



LUT-kauppakorkeakoulu

Kauppateiden kandidaatintutkielma

Talousjohtaminen

**Ympäristön ja taloudellisen tilan suhde EU-maissa ja
ympäristönsuojelumenojen yhteys havaittuun suhteeseen**

**The relationship between environment and economy in the EU countries and
environmental protection expenditure connected to the observed relationship**

8.1.2020

Tekijä: Essi Mustonen

Ohjaaja: Heli Arminen

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Essi Mustonen
Tutkielman nimi:	Ympäristön ja taloudellisen tilan suhde EU-maissa ja ympäristönsuojelumenojen yhteys havaittuun suhteeseen
Akateeminen yksikkö:	LUT-kauppakorkeakoulu
Koulutusohjelma:	Kauppatieteet / Talousjohtaminen
Ohjaaja:	Heli Arminen
Hakusanat:	Ympäristötaloustiede, EKC, Ympäristönsuojelumenot

Tämän kandidaatintutkielman tarkoitus on tutkia taloudellisen tilan vaikutusta ympäristöongelmien tasoon Euroopan Unionin alueella. Talouden ja ympäristön suhdetta tutkitaan ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän avulla. Uutena ulottuvuutena työssä tarkastellaan ympäristönsuojelumenoja EU-maissa. Tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita selvittämään näiden menojen suhdetta taloudelliseen asemaan. Samalla voimassa on oletus, että ympäristönsuojelumenot parantavat ympäristön tilaa.

Tutkielma on toteutettu kvantitatiivisena tutkimuksena. Analyysin pohjana on paneelidata, jossa on tietoa EU-maiden taloudellisista ja ympäristön tilaan linkittyvistä muuttujista. Paneelidataa analysoidaan kiinteiden ja satunnaisten vaikutusten estimaattoreilla. Testattavissa malleissa ympäristöongelmia kuvataan hiilidioksidipäästöillä ja kasvihuonekaasuilla. Selittävinä muuttujina EKC-hypoteesin mukaisesti toimii bruttokansantuote sekä sen neliö. Kontrollimuuttujiksi on valittu energian kulutus ja ympäristönsuojelumenot.

Tutkimuksen tulokset osoittavat ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän toteutuvan molemmille ympäristöongelmien indikaattoreille, hiilidioksidipäästöille sekä kasvihuonekaasuille. Tilastollisesti merkitseviä tuloksia antoi kaksi mallia. Ympäristönsuojelumenojen yhteys ilmiöön ei ole yksiselitteinen. Aineiston mukaan ympäristönsuojelumenot ovat kuitenkin vahvemmin yhteydessä bruttokansantuotteeseen kuin päästöihin.

ABSTRACT

Author: Essi Mustonen

Title: The relationship between environment and economy in the EU countries and environmental protection expenditure connected to the observed relationship

Faculty: School of Business and Management

Degree programme: Business Administration / Financial Management

Supervisor: Heli Arminen

Keywords: Environmental Economics, EKC, Environmental Protection Expenditure

This bachelor's thesis aims to examine the relationship between income and environmental degradation in the European Union. Environmental Kuznets curve is applied to find the relationship between the income and environment. As a new perspective, environmental protection expenditure in the EU countries is examined. The research takes interest in finding how the environmental protection expenditure is connected to the economic conditions. At the same time, it is assumed that environmental protection expenditure reduces the environmental degradation.

In this thesis, quantitative methods are used. A panel data set, which includes economically and environmentally linked variables, works as a base of the analysis. Fixed and random effects estimators are utilized to analyze the panel data. Carbon dioxide emissions and greenhouse gases represent the level of environmental degradation. According to the EKC hypothesis, gross domestic product and squared gross domestic product are used as explanatory variables. Energy consumption and environmental protection expenditure are used as control variables.

