit. Toto tvrzení platí, především pro ropu, méně pak pro zemní plyn a uhlí. Ceny ropy jsou tak velmi volatilní a rychle reagují na faktory, které téměř nelze zachytit v modelech. Pro investora je tak nesmírně důležité kromě využívání modelů pečlivě sledovat vývoj na trzích s těmito komoditami, aby byl schopen rychle zareagovat na neočekávané skutečnosti.
- Ceny energetických komodit mají mezi sebou pozitivní vzájemnou korelaci, což znamená, že se vyvíjejí stejným směrem. V případě poklesu cen tak dochází k poklesu hodnoty celého portfolia. Z tohoto důvodu není pro investora přínosné investovat veškeré svoje volné peněžní prostředky pouze do energetických komodit.
- Vzájemné korelace mezi energetickými komoditami a akciemi po krizi v roce 2008 jsou taktéž pozitivní, avšak výrazně slaběji než tomu bylo mezi samotnými energetickými komoditami. Také hodnota VAR je při zařazení energetických komodit do akciového portfolia nižší než u portfolia složeného výhradně z akcií. Zařazením energetických komodit do investičního portfolia složeného výhradně z akcií tak dochází ke snížení podstupovaného rizika. Optimální podíl energetických komodit v portfoliu se pohybuje kolem 20 až 30 % v závislosti na době držení.
- Při tvorbě portfolia je pro investora také důležité zohlednit váhy jednotlivých energetických komodit v portfoliu. Lepších výsledků jednoznačně dosahuje portfolio, ve kterém jsou rovnoměrně zastoupeny všechny energetické komodity než portfolio složené dle energetického indexu. Je to z toho důvodu, že v rovnoměrně rozděleném portfoliu je vyšší zastoupení uhlí, které má ze sledovaných komodit nejnižší hodnotu VAR.
- Nejméně rizikovým aktivem z energetických komodit pro investora je uhlí. Kromě zemního plynu má nejnižší vzájemnou pozitivní korelaci s akciemi, nejnižší hodnoty VAR, je necyklické a jeho cena tolik nepodléhá faktorům, jako jsou politické události. Při zpětném testování pak byly skutečné ztráty z investice do uhlí jen ve 3,5 % případů vyšší než vypočtená hodnota VAR a to jen při době investice jeden den. Také portfolio složené pouze z akcií a uhlí vykazuje nižší hodnoty VAR než portfolio, do kterého byly zahrnuty všechny

energetické komodity. Optimální poměr uhlí v akciovém portfoliu se liší s dobou držení a pohybuje se od 30 do 70 %.

- Energetické komodity jsou obchodovány převážně v amerických dolarech, proto by měl investor, jehož domácí měnou není americký dolar, vždy počítat s devizovým rizikem. Znehodnocení domácího kurzu zvyšuje výnosy investora v cizí měně a kompenzuje jeho ztráty. Naopak posílení domácí změny snižuje jeho výnosy ze zahraniční investice a prohlubuje ztráty.

10 Diskuze

V rámci této diplomové práce byly identifikovány různé faktory ovlivňující ceny energetických komodit. Společným faktorem pro všechny energetické komodity je v posledních letech rostoucí poptávka po těchto komoditách v asijských zemích.

Ekonomický růst a s ním spojené rostoucí důchody obyvatel především v Číně a Indii zvyšují jejich životní úroveň a tím i poptávku po ropě, která je hlavním palivem do automobilů, zemním plynu a uhlí, ze kterých se vyrábí elektrická energie. Tento stav potvrzuje i pozitivní vzájemná korelace mezi ropou, zemním plynem a hrubým domácím produktem regionu východní Asie a Pacifik. Uhlí má s tímto regionem taktéž pozitivní korelaci, avšak ne tak silnou. To může být způsobeno nahrazováním spotřeby uhlí spotřebou zemního plynu, která je spojena s ekonomickým pokrokem a tlakem na snižování emisí.

Již dnes těžební společnosti přeorientovávají se svými ropovody a plynovody na nové asijské lokality. Do budoucna tak budou Čína a Indie hrát významnou roli ve vývoji cen energetických komodit a to především volbou svojí energetické politiky.

