

Vysoká škola ekonomická v Praze

Národohospodářská fakulta

Obor: Ekonomie



Analýza vlivu vybraných faktorů na cenu černého uhlí

Bakalářská práce

Autor: Daniel Švec

Vedoucí práce: Mgr. Ing. Miroslav Zajíček, Ph.D., M.A.

Rok: 2015

Prohlašuji na svou čest, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Praze, dne 17. 8. 2015

Daniel Švec

Poděkování:

Tímto způsobem bych chtěl poděkovat Mgr. Ing. Miroslavu Zajíčkovi, Ph.D., M.A za vedení mé práce a za cenné připomínky. Dále bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Gavorovi CSc. za poskytnuté informace a materiály k mé práci. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům a své přítelkyni za trpělivost při psaní mé práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vztahy mezi cenou černého energetického uhlí a vybraných veličin na evropském trhu. Popisuje princip obchodu s černým uhlím na domácí i mezinárodní úrovni a shrnuje tvorbu ceny černého uhlí. Zjišťuje vztah mezi cenou černého uhlí a cenou jeho nejbližších substitutů. Za pomoci regresní analýzy vyhodnocuje veličiny, které nejvíce ovlivňují cenu. Ukazuje se, že cena černého uhlí dlouhodobě kopíruje trend svých substitutů, energetických komodit. Růst ceny ropy o jeden dolar za MWh ovlivní cenu uhlí pozitivně o 0,18 dolaru za MWh. Během období boomu cen energetických komodit rostla cena uhlí průměrně o 6,55 dolaru za MWh více nežli cena ropy.

Abstract

The bachelor thesis deals with the relationship of the price of thermal coal and chosen variables on the European market. It describes principles of business with coal on both local and international basis and summarizes pricing of thermal coal. It examines the connection of the price of thermal coal with the price of its closest substitutes. Using regression analysis it determines variables that have the biggest impact on the price. It is shown, that in the long run, the price of thermal coal follows the pattern of its substitutes, energy commodities. An increase of crude oil price by one dollar MWh increases the price of coal by 0,18 dollars per MWh. During a period of boom of energy commodity prices, the price of coal rose on average 6,55 dollars per MWh more than the price of oil.

Klíčová slova: Černé uhlí, ropa, zemní plyn, obchod, dopravní náklady

Key words: Thermal coal, crude oil, natural gas, business, transport costs

JEL klasifikace / JEL classification: Q310, Q410, L710

Obsah

Úvod.....	7
1. Uhlí.....	9
1.1 Vznik uhlí.....	9
1.2 Typy uhlí	10
1.3 Odhady zásob uhlí.....	12
1.3.1 Situace ve světě	12
1.3.2 V České Republice	13
1.4 OKD	14
1.5 Těžba ve světě	15
2. Obchod s černým uhlím	15
2.1 Charakteristika trhu s černým uhlím	15
2.1.1 Lokální trh	17
2.1.2 Mezinárodní trh	17
2.2 Obchodování	20
2.3 Indexy.....	21
2.3.1 Indexy API	21
2.3.2 Index CAPP	21
2.4 Trendy ceny koksovatelného uhlí.....	21
2.5 Cenotvorba na trhu s uhlím	22
2.5.1 Cenotvorba na domácím trhu	23

2.6	Review literaturey	24
2.6.1	Diskuze literatury	26
3.	Hypotéza.....	27
4.	Data	28
5.	Proměnné.....	29
5.1	Vysvětlovaná proměnná	29
5.2	Vysvětlující proměnné	29
6.	Regresní model.....	34
6.1	Předpoklady modelu.....	34
6.2	Model.....	34
6.3	Statistická verifikace	37
6.4	Ekonomická verifikace.....	37
6.5	Ekonometrická verifikace.....	39
6.6	Rozšíření modelu.....	40
	Závěr.....	44
7.	Seznam Literatury	45
8.	Seznam grafů	50
9.	Seznam obrázků	50
10.	Seznam tabulek.....	50
11.	Přílohy	50

Úvod

Téma zabývající se energetikou, specificky faktory ovlivňující cenu uhlí, jsem si pro svou bakalářskou práci vybral z důvodu zájmu o téma energetiky a díky dostatečnému přístupu k informacím na dané téma.

Při vypracovávání své práce se budu dotýkat prací sepsaných jak domácími, tak zahraničními autory, zabývající se problematikou cen uhlí, potažmo černého uhlí. Ve své práci budu používat podobný model, jako používá Ing. Martin Křesťan (2004) ve své diplomové práci, která se, mimo jiné, zabývá vzájemným vztahem cen energetických komodit a elektrické energie na americkém trhu. Mnou vytvořený model bude testovat hypotézu, která zní: **cena černého uhlí je úzce spojena s jeho substituty**. Jako hlavní substituty černého uhlí stanovuji zemní plyn a ropu, neboli topné oleje, které se z ropy vytvářejí. Odlišnosti od modelu Ing. Martina Křesťana (2004) jsou v zasazení modelu na evropský trh a opomenutí ceny elektrické energie jako vysvětlující proměnné. Důvody pro opomenutí proměnné budou diskutovány v práci. Dále do modelu přidávám další proměnné, které by měly lépe vysvětlit situaci na evropském energetickém trhu. V postupu vypracovávání práce budu postupovat následovně. Nejdříve sepiši úvod do problematiky týkající se uhlí jak v České republice, tak v zahraničí. Dále se budu zabývat popisem mezinárodního obchodu s uhlím, jelikož uhlí je světově obchodovatelná komodita a obchod s ní je prováděn na několika úrovních. Následně udělám rozbor a diskuzi světové literatury zabývající se problematikou cen energetických komodit a jejich provázanosti. V poslední části své práce představím model regresní analýzy. Tento model mi umožní zjistit, jestli je vztah na Evropském trhu stejný jako na Americkém, a jestli do hry vstupují i další proměnné.

Inspirací pro mé zkoumání mi, mimo jiné, posloužily dva články. Andy Roberts a Gary Hunt (2004) se zabývají právě velikostí vlivu substitutů, zejména zemního plynu, na cenu obchodovatelného uhlí. Cenou uhlí a převážně vývojem cenového trendu po finanční krizi se zabývá autor Karel Hlaváček (2010). Oba články se snaží charakterizovat cenotvorbu uhlí a upřesnit faktory, které tuto cenu ovlivňují. Tato bakalářská práce navazuje na uvedené články a zkoumá jejich závěry. Oba články ve větší či menší míře

připouštět vliv substitutů uhlí na jeho cenu. Tyto jejich poznatky mi posloužili jako odrazný kámen k dalšímu průzkumu.

Téma energetiky se v poslední době dostává do popředí převážně kvůli rychle se zvyšující poptávce po energiích, způsobené stálým technologickým pokrokem. Celá Evropská unie navíc čelí stále většímu zaměřování se na obnovitelné zdroje energie a bojuje proti znečišťování ovzduší, způsobeném spalováním fosilních paliv. I přesto se očekává nárůst podílu uhlí v energetickém mixu, přičemž již nyní je uhlí odpovědné za výrobu 41 % veškeré vyrobené elektrické energie a používá se jako palivo pro výrobu 70 % světově vyrobené oceli (Tradition Group, 2013). Dá se tedy konstatovat, že uhlí stále hraje podstatnou roli v energetickém sektoru a nebude v nijak blízké době nahrazeno alternativním zdrojem energie. Lze se tedy říct, že do budoucna je důležité zkoumat, které faktory nejvíce ovlivňují právě cenu černého uhlí.

1. Vznik uhlí

Z geologického hlediska je vznik a tvorba uhlí nesmírně zdoluhavým procesem, který trvá desítky až stovky milionů let. Nejstarší ložiska uhlí jsou datována na stáří až 300 milionů let (Švecová, 2012). Uhlí, které v dnešní době tak hojně využíváme, vzniklo v pravěku hlavně ve dvou časových obdobích. Prvním obdobím jsou prvohory, převážně období karbonu a permu, kdy vznikalo hlavně černé uhlí. Druhým obdobím jsou druhohory, přesněji řečeno období křídy a jury, kdy se formovalo mladší, hnědé uhlí.

Jakékoliv uhlí má biologický počátek. Na rozdíl od ropy a zemního plynu, které jsou anorganického původu, uhlí vzniklo z pravěkých odumřelých rostlin, převážně přesliček, které rostly v povodích a níže položených oblastech. Po odumření tyto rostliny pomalu klesly na dno bažin. Díky nedostatku kyslíku, nebyly schopny se pomocí normálních biologických procesů rozložit. Tuto vrstvu poté překryly další vrstvy biologického materiálu, k čemu hojně přispívaly všemožné katastrofy. Takto vzniklá hmota, která připomínala rašelinu, poté sestoupila do hlubších částí zemského povrchu. Za působení vysokých tlaků a teplot se začala ze sloučeniny vytrácet voda s kyslíkem a díky tomu stoupal procentuální obsah uhlíku ve sloučenině. Takto vzniklé uhlí získávalo na kvalitě s délkou probíhajícího procesu. Tím nejkvalitnějším druhem uhlí je grafit, který má téměř stoprocentní podíl uhlíku. (OKD (a), 2012)

Zjednodušená rovnice vyjadřující tento proces zní: Biologický materiál = oxid uhličitý + voda + metan + uhlík (uhlí) (OKD (a), 2012)

Obrázek 1: Proces vzniku uhlí



Zdroj: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-uhli-vzniklo>

Studie udávají, že na tvorbu uhelné sloje o síle jednoho metru je vyžadována až třicetimetrová vrstva rašeliny. I když tyto procesy probíhají neustále, bude trvat desítky až

stovky milionů let než budou suroviny připravené k těžbě. Proto uhlí řadíme mezi neobnovitelné zdroje.(OKD (a), 2012)

1.2 Typy uhlí

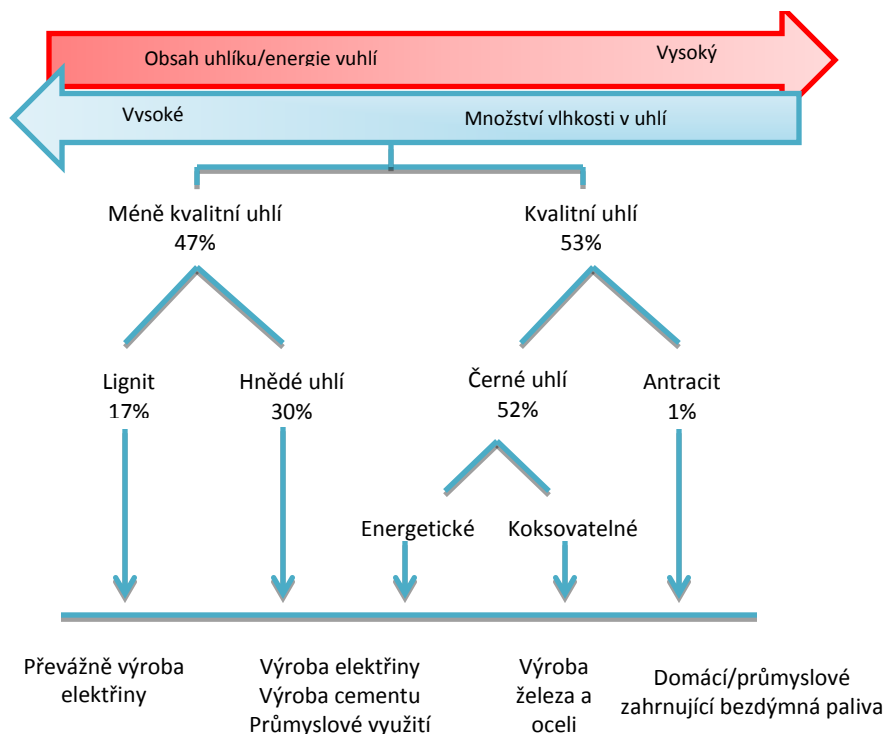
Takto přeměněné uhlí se dělí dle stádia prouhelnění, které určuje procentuální podíl uhlíku a další fyzikální a chemické vlastnosti. Geologicky mladší uhlí bývá měkčí a s větším podílem vody, což mu dává nižší výhřevnost než svým starším protějškům. Dle stáří se řadí takto: lignity, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit.(World coal, 2015) Důležitou charakteristikou uhlí je výhřevnost. Výhřevnost uhlí se definuje jako teplo uvolněné shořením paliva na plynný oxid uhličitý, oxid siřičitý, dusík a vodní páru (OKD (b), 2012).

Dělení dle výhřevnosti (OKD (b), 2012)

typ	podíl uhlíku	výhřevnost
Lignit	30 – 50 procent	asi 13MJ/kg
Hnědé uhlí	50 – 80 procent	15 – 20 MJ/kg
Černé uhlí	80 – 90 procent	26 – 30 MJ/kg
Antracit	nad 90 procent	18 – 36 MJ/kg

Následná tabulka shrnuje zmíněné rozdělení. Zobrazená procenta udávají podíl na světových rezervách a poznámky pod čarou udávají základní použití daného typu uhlí.

Obrázek 2: Typy a využití uhlí



Vlastní zobrazení podle Worldcoal institute

Z praktického hlediska se uhlí dělí na koksovatelné, energetické, zplynovatelné a pro chemické účely, nejčastěji jako sorbenty.

Koksovatelné uhlí: koksování je soubor procesů, které probíhají při řízeném ohřevu uhlí za nepřístupu vzduchu. Pro proces koksování se hodí pouze černé uhlí, které má vyhovující vlastnosti (Jirásek, Vavro, 2008). Koksované uhlí se používá jako vysokovýhřevné palivo v hutnických pecích a jako redukční činidlo. Díky své čistotě při spalování je to také jediný typ uhlí povolený jako palivo v centrech měst. Koksované uhlí je nejvyšší kvality černé uhlí. (OKD (c), 2012)

Energetické uhlí: Černé uhlí nižší kvality než koksovatelné a hnědé uhlí. Používají se jako palivo do elektráren pro výrobu elektrické energie.

