

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**FAKULTA SOCIÁLNÍCH VĚD**

Institut ekonomických studií



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Analýza schém podpory obnovitelných  
zdrojov energií v EÚ: Môže byť  
EKOlógické aj EKOnomické?**

Autor: **Bc. Senta Andoková**

Vedúci práce: **doc. Ing. Tomáš Cahlík CSc .**

Akademický rok: **2014/2015**

## Prehlásenie

1. Prehlasujem, že som predkladanú prácu spracovala samostatne a použila len uvedené pramene a literatúru.
2. Prehlasujem, že práca nebola využitá k získaniu iného titulu.
3. Súhlasím s tým, aby bola práca sprístupnená pre študijné a výskumné účely.

V Prahe dňa 6.5.2013

---

Podpis

## Pod'akovanie

Na tomto mieste by som rada pod'akovala svojmu konzultantovi, doc. Ing. Tomášovi Cahlíkovi, CSc., za cenné rady a pripomienky, ktoré mi pri písaní tejto práce poskytol.

Pod'akovať by som sa chcela aj firme GB Consulting, sr.r.o., a to predovšetkým obchodnému riaditeľovi Lubomírovi Sovíčkovi a technickému riaditeľovi Radkovi Peňázovi.

Celý experiment by však nemohol vzniknúť bez podpory magistrátu hlavného mesta Prahy. Vďaka patrí Mgr. Jáonvi Recmanovi z oddelenia správy majetku, ktorý kontaktoval spoločnosť ELTODO spravujúcu verejné osvetlenie v Prahe. Z firmy ELTODO patrí vďaka najmä vedúcemu servisnej divízie, Pavlovi Donevovi, za jeho ochotu a súhlas s experimentom.

## Bibliografický záznam

ANDOKOVÁ, Senta. 2015. *Analýza schém podpory obnovitelných zdrojov energií v EÚ: Může byt' EKologické aj EKOnomické?*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Institut ekonomických studií.

## Abstract

The study compares FIT (Feed-in tariff) and RPS (Renewable Portfolio Standard) as the two most commonly used support schemes for renewable energy sources (RES) in the EU. It examines a relationship of an Environmental Kuznets Curve (EKC) and by a practical experiment for public lighting in Prague the study proposes an ecological functioning of electricity grids in the EU with CO<sub>2</sub> emissions reduction effect. The main contribution lies in the recency and originality of the econometric analysis and practical experiment. FIT and RPS analysis demonstrates that both schemes affect demand for electricity and increase its price. The econometric model was tested for 28 EU countries for 1990-2013. The results say that the EU is currently located on the downslope of the inverted U-shaped EKC with a turning point, after which the dependence begins to grow. Nevertheless, for the most of observations the turning point is too far to be a source of concern. Practical experiment has shown that installation of energy saving devices for electricity grids in the EU can bring satisfactory results in reducing CO<sub>2</sub> emissions independently of state aid. More efficient use of existing energy sources, however, should rather serve as a complement to conventional support, phasing out with the development of RES technologies.

**JEL Classification**

O13, Q20, Q410, C21, C23

**Keywords**

Renewable energy sources, RES, FIT, RPS, Environmental Kuznets curve, EKC, Kyoto protocol, CO<sub>2</sub> emissions

**Author's e-mail**

andokova.s@gmail.com

**Supervisor's e-mail**

cahlik @ fsv.cuni.cz

## Abstrakt

Práca porovnáva FIT (Feed-in tariff) a RPS (Renewable Portfolio Standard) ako dve najpoužívanejšie schémy podpory obnoviteľných zdrojov energií (OZE) v EÚ. Následne skúma vzťah environmentálnej Kuznetsovej krivky (EKC) a pomocou praktického experimentu na verejnom osvetlení v Prahe navrhuje riešenie ekologického fungovania elektrických sietí v EÚ s efektom znižovania emisií CO<sub>2</sub>. Hlavný prínos spočíva v aktuálnosti a originalite ekonometrickej analýzy a praktického experimentu. Analýza FIT a RPS preukázala, že obe schémy ovplyvňujú dopyt po elektrine a zvyšujú jej cenu. Ekonometrický model bol testovaný pre 28 štátov EÚ za obdobie 1990-2013. Výsledky hovoria, že EÚ sa momentálne nachádza na klesajúcej časti EKC v tvare obráteného U, pričom zlomový bod, po ktorom začína závislosť rásť, je pre väčšinu pozorovaní príliš ďaleko na to, aby bol zdrojom obáv. Praktický experiment prepája výsledky modelu a nameranú úsporu energie. Inštalácia podobných zariadení na elektrické siete v EÚ môže priniesť uspokojivé výsledky zníženia emisií CO<sub>2</sub> nezávisle na štátnej podpore. Efektívnejšie využívanie existujúcich zdrojov energií však nie je dostatočné a malo by skôr slúžiť ako doplnok ku konvenčnej podpore, ktorá by sa mala postupne vytrácať s rozvojom technológií OZE.

**Klasifikace**

O13, Q20, Q410, C21, C23

**Klíčová slova**

Obnoviteľné zdroje energie, OZE, FIT, RPS,  
Environmentálna Kuznetsova krivka, EKC,  
Kjótsky protokol, emisie CO<sub>2</sub>

**E-mail autora**

andokova.s@gmail.com

**E-mail vedúciho práce**

cahlik @ fsv.cuni.cz

# Obsah

ZOZNAM TABULIEK.....	8
ZOZNAM OBRÁZKOV.....	8
ZOZNAM GRAFOV.....	8
SKRATKY.....	9
TEZE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
1. ÚVOD.....	1
2. KJÓTSKY PROTOKOL.....	4
2.1. EURÓPSKA ÚNIA A KJÓTSKY PROTOKOL.....	5
3. STRATÉGIA EURÓPA 2020.....	6
3.1. ENERGETICKÁ PROBLEMATIKA EÚ.....	6
3.2. POLITIKY EÚ PODPORY OZE: SMERNICE.....	7
3.3. SCHÉMY PODPORY ELEKTRICKEJ ENERGIE Z OZE.....	10
4. FIT VS RPS.....	14
4.1. VÝHODY A NEVÝHODY FIT A RPS.....	16
4.2. FIT.....	17
4.3. RPS (TGC).....	20
4.4. SÚHRN.....	24
4.5. FIT ALEBO RPS (TGC)?.....	25
5. EKONOMETRICKÁ ANALÝZA.....	28
5.1. ENVIRONMENTÁLNA KUZNETSOVA KRIVKA.....	28
5.2. MODEL.....	35
5.3. HYPOTÉZA.....	38
5.4. DÁTA.....	39
5.5. METODOLÓGIA.....	41
5.5.1. Testovanie jednotkového koreňa.....	41
5.5.2. Výber metódy testovania.....	42
5.6. ODLAHLÉ POZOROVANIA.....	43
5.7. VÝSLEDKY EMPIRICKEJ ANALÝZY.....	44
5.8. DISKUSIA.....	49
6. PROJEKT ZELENÁ PRAHA.....	52
6.1. ENERGY SAVER.....	53
6.3. SPOTREBA ELEKTRICKEJ ENERGIE.....	62
6.4. INŠTALÁCIA ES V PRAHE.....	63
6.5. VÝSLEDKY MERANIA.....	64
6.6. EKONOMIKA.....	65
6.7. VPLYV ÚSPORY ENERGIE NA EMISIE CO <sub>2</sub> .....	67
6.8. EXISTUJE CESTA AKO ZABEZPEČIŤ EKOLOGICKÚ EURÓPU BEZ ŠTÁTNEJ PODPORY?.....	69
7. ZÁVER.....	71
ZDROJE.....	77
APENDIX A: OBRÁZKY.....	84
APENDIX B: PRÍKAZY V PROGRAME STATA.....	86

# Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: % ciele OZE pre jednotlivé krajiny EÚ .....	8
Tabuľka 2: Rozdelenie schém podpory OZE.....	13
Tabuľka 3: Schémy podpory OZE v EÚ .....	15
Tabuľka 4: Výhody a nevýhody FIT .....	24
Tabuľka 5: Výhody a nevýhody RPS.....	25
Tabuľka 6: Zdroje a jednotky premenných .....	39
Tabuľka 7: Deskriptívne štatistiky premenných.....	40
Tabuľka 8: ADF test.....	42
Tabuľka 9: Porovnanie výsledkov s a bez odľahlých pozorovaní .....	43
Tabuľka 10: Výsledky empirickej analýzy.....	44
Tabuľka 11: Výsledky modelu: porovnanie FE a Discroll Kray.....	46
Tabuľka 12: Výsledky merania úspory so zariadením ES.....	64
Tabuľka 13: Ročná spotreba energie .....	65
Tabuľka 14: Návratnosť investície.....	66
Tabuľka 15: Vyčíslenie úspory na obdobie 20 rokov .....	66
Tabuľka 16: Úspora emisií CO <sub>2</sub> .....	67

# Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Rôzne schémy podpory OZE v EÚ.....	14
Obrázok 2: Environmentálna Kuznetsova krivka.....	29
Obrázok 3: EKC pre EÚ .....	50
Obrázok 4: Porovnanie metód optimalizácie napätí .....	54
Obrázok 5: Zlepšenie účinníku .....	55
Obrázok 6: Pokles pri celkovom harmonickom skreslení prúdu.....	56
Obrázok 7: Pokles pri 3-fázovom jalovom výkone .....	57

# Zoznam grafov

Graf 1: Chýbajúci percentuálny podiel OZE na celkovom celi roku 2020.....	9
---	---



# Skratky

<b>OZE</b>	Obnoviteľné zdroje energie
<b>FIT</b>	Feed-in tariff
<b>RPS</b>	Renewable Portfolio Standard
<b>ES</b>	Energy saver

# Teze Diplomové Práce

---

<b>Autor:</b>	Bc. Senta Andoková
<b>Konzultant:</b>	doc. Ing. Tomáš Cahlík CSc.
<b>Plánovaná obhajoba:</b>	June 2015

---

## Předpokládaný název DP:

Analýza schém podpory obnovitelných zdrojov energií v EU: Môže byť EKologické aj EKOnomické?

## Charakteristika tématu:

Hlavným cieľom práce je zhodnotenie efektivity prístupu Európskej únie pri dosahovaní cieľov Kjótskeho protokolu v rámci znižovania emisií CO<sub>2</sub> a podpory energie z obnoviteľných zdrojov. Práca sa zameriava na dve z hlavných schém, ktoré implementujú členské štáty v oblasti trhu s energiou, a to Feed-in tariff (FIT) a Renewable Portfolio Standard (RPS).

Kým FIT sa zameriava na ceny, RPS sa snaží o tvorbu dopytu namiesto podpory ponuky. Z predošlých prác na danú tému vyplýva viac či menej negatívny efekt oboch schém. Je známe, že cenové regulácie na trhu s obnoviteľnými zdrojmi narúšajú konkurenčné prostredie. Dnes obnoviteľné zdroje nie sú schopné samostatne prežiť bez dotácií a štátnej podpory.

Preto otázka, ktorú sa snaží práca zodpovedať, znie: Existuje cesta ako dosiahnuť ekologickú Európu bez deformácie konkurenčného prostredia v oblasti obnoviteľných zdrojov energie?

## Hypotézy:

1. Existuje cesta ako udržať ekologické smerovanie Európy bez narúšania zdravého konkurenčného prostredia na trhu s energiou
2. Vzťah Enviromentálnej Kuznetsovej krivky platí na skúmanej zložke krajín EU
3. Existuje spôsob ako podporovať obnoviteľné zdroje ekonomicky prijateľnou cestou

## Metodologie:

Vlastný výskum bude rozdelený na dve časti:

### 1. Vlastný ekonometrický model

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 EN_{it} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 GDP_{it}^2 + \beta_4 OPEN_{it} + \beta_5 TOWN_{it} + \beta_6 VEH_{it} + \beta_7 UNEMPLOY_{it} + a_i + u_{it}$$

- CO<sub>2</sub>: ročné emisie oxidu uhličitého
- EN: ročná spotreba elektrickej energie
- GDP: HDP
- GDP<sup>2</sup>: druhá mocnina HDP

- OPEN: otvorenosť obchodu (export + import tovarov a služieb ako podiel HDP)
- TOWN: obyvateľstvo žijúce v mestách (% z celkovej populácie)
- VEH: počet motorových vozidiel na 1000 obyvateľov
- UNEMPLOY: nezamestnanosť (% pracovnej sily)

Model bude skúmaný na vybranej zložke Európskych krajín za použitia panelových dát. Vzhľadom na špecifické charakteristiky jednotlivých krajín, ktoré môžu byť korelované s ostatnými premennými bude použitá metóda fixných efektov.

Výsledky potvrdia alebo vyvrátia tzv. environmentálnu Kuznetsovú krivku, ktorá hovorí, že v ranných fázach ekonomického rastu s rastúcou úrovňou ekonomiky rastie znečistenie krajiny, ale po dosiahnutí určitého bodu sa závislosť láme a znečistenie klesá. Vyjadrením tohto vzťahu sú premenné CO<sub>2</sub>, GDP a GDP<sup>2</sup>.

## 2. Návrh modelu ekologického hlavného mesta

V Prahe, ako experimentálnom meste, bude realizovaný návrh ekologicky prijateľného fungovania verejného osvetlenia.

Firma GB Consulting súhlasila, že v rámci vedeckého výskumu zapožičia zariadenie znižujúce spotrebu elektrickej energie so znížením spotreby až o 20%. Výsledky skúmania zníženia spotreby elektriny a emisií CO<sub>2</sub> budú použité ako vzorové údaje pre zvyšok Európy.

Hlavná otázka znie: Je možné splniť zelené ciele EÚ bez štátnej podpory?

Keďže dané zariadenia nie sú závislé na dotovanej výkupnej cene energie ani dotáciách na financovanie kúpy (vďaka prijateľnej návratnosti), dilemma FIT vs RPS a narušenie konkurenčného prostredia, nie je problémom.

Do výsledkov koeficientu  $\beta_1$  pri premennej EN z ekonometrického modelu budú zahrnuté výsledky dosiahnutej úspory energie.

### Obsah:

1. Motivácia
2. Prehľad literatúry týkajúcej sa danej témy s dôrazom na porovnanie efektivity FIT a RPS
3. Ekonometrický model
4. Návrh ekologickej EÚ
5. Výsledky
6. Záver: zhrnutie zistení a najdôležitejších poznatkov

### Základné prameny:

1. ESPEY, Simone. Renewables portfolio standard: a means for trade with electricity from renewable energy sources?. *Energy Policy: Elsevier* [online]. 2001, vol. 29(7), s. 557-566 [cit. 2014-06-22]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-42HXG2V-6/2/01dbf792e2a09c7502e129d315af802a>

2. SOHEILAKHOSHNEVIS, Yazdi a Shakouri BAHRAM. The econometric model for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, foreign trade, financial development and urbanization of Iran. *Journal of Environmental Research And Development* [online]. January-March 2014, Vol. 8, No. 3A [cit. 2014-06-22]. Dostupné z: <http://www.jerad.org/disabstract.php?vID=1166>
3. SHAHRIN, Azmi, Abdul HALIN a Abg NAILI. *Introduction to Environmental Kuznets Curve (EKC)*. 2007. Dostupné z: <http://economics.dstcentre.com/Introduction%20to%20Environmental%20Kuznets%20Curve%20By%20Azmi%20Shahrin.pdf>
4. TOKE, David. The EU Renewables Directive—What is the fuss about trading?. *Energy Policy* [online]. 2008, vol. 36, issue 8, s. 3001-3008 [cit. 2014-06-22]. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.04.008. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508001869>

---

**Author**

---

**Supervisor**

# 1. Úvod

Vyspelý svet, aký poznáme dnes, je pýchou ľudskej civilizácie. Výsledky vyše stopäťdesiat rokov trvajúcej priemyselnej aktivity priniesli do každodenného života komfort, aký si nevedeli Európania začiatkom 19. storočia ani len predstaviť. Za pár rokov, ktoré môžeme považovať z pohľadu civilizácie za lusknutie prstov, pohltila cesty, vodu i vzduch množiac sa doprava, v domácnostiach rozvinutej časti sveta elektronika prečíslila domácieh a priemerná produkcia odpadu na hlavu predstavuje pre priemerného Európana až pol tony ročne. Ak sa však človek snaží prejsť cez otočné dvere príliš rýchlo, spätný náraz ho zrazí k zemi.

Požiadavky na nepretržitý rast ekonomík rozvinutého sveta by sa na prvý pohľad mohli javiť ako hlavný determinant rastúceho znečistenia. Ekonomický rast vyžaduje intenzívny priemysel, stúpajúcu spotrebu a konzumný život ako taký, s ním spojený. Environmentálna Kuznetsova krivka (EKC), ktorá je grafickým vyjadrením vzťahu ekonomického rastu a kvality životného prostredia, však tvrdí, že rozvoj ekonomiky nemusí vylučovať priaznivé životné prostredie. Práca skúma vzťah EKC v podmienkach Európskej únie (EÚ) a postoj EÚ k ekológii.

Zhoršujúce sa životné prostredie je dôvodom, prečo EÚ posúva ekológiu stále vyššie a vyššie v rebríčku svojich priorít. Kjótsky protokol a stratégia Európa 2020 sú dva hlavné dokumenty, ktorých záväzky sa snaží EÚ dodržať. Kjótsky protokol má za účel znižovať emisie skleníkových plynov a stratégia Európa 2020 k tomuto bodu ešte pridala zvyšovanie energetickej efektivity a podielu elektriny z obnoviteľných zdrojov energií (OZE). K stimulácii zelenej energie využíva EÚ rôzne druhy politík a systémov podpory. Dve najpoužívanejšie schémy podpory sú tzv. FIT (z angl. Feed-in tariff) a RPS (z angl. Renewable Portfolio Standard). Obe schémy ovplyvňujú trh s energiou a ceny elektriny.

Cieľom Práce nie je len porovnať FIT a RPS a zhodnotiť výhody a nevýhody oboch politík. Cieľom práce je zodpovedať otázku, či existuje cesta ako dosiahnuť zelené ciele EÚ bez štátnej podpory a deformácií na trhu s energiou. Zámerom je potvrdiť či vyvrátiť existenciu EKC krivky v EÚ. Práca obsahuje nielen vlastný výskum v podobe ekonometrického modelu, ale aj praktický experiment, ktorý oba výskumy prepája. Obsah práce by sa dal rozdeliť na tri hlavné časti.

Prvá časť sa venuje prístupu EÚ k otázke ekológie a podrobnejšie skúma zaužívané systémy podpory (FIT a RPS). Danú časť tvoria kapitoly 2, 3 a 4. Kapitola 2 informuje o Kjótskom protokole, jeho fázach a cieľoch. Kapitola 3 pojednáva o stratégii Európa 2020 a venuje sa podrobnejšie EÚ v otázke ekologického smerovania jej štátov. V podkapitolách 3.1. a 3.2. nájdeme postupne dôvody podpory zelenej energie v EÚ, s tým súvisiace smernice a prehľad cieľov a plnení jednotlivých štátov v rámci percentuálneho podielu energie z OZE. Nasledujúca podkapitola 3.3. predstavuje vyššie spomínané schémy podpory FIT a RPS. V kapitole 4 sú potom dané schémy podrobnejšie diskutované, porovnávané a záver kapitoly sa snaží zodpovedať na otázku, ktorá z nich je pre EÚ výhodnejšia.

Druhá časť práce obsahuje vlastný ekonometrický model obsiahnutý v kapitole 5. Podkapitola 5.1. objasní vzťah medzi ekonomickým rastom a úrovňou životného prostredia. Nájdeme v nej základné tvary environmentálnej Kuznetsovej krivky, dôvody jej existencie a prehľad svetovej literatúry venujúcej sa danej téme. V podkapitolách 5.2. až 5.8 je predstavený vlastný ekonometrický model. Závislá premenná zastupujúca emisie CO<sub>2</sub> a nezávislé premenné HDP a druhá mocnina HDP sú vyjadrením vzťahu EKC. Ďalšími zahrnutými nezávislými premennými sú spotreba elektrickej energie, miera otvorenosti ekonomiky, percentuálny pomer mestskej populácie, miera nezamestnanosti a počet osobných áut na 1000 obyvateľov. Model je skúmaný na zložke panelových dát obsahujúcich údaje za 28 štátov EÚ za obdobie 1990-2013. Cieľom je potvrdiť a kvantifikovať tvar EKC obráteného U a kladný vzťah medzi spotrebou emisií CO<sub>2</sub> a spotrebou elektrickej energie. Pre analýzu je použitá metóda fixných efektov a ako predloha poslúžila práca od Soheilakhoshnevis a Bahram (2014).

---

Posledná časť práce obsiahnutá v kapitole 6 popisuje praktický experiment vykonaný na verejnom osvetlení v Prahe, ktorý prepojí výsledky so závermi z kapitoly 5. V podkapitole 6.1. je predstavené zariadenie Energy saver (ES) inštalované pre účely práce na verejné osvetlenie na ulici Cílkova na Prahe 12 a tiež problémy, ktorým v súčasnosti čelia elektrické siete. Podkapitola 6.2. argumentuje význam šetrenia tohoto druhu v podmienkach EÚ. Podkapitola 6.3. ďalej informuje o charaktere spotreby elektrickej energie v súčasnosti, nasledujúca podkapitola 6.4. popisuje priebeh samotnej inštalácie na Prahe 12 a v podkapitolách 6.5 a 6.6. sú postupne predstavené výsledky merania ako aj samotná ekonomika investície. Pre prepojenie kapitol 5 a 6 je koeficient premennej zastupujúcej emisie CO<sub>2</sub> z modelu z kapitoly 5 vynásobený dosiahnutou úsporou energie z kapitoly 6, čím sa zistí možná úspora emisií CO<sub>2</sub>, ktorá by mohla byť ďalšou z ciest ako dosiahnuť zelené ciele, ktoré si EÚ stanovila. Daný výpočet sa nachádza v podkapitole 6. 7. Posledná podkapitola 6.8 sa snaží zodpovedať na otázku, či existuje spôsob ako vytvoriť ekologickejšiu Európu bez štátnych dotácií a hodnotí, čím sa navrhovaná investícia líši od systémov akými sú FIT či RPS.

## 2. Kjótsky protokol

Rastúce hrozby z úst ekológov a klimatológov donútili poverené hlavy štátov celého sveta konať. Jedenásteho decembra 1997 bol v Japonsku v meste Kyoto podpísaný tzv. Kjótsky protokol. Tento protokol je doplnkom k Rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy (United Nations Framework Convention on Climate Change alebo UNFCCC) a jeho hlavným cieľom je znižovanie emisií skleníkových plynov. Medzinárodná dohoda v súčasnosti zahŕňa 192 zmluvných strán, z toho 191 štátov a Európsku úniu (EÚ) (United Nations, 2014).

Kjótsky protokol vošiel do platnosti 16. februára 2005. Jeho pôsobenie sa rozdeľuje do dvoch fáz:

1) 2008-2012:

V prvej fáze protokolu sa zúčastnené štáty zaviazali znížiť emisie skleníkových plynov o 5,2% vzhľadom na úrovne plynov z roku 1990. Európska únia si v prvej fáze vytýčila ciele o niečo vyššie a hranicu posunula až na 8% (Greenpeace, 2014).

2) 2013-2020:

V decembri roku 2012 bol schválený tzv. dodatok z Dohy, ktorý pokračoval v započatej ozdrave životného prostredia. Podpisujúce krajiny (vrátane EÚ) sa tentokrát zaviazali znížiť emisie skleníkových plynov o minimálne 18% vzhľadom na hodnoty z roku 1990 počas obdobia 1.1.2013-31.12.2020. Skladba participujúcich štátov sa však od prvej fázy líši (United Nations, 2014b). Európska únia znovu postavila svoje ambície o čosi vyššie a v rámci svojej stratégie 2020 (EU 2020 strategy) prisľúbila, že jej 28 členských štátov zníži emisie daných skleníkových plynov až o 20% do roku 2020. Podľa údajov z roku 2013, emisie skleníkových plynov v EÚ klesli o cca 19% v porovnaní



s hodnotami z roku 1990 (European Commission, 2014). Toto číslo je veľmi priaznivým znakom, že EÚ sa drží svojej vytýčenej trajektórie.

Dodržiavanie a plnenie cieľov Kjótskeho protokolu kladie na jednotlivé štáty rôzne váhy, s väčším zaťažením rozvinutých krajín ako hlavných prispievateľov znečistenia. Tento princíp je známy pod anglickým názvom "common but differentiated responsibilities" (United Nations, 2014b).

## 2.1. Európska únia a Kjótsky protokol

Prvá fáza Kjótskeho protokolu bola pre Európsku úniu úspešná. Výsledky hovoria, že EU-28 prekročila svoje ciele celkovo o 4,2 Gt.  $CO_2$ -eq. V roku 2012 dosiahli emisie skleníkových plynov najnižšie hodnoty od roku 1990 s objemom o 19,2% nižším ako v roku 1990. Menej úspešná sa zatiaľ nezdá byť ani druhá fáza. Za rok 2013 sa emisie znížili o ďalších 1,8%.

Celkovo sa predpokladá, že prekročenie cieľov za obdobie 2008-2020 by mohlo dosiahnuť až 5,6 Gt.  $CO_2$ -eq. Táto hodnota predstavuje viac než celkový objem emisií EÚ za rok 2012 (European Commission, 2014b).

