

Vazby ekonomického růstu a spotřeby energie specifických paliv v USA

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Vladimír Hajko, Ph.D.

Klára Szabóová

Brno 2016

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Vladimíru Hajkovi, Ph.D. za jeho trpělivost, ochotu, připomínky a rady, které mi při zpracování bakalářské práce poskytoval.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Vazby ekonomického růstu a spotřeby energie specifických paliv v USA**

vypracovala 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 vědoma, 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 předmetná 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 23. května 2016

Abstract

Szabóová K. Economic growth and energy consumption of specific energy fuel nexus in USA. Bachelor thesis. Brno: Mendel University, 2016.

This thesis examines the presence or absence of Granger causality between economic growth and energy consumption of specific fuels in the United States during 1997–2015. For this purpose, vector autoregression modeling is used. The results are mixed. Uni-directional causality has been found from coal consumption to economic growth and bi-directional causality has been found between real GDP and oil consumption. The rest of the examined relations show no evidence of Granger causality.

Keywords

Economic growth, energy consumption, Granger causality, vector autoregression.

Abstrakt

Szabóová K. Vazby ekonomického růstu a spotřeby energie specifických paliv v USA. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016.

Tato práce zkoumá existenci či neexistenci Grangerovské kauzality mezi ekonomickým růstem a spotřebou energie specifických paliv v USA v letech 1997-2015. K tomuto účelu je využito vektorové autoregrese. Výsledky jsou smíšené. Jedno-směrná kauzalita byla prokázána ve směru od spotřeby uhlí k ekonomickému růstu a obousměrná kauzalita působí mezi reálným HDP a spotřebou ropy. Pro zbytek zkoumaných vztahů kauzalita prokázána nebyla.

Klíčová slova

Ekonomický růst, spotřeba energie, Grangerovská kauzalita, vektorová autoregrese.

Obsah

1	Úvod a cíl práce	11
1.1	Úvod.....	11
1.2	Cíl práce.....	11
2	Teoretický rámec	13
3	Historie a budoucnost specifických paliv	20
3.1	Ropa.....	21
3.2	Uhlí.....	22
3.3	Obnovitelné zdroje energie	22
3.3.1	Fotovoltaické panely (PV).....	23
3.3.2	Stacionární skladování energie.....	23
3.3.3	Metan hydrát.....	23
4	Přehled ekonomického růstu a spotřeby energie v USA	24
4.1	HDP	24
4.2	Ropa.....	25
4.3	Uhlí.....	25
4.4	Obnovitelné zdroje.....	26
5	Metodika	27
5.1	Očištění od sezónních vlivů	27
5.2	Testování přítomnosti jednotkového kořene.....	27
5.3	Testování kointegrace časových řad.....	27
5.4	VAR výběr zpožděných proměnných.....	28
5.5	Vektorová autoregrese	28
5.5.1	VAR.....	28
5.5.2	VECM	29
5.6	Testování autoregrese a heteroskedasticity	29
6	Zdroje dat	31

7	Výsledky	32
7.1	Vztah HDP a ropy	32
7.2	Vztah HDP a uhlí	36
7.3	Vztah HDP a obnovitelných zdrojů.....	38
7.4	Shrnutí výsledků.....	41
8	Závěr	43
9	Literatura	44
10	Seznam obrázků	49
11	Seznam tabulek	50
A	Grafy impulzní odezvy	52

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Práce se zabývá problematikou spojenou se vztahem ekonomického růstu a spotřeby specifických paliv v USA. Ekonomický růst je pochopitelně měřen reálným HDP. Spotřebou specifických paliv budeme v této práci rozumět spotřebu ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. Ačkoliv obnovitelné zdroje nejsou ve všech případech palivy, jsou zde zahrnuty všechny jejich formy. Odůvodněním tohoto zahrnutí je především možnost nahrazování fosilních paliv, jako je ropa a uhlí, obnovitelnými zdroji, které nemohou být pokládány za paliva, např. vodní a větrná energie.

Zkoumáno bude, zda existuje či neexistuje vztah mezi ekonomickým růstem a spotřebou paliv. Pokud bude existence vztahu prokázána, pak bude zásadní, zda je tento vztah pozitivní či negativní. Ke zkoumání této problematiky vedla především dlouhodobě diskutovaná ekologická situace. Již delší dobu je vyvíjen tlak na snížení spotřeby fosilních paliv, které nepříznivě působí na životní prostředí a způsobují globální změny klimatu. Tendence nahrazovat tato paliva obnovitelnými zdroji je pochopitelná vzhledem k omezeným zásobám ropy a uhlí. Mnohé země se obávají negativního vlivu nahrazování fosilních paliv na ekonomický růst. Pokud bude prokázána pozitivní kauzální vazba mezi reálným HDP a spotřebou paliv, pak je tato obava odůvodněná. Na druhou stranu pokud bude stejná vazba prokázána i u obnovitelných zdrojů, pak je teoreticky možné nahradit fosilní paliva obnovitelnými zdroji bez následků na ekonomický růst.

Zmíněné vazby budou zkoumány u Spojených států amerických. Důvodem výběru tohoto soustátí byl fakt, že se jedná o jednoho z největších spotřebitelů jak fosilních paliv, tak energie z obnovitelných zdrojů. Dalším důvodem bylo začlenění problematiky životního prostředí do legislativy a rozsáhlý výzkum v oblasti obnovitelných zdrojů.

Období, pro které bude výzkum aplikován, je rozdílné pro teoretickou a praktickou část. Data pro teoretickou část slouží k přehledu a zdůvodnění vývoje specifických paliv a DPH. Zatímco data pro praktickou část jsou využita přímo k analýze vztahu mezi HDP a spotřebou specifických paliv. Popis situace, tedy teoretická část, je prováděna na ročních datech od roku 1965 do roku 2014 pro HDP a spotřebu paliv. Analýza Grangerovské kauzality je provedena pro data 1997–2015, která jsou ve čtvrtletních intervalech.

1.2 Cíl práce

Cílem práce je ověření existence či neexistence Grangerovské kauzality mezi HDP a spotřebou specifických paliv v USA a na základě těchto výsledků teoreticky zhodnotit, zda je možné nahradit fosilní paliva obnovitelnými zdroji energie bez negativních vlivů na ekonomický růst. V této souvislosti je největším rizikem prokázání vztahu od spotřeby paliv k HDP, což by znamenalo, že při poklesu spotřeby

paliv by se snížil i ekonomický růst. Dílčím cílem je poskytnout přehled energetického prostředí v USA. Tento přehled bude zahrnovat jak historii, tak možnou budoucnost specifických paliv. V rámci dílčího cíle budou představeny i politiky zaměřené na energetickou úsporu těchto paliv.

2 Teoretický rámec

Tato práce zkoumá vztah mezi ekonomickým růstem a spotřebou ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů energie. Nejdříve je nutné stanovit proměnou vysvětlující a vysvětlovanou a také stanovit hypotézy. V našem případě je vysvětlující proměnnou HDP. Vysvětlovanou proměnnou jsou tudíž spotřeby jednotlivých druhů paliv – ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. Hypotézu můžeme tedy stanovit následujícím způsobem: při růstu HDP, můžeme předpokládat i růst spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. Vzhledem k tomu, že budeme zkoumat Grangerovskou kauzalitu v obou směrech působení – od reálného HDP ke spotřebě paliv, i od spotřeby paliv k reálnému HDP – budeme využívat i hypotézy, která říká, že při růstu spotřeby paliv, můžeme předpokládat i růst reálného HDP. Pak bude vysvětlovanou proměnnou reálné HDP a vysvětlující spotřeba jednotlivých paliv.

Myšlenka vztahu mezi HDP a spotřebou energie se poprvé objevila v práci autorů J. Kraft a A. Kraft (1978) a od té doby se touto souvislostí zabývá mnoho studií a autorů. Většina těchto studií využívá Grangerovské kauzality, modelu korekce chyb, kointegrace, vektorové autoregrese a analýzy panelových dat.

Přehled možných kauzalit mezi spotřebou energie a hospodářským růstem je možné najít např. v Ozturk (2010, s. 340–341), který je rozdělil do čtyř typů. Jak sám píše, každý z nich má významné důsledky pro energetickou politiku.

1. Absence kauzality

V tomto případě neexistuje žádná kauzalita mezi spotřebou energie a hrubým domácím produktem. Ozturk (2010, s. 340–341) ji označuje jako „neutralitu hypotézy“. Z tohoto tvrzení vyplývá, že pokud neexistuje příčinný vztah, pak politiky, které mají vztah ke spotřebě energie a to ať jsou expanzivní nebo konzervativní nemají žádný vliv na hospodářský růst.

2. Jednosměrná kauzalita – ekonomický růst → spotřeba energie

Tato hypotéza je nazývána jako „hypotéza zachování“, což znamená, že politika zaměřená na zachování spotřeby energie může být implementována s malým nebo nulovým negativním dopadem na HDP nebo jinými slovy pokud zvýšení reálného HDP vede ke zvýšení spotřeby energie.

3. Jednosměrná kauzalita – spotřeba energie → ekonomický růst

Hypotéza se nazývá „hypotéza růstu“, znamená to, že pokud se sníží spotřeba energie, pak může dojít k negativnímu vlivu na hospodářský růst. Naopak při zvýšení spotřeby energie může dojít k hospodářskému růstu. Tato hypotéza poukazuje na to, že spotřeba energie působí na hospodářský růst ve výrobním procesu jak přímo, tak nepřímo a to v souvislosti s prací a kapitálem. Z toho vyplývá i skutečnost, že velké výkyvy v zásobování energií budou mít nepříznivý dopad na HDP.

4. Obousměrná kauzalita – spotřeba energie ↔ ekonomický růst

Spotřeba energie a ekonomický růst se vzájemně ovlivňují. Tato hypotéza je nazývána „hypotéza zpětné vazby“.

Chen, Kuo a Chen (2006) ve své studii zkoumali vztahy mezi spotřebou elektrické energie a HDP v 10 tehdy nově industrializovaných a rozvíjejících se asijských zemích. Z výsledků vyplývá, že kauzalita ve zkoumaných asijských zemích je smíšená. Zjistili, že jednosměrná krátkodobá kauzalita se vyskytuje, pokud je za vysvětlující proměnnou považováno HDP a za vysvětlovanou spotřeba elektrické energie. Oboustranná dlouhodobá kauzalita byla prokázána, pokud je za vysvětlující proměnnou naopak považována spotřeba elektrické energie a za vysvětlovanou HDP, pokud je ovšem implementována analýza panelových dat. Tento dlouhodobý vztah připouští, že dostatečně velké dodávky elektrické energie mohou zajistit vyšší úroveň ekonomického růstu. Také zde uvádí, že pokud by se zlepšila účinnost zásobování elektrickou energií tak, aby bylo zabráněno jejímu plýtvání a řízenou poptávkou by se snížila spotřeba elektrické energie bez vlivu na koncové uživatele, pak by bylo možné dosáhnout snížení spotřeby elektřiny bez vlivu na HDP. K analýze využili časových řad od roku 1971 do roku 2001 a to s roční frekvencí dat. Reálné HDP bylo vyjádřeno v USD s konstantním rokem 1995 a spotřeba elektrické energie byla vyjádřena v gigawatthodinách. Ke snížení heteroskedasticity bylo využito logaritmické podoby časových řad. Dále byly provedeny testy na přítomnost jednotkového kořene pomocí rozšířeného Dickey-Fuller testu a kointegrační testy pomocí Johansenova testu. Pro určení počtu zpožděných proměnných využili Akaikeho informační kritérium. Ke zjištění Grangerovské kauzality využili vektorový model korekce chyb (VECM) upravený tak, aby byl použitelný pro panelová data.

K podobnému závěru jako Chen, Kuo a Chen (2006) došli Akkemik a Göksal (2012), kteří ve 47 studiích našli 11 případů, kde se nevyskytovala kauzalita, 16 případů, kde byla prokázána obousměrná kauzalita a ve zbylých případech byla prokázána rozdílná kauzalita a kointegrace mezi spotřebou energie a HDP. Jak vidíme výsledky ohledně závislosti HDP a spotřeby energie nejsou jednotné a nevedou tedy k obecnému závěru. Chen, Kuo a Chen (2006) Akkemik a Göksal (2012) se shodují, že je to způsobeno rozdílností aplikovaných ekonometrických metod, časových období a zkoumaných ekonomik, které jsou v různých studiích použity. Rozdílnost ekonomik spočívá například v různých dodávkách energie, institucionálním uspořádání, kultuře, ale také různých politických a hospodářských dějinách, politických uspořádání a samozřejmě i v různých energetických politikách. Za účelem analýzy shromáždili data od roku 1980 po rok 2007. Data se týkala reálného HDP, spotřeby energie, kapitálu a práce. Reálné HDP bylo měřeno v USD s konstantním rokem 2000, spotřeba energie v tunách ropného ekvivalentu, práce byla vztažena k počtu obyvatel ve věku mezi 15 a 60 rokem věku. Kapitál a práce byly začleněny jako kontrolní proměnné, které vychází z produkční funkce HDP. Stejně jako Chen, Kuo a Chen (2006) využili i Akkemik a Göksal (2012) panelových dat, provedli testování přítomnosti jednotkového kořene pro reálné HDP, spotřebu energie kapitál i práci, k tomu ovšem nevyužili rozšířeného Dickey-Fullerova testu

a VECM metody, jako Chen, Kuo a Chen (2006), ale využili IPS a LLC testy a VAR metodu. Dále zjistili optimální řád zpoždění a VAR testy, kde zahrnuli Akaikoho, Schwarzovo i Hannan-Quinnovo informační kritérium. Výsledky těchto informačních kritérií se však lišily, přiklonili se tedy ke Schwarzovu a Hannan-Quinnovu informačnímu kritériu, která se na počtu zpožděných proměnných shodovala.

Yoo (2006) ve svém výzkumu vysvětluje, že chybějící kauzalita mezi spotřebou elektřiny a hospodářským růstem v Thajsku a Indonésii je pochopitelná, protože značná část elektřiny je spotřebovávána pro běžný lidský život a zbytek pro ekonomické aktivity, které mohou vyvolat zvýšení reálného HDP. Z toho vyplývá, že jakékoli zvýšení spotřeby elektřiny nemusí významně ovlivnit reálné HDP.