Zplynovatelné uhlí: uhlí, které je přeměněno z organického materiálu na hořlavý plyn, za pomoci procesu zplynování. Zplynované uhlí se používá jako palivo do moderních uhelných elektráren, jelikož tento proces ho zbaví mnohých škodlivin a následné spalování je ekologičtější. Pro tento účel se používá převážně hnědé uhlí.

Sorbenty: Sorbenty jsou tuhé látky s porézní strukturou, které dokáží zachycovat některé složky z kapalných a plyných směsí. Na výrobu sorbentů se hodí uhlí všech kategorií prouhelnění. (Jirásek, Vavro, 2008)

1.3 Odhady zásob uhlí

1.3.1 Situace ve světě

Nespornou výhodou uhlí je fakt, že je to nejčastěji se vyskytující fosilní palivo na planetě. Těžitelné zásoby má více než 75 zemí světa. I přes pomalý neustávající nárůst spotřeby uhlí, odhady zmiňují, že světové zásoby se pohybují v číslech vyšších jak 891 miliard tun (British petroleum, 2015). Tyto zásoby by při zachování současné spotřeby vydržely světu na dalších 113 let (World Energy Resources 2013 Survey, 2013). V porovnání s ostatními fosilními palivy je toto číslo obrovské. Zásoby ropy jsou odhadovány na 53 let a zásoby zemního plynu na 55 let.

Následující tabulka ukazuje velikost zásob uhlí v milionech tun a následný odhad zásob v letech. (World Energy Resources 2013 Survey, 2013)

Tabulka1: Zásoby uhlí ve světě

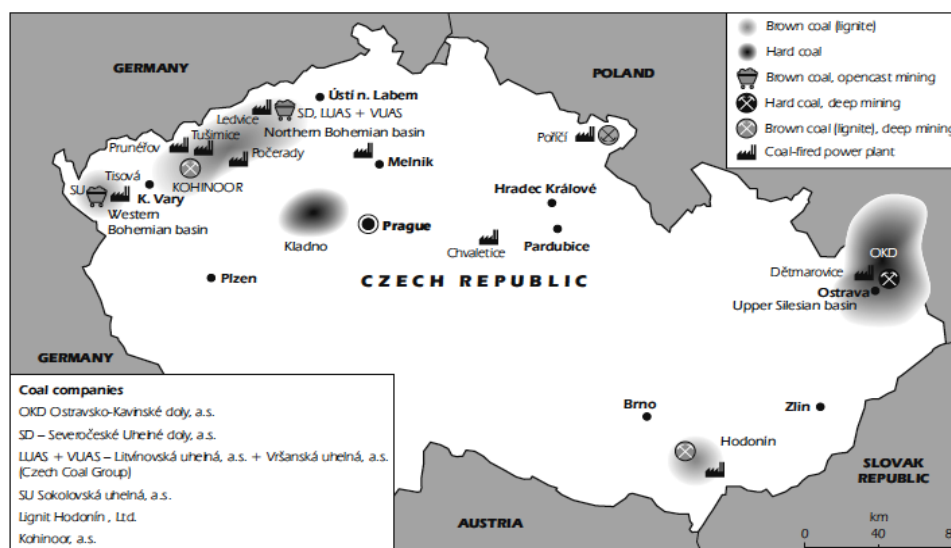
Země	Zásoby (2011)	roky do vypotřeбенí
USA	237 295	217
Rusko	157 010	480
Čína	114 500	34
Austrálie	76 400	191
Indie	60 600	117
Zbytek světa	245 725	136
Celkem	891 530	118

Zdroj: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf

1.3.2 Situace v České republice

Podle odhadů se v České republice nachází přibližně 10 miliard tun uhlí, z toho asi 5 miliard těžitelných. Struktura těchto zásob je následující: černé uhlí je zastoupeno 37 procenty, hnědé uhlí se podílí 60 procenty a lignit 3 procenty. Za rok se v celé republice vytěží asi 60 milionů tun uhlí, což představuje zhruba 0.7 procent světové produkce. (OKD (d), 2012) Následující obrázek ukazuje oblasti těžby a umístění elektráren v ČR.

Obrázek 3: Těžba černého uhlí v ČR



The boundaries and names shown and the designations used on maps included in this publication do not imply official endorsement or acceptance by the IEA.

Sources: Ministry of Industry and Trade, IEA Clean Coal Centre CoalPower5 database and IEA analysis.

Zdroj: Energy policies of IEA countries, The Czech Republic, 2010

Co se týče těžby černého uhlí, má Česká republika dlouholetou tradici. První zmínky se datují do osmnáctého století na Ostravsko. Rozmach hutnictví a výroby železa pouze podpořil těžbu a na konci devatenáctého století dosahovala těžba pouze na Ostravsku více než čtyř a půl milionu tun. S příchodem světových válek se těžba uhlí dostala na své maximum. Převážně během druhé světové války, kdy bylo kvalitní české uhlí potřeba pro důležitý metalurgický průmysl. (OKD (e), 2012) Po období revoluce začala transformační fáze uhelného průmyslu. Kvůli zachování stability celého důlního průmyslu byla zahájena restrukturalizace, která měla za důsledek likvidaci neefektivních dolů a útlum těžby ve zbývajících lokalitách. Kvůli snížené poptávce po uhlí se ukončila těžba ve 36 lokalitách. (Švecová, 2012)

1.4 OKD

Těžba černého uhlí v České republice je soustředěna do jižní části Hornoslezské uhelné pánve a je zastřešována pouze jedinou firmou. Touto firmou jsou Ostravsko-Karvinské doly a.s., zkráceně OKD. Černé uhlí je těženo pouze v hlubinných dolech prostřednictvím důmyslných šachet a systémů štol za pomoci mechanizovaných systémů. V současnosti probíhá těžební proces na ploše 133,65 km² ve třech důlních závodech. OKD k 1. 1. 2015 pozměnilo strukturu svých dolů na následující: (OKD (f), 2012)

Důlní závod 1: zahrnuje důl Darkov a důl Karviná

Důlní závod 2: zahrnuje důl ČSM

Důlní závod 3: zahrnuje důl Paskov

Firma OKD vlastní ještě čtvrtý závod, Důl Frenštát, který je ovšem v konzervačním režimu a to od roku 1991. Vytěžené uhlí je upravováno přímo v komplexech jednotlivých dolů a je tříděno dle kvalitativních parametrů na koksovatelné a energetické uhlí. Všechny závody OKD vytěží ročně asi 9 milionů tun černého uhlí, které je určeno jak pro český, tak zahraniční trh. Na domácí trh připadá asi polovina veškerého provedeného prodeje. OKD na tuzemském trhu převážně obchoduje s velkými partnery, kteří odebírají stovky tisíc tun ročně. Až 74 procent tuzemské produkce jde k pěti největším odběratelům: ArcelorMittal Ostrava a.s., MORAVIA STEEL a.s., OKK Koksovny a.s., Dalkia Česká republika a.s. a ČEZ a.s. Komunální sféra a menší průmyslové komplexy jsou pokryty prostřednictvím velkoobchodních firem, které odebírají uhlí v menších objemech. Uhlí určené pro export putuje převážně k odběratelům v Polsku, Německu, Rakousku, Maďarsku a na Slovensku. (OKD (g), 2012)

Zajímavostí je, že oproti ostatním zemím OECD je produktivita dolů OKD poměrně nízká. Nejproduktivnější země OECD dolují uhlí v objemu asi 10 000 tun na člověka za rok, kdežto OKD pouze v objemu nižším jak 1110 tun na člověka za rok (v roce 2008 bylo zaměstnáno 11 000 lidí a vyprodukováno méně než 13 milionů tun uhlí). Společnost nízkou produktivitu vysvětluje dlouhodobými kontrakty se zaměstnanci, které dovolují pouze pomalou redukci pracovní síly. (Křesťan, 2014)

1.5 Těžba ve světě

Celkem se ve světě vytěží kolem 7678 milionu tun uhlí ročně. Největšími producenty černého uhlí v zahraničí jsou Čína, USA, Indie, Austrálie a Indonésie. Těchto pět největších producentů vytěží 76 procent světové roční produkce uhlí. Je zajímavé podotknout, že samotná Čína vytěží 45 procent světové produkce.

Následující tabulka ukazuje největší světové producenty uhlí pro rok 2011 v milionech tun.

Tabulka 2: Světový producenti uhlí v roce 2011

Čína	3471	Rusko	334
USA	1004	JAR	253
Indie	585	Německo	189
Austrálie	414	Polsko	139
Indonésie	376	Kazachstán	117

Vlastní zobrazení podle: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf

2. Obchod s černým uhlím

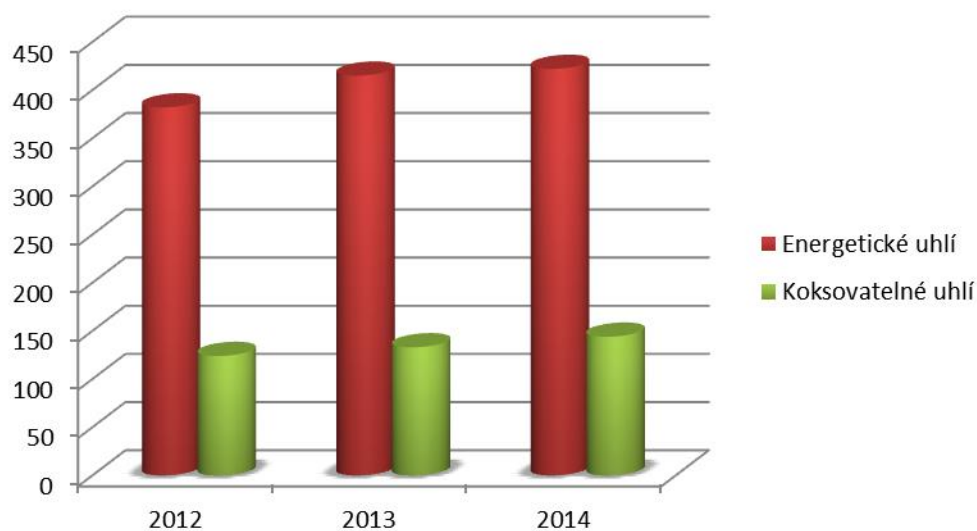
2.1 Charakteristika obchodu s černým uhlím

Jelikož je uhlí největší zdroj fosilních paliv, které se těží ve více než 75 zemích na světě, lze říci, že obchod s uhlím je celosvětově rozšířen. (Křest'an, 2014) Na začátku práce jsme rozdělili uhlí do dvou hlavních kategorií: na hnědé a černé. Hnědé uhlí je prakticky ve všech regionech svázáno s lokálním trhem a lokálními spotřebiteli, jelikož díky jeho malé energetické výhřevnosti by se nevyplatilo s ním obchodovat ve velkém na mezinárodní úrovni. Situace s černým uhlím je přesně opačná, a jelikož tato práce je zaměřena na analýzu faktorů ovlivňující cenu černého uhlí, tak se touto komoditou také bude primárně zabývat.

Trh s černým uhlím můžeme primárně rozdělit na trhy lokální a trhy mezinárodní. Jako lokální trh nám poslouží trh České republiky. Jak bylo již výše uvedeno, koksovatelné uhlí

slouží díky své vysoké výhřevnosti k výrobě koksu, který je následně použit jako palivo pro výrobu oceli. Energetické uhlí je používáno jako palivo v elektrárnách pro výrobu elektrické energie. Trhy pro tyto dva typy uhlí jsou rozdílné, jelikož rozdílná výhřevnost se promítne v rozdílné ceně. Struktura obchodování však zůstává stejná. V následujícím grafu jsou zobrazeny podíly energetického a koksovatelného uhlí na světovém námořním obchodu. Z grafu je patrné, že energetické uhlí je nejčastější typ uhlí, se kterým se obchoduje.

Graf 1: Podíl obchodovatelnosti energetického a koksovatelného uhlí v milionech tun



Vlastní zobrazení na základě informací z osobního pohovoru s Jiřím Gavorem

2.1.1 Lokální trh

Lokální trh, tedy trh v České republice, je pevně svázaný s firmou OKD, která jako jediná těží černého uhlí na našem území. A jelikož Česká republika nemá přímé spojení s mořem, mezinárodní obchod s černým uhlím na velké vzdálenosti je ekonomicky méně výhodný. Dopravní náklady by zvedly cenu a komodita by se tak stala nekonkurenceschopnou. Většina uhlí z OKD je spotřebována buď přímo v České republice, nebo exportováno do sousedních zemí, nejčastěji do Polska a Rakouska. A naopak uhlí ze sousedních zemí je importováno na Český trh.¹ V minulosti se dováželo černé uhlí i z východní části Ukrajiny, což již kvůli politické situaci v regionu není možné. Vyskytly se také pokusy dovážet velkotonážní kusy černého uhlí z Ruska, které byly až na místě rozsekány. Tento počín však zkrachoval, kvůli nízké kvalitě uhlí (malé výhřevnosti a velkému podílu prachu).²

2.1.2 Mezinárodní trh

Díky dobře organizovanému trhu může být uhlí přepravováno rychle a snadno kamkoliv na světě. Způsob, kterým je přepravováno, závisí převážně na vzdálenosti. Krátké vzdálenosti jsou překlenovány pomocí nákladních automobilů a vlaků, kdežto pro velké vzdálenosti se využívá hlavně námořní doprava (Coal market & transportation, 2013). Pokud není nutné uhlí přepravovat po souši, je tržní integrace omezenější. Celosvětový obchod s uhlím je spojený s pěti exportními místy, kterými projde většina celosvětově obchodovatelného uhlí. Tato místa jsou zobrazena na následujícím obrázku. (Křesťan, 2014)

- Evropa: Amsterdam- Rotterdam-Antverpy
- Jižní Afrika: Richards Bay
- Indonésie
- Austrálie: Newcastle
- USA: Central Appalachian (CAPP)

¹ Získáno na základě osobního pohovoru s Jiřím Gavorem

² Získáno na základě osobního pohovoru s Marcelem Zemanem

Obrázek 4: Exportní přístavy



zdroj: Martin Křesťan (2014)

Nutno podotknout, že ačkoliv bylo v roce 2011 mezinárodně zobchodováno na 1142 milionu tun uhlí, tak toto číslo představuje pouze 16 % celkového spotřebovaného množství. Většina vytěženého uhlí je spotřebována lokálně. Avšak námořní obchod s uhlí každý rok stabilně roste. Obchod s energetickým uhlím se zvyšuje tempem 7 % za rok a obchod s koksovatelným uhlím tempem 1.6 % za rok.