## 3. Stratégia Európa 2020

Európska únia sa v posledných rokoch zaoberá otázkou ekológie častejšie než kedykoľvek predtým. V roku 2010 nahradil Lisabonskú stratégiu platiacu pre obdobie 2000-2010 nový balíček klimatických a energetických opatrení pod názvom stratégia Európa 2020, ktorú sa krajiny EÚ snažia dodržiavať súčasne s vyššie diskutovaným Kjótskym protokolom. Opatrenia stratégie EÚ 2020 sa týkajú desaťročného obdobia 2010-2020 s tromi hlavnými cieľmi:

- 1) 20% zníženie emisií skleníkových plynov vzhľadom na hodnoty z roku 1990
- 2) 20% zvýšenie energetickej efektivity EÚ
- 3) 20% zvýšenie produkcie elektriny z obnoviteľných zdrojov energií

Kvôli zhodným 20 percentným hodnotám sa súhrnne dané ciele nazývajú aj ciele „20-20-20“ (European Commission, 2014). Pre účely kapitol 3 a 4 nás bude zaujímať hlavne bod číslo 3, a tým je 20% zvýšenie produkcie elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov energií (ďalej len OZE).

### 3.1. Energetická problematika EÚ

Energetická problematika EÚ sa dá považovať aj za problematiku bezpečnosti. Primárnym cieľom EÚ nie je totiž iba ekologický rámec OZE a znižovanie emisií, ale taktiež vytvorenie energetickej samostatnosti a zbavenie sa závislosti na dodávkach plynu z Ruska (Nilsson et al., 2009).

V roku 2001 vydala Európska komisia Zelenú knihu (angl. Green Paper), kde opísala EÚ ako „Gulivera v reťaziach.“ Podľa odhadov by mala energetická závislosť EÚ v priebehu 20 až 30 rokov (tzn. do roku 2020 až 2030) vzrásť až na 70%. Jednotlivo môže byť závislosť na externých dodávkach energií ešte vyššia, a to 90% pre ropu, 70% pre plyn a závislosť na dodávkach uhlia by mala dosiahnuť až 100% (European Communities, 2001). Rastúce ceny ropy a najmä pozastavené dodávky

plynu Ruska Ukrajine v rokoch 2006 a 2010 posunuli otázku energetickej samostatnosti na vrchol priorít EÚ (Nilsson et al., 2009).

Plynutím času sa situácia nijako výrazne neposunula. Aktuálna Rusko-ukrajinská kríza a všeobecne vypäté vzťahy medzi východom a západom vrhajú na Rusko svetlo veľmi krehkého a nespoľahlivého partnera. Potreba energetickej samostatnosti sa v tomto zmysle javí ako nevyhnutná.

Hlavné dôvody podpory energie z OZE sa dajú podľa Klein et al. (2008) zhrnúť nasledovne:

- Ochrana životného prostredia, zníženie emisií skleníkových plynov (Kjótsky protokol), risk spojený s atómovou energiou.
- Zvýšenie energetickej bezpečnosti dodávok energie, zmenšenie externej závislosti, vysporiadanie sa s obmedzenými zdrojmi fosílnych a jadrových palív.
- Zvýšenie konkurencieschopnosti, tvorba pracovných miest, tvorba technologického prvenstva.

### 3.2. Politiky EÚ podpory OZE: Smernice

V roku 2009 schválila Európska komisia Smernicu o zvýšení využívania obnoviteľných zdrojov energií (Renewable Energy Directive). Smernica obsahuje záväzný cieľ 20% podielu energie v EÚ z OZE do roku 2020 (International Trade Administration, 2014). Tento zámer má nielenže vydláždíť cestu k energeticky nezávislej Európe, ale taktiež pomôcť redukovať emisie skleníkových plynov (European Commission, 2014).

OZE zahŕňajú energiu z biomasy, geotermálnu energiu, hydroelektrickú energiu, veternú energiu, prílivovú energiu, solárnu fotovoltaickú, solárnu termálnu a veternú energiu (Groba et al., 2011).

Podľa odhadov Európskej komisie bol podiel energie z OZE v EÚ v roku 2005 na úrovni 8,5%. To znamená, že v priemere sa k tejto hodnote musí pridať ďalších 11,5% v záujme dosiahnutia stanoveného cieľa. Celková hranica (11,5%) sa však, podobne ako v prípade Kjótskeho protokolu, pre jednotlivé štáty upravila vzhľadom na ich ekonomické pozície. V číslach to predstavuje najmenší 6,2-percentný nárast oproti roku 2005 pre Rumunsko (celkovo 24% do roku 2020) a na opačnej strane stupnice najväčší 13,7-percentný nárast pre UK (celkovo 15% do roku 2020). Česká republika dostala za cieľ celkovo 13-percentný a Slovenská republika 14-percentný cieľ podielu OZE na zdrojoch energií do roku 2020 (Toke, 2008).

**Tabuľka 1: % ciele OZE pre jednotlivé krajiny EÚ**

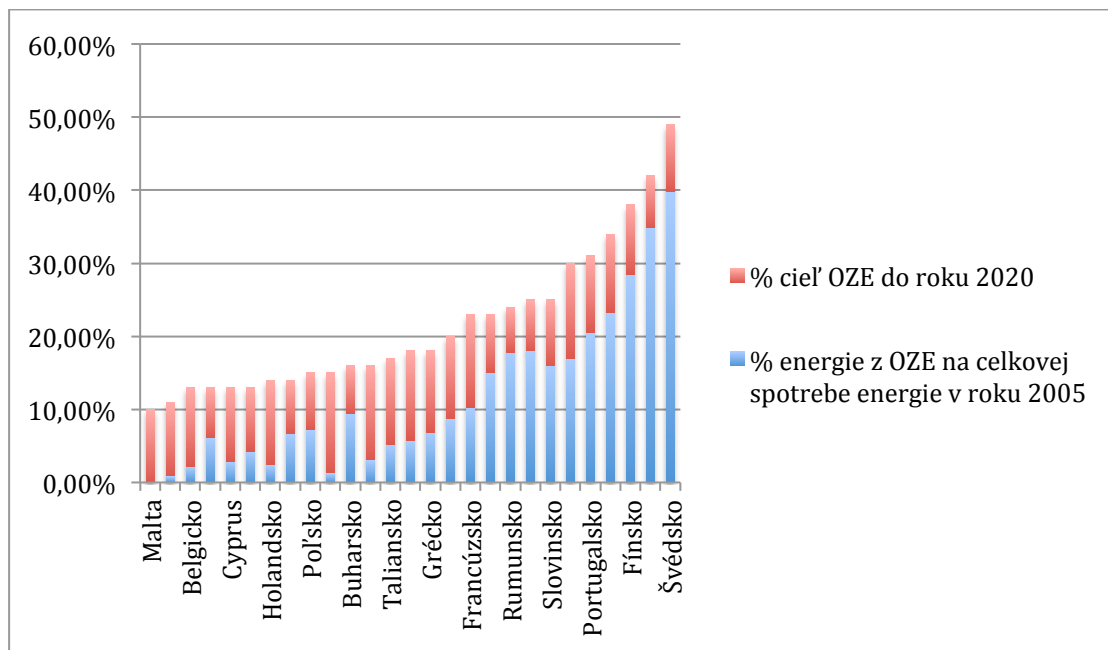
	Štát	% OZE 2005	% OZE cieľ 2020
1	Malta	0,0%	10%
2	Luxembursko	0,9%	11%
3	Belgicko	2,2%	13%
4	Česko	6,1%	13%
5	Cyprus	2,9%	13%
6	Maďarsko	4,3%	13%
7	Holandsko	2,4%	14%
8	Slovensko	6,7%	14%
9	Poľsko	7,2%	15%
10	UK	1,3%	15%
11	Bulharsko	9,4%	16%
12	Írsko	3,1%	16%
13	Taliansko	5,2%	17%
14	Nemecko	5,8%	18%
15	Grécko	6,9%	18%
16	Španielsko	8,7%	20%
17	Francúzsko	10,3%	23%
18	Lotyšsko	15,0%	23%
19	Rumunsko	17,8%	24%
20	Estónsko	18,0%	25%
21	Slovinsko	16,0%	25%
22	Dánsko	17,0%	30%
23	Portugalsko	20,5%	31%
24	Rakúsko	23,3%	34%
25	Fínsko	28,5%	38%
26	Litva	34,9%	42%
27	Švédsko	39,8%	49%

Zdroj: Commission of the European Communities (2008b)

Tabuľka 1 vyššie zobrazuje percentuálne ciele OZE pre jednotlivé členské štáty EÚ. Pri vzostupnom zoradení určených cieľov pre rok 2020 je vidieť, že celkovo najmenší (10-percentný) podiel OZE na celkových zdrojoch energií je vyžadovaný v Malte, kdežto najväčší (až 49-percentný) podiel OZE sa očakáva od Švédska, vzhľadom na už aj tak vysoký podiel OZE (39,8%) v základnom roku 2005.

Graficky zobrazuje rozdiely vo veľkosti chýbajúceho podielu percentuálneho cieľa energie z OZE v európskych krajinách graf 1 nižšie. Grafické zobrazenie demonštruje, že výška konečného percentuálneho podielu OZE na celkovej energii sa odvíja od už dosiahnutej hranice a najvyšší cieľ nemusí znamenať najväčšie nároky na danú krajinu.

**Graf 1: Chýbajúci percentuálny podiel OZE na celkovom ciele roku 2020**



Zdroj: Vlastné výpočty

Rôzne štáty EÚ preukazujú rôznu intenzitu a rýchlosť rozvoja OZE. Rozdiely súvisia predovšetkým s mierou uplatňovania opatrení na podporu zelenej energie, ale taktiež aj s charakteristikami, ktoré sú dané a nemenné (napr. geografická poloha či prírodné podmienky). Západnú Európu tak možno rozdeliť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria štáty so silnou podporou OZE (Nemecko, Rakúsko, Dánsko a Švédsko).

V druhej skupine sa nachádzajú štáty s omnoho menšou mierou podpory OZE (Veľká Británia, Taliansko, Francúzsko). V týchto krajinách je podpora väčšinou len v oblastiach s priaznivými prírodnými podmienkami. Stredná a východná Európa (a jej krajiny prechádzajúce transformáciou hospodárstva) prejavuje silný záujem o podporu OZE. Problém však spočíva nielen v nedostatku finančného a investičného kapitálu. V rebríčku priorít navyše stoja nad zelenou energiou naliehavjšie záležitosti, akými sú znižovanie emisií v spaľovniach uhlia či rast energetickej účinnosti (ÚRSO, 2014).

Ďalším dokumentom dopĺňajúcim spomínanú Smernicu o zvýšení využívania obnoviteľných zdrojov energií je Smernica o energetickej efektívnosti z roku 2012 (The Energy Efficiency Directive). Táto zavádza ďalšie záväzné opatrenia slúžiace k urýchleniu a podpore smerovania členských štátov k danému cieľu a snahe o efektívnejšie využívanie energií (od transformácie energií, cez distribúciu, až po konečnú spotrebu). Z nich napríklad opatrenia pre zefektívnenie výroby energií, zahrňujúce monitorovanie úrovni efektívnosti nových kapacít pre výrobu energií, využitie odpadového tepla či stimuláciu zdrojov na strane dopytu (European Commission, 2014c).

### 3.3. Schémy podpory elektrickej energie z OZE

Trh s energiou, ktorý bol predtým výrazne regulovaný, sa s vyššie spomenutými zmenami začal liberalizovať a princípy, ktoré boli predtým pevne stanovené, sa začali uvoľňovať, aby dovolili energii z OZE plne vstúpiť do zabehnutého systému dodávok elektrickej energie.

Výroba a spotreba energie dnes je ovplyvnená rozhodnutiami ohľadne vývoja zdrojov energií a získavania energie učenými v minulosti. Z toho je zrejmé, že budúca spotreba a výroba energie je ovplyvnená dnešnými a minulými rozhodnutiami. Očakávanie rastúcich cien energií teda ovplyvňuje dnešné rozhodnutia investovať do OZE (Kydes, 2007).

V rámci podpory zeleného smerovania EÚ a plnenia cieľov 20-20-20 a Kjótskeho protokolu zaviedli vlády v prostredí novovzniknutých tržných podmienok schémy cenových regulácií zvyhodňujúce energiu z OZE. Dôvodom podpory je fakt, že zdroje energie z OZE nie sú ešte tak vyspelé, aby mohli súťažiť na poli nákladov s konvenčnými zdrojmi elektrickej energie.

Práca sa bude venovať dvom hlavným schémam podpory:

- Prvou z nich je tzv. Feed-in tariff (ďalej len FIT).
- Druhou je systém kvót, nazývaný aj Renewable Portfolio Standard (ďalej len RPS) zahrňujúci tzv. obchodovateľné zelené certifikáty (angl. Tradable Green Certificates – TGC).

Hoci je každá z menovaných schém založená na odlišnom princípe, mnoho autorov odborných článkov a prác sa zhoduje na tom, že sú svojím spôsobom obe nevhodné, keďže vedú k menším či väčším deformáciám zdravej súťaže na trhu s energiou. Taktiež je veľmi ťažké upustiť od nich po tom, čo si na ne účastníci trhu zvykli a zladili svoje pôsobenie na trhu s ich existenciou (Espey, 2001).

Princípom FIT systému je stanovenie fixnej hladiny podpory na jednotku elektrickej energie, garantovanú pre výrobcu na dlhšie časové obdobie, väčšinou 15-20 rokov (Toke, 2008). Alternatívne môže byť podpora vyplácaná aj formou akejsi prémie k trhovej cene elektrickej energie (Klein et al., 2008). V tomto prípade sa schéma nazýva Feed-in premium (FIP) a funguje na nasledovnom systéme. Výrobca predá energiu z OZE za tržnú cenu. K tejto cene sa potom ešte pridá prémie, ktorá je garantovaná na niekoľko rokov. Tieto dva pojmy (FIT a FIP) sa niekedy označujú súhrnným názvom FIT, čo môže viesť k zmätočným vysvetleniam v rozličných textoch (Muñoz et al., 2007).

Na druhej strane, schéma RPS stanoví kvótu pre množstvo energie z OZE pre daný rok. Výrobca elektrickej energie obdrží za jej výrobu zelené certifikáty a dodávatelia elektriny potom musia dodať do siete stanovenú kvótu energie z OZE. Toto

množstvo doložia potrebným množstvom zelených certifikátov (TGC), ktoré si môžu zakúpiť od jej výrobcov (Toke, 2008). Týmto vzniká akýsi sekundárny trh pre obchodovanie so zelenými certifikátmi.

V praxi to znamená, že kým v systéme TGC je určený objem energie z OZE a cena certifikátov je stanovená trhom, FIT systém stanoví efektívnu cenu, ale množstvo takto vyrobenej energie nijako neobmedzí (Fouquet a Johansson, 2008).

Správa konzultantskej spoločnosti Ecofys z roku 2013 od Held et al. (2013), ktorá dopĺňa dokument Európskej komisie o schémach podpory (SWD(2013) 439), rozdeľuje jednotlivé schémy na základe nasledujúcich kritérií:

1) Podpora dodávanej finálnej energie alebo inštalovaného výkonu

- Podpora na základe výroby (angl. generation-based) podnecuje čo najlepšie využitie OZE, no zároveň môže napomáhať previsu ponuky nad dopytom. Previs s potencionálne zápornými cenami je výsledkom stimulácie dodávok energie, ktorá nemá záložný charakter a teda nemôže byť uskladňovaná v obdobiach nízkeho dopytu.
- Podpora na základe inštalovaného výkonu môže vyriešiť vyššie spomenutý problém, no v tomto prípade hrozia naopak prebytočné množstvá inštalovanej kapacity.

2) Podpora riadená cenou vs Podpora riadená objemom

- Podpora riadená cenou: vláda stanoví cenu a zodpovedajúci objem sa vyvinie na základe príslušnej krivky možných nákladov v danej krajine.
- Podpora riadená objemom: vláda stanoví objem a cena sa vyvinie na základe technologických nákladov a existujúcich zdrojov v danej krajine.

3) Finančná podpora predstavuje celkové krytie vs čiastočné

- Celkové krytie: Prevádzkovateľ elektrárne čelí menšiemu tržnému riziku než v prípade čiastočného krytia, ale kompatibilita možnosti celkového krytia s princípmi trhu je o to menšia.



- Čiastočné krytie: Tržná cena energie predstavuje zostávajúcu časť krytia. Kompatibilita čiastočného krytia s princípmi trhu je v tomto prípade väčšia, výmenou za vyššie tržné riziko, ktorému prevádzkovateľ elektrárne čelí.

Prehľadné zaradenie FIT a RPS do jednotlivých kategórií zobrazuje *tabuľka 2*.

**Tabuľka 2: Rozdelenie schém podpory OZE**

Schéma podpory	FIT	RPS (s TGC)
Na základe výroby	✓	✓
Na základe inštalovaného výkonu		
Riadená cenou	✓	
Riadená objemom		✓
Celkové krytie	✓	
Čiastočné krytie		✓

*Zdroj:* Held et al. (2013)

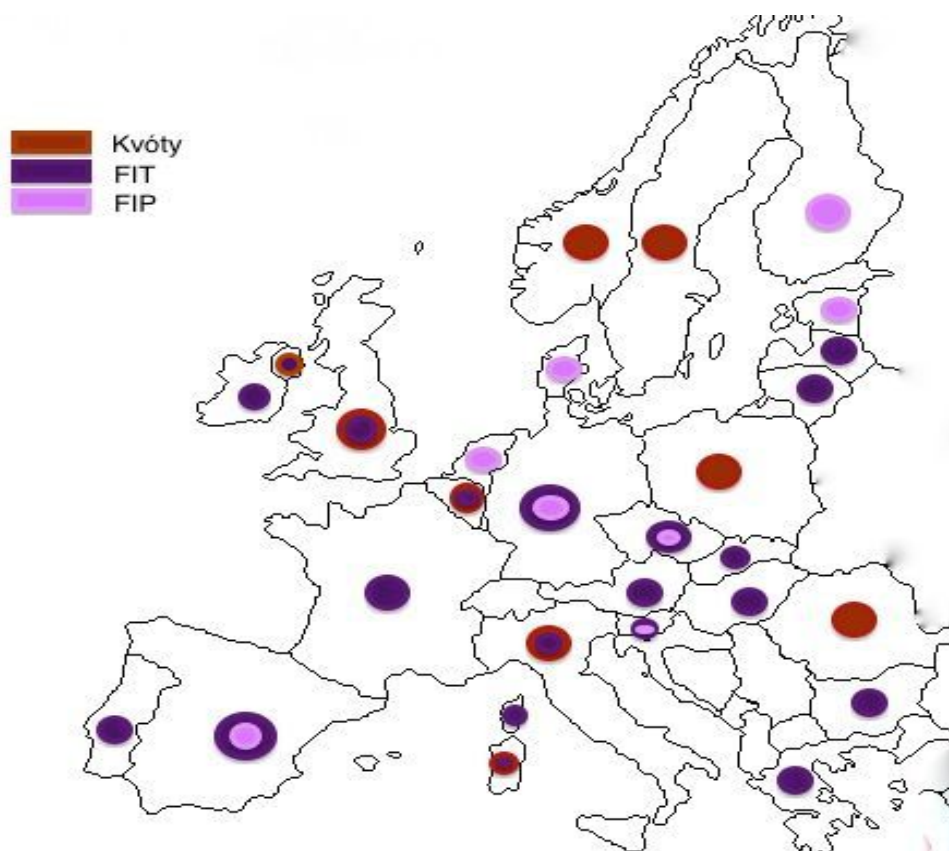
FIP sa od FIT líši vlastne len v charakteristike krytia. Namiesto celkového ponúka iba čiastočné krytie.

## 4. FIT vs RPS

Odkedy sa EÚ začala zaoberať otázkou ochrany životného prostredia a podpory energie z OZE, na akademickej a tiež praktickej úrovni prebieha nekončiaca debata o tom, ktorá z vyššie spomenutých schém podpory OZE je viac efektívna.

Obe schémy majú svoje klady i zápory, no väčšina autorov sa zhoduje na tom, že FIT je efektívnejšia cesta podpory než RPS a trh so zelenými certifikátmi s tým spojený. Potvrdila to aj správa Európskej komisie z roku 2008. Závety vyhlásenia tvrdia, že správne adaptovaná FIT je najefektívnejšia a najúčinnnejšia schéma podpory OZE (Commission of the European Communities, 2008a).

### **Obrázok 1: Rôzne schémy podpory OZE v EÚ**



Zdroj: Vlastné na základe Lovinfosse (2013)

Na *obrázku 1* je jasne vidieť, že FIT a FIP dominujú na mape EÚ. Vo väčšine európskych krajín prevažuje podpora prostredníctvom FIT (či už formou fixnej ceny alebo prémie nad tržnú cenu).

**Tabuľka 3: Schémy podpory OZE v EÚ**

	FIT	RPS
Luxembursko	✓	
Belgicko	✓	✓
Česko	✓	
Cyprus	✓	
Maďarsko	✓	
Holandsko	✓	
Slovensko	✓	
Poľsko		✓
UK	✓	✓
Bulharsko	✓	
Írsko	✓	
Taliansko	✓	✓
Nemecko	✓	
Grécko	✓	
Španielsko	✓	
Francúzsko	✓	
Lotyšsko	✓	
Rumunsko		✓
Estónsko	✓	
Slovinsko	✓	
Dánsko	✓	
Portugalsko	✓	
Rakúsko	✓	

	FIT	RPS
Fínsko	✓	
Litva	✓	
Švédsko		✓

Zdroj: Vlastné závery na základe obrázku

Rôzne politiky v oblasti OZE sumarizuje aj *tabuľka 3*, kde je FIT súhrnným pojmom pre FIT a FIP. Niektoré štáty používajú kombináciu oboch schém. Dôvody môžu byť rôzne, napr. UK a Taliansko zaviedli FIT pre nákladné fotovoltaické technológie, i keď systém kvót tvorí ich základný piliér podpory OZE (Held et al., 2013).

#### 4.1. Výhody a nevýhody FIT a RPS

Napriek tomu, že sa spôsoby podpory OZE v jednotlivých krajinách líšia, všetky majú jeden spoločný znak a tým je umelé vytváranie dopytu energie z OZE. Umelo vytvorený dopyt vzniká vytváraním podnetov k investíciám do OZE, tvorbou obmedzení pre dodávateľov elektriny a obmedzovaní konečnej spotreby. Schémy podpory teda vytvárajú dopyt, ktorý by inak neexistoval alebo nie v takom množstve pri daných podmienkach (Lesser a Su, 2008).

Vlády podporujú zelenú energiu a nedostatok prirodzeného záujmu na strane výrobcov a konzumentov nahrádzajú príspevkami, dotáciami, garanciami a zákonnými povinnosťami. Chýbajúcu ekologickú zodpovednosť tak kompenzujú finančnou motiváciou. Prvotný dobrý úmysel má preto množstvo nepriaznivých následkov. Za hlavný by sa dala považovať deformácia konkurencie na trhu s elektrickou energiou ako výsledok zvýhodňovania výrobcov OZE pred tými tradičnými.

Zvolené systémy ovplyvňujú, okrem iného, aj ceny energie (Kydes, 2007). Koncové ceny elektrickej energie však nerastú len z dôvodu finančnej podpory zelenej elektriny. Zvyšujúce sa náklady súvisia aj s bezpečnosťou prevádzky sústav, keďže rastúci podiel OZE v sústavách kladie na bezpečnosť čím ďalej

tým vyššie nároky (ÚRSO, 2014).

V rámci systému kvót (TGC) je elektrická energia normálne obchodovaná na trhu a podlieha tržným podmienkam a cenám. To znamená, že vyplácaná podpora sa pohybuje v hornej hranici cien elektrickej energie. Zároveň, keďže je energia predávaná na trhu, výrobcovia OZE súťažia na tradičnom trhu energií s ostatnými výrobcami a teda majú vplyv na cenu elektriny.

Na druhej strane, v systéme FIT sa energia z OZE nepredáva priamo na trhu. Elektrina je vyplácaná prostredníctvom kúpneho záväzku kladeného na prevádzkovateľa systému. Táto energia je potom zdieľaná medzi zákazníkov a platená ako poplatok zahrnutý v platbe za elektrinu. Dodatočná ponuka energie vytvorená systémom FIT tak nepriamo tiež vplýva na cenu elektriny (Frass-Ehrfeld, 2009).

Ceny energií sú spolu s celkovou aktivitou na trhu s energiami dôležité hlavne z dôvodu dopadu na celkovú úroveň ekonomickej aktivity a makroekonomických premenných, napr. HDP (Kydes, 2007).

Nasledujúca časť práce podrobnejšie rozoberá výhody a nevýhody FIT a RPS jednotlivo.

## 4.2. FIT

Ako už bolo spomenuté, FIT tarif je aj napriek množstvu nevýhod považovaný za najefektívnejšiu politiku podpory OZE. V Nemecku, Španielsku a Dánsku sa prejavil ako veľmi úspešný pri rozvoji OZE, hlavne veternej energie (Frass-Ehrfeld, 2009). Možnosť podpory špecifikovanej osobitne pre rôzne zdroje energie sa ukazuje ako jedna z hlavných výhod FIT systému.

FIT sa na základe Poputoaia a Fripp (2008) skladá z:

- Povinnosti pre prevádzkovateľa siete odkúpiť všetku energiu z OZE, ktorá je napojená na jeho sieť.
- Výkupnej ceny (FIT), ktorá zaručí výrobcovi energie z OZE prednastavenú cenu za kWh, vyššiu než je tržná cena a garantovanú na určité obdobie.

Dodatočné vzniknuté náklady sú prenesené na konečných spotrebiteľov elektriny ako prirážka k cene za jednotku energie (Swider et al, 2008). Spotrebiteľ musí túto dodatočnú cenu jednoducho zaplatiť. Liberalizácia však prináša pre spotrebiteľov možnosť výberu dodávateľa elektriny s najnižšou cenou. To znamená, že si vyberú dodávateľa s najnižšou cenou a teda najnižším podielom energie z OZE (Groscurth et al., 2000 podľa Ringel, 2006). V prípade FIT sú ale náklady na spotrebiteľov nižšie v porovnaní s ostatnými schémami podpory (ÚRSO, 2014).