S rozdělením možných výsledků kauzality, které uvedl Ozturk (2010, s. 340–341) se v podstatě shodují i Apergis a Payne (2010), kteří jednosměrnou kauzalitu – spotřeba energie → hospodářský růst rozšiřují o poznatek, že v takovém případě se jedná o energeticky závislou ekonomiku. Ve své studii zkoumali závislost mezi spotřebou energie a HDP pro devět jihoamerických zemí. Vztah byl zkoumán v období 1980–2005. Stejně jako Chen, Kuo a Chen (2006) pracovali s ročními panelovými daty. Kromě reálného HDP, který byl stejně jako u Akkemika a Göksala (2012) měřen v USD s konstantním rokem 2000 a spotřeby energie měřené v kilogramech ropného ekvivalentu také použili kontrolní proměnné – hrubý fixní kapitál v USD s konstantním rokem 2000 a pracovní síla v milionech. Všechny proměnné byly použity v logaritmické formě. Po testování přítomnosti jednotkového kořene přistoupili k testování kointegrace. Jimi použitá metoda zahrnovala čtyři statistiky – panel v , panel ρ , panel PP a panel ADF. Tyto statistiky sdružují autoregresní koeficienty. Dále byly využity tři statistiky – skupinová ρ , skupinová PP a skupinová ADF, které jsou založeny na průměrných hodnotách jednotlivých autoregresních koeficientů. Všechny tyto testy prokázaly kointegrační vztah při hladině významnosti 0,01. Poté využili modifikovaného OLS odhadu, který ukázal, že nárůst spotřeby energie o 1 % zvýší reálné HDP o 0,42 %, zvýšení hrubého fixního kapitálu o 1 % zvýší reálné HDP o 0,12 % a nakonec nárůst pracovní síly o 1 % zvýší reálné HDP o 0,5 %. Výsledky ukazují, že v krátkodobém i dlouhém horizontu existuje jednosměrná kauzalita ve směru od spotřeby energie k HDP. Dále bylo objeveno, že spotřeba energie nepřímo působí na HDP a to jejím dopadem na hrubý fixní kapitál. Dopad spotřeby energie na pracovní sílu nebyl prokázán. Zajímavým objevem bylo, že spotřeba energie je pro ostatní proměnné exogenní, což znamená, že politika úspory energie může svou regulací spotřeby nepříznivě ovlivnit ekonomický růst. Akkemik a Göksal (2012) ve svém článku také uvádějí předpoklad, že spotřeba energií v tomto období mnohem vyšší než u vyspělých zemí. Dokonce je o 5,6–8,6 % vyšší než je průměrný roční světový růst.

Narayan a Popp (2012) ve své studii zkoumali dlouhodobý vztah mezi spotřebou energie a reálným HDP pro 93 zemí. Studie obsahovala tři kroky. V prvním provádí testy přítomnosti jednotkového kořene na panelových datech. Ve druhém kroku testují kointegraci těch dat. V tomto případě využili dvou testů – Engle-Grangerův test a Fisherův test. Obě metody byly modifikovány, aby byly použitelné pro panelová data. Třetí krok zahrnuje testování Grangerovské kauzality

v dlouhém horizontu. Testování bylo aplikováno na roční data od roku 1980 po rok 2006. Reálné HDP bylo měřeno v milionech USD s konstantním rokem 1990. Bylo využito GM testu, který je založen na průměru panelových dat a na tom, že testovací statistika má standardní normální rozdělení v dlouhodobém horizontu. Lambda-Pearsonův test je tvořen pomocí p-hodnoty spojené se statistikou t-testu každé proměnné. Dále bylo využito Chi-kvadrátu se dvěma stupni volnosti pro krátkodobou kauzalitu. Kromě potvrzení smíšených výsledků pro různé země našli i důkazy o tom, že spotřeba energie může působit negativně na reálné HDP. Také tvrdí, že by se země, pro které toto tvrzení platí, měly více zaměřit na snižování emisí oxidu uhličitého.

V rámci této kapitoly je vhodné zmínit i souvislost spotřeby paliv s životním prostředím. Důležitý poznatek zaznamenala Menegaki (2014), která kromě efektivního využití energetické politiky upozorňuje i na nutnost efektivního využití environmentální politiky, které budou pomáhat udržitelnému rozvoji. Environmentální politika je důležitá zejména, protože růst hrubého domácího produktu je ovlivněn i neefektivním využíváním energie, které vede ke globálnímu oteplování a jiným klimatickým změnám. Jako příklad energeticky neefektivní ekonomiky uvádí případ nízké kontroly znečištění nebo nedostatečný rozvoj v oblasti obnovitelných zdrojů.

Při výzkumu, který prováděli Kaivo-oja, Vehmas a Luukkanen (2014), regresní modely, přesněji lineární korelační koeficienty prokázaly vysokou závislost mezi výrobou elektřiny a HDP, stejně jako mezi obyvatelstvem a HDP. Zajímavé bylo, že pro Čínu vyšla závislost mezi populací a výrobou elektrické energie mnohem nižší než v USA a EU, ale regresní model, který popisuje lineární vztah mezi HDP a elektrickou energií byl v Číně nejvyšší.

Z výše uvedeného je zřejmé, že je podstatná i souvislost mezi spotřebou energie, růstem HDP a emisemi CO₂. Studií zabývajících se tímto tématem můžeme najít například u Al-mulali (2014), Menyah, Wolde-Rufael (2010) a Chiu a Chang (2009).

Al-mulali (2014) zkoumal tuto kauzalitu u 30 zemí, které jsou hlavními spotřebiteli jaderné energie. V práci využil panelových dat v období 1990 až 2010. se zvyšuje se zvýšením životní úrovně. World Development Indicators (WDI, 2011) uvádí průměrný světový růst HDP o 4,7 % ročně v období 1980–2007. Ve stejném období rostla světová spotřeba energie, která byla měřena v tunách ropného ekvivalentu, průměrně o 2,4 % ročně. Konkrétně v USA byl v tomto období průměrný roční růst HDP o 3,9 % a spotřeba energie o necelé 1 %. Průměrný roční růst týkající se spotřeby energií se v různých oblastech podstatně liší. U rozvojových zemí byl tento růst 8–11 %, u eurozóny 1 % a 1,3 % u OECD, jejímž členem je i USA. Jak vidíme u rozvojových zemí je tempo růstu v tomto období mnohem vyšší než u vyspělých zemí. Dokonce je o 5,6–8,6 % vyšší než je průměrný roční světový růst. Testy Grangerovské kauzality ukázali, že v krátkodobém horizontu spotřeba jaderné energie kauzálně působí na růst HDP a negativní příčinnou souvislost s emisemi CO₂. Výsledky prokázaly dlouhodobý pozitivní vliv spotřeby jaderné energie na růst HDP a to bez vlivu na emise CO₂. Lze tedy říci, že spotřeba jaderné energie ve zkoumaných zemích je důležitá při zvyšování HDP, ale protože byl prokázán nega-

tivní vztah na CO₂ můžeme říci, že jaderná energie nezpůsobuje takové škody na životním prostředí jako např. fosilní paliva. Al-mulali (2014) uvádí, že světová spotřeba jaderné energie vzrostla o 37 % za posledních 40 let, tento růst byl v mnoha zemích podnícen snahou zmenšit závislost na dovozu fosilních paliv. K analýze bylo – stejně jako v přecházejících případech – využito panelových dat. Údaje o HDP byly měřeny v milionech USD s konstantním rokem 2000. Jako ukazatel spotřeby jaderné energie byla využita spotřeba jaderné elektřiny, která byla měřena v milionech kilowatthodin a byla využita. Dále byla využita spotřeba elektřiny z uhlí, zemního plynu a ropných zdrojů, které byly také měřeny v milionech kilowatthodin. I zde autor využil kontrolních proměnných stejně jako Akkemik a Göksal (2012). Na rozdíl od Akkemika a Göksala (2012), kteří použili kapitál a práci Al-mulali (2014) používá domácí investice v milionech USD s konstantním rokem 2000 a pracovní sílu v tisících dělníků. Pro analýzu týkající se CO₂, které bylo měřeno v milionech tun bylo dále využito počtu městského obyvatelstva v milionech lidí. Všechny proměnné byly k analýze využity v logaritmické podobě. Prvním krokem bylo testování stacionarity proměnných, ke kterému bylo využito Fisher-ADF testu a PP testu, které jsou založeny na Chi-kvadrátu. Testování kointegrace bylo provedeno Pedroniho kointegračním testem. Ke stanovení dlouhodobého vztahu využil modifikované nejmenší čtverce, Wald test založený na Chi-kvadrátu. Grangerovská kauzalita byla zjišťována pomocí modelu vektorové korekce chyb (VECM).

Chen, Kuo a Chen (2006) zmínili, že se mnohé země obávají špatného dopadu omezení využívání fosilních paliv na růst HDP. Tyto obavy se týkají především rozvojových zemí, které stále využívají fosilní paliva k výrobě elektřiny. Tlak na zmírnění produkce CO₂ však neustále roste. To vede k hojnému zkoumání této problematiky a to především přímo pro rozvojové země. Výsledky jsou ovšem značně smíšené a vedou se o nich rozsáhlé diskuze.

Menyah, Wolde-Rufael (2010) zkoumali příčinnou souvislost mezi oxidem uhličitým (CO₂), spotřebou energie z obnovitelných zdrojů, jadernou energetikou a reálným HDP pro USA mezi lety 1960 a 2007. Jejich výsledky prokázaly jednosměrnou Grangerovskou kauzalitu ve směru od spotřeby jaderné energie k emisím CO₂. Neprokázali kauzalitu od obnovitelných zdrojů k emisím CO₂, tudíž došli k závěru, že spotřeba obnovitelných zdrojů výrazně nepřispívá ke snížení emisí CO₂. Stejně jako Al-mulali (2014) prokázali, že spotřeba jaderné energie emise CO₂ zmírnit může. Menyah, Wolde-Rufael (2010) uvádí, že Stern (2007) odhaduje, že světové HDP by mohlo klesnout až o 25 % vlivem globálního oteplování, ale pokud by byly sníženy emise CO₂, pak by pokles světového HDP byl zhruba 1%. K dosažení výsledků autoři využili metodu Toda a Yamamota (1995), který nevyužívá pro zkoumání kauzality prvních diferencí. Využito je Wald testu, stejně jako tomu bylo u Al-mulaliho (2014). Stejně jako v předchozích studiích i tady je využito ročních dat. Stejně jako u Akkemika a Göksala (2012) a Apergise a Payneho (2010) bylo reálného HDP využito konstantního roku 2000, ale je zde vyjádřeno jako HDP na jednoho obyvatele. Obnovitelné zdroje v této studii zahrnují – geotermální energii, sluneční a větrnou energii, energii ze dřeva a odpadu. Stejně jako ostatní

autoři i tito použili testy k detekci jednotkového kořene a délky zpoždění. Aby zjistili optimální řád zpoždění, využili Akaiikova kritéria (AIC), Bayesianova kritéria (SBC), Likelihood-ratio testu (LR test) a diagnostických testů. Pokud AIC a SBC detekovali jiní řád zpoždění, použili LR test, aby vybrali optimální počet zpožděných proměnných. Poté zkusili, zda tento řád zpoždění projde diagnostickými testy, pokud ne, pak zvýšili počet zpožděných proměnných, doku nedosáhli lepších výsledků. Tento postup se týkal i autokorelačních testů a testování heteroskedasticity a normality. Vzhledem k tomu, že nebyla prokázána kauzalita mezi spotřebou obnovitelných zdrojů a emisemi CO₂ Menyah, Wolde-Rufael (2010) alespoň uvádějí, co k této situaci podle nich vedlo: malý růst spotřeby energie z obnovitelných zdrojů, růst podílu spotřeby jaderné energie na celkové spotřebě. Ke snížení atraktivitu obnovitelných zdrojů vedl i pokles cen zemního plynu a spuštění velkých jaderných elektráren. Menyah, Wolde-Rufael (2010) také uvádí, že USA, oproti jiným vyspělým oblastem jako je Japonsko nebo Evropa, investovalo méně prostředků do výzkumu a vývoje obnovitelných zdrojů. I přes tento fakt se stále jedná o jednoho z největších spotřebitelů obnovitelných zdrojů.

K tomuto tématu se vyjádřili i Chiu a Chang (2009). Podle jejich výzkumu je nutné, aby spotřeba obnovitelných zdrojů byla nejméně 8,34 % celkové spotřeby energie, aby bylo dosaženo efektu snižování emisí CO₂.

Výzkum vztahu mezi ekonomickou aktivitou z pohledu nabídky a poptávky a spotřebou uhlí, ropy a obnovitelných zdrojů pro Čínu provedli Bloch, Rafiq a Salim (2015). Výzkum byl prováděn pro nabídkový pohled mezi roky 1977 a 2013 a pro poptávkovou stranu mezi roky 1965 a 2011. Využili metody ARDL a VECM a zjistili, že Čínský ekonomický růst je závislý na spotřebě uhlí, ropy i obnovitelných zdrojů. Hospodářský růst kauzálně působí na spotřebu těchto zdrojů, avšak byl zde prokázán negativní vliv týkající se cenového efektu na uhlí a ropu. V této studii bylo prokázáno, že emise CO₂ jsou závislé na spalování uhlí. Zatímco Menyah a Wolde-Rufael (2010) neprokázali vztah mezi spotřebou obnovitelných zdrojů a emisemi CO₂ pro USA, Bloch, Rafiq a Salim (2015) pro Čínu zjistili, že spotřeba obnovitelných zdrojů naopak emise CO₂ redukuje. Při studii nebyla nalezená žádná spojitost mezi ropou a emisemi CO₂. Bloch, Rafiq a Salim (2015) tedy konstatovali, že těžba uhlí je absolutně i relativně nákladní v porovnání s ropou a obnovitelnými zdroji, to podle nich podporuje přechod od spalování uhlí k obnovitelných zdrojům, což by vedlo i ke zlepšení situace životního prostředí a ekonomiky. V práci stanovili dva samostatné rámce. Do prvního byla zahrnuta spotřeba všech zmíněných zdrojů a to každého zvlášť. Do druhého byly zdroje sloučeny do jednoho měření. Nabídkový model zahrnuje následující proměnné: kapitál, pracovní sílu, úroveň technologie, spotřebu uhlí, ropy, obnovitelných zdrojů a kombinaci těchto zdrojů. Poptávkový model obsahuje: spotřebu uhlí, ropy, obnovitelných zdrojů, kombinaci těchto zdrojů, příjem, cenu uhlí a ropy a kombinaci těchto cen. K analýze využili ARDL a VECM. Než byly tyto metody využity byl proveden test stacionarity, tedy nepřítomnosti jednotkového kořene. Vzhledem k využití metody VECM bylo žádoucí, aby byly časové řady stacionární a existoval kointegrační vztah. Stacionarita byla prokázána při využití prvních diferencí. K detekci jednot-

kového kořene bylo využito rozšířeného rozšířeného Dickey-Fullerova (ADF), Phillips Perronova (PP) a Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) testu.