Dalším významným faktorem, který bude v budoucnu ovlivňovat především ceny ropy a zemního plynu, jsou nekonvenční zdroje těchto komodit. Konvenční naleziště ropy budou během příštích několik desítek let vytěžena, což může představovat silný tlak na růst ceny, jelikož ropa zatím nemá plnohodnotný substitut, a také příležitost pro potenciální investory. Poněvadž nové možnosti těžby, díky kterým lze těžit nekonvenční zdroje ropy, mohou prodloužit výtěžnost ropy na neznámo jak dlouhou dobu, jelikož informace o objemech těchto nalezišť jsou zatím nejasné, mohou ceny ropy v budoucnu naopak klesat.

Za předpokladu normálních okolností na trhu je možné ceny energetických komodit predikovat pomocí Box-Jenkinsovy metodologie. Avšak především ropa je jako jedno z mála aktiv vysoce citlivé na politická rozhodnutí v místě těžby a jakékoliv náznaky pnutí v politických vztazích týkajících se největších producentů ropy se okamžitě promítají do jejich cen. Tyto faktory však nejsou teoretické modely schopny zachytit a jejich predikce v časech neočekávaných událostí selhávají. Ceny ropy jsou poměrně volatilní a pro investora je více než u jiných investic nutné sledovat kromě vývoje trhu také politickou situaci ve světě.

Taktéž metoda Value at Risk je spolehlivá pouze za normálních tržních okolností a ne vždy je schopna predikovat ztrátu portfolia, která nebude překročena. Důkazem byl nestandardní vývoj ceny ropy v roce 2014, kdy při zpětném testování v nejhorším případě až 22,6 % skutečných změn cen Brent na měsíčním horizontu držby překročilo hodnotu VAR.

V souhrnu předcházejících poznatků bude pro investora možná výhodnější investovat do ropy a potažmo energetických komodit spíše v krátkodobých horizontech než jejich dlouhodobé držení. Volatilní ceny energetických komodit však mohou pro investora pečlivě sledujícího trh představovat zajímavou možnost spekulace na vývoj ceny.

11 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo na základě analýzy významných faktorů ovlivňujících trhy cen energetických komodit formulovat investiční doporučení, zdali je vhodné zařadit tyto komodity do investičního portfolia.

Prvním dílčím cílem naplňující cíl hlavní bylo identifikovat na základě studia soudobé odborné literatury a vědeckých článků hlavní poznatky o investování na komoditních trzích. Komodity můžeme dělit do několika kategorií, tato diplomové práce se zaměřila na energetické komodity, konkrétně pak ropu, zemní plyn a uhlí.

Před finanční krizí v roce 2009 byla výnosnost komodit a akcií velice podobná, avšak v posledních šesti letech se ceny komodit vyvíjí mnohem volatilněji než je tomu u akcií. Dle studie jsou komoditní futures negativně korelovány jak s akciemi tak dluhopisy a představují efektivní způsob diverzifikace portfolia. Avšak platnost tohoto tvrzení se liší pro jednotlivé komodity. Na druhou stranu lze komodity použít jako prvek zajištění proti inflaci, jelikož vykazují pozitivní vzájemnou korelaci s inflací.

Protože jsou energetické komodity obchodovány především v amerických dolarech, je pro každého investora, jehož domácí měnou není americký dolar, nutné v investici zohlednit devizové riziko.

Druhým dílčím cílem bylo na základě analýzy trhů vybraných komodit identifikovat hlavní faktory, které ovlivňují daný trh. Z analýzy trhů jednotlivých energetických komodit vyplynulo, že všechny tyto komodity mají na trhu s energiemi významnou a v současnosti nezastupitelnou roli, jelikož zatím neexistují substituty, které by je mohly nahradit v plné míře.