FIT predstavujú dlhodobú finančnú stabilitu pre investorov v oblastiach OZE, kde dané technológie ešte nie sú tak nákladovo efektívne, aby vedeli pri tržných cenách elektriny súťažiť s vyspelými technológiami fosílnych palív (Lesser a Su, 2008). FIT systém bude pravdepodobne voľbou pre tých, ktorí uprednostňujú súťaživý trh v zmysle OZE investícií. RPS naopak zvyhodňuje firmy s veľkým vplyvom na trhu (Fouquet a Johansson, 2008).

Narozdiel od napr. TGC, účastníci FIT schémy nie sú obmedzovaní neistotou z budúcich výnosov. Pokiaľ totiž nebude splnený cieľ EÚ, ceny energie z OZE sa nebudú zvyšovať, pretože FIT nekolíše vzhľadom na ponuku dodávok obnoviteľnej energie. Stabilita FIT ale samozrejme neplatí v prípade, že sa vláda rozhodne príslušný tarif zmeniť (Toke, 2008).

Podľa Fouquet a Johansson (2008) je správne nastavený FIT systém efektívnym nástrojom politiky, hlavne čo sa týka tvorby výhod siahajúcich nad rámec strohého umiestňovania OZE. To vedie k rýchlejšiemu smerovaniu k rovnosti podmienok pre prístup hráčov na trh a rozvoju priemyslu. Závery potvrdzujú aj Couture a Gagnon (2010) a poukazujú na to, že vzhľadom na skúsenosti z celého

sveta je FIT najefektívnejšou politikou v zmysle podpory rýchleho a udržateľného nasadenia OZE.

FIT však vyžadujú dávku odhadu a zdravého úsudku politikov, čo môže byť v tomto prípade kameňom úrazu. Zákonodarcovia musia určiť hodnotu príspevkov a platieb pre jednotlivé technológie, výplatné štruktúry (fixné, klesajúce atď.) a taktiež dobu trvania týchto platieb. Konečné hodnoty sa tak odvíjajú od odhadov budúcich tržných podmienok a stupňa technologického pokroku. Nastavené a zabehnuté pravidlá sa navyše menia len ťažko (Lesser a Su, 2008).

Následky FIT schém s príliš vysokými cenami alebo príliš dlhým obdobím trvania vyústia k zbytočným dotáciám OZE a v konečnom dôsledku prinesú spoločnosti zníženie úrovne blahobytu. Takéto dotácie odmeňujú neefektívnych prevádzkovateľov OZE a ničia trh s elektrickou energiou. Ako to vo väčšine prípadov býva, na neefektívnu štruktúru a vyplácanie FIT doplatí zákazník, pretože zbytočne vysoká cena elektrickej energie sa dá považovať za daň, ktorá rastie s rastúcim podielom OZE (Lesser a Su, 2008).

Riziká FIT schémy spočívajú podľa ÚRSO (2014) aj v nasledovných nedostatkoch:

- rast cien elektrickej energie
- rekonštruovaným zariadeniam pripadá neprimeraná podpora
- ovplyvnená bezpečnosť a stabilita elektrizačnej sústavy.

Za závažný problém sa dá ďalej považovať jej zlá prispôsobivosť zmenám vo výrobných nákladoch OZE. Ako už bolo vyššie spomínané, meniť výšku podpory (či už smerom hore alebo dole) nie je jednoduché. Hlavnou výhodou FIT systému je naopak jeho administratívna jednoduchosť a podnecovanie lepšieho plánovania (Frass-Ehrfeld, 2009).

FIT sú preferovaným systémom pre podporu rozvinutých OZE technológií (napr. veternej). Úspešnosť však podmieňuje správne nastavený systém s postupne sa znižujúcimi platbami (Haas et al., 2004). Prvotná zvýšená podpora by mala totiž

klesať so stúpajúcim stupňom rozvoja danej technológie a rastúcou konkurencieschopnosťou technológie na poli konvenčných zdrojov energie.

V ideálnom prípade by nemala mať efektívna FIT schéma krížiace sa záujmy s ostatnými systémami, akými sú RPS či TGC (Lesser a Su, 2008).

Napriek všetkým spomenutým výhodám a prácam vyzdvihujúcim FIT, cieľom Európskej komisie a EÚ ako takej, je postupné úplné upustenie od FIT. Preto bude od januára 2017 pomoc štátu v oblasti OZE inštalácií udeľovaná len na základe verejnej súťaže. Nové smernice Európskej komisie týkajúce sa tohto opatrenia boli prijaté 9.4.2014 (International Trade Administration, 2014).

Jedným z argumentov je, že FIT sa síce ukázali ako efektívne v národnom meradle, ale nastaviť tarif platiaci pre celú EÚ je veľmi ťažké. Hrozí totiž, že platby budú príliš vysoké, čo vytvára nadmerné zisky (Munoz et al., 2007).

### 4.3. RPS (TGC)

RPS systém funguje na odlišnom princípe ako FIT. Jacobsson et al. (2009) definovali jeho činnosť nasledovne:

- 1) Výrobcovia energie z OZE obdržia zelené certifikáty (TGC) v množstve odpovedajúcom vyrobenej zelenej energii dodanej do siete.
- 2) Existujú tržné strany (dodávatelia energie, spotrebitelia alebo výrobcovia), ktoré sú na určitý čas povinné kupovať určité množstvo certifikátov (odvíjajúc sa jednotlivito od predaja elektriny, spotreby alebo produkcie).

Cena certifikátov je v systéme TGC veľmi neistá a plynutím času sa môže meniť. Ak sa vyprodukuje viac certifikátov ako vyžaduje cieľ pre percentuálny podiel energie z OZE pre daný rok, cena klesne blízko nuly. Investície do OZE budú potom závisieť len na príjmoch z predaja elektriny (Fouquet a Johansson, 2008).



Podľa Ringel (2006) sa ale systém zelených certifikátov (TGC) plne zlučuje s cieľom ekologickej efektivity nielen objemovo, ale aj časovo. Výhodou pre zákonodarcov je tiež fakt, že systém kvót neručí len za dodržanie cieľa percentuálneho podielu OZE, ale taktiež zaručuje, že tento cieľ bude splnený. Vzápätí však poukazuje na empirický výskum za obdobie 1990-2002 a zdôrazňuje, že prudký rozvoj a rast veternej energie v EÚ môže byť jednoznačne prisúdený len krajinám používajúcim FIT systém (napr. Nemecko a Španielsko).

Jeden z podobných výskumov vykonali aj Groba et al. (2011). Na panelových dátach z obdobia 1992-2008 skúmali efektivitu FIT schémy pre fotovoltaiickú a veternú (pevninovú) energiu. Dáta obsahovali pozorovania z 26 krajín EÚ. Autori práce vyvinuli indikátor pre silu FIT zachytávajúci variabilitu vo výške tarifu, mieru odchýlky, trvanie zmluvy, cenu elektrickej energie a náklady na výrobu elektriny pre následný odhad návratnosti investície. Potom bola vykonaná regresia popísaného indikátora na pridanú OZE kapacitu za pomoci metódy fixných efektov. Výsledky hovoria, že FIT sú príčinou rozvoja solárnej a pevninovej veternej energie v EÚ. Je však nutné dodať, že skúmaný model neobsahuje kontrolné premenné zachytávajúce krajinné odlišnosti a charakteristiky daných štátov. Zistený efekt FIT schémy môže byť z tohoto dôvodu nadhodnotený.

V prospech FIT systému hovoria konkrétne príklady z praxe. Miner (2013) porovnával výrobu veternej energie a tvorbu pracovných miest s tým súvisiacich. Jeho analýza preukázala, že v Nemecku a Španielsku (krajiny s FIT systémom) bola v roku 2006 produkcia veternej energie neporovnateľne vyššia ako v UK a Taliansku (krajiny s RPS ako hlavným systémom podpory OZE). Tvorba s tým súvisiacich pracovných miest bola v roku 2007 v Nemecku a Španielsku taktiež omnoho vyššia a k tvorbe danej energie boli vynaložené menšie náklady než v štátoch so zavedeným RPS systémom.

Cieľom európskej komisie je aj napriek tomu akýsi paneurópsky systém obchodovania s TGC a teda harmonizovaný systém podpory zelenej energie v rámci

EÚ, kde by mohli byť certifikáty obchodované medzi jednotlivými členskými štátmi únie.

Jacobsson et al. (2009) tvrdia, že paneurópsky systém zelených certifikátov (TGC) nie je najlepšia cesta podpory OZE v EÚ. Navrhujú, že EÚ by sa skôr mala zamerať na rozvoj kapitálových statkov, ktoré môžu dopomôcť k vývoju širokej škály technológií využívajúcich OZE. Tento vývoj by mal byť základom industriálnej revolúcie v efektívnom a dynamickom energetickom systéme. Tvrdia, že paneurópsky systém ohrozuje nielen konkurencieschopnosť EÚ na poli OZE, ale taktiež jej celkové klimaticko-ekologické ciele, ktoré si stanovila. Jedným z dôvodov je nákladová a technologická rôznorodosť v rámci EÚ.

Argumenty Jacobsson et al. (2009) pramenia zo skúseností s TGC systémom vo Švédsku, UK a Flámsku. Zo skúmaní v daných krajinách vyplývajú nasledovné závery o TGC:

- TGC zvyhodňujú úradujúce firmy (veľké verejno-prospešné podniky).
- Väčšina investícií sa týka vyspelých technológií a pre rozvoj menej vyspelých technológií nie je domáci dopyt. Tento fakt brzdí inovatívnosť. Existujúce OZE však nie sú dostačujúce pre plnenie cieľov EÚ.
- TGC podnecujú vysoké nadmerné zisky pripadajúce prevažne úradujúcim aktérom trhu a vyspelým technológiám OZE. V paneurópskom meradle môžu byť tieto znevýhodnenia ešte väčšie. Nadmerné zisky ničia oprávnenosť OZE a konkurencieschopnosť EÚ.

Haas et al. (2004) však prízvukujú, že nie všetky OZE sú v rovnakom štádiu rozvinutosti (napr. rozvinutá veterná energia vs. energia z morských vĺn). Nadmerné zisky môžu byť preto v ranných fázach uvedenia na trh prospešné a žiadúce, keďže môžu byť použité na investície do R&D. Dôležité je však, aby sa nadmerné zisky vytrácali zároveň s tým, ako preniká daná OZE technológia na masový trh. Fouquet a Johansson (2008) vidia nadmerné zisky ako následok deformácie trhu s elektrickou energiou spôsobenej priamymi a nepriamymi štátnymi dotáciami. Tieto

zisky sa týkajú najmä podnikov vlastniacich veľké amortizované elektrárne na jadrové palivo a hnedé uhlie. Príkladmi sú Nemecko a Francúzsko. UK má so systémom kvót najdlhšiu skúsenosť. Zaviedli ho už v roku 1998.

Kydes (2007) skúmal vplyv zavedenia 20 percentného RPS systému vzťahujúceho sa na energiu z ne-hydro zdrojov na americký energetický trh do roku 2020. Zistil, že prenikanie OZE technológií podporovaných politikou RPS znižuje objemy stavieb efektívnejších technológií (napr. kombinovaných parocyklov), ktoré by boli inak v daných prípadoch postavené. Tým vlastne znižujú celkovú efektivitu elektrární na fosílné palivá.

TGC živia súťaž na trhu tým, že zvyhodňujú menej nákladné OZE a efektívnejších výrobcov. Z hľadiska neistoty dnešných a budúcich cien TGC však hrozí neochota investorov k novým investíciám ako následok zvýšeného rizika. Ostrý rast cien môže navyše zvýšiť risk, ktorému čelia elektrárne a spotrebitelia, minimálne čo sa týka krátkodobého horizontu. V krátkom období totiž nemusí inštalovaná kapacita OZE zodpovedať dopytu nastavenému vládou. Ďalším problémom TGC je, že vplývajú na súťaž medzi rôznymi OZE v rôznych fázach vývoja (Lesser a Su, 2008).

Fouquet a Johansson (2008) zhrnuli nedostatky systému kvót do niekoľkých bodov:

- 1) Kvóty obmedzujú veľkosť trhu tým, že obmedzujú počet položiek s povolením pre vstup na trh
- 2) Kvóty obmedzujú rozmanitosť a inovácie

S TGC systémom sa väčšinou využíva len veterná energia a trh má tendenciu vybrať si najprv najmenej nákladnú technológiu so zámerom ponechať ostatné na neskôr. Investície do aktuálne neatraktívnych OZE technológie tak akoby zamrzali. S FIT systémom sú naopak zahrnuté všetky technológie (za predpokladu, že vyplácané ceny sú efektívne). Inovácie sa tak týkajú všetkých technológií.

- 3) Systemy kvót s dlhodobými kúpnymi zmluvami nie sú konkurencieschopné  
Dôvodom je, že dlhodobé zmluvy zaisťujú väčšiu istotu pre výrobcu energie, ktorý vyhrá súťaž na výrobu danej kvóty OZE.
- 4) Kvóty vzdávajú OZE od trhu s energiou a zamedzujú flexibilitu a prístup nezávislých výrobcov

#### 4.4. Súhrn

Prehľadný súhrn všetkých spomínaných výhod i nevýhod FIT schémy podpory s nastavenými tarifami ponúka *tabuľka 4*. Preferovanie rozvinutých technológií by sme mohli považovať za klad i zápor zároveň. Na jednej strane, podpora OZE existuje hlavne za účelom pomoci rozvoja technológií (nadmerné zisky by mali byť použité do R&D). Na druhej strane však už dokážu rozvinuté technológie pracovať efektívnejšie, čím prinášajú spoločnosti väčší úžitok. Tým ale zaniká význam podpory a dotácií ako takých, a preto je v súhrnnej tabuľke uvedený tento bod na strane nedostatkov.

**Tabuľka 4: Výhody a nevýhody FIT**

Výhody FIT	Nevýhody FIT
<b>Možnosť špecifickej podpory</b>	Zvýšená cena elektriny
<b>Finančná stabilita pre investorov</b>	Závislosť na odhadoch vlád
<b>Neexistujúce obmedzenia v súvislosti s vyrobenou kvantitou energie z OZE</b>	Zlá prispôsobivosť zmenám v nákladoch (zabehnutý tarif je ťažké meniť)
<b>Podnecovanie lepšieho plánovania</b>	Rekonštruovaným zariadeniam pripadá neprimeraná podpora
<b>Úspechy v rozvoji solárnej a veternej energie</b>	Ovplyvnená bezpečnosť a stabilita elektrizačnej sústavy
<b>Administratívna jednoduchosť</b>	Možnosť nadmerných ziskov
<b>Nižšie dodatočné náklady vzhľadom na iné podporné schémy</b>	Efektívne len v národnom meradle
<b>Vyššia tvorba pracovných miest</b>	Preferované pre rozvinuté technológie
<b>Súťaživý trh</b>	

*Zdroj:* Vlastné

Zvýhodňovanie rozvinutých technológií je problémom nielen u FIT ale taktiež aj pri RPS schéme. Súhrn výhod, ale aj kritiky RPS schémy je zobrazený v *tabuľke 5*

nižšie. Z danej tabuľky je jasne vidieť, že zoznam nevýhod a nedostatkov RPS schémy je oveľa dlhší, než počet jeho kladov. Napriek tomu sa EÚ rozhodla k postupnému úplnému prechodu k spôsobu podpory OZE za pomoci kvót a to najmä vďaka tomu, že RPS zaručuje takmer sto percentnú istotu splnenia určeného cieľa percentuálneho podielu vyrobenej energie z OZE. Tento argument vo svojej dôležitosti prevyšuje z pohľadu EÚ všetky nedostatky, keďže dopomáha k spoľahlivejšiemu splneniu záväzkov.

**Tabuľka 5: Výhody a nevýhody RPS**

Výhody RPS	Nevýhody RPS
<b>Garancia splnenia cieľa (% OZE v sieti)</b>	Neistá cena certifikátov
<b>Podpora súťaže na trhu</b>	Zvýšená cena elektriny
<b>Zvýhodňovanie menej nákladných technológií a efektívnejších výrobcov</b>	Vyššie riziko pre investorov v krátkom období
<b>Princíp riadenia tržnými silami</b>	Obmedzovanie veľkosti trhu
	Zvýhodňovanie veľkých úradujúcich firiem
	Zvýhodňovanie rozvinutých technológií
	Nadmerné zisky
	Znižovanie objemu stavieb efektívnych technológií
	Obmedzenie inovácií a flexibility
	Chýbajúca konkurencieschopnosť dlhodobých zmlúv

Zdroj: Vlastné

#### 4.5. FIT alebo RPS (TGC)?

FIT schéma vyžaduje štátne dotácie, kým TGC schému založenú na systéme kvót riadia tržné sily. V oboch prípadoch je to však verejnosť, ktorá v konečnom dôsledku platí. Či už je systém riadený cenou (FIT) alebo objemom (TGC), obe sú platené z vreciek konečných spotrebiteľov (Haas et al., 2004).

Neexistuje univerzálny systém podpory OZE. Ideálny systém sa skladá z kombinácie rôznych prístupov ušitých na mieru v danej krajine. Systémy podpory by sa mali vyvíjať spolu s technológiami. Správne nastavenie a monitorovanie systému je mnohokrát dôležitejšie než konkrétna voľba podpory (Haas et al., 2004). S daným

názorom súhlasia aj Groba et al. (2011). Tvrdia, že vzájomné pôsobenie a súhra vykonávanej politiky a tržnej dynamiky je dôležitejšou podmienkou rozvoja OZE než presný právny predpis, ktorý podporu zelenej energie ustanovuje.

Rozhodovanie sa medzi FIT a RPS schémou je zložitým procesom s nejasným výsledkom. Rôznorodosť európskych krajín spôsobuje, že rovnaký typ podpory môže mať v jednotlivých štátoch rozličný efekt. Žiadna zo schém však sama o sebe nie je dostatočnou. Pre vytvorenie udržateľného trhu s OZE je potreba inovatívnych regulácií, inštitucionálne zmeny, tréning a vzdelávanie v danej oblasti (Haas et al., 2004).

FIT nemá hornú hranicu pre vyrobenú energiu z OZE, no dotovaná výkupná cena elektriny znevýhodňuje ostatných aktérov na trhu. RPS na druhej stanovuje presný podiel požadovanej energie z OZE, čím brzdí inovácie a rozvoj nových technológií. RPS systém má však bližšie k fungovaniu riadenému tržnými silami. FIT sa síce ukázala ako účinná politika, čo môžeme pozorovať na množstve konkrétnych prípadov spomínaných v predošlých podkapitolách, no od roku 2017 by sa od tohto typu stimulácie OZE malo upustiť. Či je toto rozhodnutie EÚ správne alebo nie, ukáže až čas a výsledky.

Napriek tomu, že obe z opisovaných schém svojím spôsobom ovplyvňujú trh s energiou, v počiatočných fázach vývoja OZE je podpora zo strany štátu žiadúca, na čom sa zhodne väčšina kritikov i zástancov oboch prístupov. Dôležité je, aby sa miera podpory postupom času znižovala s tým, ako sa daná technológia rozvíja. Tým sa zaručí zachovanie prvotného zámeru dotácií, a to podporovať OZE pokiaľ nebudú schopné konkurovať konvenčným zdrojom energií. Ich rozvoj je totiž v záujme celej spoločnosti.

Podpora OZE závisí ďalej nielen na rozhodnutí vlád jednotlivých štátov, ale aj ochote obyvateľstva platiť vyššiu cenu za zelenú energiu, a teda ich ekologická uvedomelosť. Rozhodujúca je pritom aj finančná pozícia domácností a štátu. V dôsledku toho je rozvoj OZE hmatateľný najmä vo vyspelých štátoch s rozvinutými systémami podpory. Keďže stimulácia OZE zvyšuje ceny elektrickej

energie, ovplyvňuje nielen domácnosti, ale aj konkurencieschopnosť priemyselných prevádzok vzhľadom k nečlenským štátom EÚ (ÚRSO, 2014).

Mnoho zelených technológií je len v počiatkoch svojho vývoja a veľké množstvo ďalších stále čaká na svoj prelom. Na trh sa dostávajú stále nové technológie a spôsoby výroby energie. Za jednu z najčerstvejších novinek by sa dali považovať depolymerizácia a splyňovanie, ktoré by mali v najbližšej dobe nahradiť bioplynové stanice. Problémom bioplynových staníc totiž je, že plodiny vchádzajúce do procesu sa väčšinou špeciálne pestujú pre tento účel. Zaberanie poľnohospodárskej pôdy kvôli produktu do bioplynovej stanice je z ekologického hľadiska prinajmenšom diskutabilné.

Pri depolymerizácii sa premieňa plastový odpad na syntetický olej, pričom do procesu môžu vstupovať aj plasty, ktoré sa doteraz považovali za nespracovateľné (napr. znečistený odpad či mikroténové sáčky). Prvý závod svojho druhu v Európe vznikol na Slovensku v obci Zúgov a v súčasnej dobe beží v skúšobnej prevádzke. Pri splyňovaní sa naopak dokáže premeniť na plyn takmer akýkoľvek biologický odpad či masa (piliny, komunálny biologický odpad, slama, brikety, kôra, štiepka).

Pri nových technológiách, podobných vyššie spomínaným, je štátna podpora žiaduca, pretože konvenčné zisky z výroby zelenej energie nedokážu pokryť počiatočné náklady pri pilotných projektoch. Spracovanie odpadu však prináša klady celej spoločnosti a rieši stále narastajúci problém s odpadom.

Stavba nových elektrární ale nie je jedinou cestou ako sa priblížiť k cieľom stratégie Európa 2020. Zvýšenie podielu produkcie elektriny z OZE je totiž len jedným z bodov programu. Ďalšie dva hovoria o znížení emisií skleníkových plynov a zvýšení energetickej efektivity EÚ. V nasledujúcich kapitolách sa pozrieme na ďalší z možných spôsobov ako dané ciele splniť a pokúsime sa zodpovedať otázku, či môžu ekológia a ekonómia kráčať ruka v ruke aj bez štátnej podpory.

## 5. Ekonometrická analýza

V predchádzajúcej kapitole sme porovnávali rôzne schémy podpory zelených energií na pôde EÚ. V otázke zeleného smerovania spoločnosti súperia zákonodarcovia s dvomi na prvý pohľad protichodnými cieľmi. Na jednej strane je to zvyšovanie ekonomického rastu danej krajiny a na druhej tlak k ekologickej rovnováhe a znižovaniu znečistenia. Ekonomický rast je totiž väčšinou spájaný s vyššou priemyselnou produkciou a konzumom, teda s faktormi odporujúcimi klesajúcemu znečisteniu.

V nasledujúcej kapitole sa pozrieme bližšie na vzťah ekonomického rastu a ekológie. Teória tzv. Kuznetsovej environmentálnej krivky nám ozrejní, že rastúci ekonomický rast nemusí vždy znamenať zhoršujúce sa životné prostredie. Táto hypotéza bude overená vlastnou analýzou v podobe ekonometrického modelu.

### 5.1. Environmentálna Kuznetsova krivka

Environmentálna Kuznetsova krivka (EKC) vyjadruje vzťah medzi úrovňou životného prostredia a ekonomickým rastom.

Objavenie existencie environmentálnej Kuznetsovej krivky v roku 1991 bolo prelomovou udalosťou v rámci vnímania vzťahu ekológie a ekonomiky. Pred rokom 1991 odborníci verili, že bohatšie ekonomiky sú príčinou rastúceho znečistenia, keďže čerpajú rýchlejšie obmedzené prírodné zdroje. Chudobnejšie krajiny sa naopak považovali za menej ekologicky škodiace. Za týchto predpokladov bolo jediným riešením ako zlepšiť zhoršujúce sa životné prostredie obmedzenie industrializácie a ekonomického rastu rozvinutých krajín. Povolani volali po znížení nárokov na neustále napredovanie rozvoja (Yandle et al., 2002).

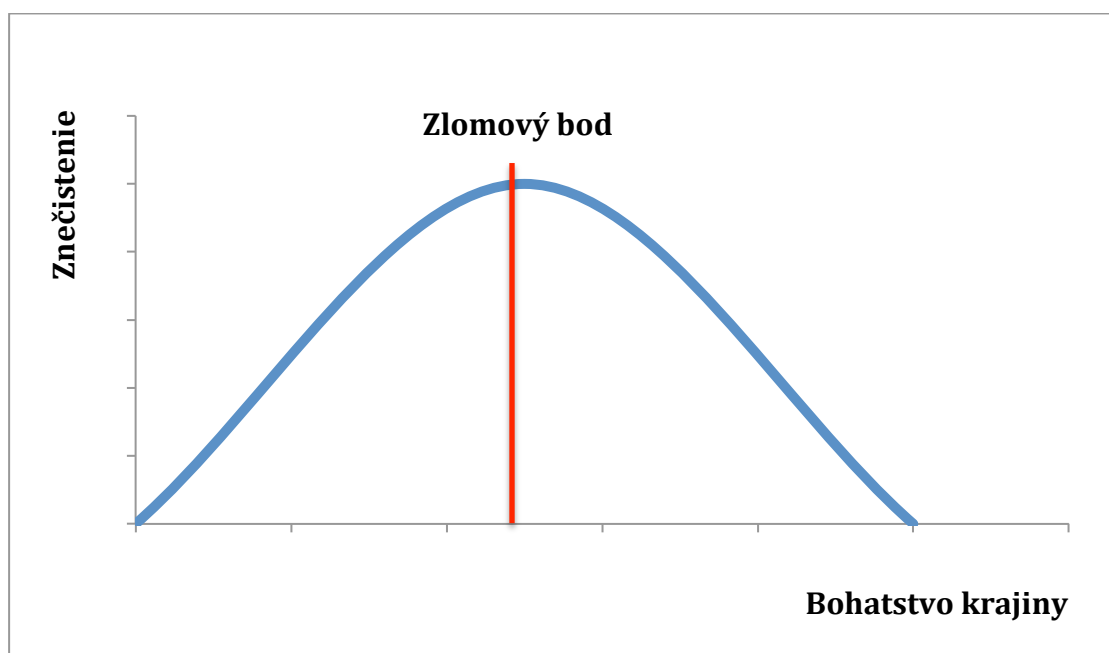
EKC priniesla na danú záležitosť iný uhol pohľadu. Táto hypotéza definuje vzťah medzi rôznymi ukazovateľmi znečistenia a HDP na hlavu. Tvrdí, že v počiatočných



fázach ekonomického rastu znečistenie stúpa, no po dosiahnutí určitej hladiny HDP sa tento trend láme a vyššie hodnoty HDP teda vedú k zlepšovaniu životného prostredia (Stern, 2004a). EKC považuje počiatočné znečistenie za nevyhnutnú cenu ďalšieho rastu.