Kvůli vysokému podílu dopravních nákladů na výsledné ceně, je trh s energetickým uhlím rozdělen na dva regiony. Atlantský trh je tvořen importujícími zeměmi západní Evropy, hlavně Velkou Británií, Německem a Španělskem. Pacifický trh se skládá z rozvíjejících se zemí a Asijských zemí patřících do OECD. Pacifický trh utváří kolem 57 % světového námořního obchodu s energetickým uhlím.

Následující dvě tabulky ukazují největší světové exportéry a importéry uhlí v roce 2012. Austrálie je největší světový exportér koksovatelného uhlí. Je odpovědná za vývoz přibližně 50 % všeho koksovatelného uhlí na světě. Celkovým největším vývozcem je od roku 2011 Indonésie, která předběhla Austrálii (Coal market & transportation, 2013)

Co se týče Evropského trhu, tak největším dovozcem energetického uhlí je Jihoafrická republika, která obsluhuje přes 35 % veškerého dovezeného energetického uhlí do Evropy (ARA). Na druhém místě je Rusko s 28 %. (Gavor, Kánský, 2006)

Tabulka 3: Největší exportéři uhlí ve světě (v milionech tun)

	Celkem	Energetické	Koksovatelné
Indonésie	383	380	3
Austrálie	301	159	142
Rusko	134	116	18
USA	114	51	63
Kolumbie	82	82	0
JAR	74	74	0
Kanada	35	4	31

Zdroj: worldcoal.org

Tabulka 4: Největší importéři uhlí ve světě (v milionech tun)

	Celkem	Energetické	Koksovatelné
Čína	289	218	71
Japonsko	184	132	52
Indie	160	123	37
Jižní Korea	125	94	31
Tchaj-wan	64	56	8
Německo	45	36	9
Velká Británie	45	40	5

Zdroj: worldcoal.org

Největším importérem je tradičně Čína, která i přes své obrovské zásoby uhlí, nedokáže uspokojit poptávku a musí ve velkém dovážet. Důležité je podotknout, že Čína se ve výrobě elektřiny spoléhá převážně na uhelné elektrárny a není členem skupiny OECD jako mnoho vyspělých zemí. (Křesťan, 2014) Tím pádem není svázána ekologickými limity a může si dovolit využívat uhlí ve větším měřítku.

2.2 Obchodování

Samotné obchodování s uhlím probíhá na mnoha světových komoditních burzách. Jako příklad uvedeme jména těch, která jsou významná pro Evropský region. Těmito burzami jsou EEX (The European Energy Exchange) sídlící v Lipsku, Německu, a ICE (Intercontinental Exchange), která má sídlo v Londýně. Každá burza má tendenci se specializovat na určité druhy obchodu. Druhy zobrazovaných cen na jednotlivých burzách jsou následující. (Gavor, Oxley, Štěpán, Kánský, 2008)

OTC (over-the-counter): udává ceny za okamžitý obchod v reálném čase

Futures: udává ceny za dodávky v terminované lhůtě v definované budoucnosti

Ceny dodávek se poté vyjadřují v cenách FOB a CIF. FOB, zkratka free on board, znamená, že cena zahrnuje pouze cenu uhlí při nakládání. Tudíž bez nákladů na dopravu. CIF neboli cost, insurance and freight, což znamená, že v ceně jsou již zahrnuty náklady na pojištění a dopravu uhlí. (Viz Incoterms) Tato cena je nejlepší pro cenové analýzy, jelikož se nejblíže podobá ceně, kterou zaplatí konečný spotřebitel. Nejlepší způsob, jak získat cenu dopravy uhlí, je vzít ceny CIF a odečíst od nich ceny FOB. Například, pokud chceme zjistit cenu dopravy energetického uhlí z JAR do Evropy, vezmeme cenu CIF ARA (Amsterdam-Rotterdam-Antverpy) a odečteme od ní cenu FOB Richard'sbay. (Gavor, Kánský, 2006)

2.3 Indexy

2.3.1 Indexy API

Ceny uhlí jsou vázané v indexech API (American petroleum institute), které slouží jak pro fyzické tak pro derivátové obchody s uhlím. Typy indexů, se kterými se obchoduje, jsou API 2,3,4,5,6,8 a 10. Tyto indexy jsou zajišťovány firmami Argus a McCloskey a pokrývají všechny důležité regiony: Severozápadní Evropu, Jižní Afriku, Austrálii, Jižní Čínu, Kolumbii a Indii.

Můžeme říci, že nejdůležitějšími indexy jsou API 2 a API 4, jelikož až 90 % všech světových derivátových operací s uhlím používá právě tyto dva indexy. Pro naše účely bude nejzajímavější index API 2, jelikož udává cenu importovaného uhlí do severozápadní Evropy, tedy do ARA. (Argus/McCloskey's coal price index, 2014)

2.3.1 Index CAPP

Tento index se používá na trzích regionu Spojených Států. Udává spotovou cenu uhlí vytěženého ve východním regionu USA. Jeho jméno je odvozeno od místa těžby, CAPP (Central Appalachian) a udává ceny FOB, tedy bez nákladů na dopravu. (Tradition Group, 2013)

2.4 Trendy ceny černého koksovateľného uhlí

Z grafu je viditelný cenový nárůst ve dvou sledovaných obdobích. První nastal v roce 2007 a druhý na přelomu roku 2010 a 2011. Rok 2007 je spojený s boomem Čínské ekonomiky, kdy růst čínského HDP dosahoval 11 % a byl doprovázen boomem ve výrobě oceli. Ačkoliv Čína disponuje značnými rezervami černého uhlí, které intenzivně těží, neobešla se bez poptávky černého uhlí v zahraničí. Následný vzrůst importu do Asie zvýšil cenu uhlí nahoru. (Křest'án, 2014) Podruhé cena uhlí zaznamenala značný růst po záplavách v Austrálii, kdy byly z provozu vyřazeny uhelné doly v Queenslandu. Povodně ovlivnili 37 % světově obchodovatelného koksovateľného uhlí, jehož cena v lednu 2011 dosáhla hranice 142 dolarů za tunu. (Sharples, 2011)

Graf 2: Graf ukazující vývoj ceny australského koksovateľného uhlí



Zdroj: indexmundi.com

2.5 Cenotvorba

Uhlí, jakožto mezinárodně obchodovatelná surovina, je vystaveno široké škále faktorů, které ovlivňují jeho cenu. Tyto faktory v podstatě vyvíjejí tlak na nabídku a poptávku po uhlí a tím hýbají s jeho cenou. Příklady faktorů ovlivňujících cenu jsou: (Tradition Group, 2013)

Cena substitutů

Nejvýznamnějšími substituty uhlí jsou zemní plyn a ropa. Oba tyto substituty jsou faktory ovlivňující cenu uhlí. Podrobně si vliv substitutů probereme v budoucích kapitolách.

Stav ekonomiky

Jak již bylo řečeno, cena uhlí je určována nabídkou a poptávkou. Při rostoucím trendu ekonomiky je stimulována poptávka po všech druzích zboží, která se přelévá i na zdroje energie, což zvyšuje i poptávku po uhlí.

Produkce oceli

Jelikož se černé uhlí používá k výrobě koksu, který je poté používán jako palivo v ocelářském průmyslu, ovlivní výše produkce oceli poptávku po černém uhlí, a tudíž i jeho cenu.

Produkce elektřiny

Uhlí se používá ke spalování v elektrárnách. Tudíž výše produkce elektřiny ovlivní poptávku a cenu uhlí.

Počasí

Různé klimatické stavy mohou ovlivnit důlní kapacity v regionech těžby a tím ovlivnit výši nabídky uhlí na trhu. Příkladem mohou být záplavy v Austrálii, které stály za růstem ceny koksovatelného uhlí.

Dopravní náklady

I když je většina uhlí spotřebována lokálně, pořád je nutné dopravit uhlí z místa těžby do místa spotřeby. Tyto náklady, navýšené o pojištění dodávky, výrazně ovlivňují koncovou cenu uhlí.

Směnný kurz USD

Směnný kurz k USD ovlivňuje koncovou cenu uhlí pro zákazníka v nedolarových zemích, jelikož prakticky všechny mezinárodní ochody s uhlím se provádějí v amerických dolarech.

2.5.1 Cenotvorba na domácím trhu

Už jsme zmiňovali, že černé uhlí v České republice je silně spojeno s firmou OKD. Určování ceny není výjimkou. Dovoz černého uhlí z ARA z důvodu dopravních nákladů nedává smysl, a jelikož v České republice neexistuje komoditní burza, která by obchodovala s uhlím, je určování ceny plně v rukou OKD. Bohužel OKD nezveřejňuje své ceníky, což může být z velké části způsobeno tím, že většina jejich produkce jde k velkým odběratelům. Tito odběratelé mohou být dvojího typu. Mohou mít s OKD uzavřeny dlouhodobé smlouvy, které mají zakotvené vzorce, podle kterých se určuje cena. Nebo se po určitých obdobích konají bilaterální jednání, na kterých se ustanoví cena pro dané období. I přes své monopolní postavení v těžbě OKD musí soupeřit s importovaným uhlím z Polska, které je velmi podobné kvality. Díky geografické blízkosti není polské uhlí tolik zatíženo dopravními náklady. A jelikož cena polského uhlí víceméně kopíruje cenu mezinárodního uhlí, mělo by i OKD zůstat v mezích těchto cen. (Gavor, Kánský, 2006) Graf 3 ukazuje těsnou vazbu importních cen energetického uhlí z Polska a jihoafrické

republiky s cenou na evropském trhu. Navázanost ceny uhlí OKD na cenu polského uhlí ukazuje, že i cena uhlí na českém trhu se bude vyvíjet podle mezinárodního trendu.

Graf 3: Vývoj ročních importních cen energetického uhlí z JAR a Polska. Ceny CIF (USD/t)



Zdroj: Vlastní vyobrazení dle Gavor, Kánský (2006)

2.6 Review literatury

Literatura týkající se energetického sektoru a energetických komodit je rozsáhlá. I když však nejsou studie zabývající se samotnou dynamikou ceny uhlí Zaklan, Cullmann Neumann a Hirschhausen (2011), existuje spousta studií, které se zabývají vztahem energetických komodit k sobě samým, logistickým nákladům a vztahování cen energetických komodit k ceně elektrické energie, primárního produktu těchto komodit.

Mohammadi (2011) zkoumá dlouhodobou a krátkodobou dynamiku cen základních energetických komodit – uhlí, zemního plynu a ropy - na americkém trhu, za použití ročních dat od roku 1970. Mohammadi (2011) zjišťuje určitý stupeň propojenosti trhu, avšak nenachází vliv ceny ropy a zemního plynu na vývoj ceny uhlí, o které konstatuje, že

je určována dlouhodobými kontrakty. Dále ujišťuje, že cena ropy není nijak ovlivňována změnami na trzích s uhlím a zemním plynem. Zato cena zemního plynu je navázaná na trh s ropou. Bachmeier a Griffin (2006) analyzují míru integrace trhů s uhlím, zemním plynem a ropou na americkém trhu za použití denních cen. Unikátnost analýzy spočívá v použití spotových cen uhlí, data dříve nedostupná. Za použití error correction model zjišťují, že všechny tři trhy jsou jen slabě integrovány a konstatují neexistenci jednoho primárního energetického trhu. Výhodou error correction modelu je podle Bachmeiera a Griffina (2006) je schopnost testování dlouhodobého kointegračního vztahu pomocí kointegrační analýzy a také poskytnutí statistiky ohledně stupně tržní propojenosti.

Za pomoci denních dat od roku 2006 do roku 2012 na třech trzích – anglickém, německém a skandinávském - Frydenberg, Onochie, Westgaard a kol. (2014) testují dlouhodobý vztah mezi cenami energetických komodit – uhlí, zemního plynu a ropy – a ceny elektřiny. Energetické komodity definují jako hlavní vstupy v procesu výroby elektřiny a za použití robustního kointegračního modelu nacházejí vztah mezi cenou uhlí, cenou elektřiny a cenou zemního plynu na anglickém trhu a mezi cenou uhlí a cenou elektřiny na skandinávském a německém trhu. Studie se odlišuje používáním dat ze tří trhů najednou, které se nacházejí v Evropě, přičemž ostatní studie se primárně zaměřují na americký trh. Paralelní situace nastává na kalifornsko - oregonském trhu a trhu v Palo Verde, které zkoumá Emery a Liu (2002). Kalifornsko-oregonský trh má stejně jako skandinávský jako hlavní zdroje výroby elektrické energie vodní zdroje, kdežto Palo Verde je závislý na výrobě z uhlí a zemního plynu stejně jako anglický a německý trh. Joets a Mignon (2011) ve své studii analyzují dlouhodobý vztah mezi cenami uhlí, zemního plynu a elektrické energie za použití denních cen, od roku 2005 do roku 2010, se 35 dobami splatnostmi. Joets a Mignon (2011) konstatují vzájemný vliv mezi všemi veličinami a nacházejí pozitivní vztah mezi cenami uhlí, zemního plynu a ropy a negativní vztah mezi cenami ropy a elektrické energie, který vysvětlují substitučním efektem obou zdrojů. Závislost mezi cenami fosilních paliv a cenou elektrické energie v průmyslovém sektoru a v domácnostech mezi roky 1996 a 2013 analyzuje Madaleno, Moutinho a Mota (2015). Za použití dat z 22 zemí Evropy autoři zjistili dlouhodobý ekvalibrující vztah mezi fosilními palivy a cenou elektrické energie v průmyslovém sektoru a krátkodobý až dlouhodobý vztah u domácností. To vysvětlují přítomností kontraktů, které mají firmy možnost uzavřít na delší časové období avšak

domácnosti nikoliv. Autoři do modelu vložili dummy proměnou pro roky 2005 až 2013, aby vysvětlili vliv vzniku trhu s emisními povolenkami v Evropě.