Nabídka ropy se dříve vyznačovala klesající tendencí. Jednotlivá ložiska byla postupně vytěžena, avšak zlom přinesla těžba nekonvenčních zdrojů ropy, která podstatně zvýšila zásoby tohoto klíčového artiklu. Podobný vývoj platí i pro zemní plyn. Díky nekonvenčním zdrojům se mnohonásobně zvýšily zásoby, které tak vydrží mnohem déle než rezervy ropy. Předpokládá se, že díky nízkým emisím se zemní plyn stane palivem budoucnosti. Přestože by mnozí očekávali, že uhlí má svá nejlepší léta za sebou, není tomu tak. Je to nejvíce využívané palivo v rozvojových zemích a také pro mnoho zemí nejlépe dostupné. Díky novým technologiím, které sníží emise, které vznikají spalováním uhlí a vysokým zásobám uhlí ve světě, se dá očekávat, že i nadále bude hrát na trhu velmi významnou roli.

V současnosti se ropa využívá především k výrobě pohonu pro motorová vozidla, zemní plyn slouží hlavně k vytápění a uhlí k výrobě elektrické energie. Poptávková strana trhů bude v příštích desetiletích závislá především na vývoji v pacifické Asii, konkrétně pak Číně a Indii, kde roste spolu s životní úrovní obyvatel také poptávka po energiích.

Analýza vývoje ceny jednotlivých komodit ukázala, že ceny ropy a zemního plynu jsou více náchylné na ekonomický cyklus a politické události, zatímco ceny uhlí se více odvíjí od stavu nabídky a poptávky na trhu.

Třetím dílčím cílem bylo na základě zpracované korelační analýzy a zjištěných relativních měr závislostí mezi jednotlivými energetickými komoditami, akciovým

indexem S&P 500 a vývojem růstu HDP ve vybraných významných politických a ekonomických oblastech identifikovat shodné či odlišné znaky ve vývoji cen energetických komodit. Korelační analýza potvrdila, že ceny jednotlivých energetických komodit jsou ovlivňovány podobnými ekonomickými a politickými faktory. Mezi všemi cenami energetických komodit existuje pozitivní vzájemná korelace, díky níž by bylo nevhodné sestavit celé investiční portfolio pouze z energetických komodit, protože tyto komodity mají malý vliv na diverzifikaci portfolio.

Dále zpracovaná korelační analýza prokázala, že ropa a zemní plyn jsou cyklické investice, jejichž ceny se pohybují stejně jako ekonomický cyklus ve většině politicky a ekonomicky významných oblastech. K výrazně odlišným výsledkům však analýza dospěla při korelaci HDP Evropské unie a cen ropy a zemního plynu. V případě ekonomického cyklu Evropské unie jsou všechny energetické komodity necyklickými investicemi. Jedinou komoditou, která se vyvíjí zcela opačně vůči ekonomickým cyklům ve většině vybraných oblastí, je uhlí, tento vývoj však mohl být ovlivněn zvolenými cenami uhlí.

Na základě vzájemné korelace cen energetických komodit a akciového trhu, reprezentovaného akciovým indexem S&P 500, bylo prokázáno, že mezi cenami těchto aktiv neexistuje lineární závislost, avšak tyto výsledky se výrazně změnily při rozdělení časové řady na období před finanční krizí a po ní. V období před finanční krizí (do září 2008) existuje mezi všemi energetickými komoditami a akciovým indexem negativní korelace a investicí do energetických komodit tak může být diverzifikováno akciové portfolio. Tento vztah se však v období po krizi mění. Jediným aktivem, které si zachovává nepřímou lineární závislost vůči akciovému indexu, je zemní plyn.

Čtvrtým dílčím cílem bylo na základě zpracování modelů jednotlivých časových řad cen energetických komodit vytvořit predikce budoucího vývoje těchto cen. Skutečné ceny energetických komodit se v první polovině roku 2014 ve všech čtyřech zkoumaných případech pohybovaly v oscilačních pásmech stanovených predikcemi modelů. Nejvěrohodnější byla predikce cen ropy WTI, která byla nejbližší skutečným cenám. Predikci ceny zemního plynu se pak podařilo zachytit trend vývoje skutečných cen. Celkově tak lze predikce cen energetických komodit vytvořené pomocí Box-Jenkinsovy metodologie označit za věrohodné a zdařilé.

Avšak již při tvorbě modelu se objevily problémy s výraznými propady ceny, které byly způsobeny neočekávanými událostmi na trzích. Takovéto události není Box-Jenkinsova metodologie schopna zachytit a její predikce je tak použitelná pouze v případě normálních okolností na trzích.