Graficky vyzerá EKC krivka nasledovne:

**Obrázok 2: Environmentálna Kuznetsova krivka**



Zdroj: Vlastné

Za EKC stoja tri hlavné faktory:

**1) Efekt úspor z rozsahu:**

Vyššia ekonomická aktivita vedie k zhoršovaniu životného prostredia, keďže sa spotrebováva viac elektrickej energie. Efekt úspor z rozsahu prevláda v počiatočných fázach rozvoja krajiny.

**2) Kompozičný efekt:**

S rozvojom a rastom krajiny dochádza k prechodu od priemyselnej výroby k ekonomike založenej na informačných technológiách a službách.

V dôsledku toho sa zvyšuje podiel ekologicky čistých aktivít na HDP a teda životné prostredie sa zlepšuje.

3) **Efekt indukovaných techník:**

Bohatšie krajiny venujú zvýšenú pozornosť otázke životného prostredia a s tým spojených regulácií. Neekologické, špinavé technológie sa nahrádzajú ekologickými čistými a životné prostredie sa opäť napráva.

S ekonomickým rastom dôjde postupne k preváženiu negatívneho efektu úspor z rozsahu kompozičným efektom a efektom indukovaných techník (Aslanidis, 2009).

Všeobecná rovnica EKC vzťahu má podľa Ekins (2000) tvar :

$$f(ED_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 g_1(Y_{it}) + \alpha_2 g_2(Y_{it}^2) + \alpha_3 g_3(Y_{it}^3) + \alpha_4 g_4(Y_{it-a}^n) + \beta B + \gamma t + \varepsilon_{it} \quad (1.)$$

kde  $ED_{it}$  je premenná odrážajúca kvalitu životného prostredia pre krajinu  $i$  v čase  $t$ .  $Y_{it}$  je HDP na hlavu krajiny  $i$  v čase  $t$ ,  $Y_{it-a}^n$  je polynóm časovo oneskorenej premennej HDP. Koeficienty  $\alpha, \beta, \gamma$  sú parametre, ktoré sa snažíme odhadnúť a  $B$  je vektor vyjadrujúci zvyšné nezávislé premenné ovplyvňujúce úroveň životného prostredia.

Na základe práce od Paraskevopoulos (2009) rozhodujú znamienka koeficientov  $\alpha$  o tvare Kuznetsovej krivky. Rovnica môže byť lineárna, kvadratická alebo kubická. Ak je  $\alpha_3 = 0, \alpha_2 \neq 0$ , jedná sa o kvadratickú rovnicu. Ak je  $\alpha_3 = 0, \alpha_2 = 0, \alpha_1 \neq 0$ , rovnica je lineárna. V prípade, že  $\alpha_3 \neq 0$ , hovoríme o kubickom tvare.

Tvary krivky môžu byť potom nasledovné:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Lineárna, klesajúca:     | $\alpha_1 < 0, \alpha_2 = \alpha_3 = 0$                               |
| 2. Lineárna, rastúca:       | $\alpha_1 > 0, \alpha_2 = \alpha_3 = 0$                               |
| 3. Kvadratická, obrátené U: | $\alpha_1 > 0, \alpha_2 < 0, \alpha_3 = 0,  \alpha_2  \ll  \alpha_1 $ |
| 4. Kvadratická, normálne U: | $\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0, \alpha_3 = 0,  \alpha_2  \ll  \alpha_1 $ |

5. Kubická:  $\alpha_1 > 0, \alpha_2 < 0, \alpha_3 > 0, |\alpha_3| \ll |\alpha_2| \ll |\alpha_1|$   
6. Kubická:  $\alpha_1 < 0, \alpha_2 > 0, \alpha_3 < 0, |\alpha_3| \ll |\alpha_2| \ll |\alpha_1|$

V našej analýze nás bude zaujímať kvadratický tvar environmentálnej Kuznetsovej krivky. V ďalšej časti práce zistíme pomocou vlastného ekonometrického modelu, aký vzťah je medzi ekonomickým rastom a životným prostredím na území EÚ. Na základe výsledkov rozhodneme, či vykazuje EKC krivka v EÚ tvar normálneho alebo obráteného U.

Krivka v tvare obráteného U znamená, že v prvotných fázach ekonomického rastu emisie CO<sub>2</sub> rastú, no po dosiahnutí zlomového bodu začína platiť opačná závislosť. So zvyšujúcim sa ekonomickým rastom emisie CO<sub>2</sub> klesajú, a teda úroveň životného prostredia sa zlepšuje.

Zlomový bod získame z všeobecnej rovnice EKC. Prvú deriváciu položíme rovnú nule, čím dostaneme vzťah  $Y_t = -\frac{\alpha_1}{2\alpha_2}$  (Paraskevopoulos, 2009). V časti práce, ktorá sa venuje vlastnému výskumu, budeme pracovať s kvadratickým tvarom rovnice. Všetky premenné budú navyše v logaritmickom tvare. Výpočet zlomového bodu sa teda podľa Stern (2004b) pre náš prípad transformuje na tvar  $Y_t = \exp[-\alpha_1/2\alpha_2]$ .

Štúdie z celého sveta sa snažia vyvrátiť či potvrdiť existenciu EKC krivky v tvare obráteného U.

Carson et al. (1997) pracovali so siedmimi hlavnými zložkami skleníkových emisií, ktoré následne prepočítavali k ekvivalentnej hmotnosti CO<sub>2</sub>. Pre 50 štátov USA potvrdili existenciu EKC na dátach z obdobia 1988-94. Zdôrazňujú však fakt, že výsledky platia pre krajiny s vyšším príjmom. Závery nemusia byť pravdivé pre chudobnejšie štáty.

Existenciu obrátenej U krivky zaznamenali aj Al Sayed a Sek (2013). Na zložke 40 krajín v priebehu rokov 1960-2011 porovnávali pôsobenie rozvinutých a rozvojových

krajín metódou fixných efektov. V jednoduchej regresii obsahujúcej len premenné HDP a  $HDP^2$  použili ako závislú premennú postupne päť rôznych druhov emisií vrátane CO<sub>2</sub>. Zistili, že EKC hypotéza neplatí pre všetky krajiny a zlomový bod je vyšší u rozvinutých krajín. Pre emisie CO<sub>2</sub> však potvrdili tvar obrátenej U krivky EKC v rozvojových i rozvinutých štátoch. Zlomový bod v prípade CO<sub>2</sub> pre rozvinuté krajiny má hodnotu \$14 890, 68 pre prierezové efekty (tzv. cross-section effects) a \$67 846,3 pre časové efekty (tzv. period effects).

Bakirtas et al. (2014) potvrdili EKC pre emisie CO<sub>2</sub> v 36% zo skúmanej zložky 34 OECD krajín a 5 BRICS štátov. Pre emisie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a CO dokázali tvar obráteného U aj Mazzanti et al. (2007). Na dvoch dátových súboroch (1990-2000 a 1990-2001) testovali závislosť pre rôzne emisie reprezentujúce znečistenie na provinčnej aj sektorálnej úrovni v Taliansku. Konečné výsledky týkajúce sa EKC hypotézy boli zmesou rôznych kriviek. Emisie SOX, NOX či PM10 vykazovali napr. monotónny alebo dokonca N-tvar EKC krivky. Odlišnosti môžu byť podľa práce dôsledkom rozdielov v:

- a) skúmanom období
- b) skúmanom štáte/území
- c) emisií
- d) sektorov.

Shahrin et al. (2007) vidia ako príčinu nezrovnalostí aj v ďalších rozdieloch v prácach rôznych autorov, a to:

- e) rozdielne formy premenných (napr. GDP na hlavu a GDP)
- f) rozdielne použité metódy
- g) rozdielne doplnujúce nezávislé premenné
- h) rôzne funkčné formy (napr. kvadratický a kubický tvar).

Panelové analýzy všeobecne sú však podľa Mazzanti et al. (2007) menej informatívne, pretože priemerujú vzťah ekonomiky a ekológie. Preto by podľa nich mala byť analýza vykonávaná skôr na regionálnej a sektorálnej úrovni.

AK budeme s EKC hypotézou súhlasiť, mohli by sme sa domnievať, že po dosiahnutí určitej hranice HDP, budú škodlivé emisie klesať a z ekonomického rastu budeme už len profitovať. Pri zahrnutí tretej mocniny HDP do základnej EKC rovnice sa však zistilo, že Kuznetsova závislosť môže naraziť na druhý zlomový bod. Martínez-Zarzoso a Bengochea-Morancho (2004) testovali zložku 22 OECD krajín za obdobie 1975-1998. Použité krajiny boli vyberané na základe záväzku ku Kjótskemu protokolu. Kvadratický EKC tvar emisií CO<sub>2</sub> vykazoval obrátenú U krivku so zlomovým bodom v rozmedzí \$4914 až \$18,364. Kubická funkcia však poukázala na existenciu N tvaru EKC. Emisie teda môžu s vyššími hodnotami HDP klesať, ale po určitej hodnote nastáva opäť zhoršovanie životného prostredia.

Aj keď mnoho autorov potvrdilo EKC hypotézu, na druhej strane sa zdvihla vlna kritiky nielen k použitým metódam, ale aj k samotnému konceptu.

Aslanidis (2009) skúmal rôzne metódy, aké používali autori pri testovaní hypotézy. Jeho záverom je, že ešte stále neexistuje jednoznačné potvrdenie EKC vzťahu pre emisie CO<sub>2</sub>. Modely na panelové dáta nielenže zlyhávajú v použitých technikách, kde môže dochádzať napr. k zdanlivým vzťahom v dôsledku klamlivej regresie, ale tiež v predpoklade homogenity medzi štátmi. Predpoklad, že štáty vykazujú rovnaké vzťahy medzi príjmom a emisiami, môže spôsobovať problémy najmä pri dátových zložkách obsahujúcich rozvinuté aj rozvojové krajiny.

Krajinné rozdielnosti vidia ako dôvod odlišností vo výsledkoch štúdií aj Lakshmi a Sahu (2012). Keďže jednotlivé štáty majú odlišné politické ekonomické či sociálne charakteristiky, očakávania konečného tvaru EKC sa budú tiež líšiť štát od štátu. Podľa Lakshmi a Sahu (2012) existuje kvadratický vťah obráteného U len pre niektoré druhy znečistenia a teda konečná závislosť ekonomického rastu a životného prostredia závisí na zvolenej závislej premennej. Tvar obráteného U neexistuje

napr. pre odlesňovanie či stratu biodiverzity. Štúdia navyše zdôrazňuje, že väčšina prác týkajúcich sa EKC súhlasí, že zavedená politika je v otázke ekológie dôležitejšia ako samotné HDP krajiny, a preto nemôžeme považovať závery EKC hypotézy za nepopierateľný dôkaz.

Na prenos znečistenia medzi štátmi poukázala Hercegová (2005). Vo svojej práci vidí problém EKC práve v schopnosti zachytiť cezhraničný efekt znečistenia. Žatiaľčo obrátený U tvar bol pozorovaný pre faktory znečistenia s lokálnym a okamžitým efektom, pre cezhraničné znečisťovatele nebola táto závislosť potvrdená. Dôvodom môže byť fakt, že pri globálnom znečisťovaní je lokálna motivácia internalizovať negatívne externality alebo externality s budúcim dopadom veľmi malá. Hercegová (2005) skúmala závislosť na zložke 13 rozvinutých OECD krajín za obdobie sedemdesiatych až deväťdesiatych rokov minulého storočia. Závislosť skúmala na jednoduchom modeli s použitím jedinej nezávislej premennej ( $GDP^2$ ). Pri použití emisií  $CO_2$  ako závislej premennej nepotvrdila tvar obrátenej U krivky EKC, čo pripisuje najmä cezhraničnému efektu  $CO_2$ . Tvrdí, že s rastúcim príjmom sa ľudia zaujímajú viac o ochranu životného prostredia, ale zameriavajú sa na faktory znečistenia spôsobujúce lokálne škody.

Donfouet et al. (2013) vyvrátili tvrdenie o cezhraničnom prenose ako prekážke EKC hypotézy. Snažili sa vyriešiť problém s klamlivou regresiou, čo pokladajú za pravú príčinu zlyhávania predošlých prác. V období 1961- 2009 modelovali dynamické panelové dáta na európske krajiny. Ich závery hovoria o stálosti emisií  $CO_2$  medzi krajinami a takisto, že  $CO_2$  emisie na hlavu v blízkej krajine zvyšujú celkové emisie  $CO_2$ . Výsledky modelu potvrdili tvar obráteného U krivky EKC. Podľa autorov je jedným z riešení ako znížiť emisie  $CO_2$  v EÚ prijatie záväznejších pravidiel, redukčných plánov, investície do zelených technológií, obnoviteľných zdrojov. Tieto opatrenia by mali vďaka spomínanému efektu zapríčiniť znížovanie emisií aj v susedných štátoch.

Kaika a Zervas (2011) sa vo svojej práci zamerali na rôzne štúdie skúmajúce EKC s použitím emisií  $CO_2$  ako závislej premennej. Došli k záveru, že v závislosti  $CO_2$

a HDP má skôr tvar monotónne rastúcej krivky. Najviac sa podľa nich EKC hypotéze približujú najrozvinutejšie krajiny a regióny, no ani v ich prípade sa nedá hovoriť o stopercentnom dôkaze pri emisiách CO<sub>2</sub>. Tvrdia, že tak komplexný koncept, akým je vzťah spomínaných veličín, sa nedá zúžiť na limitovaný EKC koncept.

Ako vzor pre vlastný ekonometrický model a výber premenných poslúžila práca Soheilakhoshnevis a Bahram (2014), ktorá testovala hypotézu na dátach pre Irán za obdobie 1975-2011. Okrem premenných HDP a  $HDP^2$  zahrnuli do modelu aj ďalšie doplňujúce nezávislé premenné: spotreba elektrickej energie, urbanizácia, finančný rozvoj a otvorenosť obchodu. Závislá premenná je zastúpená emisiami CO<sub>2</sub> a všetky premenné sú v logaritmickom tvare. V našom modeli v nasledujúcej podkapitole sme zamenili premennú pre finančný rozvoj za počet áut na 1000 obyvateľov a mieru nezamestnanosti. Vzorová práca testovala závislosť na princípe kointegrácie. Výsledky potvrdili existenciu Kuznetsovej krivky v krátkodobom i dlhodobom období. Koeficienty pri premenných pre urbanizáciu, finančný rozvoj a otvorenosť obchodu sú negatívne a významné. Spotreba elektrickej energie vykazuje naopak pozitívny efekt na emisie CO<sub>2</sub>.

## 5.2. Model

Vplyv spotreby elektrickej energie na emisie CO<sub>2</sub> je skúmaný na základe nasledujúceho modelu.

$$\begin{aligned} \log CO_{2it} = & \beta_0 + \beta_1 \log EN_{it} + \beta_2 \log GDP_{it} + \beta_3 \log GDP_{it}^2 + \beta_4 \log OPEN_{it} \quad (2.) \\ & + \beta_5 \log TOWN_{it} + \beta_6 \log Passengercars_{it} \\ & + \beta_7 \log Unemploy_{it} + a_i + u_{it} \end{aligned}$$

Kde symbol  $a_i$  znamená nepozorovateľný efekt danej krajiny,  $u_{it}$  je idiosynkratická náhodná premenná a predponami log je označený logaritmus danej premennej. Konečná podoba modelu, ako aj výber premenných v tvare logaritmu, je výsledkom analýzy senzitivity.

**Premenné a ich vzťah so závislou premennou (CO<sub>2</sub>):**

- **CO<sub>2</sub>:** emisie oxidu uhličitého (kt)

Do tejto kategórie sa zaraďujú emisie pochádzajúce zo spaľovania fosílnych palív a výroby cementu. Zahŕňajú oxid uhličitý produkovaný počas spotreby kvapalných, tuhých a plyných palív a taktiež počas horenia plynov (The World Bank, 2015). Premenná odráža hladinu znečistenia a teda úroveň životného prostredia.

- **EN:** Spotreba elektrickej energie (kWh na hlavu)

Spotreba elektrickej energie meria podľa definície údajov Svetovej banky produkciu elektrární a kombinovaného tepla zníženú o prenosové, distribučné a transformačné straty a o vlastnú spotrebu elektrární (The World Bank, 2015).

Predpokladáme, že vyššia spotreba elektrickej energie sa spája s vyššou ekonomickou úrovňou danej krajiny a teda vedie k zvyšovaniu emisií CO<sub>2</sub>.

- **GDP:** Hrubý domáci produkt na hlavu (bežné ceny, US\$)

Hrubý domáci produkt je odrazom ekonomického rastu danej krajiny. HDP merané na hlavu korešponduje s mierkou spotreby elektrickej energie, ktorá je meraná tiež na hlavu, teda na jedného obyvateľa.

- **GDP<sub>2</sub>:**  $GDP^2$

Druhá mocnina hrubého domáceho produktu je spolu s premennou GDP vyjadrením vzťahu Kuznetsovej environmentálnej krivky. Ukazovateľ znečistenia (v našom prípade premenná logCO<sub>2</sub>) je podľa tejto hypotézy obrátenou funkciou logHDP tvaru U.

Na základe Kuznetzovej environmentálnej krivky teda očakávame kladné znamienko pri premennej logGDP a záporné znamienko pri premennej logGDP<sub>2</sub>.



- **OPEN:** Export + Import (% HDP)

Súčet exportu a importu meraného ako podiel na HDP danej krajiny udáva mieru otvorenosti ekonomiky obchodu. Väčšie hodnoty otvorenosti sú bežné u menších krajín, pre ktoré je dovoz väčšinou nevyhnutnosťou.

Väčšia otvorenosť môže viesť k nárastu obchodných aktivít a teda k vyšším CO<sub>2</sub> emisiám. Jeden z dôvodov je aj ten, že vyššia miera obchodnej aktivity je jednou z podmienok ekonomického rastu (Ubaidillah et al., 2013). Ubaidillah et al. (2013) však tiež zdôrazňujú, že miera otvorenosti môže mať ničivé následky v environmentálnom meradle v prípade rozvojových krajín a naopak zlepšovať životné prostredie v rozvinutých krajinách. Vplyv na životné prostredie totiž závisí na efektívite opatrení v danej krajine a taktiež na jej komparatívnej výhode.

- **TOWN:** Mestská populácia (% celkovej)

Mestská populácia žije konzumnejším spôsobom života. Obyvateľstvo na vidieku má väčšie možnosti existencie v súlade s prírodou. Potraviny, ktoré sú nútené ľudia v mestách kupovať (a tým podporovať priemyselnú výrobu), si vidiecke obyvateľstvo s vlastnou záhradou môže zadovážiť vlastnými silami. Konzum sa týka aj napríklad väčšieho používania dopravy, či už v podobe MHD produkujúcej emisie (napr. autobusy a trolejbusy) alebo vlastnej. Logickým záverom by bolo, že očakávame kladný vzťah premennej logTOWN a LogCO<sub>2</sub>.

Výsledky práce Ponce de Leon Barido a Marshall (2014) však ukázali, že závery sa líšia v závislosti na bohatstve štátov a ich prístupu k ekológii. Bohatšie štáty so silnou environmentálnou politikou vykazujú negatívnu závislosť medzi urbanizáciou a CO<sub>2</sub> emisiami. Chudobnejšie štáty naopak kladnú. Silná environmentálna politika má priaznivý (menej ničivý) efekt na emisie. Mestské oblasti (hlavne tie husto osídlené) dosahujú zároveň možnú energetickú efektivitu, čo sa dá považovať za ďalší z dôvodov pre negatívnu závislosť.

EÚ má do svojej legislatívy zahrnuté ekologické ciele a väčšinu európskych štátov môžeme bez väčších výhrad zaradiť do vysoko-príjmových. Preto bude s najväčšou pravdepodobnosťou vzťah premennej logTOWN a LogCO2 záporný.

- **Passengercars:** Počet osobných áut na 1000 obyvateľov  
CO2 je hlavný skleníkový plyn a jeden z vedľajších výfukových plynov. Autá sú zodpovedné za 12% celkových emisií CO2 v EÚ (European Commission, 2015). Väčší počet áut má teda za následok vyššie emisie.
- **Unemploy:** Nezamestnanosť (% pracovnej sily)  
Pokiaľ vychádzame z predpokladu, že konzumný život má za následok zhoršujúce sa životné prostredie, vyššia nezamestnanosť by mala spôsobovať znižovanie znečistenia. Tento záver vychádza zo skutočnosti, že nezamestnaní majú nižší príjem a teda si môžu dovoliť menej konzumu.

### 5.3. Hypotéza

Základná hypotéza znie:

$$H_0: \beta_2 > 0 \text{ a } \beta_3 < 0 \quad \text{naproti alternatíve} \quad H_1: \beta_2 < 0 \text{ a } \beta_3 > 0$$

Hypotéza  $H_0$  je potvrdením Kuznetsovej environmentálnej krivky v tvare obráteného U.

Pre účely ďalšej kapitoly nás však bude zaujímať aj vzťah premenných logEn a logCO2. Cieľom je potvrdiť, že vyššia spotreba energie vedie k vyšším emisiám CO2, takisto ako vyčíslenie odhadovaného koeficientu. Druhou hypotézou teda bude:

$$H_{01}: \beta_1 > 0 \quad \text{naproti alternatíve} \quad H_{11}: \beta_1 < 0$$

## 5.4. Dáta

Pre skúmanie modelu boli použité panelové dáta obsahujúce dostupné štatistické údaje všetkých 28 štátov Európskej únie za obdobie 1990-2013. Zoznam krajín je nasledovný: Belgicko, Bulharsko, Chorvátsko, Cyprus, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Fínsko, Francúzsko, Grécko, Holandsko, Írsko, Litva, Lotyšsko, Luxembursko, Maďarsko, Malta, Nemecko, Poľsko, Portugalsko, Rakúsko, Rumunsko, Slovenská republika, Slovinsko, Španielsko, Švédsko, Taliansko, UK.

Zdroje a jednotky jednotlivých premenných sú zhrnuté v *tabuľke 6*.

**Tabuľka 6: Zdroje a jednotky premenných**

Premenná	Zdroj	Jednotky
CO2	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a>	kilotony (kt)
EN	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a> The World Factbook 2012 (Agency, 2012) The World Factbook 2013(Agency, 2013)	kWh na hlavu
GDP	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a>	bežné ceny, US\$
OPEN	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a> <a href="http://www.econstats.com">http://www.econstats.com</a>	% HDP
TOWN	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a>	% celkovej populácie
Passengercars	<a href="http://w3.unece.org">http://w3.unece.org</a> <a href="http://internationaltransportforum.org">http://internationaltransportforum.org</a> EU Transport in Figures: Statistical Pocket Book (European Commission, 2000)	kusy
Unemploy	<a href="http://data.worldbank.org/">http://data.worldbank.org/</a> <a href="http://www.economywatch.com">http://www.economywatch.com</a>	%pracovnej sily

Dáta pre niektoré premenné pochádzajú z viacerých zdrojov, čo však nie je problémom, keďže jednotlivé údaje zahrnuté v dátach sa zhodujú. Prípadné rozdiely sú minimálne a nemali by mať na konečné výsledky skúmania závažný dopad.

Premenné vyjadrené v percentách (či už z HDP alebo vzhľadom na populáciu) nám umožňujú kontrolovať veľkosti jednotlivých skúmaných krajín. Vďaka percentuálnemu vyjadreniu tak môžeme bez skreslení porovnávať štáty, nehľadne na ich rozdielnu veľkosť.

Deskriptívne štatistiky použitých premenných zobrazuje *tabuľka 7*. Údaje v tejto a vo všetkých nasledujúcich tabuľkách v zvyšnej časti kapitoly 5 sú výstupom z programu STATA.

**Tabuľka 7: Deskriptívne štatistiky premenných**

Premenná	Počet pozorovaní	Stredná hodnota	Štandardná odchýlka	Min.	Max.
logCO2	672	10.97945	1.415498	7.621939	13.79559
logEN	672	8.573897	.4941158	7.568152	9.753417
logOPEN	657	4.475511	.4612644	3.525479	5.917387
logTOWN	672	4.251529	.1683651	3.869429	4.582679
logPassengercars	628	5.899408	.3924861	4.025352	6.511745
logUnemploy	663	2.043406	.530627	-.5108256	3.295837
logGDP	672	9.588436	1.100571	1.038154	11.64166
logGDP2	672	93.14755	19.1953	1.077765	135.5282

Z *tabuľky 7* je zrejmé, že niektoré pozorovania chýbajú v dôsledku dostupnosti dát. Dvadsaťosem štátov za obdobie dvadsiatichštyroch rokov dáva výsledných 672 pozorovaní. Premenné logOPEN, logPassengercars a logUnemploy obsahujú o niečo menej pozorovaní. Vzhľadom na veľkosť celkového súboru dát to však nie je podstatný nedostatok, keďže v ekonometrickej literatúre je väčšinou považovaný za dostatočný už súbor so 120 pozorovaniami. Predpoklady potvrdil aj program STATA, ktorý označil panelové dáta za silne balancované.