Uhlí jakožto světově obchodovatelná komodita závisí na schopnosti přepravy dodávek ke konečnému zákazníkovi. Tudíž je jeho cena ovlivňována cenou dopravy a doprava je následně ovlivňována cenou paliva, tedy ropy. Zaklan, Cullmann Neumann a Hirschhausen (2011) zkoumají, jak moc vstupuje cena ropy do dynamiky ceny uhlí skrz náklady na dopravu. Zjišťují, že doprava neovlivňuje cenu uhlí primárně skrz cenu ropy, ale komplexnějším způsobem, kam patří i fakt, že uhlí musí soupeřit o dopravní kapacity s ostatními komoditami.

2.6.1 Diskuze literatury

Prakticky všechny práce zabývající se vztahem mezi cenami energetických komodit a cenou elektrické energie prokázali, že mezi nimi existuje vztah na jakémkoliv trhu. Původ tohoto vztahu není v pracích primárně zkoumán, ale může být vysvětlen výrobním procesem, kdy uhlí a zemní plyn jsou hlavními palivovými vstupy v procesu výroby elektrické energie, přičemž cena paliva hraje důležitou roli v určování ceny elektrické energie. Při pohledu na podíl energetických komodit, podílejících se na výrobě elektrické energie je důležitost zmíněných komodit ještě podtržena. Podíl na výrobě veškeré elektrické energie ve světě v roce 2012 je takový, že 40 % bylo vyrobeno za pomoci uhlí a 23 % za pomoci spalování zemního plynu. Vztah a směr závislosti mezi cenami energetickými cenami a cenou elektrické energie je vysvětlen. Otázkou zda jsou trhy samotných energetických surovin propojeny a navzájem ovlivňovány se zabývají pouze Mohammadi (2011) a Bachmeier a Griffin (2006). Zatímco Bachmeier a Griffin (2006) nacházejí slabou závislost mezi cenami energetických komodit, Mohammadi (2001) vylučuje, že by ceny zemního plynu a ropy mohly ovlivňovat cenu uhlí. Tyto závěry však mohou být zavádějící, jelikož cenová data, která Mohammadi (2011) používá, nejsou převedena na stejné energetické jednotky. Toto opomenutí mohlo ovlivnit výsledek celé analýzy a konstatování o neexistenci vlivu ceny zemního plynu a ropy na cenu uhlí může být milné.

Z teoretického hlediska by vztah mezi cenou energetických komodit, hlavně mezi cenou uhlí a cenou zemního plynu, měl vycházet ze substitučního efektu. Obě komodity jsou primárně využívány pro výrobu elektrické energie ve spalovacích elektrárnách. I když není vyloženě možná přímá substituce energetického paliva v elektrárnách, jelikož jejich kotle jsou pevně nainstalovány a jsou vyrobeny pro určitý druh paliva, prakticky okamžitá substituce je umožněna skrz posilování a ubírání výroby elektrické energie v různých elektrárnách. Pokud je levný zemní plyn, může elektrárna na zemní plyn vyrábět na nižší výkon a elektrárna na zemní plyn zase na vyšší. A obráceně.

3. Hypotéza

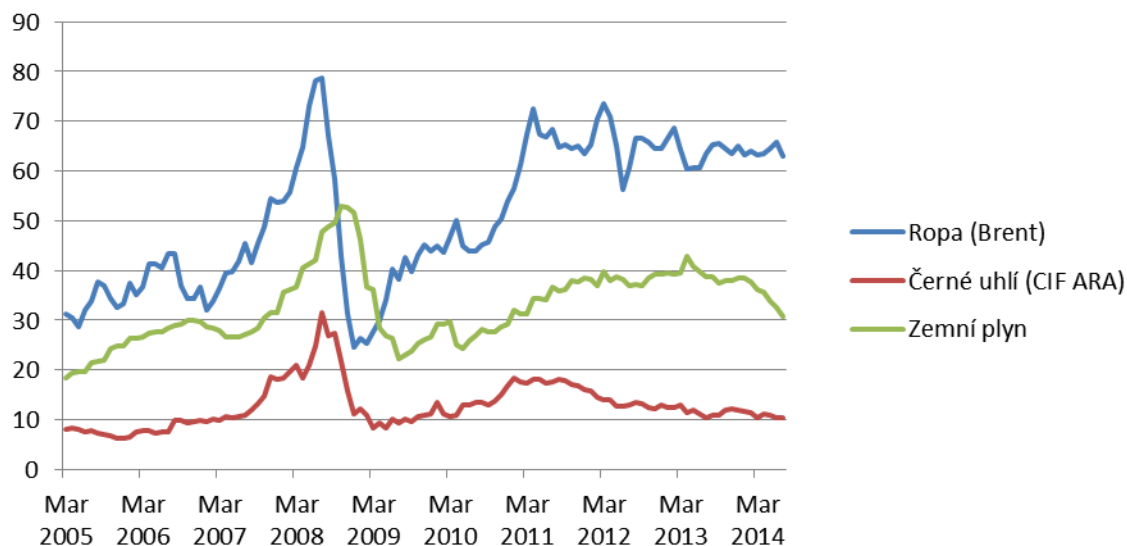
V této části mé práce bych rád připomněl a rozebral hypotézu, kterou budu testovat modelem právě v praktické části mé práce. Model, který budu v této části sestavovat, má za úkol analyzovat, které faktory ovlivňují cenu černého uhlí, přičemž zkoumaná hypotéza, zní: **cena černého uhlí je úzce spojena s jeho substituty.**

Ještě než začnu rozebírat, které substituty jsem zvolil jako hlavní, je nutno upřesnit, který typ černého uhlí budu testovat. Jak jsem již výše rozebral, černé uhlí je rozděleno primárně na dva typy: energetické a koksovatelné. Jelikož většina mezinárodního obchodu se provádí s uhlím energetickým, rozhodl jsem se testovat právě tento typ černého uhlí. Dále již nebudu rozlišovat mezi energetickým a koksovatelným uhlím. Energetické uhlí bude nazýváno pouze černým uhlím.

Jako primární substituty černého uhlí jsem zvolil ropu a zemní plyn. Tyto dvě suroviny, jsou stejně jako uhlí, používány pro podobné účely. Převážně zemní plyn je nejbližším substitutem energetického uhlí, jelikož jejich primární účely jsou výroba elektřiny a tepla. V roce 2012 se uhlí podílelo na generaci 40 % světové elektrické energie, zemní plyn se podílel z 23 % a ropné produkty ze 4 %. I přes to, že ropné produkty nejsou nejvýznamnější zdroj výroby energií obchodníci s uhlím, mají tendenci upravovat ceny podle vývoje ceny ropy, jelikož cena ropy je dobrý ukazatel podhledu investorů na energie. (Hlaváček, 2010) V následujícím grafu vidíme vývoj cen uhlí na Evropském trhu, cen ropy Brent a importovaného zemního plynu. Všechny komodity jsou převedeny na společnou jednotku

Megawatt hodinu (MWh). Cenové trendy všech komodit jsou téměř shodné. Můžeme tedy konstatovat, že všechny komodity jsou navzájem provázané. Je také vidět že výroba energie z uhlí zůstává dlouhodobě nejlevnějším řešením, i když nejméně šetrným k životnímu prostředí.

Graf 4: Cenový vývoj ropy, energetického uhlí a zemního plynu (Dollar za MWh)



Vlastní zobrazení, Data ropa a zemní plyn z databank.worldbank.org, černé uhlí z euracoal.com

4. Data

Než začnu popisovat proměnné a sestavovat model, je třeba předat několik informací o datech, která jsou použita v modelu. Jelikož je trh s černým uhlím natolik obsáhlý a rozvinutý, existuje spousta agentur, zpravodajských firem a komoditních burz, které sbírají a zaznamenávají ceny a všechny údaje. Bohužel většina podrobných zpráv je placena a nejsou volně přístupná. Naštěstí na stránkách www.eurocoal.com jsou tržní zprávy obsahující měsíční přehled cen energetického uhlí, tarify dopravní přepravy i vývoj směnných kurzů. Dalším významným zdrojem byly publikace IEA statistics, štědře poskytnuty firmou ENA s.r.o. Ceny zemního plynu jsou k nalezení v databázi World bank. Všechny tyto údaje my posloužili k sestavení modelu. Rozhodl jsem se použít vývoj cen na měsíční bázi, jelikož ty jsou méně zkreslené než ty roční. Komodity, naceňované na

burzách, se přeceňují každým dnem a neustále reagují na vnější podněty. Proto by roční data byla velice zkreslená. Bohužel to mi zamezilo použít proměnné, vystihující sílu ekonomiky, HDP a další možné proměnné. Tyto údaje jsou zaznamenávány v ročních, popřípadě čtvrtletních intervalech.

Použitá data, tedy zachycují vývoj cen energetického černého uhlí CIF ARA za období březen 2005 až červenec 2014 na měsíční bázi.

5. Proměnné

5.1 Vysvětlovaná proměnná

Průměrná cena energetického černého uhlí

Při rozsáhlosti trhu, jakým trh s černým uhlím jistě je, bylo těžké najít benchmarkovou cenu uhlí, na které by se dala provést regresní analýza tak, aby měl výsledek vypovídající hodnotu. Po prvotním nezdaru s vyhledáváním dat ohledně českého trhu a prozkoumání dalších možností, jsem se rozhodl použít importní ceny CIF ARA. Tedy ceny černého uhlí, které dorazí do hlavního obchodního uzlu Amstrdam-Rootrdam-Anvertpy. Ceny CIF by měly odpovídat co nejblíže cenám, kterým bude vystaven koncový zákazník na komoditní burze, jelikož v této ceně je již zahrnuta přeprava uhlí do Evropy a pojištění nákladu. Obchodní uzel ARA jsem vybral proto, jelikož ceny importovaného uhlí do Evropy ovlivňují lokální trhy ve střední Evropě. Jak jsem již psal, je mezi nimi i Polsko, hlavní importér černého uhlí do České republiky. Tudíž ceny českého uhlí jsou v určité míře navázány přes konkurenční vazby na to polské.

5.2 Vysvětlující proměnné

Cena ropy

Jak jsem již zmínil výše, cena ropy je jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje cenu černého uhlí na světovém trhu. Je to jednak díky tomu, že komodity jsou přímé substituty a jednak díky pozici ropy mezi investory, jako cenový milník pro ostatní komodity na trhu. Proto cenový trend uhlí tak těsně kopíruje ten ropný. (Hlaváček, 2010)

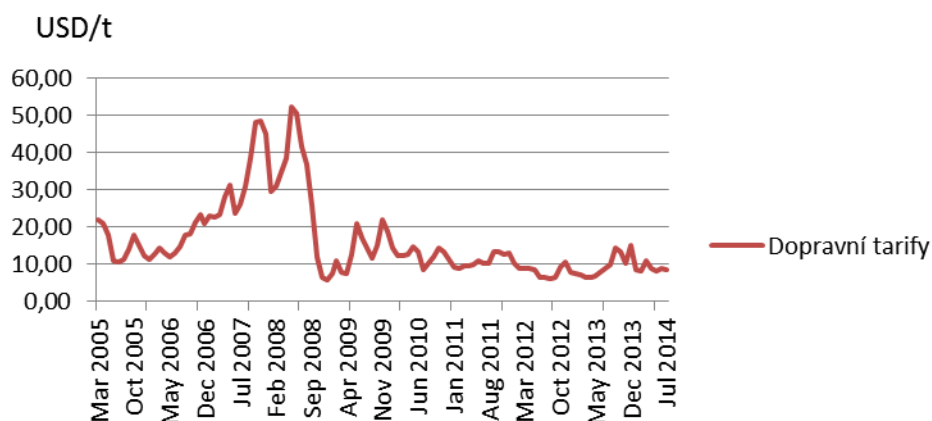
Cena zemního plynu

Zemní plyn je další ze substitutů uhlí, jelikož se využívá pro výrobu elektrické energie a k získávání tepla. To z něj dělá nejbližší substitut energetického černého uhlí. Cena zemního plynu je navíc navázána na cenu ropy. Proto očekávám, že cenový trend ropy a plynu bude mít více méně shodný vzorec. Tím pádem by měl zemní plyn vyjít jako další důležitý faktor ovlivňující cenu černého uhlí.