As a result of this study, the environmental Kuznets curve is present for both indicators of environmental degradation, carbon dioxide and greenhouse gases. Statistically significant results can be seen in two models. The connection of the hypothesis and environmental protection expenditure is not unambiguous. However, there is some evidence that environmental protection expenditure is strongly linked with gross domestic product but not with emissions.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
1.1. Tutkimuksen tausta ja tutkimuskysymykset	2
1.2. Työn rajaus	3
1.3. Tutkimusmenetelmät ja aineisto	4
1.4. Teoreettinen viitekehys	5
1.5. Tutkimuksen rakenne	6
2. Talouskasvu, ympäristö ja niihin liittyvät käsitteet	6
2.1. Talouskasvu ja bruttokansantuote	6
2.2. Ekologinen taloustiede ja vihreä kasvu	9
2.3. Ympäristöpolitiikka ja saasteiden ehkäisy	10
2.4. Ympäristönsuojelumenot	12
2.5. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä	14
2.5.1. Teoreettinen selitys.....	16
2.5.2. Aikaisempi tutkimus.....	19
2.5.3. EKC-hypoteesin kritiikki.....	21
3. Aineisto ja Kuznets-käyrän estimointi	22
3.1. Data	22
3.2. Estimointimenetelmät	24
3.3. Estimointimenetelmän valinta	27
4. Tulokset	29
4.1. Käännepointe	31
4.2. Ympäristönsuojelumenojen yhteys ilmiöön	33
4.3. Rajoitteet ja luotettavuus	33
5. Johtopäätökset	35
Lähdeluettelo	38

LIITELUETTELO

Liite 1. Talouskasvun ja ympäristön mahdolliset suhteet

Liite 2. Muuttujien ja niiden muunnosten kuvailu

Liite 3. Muuttujien jakaumat

Liite 4. Logaritmisten muuttujien jakauma

Liite 5. Tutkielmassa käytetyt tilastolliset merkitsevyystasot

Liite 6. Muuttujien ja niiden muunnosten korrelaatiomatriisit

Liite 7. Muuttujien kehitys ajassa EU-alueella

KUVIOLUETTELO

Kuva 1. Teoreettinen viitekehys

Kuva 2. Bruttokansantuotteen muodostuminen

Kuva 3. Bruttokansantuotteen kehitys EU:ssa

Kuva 4. CO₂-päästöjen kehitys EU:ssa

Kuva 5. Ympäristönsuojelumenojen kehitys EU:ssa

Kuva 6. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Esimerkkejä EKC-hypoteesiin liittyvistä tutkimuksista

Taulukko 2. Testattavat mallit

Taulukko 3. Estimointimenetelmään vaikuttavien testien tulokset

Taulukko 4. Parametrien arvot malleille

Taulukko 5. Kertoimien perusteella lasketut lakipisteet

Taulukko 6. Esimerkkimaiden bkt:n, päästöjen ja ympäristönsuojelumenojen tarkastelua

LYHENNELUETTELO

BKT:	Bruttokansantuote
EKC:	Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä (Environmental Kuznets Curve)
EU:	Euroopan Unioni
FE:	Kiinteiden vaikutusten estimaattori (Fixed Effects)
IPCC:	Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
OLS:	Pienimmän neliösumman menetelmä (Ordinary Least Squares)
RE:	Satunnaisten vaikutusten estimaattori (Random Effects)

1. Johdanto

Viime vuosikymmeninä globaaliksi ongelmaksi on muodostunut ilmastonmuutos. Sen tuomat ongelmat on yhdistetty vahvasti ihmisen toimintaan, sillä yhteiskunnan teollistumisen jälkeen ympäristössä on havaittu merkittäviä muutoksia. Talouden toiminnan kannalta on elintärkeää ymmärtää ihmisen toimintaa ja siitä johtuvaa ilmastonmuutosta, sillä ilmastonmuutoksen myötä muodostuu riskejä ja epävarmuutta. Informaation epätasainen jakaantuminen ja riskit aiheuttavat ongelmia markkinoiden toiminnalle ja ongelmat heijastuvat ympäristöön. (Stern 2007, 4) Tässä työssä käsitellään Euroopan Unionin taloudellisen tilan vaikutusta ympäristön ongelmiin, joiden eräs ratkaisu on ympäristönsuojeluun panostaminen.

Jätteet ja saasteet ovat vuosikymmenien aikana kumuloituneet ympäristöön aiheuttaen tuhoa globaalisti (Wiesmeth 2012, 29). Toisen maailmansodan jälkeen on alettu kiinnittää huomiota talouskasvuun, mutta vasta 1970-luvulta lähtien on pohdittu, mitä luonnolle tapahtuu sen seurauksena. Kyseisellä vuosikymmenellä esiteltiin Kasvun rajat -aate, joka nosti esiin talouskasvun ja sen mittarin, bruttokansantuotteen (bkt) ongelmat. Seuraavalla vuosikymmenellä kestävä kehityksen politiikka ja myöhemmin myös vihreä bruttokansantuote pyrkivät siirtämään huomiota pelkän talouden lisäksi myös ympäristöön. (Hoffrén 2018, 9-10)