## 5.5. Metodológia

### 5.5.1. Testovanie jednotkového koreňa

Pri panelových dátach je dôležité najprv otestovať stacionaritu skúmaných premenných pomocou testov na jednotkový koreň. Stacionarita zabezpečuje, že prípadná zistená závislosť nie je len výsledkom napríklad rastúceho trendu oboch premenných. Takáto regresia sa nazýva zdanlivá či klamlivá. Aby sme zistili, či medzi našimi skúmanými premennými existuje len zdanlivý alebo skutočný vzťah a nepredišli tak nesprávnym záverom, na dáta boli aplikované rozšírený Dickey-Fuller (ADF) test a Levin–Lin–Chu (LLC) test.

ADF test pre panelové dáta má na základe Nell a Zimmermann (2011) tvar:

$$\Delta y_{it} = \rho_i y_{i,t-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (3.)$$

$d_{mt}$  je deterministický vektor zahŕňajúci konštantu a trend,  $\sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta y_{it-L} + \varepsilon_{it}$  je autoregresný proces AR(p) a  $y$  je daná premenná. ADF test testuje hypotézu  $H_A: \rho = 1$  naproti  $H_B: \rho < 1$  (Smolko, 2011). Zjednodušene teda testujeme:

$H_A$ : Všetky panely obsahujú jednotkový koreň

$H_B$ : Aspoň jeden panel je stacionárny.

Výsledky ADF testu s počtom lagov 1 a zahrnutým trendom sú v *tabuľke 8*.

**Tabuľka 8: ADF test**

	<b>Štatistika</b>	<b>P-hodnota</b>
logCO2	70.9652	0.0859
logEnergy	190.3491	0.0000
logOPEN	217.7571	0.0000
logTOWN	120.0697	0.0000
logPassengercars	435.7986	0.0000
logUnemploy	120.2381	0.0000
logGDP	455.5879	0.0000
logGDP2	291.1864	0.0000

Z *tabuľky 8* je možné zamietnuť hypotézu  $H_A$  na 10% hladine významnosti pre premennú logCO2. Vzhľadom na veľkosť súboru skúmaných dát môžeme 10% hladinu považovať za dostatočný dôkaz. Bez zahrnutia trendu klesne hladina významnosti dokonca na 5%. Keďže graf nepreukázal žiadny jednoznačný trend pri premennej logCO2, zahrnutie trendu pri teste nie je nevyhnutné. Pre všetky ostatné premenné je hypotéza zamietnutá na 1% hladine významnosti.

Pre potvrdenie záverov bol ďalej použitý LLC test. Nulová hypotéza je rovnaká ako pre ADF test. LLC test však nefunguje pre premenné s chýbajúcimi pozorovaniami (a teda pre premenné logOPEN, logPassengercars, LogUnemploy). Pre všetky ostatné premenné však zamietol nulovú hypotézu na 1% hladine významnosti.

Stacionarita teda nepredstavuje problém pre model.

### 5.5.2. Výber metódy testovania

Výber výslednej metódy testovania závisí na vzťahu nepozorovateľného efektu danej krajiny  $a_i$  a nezávislých premenných. Je pravdepodobné, že existujú určité, v čase nemenné, faktory predstavujúce  $a_i$ , ktoré sú korelované s nezávislými premennými.

Môžu to byť napr. kultúrne zvyky a krajinné odlišnosti, ktoré vplyvajú na nezamestnanosť, počet áut alebo spotrebu energie. Niektoré európske metropoly (napr. Amsterdam) dávajú prednosť bicyklom pred automobilovou dopravou. Ekologické zmýšľanie severských štátov zase ovplyvňuje spotrebu elektrickej energie. Štáty majú navyše rôzne etnické zloženie a mentalitu. Tieto faktory nie sú merateľné, no napriek tomu spôsobujú rozdiely medzi krajinami.

Vzhľadom na vyššie spomenuté skutočnosti sa zdá byť metóda fixných efektov (FE) intuitívnu voľbou. FE totiž eliminuje aj. Domnienku potvrdil Hausmanov test, ktorý pomáha v rozhodovaní medzi metódou fixných a náhodných efektov. P-hodnota 0,000 potvrdila, že FE je v tomto prípade najlepšou voľbou.

## 5.6. Odľahlé pozorovania

Skúmané dáta obsahujú 4 odľahlé pozorovania. Názory na zaobchádzanie s nimi sa na ekonometrickej pôde rôznia. Prevláda však názor, že ich úplné vylúčenie zo skúmaného súboru dát sa odporúča len v krajných prípadoch, kedy majú tieto odľahlé pozorovania výrazný vplyv na konečné výsledky skúmaného modelu. Porovnanie výsledkov s a bez odľahlých pozorovaní zobrazuje *tabuľka 9*. *Tabuľka 9* porovnáva výsledky modelu fixných efektov so štandardnými chybami opravenými o heteroskedasticitu a sériovú koreláciu náhodných premenných.

Z porovnania je jasne vidieť, že vylúčenie odľahlých pozorovaní nespôsobilo žiadne podstatné zmeny. Znamienka všetkých premenných ostali nezmenené. Veľkosť koeficientov je takmer rovnaká, až na zanedbateľné zmeny. Hladina významnosti všetkých skúmaných premenných vykazuje rovnaké hodnoty ako pred zmenou, aj keď  $t$ -štatistiky nezávislých premenných (okrem  $\log EN$  a  $\log Unemploy$ ) o niečo narástli. Záverom je, že ponechanie odľahlých pozorovaní v dátovom súbore nemá za následok významné odchýlky vedúce k mylným záverom.

**Tabuľka 9: Porovnanie výsledkov s a bez odľahlých pozorovaní**

<b>logCO2</b>	VRÁTANE odľahlých pozorovaní			BEZ odľahlých pozorovaní		
	<b>Koeficient</b>	<b>t-štat.</b>	<b>Hladina významnosti</b>	<b>Koeficient</b>	<b>t-štat.</b>	<b>Hladina významnosti</b>
logEN	.807538	8.35	1%	.8173232	7.72	1%
logOPEN	-.0798287	-1.18	-	-.0858885	-1.32	-
logTOWN	-.3656655	-1.53	-	-.3727608	-1.55	-
logPassengercars	-.1543004	-1.54	-	-.1558444	-1.41	-
logUnemploy	-.027054	-1.25	-	-.0279159	-1.16	-
logGDP	-.550205	-2.34	5%	-.5688852	-2.38	5%
logGDP2	.0254023	1.99	10%	.0263738	2.03	10%

## 5.7. Výsledky empirickej analýzy

Výsledky modelu skúmaného pomocou metódy fixných efektov sú zosumarizované v *tabuľke 10*. Model bo testovaný na autokoreláciu náhodných premenných a taktiež heteroskedasticitu. Woolridge test na sériovú koreláciu ju potvrdil na 1% hladine významnosti s p-hodnotou 0,0003. Modifikovaný Wald test dokázal problém s heteroskedasticitou takisto na 1% hladine významnosti s p-hodnotou 0,000. Štandardné chyby v *tabuľke 10* sú z toho dôvodu opravené o heteroskedasticitu a autokoreláciu náhodných premenných. Štatisticky významné premenné sú pre lepší prehľad zvýraznené tučným písmom v prvom stĺpci tabuľky.



**Tabuľka 10: Výsledky empirickej analýzy**

logCO2	Koeficient	Štandardná chyba	t-štat.	p-hodnota	Hladina významnosti
<b>logEN</b>	.807538	.0967682	8.35	0.000	1%
logOPEN	-.0798287	.0678688	-1.18	0.250	-
logTOWN	-.3656655	.2382924	-1.53	0.137	-
logPassengercars	-.1543004	.100064	-1.54	0.135	-
logUnemploy	-.027054	.0215646	-1.25	0.220	-
<b>logGDP</b>	-.550205	.2350344	-2.34	0.027	5%
<b>logGDP2</b>	.0254023	.0127931	1.99	0.057	10%
<b>Konštanta</b>	9.910182	1.538033	6.44	0.000	1%

Hlavným cieľom je zistenie vzťahu závislej premennej logCO2 a premenných logGDP a logGDP2. Znamienka premenných sa nezhodujú s našou hypotézou  $H_0$  a zamietajú, že by bola logCO2 funkciou logGDP v tvare obráteného U. Z výsledkov môžeme vyvodit' skôr tvar normálneho U krivky EKC. LogGDP je významná na 5% hladine s koeficientom -0,550205 a premenná logGDP2 je významná na 10% hladine s kladným koeficientom 0,0254023. To znamená, že emisie CO2 prvotne klesajú s nárastom HDP, potom dosiahnú zlomový bod a následne rastú s rastúcim HDP. Hypotéza  $H_0$  je tým pádom zamietnutá na 10% hladine významnosti.

Premenná logEN je štatisticky významná na 1% hladine významnosti s koeficientom 0,807538. Pozitívne znamienko danej premennej sa zhoduje s našimi počiatočnými odhadmi. Zvýšenie spotreby elektrickej energie o 1% vedie teda podľa výsledkov k 0,80% zvýšeniu emisií CO2. Toto číslo je takmer zhodné s výsledkami Soheilakhoshnevis a Bahram (2014) pre Irán. Hypotéza  $H_{01}$  je tým pádom potvrdená na 1% hladine.

Ostatné premenné nie sú štatisticky významné na obvyklých hladinách významnosti, a preto nemôžeme považovať ich koeficienty či znamienka za relevantné.

Pesaran test na závislosť medzi štátmi preukázal, že hypotéza

$H_{B0}$ : reziduály nie sú korelované

bola zamietnutá na 1% hladine významnosti. FE prezentované v *tabuľke 10* sú robustné do určitého stupňa aj pre závislosť medzi štátmi. Pre porovnanie je však možné použiť aj tzv. Driscoll a Kraay štandardné chyby. Tie sú robustné vzhľadom k heteroskedasticite, autokorelácii a taktiež pre závislosť medzi štátmi v panelových dátach. Používajú sa pri väčšom počte rokov. Dátový súbor o 24 rokoch môže v tomto prípade považovať za dostatočný k spoľahlivým výsledkom. FE s Driscoll a Kraay štandardnými chybami sú zobrazené v *tabuľke 11*.

**Tabuľka 11: Výsledky modelu: porovnanie FE a Discroll Kray**

logCO2	FE			FE Discroll a Kraay		
	Koeficient	t-štat.	Hladina významnosti	Koeficient	t-štat.	Hladina významnosti
logEN	.807538	8.35	1%	.807538	11.99	1%
logOPEN	-.0798287	-1.18	-	-.0798287	-3.57	1%
logTOWN	-.3656655	-1.53	-	-.3656655	-3.36	1%
logPassengercars	-.1543004	-1.54	-	-.1543004	-3.27	1%
logUnemploy	-.027054	-1.25	-	-.027054	-1.78	10%
logGDP	-.550205	-2.34	5%	-.550205	-6.82	1%
logGDP2	.0254023	1.99	10%	.0254023	5.97	1%

Z tabuľky 11 môžeme pozorovať, že koeficienty premenných ostali nezmenené. Rozdiel nastal v štatistickej významnosti. Za použitia Discroll a Kraay štandardných chýb sa stali všetky premenné významnými a významnosť pri premenných logGDP a logGDP2 klesla dokonca na 1%. Zlepšenie pripisujeme faktu, že štandardné chyby sa stali menšími a t-štatistiky dosahujú v dôsledku toho naopak väčšie hodnoty.

Znamienka premenných logOPEN a logTOWN sa zhodujú so štúdiou Soheilakhoshnevis a Bahram (2014). Vyššia miera otvorenosti teda vedie k nižším emisiám CO<sub>2</sub>. Tento záver môžeme priradiť k vyššie spomínanému zisteniu, že záporný vzťah medzi premennými platí pre rozvinuté krajiny. Do tejto kategórie bez pochyby patrí aj EÚ. 1% nárast miery otvorenosti obchodu znamená v našom prípade 0,0798% pokles emisií CO<sub>2</sub>.

Vyššia urbanizácia takisto dopomáha k zlepšujúcemu sa životnému prostrediu a nižším emisiám. Vďaka silnej environmentálnej politike EÚ sme tento výsledok očakávali z dôvodov menovaných vyššie. 1% zvýšenie populácie žijúcej v mestách znižuje emisie CO<sub>2</sub> o 0,3656%.

Premenná logPassengercars vykazuje záporný koeficient. Na prvý pohľad je znižovanie emisií s rastúcim počtom áut v protichode s logikou aj domnienkami učenými vyššie. Ak sa však zamyslíme, záporné znamienko môže byť spôsobené faktom, že nové autá sú ekologickejšie a produkujú menej emisií. Nakupovaním nových a nahrádzaním starých áut sa teda môžu znižovať emisie CO<sub>2</sub>. Podľa výsledkov modelu platí tento záver pre EÚ a s 1% zvýšením počtu osobných áut sa znížia emisie CO<sub>2</sub> o 0,1543%.

Vzťah nezamestnanosti a emisií CO<sub>2</sub> je záporný, tak ako sme predpokladali. 1% zvýšenie proporcie nezamestnaných vyvolá 0,027% pokles emisií CO<sub>2</sub>. Výsledok je štatisticky významný na 10% hladine.

Výsledky modelu teda nepotvrdili existenciu environmentálnej Kuznetsovej krivky v tvare obráteného U. Detailnejšiemu pohľadu na výsledky skúmania sa venuje

nasledujúca podkapitola venovaná diskusii. Model ďalej potvrdil vzťah spotreby elektrickej energie a emisií CO<sub>2</sub> v EÚ. Za použitia Discroll A Kraay štandardných chýb sú všetky použité premenné dôležité pre vysvetlenie kvality životného prostredia. Aby sme sa však na dané výsledky mohli bez väčších pochybností spoľahnúť, pre model musia byť splnené nasledovné podmienky:

- *Náhodný výber*

Skúmané štáty sú krajinami EÚ a žiadna z krajín nebola vylúčená.

- *Exogenita:  $E(u_{it}|X_i, a_i) = 0$*

Porušenie exogenity (endogenita) môže byť zjednodušene vysvetlené ako priamy vzťah medzi závislou a nezávislou premennou. V skúmanom modeli podlieha tejto definícii len premenná logPassengercars, keďže autá sú priamou príčinou emisií CO<sub>2</sub>. Ako však už bolo vyššie spomínané, v EÚ sú autá zodpovedné len za 12% celkových emisií CO<sub>2</sub>. Výsledky by z tohoto dôvodu nemali byť vychýlené. Endogenita nebola testovaná ani v práci Soheilakhoshnevis a Bahram (2014), ktorá poslúžila ako vzor, preto by nemala predstavovať hrozbu pre model. V budúcnosti by mohol byť model skúmaný napr. pomocou kointegrácie, ktorá by prípadnú endogenitu odstránila.

- *Všetky nezávislé premenné sa menia v čase a multikolinearita medzi nezávislými premennými neexistuje.*

Prvá časť tvrdenia je splnená, pretože žiadna s použitých nezávislých premenných nie je konštantná v čase. Kovariačná matica však vykazuje hodnoty korelácie väčšie ako 0,8 medzi premennými logGDPa logGDP2 a taktiež medzi logPassengercars a logGDP. Inflačný faktor rozptylu taktiež potvrdil problém s multikolinearitou pri premenných logGDP a logGDP2.

Multikolinearita zapríčini, že výsledné odhady modelu nebudú úplne presné. V prípade tak veľkého dátového súboru sa však na naše závery môžeme spoľahnúť.

- *Homoskedasticita* :  $Var(u_{it}|X_i, a_i) = Var(u_{it}) = \sigma_u^2$   
Odhady v tabuľkách sú upravené o heteroskedasticitu náhodných premenných.
- *Náhodné premenné nie sú sériovo korelované*:  $Cov(u_{it}, u_{is}|X_i, a_i) = 0$   
Odhady v tabuľkách sú upravené taktiež o sériovú koreláciu náhodných premenných.
- *Normalita náhodných premenných*  
Podmienka normality je porušená. Z histogramu reziduálov je jasne vidieť, že reziduály modelu nevykazujú normálne rozdelenie. Normalita neovplyvňuje koeficienty premenných. Jej následkom je, že t-štatistiky nemajú presne t-rozdelenie. V prehliadaní tohoto nedostatku nám však opäť pomáha veľkosť dátového súboru. Jeho prípadným ďalším zväčšovaním môžeme doceliť ešte vyššiu presnosť.

Skúmaný model nevykazuje žiadne závažné porušenie niektorej z podmienok.

## 5.8. Diskusia

Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že krivka EKC má podľa výsledkov tvar obyčajného U. Je však dôležité uvedomiť si, že v predkladanom modeli sme pracovali s krajinami EÚ, a teda s rozvinutými štátmi. Preto, ak by sme vzali *obrázok 2*, naša vybraná zložka by sa nachádzala na pravej strane grafu od zlomového bodu. Potom by záporný koeficient pri premennej logGDP ukazoval na klesajúcu časť grafu a kladný koeficient pri premennej logGDP2 naznačoval, že pre vyššie úrovne HDP sa môže závislosť opäť lámať a pomaly stúpať.

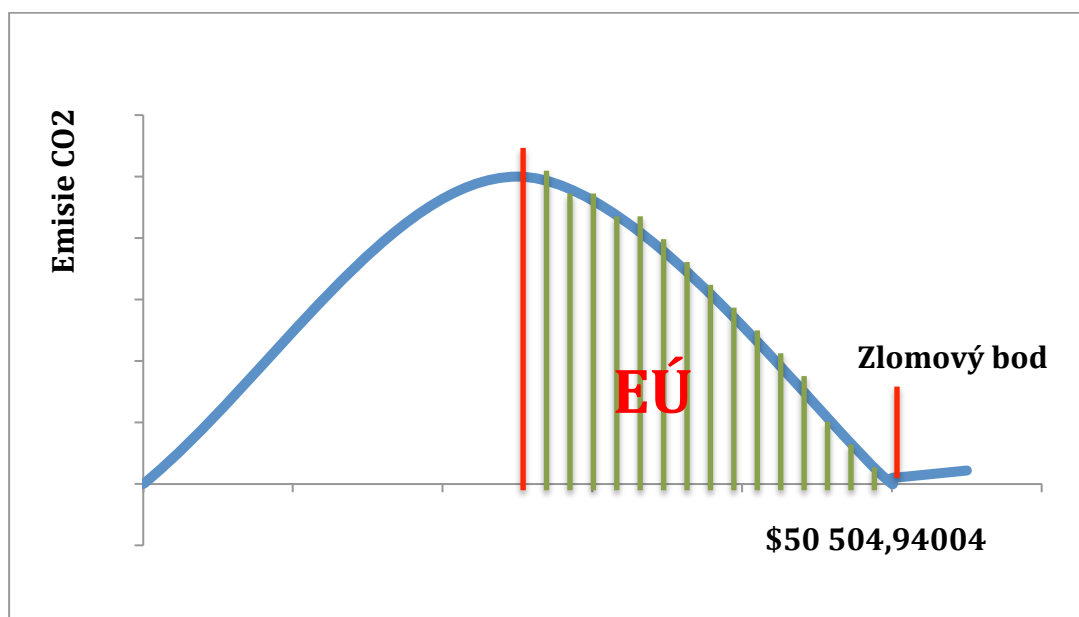
K presnému vyjadreniu úrovne HDP, pre ktorý nastáva opäť zlom, je nutné si vyrátať zlomový bod. Z predošlej časti vyššie vieme, že  $Y_t = \exp[-\alpha_1/2\alpha_2]$ . Po dosadení hodnôt koeficientov  $\alpha_1 = -0,550205$  a  $\alpha_2 = 0,0254023$  dostávame  $Y_t = 50\,504,94004$ . Vzhľadom na príklady výsledkov prezentovaných štúdií z podkapitoly 5.1. je táto hodnota vysoká.

Pri pohľade na dáta, s ktorými sme pracovali, je jasné, že minimálna časť štátov túto úroveň HDP presahuje. Zo 672 pozorovaní je 45 nad hranicou \$50 504,94004. Z toho v 15 prípadoch ide o Luxembursko, v 8 o Dánsko, v 6 o Írsko, v 6 o Švédsko, v 5 o Holandsko, v 2 o Rakúsko a v 2 o Fínsko. Všetky menované krajiny patria medzi najbohatšie štáty únie. Zvyšná zložka obsahuje už iba 2 pozorovania nad hranicou \$50 000. Ďalších 60 pozorovaní je v rozmedzí \$40 000 - \$50 000 a zvyšné pozorovania sa od zlomového bodu vzdľajú čoraz viac.

Zo spomenutého môžeme teda vyvodit' záver, že EÚ sa nachádza momentálne na klesajúcej časti EKC krivky obráteného U a pre väčšinu štátov je zlomový bod príliš ďaleko na to, aby bol príčinou obáv. Koeficient pri premennej  $\log GDP^2$  (0,0254023) je navyše veľmi malý. 1% zvýšenie HDP spôsobí podľa výsledkov 0,0254023% zvýšenie emisií CO<sub>2</sub>, čo môžeme považovať za zanedbateľné číslo.

Graficky je krivka pre EÚ zobrazená na *obrázku 3*. Skúmané štáty únie sa nachádzajú na vyznačenej časti krivky (pravá časť grafu). Po dosiahnutí zlomového bodu o hodnote \$50 504,94004 začína krivka opäť veľmi mierne rásť.

**Obrázok 3: EKC pre EÚ**



Zdroj: Vlastné

Existencia klasickej EKC hypotézy na území EÚ teda nie je vylúčená, ale ani jednoznačne potvrdená. Jedným z možných vysvetlení je, že aj keď radíme štáty únie medzi rozvinuté, rozdielnosti medzi jednotlivými krajinami sú i tak významné a prítomné. Ako bolo už spomenuté vyššie, tieto rozdielnosti môžu viesť k mylným výsledkom, keďže vzťah emisií a HDP sa líši štát od štátu.

Jedným z možných riešení by mohlo byť napríklad rozkúskovanie zložky EÚ na menšie podcelky vzhľadom na úroveň bohatstva členských štátov. Tým by sa mohli rozdiely v celkovom súbore zmenšiť. Ďalším z riešení k dosiahnutiu väčšej presnosti je rozšírenie skúmaného obdobia. Pri niektorých premenných (napr. počet áut na 1000 obyvateľov) je však veľmi problematické získať dáta z obdobia pred rokom 1990 a staršie. Takisto, napríklad Česká a Slovenská republika tvorili v minulosti jeden spoločný štát, a preto je separácia dát za jednotlivé krajiny zvlášť obtiažna.

## 6. Projekt Zelená Praha

V prvej časti práce sme porovnávali rôzne schémy podpory zelenej energie a ich dopad na prirodzené súťaživé prostredie. Následne sme skúmali teoretický model vzťahu emisií CO<sub>2</sub> a spotreby elektrickej energie. Táto kapitola je venovaná praktickému experimentu na verejnom osvetlení v Prahe, ktorá prepojí model s praxou a zodpovie otázku, či existuje ekonomicky prijateľná cesta ako hospodáriť ekologicky bez nutnosti čerpania dotácií.

Každý druh podpory zo strany EÚ do obnoviteľných zdrojov energií je zásahom na trh s elektrinou. Mnohí preto považujú obnoviteľné zdroje za narušiteľa, ktorý je výhodný len pre poberateľov dotácií a za akýsi špekulačný nástroj ziskuchtivých podnikateľov.

Po menšom výskume na trhu so zelenými úspornými zariadeniami som oslovila firmu GB Consulting, s.r.o., ktorá dodáva depolymerizačné a splyňovacie stanice, zariadenia na využitie odpadového tepla (napr. v bioplynových staniciach) a úsporu elektrickej energie. Firma pre účely tohto výskumu bezplatne poskytla zariadenie na úsporu elektriny, tzv. Energy saver. Touto cestou by som sa jej chcela poďakovať, a to predovšetkým obchodnému riaditeľovi Lubomírovi Sovičkovi a technickému riaditeľovi Radkovi Peňázovi.

Celý experiment by však nemohol vzniknúť bez podpory magistrátu hlavného mesta Prahy. Vďaka patrí Mgr. Jáonvi Recmanovi z oddelenia správy majetku, ktorý kontaktoval spoločnosť ELTODO spravujúcu verejné osvetlenie v Prahe. Po následnom stretnutí s vedúcim servisnej divízie ELTODO, Pavlom Donevom, sa dohodla realizácia montáže úsporného zariadenia Energy saver na ulici Cílkova na Prahe 12.



V nasledujúcich kapitolách spoja výsledky experimentu teóriu s praxou. Dosiadnutá úspora použitého zariadenia bude vynásobená koeficientom  $\beta_1$  vypočítaným v ekonometrickom modeli z predchádzajúcej kapitoly. Tým dostaneme úsporu emisií CO<sub>2</sub>, a teda ďalšiu z ciest akou sa dá pomaly približovať k cieľom ekologického smerovania EÚ bez štátnej pomoci.

Informácie o fungovaní zariadenia Energy saver v nasledujúcich podkapitolách sú čerpané zo stránky firmy GB Consulting a zo štúdie uskutočniteľnosti, ktorá mi bola firmou zaslaná. Pre účely tejto práce budú údaje zo stránky označené © ES electronics s.r.o. (2011) a štúdia uskutočniteľnosti ŠU (2015).

## 6.1. Energy saver

Energy saver (ES) je zariadenie navrhnuté pre optimalizáciu bežných strát spôsobených prenosom elektriny sieťou a pomáha taktiež pri vyrovnávaní napätia. Laicky by sa dalo povedať, že sa jedná o malý inteligentný transformátor s vysokou účinnosťou. Z údajov na stránke firmy GB Consulting s.r.o., sa o zariadení dozvedáme podrobnejšie fakty o princípe jeho fungovania. Podkapitola 6.1. je založená na informáciách z © ES electronics s.r.o. (2011), ak nie je uvedené inak.