Nyní si přiblížíme výsledky výzkumů týkající se přímo USA. Podle přehledu, který ve své práci poskytli Mahadevan a Asafu-Adjaye (2007) a Coers a Sanders (2013) byla jednosměrná kauzalita od HDP ke spotřebě energie prokázána Kraftem a Kraftem (1978) pro období 1947–1974, v opačném směru, tedy od spotřeby energie k HDP pro období 1948–1994 prokázal kauzalitu Stern (2000). Kauzalitu neprokázali Yu a Hwang (1984) pro roky 1947–1879, Yu a Jin (1992) pro 1974–1990, Soytaş and Sari (2003) pro 1950–1992, Erol a Yu (1987) pro data od ledna 1973 po červen 1984.

3 Historie a budoucnost specifických paliv

V rámci celé práce se zkoumá vztah mezi ekonomickým růstem a spotřebou ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů energie. Proto je vhodné přiblížit charakteristiku těchto paliv a jejich historii v rámci USA.

British Petroleum (2015) ve svém článku uvedlo předpoklad růstu poptávky po energii v příštích desetiletích. Hledání nových zdrojů energií bude mít zásadní význam, protože v současné době nejsme schopni ze všech známých zdrojů vytěžit maximum. Ale se zlepšujícími se technologiemi toho v budoucnu bude teoreticky možné dosáhnout a udělat dostupnými i ty zdroje, jejichž získávání je momentálně příliš nákladné nebo technicky obtížněji realizovatelné.

IEA (Mezinárodní agentura pro energii) předpokládá, že do roku 2050 bude roční světová spotřeba energie o 3 až 9 miliard tun ropného ekvivalentu vyšší než je v současnosti. Pravděpodobnost, že se přiblížíme ke spodní hranici rozsahu, závisí na lepším využití energie. Jejich analýza ukazuje, že i přes silnou poptávku jsou k dispozici hojně dostupné zdroje energie, které mohou tuto poptávku uspokojit. Jsou tím myšleny jak zdroje fosilních paliv, tak paliv obnovitelných a alternativních.

K této kapitole je také vhodné doplnit problematiku globálních změn klimatu, která úzce souvisí s historií i budoucností spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. USA bylo v roce 2014 největším spotřebitelem všech zkoumaných paliv. Spotřeba ropy byla měřena v milionech tun, uhlí a obnovitelné zdroje byly měřeny v milionech tun ropného ekvivalentu (BP Statistical Review od World Energy, 2015). Právě z důvodu největší spotřeby těchto paliv bylo a bude důležité, aby se USA zabývalo problémem globálních změn klimatu a politikou s tím spojenou. Kai-vo-oja, Vehmas, Luukkanen (2014) napsali, že jejich analýzy ukazují změnu struktury výroby elektřiny a energetických zdrojů. Srovnávací studie také ukázaly, že se drasticky snižuje výroba elektřiny z ropy a zvyšuje se role obnovitelných zdrojů energie a to především v oblasti výroby elektřiny. Podle nich se zdá být „zlatý věk“ jaderné energie u konce. V této práci také píší: *„Trendy energetického hospodářství jsou úzce spojeny s klíčovým problémem změny klimatu. Je třeba stabilizovat koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na úrovni, která by zabránila nebezpečnému narušení klimatického systému lidskou činností.“* I přestože se věda v oblasti klimatických změn značně pokročila, použitelnost je ve většině případů značně omezená. Tato omezení se týkají především začlenění do podpory rozhodování a návrhu politických změn. Příkladem může být rok 1990, kdy kongres Spojených států stanovil v zákoně program výzkumu globálních změn v USA (USGCRP – U.S. Global Change Research Program) a požadoval *„použitelné informace, na jejichž základě se budou tvořit politická rozhodnutí týkající se globálních změn.“* (Dilling a Lemos, 2011). V U.S. Code § 2934 se přímo píše: *„Informační management Plán poskytne doporučení pro spolupráci v rámci federální vlády a mezi národy ke ... kombinaci a interpretaci dat z různých zdrojů za účelem produkce informací ihned použitelných pro politiky, kteří se budou pokoušet formulovat efektivní strategie pro prevenci, zmírnění a přizpůsobení dopadům globální změny.“* Nicméně Dilling a Lemos také

píší, že podle Pielke (1995) ani v jednom z těchto ustanovení není americkým kongresem upřesněno, co znamená „použitelné“ a ani není specifikováno, jak bude vyhodnocena účinnost z hlediska použitelnosti.

3.1 Ropa

Pro využití ropy bylo nutné zvládnout proces destilace ropy, jinak také nazývaný rafinace ropy. Hoření surové ropy uvolňuje velké množství sazí a až rafinací je možné ropu využít jako např. motorové palivo nebo prostředek pro svícení. Tato metoda se začala využívat v polovině 19. století.

Historie metod získávání ropy:

- přirozené prameny, kopané štoly nebo studně
 - nárazové vrtání – hornina je drcena údery dopadajících břitů dláta
 - rotační metoda – hornina je drcena zuby dláta při rotačním pohybu
- Druhy těžby ropy:
- samotoková – tlak v ložisku a rozpuštěný plyn vytlačují ropu na povrch
 - hlubinnými čerpadly – využívá se po poklesu tlaku v ložisku, kdy ropa již samovolně nevytéká
 - alternativní

- primární – stlačeným vzduchem nebo plynem
- druhotné – podstatné je udržet energii v ložisku co nejdéle, využívá se zatáčení plynu nebo vody

- terciální – např. zatlačení CO₂, dusíku, spalných plynů; využití zkapalněného zemního plynu nebo propanu; podzemní spalování, vytlačení páry nebo horké vody; cílem těchto metod je vytěžení ropy, kterou nejsme schopni získat primárními nebo druhotnými metoda

Odhaduje se, že hlubinných čerpadel využívá 90 % ropných sond. Primárními metodami je vytěženo 20–35 % ropy, 50–60 % je možné vytěžit druhotnými metodami. Výtěžnost ropy by mohly zvýšit objevy v oblasti mikrobiálních technologií a technologií zabývajících se nano-částicemi.

Od roku 1951 ceny ropy v USA prudce klesaly. Tento vývoj se udržel zhruba 21 let. V průběhu tohoto období se USA stalo členem OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries), konkrétně v roce 1967. Velké poklesy cen však měly své důsledky. USA začalo velké množství ropy a ropných výrobků dovážet z ostatních zemí. Černoch, Jirušek, Kod'ousková, Osička a Vlček (2014) uvádí, že Spojené státy se staly ze světového výrobce jednoznačným dovozcem. V roce 1960 byla spotřeba importované ropy zhruba 7%, od roku 1965 toto procento každoročně rostlo o 5 % a s tím narůstal i import ropných produktů. Převis poptávky nad nabídkou vyústil v ropnou krizi, jejíž vliv se projevil v roce 1973. Tato situace ale měla i svůj přínos. USA si začalo uvědomovat, že i tyto zdroje je nutné diverzifikovat. Toto poznání vedlo ke snaze nahradit část importu. Náhradním zdrojem se

stala jižní Amerika a Aljaška (Černoch, Jirušek, Kod'ousková, Osička a Vlček, 2014). V listopadu 1973 na tuto situaci reagoval tehdejší prezident Nixon, který představil svůj Project Independence. Podstata spočívala v dosažení americké energetické nezávislosti do roku 1980. Tento projekt však schválen nebyl. Povedlo se prosadit pouze dvě jeho části. První bylo zavedení letního času a druhou snížení povolené rychlosti na 55 mil/hod. Nixon se však dále držel dílčích částí tohoto plánu, 16. listopadu podepsal výstavbu aljašského ropovodu. Krize však nadále existovala a 25. listopadu byl nucen zpřísnit kontroly, zakázal prodej benzínu v neděli, žádal zkrácení doby venkovního osvětlení a oznámil snížení přídělů benzínu o 15 %, aby zajistil dostatek topné ropy. Důležitou součástí byl také schválení Emergency Petroleum Allocation Act (EPAA), což zajišťovalo cenové stropy pro domácí produkty z ropy, zatímco dovážené ropné produkty byly prodávány za neregulovanou cenu. Všechna omezení měla za následek pokles výroby elektrické energie z ropy. Černoch, Jirušek, Kod'ousková, Osička a Vlček (2014) uvádějí, že podle Lufta (2003) výroba elektrické energie z ropy klesla ze 17 % na 2 %, počet domácností, které používaly vytápění topnou ropou, klesl o 21 % a celková spotřeba ropy od roku 1979 do roku 1985 klesla o 15 %, dovoz o 42 % a dovoz z Perského zálivu o 87 %. Tyto události také vedly ke snaze o spolupráci, což vedlo k vytvoření Mezinárodní energetické agentury (IEA – International Energy Agency).

3.2 Uhlí

Po ropě se jedná o druhou nejvyužívanější energetickou surovinou na světě. Nejvyužívanější je tato surovina jako palivo v elektrárnách, jeho úroveň proměny v elektrickou energii je však poměrně nízká. Velkou nevýhodou je také velká produkce znečišťujících látek. Při zachování současné spotřeby uhlí se předpokládá, že zásoby uhlí vydrží ještě přibližně 300 let. Také je známo, že vyspělé země se snaží o vývoj nových metod přeměny uhlí v elektrický proud.

V současnosti je USA druhým největším producentem uhlí na světě. Ověřené zásoby uhlí činí 245 mld. tun, což dělá USA zemí s největšími ověřenými zásobami na světě. Výrobu elektřiny ze 45 % pokrývá právě uhlí. Ovšem v poslední době je uhlí pro tyto účely nahrazováno zemním plynem. K tomuto posunu přispěl počátek těžby zemního plynu z břidlice, což vedlo ke snížení ceny této suroviny, proto ji začalo USA využívat pro výrobu elektřiny, což zvýšilo vývoz uhlí.

3.3 Obnovitelné zdroje energie

V této skupině má největší potenciál solární energie. Jedná se o nejčtenější přírodní zdroj. Růst poptávky po energii bude formovat budoucí energetický vývoj, který bude pravděpodobně směřovat k netradičním a obnovitelným zdrojům. Nyní si představíme tři nejvíce se rozvíjející oblasti.

3.3.1 Fotovoltaické panely (PV)

V posledních letech se využívají velmi často, což můžeme vidět i na masivním růstu jejich stavby. Výstavba bývá prováděna především na volných pozemcích, zejména na polích, ale velký rozmach této technologie způsobil nedostatek těchto volných prostor. Proto se výstavba přemísťuje i do zalidněnějších oblastí. To vyvíjí tlak k instalaci panelů s minimálními nároky na údržbu. Podle British Petroleum se budou muset průmyslové subjekty zaměřit na snížení nákladů na instalaci, režijních nákladů, financování a výkonové elektroniky. Nutné také bude dosáhnout bezproblémové integrace elektrické sítě přes skladování energie nebo jinak zmírnit solární periodicitu.

3.3.2 Stacionární skladování energie

Stacionární energetická úložiště pro elektrickou síť nejsou ve své kapacitě natolik jednotná, aby se podařilo spojení zdrojů obnovitelné energie s elektrickou sítí. Ve Francii se pro fotovoltaické farmy zmenšuje potřeba nové přenosové a distribuční sítě, stejně jako se snižuje potřeba poskytovat poptávkový management a služby podpůrné sítě. Hromadné zavedení síťových úložišť s pokročilou technologií musí vyhovovat bezpečnostním a výkonnostním požadavkům a přitom být cenově konkurenceschopné. Do výkonnostních požadavků se řadí schopnost dosáhnout plného výkonu v řádu minut, udržení plného výkonu po dlouhé hodiny, velmi efektivní cykly mezi nabíjením a vybíjením a fungování po tisíce cyklů. Vývoj a demonstrace nových technologií je stále nezbytný. Do těchto technologií se řadí především průtokové baterie, baterie ze solného roztoku a úložiště stlačeného vzduchu. Z krátkodobého hlediska se dnes dostupná energetická úložiště, např. litinové baterie budou stále častěji vylučovány z lokálních distribučních systémů. Tím bude připravován prostor pro použití velkokapacitních síťových úložišť. (British Petroleum, 2015)

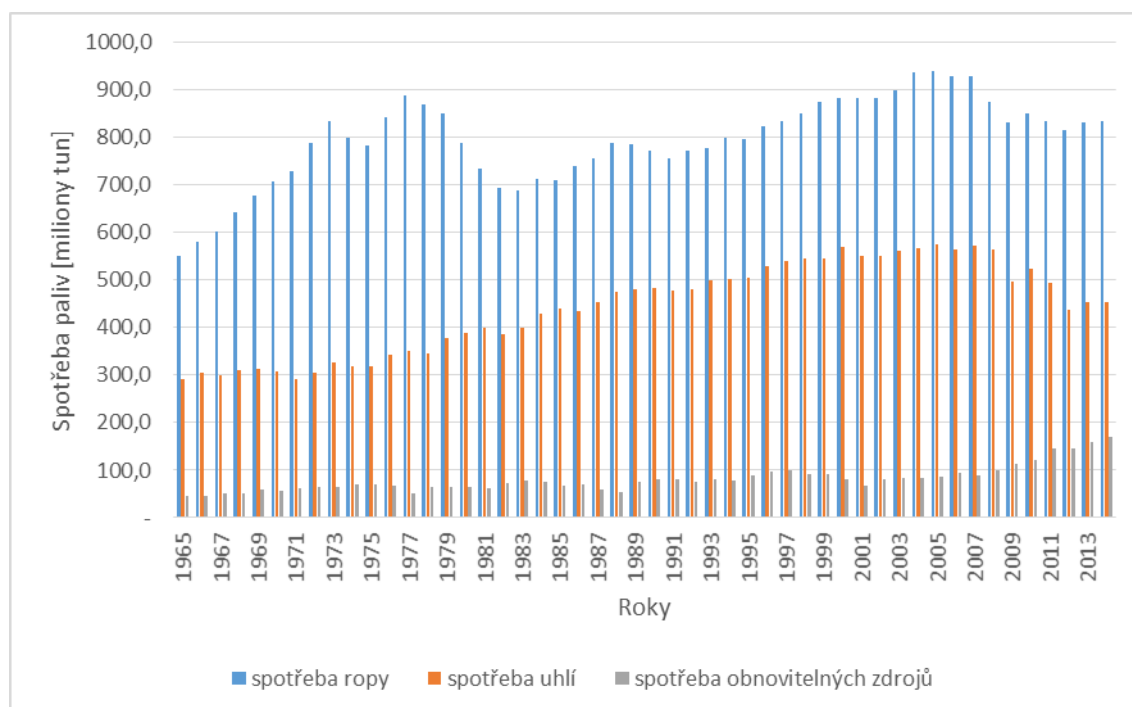
3.3.3 Metan hydrát

Metan hydrát je obnovitelným zdrojem, který se řádově vyrovná zásobám plynu získávanému z břidlice. Zdroje této suroviny jsou celosvětové. Podstatný je především pro asijské ekonomiky, které jsou velmi závislé na dovážené energii, to dělá metan hydrát jejich strategickou surovinou. U tohoto obnovitelné zdroje je podstatné, aby byla vyvíjena technologie těžby, která bude bezpečná a nákladově efektivní. Nyní se v této oblasti pracuje na snížení tlaku, tepelných stimulacích, chemickém a plynovém vytlačení. Pokud bude dosaženo výsledků, které budou splňovat bezpečnost a nákladovou efektivitu, pak je možný růst využití metan hydrátu na 5 % a více do roku 2050. (British Petroleum, 2015). Problémem je jeho těžba. Zatím neexistuje efektivní způsob těžby a ani dostatečná infrastruktura. Velkým problémem, který stále brání využívání tohoto plynu je možnost jeho úniku. Pokud by taková situace nastala, bylo by vypuštěno velké množství skleníkových plynů. Na druhou stranu jeho spalování by bylo ekologické. Tato surovina není jinde v práci empiricky zkoumána. Důvodem je absence dat a její minimální rozšíření.