Pátým dílčím cílem byla kvantifikace rizika alternativních investičních portfolio a změn jejich vlastností při přidání energetických komodit do zkoumaných portfolio. Pro kvantifikaci rizika podstupovaného investorem při zařazení energetických komodit do portfolio bylo využito metody historické simulace Value at Risk.

Nejnižších hodnot VAR a tím nejlepších výsledků pro investora bylo dosaženo na všech časových horizontech v případě investice do uhlí. S tím také souvisí stanovení velikosti vah jednotlivých energetických komodit v portfolio složeném pou-

ze z těchto komodit. Lepších výsledků dosáhlo portfolio s rovnoměrným zastoupením všech energetických komodit, protože v něm bylo vyšší zastoupení uhlí.

Přestože korelační analýza vyhodnotila jako nejvhodnější k diverzifikaci akciového portfolia zemní plyn, neprokázalo se, že by mělo portfolio složené výhradně z akcií a zemního plynu nižší hodnoty VAR než akciové portfolio. Je to způsobené vysokými hodnotami VAR pro zemní plyn. Avšak v případě zahrnutí uhlí do akciového portfolia přináší takové portfolio investorovi nižší riziko než portfolia složená ze všech energetických komodit a akcií nebo samotných akcií.

V případě zahrnutí devizového rizika, které je český investor nucen postoupit při zahraniční investici, dochází ve většině případů k mírnému poklesu podstupovaného rizika. To bylo způsobeno výrazným oslabením české koruny vůči americkému dolaru po intervenci České národní banky v listopadu 2013, což českým investorům částečně kompenzovalo ztráty. Opakem je však uhlí, jehož hodnoty VAR jsou na všech časových horizontech v případě investice v českých korunách vyšší než v amerických dolarech. To je také důvodem, proč ze srovnání hodnot VAR portfolia složeného z uhlí a akcií při investici v českých korunách s investicemi do stejného portfolia, ale v amerických dolarech vyplývá, že investice v CZK přináší vyšší ztráty a investor podstupuje vyšší riziko.

Zpětné testování prokázalo, že ne všechny vypočtené hodnoty VAR jsou stejně spolehlivé. Skutečné změny cen zemního plynu a uhlí jen velmi zřídka překračují ztrátu vypočtenou metodou historické simulace, naopak je tomu u cen ropy. Ropa však v roce 2014 zaznamenala nebývalý pokles cen, který byl způsoben převisem nabídky nad poptávkou. Z tohoto důvodu došlo ke zkrácení období, za které byla vypočtena hodnota VAR pouze na rok 2014. Nový model lépe zachytil stávající situaci na trhu a jeho výsledky lze označit za spolehlivé. Při výpočtu hodnoty VAR metodou historické simulace je tak nesmírně důležité zvolit správné časové období pro výpočet VAR, aby alespoň částečně odpovídalo skutečným podmínkám na trhu.

Na závěr práce bylo formulováno investiční doporučení, které shrnulo veškeré poznatky získané v předchozích kapitolách. Obecně se investiční doporučení týkalo faktorů ovlivňující ceny energetických komodit, korelací, modelů cen energetických komodit a optimálních vah energetických komodit v portfoliu.

12 Literatura

ALEXANDER, Carol. *Market risk analysis: Value at Risk Models*. Hoboken, NJ: Wiley, 2008-, v. < 2-4 >. ISBN 97804709978884.

American shale revolution ends Saudi Arabia's reign as oil king. *The Times (United Kingdom)* [online]. 2014, s. 33-33 [cit. 2014-11-28]. Dostupné na: <http://www.thetimes.co.uk/tto/business/industries/naturalresources/article4234447.ece>.

BARTIS, J.: *Oil shale development in the United States: prospects and policy issues*. Santa Monica, Calif.: RAND, c2005, xix, 68 p. ISBN 08-330-3848-6.

BRITISH PETROLEUM. *Statistical Review of World Energy 2014*. [online]. June 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

BROWN, Jason P. Production of Natural Gas From Shale in Local Economies: A Resource Blessing or Curse?. *Economic Review (01612387)* [online]. 2014, s. 5-33 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=8e52977d-fcec-415d-8264-41c968ecdf89%40sessionmgr4001&hid=4102&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=bth&AN=95705685>.