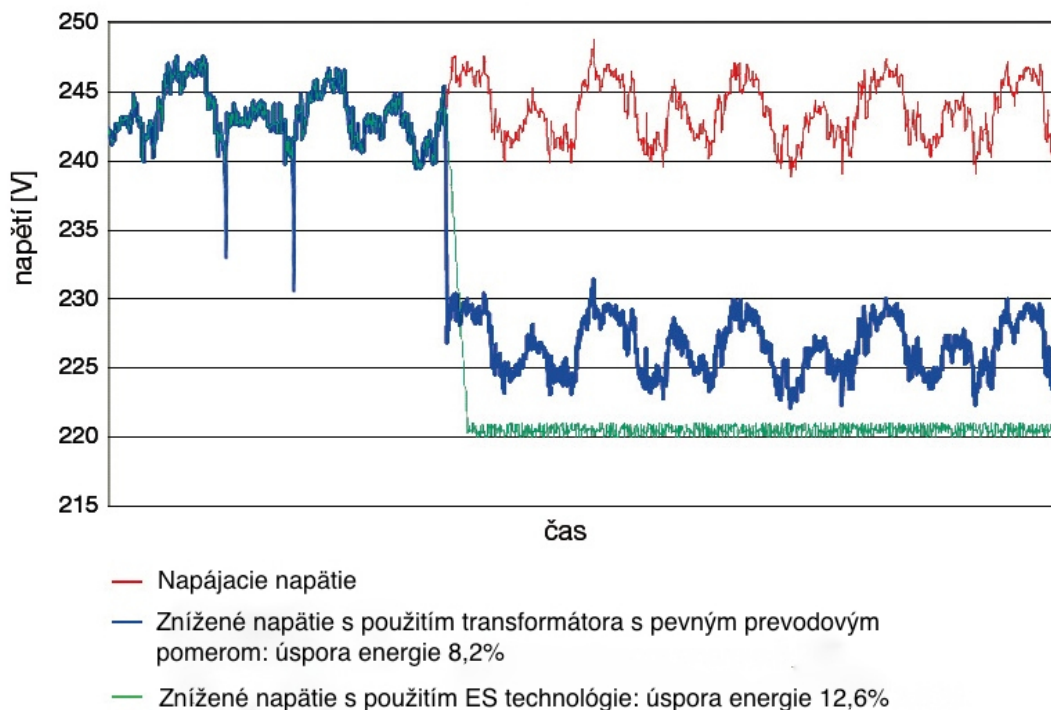
V dôsledku ohmického odporu sa môžu v každom elektrickom obvode prejaviť straty energie. Impedancia napájacej siete musí byť prispôsobená parametrom záťaže, pretože v opačnom prípade je v dôsledku obvodovej záťaže odoberaná aj ďalšia energia. Jednotka ES prispôsobuje impedanciu, šetrí elektrickú energiu a znižuje straty  $I^2R$ . Umiestňuje sa medzi záťaž a napájaciu sieť.

Jednotka ES dosahuje účinnosť až 99,95% bez ohľadu na záťaž. Obyčajné autotransformátory takúto účinnosť nie sú schopné dosiahnuť, pretože ich účinnosť je závislá na záťaži. Autotransformátory navyše fungujú na princípe „len úspora energie“.

*Obrázok 4* názorne zobrazuje, aký dopad má inštalácia ES na napätie prichádzajúce zo siete. Rozlíšené krivky na obrázku načrtávajú napájacie napätie, napätie

s použitím transformátoru a napätie za použitia technológie ES. Ako je z obrázku jasne vidieť, rozdiel medzi ES a transformátorom nespočíva len vo vyššej úspore energie (na obrázku je to 8,2% vs. 12,6%), ale aj vo vyrovnávaní napätia. Pri použití ES sa výkyvy eliminujú a napätie má hladký priebeh.

**Obrázok 4: Porovnanie metód optimalizácie napätí**



Zdroj: © ES electronics s.r.o. (2011)

Otázkou však je, prečo je vôbec zariadenie takéhoto typu potrebné?

Elektrické systémy dnes trpia radou nedostatkov, ktoré ovplyvňujú spotrebu elektrickej energie. Hlavné problémy sietí by sa dali rozdeliť do troch skupín:

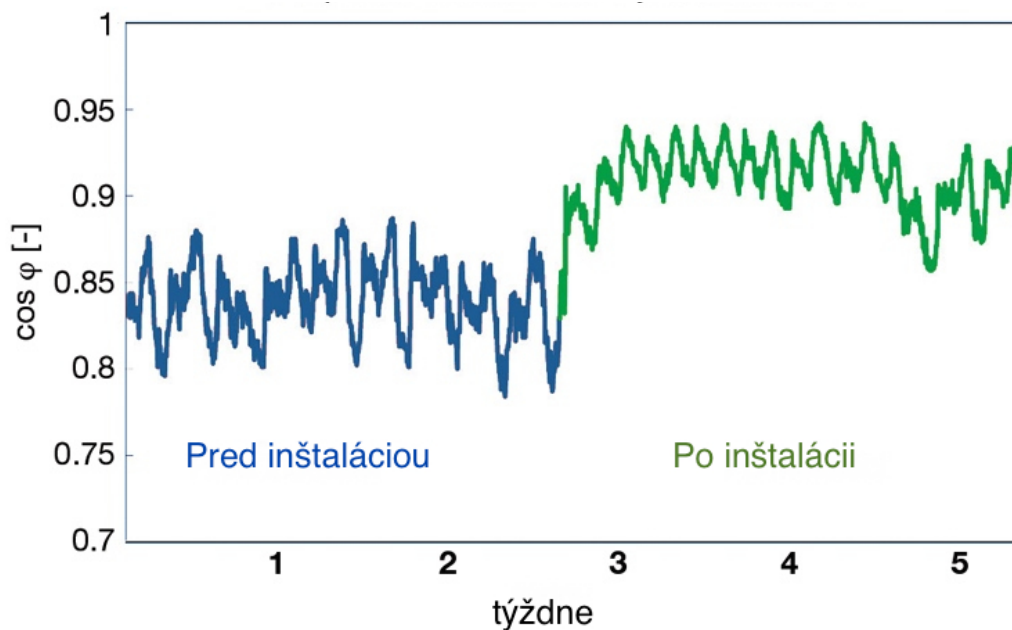
### 1) Nízky účinník

Tzv. výkonový trojuholník je tvorený zdanlivým, činným a jalovým výkonom. Účinník vyjadruje pomer činného a zdanlivého výkonu, pričom zdanlivý výkon je nevyhnutný pre činnosť spotrebiča a teda je to vlastne celkový výkon. Činný výkon je potom tá časť zdanlivého výkonu, ktorá kryje činné straty a premieňa sa na užitočnú prácu. Jalový výkon vytvára

podmienky na chod spotrebiča (Befra Elektroservis, 2014). Je to však výkon, ktorý cirkuluje medzi generátorom a spotrebičom a nepremení sa na užitočnú prácu (Bjalončík, 2008).

Kvôli nízkemu účinníku rastie množstvo energie, ktoré je potrebné pre dané pripojené elektrické zariadenie. Tým dochádza k vytváraniu prebytočného tepla, ktoré má dopad na životnosť elektrického zariadenia. Príčinou nízkého účinníka je predovšetkým kvalita dodávaného prúdu, ale taktiež sú to induktívne záťaže ako: transformátory, elektromotory či žiarivky s vysokou intenzitou.

**Obrázok 5: Zlepšenie účinníku**



Zdroj: © ES electronics s.r.o. (2011)

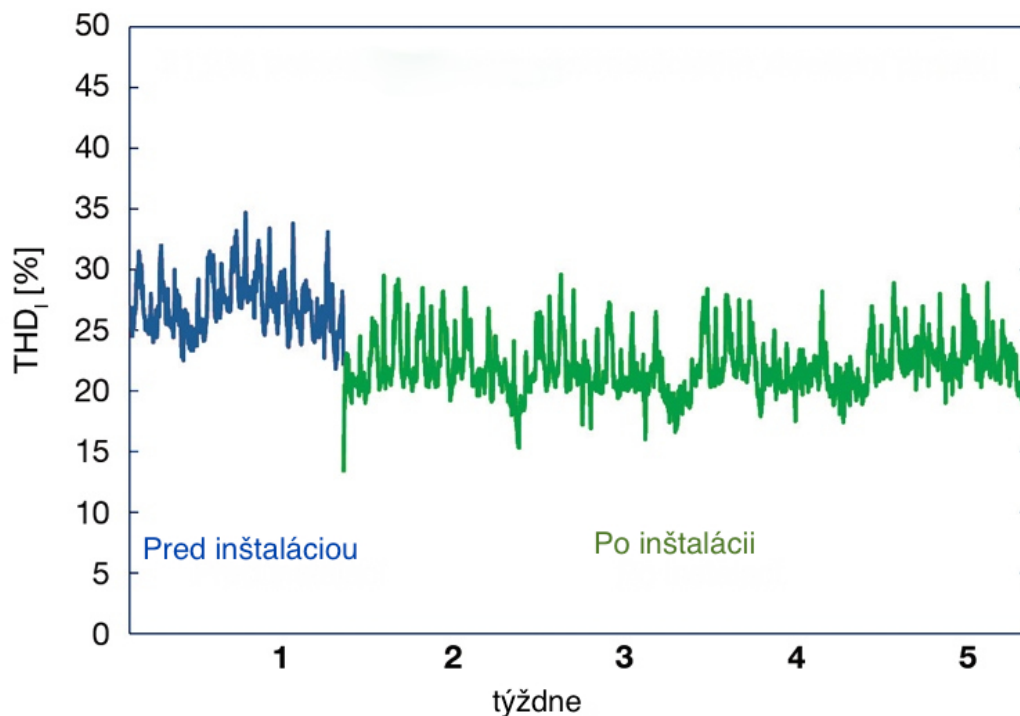
Na obrázku 5 je znázornené, ako zlepšuje inštalácia ES účinník siete. Dôvodom zlepšenia je, že zariadenie ES pracuje pri nižšom odpore. Tým pádom sa znižuje úroveň jalového výkonu o 20-45%. Účinník sa dostane blízko jednej. Tento posun môže znamenať, že dochádza k finančnej úspore, keďže nedochádza k ďalším nákladom na účinník. V zhrnutí teda prináša zlepšenie účinníku lepšiu účinnosť a elimináciu jalových prúdov.

## 2) Deformácia napätia vyššími harmonickými

Deformácia napätia vyššími harmonickými je dôsledkom toho, že zariadenia napojené na sieť vytvárajú nelineárnu záťaž. Môžu to byť napr.: televízory, tlačiarne, počítače, kopírky, DVD prehrávače a iné bežné zariadenia v domácnostiach. Príčinou sú ale aj pohony rôznych frekvenčných meničov pre motory. Všetky spomenuté faktory opäť vytvárajú teplo a zvyšujú spotrebu energie, čím poškodzujú elektrické zariadenia (spotrebiče). Takýto vedľajší efekt je náročný finančne nielen v podobe vyššej spotreby, ale aj nákladov na opravu a údržbu daných spotrebičov.

ES odfiltráva harmonické kmity spôsobené elektrickými spotrebičmi a harmonické kmity z hlavného vedenia a eliminuje prechodové deje v rozmedzí od 3000 V do 10 000 V. Účinnosť trojfázových zariadení je maximalizovaná v dôsledku vyrovnanania napätia fáz.

**Obrázok 6: Pokles pri celkovom harmonickom skreslení prúdu**



Zdroj: © ES electronics s.r.o. (2011)

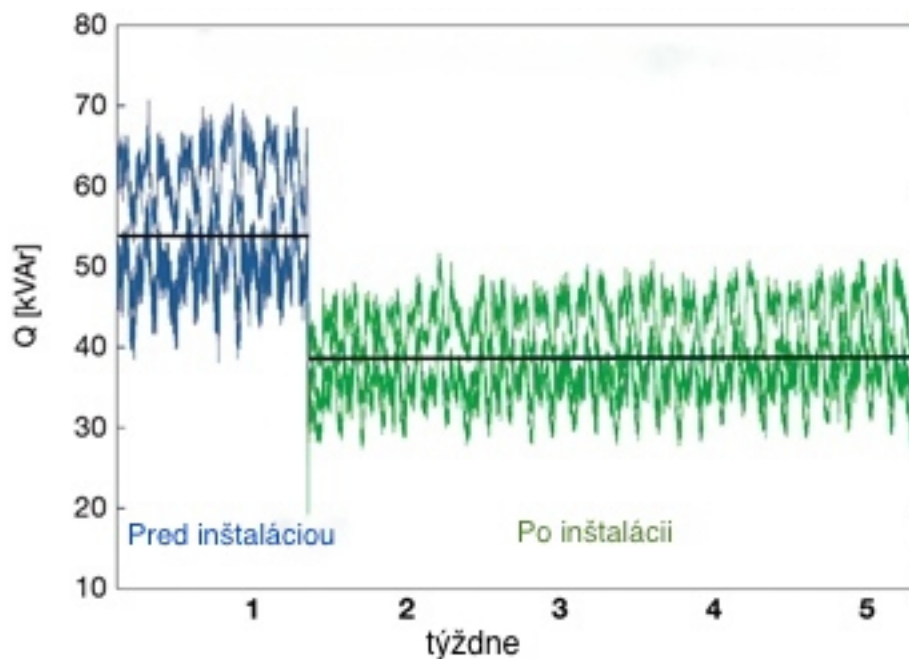
Pokles u celkového harmonického skreslenia prúdu je zobrazený na *obrázku 6*. Na danom konkrétnom príklade sa jedná o pokles 21,2%.

K úspore elektrickej energie prispieva aj fakt, že produkcia tepla kvôli harmonickým kmitom je obmedzená, pretože ES zlepšuje účinnosť zariadení obsahujúcich magnetické súčasti. Vyššia je teda nielen účinnosť transformátora, ale aj jeho účinná kapacita, keďže harmonické kmity sa nedostávajú do sekundárnej strany transformátora dodávajúceho vysoké napätie. Výsledkom je opäť úspora energie.

### 3) Prechodové deje

Výkyvy spôsobujú aj tak bežné a nevyhnutné činnosti, akými sú vypínanie a zapínanie elektrického zariadenia či svetla, ale takisto aj výkyvy zo strany dodávateľa energie a zmeny v sieti a dodávky záložnej energie. Spomenuté výkyvy opäť zvyšujú náklady na opravu a údržbu.

#### **Obrázok 7: Pokles pri 3-fázovom jalovom výkone**



Zdroj: © ES electronics s.r.o. (2011)

ES vyrovnáva napätie jednotlivých fáz. Vďaka vyrovnanému napätiu sa šetrí energia, a to hlavne pri indukčných motoroch veľkých priemyslových priestorov závislých na tejto záťaži. Zmienené vyrovnanie napätia je znázornené na *obrázku 7*, kde po inštalácii zariadenia ES došlo až k 29,2% poklesu stredného jalového výkonu.

Zariadenie ES premieňa energiu, ktorá by sa inak stratila formou tepla na aktívnu energiu, čím efektívne znižuje odpor v obvode. Dochádza k celkovej stabilizácii elektrickej energie pre zapojené spotrebiče. Celkovým efektom inštalácie ES zariadenia sa teda docieli nízka strata pri prenose elektrickej energie a optimalizácia napätia tak, aby dostalo každé elektrické zariadenie skutočnú potrebu energie a napätia. Napätie sa teda neznižuje, iba optimalizuje.

Vplyv inštalácie ES na kvalitu elektrickej energie sa dá podľa ŠU (2015) zhrnúť do nasledovných bodov:

- Výber, úprava a optimalizácia najvhodnejšieho prevádzkového napätia na požadovanú hodnotu v závislosti na spotrebe (kWh) pre elektrické spotrebiče.
- Dosiahnutie a následné trvalé riadenie fázovej balancie na všetkých troch fázach v rozsahu  $\pm 1,5V$ .
- Odstránenie prechodových javov prepätia, rovnako ako aj kolísania napätia.
- Filtrácia nízkofrekvenčného a vysokofrekvenčného rušenia.
- Trvalé zníženie strát vzniknutých pri prenose elektrickej energie k spotrebičom.
- Stabilná prepäťová ochrana.
- Zníženie nákladov na prevádzku a údržbu spotrebičov.
- Predĺženie životnosti spotrebičov.

## 6.2. Význam pre európske krajiny

Zariadenie vzniklo v roku 1989 v Indii na základe nemeckého patentu. Za dvadsaťšesť rokov svojej existencie sa zrealizovalo vyše 20 000 inštalácií ES jednotiek. Medzi referencie patria také giganty ako IBM, Hotels Hilton, Hotels Sheraton, PEPSI, Volvo, McDonald's, Mariott Hotels či Sony Electronics (© ES electronics s.r.o., 2011). Zariadenie nie je žiadnou novinkou a pri pohľade na dlhý zoznam úspešných inštalácií sa vynára otázka, aký význam mala inštalácia zariadenia ES v Prahe.

ES sítě demonštruje veľké množstvo predaných kusov, ale drvivá väčšina z nich je inštalovaná v Ázii, a to hlavne v Indii, kde zariadenie vzniklo. Tento fakt je dôsledkom tamojších potrieb. Elektrické vedenia (napr. v Indii) neprešli prísnyimi európskymi normami a ich efektivita prenosu je prinajmenšom diskutabilná. V Indii by bez zariadení, akým je ES, nevedeli firmy bez strát vôbec fungovať. ES eliminuje straty energie, ktoré sú v daných krajinách bežnou súčasťou prenosu.

V Európe si potreby trhu zatiaľ nevyžiadali zvýšenú pozornosť venovanú stratám pri prenose v sieti. Energetická sústava v EÚ je omnoho kvalitnejšia a plytvanie energiou sa obmedzuje na minimum. V posledných rokoch, kedy sa EÚ začala orientovať na zelené smerovanie svojich štátov, však dostávajú zariadenia, akými je aj ES, úplne nový význam. V ekonometrickom modeli z predošlej kapitoly sme si totiž ukázali, že spotreba elektrickej energie a emisie CO<sub>2</sub> sú negatívne závislé. Preto znižovanie spotreby elektriny v Európe je jednou z možných ciest, ako doceliť ambiciózne ciele EÚ ohľadne postupne sa znižujúcich emisií skleníkových plynov a tiež zvyšovania energetickej efektivity.

Harmonizácia EÚ v roku 1995 zaviedla normu BS EN 50160, ktorá povoľuje v rámci Európy výkyvy v napájacom napätí elektriny V $\pm$ 10% (čiže 207-253V) pre jednu fázu a 400 V  $\pm$  10% pre 3 fázy. Konkrétne Česká republika v súčasnosti tieto výkyvy ešte obmedzila, a to na +10% a -6%. V niektorých iných častiach EÚ sa obmedzenia pohybujú na +6% a -10% (© ES electronics s.r.o., 2011).

V Európe je väčšina zariadení napájaných elektrinou navrhnutá pre prevádzku pri 220V. Typické hodnoty vstupného napätia sú však cca 230V, s rozmedzím  $\pm 10\%$ , takže hodnoty sa pohybujú v rozpätí 207-253V. To znamená, že aj keď je optimálna úroveň napätia na pracoviskách v Európe približne 220V, väčšina podnikov túto hranicu prevyšuje. Deväťdesiat percent európskych podnikov má priemerné napätie 230V a viac. V UK je táto hodnota dokonca 242V (ŠU, 2015).

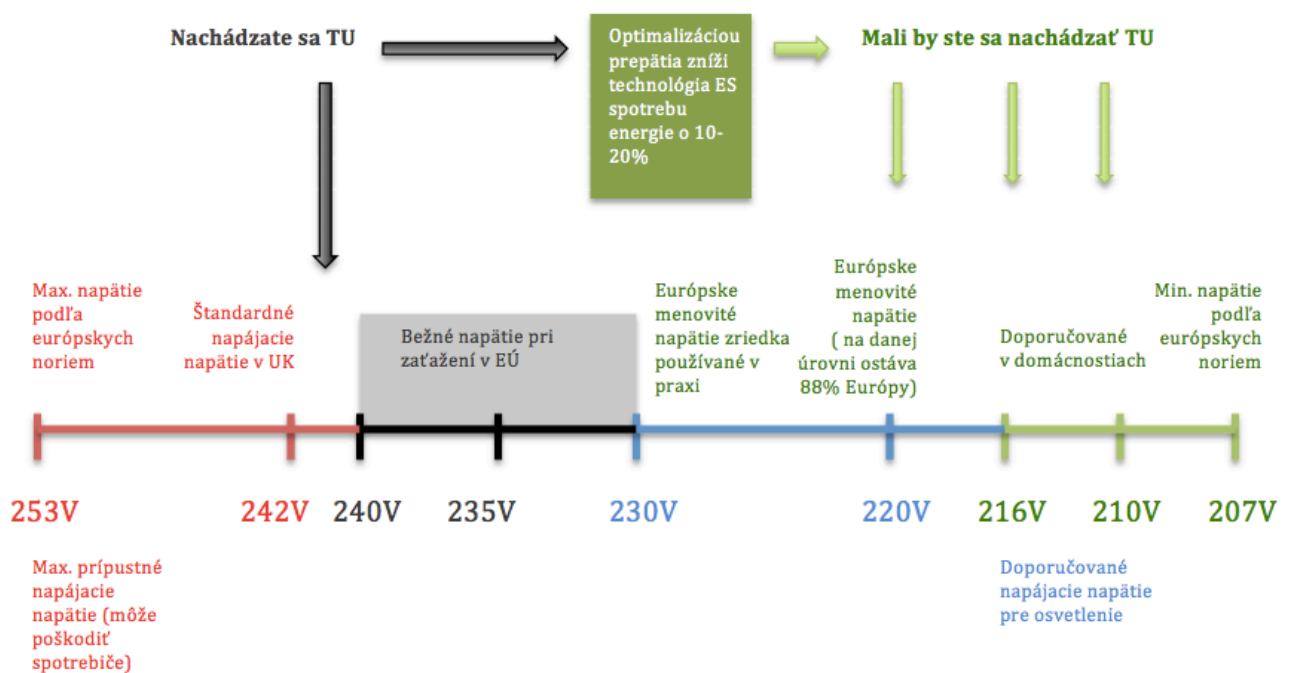
Pri nižších hodnotách napätia potom zariadenia spotrebujú k svojmu chodu menšie množstvo energie v porovnaní s podmienkami prepätia. V prípade motorov má prehrievanie za následok už spomínané prehrievanie (© ES electronics s.r.o., 2011).

Zariadenie ES využíva práve rozdiel v hodnote dodávaného napätia a napätia, ktoré je ideálne pre prevádzku spotrebičov. Elektrické zariadenia sú síce navrhnuté na prevádzku v rámci normálneho rozpätia menovitého napätia (230V +/- 10%). Pravdou však je, že väčšina z nich funguje efektívnejšie pri trvalom menovitom napätí. Prevádzka zariadenia mimo pásmo menovitého napätia, bude mať na dané zariadenie negatívny vplyv. Okrem menovitého napätia však treba zvážiť aj iné faktory. Ak je v niektorých lineárnych záťažach (napr. teplotné zdroje svetla) napájacie napätie vyššie ako jeho stále menovité napätie, odoberá zariadenie viac energie. Zvýšená spotreba spôsobuje energetické straty, ktoré sa neprejavujú len u samotného zariadenia. Straty energie vznikajú aj pri distribučnom transformátore a všetkých káblach na prúd napájajúcich danú položku. Prepätie taktiež skracuje životnosť elektrických zariadení, keďže namáha izoláciu. V prípade motorov sa prepätie prejaví ako strata vo forme medi a trením (ŠU, 2015).

Na nasledujúcom obrázku si ukážeme názornejšie, akým spôsobom vlastne ES šetrí elektrinu v európskom prostredí a aký je jeho význam v európskych podmienkach s minimálnymi prenosovými stratami.



Obrázok 8: ES v EÚ



Zdroj: © ES electronics s.r.o.(2011)

Na *Obrázku 8* je znázornený rozdiel medzi ideálnymi podmienkami napätia a realitou. Šedá zóna vymedzuje napätie bežné pre EÚ, a teda 230-240V. 220V je hodnota menovitého napájacieho napätia pre 88% Európy. Ak sa však pozrieme na čísla doporučeného napájacieho napätia pre osvetlenie a domácnosti, dostaneme sa na úroveň 210 až 216V. Úlohou zariadení, akým je aj ES, je optimalizácia prepätia, a teda eliminácia rozdielu medzi doporučenou a skutočnou hodnotou napätia tak, aby došlo nielen k úspore elektrickej energie, ale aj ochrane spotrebičov a predĺženiu ich životnosti. Výsledkom inštalácie ES je, že každé elektrické zariadenie dostane takú hodnotu napätia, akú si vyžaduje. Spotreba energie sa v závere zníži o 10 až 20%.

ES teda znižuje straty vzniknuté vedením elektrickej energie, čím minimalizuje jej plytvanie. Technológia teda efektívne eliminuje straty spôsobom, aby ich zariadenie zbytočne nespotrebovávalo. Týmto spôsobom je dosiahnutá úspora pri prevádzke každého elektrického zariadenia (ŠU, 2015).

### 6.3. Spotreba elektrickej energie

Otázka možností šetrenia energie je relevantná vzhľadom na rastúci počet elektroniky, či už v domácnostiach alebo rôznych prevádzkach. Zaujímavé je, že pri pohľade na čísla spotreby zisťujeme, že hlavným zdrojom spotreby nie sú ani tak nevyhnutné veci, akými sú osvetlenie či spotrebiče typu práčka a chladnička, ale skôr vymoženosti dvadsiateho prvého storočia, slúžiace z veľkej časti k zábave.

Agentúra pre ochranu životného prostredia (angl. Environmental Protection Agency – EPA) porovnávala spotrebu rôznych spotrebičov a zariadení napájaných elektrinou. Výskum hovorí, že stredne veľká chladnička s označením Energy Star má na svedomí 322 kWh energie ročne, zatiaľčo bežný iPhone spotrebuje 361 kWh ročne (Vitalita, 2015). Ešte väčší význam dostáva táto hodnota pri predstave, že bežná domácnosť vlastní poväčšine jednu chladničku, kým mobilný telefón má vo vlastníctve dnes už každý člen rodiny, nevynímajúc ani deti či dôchodcov.