4 Přehled ekonomického růstu a spotřeby energie v USA

V posledních třiceti letech zažívá ekonomika USA ve většině období růst, který je poměrně stabilní. Stabilita hospodářského růstu se týká především posledních tří zkoumaných let. Od roku 2012 do konce roku 2014 se meziroční růst liší pouze v desetinách procent.

Za posledních 10 let je spotřeba ropy a uhlí poměrně nestálá, jak vidíme v Obr. 1, zatímco spotřeba energie z obnovitelných zdrojů v tomto období prokazatelně roste. I v tomto grafu můžeme u některých surovin pozorovat výkyvy mezi roky 2007 až 2009, které si detailněji popíšeme v dalších podkapitolách.

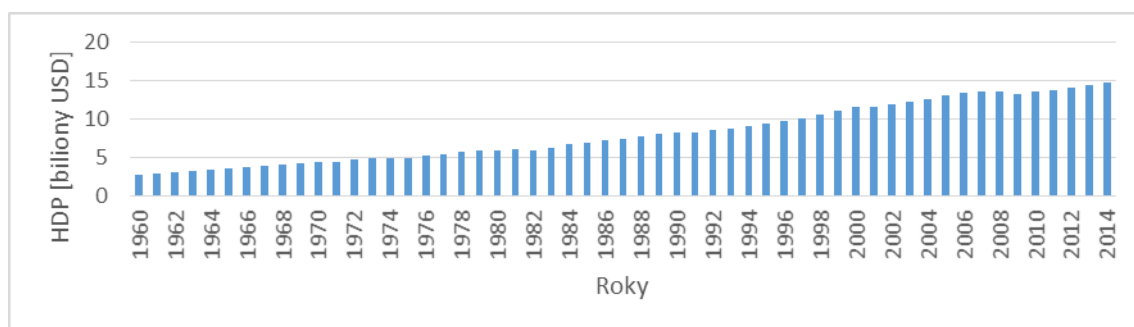


Obr. 1 Přehled spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů v USA od roku 1965 do roku 2014

4.1 HDP

Historicky největší pokles HDP od roku 1961 byl zaznamenán v roce 2009, což bylo způsobeno hypoteční krizí, která vznikla v USA během roku 2007 a v roce 2008 přerostla ve světovou finanční krizi. Ale jak vidíme na Obr. 2 i přes poklesy můžeme říci, že HDP v USA neustále vykazuje rostoucí tendenci. USA je velmi vyspělou ekonomikou. Poklesy HDP netrývají příliš dlouho, což vidíme i na Obr. 2. Dá se říci, že pokud nastane meziroční pokles, tak v následujícím období nastane meziroční růst, který vrátí hodnotu HDP na zhruba stejnou či vyšší úroveň než tomu bylo před poklesem. Důvodem tohoto rychlého návratu k původním hodnotám může

být rychlá implementace změn s cílem přizpůsobit se situaci na trhu, kterou je USA poměrně charakteristické.



Obr. 2 Vývoj HDP v USA od roku 1960 do roku 2014

4.2 Ropa

V roce 2008 oproti roku 2007 klesla spotřeba ropy z 928,8 mil. tun na 875,4 mil. tun. Mezi roky 2008 a 2009 její spotřeba stále klesá a to na 833,2 mil. tun. Srovnatelné poklesy můžeme sledovat v období 1979–1982, kde mezi roky 1979 a 1980 došlo k poklesu dokonce o 63,2 mil. tun, mezi 1980 a 1981 o 53,9 mil. tun a mezi 1981 a 1982 o 40,2 mil. tun. Přelom let 1979 a 1980 však nebyl počátkem poklesů, první pokles byl zaznamenán mezi roky 1977 a 1978 a to o 18,8 mil. tun.

Výkyvy mezi lety 1978 až 1983 byly způsobeny zavedením normy o povoleném obsahu olova. Tako norma byla aplikována právě v roce 1978. Povolená hranice obsahu olova v benzínu v roce 1982 byla 1,1 gramů na galon. Ovšem největší pokles a to mezi roky 1979 a 1980 byl způsoben druhou ropnou krizí. Příčinou krize byly především politické neshody mezi Íránem a Irákem. Během roku 1979 vypukla v Íránu revoluce a 1980 následovala irácko-íránská válka. Tato situace zapříčinila snížení produkce ropy, která byla pouze krátkodobá. Na konci roku 1980 proběhla invaze Iráku do Kuvajtu. Obě země vlastnila velká naleziště ropy, proto její produkce dramaticky klesla a cena ropy se prudce zvýšila. V roce 1979 tvořil dovoz ropy více než 35 % její spotřeby.

Důvodem poklesu v roce 2008 oproti roku 2007 byla hypoteční krize, která vznikla v USA v roce 2007 a v roce 2008 vyústila ve světovou finanční krizi. Tato situace vedla k celkovému propadu burz a to vedlo ke zvýšení cen komodit včetně ropy.

4.3 Uhlí

V případě uhlí byl vývoj od roku 2004 poměrně stabilní. Výkyv nastal o rok později, než tomu bylo u ropy. V roce 2009 klesla spotřeba o 68 mil. tun ropného ekvivalentu, v roce 2010 spotřeba znovu vzrostla a to na 525 mil. tun ropného ekvivalentu, ale v roce 2011 byl znovu zaznamenán pokles, konkrétně na 495,4 mil. tun rop-

ného ekvivalentu. V roce 2012 spotřeba stále klesala a to na 437,9 mil. tun ropného ekvivalentu. V letech 2013 a 2014 spotřeba mírně vzrostla, ale pořád je výrazně nižší než před poklesem v roce 2009.

Zmíněné výkyvy v podstatě kopírují vývoj ropy ve stejném období. Můžeme tedy říci, že příčina poklesu spotřeby uhlí je totožná s příčinou poklesu spotřeby ropy – a to hypoteční krize a propad burz.

4.4 Obnovitelné zdroje

Obnovitelné zdroje jsou jediným zkoumaným zdrojem, jejichž spotřeba od roku 2007 stále roste. V roce 2014 byla spotřeba 169,9 mil. tun ropného ekvivalentu, což představuje růst o 80,6 mil. tun ropného ekvivalentu oproti roku 2007, což představuje zvýšení spotřeby o 52,56 % za 7 let. Největší poklesy byly zaznamenány v roce 1977, kdy klesla spotřeba o 14,4 mil. tun ropného ekvivalentu oproti roku 1976 a v roce 2001, kdy oproti roku 2000 byl pokles o 14 mil. tun ropného ekvivalentu.

V roce 1977 tehdejší prezident USA Jimmy Carter podepsal Department of Energy Organization Act. Důvodem byla ropná krize z roku 1973, která upozornila na nutnost upevnění energetické politiky. Na základě zmíněného nařízení začala pracovat Národní laboratoř obnovitelné energie (NREL – National Renewable Energy Laboratory).

Situaci v roce 2000 a 2001 můžeme vysvětlit Kalifornskou krizí elektrické energie, kterou můžeme znát i jako energetickou krizi západu USA. V tomto období se Kalifornie potýkala s nedostatkem dodávek elektrické energie, která byla způsobena ilegální manipulací s trhem. Jednalo se o velké výpadky elektřiny, které dokonce vedly ke zhroutilí jedné z největších státních energetických společností.

5 Metodika

Tato práce se zabývá testováním Grangerovské kauzality. Před vlastním odhadem je však nutné zajistit splnění jistých předpokladů. Z tohoto důvodu následující text v logické návaznosti popisuje jednotlivé kroky vedoucí od sezónního očištění časových řad, testů přítomnosti jednotkového kořene, kointegrace, volby optimální řád zpoždění až k odhadu VAR modelu a testování Grangerovské kauzality.

5.1 Očištění od sezónních vlivů

Je nutné otestovat, zda jsou zvolené časové řady zatíženy sezónními vlivy či ne. Důvody očištění o sezónní vlivy jsou podle Artla a Škuthanové (1995) následující:

- možnost konstrukce předpovědí krátkodobých časových řad
- použití očištěných časových řad při konstrukci ekonometrických modelů
- dosažení srovnatelnosti hodnot za jednotlivé měsíce příp. čtvrtletí

V práci je využito sezónního očištění metodou TRAMA/SEAT. Tato metoda funguje zcela automaticky a využívají ji různé instituce, např. EUROSTAT a Český statistický úřad. Sezónně očištěny budou časové řady spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. Časová řada HDP očišťována nebude, protože se jedná o časovou řadu již o sezónní vlivy očištěnou.

5.2 Testování přítomnosti jednotkového kořene

Po sezónním očištění budou jednotlivé časové řady testovány na přítomnost jednotkového kořene. Přítomnost tohoto kořene značí nestacionaritu časové řady. Pro analýzu je však žádoucí, aby byly časové řady stacionární, jinými slovy, aby rozptyl i střední hodnota byly v čase konstantní. K tomuto účelu může být využito různých testů, např. Dickey-Fullerova testu (ADF), Phillips-Perron testu, Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin testu (KPSS). V této práci bude využito rozšířeného Dickey-Fullerova testu (ADF). Software Gretl nabízí následující čtyři možnosti tvaru modelu: bez konstanty, s konstantou, s konstantou a trendem, s konstantou, trendem a kvadratickým trendem. Nulová hypotéza je stanovena jako přítomnost jednotkového kořene nebo také nestacionarita. Z toho vyplývá, že je žádoucí, aby p-hodnota ADF testu byla menší než hladina významnosti, v této práci 0,05, a nulová hypotéza byla zamítnuta. Pokud je nalezen jednotkový kořen je nutné otestovat kointegraci časových řad. Pokud není kointegrace prokázána, odstraní se jednotkový kořen převedením proměnných na první diferenci. Tento proces se opakuje, dokud není dosaženo stacionarity časových řad.

5.3 Testování kointegrace časových řad

Při testování kointegrace můžeme využít několika metod. My se zaměříme na dvě metody, které jsou dostupné v SW Gretl.

První metodu navrhli Engle a Granger (1987) a nese jména svých autorů – Engle-Grangerova metoda. Podstatou metody je předpoklad, že model sestavený z kointegrovaných proměnných má stacionární rezidua. Nulová hypotéza této metody říká, že mezi proměnnými existuje kointegrace. Artl (1997) zdůrazňuje souvislost přítomnosti jednotkového kořene a kointegrace, ve své práci píše: „*pokud nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu o přítomnosti jednotkového kořene, musíme konstatovat, že zde neexistuje kointegrační vztah*“. Problémem u této metody může být její schopnost odhalit pouze jeden kointegrační vztah. To je možné vyřešit opakovaným použitím metody, která bude aplikována na rovnice, které budou různými kombinacemi zkoumaných proměnných, nebo Johansenovým testem.

Druhou metodou je právě zmíněný Johansenův test. Jak bylo naznačeno, tento test se hodí spíše pro testování kointegrace u rovnic, kde je přítomno více kointegračních vztahů. Z toho lze vyvodit, že pokud se jedná o soustavu rovnic, pak bude test pracovat s maticí, jejíž hodnota odpovídá počtu kointegračních vektorů. Podle Ježkové (2013) jsou následující 3 možnosti:

- matice má nulovou hodnotu: $h(\Pi) = 0$ – neexistuje kointegrační vztah
- matice má plnou hodnotu: $h(\Pi) = n$, proměnné neobsahují jednotkový kořen – neexistuje kointegrace
- matice má hodnotu: $0 < h(\Pi) = m < n$ – existuje m lineárně nezávislých kointegračních vektorů

Nulová hypotéza je shodná s Engle-Grangerovou metodou a také je žádoucí, aby byla nulová hypotéza zamítnuta a byl prokázán kointegrační vztah mezi proměnnými. V Johansenově testu je důležité vybrat vhodnou délku zpoždění, protože výsledky testu mohou být tímto zpožděním ovlivněny.

5.4 VAR výběr zpožděných proměnných

Software Gretl nabízí možnost detekce zpožděných proměnných pomocí VAR (Vector AutoRegression). Výstupem je tabulka, která shrnuje hodnoty informačních kritérií AIC (Akaikeovo kritérium), BIC někdy také označované jako SIC (Schwarzovo kritérium) a HQC (Hannan-Quinnovo kritérium). Informační kritéria jsou vypočítána pro zpoždění řádu 1 až po zvolené maximum, což napomáhá výběru optimálního zpoždění. Vybíráme takové zpoždění, které má nejnižší hodnotu informačních kritérií.

5.5 Vektorová autoregrese

5.5.1 VAR

Oproti jiným metodám jsou modely VAR schopny lépe vystihnout dynamickou strukturu modelovaných procesů (dynamickou interakci proměnných). Základem vektorové autoregrese je skutečnost, že proměnné jsou sériově korelované a časové řady jsou stacionární.

I zde můžeme najít hodnoty informačních kritérií AIC, BIC a HQC. Hušek a Formánek (2014) uvádějí, že AIC nadhodnocuje maximální délku zpoždění, zatímco SIC a HQC nikoliv. Také uvádějí, že podle Lütkeplohla (2005) se informační kritéria pro $T \geq 16$ následujícím způsobem: $SIC \leq HQC \leq AIC$. Znamená to, že podle AIC je vhodné volit nejdelší zpoždění a podle SIC nejkratší, což ovšem nevylučuje možnost stejné délky zpoždění pro všechna kritéria. Přesnost informačních kritérií testovali i Ivanov a Kilian (2005), kteří zjistili, že pro měsíční data je nejpřesnější informační kritérium AIC, zatímco pro čtvrtletní je nejpřesnějším kritériem HQC, ale pouze pokud se jedná o vzorek menší než 120 hodnot, pokud se jedná o vzorek větší, je přesnější kritérium SIC.