CÍLEK, Václav, Martin KAŠÍK a Tomáš RULLER. *Nejistý plamen: průvodce ropným světem*. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Dokořán, 2008, 239 s., [16] s. obr. příl. ISBN 978-80-7363-218-2.

CRETI, Anna, Marc JOËTS and Valérie MIGNON. *On the links between stock and commodity markets' volatility*. *Energy Economics*, Volume 37, May 2013, Pages 16-28, ISSN 0140-9883, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2013.01.005>.

Čína koupí od Ruska další plyn. Bude větším odběratelem než Evropa. In: *Hospodářské noviny* [online]. 9. 11. 2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-63083840-cina-koupi-od-ruska-dalsi-plyn-bude-vetsim-odberatelem-nez-evropa>.

EFIMOVA, Olga and Apostolos SERLETIS. *Energy markets volatility modelling using GARCH*. *Energy Economics*, Volume 43, May 2014, Pages 264-273, ISSN 0140-9883, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.018>.

ENGERER, Hella, Franziska HOLZ, Philipp M. RICHTER, Christian VON HIRSCHHAUSEN a Claudia KEMFERT. *European Natural Gas Supply Secure Despite Political Crises*. *DIW Economic Bulletin* [online]. 2014, vol. 4, issue 8, s. 3-15 [cit.

2014-12-16]. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=15&sid=8e52977d-fcec-415d-8264-41c968ecdf89%40sessionmgr4001&hid=4102&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=bth&>.

ETFs: Exchange Traded Funds [online]. 2015 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://etfs.cz/>.

FABOZZI, Frank J, Roland FUSS and Dieter G KAISER. *The handbook of commodity investing*. Hoboken, N.J.: Wiley, c2008, xxii, 986 s. Frank J. Fabozzi series. ISBN 139780470117644.

FROGGATT, Antony. The Climate and Energy Security Implications of Coal Demand and Supply in Asia and Europe. *Asia Europe Journal* [online]. 2013, vol. 11, issue 3, s. 285-303 [cit. 2015-01-16]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10308-013-0356-4>. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=1bc10f76-712d-4238-b700-3dc42e041618%40sessionmgr4001&vid=17&hid=4202>

GARNER, Carley a Radomír ČÍŽEK. *Komodity: úvod do investování na nejrychleji rostoucím trhu*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2014, 296 s. ISBN 978-80-265-0019-3.

GÉNY, Florence. *Can Unconventional Gas be a Game Changer in European Gas Market?* [online]. 2010 [cit. 2015-01-03]. ISBN 978-1-907555-17-6. Dostupné z: <http://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2011/01/NG46-CanUnconventionalGasbeaGameChangerinEuropeanGasMarkets-FlorenceGeny-2010.pdf>.

GORTON, Gary B. and ROUWENHORST, K. Geert. *Facts and Fantasies about Commodity Futures*. *Financial Analysts Journal*, Vol. 62, No. 2, pp. 47-68, April 2006.

HAMPEL, David, Veronika BLAŠKOVÁ a Luboš STŘELEČEK. *Ekonometrie 2*. 1. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2011, 147 s. ISBN 978-80-7375-540-9.

HINDLS, Richard. *Statistika pro ekonomy*. 8. vyd. Praha: Professional publishing, 2007, 415 s. ISBN 9788086946436.

HOLZ, Franziska, Philipp M. RICHTER a Christian VON HIRSCHHAUSEN. *Structural Shift in Global Natural Gas Markets--Demand Boom in Asia, Supply*

JACOBY, Henry D., Francis M. O'SULLIVAN a Sergey PALTSEV. *The Influence of Shale Gas on U.S. Energy and Environmental Policy* [online]. November 2011 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://globalchange.mit.edu/research/publications/2229>.

JORION, Philippe. *Value at risk: the new benchmark for managing financial risk*. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, c2001, xxxi, 544 p. ISBN 0071355022.

JOSKOW, Paul L. Natural Gas: From Shortages to Abundance in the United States. *American Economic Review* [online]. 2013, vol. 103, issue 3, s. 338-343 [cit. 2014-12-16]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.3.338>. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=31&sid=8e52977d-fcec-415d-8264-41c968ecdf89%40sessionmgr4001&hid=4102&bdata=JmxhbmMc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=eoh&AN=1359832>.