Ako už bolo spomínané vyššie, spotreba elektriny je spájaná aj s produkciou CO<sub>2</sub>. Ak dáme zabrat našej fantázii a predstavíme si, že internet je krajina, potom by sa tento novovzniknutý štát dostal na piate miesto v rebríčku produkcie CO<sub>2</sub>. Prehliadanie v prehliadači Google je zodpovedné za 260 ton CO<sub>2</sub> mesačne, čo je produkcia ekvivalentná chodu priemernej chladničky v priebehu 5400 rokov. Google na svoju existenciu spotrebuje elektrinu v pomere 34% z obnoviteľných a 66% z neobnoviteľných zdrojov (Vitalita, 2015).

Výhodou zariadení typu ES je, že je možné ich inštalovať na celé elektrické obvody a tým znižovať spotrebu prakticky v akomkoľvek objekte a pri akomkoľvek spotrebiči.

## 6.4. Inštalácia ES v Prahe

Za účelom prevedenia vlastného výskumu bolo dňa 4.12.2014 po dohode s firmou ELTODO spravujúcou mestské osvetlenie v Prahe a firmou GB Consulting, s.r.o. nainštalované zariadenie ES v trafostanici na ulici Cílkova na Prahe 12 zabezpečujúcej verejné osvetlenie v tejto časti mesta.

Na *Obrázku 11* v Apendixe A je priložený náčrt umiestnenia danej trafostanice a na nasledujúcom *Obrázku 12* je zobrazená líniová schéma. Na tejto schéme je jasne vidieť, že trafostanica na ulici Cílkova, v ktorej bolo zariadenie ES inštalované, zabezpečuje osvetlenie na celej príľahlej ulici Durychova a na ulici Soukupova.

Zariadenie bolo zapožičané bezplatne. Dohoda zahŕňala inštaláciu na skúšobnú dobu jedného mesiaca v období 4.12. 2014 - 3.1.2015, pričom z toho dva týždne bežal ES na režim *bypass* a dva týždne v režime *saving*. To znamená, že v prvej polovici merania bolo zariadenie ES pripojené len z dôvodu vymerania presnej spotreby energie a trafostanica bežala v normálnej prevádzke ako obvykle. V druhej polovici merania sa zapla funkcia šetrenia a výsledky z oboch období sa následne porovnávali a vyhodnocovali. Celý proces montáže bol pod dohľadom pracovníkov z firmy ELTODO a tiež GB Consulting, s.r.o.

Na základe informácií od firmy ELTODO boli zistené základné vstupné parametre a firma tiež poskytla údaje o spotrebe v minulých rokoch pre lepšie posúdenie situácie a nastavenie zariadenia ES na mieru. Podrobnou analýzou sa zistilo, že celková energetická náročnosť objektu je kompletne na svetelnej záťaži. Na základe tejto informácie bola následne realizovaná optimalizácia pomocou ES.

Zistilo sa, že sieť vykazuje hodnoty napätia ležiace v tolerancii normy, a to 230V +/- 10%. I keď, napätie je mierne nad priemerom (239V). Vzhľadom na tieto informácie by sa mali úspory prejaviť nielen na znížení spotreby elektrickej energie, ale aj na predĺžení životnosti prístrojov v dôsledku ustálenia prírodného napätia (ŠU, 2015).

## 6.5. Výsledky merania

Spoločnosť GB Consulting garantuje minimálne 15% úsporu elektrickej energie. *Tabuľka 12* ponúka prehľad výsledkov uskutočneného merania. Ľavá časť obsahuje údaje zaznamenané v režime bypass, a teda bez zapojeného ES. V pravej časti tabuľky sú záznamy so zapojeným ES. Bližší pohľad na čísla nám zodpovie otázku, či ES naozaj splnilo sľubované a akým spôsobom bola úspora vlastne dosiahnutá.

**Tabuľka 12: Výsledky merania úspory so zariadením ES**

ODPOČET	BEZ ZAPOJENÉHO ES						SO ZAPOJENÝM ES					
DĹŽKA TESTU	15 dní						15 dní					
TEST	ŠTART			KONIEC			ŠTART			KONIEC		
ČAS	4.12.2014			19.12.2014			19.12.2014			3.1.2015		
FÁZA	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
VSTUPNÉ NAPÄTIE (V)	230,9	232,9	232,1	231,2	233,1	232,5	231,2	233,1	232,5	235,2	234,2	235,6
PRÚD (A)	26,10	27,70	25,50	26,50	27,20	25,60	19,20	20,30	19,60	19,30	20,50	20,10
PRÍKON (kW)	5,00	5,50	5,20	5,10	5,60	5,30	4,30	4,40	4,10	4,20	4,50	4,10
POWER FAKTOR - ÚČINNÍK	0,83	0,85	0,88	0,83	0,84	0,88	0,88	0,87	0,89	0,88	0,88	0,89
JALOVÝ VÝKON (kVAr)	3,30	3,40	2,80	3,30	3,50	2,90	2,70	2,90	2,50	2,80	2,60	2,40
ELEKTRO – MER (kWh)	32946,8			36427,4			36427,4			39248,5		
SPOTREBA (kWh)	3480,6						2821,1					
ÚSPORA	659,6 kWh						18,95 %					

Zdroj: ŠU (2015)

Vstupné napätie sa po zapojení zariadenia zvýšilo, prechádzajúci prúd naopak vykazuje nižšie hodnoty, takisto ako príkon. Ako bolo na začiatku prisľúbené, účinník sa zvýšil, čo je určite aj zásluha poklesu jalového výkonu. V závere, ako

následok vyššie popísaných zmien, klesla spotreba z 3480,6 kWh na 2821,1 kWh. Dosiadnutá úspora je teda vyčíslená na 659,6 kWh alebo 18,95%.

## 6.6. Ekonomika

Stavba nových elektrární je finančne náročná, a preto sa investori častokrát pri stavbe nezaobídu bez štátnej podpory aj z dôvodu neschopnosti zelenej energie konkurovať konvenčnej elektrine v počiatočných fázach vývoja technológie.

Riešenie, ktoré navrhla predošlá podkapitola, tento problém eliminuje. Investícia do zariadení, akým je aj ES, je finančne omnoho menej náročná a dobrá návratnosť zaručuje, že po krátkom období začne investícia prevádzkovateľovi zarábať peniaze. Ekonomika projektu je kľúčová, keďže investori investujú do zelenej energie predovšetkým z dôvodu návratnosti. V biznise je ekológia väčšinou druhoradá, ale ošoh z nej má v konečnom dôsledku celá spoločnosť.

V nasledujúcej *tabuľke 13* sa pozrieme bližšie, koľko by stála navrhovaná investícia na ulici Cílkova a či by sa vôbec oplátilo ju uskutočniť. Všetky nasledujúce výpočty berú do úvahy úsporu energie 18%. Výpočty boli kalkulované firmou GB Consulting, s.r.o. v rámci štúdie uskutočniteľnosti a hodnota 18 bola zvolená z dôvodu zachovania rezervy pri výpočtoch.

**Tabuľka 13: Ročná spotreba energie**

<b>Ročná spotreba v kWh</b>	<b>71 898,00</b>
<b>Ø Cena v Kč za 1 kWh</b>	<b>2,30</b>
<b>Celkom Kč za elektrickú energiu</b>	<b>165 365,00</b>

Zdroj: ŠU (2015)

Ročná spotreba elektrickej energie na meranom úseku verejného osvetlenia činí 71 898 kWh. Pri priemernej cene 2,30 Kč za 1 kWh sa vyšplhajú náklady na 165 365 Kč ročne.

Rozhodnutie zakúpiť ES by stálo firmu ELTODO 89 100 Kč a táto inštalácia by pri 18% úspore energie, ušetrila ročne 29 765,70 Kč. Ako môžeme vidieť z *tabuľky 14*, znamená to, že navrhovaná investícia by sa plne vrátila približne za 3 roky. Firma GB Consulting, s.r.o. garantuje úsporu 15%. Dané číslo vyjadruje minimálnu úsporu energie, ktorú firma zaručuje za každých okolností. Pri úspore 15% by činila ročná úspora 24 804, 75 Kč a návratnosť by sa zvýšila na 3,59 rokov, čo je tiež veľmi prijateľné číslo.

#### **Tabuľka 14: Návratnosť investície**

18% úspora energie	Celková investícia	Ročná úspora Kč	Návratnosť investície v rokoch
	<b>89 100,00 Kč</b>	<b>29 765,70 Kč</b>	<b>2,99</b>

Zdroj: ŠU (2015)

*Tabuľka 15* ponúka podrobnejší prehľad o úspore v priebehu dvadsiatich rokov nielen peňažne, ale aj v kWh. Za 5 rokov zariadenie ES usporí 53 924 kWh a 127 801 Kč, za 10 rokov sa už úspora vyšplhá na 107 847 kWh a 265 478 Kč. Pri pohľade na dlhší časový horizont zistujeme, že za 20 rokov fungovania zariadenia ES na danom úseku verejného osvetlenia by inštalácia usporila 215 694 kWh, čo činí až 573 577 Kč.

#### **Tabuľka 15: Vyčíslenie úspory na obdobie 20 rokov**

Úspora za 5 rokov		Úspora za 10 rokov		Úspora za 20 rokov	
kWh	Kč	kWh	Kč	kWh	Kč
53 924	<b>127 801</b>	107 847	<b>265 478</b>	215 694	<b>573 577</b>

Zdroj: ŠU (2015)

## 6.7. Vplyv úspory energie na emisie CO2

Informácia o dosiahnutej úspore energie je posledným chýbajúcim údajom k prepojeniu ekonometrickej a experimentálnej časti práce. Zistenie, že ES dokáže na mestskom osvetlení usporiť až 18,95% nám umožňuje vyčíslit' možnú úsporu emisií CO2 v EÚ.

Z ekonometrického modelu v kapitole 5 sme zistili, že závislosť medzi spotrebou elektrickej energie a emisiami CO2 je pozitívna a vykazuje koeficient o hodnote 0,807538. Hodnota koeficientu je rovnaká či už s použitím FE so štandardnými chybami robustnými vzhľadom na heteroskedasticitu a autokoreláciu náhodných premenných alebo Dicroll a Kraay štandardnými chybami.

Vyčíslenie úspory emisií CO2 je v *tabuľke 16* nižšie. Spomínaná úspora emisií CO2 je počítaná ako súčin koeficientu premennej zastupujúcej spotrebu elektrickej energie a percenta vyjadrujúceho nameranú úsporu elektriny.

$$\text{Úspora emisií CO2} = 0,807538 * \text{úspora energie} \quad (4.)$$

**Tabuľka 16: Úspora emisií CO2**

	Úspora energie 15%	Úspora energie 18%	Úspora energie 18,95%
Koeficient pri spotrebe elektrickej energie	0,807538	0,807538	0,807538
Úspora emisií CO2 (%)	12,11307	14,535684	15,3028451

Zdroj: Vlastné výpočty

Výpočty počítajú s tromi možnými hodnotami úspory energie. S nameranou úsporou 18,95%, s o niečo opatrnejšou hodnotou 18%, ktorá bola používaná aj v štúdiu uskutočniteľnosti a s konzervatívnym odhadom 15%.

Ak budeme predpokladať, že zariadenie ES (alebo podobné) by sa nainštalovalo na všetky elektrické siete v EÚ a dosiahnutá úspora energie by bola rovnaká ako v experimente na ulici Cílkova, 18,95% zníženie spotreby elektrickej energie by znamenalo 15,3% zníženie emisií CO<sub>2</sub>. S opatrnejšou hodnotou 18% dostávame úsporu emisií 14,5%. Rozdiel v daných dvoch záveroch nie je veľký.

Výsledok 15,3% je významným znížením emisií CO<sub>2</sub>, no táto hodnota je až príliš optimistická. Je veľmi pravdepodobné, že výsledný efekt zariadenia, akým je ES, bude dosahovať rôzne výsledky pre rôzne inštalácie. Dosiahnutá úspora totiž závisí na type konkrétnej siete, na ktorú bude ES nainštalované, na výsledok majú tiež vplyv podmienky daného prostredia. ES dosahuje najväčšiu úsporu práve pri inštalácii na osvetlenie. ES je však možné inštalovať na strojovne, hotely, autobusové zastávky, divadlá, komerčné osvetlenia, obytné komplexy, priemyselné zóny, nemocnice, okresné cesty, tunely a i. (© ES electronics s.r.o., 2011). Využitie daného zariadenia je široké, no konečné výsledky sa môžu líšiť prípad od prípadu v závislosti na type inštalácie.

Ak by sme ale brali do úvahy prípad, že by sa zariadenie ES a jemu podobné, použili pre všetko európske osvetlenie, hodnota 18,95% by sa dala považovať za v priemere presné číslo, keďže firma GB Consulting, s.r.o. deklaruje možnú úsporu s hornou hranicou až 25%.

Garantovaná úspora elektrickej energie pri zariadení ES je 15%, ktorú môžeme brať ako minimálnu úsporu pri akejkoľvek inštalácii. Vynásobením koeficientu spotreby energie a čísla 15% dostávame úsporu emisií CO<sub>2</sub> 12,1%. Daný konzervatívnejší výsledok je ďalšou alternatívou vzhľadom na široké možné využitie zariadenia.



## 6.8. Existuje cesta ako zabezpečiť ekologickú Európu bez štátnej podpory?

Na začiatku práce sme sa snažili zistiť, ktorý systém podpory zelenej energie je lepší a menej škodlivý pre súťaživý trh. FIT alebo RPS?

Obe zo spomínaných schém sú založené na princípe štátnej garancie či pomoci pri umiestňovaní nových elektrární rešpektujúcich ekologickú výrobu elektriny. Zelené elektrárne (či už sa jedná o veterné, solárne, bioplynové a i.) budú vždy súťažiť s konvenčnými, pretože zelená elektrina nimi vyrobená, sa dostáva do siete a v závere prichádza ku konečnému spotrebiteľovi rovnako ako ktorákoľvek iná elektrická energia. Diskusie o dotovaní ceny či kvóty budú preto vždy na mieste.

Rozdiel vo vnímaní zariadení, akými je aj ES, a teda zariadení na úsporu elektrickej energie je ten, že ES nie je zdrojom novej zelenej energie, ktorá by mala súperiť s konvenčnou. Inštaláciou podobného zariadenia sa nevytvára nová energia, ale šetrí sa už existujúca a dochádza k jej efektívnejšiemu využívaniu.

Tento spôsob preto nenaruša konkurenčné prostredie na trhu s energiou. Zefektívnenie využívania existujúcej energie je jedna z ciest, ktorou sa EÚ môže priblížiť k svojim ekologickým cieľom a záväzkom.

Z výsledkov ekonomickej návratnosti vyplýva, že zameranie sa na zefektívnenie existujúcich zdrojov energie môže byť nielen ekologické, ale zároveň aj ekonomické. Závery nie sú závislé na dotovanej cene elektriny ani prednostných nákupoch zelenej energie. Investícia môže byť splatená z dosiahnutej úspory za pomerne krátky čas. Finančné prostriedky, ktoré by týmto spôsobom po splatení mesto ušetrilo, by mohli byť napr. využité na nákup ďalších podobných zariadení a napokon i na zveľaďovanie mesta, čo by ocenili najmä jeho obyvatelia.

Samozrejme, efektívnejšie využívanie existujúcich zdrojov nie je dostatočné a rozvoj nových zdrojov zelenej energie je nevyhnutný k zlepšovaniu životného prostredia

(nielen) v EÚ. Navrhovaný spôsob by však určite významne prispel k zníženiu emisií CO<sub>2</sub>, pokiaľ nebude zelená energia natoľko rozvinutá, aby dokázala s overenými konvenčnými zdrojmi energie plne súťažiť.

## 7. Záver

Cieľom práce bolo zhodnotiť vzťah ekonómie a ekológie v EÚ, a teda analyzovať používané systémy podpory zelených energií, potvrdiť a charakterizovať vzťah EKC a zároveň navrhnúť riešenie ako sa priblížiť zeleným cieľom, ktoré si EÚ stanovila, bez štátnych dotácií deformačného charakteru. Hlavný prínos spočíva v aktuálnosti ekonometrického modelu a praktického experimentu. V súčasnej dobe si nie som vedomá, že by bol pre EÚ rovnaký model skúmaný. Takisto experiment v podobe inštalácie úsporného zariadenia na verejné osvetlenie v Prahe dosiaľ nebol na akademickej pôde vykonaný. Výpočty navrhovanej úspory emisií CO<sub>2</sub> tak vychádzajú zo skutočných nameraných čísel a nezakladajú sa len na dôvere k publikovaným odhadom, ktoré môžu podliehať napr. skresleniu za účelom zvyšovania tržieb.

V roku 2005 vošiel do platnosti Kjótsky protokol, ktorého cieľom je zníženie emisií skleníkových plynov. Druhá fáza je určená na obdobie 2013-2020. EÚ si v nej stanovila za cieľ znížiť emisie CO<sub>2</sub> o 20% vzhľadom na hodnoty z roku 1990. Zatiaľ sa zdá byť v dodržovaní záväzkov úspešná. Za obdobie 2008-2020 sa odhaduje, že by mohla stanovený cieľ prekročiť až o 5,6 Gt. CO<sub>2</sub>-eq. K danému záväzku pribudli v roku 2010 v rámci stratégie Európa 2020 ešte 20% zvýšenie energetickej efektívnosti a záväzok 20% zvýšenia podielu energie z OZE.

Dôvodom, prečo posunula Európska únia podporu energie z OZE na popredné miesto v rebríčku svojich priorít nie je len ochrana životného prostredia, ale aj potreba energetickej samostatnosti, zvyšovania konkurencieschopnosti, problém obmedzených zdrojov fosílnych palív či tvorba nových pracovných miest.

Dva hlavné systémy podpory, ktorým sa práca venovala sú FIT a RPS.

FIT je systém založený na fixnej hladine podpory na jednotku elektrickej energie, ktorá je garantovaná na dlhšie obdobie. RPS na druhej strane stanoví množstvo energie z OZE, ktoré sa má v danom roku vyrobiť a výrobca dostane za jej výrobu zelené certifikáty (TGC). Vyrobená energia je obchodovaná na trhu a podlieha tržným podmienkam. Preto má RPS bližšie k tržnému fungovaniu.

V Európe prevláda FIT ako schéma podpory. Mnoho autorov sa zhoduje na tom, že je to najefektívnejšia forma podpory OZE. Jednou z hlavných výhod je absencia hornej hranice pre vyrobenú zelenú energiu. Ďalšími výhodami sú možnosť špecifickej podpory, finančná stabilita pre investorov ako dôsledok dlhodobých zmlúv, administratívna jednoduchosť či nižšie dodatočné náklady. Úspešnosť FIT systému sa preukázala aj pri rozvoji veternej energie v Nemecku a Španielsku. Nevýhody FIT zahrňujú závislosť na odhadoch vlád, možnosť nadmerných ziskov a zlú prispôsobivosť zmenám v nákladoch, keďže meniť zabehnutý tarif je obtiažne. FIT je preferovaným systémom pre rozvinuté technológie, no efektivitu dosahuje len v národnom meradle. V paneurópskom fungovaní sa považuje za neefektívny. Preto sa v EÚ od nej plánuje od roku 2017 úplne upustiť.

Nepopierateľným kladom systému RPS je garancia splnenia určeného cieľa ako objemu OZE v sieti. RPS ďalej podporuje súťaž na trhu, zvyhodňuje menej nákladné technológie a je riadený tržnými silami. Okrem spomenutých kladov má však aj značné nedostatky. Za hlavný nedostatok, ktorý sa stretol s kritikou mnohých autorov, sa dá považovať, že RPS brzdí inovácie, keďže zvyhodňuje rozvinuté technológie. Stanovenie pevnej kvóty tiež obmedzuje veľkosť trhu. Ďalšími nevýhodami sú zvyhodňovanie veľkých firiem a rozvinutých technológií či nadmerné zisky.

Spoločným znakom oboch systémov je, že vytvárajú umelý dopyt po elektrine a ovplyvňujú jej cenu. Vyššiu cenu zaplatia v konečnom dôsledku spotrebiteľia, i keď v prípade FIT je cena o čosi nižšia. Univerzálny systém podpory OZE neexistuje. Ideálny spôsob by mal byť ušitý na mieru a mal by sa skladať z kombinácie rôznych systémov, pričom nastavenie a monitorovanie systému, inštitucionálne zmeny, tréning a vzdelávanie v oblasti sú dôležitejšie než samotná forma podpory.

Napriek tomu, že obe z opisovaných schém svojím spôsobom ovplyvňujú trh s energiou, v počiatočných fázach vývoja OZE je podpora zo strany štátu žiaduca, na čom sa zhodne väčšina kritikov i zástancov oboch prístupov. Dôležité je, aby sa miera podpory postupom času znižovala s tým, ako sa daná technológia rozvíja. Tým sa zaručí zachovanie prvotného zámeru dotácií, a to podporovať OZE pokiaľ nebudú schopné konkurovať konvečným zdrojom energií.

Zákonodarcovia sa väčšinou musia rozhodovať medzi ekonomickým rastom a zachovaním životného prostredia. Teória environmentálnej Kuznetsovej krivky (EKC) ale tvrdí, že v počiatočných fázach rozvoja sa s ekonomickým rastom zvyšuje miera znečistenia, no po dosiahnutí určitého bodu sa závislosť láme a klesá. Hovoríme o EKC v tvare obráteného U. Za EKC hypotézou stoja tri faktory. Prvým z nich je efekt úspor z rozsahu, druhým je kompozičný efekt a tretím je efekt indukovaných techník. V počiatkoch rozvoja prevláda efekt úspor z rozsahu, ktorý je však s rozvojom prebitý zvyšnými dvoma efektmi, čo má za následok zlepšovanie životného prostredia.

V súčasnosti nemôžeme tvrdiť, že by existovalo jednoznačné potvrdenie EKC. Názory autorov prác z celého sveta sa rozchádzajú a prinášajú veľmi odlišné výsledky. Odlišnosti môžu byť dôsledkom rozdielov v skúmanom období, území, druhu emisií, formy premenných, použitých metód, funkčných foriem či doplňujúcich premenných. V dôsledku toho sa líšia výsledky štát od štátu a rozdiely existujú aj v záveroch pre rozvinuté a rozvojové krajiny. Jeden z názorov tvrdí, že vzťah HDP a znečistenia je príliš komplexný koncept na to, aby bol zúžený len na EKC. Použité modely navyše zlyhávajú nielen v použitých technikách, ale aj v predpoklade homogenity štátov a klamlivej regresie. Zavedená politika môže byť v konečnom dôsledku dôležitejšia než samotné HDP krajiny a EKC nemusí byť schopná zachytiť cezhraničný efekt znečistenia. Motivácia internalizovať globálne znečistenie na lokálnej úrovni je totiž častokrát veľmi malá.

Ekonometrická analýza bola vykonaná na vzorke 28 štátov EÚ za obdobie 1990-2013. Cieľom bolo potvrdiť či vyvrátiť existenciu EKC krivky v tvare

obráteneho U. Pre analýzu bola použitá metóda fixných efektov upravená o autokoreláciu a heteroskedasticitu náhodných premenných a následne aj Discroll a Kraay štandardné chyby, ktoré berú do úvahy závislosti medzi štátmi. Výsledky hovoria, že 1% zvýšenie HDP povedie k 0,550205% zníženiu emisií CO<sub>2</sub> a po dosiahnutí zlomového bodu o hodnote \$50 504,94004 sa závislosť láme. 1% zvýšenie HDP potom spôsobí 0,0254023% zvýšenie emisií CO<sub>2</sub>. Výsledky sú štatisticky významné na 5% a 10%, pričom za použitia Discroll a Kraay štandardných chýb klesne hladina dokonca na 1% pri oboch premenných.

Z výsledkov by sa mohlo zdať, že EKC vykazuje v EÚ skôr tvar normálneho U, no pri pohľade na dáta je vidieť, že iba 45 zo 672 pozorovaní prekračuje hranicu zlomového bodu a väčšina ostatných je ďaleko pod ňou. EÚ sa teda pravdepodobne momentálne nachádza na klesajúcej časti EKC krivky obráteneho U a smeruje skôr k tvaru N. Pre väčšinu štátov je však zlomový bod príliš ďaleko na to, aby bol príčinou obáv. Koeficient pri druhej mocnine HDP (0,0254023) je navyše veľmi malý a môže byť preto považovaný za zanedbateľné číslo. Vzhľadom na veľkosť dátového súboru sú výsledky relevantné aj napriek porušeniu niektorých podmienok (napr. normality).

Existencia klasickej EKC krivky teda nebola vylúčená, ale ani jednoznačne potvrdená. Dôvodom môžu byť odlišnosti medzi jednotlivými štátmi únie.

Jedným z možných riešení by mohlo byť rozkúskovanie zložky EÚ na menšie podcelky vzhľadom na úroveň bohatstva členských štátov. Ďalším z riešení k dosiahnutiu väčšej presnosti je rozšírenie skúmaného obdobia. Pri niektorých premenných (napr. počet áut na 1000 obyvateľov) je však problematické získať dáta z obdobia pred rokom 1990 a staršie. Takisto, napr. Česká a Slovenská republika tvorili v minulosti jeden spoločný štát, a preto je separácia dát za jednotlivé krajiny zvlášť obtiažna.

Posledná časť práce obsahuje experiment v podobe inštalácie zariadenia Energy saver (ES) na skúšobnú dobu jedného mesiaca na verejné osvetlenie na ulici Cílkova na

Prahe 12. Elektrické siete v súčasnosti čelia problémom ako nízky účinník, deformácia napätia vyššími harmonickými a prechodovými dejmi. ES znižuje straty vzniknuté vedením elektrickej energie a optimalizuje napätie v sieti. Týmto spôsobom je dosiahnutá úspora energie.

Výsledkom inštalácie ES klesla spotreba z 3480,6 kWh na 2821,1 kWh. Dosiadnutá úspora je teda vyčíslená na 18,95%.