Dopravní náklady

Další velmi významnou proměnnou v našem modelu předpokládáme dopravní náklady. Jak již bylo zmíněno, hlavním importérem energetického černého uhlí do Evropy (ARA) je Jihoafrická republika s přístavem v Richard's Bay. Všechno toto uhlí musí být do Evropy přepraveno pomocí lodní dopravy. A jelikož černé uhlí má vzhledem k přepravovanému objemu relativně malou výhřevnost, tvoří dopravní náklady značnou část ceny. Data ohledně lodních tarifů lze najít v tržní zprávě na stránkách eurocoal.com, nebo se dají vypočítat z tarifních cen uhlí tak, že od CIF ARA se odečte FOB (free on board) Richard's Bay. Výsledkem je cena přepravy s pojištěním nákladu, které je povinné. Nutno poznamenat, že ceny přepravy se neodvíjejí pouze od poptávky po přepravě uhlí. Zvýšení po poptávce ostatních surovin, jako například oceli, má také přímý vliv na cenu přepravy uhlí, jelikož se více komodit musí podělit o stejné množství kontejnerového lodního prostoru. Předpokládám, že zvyšující se tarif bude připočítáván ke konečné ceně, a tím bude cenu uhlí zvyšovat. Na následujícím grafu je graficky ukázán výřez vývoje těchto cen z Richard's Bay do ARA. (Gavor, Kánský, 2006)

Graf 5: graf vývoje cen tarifů námořní přepravy z Richard's Bay do ARA v USD/t, měsíční intervaly

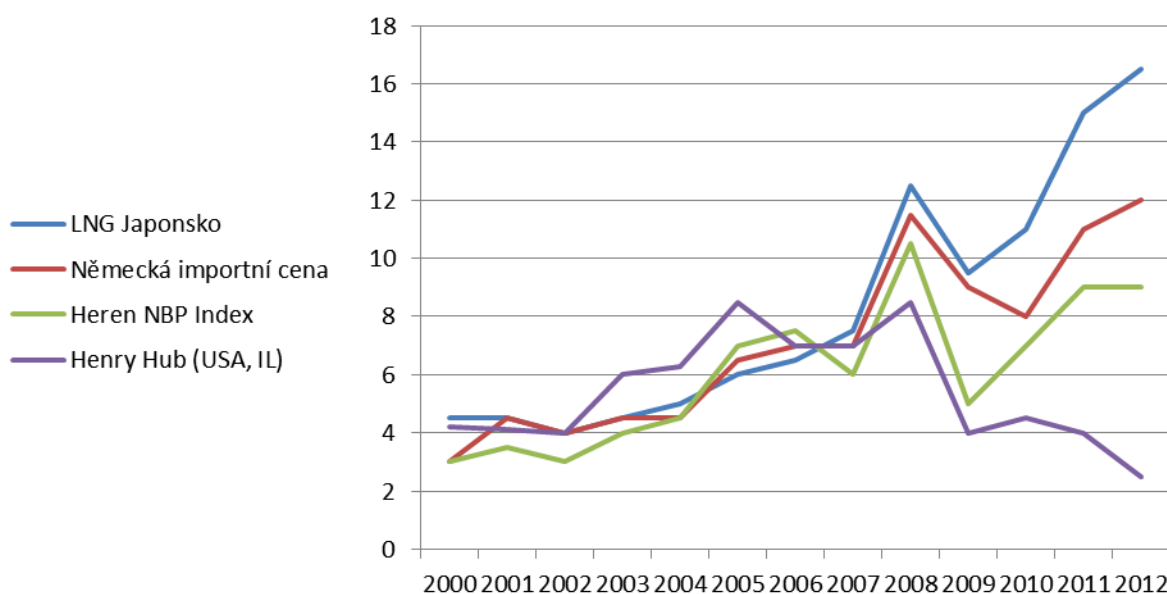


Břidlicový plyn

Shale gas, neboli břidlicový plyn, je zemní plyn tak jak ho známe získávaný nekonvenčními způsoby z břidlicových hornin. Těmto nekonvenčním způsobům se říká hydraulické frakování, které spočívá ve vrtání horizontálních vrtů několik kilometrů pod povrchem, tříštění horniny za pomoci frakovací kapaliny a extrakce zemního plynu z takto připravené horniny.

I když metoda frakování není nově objevená technologie, k většímu komerčnímu využití došlo až v roce 2005 v USA a rozvrátila představu o zásobách zemního plynu. Jelikož tento nekonvenční plyn může být levně těžen kdekoli na světě, začal břidlicový plyn ovlivňovat cenu plynu. Již v roce 2008 byl v USA zemní plyn třikrát levnější než v Evropě a počínaje rokem 2009 začal břidlicový plyn ovlivňovat i cenu zemního plynu v Evropě. Důvodem je jednak dovoz břidlicového plynu z USA, tak dovoz zkapalněného plynu z Kataru, který prvně určený pro americký trh, již v USA kvůli levnému břidlicovému trhu nechtěly, si našel odbytiště právě v Evropě. Na grafu můžeme vidět vývoj cen zemního plynu na světových trzích. Cenový trend je stejný až do počátků břidlicové revoluce v roce 2008, kdy začal americký plyn prudce zlevňovat oproti ostatním trhům. (Zajíček, 2012) Tento trend ukazuje následující graf.

Graf 6: Vývoj cen plynu ve světě



Zdroj: Zajíček 2012

Kvůli výše zmíněným důvodům je v modelu zahrnuta dummy proměnná počínaje rokem 2009 znázorňující dopad přílivu břidlicového plynu do Evropy na cenu energetických komodit v Evropě.

Karbonové povolenky

Systém karbonových povolenek, neboli EUA (European union allowance) byl spuštěn v roce 2005 s cílem snížit objem vypouštěného oxidu uhličitého továrnami na území Unie. Systém spočívá v přidělování limitů na vypouštění oxidu uhličitého každé firmě. Povolenky by poté měly být volně obchodovatelné a tudíž pokud by firma chtěla vypouštět více, nežli stanovuje limit, musí si povolenky jednoduše přikoupit. To ale zvyšuje náklady na spalování paliv a teoreticky odrazuje od používání energií náročných na ovzduší.

Následující graf ukazuje vývoj ceny povolenek v EU od roku 2005 do roku 2014.

Graf 7: Vývoj cen karbonových povolenek



Vlastní vyobrazení pomocí dat z EEX.com

Ostatní proměnné

Cena uhlí je komplexní veličina složená z mnoha složek a tudíž bychom mohli do modelu ještě přidat spoustu dalších proměnných, které by mohli mít vliv na cenu. Jednou takovou veličinou by mohla být teplota. Jsou-li zimní měsíce chladné, vyprodukuje se více tepla. Uhlí stále hraje důležitou roli při výrobě tepla k vytápění, tudíž by vzrostla poptávka a měla by růst i cena. (Hlaváček, 2010) V našem modelu ovšem bereme jako opěrné hodnoty importní ceny ARA, tudíž nelze použít průměrnou teplotu pro Evropu, jelikož tyto hodnoty jsou příliš zkreslené.

Další faktor, který by mohl ovlivňovat cenu energetického uhlí je stav ekonomiky, tedy HDP. Tento ukazatel by zastupoval poptávku po uhlí, jelikož s růstem ekonomiky roste i poptávka po energiích, tedy i po zdrojích, které energii vyrábějí. Bohužel, nejkratší intervaly, ve kterých se zaznamenává HDP, jsou čtvrtletní a jelikož v modelu používám data na měsíční bázi, jsem nemohl HDP použít.

Dále jsem zvažoval o zahrnutí proměnné, která by popisovala vývoj ceny elektřiny během sledovaného období, stejně jako Ing. Martin Křesťan (2004) ve svém modelu. Proměnnou jsem se nakonec rozhodl do modelu nezahrnovat, jelikož černé uhlí se primárně využívá jako vstupní palivo pro výrobu elektrické energie v elektrárnách, je tedy defacto finálním produktem tohoto procesu. Tudíž její vliv na cenu uhlí je ve větší míře opačného rázu. Tedy, že cena černého uhlí ovlivňuje cenu elektrické energie. (International energy agency, 2014) Druhým důvodem, proč jsem tuto proměnnou nezařadil do modelu je složení ceny elektrické energie, která se skládá z ceny silové a distribuční. Silová cena je určována na trhu a je víceméně porovnatelnější, i když v různých regionech se diametrálně liší metody započítávání nákladů. Cena distribuční je stanovována výlučně na základě podmínek jednotlivých regionů. Do této ceny se promítají regionálně specifické míry zdanění, environmentální politiky, regulační politiky a jiné. Díky tomu je koncová cena pro spotřebitele diametrálně odlišná po celém území Evropy. Je tedy nežádoucí ji přidávat do modelu.

6. Regresní model

6.1 Předpoklady modelu

V této části práce se budeme věnovat sestavení regresního modelu pomocí metody nejmenších čtverců, jinak řečeno regresní model více vysvětlujících proměnných. Model by nám měl objasnit sílu vlivů jednotlivých faktorů na cenu energetického uhlí. Model je lineární, tudíž jeho výstupem bude přímka, která by měla splňovat Gauss-Markovovy předpoklady: (Lejnarová 2009)

- **Nulová střední hodnota náhodných složek** – $E(u) = 0$, podmínka splněna, jelikož je přítomna úroňová konstanta
- **Homoskedasticita** – $E(uu^T) = \sigma^2 I_n$, Náhodné složky musejí mít všechny stejný a konečný rozptyl
- **X je nestochastická matice, takže $E(X^T u) = 0$** , vysvětlující proměnné jsou generovány nezávisle na náhodných složkách modelu
- **X má plnou hodnotu k**, matice vysvětlujících proměnných X nesmí obsahovat žádné perfektně lineárně závislé sloupce pozorování

Při splnění všech výše uvedených předpokladů může být použita metoda nejmenších čtverců k odhadu modelu.

6.2 Model

V následující části se budeme zabývat odhadem samotného modelu, který stojí v čele mé práce. Výchozí regresní model má 6 proměnných a v obecném tvaru ho můžeme zapsat takto:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 D + \beta_4 X_{i3} + \beta_5 X_{i4} + e_i$$

V němž indexy i značí jednotlivá pozorování, hodnoty $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ značí jednotlivé parametry, které pomocí modelu odhadují, $X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, X_{i4}$ představují mé zvolené proměnné, index D představuje dummy proměnnou a e_i je vektor reziduí, jehož složky mají shodné normálové rozdělení, nulovou střední hodnotu a jsou nezávislé.

(Lenjnarová 2009) Jelikož v modelu neuvádím přesný název všech proměnných, vyjmenuji pro jistotu seznam použitých parametrů v modelu.

Y_i – Price_coal: Cena energetického černého uhlí.

X_{i1} – Freight_rates_USD/MWh: Tarif lodní přepravy uhlí. Předpokládám růst ceny uhlí, při růstu hladiny tarifu blízký hodnotě 1. Předpokládám, že aspoň většinové náklady na dopravu se budou přelévat na konečného zákazníka v Evropě.

X_{i2} – Europe_natural_gas: Cena importovaného zemního plynu do Evropy. Očekáváme též pozitivní vztah.

X_{i3} – Price_oil: Cena ropy za MWh v USD. Předpokládáme významnost proměnné s pozitivním vztahem k vysvětlované proměnné.

X_{i4} – EUA: cena karbonových povolenek, obchodovatelné na evropské burze. Předpokládáme záporný vztah.

D – Dummy_shale_gas: Představuje vliv importovaného břidlicového plynu na cenu černého uhlí. Očekávám záporný vztah. Pokud se na trhu objeví levný břidlicový plyn, stlačující cenu plynu, mělo by uhlí přes substituční efekt také zlevňovat.

Dále jsem za pomoci softwaru Gretl provedl odhad regresních koeficientů a dalších souvisejících hodnot. Výsledky mého zkoumání jsou zaznamenány na následujících stránkách mé práce.

Tabulka 5: Odhad výchozího modelu

Model 21: OLS, za použití pozorování 2005:03–2014:07 (T = 113)
Závisle proměnná: Price_coal
HAC standardní chyby, šířka okénka 3 (Bartlettovo jádro)

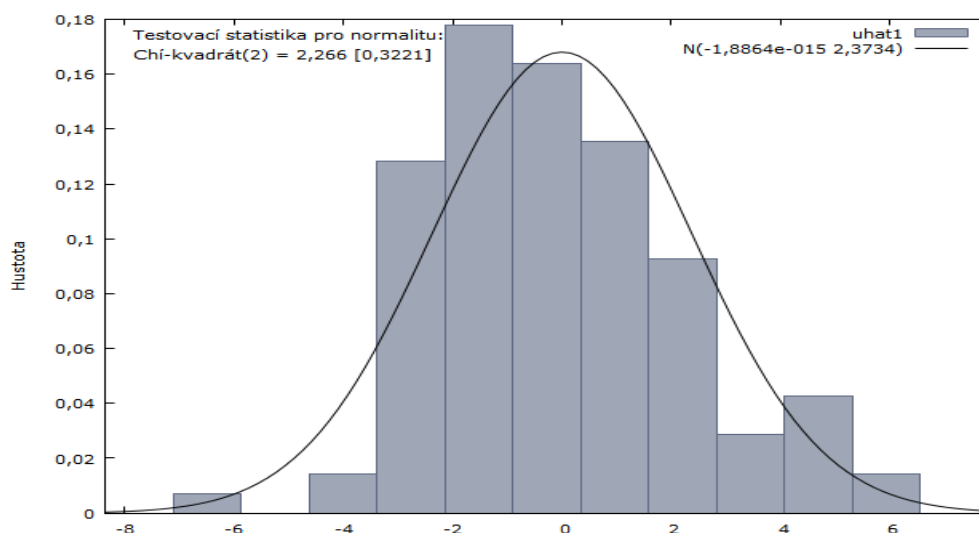
	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota	
const	-8,74217	2,30687	-3,790	0,0002	***
Freight_ratesUSD~	2,03882	0,352041	5,791	7,08e-08	***
Europe_natural_g~	0,283544	0,0598375	4,739	6,66e-06	***
DDummy_shale_g~_2	2,15431	0,962273	2,239	0,0272	**
Price_oil	0,0980788	0,0248780	3,942	0,0001	***
EUA	0,170476	0,0588634	2,896	0,0046	***

Střední hodnota závisle proměnné	12,82319				
Sm. odchylka závisle proměnné	4,602474				
Součet čtverců reziduí	607,3898				
Sm. chyba regrese	2,382549				
Koeficient determinace	0,743984				
Adjustovaný koeficient determinace	0,732021				

Model sestrojený pomocí softwaru Gretl

Na dalším obrázku je znázorněn histogram, vyobrazující rozdělení náhodné složky. Vyobrazené sloupce odpovídají četnostem rozdělení reziduí v modelu a křivka ukazuje průběh normálního rozdělení reziduí. Lze tedy soudit, že model má normální rozdělení reziduí a jeho četnosti se výrazně neodchylují od optimální dráhy křivky.