KAŠPAROVSKÁ, Vlasta, Petr TOMAN a Jana LAŠTŮVKOVÁ. *BANKOVNICTVÍ II. Vybrané kapitoly z bankovního řízení*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 129 s. 1. ISBN 978-80-7509-128-4.

KOCH, Nicolas. *Tail events: A new approach to understanding extreme energy commodity prices*. *Energy Economics*, Volume 43, May 2014, Pages 195-205, ISSN 0140-9883, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.015>.

LI, Hengchong, Siyu YANG, Jun ZHANG, Andrzej KRASLAWSKI a Yu QIAN. Analysis of Rationality of Coal-Based Synthetic Natural Gas (SNG) Production in China. *Energy Policy* [online]. 2014, vol. 71, s. 180-188 [cit. 2014-12-16]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.018>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514002341#>.

LU, Weiwei, Meirong SU, Yan ZHANG, Zhifeng YANG, Bin CHEN a Gengyuan LIU. Assessment of energy security in China based on ecological network analysis: A perspective from the security of crude oil supply. *Energy Policy* [online]. 2014, vol. 74, s. 406-413 [cit. 2014-11-28]. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.08.037.

Modern Shale Gas Development in the United States: An Update 2013. U. S. Department of Energy [online]. Dostupné z: <http://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Oil-Gas/shale-gas-primer-update-2013.pdf>.

NESNÍDAL, Tomáš a Petr PODHAJSKÝ. *Obchodování na komoditních trzích: průvodce spekulanta*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2006, 200 s. ISBN 80-247-1851-0.

OKD: OKD je jediným producentem černého uhlí v České republice. [online]. 2012 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs>.

OPEC se mýlí, když si myslí, že dokáže porazit USA v cenách ropy. *Eakcie* [online]. 3. 12. 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.eakcie.cz/zpravy/opec-se-myli-kdyz-si-mysli-ze-dokaze-porazit-usa-v-cenach-ropy/>.

OPEC. *World Oil Outlook 2014* [online]. 2014 [cit. 2014-12-07]. ISBN 978-3-9502722-8-4. Dostupné z: http://www.opec.org/opec_web/en/publications/340.htm.

Petroleum.cz [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/index.aspx>.

Prospects: Commodity Market. *The World Bank* [online]. 2014 [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/0,,contentMDK:21574907~menuPK:7859231~pagePK:64165401~piPK:64165026~theSitePK:476883,00.html>.

Při investici dejte pozor na měnové kurzy. *Finez: Jak investovat* [online]. 2012 [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://www.finez.cz/odborne-clanky/jak-investovat/pri-investici-dejte-pozor-na-menove-kurzy/>.

REDDEN, Jim. *Canadian Shales Shift Focus To Tight Oil, But Drilling Down*. World Oil [online]. 2013, vol. 234, issue 5, s. 78-85 [cit. 2014-11-28]. Dostupné na: <http://www.worldoil.com/May-2013-Canadian-shales-shift-focus-to-tight-oil-but-drilling-down.html>.

ROGERS, Jim. *Žhavé komodity: jak může kdokoliv investovat se ziskem na světových trzích*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 240 s. ISBN 978-80-247-2342-6.

Ropa.cz: Komodity, těžba ropy a vývoj cen ropy [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.ropa.cz/>.

S&P 500: Historical Prices. *Yahoo: Finance* [online]. 2015 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC+Historical+Prices>.

Saudi-US supply war slashes crude oil prices. *ABC Premium News* [online]. 2014 [cit. 2014-11-28]. Dostupné na: <http://www.abc.net.au/news/2014-11-06/us-reassumes-role-as-major-global-oil-producer/5871050>.

Shale in the United States. *U. S. Energy Information Administration* [online]. September 2014 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: http://www.eia.gov/energy_in_brief/article/shale_in_the_united_states.cfm.

SHIVELY, Bob a John FERRARE. *Understanding today's natural gas business* [online]. Edition 6.0. San Francisco, CA: Enerdynamics, 2011 [cit. 2014-12-24]. ISBN 978-097-4174-402. Dostupné z: <http://www.amazon.com/Understanding-Todays-Natural-Gas-Business/dp/0974174408>.