Samotná vektorová autoregrese se provede pro každou proměnnou v modelu. Výstupem jsou pak – mimo informačních kritérií – F-testy, p-hodnota a další. Pro stanovení kauzality mezi časovými řadami je důležitý především F-test pro nulová omezení. Při srovnání p-hodnot tohoto testu s hladinou významnosti, jsme schopni rozhodnout o zamítnutí, či nezamítnutí nulové hypotézy, které hovoří o neexistenci kauzality.

5.5.2 VECM

Vektorový model korekce chyb (VECM – Vector error correction model) je speciálním případem VAR modelu. Jedná se o model, kde jsou časové řady stacionární ve svých diferencích a mezi časovými řadami se může vyskytovat kointegrační vztah. Podle Artla, Guby, Radkovského, Sojky a Stillera (2001) jsou možné tyto tři situace:

- $h(\Pi) = 1$ – matice má plnou hodnotu – časové řady jsou stacionární a není nutné využít diferencí
- $h(\Pi) = 0$ – matice je nulová – časové řady jsou nestacionární, ke stacionarizaci je nutné použít prvních diferencí a neexistuje dlouhodobý vztah mezi časovými řadami
- $h(\Pi) = r < 1$ – časové řady nejsou stacionární, stacionarizace aplikací diferencí zapříčiní ztrátu informace o dlouhodobém vztahu

5.6 Testování autoregrese a heteroskedasticity

V rámci okna vektorové autoregrese v SW Gretl bude dále testována autokorelace a heteroskedasticita. K testování autokorelace je využito Ljung-Boxova Q testu. Jedná se o modifikaci Box-Piercova Q testu, při velkém rozsahu vzorků jsou tyto dva testy ekvivalentní. Hayashi (2000) uvádí, že tato modifikace často poskytuje lepší výsledky, pokud se nejedná o příliš velké výběry. Podle Hušek a Formánek (2014) vyžívá Ljung-Boxův Q test testovací Q statistiku, která má asymptotické rozdělení Chí-kvadrátu. Žádoucí je, aby nebyla nulová hypotéza zamítnuta, tedy aby se nevyskytovala autokorelace chybového členu.

Heteroskedasticita je testována ARCH testem (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Podmíněná heteroskedasticita se vyskytuje u časových řad, kde rozptyl chybového členu v daných obdobích vykazuje značnou volatilitu, což se běžně projevuje například u finančních časových řad. SW Gretl využívá ARCH testu

řádu jedna, kde podmíněný rozptyl závisí na variabilitě pouze jednoho předchozího pozorování. Stejně jako u autokorelace je i zde žádoucí, aby p-hodnota byla větší než hladina významnosti a tudíž nebyla zamítnuta nulová hypotéza o homoskedasticitě. Podmíněná heteroskedasticita běžná zejména u finančních časových řad.

6 Zdroje dat

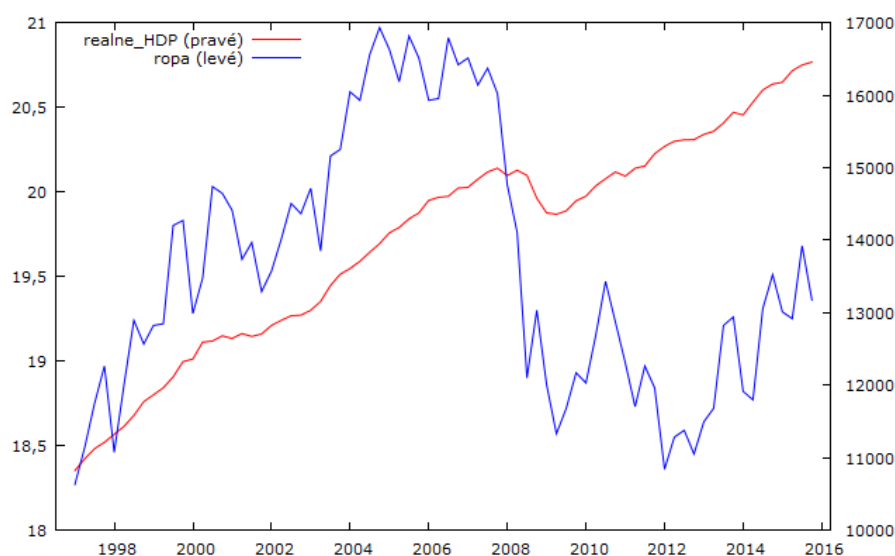
V práci byly použity dvě sady dat. První sada byla využita pro účely popisu vývoje spotřeby ropy, uhlí, obnovitelných zdrojů a k popisu vývoje HDP v USA. Tato série dat je ročního charakteru. Roční data byla použita kvůli lepšímu zobrazení meziročních změn. Je přirozené, že tyto změny by u menšího rozsahu dat nebylo možné tak snadno pozorovat. Výhoda ročních dat spočívá i ve snadnějším zdůvodnění výkyvů, které mohou mít různé příčiny. Další výhodou je adekvátní srovnání spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů, protože u této sady dat bylo využito údajů, kde je spotřeba ropy měřena v milionech tun a spotřeba uhlí a obnovitelných zdrojů je v milionech tun ropného ekvivalentu. HDP bylo měřeno v USD. Pozornost byla věnována především rapidním poklesům počínaje rokem 1965 až po rok 2014 pro spotřebu ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů a hrubý domácí produkt. Data byla získána v únoru 2016. Údaje o spotřebě ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů byla čerpána ze Statistického přehledu světové energie z roku 2015, který vydalo British Petroleum (2015) a údaje o HDP byla shromážděna z World Development Indicators (WDI, sériový kód NY.GDP.MKTP.KD). Druhá sada dat byla použita přímo pro potřeby analýzy. Jedná se o čtvrtletní data od roku 1997 do roku 2015. Všechna data, tedy reálné HDP a spotřeba ropy, uhlí, obnovitelných zdrojů, byla získána v březnu 2016 z U.S. Energy Information Administration (EIA).

7 Výsledky

V této části bude analyzována vazba mezi HDP a spotřebou ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů. Tato závislost bude zkoumána u každého druhu paliva zvlášť, proto bude tato kapitola dále rozdělena na podkapitoly právě dle druhu paliva. Všechny zkoumané časové řady jsou mezi lety 1998 až 2015 a jsou ve čtvrtletních intervalech.

7.1 Vztah HDP a ropy

Před konkrétní analýzou se podíváme na zkoumané časové řady, které můžeme vidět na Obr. 3. Časová řada reálného HDP je v miliardách dolarů (s konstantním rokem 2009) a spotřeba ropy v milionech barelů¹ denně.

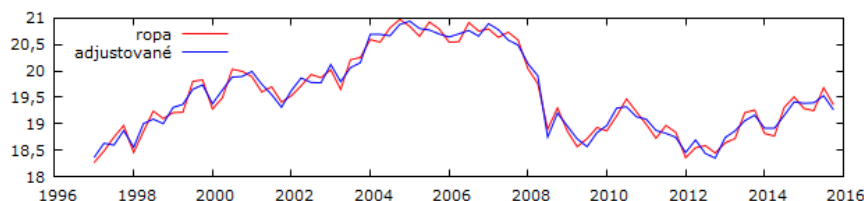


Obr. 3 Časové řady reálného HDP a spotřeby ropy

Jak již bylo zmíněno, časová řada reálného HDP je již sezónně očištěna. Přistoupila jsem tedy k sezónnímu očištění časové řady spotřeby ropy.

Jak vidíme z Obr. 4, není velký rozdíl mezi sezónně očištěnou časovou řadou a časovou řadou původní. Ovšem aby byla zachována vypovídací hodnota vzhledem k časové řadě reálného HDP, použijeme pro další výpočty časovou řadu sezónně očištěnou.

¹ 1 barel = 158,987294928 litrů



Obr. 4 Sezónně očištěná řada spotřeby ropy

Nyní můžeme přistoupit k testování přítomnosti jednotkového kořene. Výsledky rozšířeného Dickey-Fullerova testu (ADF) můžeme vidět v následující Tab. 1. Jedná se výsledky jak pro reálné HDP měřené v miliardách USD, tak pro spotřebu ropy měřenou v milionech barelů za den.

Tab. 1 ADF test pro reálné HDP a spotřebu ropy

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	0,5726	0,4449
Spotřeba ropy	0,3436	0,5075

Podle Tab. 1 můžeme konstatovat, že se v obou proměnných nachází jednotkový kořen. Jak již bylo zmíněno v metodice je vhodné tento problém odstranit první diferencí proměnných a znovu provést test na jednotkový kořen. Výsledky ADF testu pro první diference proměnných vidíme v Tab. 2.

Tab. 2 ADF-test pro 1. diferenci reálného HDP a spotřeby ropy

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	$5,732e^{-006}$	$3,275e^{-005}$
Spotřeba ropy	$1,447e^{-006}$	$3,943e^{-008}$

Nyní můžeme podle Tab. 2 říci, že proměnné v prvních diferencích již neobsahují jednotkový kořen. Jinými slovy časové řady jsou stacionární, nehrozí zdánlivá regrese a můžeme přejít k testům kointegrace. Engle-Grangerova metoda ukázala, že mezi časovými řadami neexistuje kointegrace. Ke stanovení tohoto závěru posloužila p-hodnota, která vyšla 0,9924, což je výrazně více než hladina významnosti 0,05. Vzhledem k tomuto faktu bude pro testování Grangerovské kauzality dále využito vektorové autoregrese (VAR). VAR výběr zpožděných proměnných byl testován pro maximálně osm zpožděných proměnných a podle informačního kritéria AIC dvě zpožděné proměnné, zatímco pro BIC a HQC pouze jednu zpožděnou proměnnou. Vzhledem k tomu, že jednu zpožděnou proměnnou ukazují dvě informační kritéria, budeme dále počítat se zpožděním řádu jedna. Velikost informačních kritérií můžeme porovnat s Lütkeplohlem (2005), který uvedl, že pro $T \geq 16$

obvykle platí $SIC \leq HQC \leq AIC$. Rozsah souboru po prvních diferencích je 75, tedy $T = 75$, pro který platí $AIC < HQC < BIC$. Jedná se tedy o přesně opačné pořadí, než uvádí Lütkepohl.

Dalším krokem je vektorová autoregrese. Zde ověříme, zda je přítomna Grangerovská kauzalita. Pro ověření bylo využito p-hodnota vycházející z F-testu, který zahrnuje všechny zpožděné proměnné, jinak se také nazývá Grangerův test kauzality. Pro směr závislosti od reálného HDP ke spotřebě ropy vyšla p-hodnota 0,0607, což znamená, že nebyla prokázána Grangerovská kauzalita, jinými slovy reálné HDP měřené v miliardách USD kauzálně nepůsobí na spotřebu ropy, která je měřena v milionech barelů za den. V opačném případě byla Grangerovská kauzalita potvrzena, p-hodnota byla rovna 0,0407, můžeme tedy říci, že spotřeba ropy kauzálně působí na reálné HDP.

Test autokorelace prokázal neexistenci sériové korelace. U ARCH testu nebyla zamítnuta nulová hypotéza a test tedy prokázal podmíněnou heteroskedasticitu pro rovnici 2, u rovnice jedna vidíme, že je p-hodnota menší než hladina významnosti 0,05 a rovnice tedy vykazuje homoskedasticitu. Výsledky testů vidíme v Tab. 3.

Tab. 3 Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu ropy

	p-hodnota	
	Test autokorelace	ARCH test
Rovnice 1	0,31400000	0,00608392
Rovnice 2	0,73600000	0,80400700

Vzhledem k přítomnosti podmíněné heteroskedasticity je nutné odhadnout model s logaritmovanými proměnnými a celý postup provést znovu. Testování proměnných v jejich logaritmické podobě opět prokázalo přítomnost jednotkového kořene. Po aplikaci prvních diferencí již přítomnost jednotkového kořene prokázána nebyla. Testování kointegrace ukázalo, že časové řady nejsou kointegrované a můžeme tedy použít metodu VAR. P-hodnoty zmíněných testů vidíme v Tab. 4 a Tab. 5. Výsledek VAR výběru zpožděných proměnných dopadl identicky jako v případě, kdy nebylo využito logaritmů, tedy informační kritérium AIC detekovalo dvě zpožděné proměnné, zatímco BIC a HQC pouze jednu. Také stejně jako v předchozí variantě se přikloníme k jedné zpožděné proměnné podle BIC a HQC. Výsledek vektorové autoregrese je opět stejný, jako byl před aplikací logaritmů. Ve směru od reálného HDP ke spotřebě ropy nebyla prokázána kauzalita, ale ve směru od spotřeby ropy k reálnému HDP kauzalita existuje – spotřeba ropy kauzálně působí na reálné HDP. Autokorelační testování potvrdilo neexistenci sériové korelace pro obě rovnice. Zatímco u ARCH testu byla znovu prokázána podmíněná heteroskedasticita, jak vidíme v Tab. 6.

Tab. 4 ADF test pro logaritmy reálného HDP a spotřeby ropy

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	0,4309	0,4373
Spotřeba ropy	0,3241	0,4820

Tab. 5 ADF test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	0,00345	0,00875
Spotřeba ropy	2,106e ⁻⁰⁰⁶	4,410e ⁻⁰⁰⁸

Tab. 6 Test autokorelace a ARCH test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy

	p-hodnota	
	Test autokorelace	ARCH test
Rovnice 1	0,2300000	0,0107998
Rovnice 2	0,7150000	0,8161150

Pokud bychom se přiklonili k informačnímu kritériu AIC a zvolili řád zpoždění dvě, pak by byly výsledky testování autokorelace a ARCH testu následující (Tab. 7).