Graf 8: Histogram reziduí



Graf sestrojený pomocí softwaru Gretl

Za pomoci výsledků, které nám dal software Gretl, tedy odhadu regresních koeficientů, jsem zapsal přesný tvar rovnice mého modelu. Ta vypadá takto:

$$Y_i = -8,742 + 2,039X_{i1} + 0,284X_{i2} + 2,154D + 0,0981X_{i3} + 0,170X_{i4} + e_i$$

Dále musíme model podrobit další analýze, abychom se ujistili, že je model v pořádku. Tato analýza je rozdělena do tří částí v určeném pořadí. Tyto části jsou: statistická verifikace, ekonomická verifikace a ekonometrická verifikace. Nyní se na jednotlivé části podíváme zblízka.

6.3 Statistická verifikace

Tato část se zabývá statistickou věrohodností modelu. Převážně nás zajímá výše významnosti zvolených proměnných v modelu. Tato významnost se standardně vyhodnocuje pomocí p-hodnoty v t-testu. Za pomoci P-hodnoty se snažíme zamítnout nulovou hypotézu o nevýznamnosti proměnné. Samotný software Gretl nám podává zprávu o statistické významnosti proměnných pomocí symbolů *, **, ***. Tyto symboly určují hladiny významnosti 10 %, 5 % a 1 %. Mohu tedy konstatovat, že na 1 % hladině významnosti můžeme zamítnout nulovou hypotézu o nevýznamnosti u mnoha zvolených proměnných Freight_rate, Europe_natural_gas, Price_oil a EUA. U proměnné DDummy_shale gas můžeme nulovou hypotézu zamítnout pouze na hladině 5 %. Dále nás v této části zajímá koeficient determinace popř. adjustovaný koeficient determinace. Tyto koeficienty ukazují kolik procent rozptylu vysvětlované proměnné lze vysvětlit odhadnutým modelem. V mém případě je hodnota adjustovaného koeficientu determinace 0,732, tudíž model vysvětluje rozptyly vysvětlované proměnné ze 73,2 %.

6.4 Ekonomická verifikace

Pomocí ekonomické verifikace budu zjišťovat, zda se mé předmodelové odhady vlivů proměnných shodují s tím, co nám říká odhadnutý model. Bude mě zajímat síla závislosti, kterou značí hodnota koeficientu a trend. Ten je označen buď kladným, v případě pozitivního, nebo záporným, v případě záporného trendu.

Koeficient první proměnné, která značí dopravní náklady jedné MWh uhlí z JAR do ARA, nabývá hodnoty 2,038. Toto se dá interpretovat tak, že když dojde ke zvýšení ceny přepravy jedné MWh uhlí o jeden dolar, tak se konsekventně zvedne cena uhlí o 2,038 za MWh. Tato změna vcelku odpovídá mým původním předpokladům, jelikož náklady na přepravu se automaticky přelévají na konečného zákazníka. Neodpovídá ovšem hodnota koeficientu, který jsme předpokládali blízký hodnotě 1. Je ekonomicky nepravděpodobné, že zvednutí tarifů o dolar by vyvolalo zvednutí ceny uhlí pro konečného zákazníka o 2 dolary. Tato hodnota neodpovídá teorii a budeme s ní pracovat v následných modifikacích.

Pro proměnou `Europe_natural_gas` nabývá koeficient hodnoty 0,283, což ukazuje, že při zvýšení ceny jedné MWh importovaného zemního plynu o jeden dolar, cena uhlí vzroste o 0,283 dolaru za MWh, tedy 28,3 centu. Na rozdíl od ropy není zemní plyn považován za benchmarkovou komoditu, avšak zemní plyn je nejbližší substitut energetického uhlí. Obě komodity jsou využívány převážně na výrobu elektrické energie a tepla pro vyhřívání. V tomto případě nejspíš nezpůsobí růst ceny zemního plynu vyšší poptávku po uhlí, kvůli cenové výhodnosti, jelikož každá elektrárna či teplárna má kotle na specifické palivo.³ Tyto kotle jsou určeny pro jeden druh paliva a je drahé a časově náročné je nahradit. Zvýšení ceny zemního plynu tedy spíše dává příležitost obchodníkům s uhlím zvýšit zisky. Nemohou se však cenou přiblížit, či přesáhnout cenu zemního plynu, jelikož by v dlouhém období riskovali, že zákazníci přejdou na plyn, který je také mnohem šetrnější k životnímu prostředí. Uhlí tedy spíše reaguje na růst cen energetických komodit jako takových. Z našich zvolených substitutů vyšel zemní plyn jako ten, který nejvíce ovlivňuje cenu energetického černého uhlí. (Roberts, Gary, 2004)

Pro třetí proměnnou `crude_oil_brent` dosahuje koeficient hodnoty 0,098. Tudíž při zvýšení ceny jedné MWh ropy o jeden dolar, se cena uhlí zvýší o 0,098 dolaru za MWh, tedy asi o 10 centů za MWh. I tady se mnou předpokládané vztahy vyplnily. Vztah uhlí k ropě vysvětluje fakt, který jsme si již popsali. Obchodníci upravují ceny uhlí vůči trendům ropy, jelikož ropa je skvělý indikátor postoje investorů k energiím (Hlaváček, 2010). Ovšem cena uhlí je převážně tvořena střetem poptávky a nabídky, tudíž pokud s růstem ceny ropy nenastane zvýšení poptávky po uhlí, cena uhlí nebude stoprocentně kopírovat cenu ropy ve stejné výši.

Pro dummy proměnou `DDummy_shale_gas` dosahuje koeficient velikosti 2,15, což znamená, že pokud dummy proměnná nabývá hodnoty 1, tedy na evropský trh působí přítomnost břidlicového trhu, se cena černého uhlí zvýší o 2,15 dolaru. U této proměnné nevyšly předmodelové odhady, jelikož trend je opačného rázu. To může být způsobeno povahou dummy proměnné, které se špatně interpretují. Je možné, že proměnnou působí zároveň i jiné vlivy, které jsou silnější než vliv břidlicového plynu. Je možné, že vidíme kladné hodnoty, díky zvýšené poptávce po uhlí, které napomáhá relativně drahý zemní

³ Získáno na základě osobního pohovoru s Jindřichem Švecem

plyn, levná cena elektrické energie a levné karbonové povolenky. Toto vše dělá z uhlí lákavou energetickou komoditu.

Hodnoty koeficientu poslední proměnné EUA, tedy karbonových povolenek, dosahují 0,1704 s pozitivním trendem. Tedy při zvýšení ceny povolenek o 1 dolar, zvedne se cena uhlí asi o 17 centu. Výsledek tedy vůbec neodpovídá předpokládanému trendu, podle kterého by zvýšení ceny povolenek sice mělo zvýšit konečnou cenu energie pro koncového zákazníka, ale mělo by negativně ovlivnit cenu uhlí jako komodity. Na toto budeme reagovat pomocí modifikací modelu.

6.5 Ekonometrická verifikace

V poslední fázi analýzy budu zjišťovat, zda se v modelu nevyskytuje heteroskedasticita nebo multikolinearita. Problém heteroskedasticity porušuje jeden z Gauss-markovových předpokladů. Specificky znamená, že rozptyl náhodné složky není shodný pro všechna pozorování. Tento problém je vyřešen přímo pomocí softwaru Gretl pomocí funkce odstranění robustních směrodatných chyb při odhadování modelu.

V druhé části ekonometrické verifikace se budu zabývat multikolinearitou, neboli porušením čtvrtého Gauss-markovova předpokladu. Pokud nejsou všechny sloupce v matici lineárně nezávislé, nastává právě problém multikolinearity. Jelikož v modelu používám více než dvě proměnné, nelze únosnost multikolinearity zjišťovat pomocí matice párových korelačních koeficientů, ale musím ji zjistit za pomoci pomocných regresí a koeficientů vícenásobné determinace. Tyto pomocné regrese se skládají pouze z vysvětlujících proměnných a zjišťují, jak závisí jedna vysvětlující proměnná na zbývajících vysvětlujících proměnných. Pro únosnou míru multikolinearity musí být všechny dílčí koeficienty vícenásobné determinace nižší než koeficient vícenásobné determinace z hlavní regrese.

Koeficient z hlavní regrese: $R^2 = 0,744$

Koeficient z první regrese: $R^2 = 0,003$

Koeficient z druhé regrese: $R^2 = 0,313$

Koeficient z třetí regrese: $R^2 = 0,331$

Koeficient ze čtvrté regrese: $R^2 = 0,044$

Žádný z koeficientů pomocných regresí není větší než koeficient z regrese hlavního modelu. Z výsledků hodnot koeficientů je tedy patrné, že problém multikolinearity v modelu nenastává.

6.6 Rozšíření modelu

Výchozí model jsem měl tendenci následně modifikovat několika změnami za účelem najít model, který lépe vysvětluje danou situaci. Pro každou modifikaci jsem vytvořil separátní model. V následujících tabulkách jsou vyobrazeny zmíněné modifikace výchozího modelu. Tyto modely poté porovnávám s výchozím modelem. Tabulka 6 ukazuje odhady regresních koeficientů proměnných u modifikovaných modelů, jejich adjustované koeficienty determinace a srovnává tyto odhady s výchozím modelem.

Tabulka 6: Odhady a srovnání modifikovaných modelů

	Výchozí model (0)	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Závislá proměnná: Price_coal					
const	- 8,742 ***	- 2,132	0,872	2,603 *	2,334 *
Europe_natural_gas	0,3284 ***	0,236 ***	0,064	-	-
Price_oil	0,098 ***	0,171 ***	0,141 ***	0,16 ***	0,183 ***
Freight_rate	2,039 ***	-	-	-	-
DDummy_shale_gas	2,154 **	- 2,612*	0,912	1,337	-
DDummy_boom	-	-	6,632 ***	7,565 ***	6,553 ***
EUA	0,170 ***	-	-	-	-
Adj. Koeficient det.	0,73	0,53	0,66	0,66	0,65

Tabulka vlastní vyhotovení

Při srovnání modelů je patrné, že modifikace přinesly značné změny ve výsledcích, jelikož se změnila jak regresní koeficienty, tak koeficienty determinace. V této části již budu interpretovat pouze změny a proměnné, které přináší nové poznatky o modelech. Změny v hodnotách již dříve vysvětlených proměnných a jejich interpretace je pouze analogická.

V modelu 1 již nefigurují proměnné `EUA` a `freight_rate`. Proměnná `EUA` byla vyřazena z důvodu nelogického trendu, který nepotvrzoval teorii. Podle teorie by zvýšení ceny pohledávek mělo snížit cenu komoditního uhlí. Cena pro koncového zákazníka se zvýší, ale pro tento model je důležitý trend u ceny komodity. Proměnná `Freight_rate` byla vyřazena z důvodu nelogické hodnoty koeficientu. Lze si těžko představit zvednutí ceny uhlí pro koncového zákazníka o více než 2 dolary při zvýšení cen dopravních tarifů o dolar. Očekávaná hodnota by se měla pohybovat kolem hodnoty 1, spíše lehce pod ní. U takto modifikovaného modelu zjišťujeme nejenom změnu v hodnotách koeficientů, ale i velkou změnu adjustovaného koeficientu determinace na 53 %, což není žádoucí. Další změna nastává v hladině významnosti proměnné `DDummy_shale`, která se snižuje pouze na 10 %.

V druhém modelu (2) opět schází stejné proměnné jako v modelu 1, ovšem přibyla dummy proměnná `DDummy_boom`. Tato proměnná, nabývá li hodnot jedna, vysvětluje náhlý boom cen energetických komodit začínajíc v červnu 2007 a končíc prosincem 2008. Tato proměnná se jeví být významná pro model na hladině významnosti 1 %. Dále se proměnné `DDummy_shale_gas` a `Europe_natural_gas` jeví jako nevýznamné. Adjustovaný koeficient determinace je již vyšší než v modelu 1, a to 66 %.

V modelu 3 dochází k vynechání proměnné `Europe_natural_gas`, jednak kvůli předchozímu nalezení její nevýznamnosti, tak kvůli faktu, že cena zemního plynu je se zpožděním silně navázána na cenu ropy pomocí ropných vzorců. Tím pádem modelu neublíží její vyřazení. Po modifikaci nedošlo ke změně adjustovaného koeficientu determinace od modelu 2 a zůstal na 66 %. Ani nedošlo ke změně v nevýznamnosti proměnné `DDummy_shale_gas`.

Tabulka 7 ukazuje výsledky modelu 4, jehož modifikace spočívá ve vynechání poslední nevýznamné proměnné DDummy_shale_gas. Model 4 představuje nejlepší variantu z ukázaných možností, která nejlépe vystihuje situaci s cenami energetického uhlí na evropském trhu.