Monet tahot, myös Euroopan Unioni, ovat panostaneet viime vuosikymmeninä ympäristönsuojeluun ja ympäristöriskien minimointiin (Wiesmeth 2012, 46). Silti globaali väestön kasvu kumoaa suuren osan yrityksistä parantaa ympäristön tilannetta (Cropper & Griffiths 2001). Euroopassa ongelmaksi muodostuu väestön kasvun sijaan talouskasvun mahdollistama elintason nousu. Tällä hetkellä tavoitteena on rajoittaa kasvihuonekaasujen aiheuttama ilmaston lämpeneminen 1,5 Celsiusasteeseen (Ympäristöministeriö 2019 a). Jos talouden toimijat jatkavat muuttamatta toimintaansa, ilmastonmuutoksen ennustetaan pahenevan ja sen kaikkia vaikutuksia ei edes osata ennustaa. Siksi taloutta ja markkinoiden toimintaa on pyrittävä muokkaamaan (Stern 2007, 4).

1.1. Tutkimuksen tausta ja tutkimuskysymykset

Tutkielmassa pyritään selvittämään talouskasvun ja ympäristön laadun välistä yhteyttä Euroopan Unionissa. Analyysissä hyödynnetään ympäristötaloudellista Kuznets-käyrää (EKC). EKC-hypoteesin mukaan talouden ja ympäristön suhde on alaspäin aukeavan paraabelin muotoinen (Panayotou 1993). Toisin sanoen, talouskasvu edesauttaa ympäristön tuhoutumista, mutta kasvun saavutettua tietyn pisteen, ympäristön laatu alkaa parantua. Tavoite on siis tutkia, huonontako vai parantaako talouskasvu ympäristön tilaa ja muuttuuko tämä suhde EKC-hypoteesin mukaisesti. Mikäli talouden ja ympäristön suhde EU:ssa on hypoteesin mukainen, olisi mielenkiintoista tietää, missä taloudellisessa tilanteessa käänne piste saavutetaan. Aikaisemman tutkimuksen perusteella EKC:n havaitseminen on mahdollista, mutta talouden ja ympäristön suhde voi olla myös muunlainen (Kijima, Nishide & Ohyama 2010).

On myös kiinnostavaa tutkia, onko ympäristönsuojelumenolla vaikutusta tutkittavaan ilmiöön. Oletettavasti ympäristönsuojeluun panostaminen parantaa ympäristön tilaa. Nämä menot ovat luultavasti positiivisessa riippuvuussuhteessa bruttokansantuotteeseen. Talouskasvulla voi siis olla ympäristön laatua huonontava vaikutus, mutta myös taipumus kasvattaa ympäristönsuojelumenoja. Tämä oletus implikoi, että EKC-hypoteesin mukaisesti käänne pisteen ohittaneissa korkean bruttokansantuotteen maissa kiinnitetään huomiota ympäristöön, jolloin myös ympäristönsuojelumenot ovat suuremmat. Vastaavasti matalan bruttokansantuotteen maissa ympäristönsuojelumenot ovat matalammat ja aluksi ympäristön laatu kärsii talouskasvusta.

Edellisissä kappaleissa pohditut ongelmat on muunnettu tutkimuskysymysten muotoon, jotta niiden tarkastelu olisi mielekkäämpää. Päättökysymys esitetään muodossa:

Millainen vaikutus talouskasvulla on ympäristön tilaan Euroopan Unionissa?

Koska päätutkimuskysymys on koko tutkimuksen kattava laaja kokonaisuus, päätutkimuskysymystä jäsenellään alakysymyksillä. Alakysymykset ovat seuraavat:

1. Miten EKC-hypoteesi toteutuu EU-maissa?

2. Millä tulotasolla käänneaste saavutetaan ja missä tilassa eri EU-maat ovat siihen nähden?

3. Millainen yhteys ympäristönsuojelumenoilla on tutkittavaan ilmiöön?

Oletuksena on, että tutkimusaineistossa talouskasvun ja ympäristöongelmien suhde on joko EKC-hypoteesin mukainen tai vaihtoehtoisesti lineaarisesti laskeva. EKC-hypoteesin toteutuessa voidaan sanoa, että EU-maat ovat olleet tarkastelujaksolla keskenään heterogeenisiä, jolloin jää selvittäväksi maiden suhde käänneasteeseen. EU-maat ovat toisaalta kokonaisuudessaan hyvin kehittyneitä, joten laskeva suora voi olla mahdollinen, jos tulotaso on kehittynyt tarkastelujaksoon verrattuna pidemmällä ajanjaksolla ilmenneen Kuznets-käyrän lakipisteen ohi.