Tab. 7 Test autokorelace a ARCH test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy pro dvě zpožděné proměnné

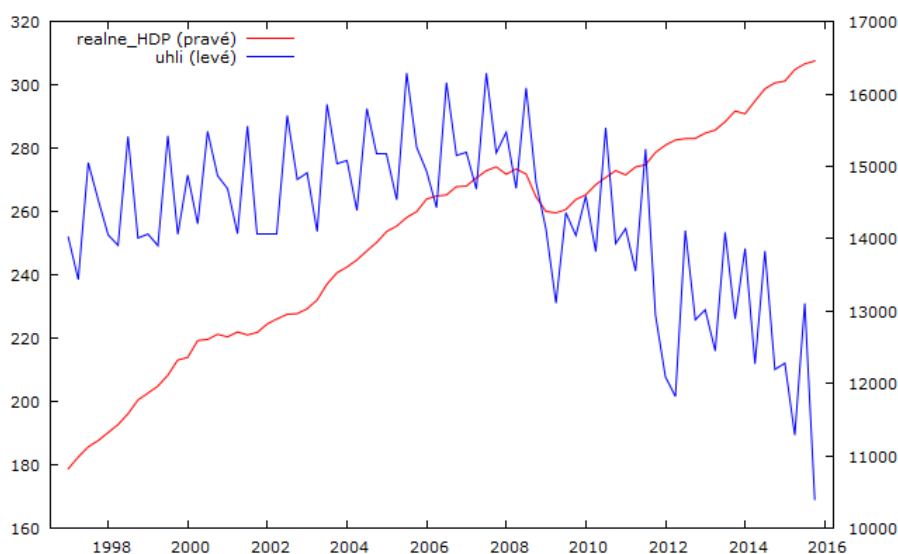
	p-hodnota	
	Test autokorelace	ARCH test
Rovnice 1	0,191000	0,774250
Rovnice 2	0,892000	0,947751

Jak vidíme, při řádu zpoždění dva se nevyskytuje ani sériová korelace a ani podmíněná heteroskedasticita. Na základě tohoto zjištění bude Grangerovská kauzalita zkoumána na základě informačního kritéria AIC pro řád zpoždění dva. Před provedením testování Grangerovské kauzality při aplikaci dvou zpožděných proměnných, je nutné zjistit, zda se v novém modelu nevyskytuje kointegrace. Vzhledem k p-hodnotě 0,1067 je zřejmé, že proměnné modelu nejsou kointerovány a může být provedena vektorová autoregrese pomocí metody VAR. Po provedení vektorové autoregrese pomocí VAR metody bylo zjištěno, že existuje Grangerovská kauzalita ve směru od reálného HDP ke spotřebě ropy a to s p-hodnotou 0,0258. Reálné HDP tedy kauzálně působí na spotřebu ropy. Můžeme si povšimnout, že při testování Grangerovské kauzality bez přítomnosti logaritmů tato kauzalita prokázána nebyla. Co se týče kazálního působení spotřeby ropy na reálné HDP, i zde byla po-

tvrzena existence Grangerovské kauzality. Stejně jako tomu bylo před použitím logaritmů, i po jejich aplikaci vyšla p-hodnoty menší než hladina významnosti 0,05. Konkrétní hodnota p-hodnoty byla rovna 0,0303. Grafy impulzní odezvy pro oba modely můžeme najít v příloze na Obr. 9 a Obr. 10.

7.2 Vztah HDP a uhlí

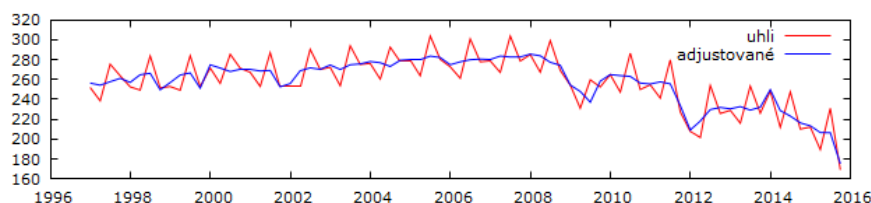
Na Obr. 5 vidíme časovou řadu reálného HDP v miliardách USD, kde je opět konstantním rokem rok 2009 a časovou řadu spotřeby uhlí v milionech tun².



Obr. 5 Časové řady reálného HDP a spotřeby uhlí

Časová řada spotřeby uhlí bude sezónně očištěna, stejně jako tomu bylo u spotřeby ropy. Graf sezónního očištění můžeme vidět na Obr. 6.

² Jedná se o tunu používanou v USA, tzv. short ton, která představuje 907,18474 kg.



Obr. 6 Sezónně očištěná časová řada spotřeby uhlí

Jak vidíme, sezónnost je zde výrazně vyšší než tomu bylo u spotřeby ropy (Obr. 6). Opět budou nadále používána sezónně očištěná data, aby byla zachována věrohodnost a porovnávané časové řady byly obě sezónně očištěny.

Výsledky testování jednotkového kořene můžeme vidět v následující Tab. 8. Pokud srovnáme p-hodnoty s hladinou významnosti 0,05, můžeme říci, že obě časové řady obsahují jednotkový kořen. Přistoupíme tedy ke tvorbě první diference proměnných, které by měly tento problém odstranit.

Tab. 8 ADF test pro reálné HDP a spotřebu uhlí

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	0,5726	0,4449
Spotřeba uhlí	0,9703	0,9981

V následující Tab. 9 vidíme, jak se změnilы výsledky ADF testu po aplikaci prvních diferencí. P-hodnoty jsou dostatečně malé, proto je zřejmé, že první diference jsou postačující a není nutné vytvářet diference druhé. Můžeme tedy říci, že první diference proměnných již neobsahují jednotkový kořen.

Tab. 9 ADF test pro 1. diference reálného HDP a spotřeby uhlí

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	5,732e-006	3,275e-005
Spotřeba uhlí	9,163e-008	0,0001

Vzhledem k výsledkům ADF testu, který prokázal stacionaritu časových řad, což znamená, že nadále nehrozí riziko zdánlivé regrese, můžeme nyní přistoupit k testování kointegrace časových řad. Jak již bylo zmíněno v kapitole Metodika, pokud je zamítnuta nulová hypotéza, znamená to, že mezi časovými řadami existuje kointegrační vztah a je nutné provést odhady pomocí metody VECM. Pokud nulovou hypotézu o neexistenci kointegračního vztahu nezamítáme, pak bude využito modelu VAR. Engle-Grangerova metoda prokázala neexistenci kointegrace mezi časovými řadami s p-hodnotou 0,7675. Pro detekci přítomnosti Grangerovské kauzality bude tedy využito metody VAR. Dříve než přistoupíme k této metodě, je

nutné zjistit počet zpožděných proměnných. VAR výběr zpožděných proměnných prokázal existenci jedné zpožděné proměnné. Informační kritéria AIC, BIC a HQC se v tomto případě na existenci pouze jedné zpožděné proměnné shodují, tedy všechna informační kritéria detekovala pouze jednu zpožděnou proměnnou. Opět si porovnáme pořadí informačních kritérií oproti pořadí uvedeného Lütkeplohlem (2005). Stejně jako tomu bylo při stanovení zpožděných proměnných v předchozí podkapitole, i zde vyšla informační kritéria v pořadí $AIC < HQC < BIC$.

Při testování kointegrace jsme zjistili její neexistenci a předeslali využití metody VAR. Ve směru působení Grangerovské kauzality od reálného HDP ke spotřebě uhlí, nebyla prokázána závislost, tedy reálné HDP v miliardách USD kauzálně nepůsobí na spotřebu uhlí v milionech tun, p-hodnota byla rovna 0,1213. Naopak ve směru od spotřeby uhlí k reálnému HDP bylo prokázáno působení Grangerovské kauzality. P-hodnota byla rovna 0,0153, tedy nižší než hladina významnosti 0,05, proto byla také nulová hypotéza o neexistenci kauzality zamítnuta. Graf impulzní odezvy nalezneme v příloze na Obr. 11. Výsledky Ljung-Boxova testu a ARCH testu vidíme v Tab. 10. Jak vidíme, všechny p-hodnoty jsou větší než 5% hladina významnosti, proto můžeme konstatovat, že chybový člen není sériově korelován a nevyskytuje se podmíněná heteroskedasticita, data tedy mají konstantní a konečný rozptyl náhodných složek.

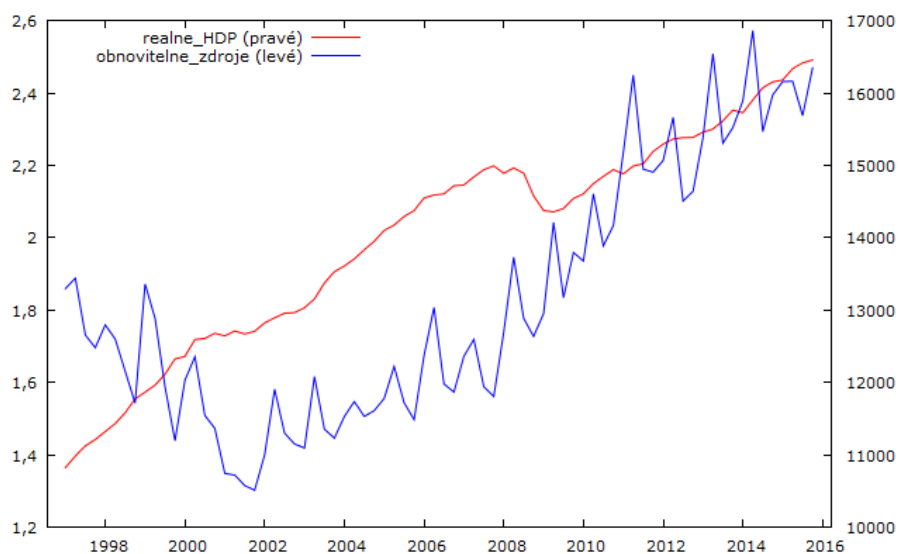
Tab. 10 Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu uhlí

	p-hodnota	
	Test autokorelace	ARCH test
Rovnice 1	0,625000	0,113070
Rovnice 2	0,937000	0,154259

7.3 Vztah HDP a obnovitelných zdrojů

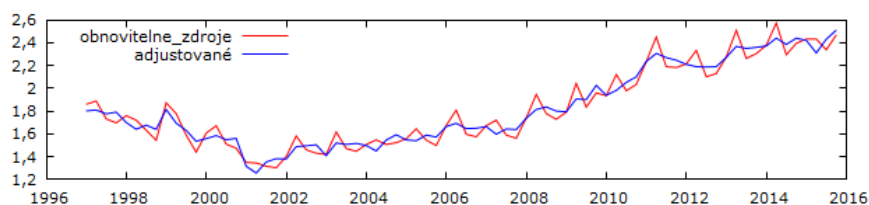
Časovou řadu zachycující vývoj reálného HDP a spotřeby obnovitelných zdrojů vidíme na Obr. 7. Data pro reálné HDP jsou měřena v miliardách USD s konstantním rokem 2009 a data spotřeby obnovitelných zdrojů jsou v miliardách BTU³.

³ BTU = British thermal unit a odpovídá 1 055,05585 J



Obr. 7 Časové řady reálného HDP a spotřeby obnovitelných zdrojů

Stejně jako v předchozích podkapitolách, kde jsme porovnávali reálné HDP se spotřebou ropy a uhlí, i zde bude provedeno sezónní očištění časové řady spotřeby obnovitelných zdrojů. Sezónně očištěnou časovou řadu vidíme na Obr. 8. Rozdíl mezi původní časovou řadou a časovou řadou sezónně očištěnou není příliš velký, ale ze stejných důvodů jako v předcházejících podkapitolách budeme k analýze využívat časovou řadu sezónně očištěnou.



Obr. 8 Sezónně očištěná řada spotřeby obnovitelných zdrojů

Zda časové řady obsahují jednotkový kořen či nikoli bylo testováno ADF testem, jehož výsledky můžeme vidět v Tab. 11. Test prokázal přítomnost jednotkového kořene u obou časových řad. Pro obě časové řady tedy vytvoříme první diference, které by měly mít za následek odstranění těchto jednotkových kořenů.

Tab. 11 ADF test pro reálné HDP a spotřebu obnovitelných zdrojů

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	0,5726	0,4449
Spotřeba obnovitelných zdrojů	0,9749	0,4649

Tab. 12 ADF rest pro 1. diference reálného HDP a spotřeby obnovitelných zdrojů

	p-hodnota	
	Test s konstantou	Test s konstantou a trendem
Reálné HDP	5,732e ⁻⁰⁰⁶	3,275e ⁻⁰⁰⁵
Spotřeba obnovitelných zdrojů	4,821e ⁻⁰⁰⁷	4,222e ⁻⁰⁰⁸

Jak vidíme, p-hodnoty jsou výrazně nižší než 5% hladina významnosti, nemůže být tedy pochyb o zamítnutí nulové hypotézy o přítomnosti jednotkového kořene. Můžeme tedy říci, že aplikace prvních diferencí skutečně vedla k odstranění jednotkových kořenů, které se v časových řadách nacházely. Výsledky ADF testu pro první diference vidíme v Tab. 12. Nyní můžeme konstatovat, že vzhledem k nepřítomnosti jednotkového kořene, nehrozí riziko zdánlivé regrese a časové řady jsou stacionární. Není tedy žádný důvod dále transformovat časové řady a můžeme přejít k testování kointegrace mezi časovou řadou reálného HDP a spotřebou obnovitelných zdrojů.

K testování kointegrace bude opět použito Engle-Grangerovy metody. Pokud bude hladina významnosti 0,05 menší než výsledek této metody, pak to znamená, že zamítáme nulovou hypotézu o neexistenci kointegrace a musíme provést odhady pomocí metody VECM. Pro Engle-Grangerovu metodu vyšla p-hodnota 0,7311, pro prokázání existence či neexistence Grangerovské kauzality tedy použijeme VAR metodu.

Při srovnání s Lütkeplohlem (2005) je pořadí informačních kritérií shodné s pořadím, které vyšlo jak pro při zkoumání vztahu mezi HDP a spotřebou roby, tak při zkoumání vztahu mezi HDP a spotřebou uhlí. Pro připomenutí se jedná o pořadí $AIC < HQC < BIC$, pro $T = 75$. Ovšem stejně jako v předchozí podkapitole se všechna informační kritéria shodují a detekovala zpoždění řádu jedna.

Stejně jako v předchozích podkapitolách i zde bude aplikována metoda VAR. Grangerovská kauzalita, při hladině významnosti 0,05, nebyla prokázána ani ve směru od reálného HDP ke spotřebě obnovitelných zdrojů, ani ve směru od spotřeby obnovitelných zdrojů k reálnému HDP. Pro směr od reálného HDP ke spotřebě obnovitelných zdrojů byla p-hodnota 0,6340. Je tedy evidentní, že nulová hypotéza o existenci Grangerovské kauzality mezi reálným HDP a spotřebou obnovitelných zdrojů se nezamítá. V opačném směru byla p-hodnota rovna 0,5952, což také

dokazuje, že spotřeba obnovitelných zdrojů kauzálně nepůsobí na reálné HDP. P-hodnoty pro Ljung-Boxův test a ARCH test opět vyšly ve prospěch nulové hypotézy. Jejich výsledky vidíme v Tab. 13. Vzhledem k nezamítnutí nulové hypotézy můžeme konstatovat, že nebyla prokázána sériová korelace chybového členu a data mají konečný a konstantní rozptyl náhodných složek. Jinými slovy v časových řadách neexistuje podmíněná heteroskedasticita.