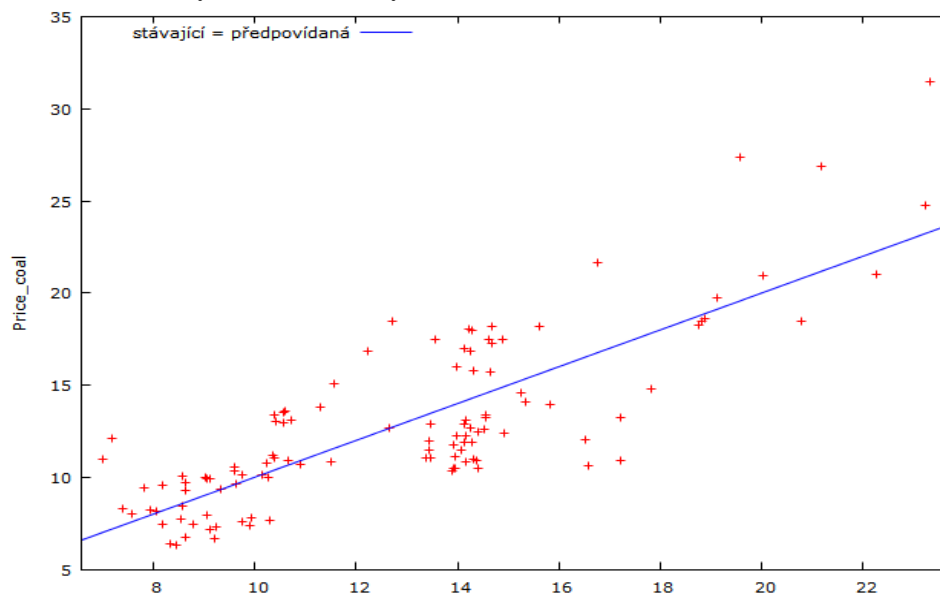
Tabulka 7: Model 4

	koeficient	smer. chyba	t-podíl	p-hodnota	
const	2,33461	1,34280	1,739	0,0849	*
Price_oil	0,183416	0,0282994	6,481	2,66e-09	***
DDummy_boom_2	6,55323	1,61110	4,068	8,96e-05	***
Střední hodnota závisle proměnné		12,82319			
Sm. odchylka závisle proměnné		4,602474			
Součet čtverců reziduí		815,7103			
Sm. chyba regrese		2,723150			
Koeficient determinace		0,656177			
Adjustovaný koeficient determinace		0,649925			

Model sestrojený pomocí softwaru Gretl

V následujících grafech jsou vidět hodnoty cen černého uhlí, tak jak jsou naměřeny ve skutečnosti proti hodnotám, které předpovídá model a rozložení reziduí modelu 4. Z grafu 9 je vidět, že předpovídané hodnoty se výrazně neliší od hodnot skutečných, což potvrzuje vypovídající úlohu celého modelu. Graf 10 ukazuje, že rezidua modelu se výrazně

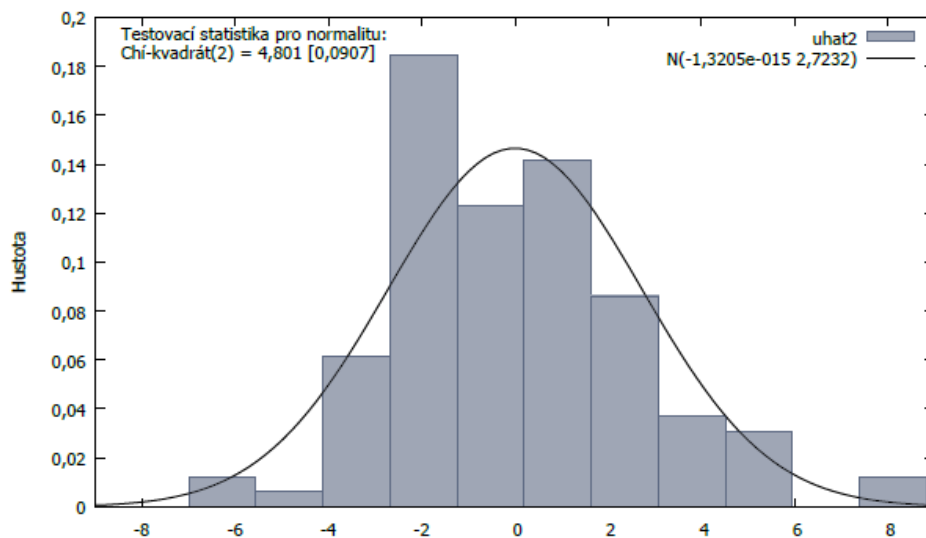
Graf 9: Skutečné vs vyrovnané hodnoty



Sestrojeno pomocí softwaru gretl

neodchylují, a že má normálové rozdělení. Model má ovšem lehké tendence podhodnocovat u vyšších hodnot a nadhodnocovat u nižších hodnot.

Graf 10: Rozložení reziduí modelu 4



Sestrojeno pomocí softwaru Gretl

Výsledná rovnice z modelu 4 vypadá následovně:

$$Y_i = 2,335 + 0,182X_{i1} + 6,553D + e_i$$

Výsledky ukazují, že pokud se cena ropy zvýší o jeden dolar, cena černého uhlí na to zareaguje růstem o 18 centů. V době boomu cen energetických surovin následovalo uhlí růst ceny a jeho cena se zvýšila o 6,55 dolaru více nežli cena ropy. Z modelu leze odvodit potvrzení hypotézy a tedy to, že cena uhlí je svázána s cenami jeho substitutů.

Závěr

Hlavním úkolem mé práce bylo zmapovat principy obchodování s černým uhlím, zjistit vztah mezi cenou černého uhlí a jeho substituty, jejich trend a identifikovat další faktory ovlivňující jeho cenu na Evropském trhu. Co se týče trendu ceny černého uhlí, ropy a zemního plynu, je patrné, že dlouhodobý cenový trend je prakticky stejný. Ceny energetických komodit se z dlouhodobého pohledu vyvíjí stejným směrem.

Z mého dalšího zkoumání je patrné, že se potvrdily předpoklady o svázanosti ceny černého uhlí s cenou jeho substitutů, a že se mi povedlo vytvořit model s uspokojivou vypovídající hodnotou, který dokáže popsat chování ceny uhlí na Evropském trhu. Z modelu je patrné, že cena černého uhlí je ovlivňována cenou ropy, a že v období boomu cen energetických komodit cena uhlí rostla dokonce více než cena ropy.

Na místě je i pokus o srovnání s americkým trhem dle modelu Martina Křesťana (2014). Toto srovnání je bohužel velice těžké kvůli chybnému použití ceny elektřiny jako vysvětlující proměnné, což vychyluje výsledky celého modelu. Za použití jiného modelu by se daly předpokládat podobné výsledky jako ty na evropském trhu.

Mezinárodní trh s černým uhlím je spleť systém vazeb, které na sebe neustále reagují. Je tedy velmi těžké ho analyzovat a přesně určit všechny proměnné, které zde hrají roli. Pokud bych se snažil celý systém pochopit a chtěl popsat detailní fungování tohoto trhu, je možnou prací považovat pouze jako úvodní část do mnohem komplexnějšího problému.

Jako možná rozšíření své práce vidím především v prodloužení časové řady dat jak do minulosti, tak do současnosti. To by zpřesnilo odhady a lépe ukázalo cenový trend komodity. Tyto data jsou bohužel dostupná prakticky pouze v placené podobě u specializovaných firem a portálů.

I přes uvedené možnosti rozšíření modelu lze identifikovat přínos mé práce v tom, že může poskytovat široké veřejnosti, neznalé obecných principů a vazeb na trhu, základní povědomí o komoditě uhlí jako takové a informace ohledně fungování obchodu s černým uhlím jak na lokální, tak mezinárodní úrovni.

7. Seznam literatury

- Argus/McCloskey's coal price index service. Argus [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.argusmedia.com/Coal/Argus-McCloskeys-Coal-Price-Index-Report>
- BACHMEIER, Lance a James GRIFFIN. Testing for market integration crude oil, coal, and natural gas [online]. 2006 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: <http://search.proquest.com.zdroje.vse.cz/docview/222024235?pq-origsite=summon>
- BRITISH PETROLEUM. Coal reserves. Bp [online]. 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/review-by-energy-type/coal/coal-reserves.html>
- Coal market & transportation. In: World coal association [online]. 2013 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/coal/market-amp-transportation/>
- EMERY, Gary a Qingfeng LIU. An analysis of the relationship between electricity and natural-gas futures prices [online]. 2002 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: <http://search.proquest.com.zdroje.vse.cz/docview/211259159?pq-origsite=summon>
- ERTELT, Tomáš. Fosilní paliva v ČR [online]. Brno, 2012 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=51522. Bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství energetický ústav. Vedoucí práce Ing. Marek Baláš Ph.D

- FRYDENBERG, Stein, Joseph ONOCHIE, Sjur WESTGAARD, Nora MIIDTSUND a Hanna UELAND. Long-term relationships between electricity and oil, gas and coal future prices— evidence from Nordic countries, Continental Europe and the United Kingdom [online]. 2014 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: http://ar9zk7pw9f.search.serialssolutions.com/?ctx_ver=Z39.88-2004
- GAVOR, Jiří – KÁNSKÝ, Zdeněk. AKTUÁLNÍ VÝVOJ NA SVĚTOVÉM TRHU S UHLÍM A JEHO DOPADY NA ENERGETICKÝ TRH V ČR. ENA s.r.o. – Energetické analýzy, 2006 [online]. [cit. 2015-04-10].
- GAVOR, Jiří, - OXLEY, Magda - ŠTĚPÁN, Vladimír – KÁNSKÝ, Zdeněk. Obchod s uhlím komoditní burzy a informační zdroje. ENA s.r.o. – Energetické analýzy [online]. 2008 [cit. 2015-04-11].
- HLAVÁČEK, Karel. Development of world coal market during the financial crisis of 2008 – 2010 [online]. Ostrava [cit.2015-02-26]. Dostupné z: http://www.opf.slu.cz/kfi/icfb/proc2011/pdf/19_Hlavacek.pdf. VŠB – Technical University Ostrava.
- International energy agency: Insight series 2014. The Impact of Global Coal Supply on Worldwide Electricity Prices [online]. Francie, Březen 2014 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/ImpactGlobalCoalSupply_WorldwideElectricityPrices_FINAL.pdf
- International energy agency: Energy Policies of IEA countries: The Czech Republic, 2010 Review [online]. Francie, Březen 2010 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CzechRep2010_free.pdf

- Jirásek, J., Vavro, M.: Nerostné suroviny a jejich využití. Ostrava: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR & Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1378-3
- JOETS, Marc a Valerie MIGNON. On the link between forward energy prices: A nonlinear panel cointegration approach[online]. 2011 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988311002696>
- KŘEŠŤAN, Martin. SEKTOROVÁ FUNDAMENTÁLNÍ ANALÝZA TĚŽEBNÍHO PRŮMYSLU A DOPAD JEHO CENOVÉHO VÝVOJE NA ENERGETICKÝ SEKTOR [online]. Brno, 2014 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/347876/esf_m/. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Ing. Dagmar Linnertová.
- LEJNAROVÁ, Šárka, - RÁČKOVÁ, Adéla – ZOUNAR, Jan. Základy ekonometrie v příkladech. Praha: Economica, 2009.
- MADALENO, Mara, Victor MOUTINHO a Jorge MOTA. Time Relationships among Electricity and Fossil Fuel Prices: Industry and Households in Europe [online]. 2015 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/1147>
- MOHAMMADI, Hassan. Long-run relations and short-run dynamics among coal, natural gas and oil prices [online]. 2011 [cit. 2015-08-17]. Dostupné z: http://ar9zk7pw9f.search.serialssolutions.com/?ctx_ver=Z39.88-2004
- OKD (a). Jak uhlí vzniklo. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-uhli-vzniklo>
- OKD. (b) Typy uhlí. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie/typy-uhli>

- OKD. (c) Koksovatelné uhlí a koksování. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie/koksovatelne-uhli-a-koksovani>
- OKD. (d) Současnost: u nás i ve světě. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/soucasnost-u-nas-i-ve-svete/uhli-v-ceske-republice>
- OKD. (e) Historie těžby uhlí. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/historie-tezby-uhli>
- OKD. (f) Jak se těží uhlí v OKD [online]. 2012 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-se-tezi-v-okd>
- OKD. (g) Typy uhlí. OKD [online]. 2012 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-se-tezi-v-okd/nasi-zakaznici>
- Roberts, A., & Hunt, L. G. Coal: Paying a king's ransom. Public Utilities Fortnightly 2004, 142(9), 12-15
- SHARPLES, Ben. Coal contract price may rise 33% on Australian floods. BloombergBusiness [online]. 2011 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2011-01-05/coking-coal-contract-price-may-rise-33-on-australian-floods>
- ŠVECOVÁ, Markéta. TĚŽBA ČERNÉHO UHLÍ V ČESKÉ REPUBLICE – HISTORIE, SOUČASNOST, PERSPEKTIVY [online]. Brno, 2012 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/349199/esf_b/. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce RNDr. Josef Kunc Ph.D.
- TRADITION GROUP. The US coal market primer [online]. Leden 2013 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.traditiongroup.com/CoalPrimer/CoalPrimer.html>

- World Energy outlook 2014 [online]. 2013 [cit. 2015-03-28].
Dostupné z: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2014/>
- World Energy Resources 2013 Survey [online]. 2013 [cit. 2015-03-26].
Dostupné z: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf
- Worldcoal. What is coal. 2015 [online]. [cit. 2015-03-24].
Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/coal/what-is-coal/>
- ZAJÍČEK, M., Břidlicové plyny – energetická revoluce nedozírného rozsahu, in: CEP: Sborník 99/2012 „Břidlicové plyny – energetická revoluce?“, Praha, Centrum pro ekonomiku a politiku (CEP), ISBN 978-80-87460-12-2, podíl 100 %
- ZAKLAN, Aleksandar, Astrid CULLMANN, Anne NEUMANN a Christian HIRSCHHAUSEN. The globalization of steam coal markets and the role of logistics: an empirical analysis [online]. Německo, 2011 [cit. 2015-08-17].