Premenná vyjadrujúca spotrebu elektrickej energie zo skúmaného ekonometrického modelu sa ukázala štatisticky významnou na 1% hladine významnosti. Zvýšenie spotreby elektrickej energie o 1% vedie podľa výsledkov k 0,80% zvýšeniu emisií CO<sub>2</sub>. Daný koeficient bol vynásobený hodnotou úspory (18,95%), čím sme dostali 15,3% úsporu emisií CO<sub>2</sub>. Daná úspora by mohla byť dosiahnutá pri inštalácií podobných zariadení na elektrické siete v EÚ. Keďže sa však dosiahnutá úspora môže líšiť od konkrétneho typu inštalácie, alternatívou je aj konzervatívnejší výsledok 12,1% zníženia emisií CO<sub>2</sub> pri 15% úspore elektrickej energie.

Rozdiel vo vnímaní zariadení na šetrenie elektrickej energie je ten, že nie sú zdrojom novej zelenej energie, ktorá by mala súperiť s konvenčnou. Inštaláciou sa šetrí už existujúca energia a dochádza k jej efektívnejšiemu využívaniu. Tento spôsob preto nenarúša konkurenčné prostredie na trhu.

Záveru nie sú závislé na dotovanej cene elektriny ani prednostných nákupoch zelenej energie. Investícia môže byť splatená z dosiahnutej úspory za pomerne krátky čas (3 roky). Ekologické tak môže byť za určitých podmienok ekonomické. Finančné prostriedky, ktoré by týmto spôsobom po splatení mesto ušetrilo, by mohli byť napr. využité na nákup ďalších podobných zariadení a napokon i na zveľadovanie mesta, čo by ocenili najmä jeho obyvatelia.

Efektívnejšie využívanie existujúcich zdrojov ale nie je dostatočné a rozvoj nových zdrojov zelenej energie je nevyhnutný k zlepšovaniu životného prostredia v EÚ. Navrhovaný spôsob by však určite významne prispel k znižovaniu emisií CO<sub>2</sub> do

doby, pokým nebudú OZE natoľko rozvinuté, aby dokázali s overenými konvenčnými zdrojmi energie plne súťažiť. Zefektívnenie využívania existujúcej energie je teda jednou z ciest, ktorou sa EÚ môže priblížiť k svojim ekologickým cieľom a záväzkom.



## Zdroje

AGENCY, Compiled by the Central Intelligence. *The world factbook 2012* [online]. Dulles, Va: Potomac, 2012 [cit. 2015-04-25]. ISBN 978-161-2345-185. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2012/index.html>

AGENCY, Compiled by the Central Intelligence. *The world factbook 2013* [online]. Washington, D.C: Potomac Books, 2013 [cit. 2015-04-25]. ISBN 978-161-2346-212. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2013/>

AHMAD R. M., Al Sayed a Sek SIOK KUN. Environmental Kuznets Curve: Evidences from Developed and Developing Economies. *Applied Mathematical Sciences*, [online]. 2013, Vol. 7, no. 22, 1081 - 1092 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.m-hikari.com/ams/ams-2013/ams-21-24-2013/sekAMS21-24-2013.pdf>

ASLANIDIS, Nektarios Aslanidis. Environmental Kuznets Curves for Carbon Emissions: A Critical Survey. *FEEM Working Paper* [online]. 2009, 75.2009 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.feem.it/userfiles/attach/20091118173435475-09.pdf>

BAKIRTAS, Ibrahim, Seyhat BAYRAK a Atalay CETIN. Economic Growth And Carbon Emission: A Dynamic Panel Data Analysis. *European Journal of Sustainable Development* [online]. 2014, vol. 3, issue 4, s. 91-102 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.14207/ejsd.2014.v3n4p91. Dostupné z: <http://ojs.ecsdev.org/index.php/ejsd/article/view/180/172>

BJALONČÍK, Matej. *KOMPENZÁCIA UČINNÍKA ELEKTRICKÝCH ZARIADENÍ* [online]. Žilina, 2008 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/Clanky\\_studentov/Bjaloncik,%20M.%20Kompencacia%20ucinika%20elektrickyh%20zariadeni.pdf](http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/Clanky_studentov/Bjaloncik,%20M.%20Kompencacia%20ucinika%20elektrickyh%20zariadeni.pdf). Ročníkový projekt. Žilinská univerzita v Žiline.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources*. Brussels, 2008b. COM(2008) 19 final [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008PC0019>

CARSON, RICHARD T., YONGIL JEON a DONALD R. MCCUBBIN. The relationship between air pollution emissions and income: US Data. *Environment and Development Economics* [online]. 1997, vol. 2, issue 4, s. 433-450 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.1017/S1355770X97000235. Dostupné z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S1355770X97000235](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1355770X97000235)

COUTURE, Toby a Yves GAGNON. An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. *Energy Policy* [online]. 2010, vol. 38, issue 2, s. 955-965 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.10.047. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421509007940>

DONFOUET, Hermann P. P., P. Wilner JEANTY a Eric MALIN. A Spatial Dynamic Panel Analysis of the Environmental Kuznets Curve in European Countries. *WP* [online]. June 2013, 2013-18 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://crem.univ-rennes1.fr/wp/2013/201318.pdf>

EKINS, Paul. *Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth*. New York: Routledge, 2000, xi, 374 p [cit. 2015-04-25]. ISBN 04-151-7333-7.

ESPEY, Simone. Renewables portfolio standard: a means for trade with electricity from renewable energy sources?. *Energy Policy* [online]. 2001, vol. 29, issue 7, s. 557-566 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/S0301-4215(00)00157-9. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421500001579>

EUROPEAN COMMISSION. *EU Transport in Figures: Statistical Pocket Book*. 2000 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.uni-mannheim.de/edz/pdf/2000/transstat.pdf>

FOUQUET, Doerte a Thomas B. JOHANSSON. European renewable energy policy at crossroads—Focus on electricity support mechanisms. *Energy Policy* [online]. 2008, vol. 36, issue 11, s. 4079-4092 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.06.023. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508003078>

MINER, Mark. Feed In Tariffs (FIT). *Neural Energy* [online]. 2013, 2013-9-12 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.neuralenergy.info/2009/06/fit.html>

FRÄSS-EHRFELD, Clarisse. *Renewable energy sources: a chance to combat climate change* [online]. Frederick, MD: Sold and distributed in North, Central, and South America by Aspen Publishers, c2009, xxiv, 610 p. [cit. 2014-12-23]. Climate change law, policy, and practice series, v. 1. ISBN 90-411-2870-0. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=UmAOYM06PXcC&pg=PA263&lpg=PA263&dq=The+electricity+is+paid+for+through+purchase+obligation+which+is&source=bl&ots=5Xtyq7WjGU&sig=VURip2gHHsBAsvZqtW6VQBmQQ3s&hl=sk&sa=X&ei=-xuDVK28GcqfPd3rgKAF&ved=0CDUQ6AEwAg#v=onepage&q=The%20electricity%20is%20paid%20for%20through%20purchase%20obligation%20which%20is&f=false>

GROBA, Felix, Joe INDVIK a Steffen JENNER. *Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-in Tariffs in European Union Countries*. DIW Berlin, 2011. Discussion Papers [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.390079.de/dp1176.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.390079.de/dp1176.pdf)

GROSCURTH HM, BEECK H, ZISLER S. Erneuerbare Energien im liberalisierten Markt. *Elektrizitätswirtschaft* 2000;24:26–32. Podľa: RINGEL, Marc. Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates. *Renewable Energy* [online]. 2006, vol. 31, issue 1, s. 1-17 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.renene.2005.03.015. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148105000789>

HAAS, R. et al. How to promote renewable energy systems successfully and effectively. *Energy Policy* [online]. 2004, vol. 32, issue 6, s. 833-839 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/S0301-4215(02)00337-3. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421502003373>

HELD, Anne et al. *Design features of support schemes for renewable electricity* [online]. Ecofys, 2013 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/2014\\_design\\_features\\_of\\_support\\_schemes.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/2014_design_features_of_support_schemes.pdf)

HERCEGOVÁ, Katarína. *Economics of environmental protection in the European Union* [online]. Praha, 2005 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://digitool.is.cuni.cz/R/-?func=dbin-jump-full&object\\_id=19384&silo\\_library=GEN01](http://digitool.is.cuni.cz/R/-?func=dbin-jump-full&object_id=19384&silo_library=GEN01). Diplomová práca. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. František Turnovec, Csc.

JACOBSSON, Staffan, et al. EU renewable energy support policy: Faith or facts?. *Energy Policy* [online]. 2009, vol. 37, issue 6, s. 2143-2146 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.02.043. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421509001347>

KAIKA, Dimitra, Efthimios ZERVAS a Efthimios ZERVAS. Searching for an Environmental Kuznets Curve (EKC)-pattern for CO2 emissions. THOMAS, Gregoire et al. *Recent researches in energy, environment and landscape architecture* [online]. Greece: WSEAS Press, 2011, s. 19-24 [cit. 2015-04-25]. ISBN 978-1-61804-052-7.

KYDES, Andy S. Impacts of a renewable portfolio generation standard on US energy markets. *Energy Policy* [online]. 2007, vol. 35, issue 2, s. 809-814 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2006.03.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421506001169>

LAKSHMI, T. Subba a Naresh Chandra SAHU. Validity of environmental kuznets curve: Some review findings. *E3 Journal of Environmental Research and Management EJERM* [online]. July 2012, Vol. 3(6), s. 0108-0113 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.e3journals.org/cms/articles/1343015358\\_Naresh.pdf](http://www.e3journals.org/cms/articles/1343015358_Naresh.pdf)

LESSER, Jonathan A. a Xuejuan SU. Design of an economically efficient feed-in tariff structure for renewable energy development. *Energy Policy* [online]. 2008, vol. 36, issue 3, s. 981-990 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.11.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421507004983>

- LOVINFOSSE, Isabelle de. *RES-E support schemes in Europe*. © ECOFYS. 19.04.2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/Ecofys/rese-support-schemes-in-europe>
- MAZZANTI, Massimiliano, Anna MONTINI a Roberto ZOBOLI. Economic Dynamics, Emission Trends and the EKC Hypothesis New Evidence Using NAMEA and Provincial Panel Data for Italy. *Working Papers* [online]. 2007, 2007.24 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL2007/NDL2007-024.pdf>
- MARTÍNEZ-ZARZOSO, Inmaculada a Aurelia BENGOCHEA-MORANCHO. Pooled mean group estimation of an environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub>. *Economics Letters* [online]. 2004, vol. 82, issue 1, s. 121-126 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.1016/j.econlet.2003.07.008. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165176503002519>
- MUÑOZ, Miquel et al. Harmonization of renewable electricity feed-in laws in the European Union. *Energy Policy* [online]. 2007, vol. 35, issue 5, s. 3104-3114 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2006.11.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421506004320>
- NELL, Christopher a Stefan ZIMMERMANN. *Summary based on Chapter 12 of Baltagi: Panel Unit Root Tests*. University of Vienna, 2011 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pan2011\\_pres\\_nell.pdf](http://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pan2011_pres_nell.pdf)
- NILSSON, Måns a NILSSON. The rise and fall of GO trading in European renewable energy policy: The role of advocacy and policy framing. *Energy policy-Oxford: Elsevier* [online]. 2009, issue 11, vol. 37, p. 4454-4463 [cit. 2014-12-23]. DOI: 0301-4215. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509004078>
- PARASKEVOPOULOS, Dimitrios. *An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Over Two Centuries: Evidence from the UK and US* [online]. Thessaloniki, October 2009 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/13512/1/ParaskevopoulosMsc2009.pdf>. Master Thesis. University of Macedonia. Vedoucí práce Theodore Panagiotidis.
- PONCE DE LEON BARIDO, Diego a Julian D. MARSHALL. Relationship between Urbanization and CO<sub>2</sub> Emissions Depends on Income Level and Policy. *Environmental Science* [online]. 2014, vol. 48, issue 7, s. 3632-3639 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.1021/es405117n. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es405117n>
- POPUTOAIA, Diana M.Sc. a Matthias Phd. FRIPP. *Eu experience with tradable green certificates and feed-in-tariffs for renewable electricity support* [online]. 2008 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://manoa.hawaii.edu/reis/wp-content/files\\_mf/1325550844\\_magicfields\\_reis-publications-pdf\\_1\\_1.pdf](http://manoa.hawaii.edu/reis/wp-content/files_mf/1325550844_magicfields_reis-publications-pdf_1_1.pdf)

SHAHRIN, Azmi, Abdul HALIN a Abg NAILI. *Introduction to Environmental Kuznets Curve (EKC)*. 2007 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://economics.dstcentre.com/Introduction%20to%20Environmental%20Kuznets%20Curve%20By%20Azmi%20Shahrin.pdf>

SMOLKO, Peter. *EKONOMETRICKÉ MODELOVANIE SPOTREBY ENERGIE Z FOSÍLIÍ* [online]. Bratislava, 2011 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2011/smolko/diplomovka.pdf>. Diplomová práca. UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE. Vedoucí práce Doc. RNDr. Július Vanko, PhD.

SOHEILAKHOSHNEVIS, Yazdi a Shakouri BAHRAM. The econometric model for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, foreign trade, financial development and urbanization of Iran. *Journal of Environmental Research And Development* [online]. January-March 2014, Vol. 8, No. 3A [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.jerad.org/dispatchabstract.php?vID=1166>

STERN, David I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development* [online]. 2004a, vol. 32, issue 8, s. 1419-1439 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.1016/j.worlddev.2004.03.004. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X04000798>

STERN, DAVID I. Environmental Kuznets Curve. *Encyclopedia of Energy* [online]. 2004b, Volume 2 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.sterndavidi.com/Publications/EKC.pdf>

SWIDER, Derk J. Et al. Conditions and costs for renewables electricity grid connection: Examples in Europe. *Renewable Energy* [online]. 2008, vol. 33, issue 8, s. 1832-1842 [cit. 2015-04-25]. DOI: 10.1016/j.renene.2007.11.005. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148107003631>

TOKE, David. The EU Renewables Directive—What is the fuss about trading?. *Energy Policy* [online]. 2008, vol. 36, issue 8, s. 3001-3008 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.04.008. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508001869>

UBAIDILLAH, Nur Zaimah, Lorritta DECKER, Rossazana Ab. RAHIM a Farhana ISMAIL. THE NEXUS BETWEEN TRADE OPENNESS AND CO2 EMISSIONS IN SELECTED BIMP-EAGA COUNTRIES. *BIMP-EAGA Journal of Sustainable Tourism Development* [online]. 2013, Volume 2., No. 2., s. 29-39 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/journalsustainabletourism/2013v2n2p03>

ÚRSO. *Porovnanie podpory OZE a výkupných cien elektriny vyrobenej z OZE v okolitých krajinách*. Martin, 2014 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/Vykupne-ceny-OZE-v-EU-2014.pdf>

VITALITA. Bratislava: Via Vitalita, s.r.o., 2015, roč. 14, Apríl [cit. 2015-04-25]. ISSN 1335-9134

YANDLE, Bruce, Maya VIJAYARAGHAVAN a Madhusudan BHATTARAI. The Environmental Kuznets Curve: A Primer. *PERC Research Study* [online]. May 2002, 02-1 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.maclester.edu/~wests/econ231/yandleetal.pdf>

## Internetové zdroje

BEFRA ELEKTROSERVIS. Kompenzácia účinníka. *Befra Elektroservis* [online]. © 2014 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.befra.sk/kompenzacia-ucinnika>

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT: The support of electricity from renewable energy sources* [online]. Brussels, 2008a [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/energy/climate\\_actions/doc/2008\\_res\\_working\\_document\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_working_document_en.pdf)

*ECONSTATS* [online]. © 1999-2013 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.econstats.com>

*Economy Watch: Follow the Money* [online]. © Economywatch.com, 2014 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.economywatch.com>

© ES ELECTRONICS S.R.O. *ES electronics* [online]. 2011 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.eselectronics.eu>

EUROPEAN COMMISSION. The 2020 climate and energy package. *European Commission* [online]. © 2014, 2014-12-11 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm)

EUROPEAN COMMISSION. *Report from the Commission to the European parliament and the Council: Progress towards achieving the Kyoto and EU 2020 objectives*. COM(2014) 689 final. Brussels, 2014b [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/EN/1-2014-689-EN-F1-1.Pdf>

EUROPEAN COMMISSION. Energy Efficiency: Energy Efficiency Directive. *European Commission* [online]. 2014c [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm)

EUROPEAN COMMISSION. Reducing CO2 emissions from passenger cars. *European Commission* [online]. 2015, 24/04/2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm)

EUROPEAN COMMUNITIES. *GREEN PAPER: Towards a European strategy for the security of energy supply* [online]. 2001 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green\\_paper\\_energy\\_supply\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green_paper_energy_supply_en.pdf)

GREENPEACE. The Kyoto Protocol, Renewable energy targets, Renewable energy policy agenda. *Green Peace* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/usa/en/campaigns/global-warming-and-energy/energyrevolution/Climate-protection-and-energy-policy/The-Kyoto-Protocol/>

INTERNATIONAL TRADE ADMINISTRATION. EU Renewable energy. Export.gov: Helping U.S. Companies Export [online]. 2014, 2014-5-30 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.export.gov/europeanunion/renewableenergy/index.asp>

*International Transport Forum* [online]. © International Transport Forum/OECD, 2014 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://internationaltransportforum.org/about/about.html>

THE WORLD BANK. The World Bank Open Data. *The World Bank* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://data.worldbank.org>

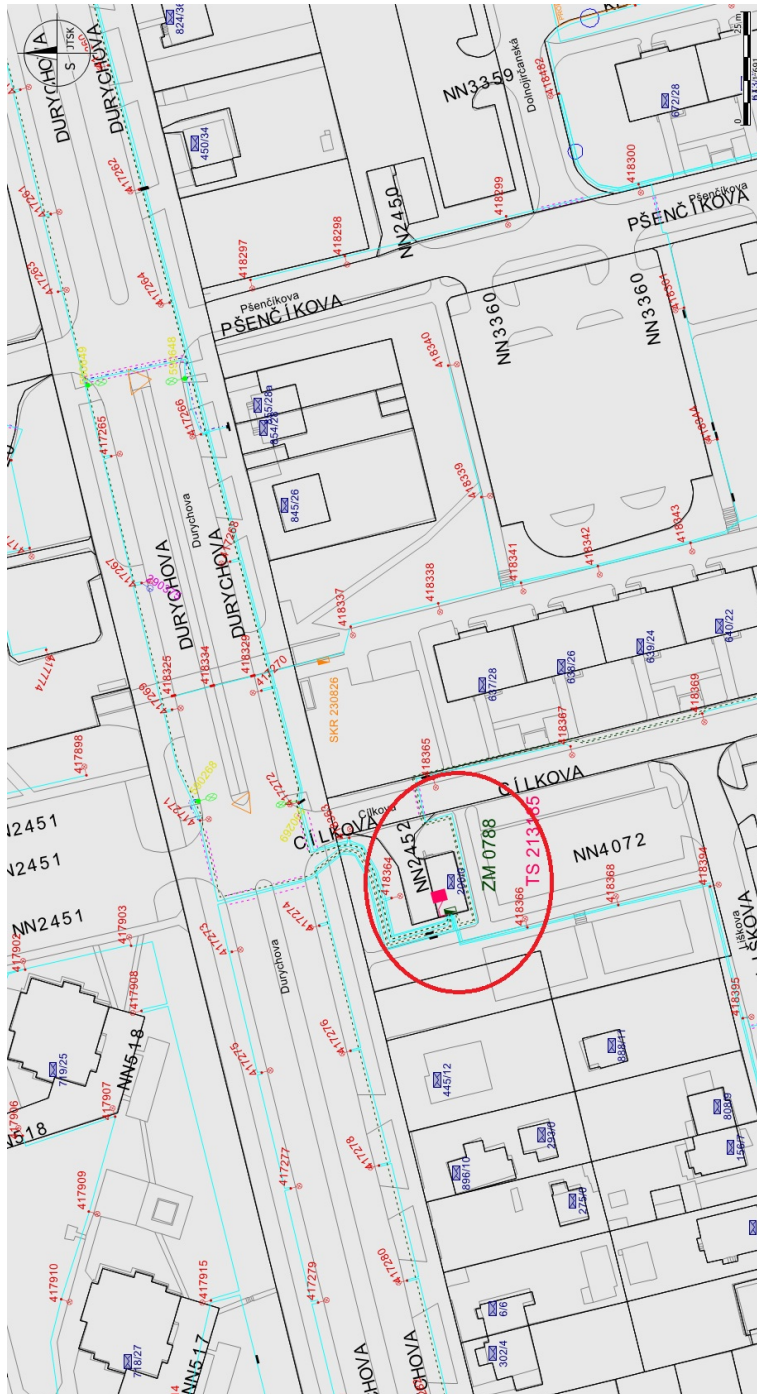
*UNECE: Statistical database* [online]. © United Nations Economic Commission for Europe, 2011 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://w3.unece.org/pxweb/>

UNITED NATIONS. Status of Ratification of the Kyoto Protocol. *United Nations: Framework Convention on Climate Change* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/status\\_of\\_ratification/items/2613.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php)

UNITED NATIONS. Kyoto Protocol. *United Nations: Framework Convention on Climate Change* [online]. © 2014b [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

# Apendix A: Obrázky

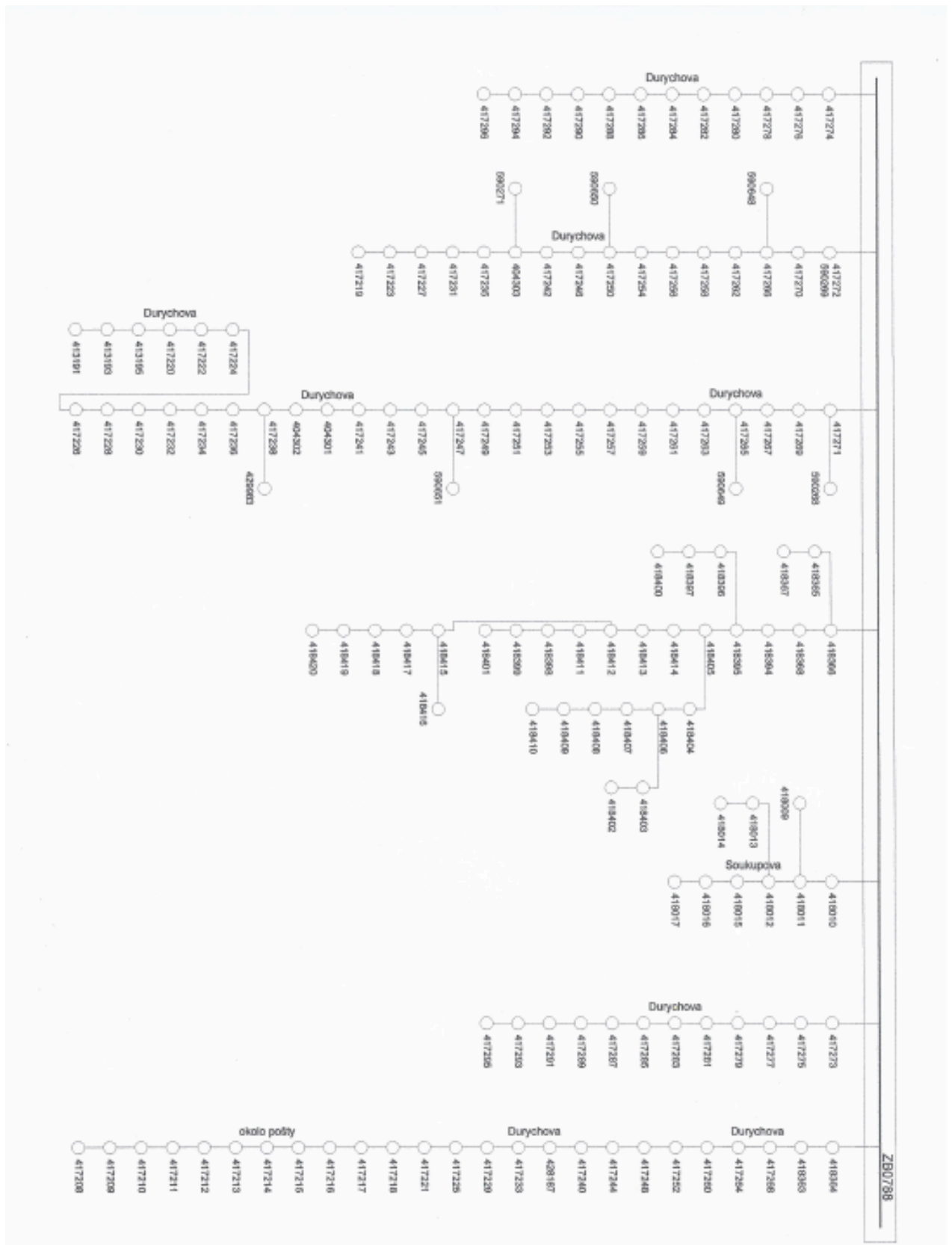
Obrázok 9: Umiestnenie ES



Zdroj: šU (2015)



Obrázok 10: Línová schéma



Zdroj: Šu (2015)

---

## Apendix B: Príkazy v programe stata

- `xtset state year`
- `xtsum`
- `correlate logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2`
- `hadimvo logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, gen(odd)`
- `reg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2`
- `vif`
  
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, fe`
- `estimates store fe`
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, re`
- `estimates store re`
- `hausman fe re, sigmamore`
  
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, fe`
- `xttest3`
  
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, fe`
- `xtcsd, pesaran abs`
  
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, fe vce(cluster state)`
- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2 if ~odd, fe vce(cluster state)`
  
- `xtscd logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, lag(1) fe`
- `xtscd logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2 if ~odd, lag(1) fe`

- `xtreg logCO2 logEnergy logOPEN logTOWN logPassengercars logUnemploy_n logGDP logGDP2, fe cluster(state)`
- `predict u_hat, u`
- `histogram u_hat, normal`