Tab. 13 Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu obnovitelných zdrojů

	p-hodnota	
	Test autokorelace	ARCH test
Rovnice 1	0,5530000	0,0723121
Rovnice 2	0,9390000	0,6967990

7.4 Shrnutí výsledků

V předchozích podkapitolách byly postupně zkoumány vztahy mezi reálným HDP a spotřebou jednotlivých paliv. Mohli jsme si všimnout, že všechny časové řady obsahovaly jednotkové kořeny a bylo nutné využít prvních diferencí. Po testování prvních diferencí na jednotkové kořeny byly všechny časové řady stacionární, tedy bez přítomnosti jednotkového kořene. Při testování kointegrace nebyl u žádného z modelů nalezen kointegrační vztah, proto bylo možné použít vektorovou autoregresi. Počet zpožděných proměnných nebyl jednoznačný pouze u zkoumání vztahu mezi HDP a spotřebou ropy, kde Akaikovo informační kritérium detekovalo řád zpoždění dva, zatímco Schwarzovo a Hannah-Quinnovo informační kritérium prokázalo pouze jednu zpožděnou proměnnou. U ostatních vztahů se informační kritéria shodovala a prokázala jednu zpožděnou proměnnou. Vektorová autoregrese prokázala přítomnost Grangerovské kauzality ve směru reálného HDP a spotřeby ropy, spotřeby ropy k HDP a spotřeby uhlí k HDP. V případě vztahu mezi spotřebou uhlí a reálným HDP se tedy jednalo o jednosměrnou kauzalitu. Můžeme tedy říci, že spotřeba uhlí kauzálně působí na reálné HDP. Oboustranná kauzalita byla nalezena u vztahu mezi reálným HDP a spotřebou ropy, stejně jako mezi spotřebou ropy a reálným HDP. Kauzalita nebyla prokázána mezi reálným HDP a spotřebou uhlí a u vztahu mezi spotřebou obnovitelných zdrojů a reálným HDP nebyla kauzalita prokázána v žádném směru, tedy ani od reálného HDP ke spotřebě obnovitelných zdrojů, ani ve směru od spotřeby obnovitelných zdrojů k reálnému HDP. V návaznosti na Ozturka (2010, s. 340–341) můžeme v případě kauzality mezi spotřebou uhlí a reálným HDP konstatovat, že by mohlo dojít k negativnímu vlivu na ekonomický růst, pokud by se snížila spotřeba uhlí. A naopak pokud by se jejich spotřeba zvýšila, pak by mělo dojít k růstu HDP. U spotřeby obnovitelných zdrojů nebyla prokázána kauzalita žádným směrem, politiky, které se zabývají podporou obnovitelných zdrojů, tedy nijak neovlivňují hospodářský růst. Obousměrná kauzalita se vyskytla u spotřeby ropy a reálného HDP a u reálného HDP a spotřeby ropy. Znamená to, že tyto dvě proměnné se navzájem ovlivňují. Pokud by došlo

k poklesu spotřeby ropy, měla by tato situace negativní vliv na ekonomický růst. Naopak pokud by došlo k růstu spotřeby ropy, pak by byl pozitivně ovlivněn ekonomický růst. To stejné platí i v opačném směru. Pokud poklesne ekonomický růst, pak bude klesat spotřeba ropy a pokud se bude zvyšovat reálné HDP, pak se bude zvyšovat i spotřeba ropy. U žádného ze zkoumaných vztahů nebyla prokázána autokorelace chybového členu. Žádný z chybových členů tedy není korelován se sebou samým. Ve všech případech – kromě vztahu mezi reálným HDP a spotřebou ropy – byl prokázán konstantní rozptyl. Jinými slovy byla potvrzena homoskedasticita chybového členu. U vztahu mezi spotřebou ropy a reálným HDP byla nalezena podmíněná heteroskedasticita. Ta může být způsobena odlehlou hodnotou nebo je také možné, že chybový člen reálně nemá konstantní rozptyl. Problém podmíněné heteroskedasticity byl vyřešen přikloněním se k Akaikovu informačnímu kritériu a zvolením druhého řádu zpoždění namísto řádu prvního.

8 Závěr

Tato práce měla za cíl pomocí ekonometrických metod potvrdit či vyvrátit vztah mezi ekonomickým růstem a spotřebou specifických paliv v USA. Dílčím cílem bylo poskytnout přehled o situaci související se spotřebou ropy, uhlí, obnovitelných zdrojů a HDP napříč historií USA a vysvětlit podstatné změny, které ovlivnily situaci na trhu a tím působily i na tyto veličiny.

Úvodní část práce je zaměřena na poskytnutí přehledu studií prováděných v souvislosti s tématem vazby mezi energií a ekonomickým růstem. Tato vazba byla hlavní myšlenou úvodní části, avšak bylo nutné se zaměřit i na souvislost mezi energií, ekonomickým růstem a klimatickými změnami. Dále byl poskytnut přehled o historii a možné budoucnosti ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů.

Kapitola týkající se výsledků se zaměřovala na výzkum kauzality mezi konkrétními palivy a ekonomickým růstem. Ke stanovení Grangerovské kauzality bylo zapotřebí několika testů a metod. Předně bylo nutné očistit časové řady spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů o sezónní vlivy. Tato nutnost plynula především z faktu, že použitá časová řada reálného HDP byla ve zdrojových datech již sezónně očištěna. Po sezónním očištění bylo nutné ověřit stacionaritu časových řad, která je podstatná proto, aby nevznikl problém zdánlivé závislosti. Pokud data stacionární nebyla, byly proměnné transformovány na své první diference a ADF test k detekci jednotkové kořene byl proveden znovu. Po dosažení stacionarity časových řad bylo nutné zkoumat kointegrační vztah mezi proměnnými. K tomuto účelu bylo využito Engle-Grangerovy metody, která slouží k odhalení kointegračního vztahu mezi dvěma proměnnými. Na zhodnocení zda existuje či neexistuje kointegrační vztah mezi časovými řadami závisí volba metody, kterou bude zkoumána Grangerovská kauzalita. Pokud by byl kointegrační vztah prokázán, je žádoucí využít metody VECM. Pokud prokázán nebyl, pak je vhodná metoda VAR. Po vyhodnocení existence či neexistence Grangerovské kauzality je třeba otestovat, zda se v modelu nenachází autokorelace chybového členu a podmíněná heteroskedasticita.

Kroky, které byly nyní popsány, vedly ke smíšeným závěrům. Tato skutečnost byla, vzhledem k teoretickému rámci, očekávaná. Pro data v rozmezí 1997–2015 bylo zjištěno, že reálné HDP má vliv na spotřebu ropy a spotřeba ropy na reálné HDP. Poté byl prokázán vliv mezi spotřebou uhlí a reálným HDP, nikoliv však vztah mezi reálným HDP a spotřebou uhlí. Nakonec nebyla nalezena kauzalita mezi reálným HDP a spotřebou obnovitelných zdrojů. Zde je vhodné podotknout, že obnovitelné zdroje jsou, na rozdíl od ropy a uhlí, poměrně mladým odvětvím. V teoretickém rámci byl zmíněn výzkum zabývající se vztahem obnovitelných zdrojů a emisemi CO₂, kde bylo uvedeno, že pro dosažení snižování emisí je potřeba, aby obnovitelné zdroje tvořily nejméně 8,34 % celkové spotřeby energie. Teoreticky je možné, aby podobný vztah platil i pro spotřebu obnovitelných zdrojů a reálné HDP. Studie prokazující či vyvracející tuto teorii však nebyly nalezeny.

9 Literatura

- AKKEMIK, K. A., GÖKSAL, K. *Energy consumption-GDP nexus: Heterogeneous panel causality analysis*. Energy Economics [online]. 2012, 34(4), s. 865–873 [cit. 2016-05-06]. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.04.002. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988312000771>
- APERGIS, N., PAYNE, J. *Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model*. Energy Economics [online]. 2010, 32(6), s. 1421–1426 [cit. 2016-05-09]. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.04.006. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988310000629>
- ARTL, J. *Kointegrace v jednorovnicových modelech*. Politická ekonomie [online]. 1997, 45(5), s. 733–746. [cit. 2016-05-12]. ISSN 0032-3233. Dostupné z: http://nb.vse.cz/~arlt/publik/A_KJM_97.pdf
- ARTL, J., GUBA, M., RADKOVSKÝ, Š., SOJKA, M., STILLER, V. *Vliv vybraných faktorů na vývoj poptávky po penězích v letech 1994–2000*. Politická ekonomie [online]. 2001, 49(5), s. 635–657. [cit. 2016-05-07]. ISSN 0032-3233. Dostupné z: http://nb.vse.cz/~arlt/publik/AGRSS_VVFPPL94-00_01.pdf
- ARTL, J., ŠKUTHANOVÁ, M. *Úvod do problematiky sezónního očišťování ekonomických časových řad*. Acta oeconomica pragensia [online]. 1995, 3(1), s. 15–23. [cit. 2016-05-10]. ISSN 0572-3043. Dostupné z: http://nb.vse.cz/~arlt/publik/AS_UPSOECR_95.pdf
- BLOCH, H., RAGIQ, S., SALIM, R. *Economic growth with coal, oil and renewable energy consumption in China: Prospects for fuel substitution*. Modelling [online]. 2015, 44, s. 104–115 [cit. 2016-05-12]. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.09.017. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999314003459>
- BOOMFIELD, P. *Fourier Analysis of Time Series: An Introduction*. [online]. Kanada: John Wiley & Sons, 2000 [cit. 2016-08-04]. ISBN 0-471-88948-2. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=zQsupRg5rrAC&printsec=frontcover&hl=c&s&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- BRITISH TECHNOLOGY OUTLOOK. [online]. 2015 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/technology/bp-technology-outlook.pdf>
- COERS, R., SANDERS, M. *The energy-GDP nexus; addressing an old question with new methods*. Energy Economics [online]. 2013, 36, s. 708–715. [cit. 2016-05-15]. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.11.015. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988312003131>
- COTTRELL, A., LUCCHETTI, R. *Gretl User's Guide*. [online]. 2016, s. 1–365. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>

- CUFF, M. *What cheap solar and battery storage mean for energy's future*. [online]. 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.greenbiz.com/article/what-cheap-solar-and-battery-storage-mean-energys-future>
- ČERNOCH, F., JIRUŠEK, M., KOĐOUSKOVÁ, H., OSIČKA, J., VLČEK, T. *Ropná politika USA: historie a výzvy*. [online]. Brno: Munipress, 2014. [cit. 2016-05-12]. ISBN 978-80-210-6649-6. DOI: 10.5817/CZ.MUNI.M210-6649-2014 Dostupné z: <https://www.ceners.org/energy-research/ceners-2014-ropa-a-politika-usa.pdf>
- DILLING, L., LEMOS, M., *Creating usable science: Opportunities and constraints for climate knowledge use and their implications for science policy*. *Global Environmental Change* [online]. 2011, 21(2), s. 680–689 [cit. 2016-04-21]. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2010.11.006. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378010001093>
- ENERGY CHARTING TOOL. *BP Global*. [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://tools.bp.com/energy-charting-tool.aspx#>
- EROL, U., YU, E. *Time series analysis of the causal relationships between U.S. energy and employment*. *Resources and Energy* [online]. 1987, 9(1), s. 75-89. [cit. 2016-05-15]. DOI: 10.1016/0165-0572(87)90024-7. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165057287900247>
- HAYASHI, F. *Econometrics*. [online]. Woodstock: Princeton University Press, 2000 [cit. 2016-08-04]. ISBN 0-691-01018-8. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=QyIW8WUIyzcC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0
- HOLMAN, R., JANÁČEK, K., DALLARA, CH., KLAUS, V., JANÁČKOVÁ, S., ŠINDEL, J., MACH, P., MAREK, D., KOVANDA, L., MUNZL, T. *Americká finanční krize. Hrozba pro světovou ekonomiku?*. [online]. Příbram, 2008 [cit. 2016-03-27]. ISBN 978-80-86547-65-7. Dostupné z: <http://www.cepin.cz/docs/dokumenty/sbornik71.pdf>
- HUŠEK, R., FORMÁNEK, T. *Odhad a identifikace vektorových autoregresí*. *Acta oeconomica pragensia* [online]. 2014, 22(4), s. 53-72. [cit. 2016-05-11]. ISSN 0572-3043. Dostupné z: <https://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=aop&pdf=446.pdf>
- CHEN, S., KUO, H., CHEN, CH. *The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries*. *Energy Policy* [online]. 2006, 35(4), s. 2611–2621 [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1016/j.enpol.2006.10.001. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506003685>
- CHIU, CH., CHANG, T. *What proportion of renewable energy supplies is needed to initially mitigate CO₂ emissions in OECD member countries?*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2009, 13(6–7), s. 1669–1674 [cit. 2016-04-03]. DOI: 10.1016/j.rser.2008.09.026. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403210800172X>

- IVANOV, V., KILIAN, L. *A Practitioner's Guide to Lag Order Selection For VAR Impulse Response Analysis*. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics [online]. 2005, 9 (1), s. 1-34. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://drphilipshaw.com/Protected/A%20Practitioners%20Guide%20to%20Lag%20Order%20Selection%20for%20VAR%20Impulse%20Response%20Analysis.pdf>
- JEŽKOVÁ, M. *Kointegrace a její aplikace ve financích*. [online] Brno, 2013 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/206949/prif_m/DP_Martina_Jezkova.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita
- KAIVO-OJA, J., LUUKKANEN, J. PANULA-ONTTO, J. VEHMAS, J., CHEN, Y., MIKKONEN, S., AUFFERMANN, B. *Are structural change and modernisation leading to convergence in the CO₂ economy? Decomposition analysis of China, EU and USA*. [online]. 2014, 72, s. 115–125 [cit. 2016-04-03]. DOI: 10.1016/j.energy.2014.05.015. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214005647>
- KAIVO-OJA, J., VEHMAS, J., LUUKKANEN, J. *Trend analysis of energy and climate policy environment: Comparative electricity production and consumption benchmark analyses of China, Euro area, European Union, and United States*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. [online]. 2016, 60, s. 464–474 [cit. 2016-05-02]. DOI: 10.1016/j.rser.2016.01.086. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116001167#bib1>
- LÜTKEPOHL, H., *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. [online]. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2005. [cit. 2016-04-22]. ISBN 3-540-40172-5. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=COUFCAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- MAHADEVAN, R., ASAFU-ADJAYE, J. *Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries*. Energy Policy. [online]. 2013, 35(4), s. 2481–2490. [cit. 2016-05-17]. DOI: 10.1016/j.enpol.2006.08.019. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506003363>
- MELECKÝ, A., MELECKÝ M. *Vliv makroekonomických šoků na dynamiku vládního dluhu: Jak robustní je fiskální pozice České republiky?*. Politická ekonomie [online]. 2012, 6, s. 723–742. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <https://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=polek&pdf=874.pdf>
- MENEGAKI, A. *On energy consumption and GDP studies; A meta-analysis of the last two decades*. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 2014, 29, s. 31–36 [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.081. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006217>
- MENYAH, K., WOLDE-RUFAEL, Y. *CO₂ emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US.* Energy Policy [online]. 2010, 38(6), s. 2911–