Zdroje dat

1. Databáze world bank, (GEM) commodities,
[http://databank.worldbank.org/data/views/variableselection/selectvariables.aspx?source=global-economic-monitor-\(gem\)-commodities#](http://databank.worldbank.org/data/views/variableselection/selectvariables.aspx?source=global-economic-monitor-(gem)-commodities#)
2. Index mundi, www.indexmundi.com
3. Euracoal, market reports, <http://www.euracoal.com/pages/medien.php?idpage=1569>
4. Databáze EEX, www.eex.com

8. Seznam grafů

Graf 1 – Podíl obchodovatelnosti energetického a koksovatelného	16
Graf 2 – Graf ukazující vývoj ceny australského koksovatelného uhlí	22
Graf 3 - Vývoj ročních importních cen energetického uhlí	24
Graf 4 - Cenový vývoj Ropy, energetického uhlí a zemního plynu	28
Graf 5 - Graf vývoje cen tarifů námořní přepravy z Richard's Bay do ARA.....	30
Graf 6 – Vývoj cen plynu ve světě	31
Graf 7- Vývoj cen karbonových povolenek	32
Graf 8 – Histogram reziduí	36
Graf 9 – Skutečné vs vyrovnané hodnoty	42
Graf 10 – Rozložení reziduí modelu 4.....	43

9. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Proces vzniku uhlí	9
Obrázek 2 – Typy a využití uhlí	11
Obrázek 3 – Těžba černého uhlí v ČR.....	13
Obrázek 4 – Exportní přístavy	18

10. Seznam tabulek

Tabulka 1 – zásoby uhlí ve světě	12
Tabulka 2 – Světový producenti uhlí v roce 2011	15
Tabulka 3 – Největší exportéři uhlí ve světě	19
Tabulka 4 - Největší importéři uhlí ve světě.....	19
Tabulka 5 – Odhad výchozího modelu	35
Tabulka 6 – Odhady a srovnání modifikovaných modelů	40
Tabulka 7 – Model 4.....	42

11. Přílohy

Následující přílohy přikládám pouze pro zajímavost porovnání vývoje cen energií a energetických komodit v České republice a zemích OECD v Evropě od roku 1993 až po současnost.

Příloha 1 – Vývoj indexů cen energií a energetických komodit v ČR

CZECH REPUBLIC								
Table 4 - Indices of energy prices								
	Oil products		Electricity		Natural gas		Coal	
	Wholesale	Retail 2000 = 100	Wholesale 2000 = 100	Retail 2000 = 100	Wholesale 1995 = 100	Retail 2000 = 100	Wholesale 2000 = 100	Retail 2000 = 100
1993	..	65.4	82.3	37.4	93.8	36.4	84.6	45.2
1994	..	67.3	87.4	39.3	99.6	38.6	82.6	48.2
1995	..	67.0	87.7	43.5	100.0	42.6	83.1	57.7
1996	..	70.5	89.1	48.4	..	47.2	86.3	62.8
1997	..	75.8	90.4	56.3	..	55.0	92.9	71.5
1998	..	75.7	94.3	78.4	..	77.8	98.2	91.5
1999	..	80.1	96.7	86.8	..	87.0	104.9	97.7
2000	..	100.0	100.0	100.0	..	100.0	100.0	100.0
2001	..	94.9	105.9	114.8	..	131.1	102.2	102.4
2002	..	85.9	110.8	125.6	..	133.1	101.9	105.3
2003	..	87.1	107.4	119.8	..	134.6	102.2	107.5
2004	..	94.2	112.6	121.9	..	135.9	107.8	112.1
2005	..	100.9	122.5	126.8	..	153.4	126.4	116.0
2006	..	103.9	133.4	138.1	..	182.8	125.6	124.7
2007	..	103.6	145.7	149.0	..	173.7	..	146.0
2008	..	107.7	162.3	163.2	..	216.0	..	173.4
2009	..	95.0	180.8	182.2	..	229.4	..	180.0
2010	..	111.1	174.4	177.3	..	223.8	..	183.3
2011	..	122.1	183.1	185.8	..	250.1	..	189.9
2012	..	129.4	185.0	193.5	..	292.5	..	191.1
2013	..	127.6	190.8	199.9	..	282.5	..	195.0
2Q2006	..	106.9	133.1	138.1	..	185.9	124.6	119.1
3Q2006	..	109.5	133.1	138.1	..	185.9	124.2	124.3
4Q2006	..	99.7	133.7	138.1	..	175.8	125.7	133.4
1Q2007	..	95.4	146.1	149.0	..	168.4	..	141.4
2Q2007	..	104.0	145.3	149.0	..	170.7	..	139.7
3Q2007	..	106.7	145.3	149.0	..	173.6	..	144.6
4Q2007	..	108.2	146.1	149.0	..	182.1	..	158.3
1Q2008	..	109.0	163.0	163.2	..	196.3	..	170.1
2Q2008	..	112.9	161.5	163.2	..	202.0	..	167.9
3Q2008	..	113.0	161.5	163.2	..	221.6	..	173.6
4Q2008	..	95.7	163.0	163.2	..	243.9	..	181.8
1Q2009	..	86.7	181.5	182.3	..	243.9	..	183.2
2Q2009	..	95.2	180.1	182.3	..	236.5	..	177.4
3Q2009	..	99.7	180.1	182.3	..	221.6	..	177.9
4Q2009	..	98.4	181.3	182.0	..	215.5	..	181.6
1Q2010	..	107.6	174.8	177.3	..	214.0	..	183.7
2Q2010	..	112.9	174.1	177.3	..	221.0	..	179.5
3Q2010	..	111.9	174.0	177.3	..	230.2	..	182.5
4Q2010	..	112.1	174.8	177.3	..	229.8	..	187.6
1Q2011	..	118.9	183.5	185.8	..	233.7	..	189.9
2Q2011	..	123.2	182.9	185.8	..	239.7	..	187.5
3Q2011	..	122.5	182.9	185.8	..	256.6	..	190.0
4Q2011	..	123.6	183.2	185.7	..	270.4	..	192.0
1Q2012	..	128.4	185.4	193.5	..	292.5	..	193.2
2Q2012	..	130.4	184.7	193.5	..	292.5	..	189.3
3Q2012	..	130.4	184.7	193.5	..	292.5	..	189.6
4Q2012	..	128.3	185.3	193.5	..	292.6	..	192.2
1Q2013	..	127.5	191.2	200.0	..	298.8	..	194.7
2Q2013	..	126.5	190.3	200.0	..	286.3	..	193.4
3Q2013	..	129.5	190.3	200.0	..	272.4	..	194.6
4Q2013	..	127.0	191.2	199.6	..	272.4	..	197.1
1Q2014	..	128.0	169.3	179.1	..	271.5	..	198.3
2Q2014	..	..	..	..	..	..	..	..

Příloha 2 – Vývoj indexů cen energií a energetických komodit v zemích OECD v Evropě

Table 2
OECD Europe - Indices of real energy prices for end-users

2010 = 100

	Total energy			Oil products			Coal			Natural gas			Electricity		
	I	H	B	I	H	B	I	H	B	I	H	B	I	H	B
1993	64.3	76.9	70.1	60.4	72.4	67.0	52.5	73.2	57.1	51.2	70.4	60.8	80.6	93.9	86.1
1994	63.6	77.0	69.7	60.7	72.4	67.0	54.2	73.1	58.0	50.4	70.5	60.3	77.7	94.2	84.5
1995	61.1	76.1	67.9	59.0	71.8	65.9	52.6	70.6	55.9	49.1	68.9	58.9	73.6	93.0	81.5
1996	63.3	76.7	69.5	64.0	74.0	69.4	52.1	75.3	56.5	48.9	67.1	58.4	72.3	91.9	80.5
1997	64.3	77.5	70.3	65.7	75.4	70.9	54.8	77.8	58.8	52.7	69.6	61.1	70.1	88.8	77.7
1998	62.7	75.0	68.3	62.9	71.5	67.4	54.7	75.2	57.9	50.4	68.7	59.5	69.6	87.1	76.8
1999	64.5	77.1	70.2	68.4	76.2	72.4	50.3	71.6	53.9	49.6	66.9	58.2	66.3	85.1	73.9
2000	71.1	83.3	76.4	80.6	88.1	84.2	51.9	70.1	54.5	59.8	69.1	64.4	61.6	82.5	70.0
2001	72.2	81.9	76.5	77.9	83.4	80.6	55.5	72.3	57.9	67.2	73.9	70.6	66.0	84.6	73.6
2002	72.3	80.7	76.0	76.8	80.7	78.6	56.1	73.8	58.7	68.1	75.6	71.9	67.9	84.5	74.7
2003	74.8	81.6	77.7	78.6	81.0	79.7	53.7	72.4	56.3	74.4	76.5	75.5	70.4	86.1	77.0
2004	77.5	83.0	79.9	82.9	84.7	83.7	64.5	73.7	65.9	72.1	75.6	73.9	71.0	85.3	76.9
2005	86.1	88.3	87.0	93.6	92.5	93.1	71.4	74.7	71.9	84.0	81.3	82.6	74.5	86.1	79.3
2006	91.3	93.6	92.3	96.0	96.4	96.2	68.7	77.6	70.2	102.0	94.6	98.0	81.0	90.1	84.8
2007	90.8	93.8	92.0	94.2	96.2	95.0	69.5	82.2	71.5	98.7	95.8	97.2	83.5	90.2	86.3
2008	101.5	100.1	100.9	105.2	102.7	104.2	93.6	92.3	93.3	113.7	104.4	108.8	91.3	94.6	92.7
2009	94.8	95.2	95.0	89.9	89.1	89.5	91.5	101.6	93.6	108.9	105.3	106.9	101.2	97.3	99.4
2010	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2011	106.0	106.3	106.1	110.1	110.1	110.1	112.4	102.4	110.5	102.8	105.0	103.9	98.7	102.8	100.4
2012	110.3	110.1	110.2	115.9	115.5	115.7	106.6	104.4	106.2	110.7	111.9	111.3	99.8	103.7	101.5
2013	109.2	109.1	109.2	112.8	111.2	112.3	101.8	103.5	102.1	114.0	113.0	113.5	102.0	105.9	103.7
1Q2009	94.3	94.1	94.3	86.0	81.5	84.3	103.1	103.2	103.1	122.0	115.4	118.3	103.8	98.8	101.6
2Q2009	94.7	95.9	95.2	89.0	89.9	89.3	90.4	100.3	92.5	110.4	108.6	109.4	101.9	96.7	99.6
3Q2009	94.5	95.8	95.0	91.5	92.4	91.8	85.5	101.3	88.9	99.4	100.7	100.1	99.4	96.9	98.2
4Q2009	95.7	94.8	95.3	92.9	92.2	92.6	87.8	101.5	90.8	101.2	96.8	98.7	100.0	96.8	98.6
1Q2010	98.4	98.2	98.4	97.0	96.8	96.9	88.9	99.3	91.1	98.5	97.4	97.9	103.1	100.6	101.9
2Q2010	100.2	100.0	100.1	101.5	102.0	101.7	99.0	97.1	98.6	97.0	97.8	97.5	98.7	98.8	98.8
3Q2010	100.0	101.0	100.5	99.6	99.9	99.7	106.2	99.5	104.8	102.0	103.9	103.1	99.2	100.4	99.7
4Q2010	101.2	101.1	101.2	101.9	101.1	101.6	105.6	101.4	104.7	102.1	102.3	102.2	99.1	100.5	99.7
1Q2011	104.7	104.7	104.7	108.1	108.0	108.1	105.0	102.4	104.5	101.4	101.4	101.4	100.0	103.3	101.4
2Q2011	105.7	106.1	105.8	110.2	111.5	110.7	111.5	100.1	109.3	100.5	102.6	101.6	98.1	101.9	99.8
3Q2011	105.9	107.3	106.4	109.5	110.8	110.0	113.1	101.4	110.8	106.7	108.0	107.4	97.7	102.7	99.8
4Q2011	108.2	107.5	107.9	112.5	110.3	111.7	117.2	103.3	114.5	109.3	110.4	109.9	99.0	103.2	100.8
1Q2012	110.3	109.4	110.0	116.9	115.6	116.4	112.9	104.5	111.3	107.6	109.5	108.6	99.1	103.2	100.9
2Q2012	109.9	109.9	109.9	115.4	116.1	115.7	104.8	103.3	104.5	110.5	111.0	110.8	99.8	102.6	101.0
3Q2012	110.4	111.4	110.8	115.9	116.4	116.1	107.1	104.7	106.6	111.1	115.6	113.5	99.3	104.3	101.5
4Q2012	110.6	110.1	110.4	115.5	113.7	114.8	102.2	104.6	102.7	113.4	114.0	113.7	101.2	104.6	102.7
1Q2013	110.3	110.3	110.3	114.4	113.6	114.1	103.1	104.3	103.3	114.9	113.1	113.9	102.5	106.1	104.1
2Q2013	108.5	108.5	108.5	111.6	110.7	111.3	102.6	102.3	102.5	114.2	112.8	113.4	101.9	104.8	103.2
3Q2013	109.3	110.0	109.6	113.3	112.3	113.0	100.7	102.6	101.1	112.8	114.5	113.7	101.2	106.4	103.5
4Q2013	108.9	107.9	108.5	112.1	108.4	110.8	100.8	103.8	101.4	113.9	112.1	112.9	102.2	106.5	104.1
1Q2014	108.5	107.5	108.1	111.9	107.7	110.4	100.1	103.5	100.7	114.2	111.6	112.9	101.4	105.9	103.1
2Q2014	..	..	..	110.8	107.9	109.9	..	..	..	..	..	..	..	..	..

I = Industrial index, including prices for automotive diesel oil for oil products.

H = Households index, including prices for gasoline for oil products.

B = Weighted average index of both industry and households.

Note: The "Real" price index is computed from prices in national currencies and divided by the country specific producer price index for the industrial sector and by the consumer price index for the household sector. Please refer to General note on definitions, methods and sources at the beginning of Part II.