Shock in the US. *DIW Economic Bulletin* [online]. 2013, vol. 3, 11/12, s. 13-20 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=8e52977d-fcec-415d-8264->

41c968ecdf89%40sessionmgr4001&hid=4102&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=bth&.

SCHENK, C. J., *An estimate of undiscovered conventional oil and gas resources of the world, 2012*: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2012-3042, 6 p.

SMITH, Keith C. Europe's fear of fracking: security and commercial implications. *International Shale Gas and Oil Journal* [online]. October 2013, č. 1 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: http://cepa.org/sites/default/files/documents/Keith%20Smith_International%20Shale,%20Gas%20and%20Oil%20Journal_October%202013.pdf.

UMBACH, Frank. The Unconventional Gas Revolution and the Prospects for Europe and Asia. *Asia Europe Journal* [online]. 2013, vol. 11, issue 3, s. 305-322 [cit. 2014-12-16]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10308-013-0355-5>. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=8e52977d-fcec-415d-8264-41c968ecdf89%40sessionmgr4001&vid=30&hid=4102>.

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Oil* [online]. 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.energy.gov/oil>.

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. *The How's and Why's of Replacing the Whole Barrel*. [online]. October 2011 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://energy.gov/articles/how-and-whys-replacing-whole-barrel>.

U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Annual Energy Outlook 2014: with projections to 2040* [online]. May 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/index.cfm>.

U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Shale in the United States*. [online]. September 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: http://www.eia.gov/energy_in_brief/article/shale_in_the_united_states.cfm.

U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Who are the major players supplying the world oil market?* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: http://www.eia.gov/energy_in_brief/article/world_oil_market.cfm.

U.S. shale oil' surge won't hurt Canada. *Toronto Star (Canada)* [online]. 2013 [cit. 2014-11-28]. Dostupné z: <http://www.thestar.com/search.html?q=U.S.+shale+oil%27+surge+won%27t+hurt+Canada>.

Vybrané devizové kurzy. *Česká národní banka* [online]. 2015 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/vybrane_form.jsp.

WANG, Jianliang, Lianyong FENG a Gail E. TVERBERG. An Analysis of China's Coal Supply and Its Impact on China's Future Economic Growth. *Energy Policy* [online]. 2013, vol. 57, s. 542-551 [cit. 2015-01-16]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.02.034>. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0301421513001195/1-s2.0-S0301421513001195-main.pdf?_tid=5aa5cbde-9d5e-11e4-8f6d-00000aab0f01&acdnat=1421399110_4aa27ff505edd64140ac5f517c31bd28

WORLD COAL ASSOCIATION. *Coal Matters: Coal and Electricity Generation* [online]. 2012 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/coal-matters/>.

WORLD COAL ASSOCIATION. *Coal Matters: Coal in the Global Energy Supply* [online]. 2012 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/coal-matters/>

WORLD COAL ASSOCIATION. *Coal Matters: Global Availability of Coal* [online]. 2012 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/coal-matters/>.

WORLD COAL ASSOCIATION. *Divestment and Future Role of Coal* [online]. 2012 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/coal-matters/>.

WORLD COAL INSTITUT. *The Coal Resource: A Comprehensive Overview of Coal* [online]. 2009 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_resource_overview_of_coal_report%2803_06_2009%29.pdf.

WORLD PETROLEUM COUNCIL. *Unconventional Gas* [online]. 2012 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www.world-petroleum.org/index.php?/Education-Series/guidebook-gas.html>.

WPC Yearbook 2014: Official Congress Publication for the 21st WPC, Moscow, Russia [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.world-petroleum.org/index.php?/Special-Publications/>.

Zemní plyn [online]. 2010 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>.

13 Seznam příloh

Příloha 1: K diplomové práci je přiloženo CD s výpočty.

Na tomto CD se nacházejí dva soubory. První s názvem Korelace.xlsx obsahuje použitá data a výpočty korelací. Druhé s názvem VAR.xlsx obsahuje taktéž použitá data, veškeré pomocné tabulky a výpočty.