2915. [cit. 2016-05-11]. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.01.024. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510000303>
- NACS 50th ANNIVERSARY. *Education*. [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.nacs50.com/decades/70s/>
- NAE WEBSITE. *The California Electricity Crisis: Lessons for the Future*. [online]. Washington, DC 2002 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.nae.edu/Publications/Bridge/OurEnergyFuture/TheCaliforniaElectricityCrisisLessonsfortheFuture.aspx>
- NARAYAN, P., POPP, S. *The energy consumption-real GDP nexus revisited: Empirical evidence from 93 countries*. [online]. 2012, 291(2), s. 303–308 [cit. 2016-05-03]. DOI: 10.1016/j.econmod.2011.10.016. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999311002525>
- NIXON, R. *RN: The Memoirs of Richard Nixon*. [online]. Simon and Schuster, 2013. [cit. 2016-05-10]. ISBN 978-14-7673-183-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=UyfcLYY9F0gC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- OBICKÁ, K. *Metán hydrát – palivo d'alšej generácie*. Patria. [online]. 2013. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.patria.cz/zpravodajstvi/2327485/metanhydrat---palivo-dalsej-generacie.html>
- OKD. *Uhlí ve světě*. [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/soucasnost-u-nas-i-ve-svete/uhli-ve-svete>
- OZTURK, I. *A literature survey on energy-growth nexus*. Energy Policy [online]. 2010, 38(1), s. 340–349 [cit. 2016-05-09]. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.09.024. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509007071>
- PETROLEUM. *Počátky novodobé těžby ropy*. [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/ropa/pocatky-novodobe-tezby-ropy.aspx>
- PETROLEUM. *Těžba ropy*. [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/ropa/tezba-ropy.aspx>
- SISSINE, F. *Renewable Energy R&D Funding History: A Comparison with Funding for Nuclear Energy, Fossil Energy, and Energy Efficiency R&D*. [online]. 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/RS22858.pdf>
- ŠTĚDRŮ, B., POTŮČEK, M., KNÁPEK, J., MAZOUCH, P. A KOL. *Prognostické metody a jejich aplikace*. [online]. Praha: C. H. Beck, 2012. [cit. 2016-05-02]. ISBN 978-80-7179-174-4. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=VE7uHzQaUmUC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- US LAW. *15 U.S. Code §2934 – National Global Change Research Plan..* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/15/2934>

- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Monthly Energy Review April 2016*. [online]. 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec3_9.pdf
- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Petroleum chronology of events 1970–2000*. [online]. 2002 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.eia.gov/pub/oil_gas/petroleum/analysis_publications/chronology/petroleumchronology2000.htm
- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Short-term energy outlook*. [online]. 2016 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/forecasts/steo/query/>
- WEISS, T. *Energetický průmysl Spojených států amerických v kontextu prvního ropného šoku*. [online] Praha, 2014 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://isis.vse.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=23167;studium=123611;zp=45970;download_prace=1. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze
- WORLD BANK GROUP. *World DataBank*. [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&Topic=3#>
- ŽOUŽELKOVÁ, J. *Nové míry volatility ekonomických časových řad*. [online] Olomouc, 2012 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/jko6yv/00164566-560279607.pdf>. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci

10 Seznam obrázků

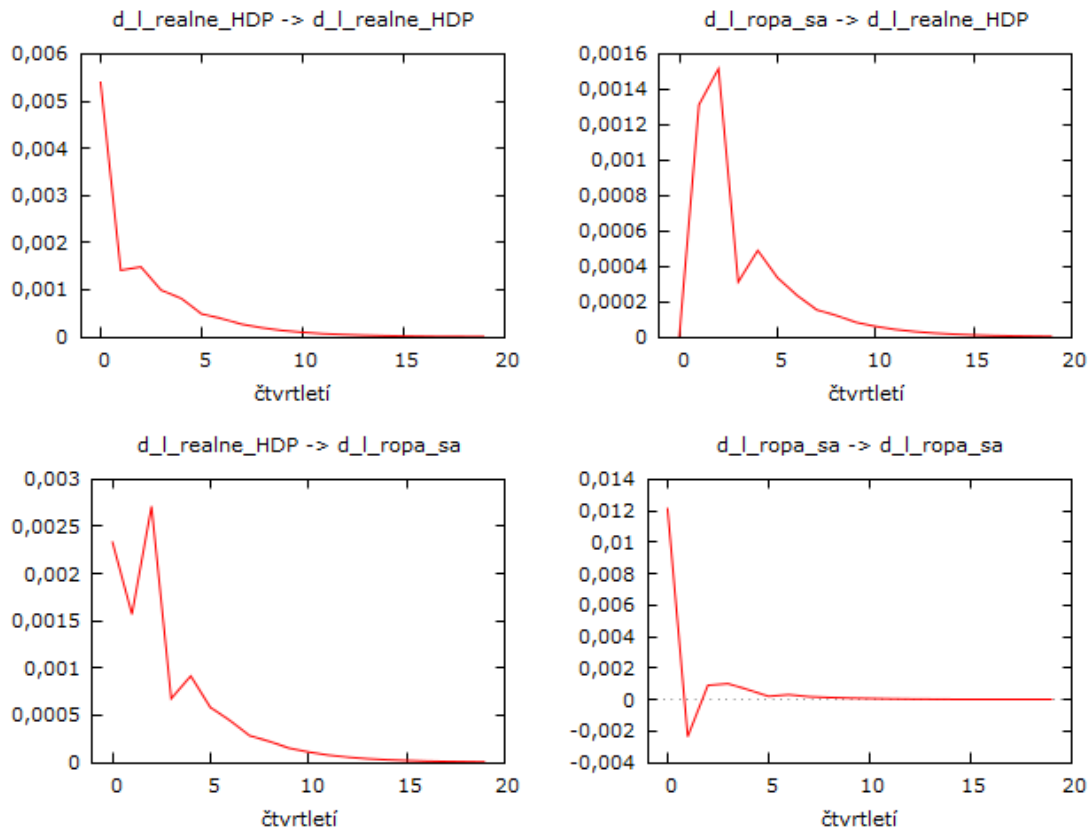
Obr. 1	Přehled spotřeby ropy, uhlí a obnovitelných zdrojů v USA od roku 1965 do roku 2014	24
Obr. 2	Vývoj HDP v USA od roku 1960 do roku 2014	25
Obr. 3	Časové řady reálného HDP a spotřeby ropy	32
Obr. 4	Sezónně očištěná řada spotřeby ropy	33
Obr. 5	Časové řady reálného HDP a spotřeby uhlí	36
Obr. 6	Sezónně očištěná časová řada spotřeby uhlí	37
Obr. 7	Časové řady reálného HDP a spotřeby obnovitelných zdrojů	39
Obr. 8	Sezónně očištěná řada spotřeby obnovitelných zdrojů	39
Obr. 9	Impulzní odezvy reálného HDP a spotřeby ropy	52
Obr. 10	Impulzní odezvy spotřeby ropy a HDP	53
Obr. 11	Impulzní odezva spotřeby uhlí a reálného HDP	54

11 Seznam tabulek

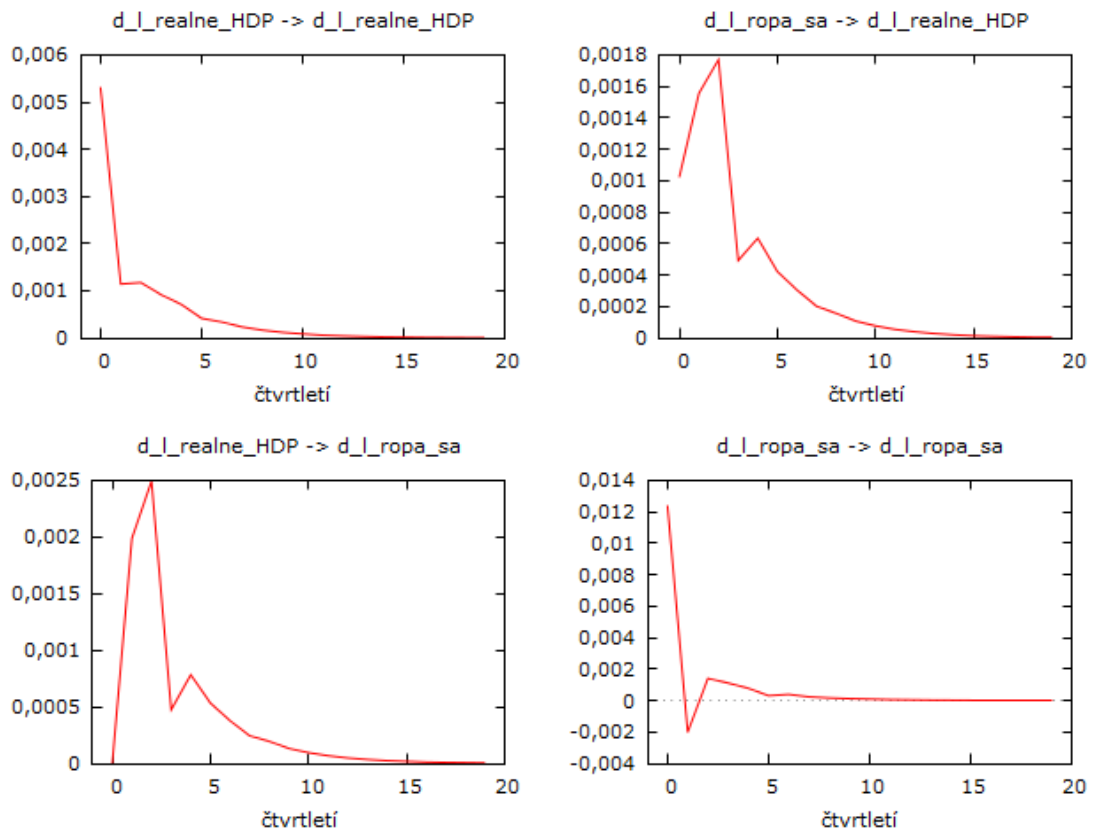
Tab. 1	ADF test pro reálné HDP a spotřebu ropy	33
Tab. 2	ADF-test pro 1. diferenci reálného HDP a spotřeby ropy	33
Tab. 3	Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu ropy	34
Tab. 4	ADF test pro logaritmy reálného HDP a spotřeby ropy	35
Tab. 5	ADF test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy	35
Tab. 6	Test autokorelace a ARCH test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy	35
Tab. 7	Test autokorelace a ARCH test pro 1. difference logaritmů reálného HDP a spotřeby ropy pro dvě zpožděné proměnné	35
Tab. 8	ADF test pro reálné HDP a spotřebu uhlí	37
Tab. 9	ADF test pro 1. difference reálného HDP a spotřeby uhlí	37
Tab. 10	Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu uhlí	38
Tab. 11	ADF test pro reálné HDP a spotřebu obnovitelných zdrojů	40
Tab. 12	ADF rest pro 1. difference reálného HDP a spotřeby obnovitelných zdrojů	40
Tab. 13	Test autokorelace a ARCH test pro reálné HDP a spotřebu obnovitelných zdrojů	41

Přílohy

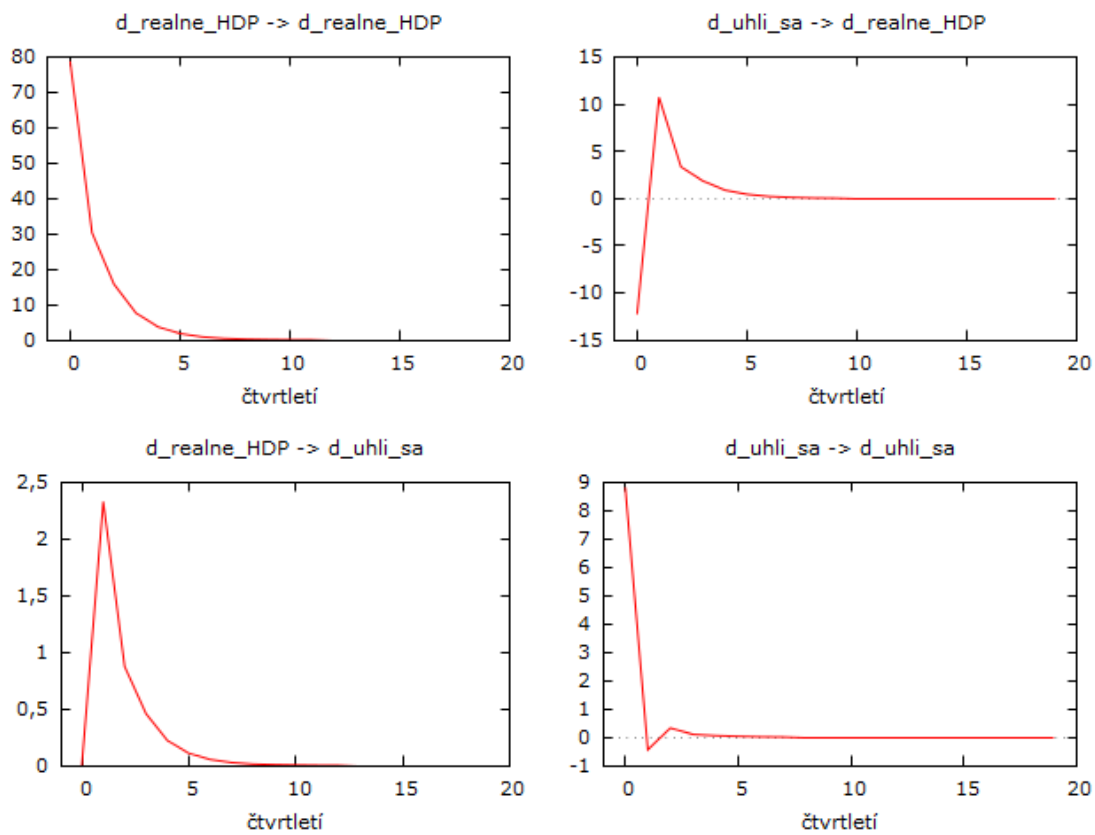
A Grafy impulzní odezvy



Obr. 9 Impulzní odezvy reálného HDP a spotřeby ropy



Obr. 10 Impulzní odezvy spotřeby ropy a HDP



Obr. 11 Impulzní odezva spotřeby uhlí a reálného HDP