1.2. Työn rajaus

Tässä työssä tutkimuksen kohteena on talouden ja ympäristön suhde. Aihe on laaja ja monimutkainen kokonaisuus, joten lähtökohdaksi on valittu selkeyden vuoksi ympäristötaloustieteellinen Kuznets-käyrä. EKC-hypoteesi siis tiivistää laajan aiheen tähän työhön sopivaksi. Bruttokansantuotteen ja ympäristön laadun yhteyttä on tutkittu jo vuosia, mutta ympäristönsuojelumenot ovat vähemmän huomioitu osa-alue, joten se on mielenkiintoista ottaa mukaan analyysiin.

Maantieteellisesti tutkimus on rajattu Euroopan Unionin sisälle, sillä se muodostaa selkeän kokonaisuuden. EU-komission ylläpitämästä datapankista on saatavilla luotettavaa ja yhtenäistä dataa jäsenmaista, mikä antaa analyysille hyvän pohjan. Aineiston saatavuuden lisäksi EU:n ympäristölainsäädäntö sitoo jokaista maata maan lähtökohdista riippumatta, joten se antaa

mielenkiintoisen pohjan ympäristötaloustieteelliselle aiheelle. Hypoteesin testauksessa tarkempaan tarkasteluun otetaan muutamia eri lähtökohdista tulevia EU-maita. Ajallisesti rajaus tapahtuu aineiston saatavuuden perusteella. Dataa on saatavilla tutkimuksen kannalta riittävästi vuodesta 1995 vuoteen 2018. Monen maan kohdalla säännöllinen tilastointi alkaa vasta Euroopan Unioniin liityttyä.

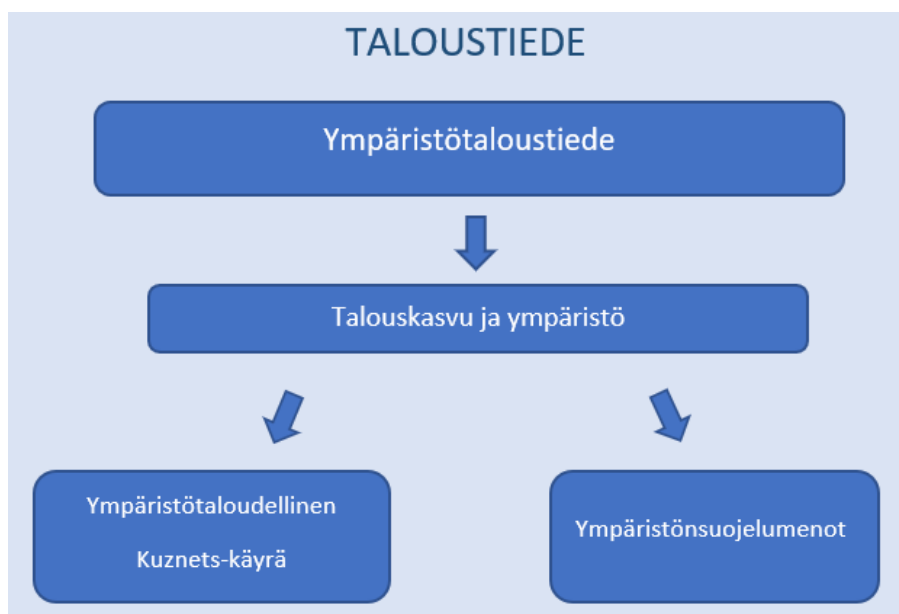
1.3. Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tämä tutkielma toteutetaan määrällisenä eli kvantitatiivisena tutkimuksena. Määrällisessä tutkimuksessa menetelmät painottuvat numeeristen suureiden analysointiin (Heikkilä 2014, 15). Työssä hyödynnetään ekonometrista mallia, eli tutkittava ilmiö on koottu matemaattiseksi yhtälöksi (Hill, Griffiths & Lim 2018, 3). Mallia testataan regressioanalyysillä, tässä tapauksessa paneeliaineistolle sopivilla estimointimenetelmillä. Näitä paneeliaineistolle sopivia menetelmiä ovat yhdistetty pienimmän neliösumman menetelmä (pooled OLS) sekä kiinteiden vaikutusten estimaattori (FE) ja satunnaisten vaikutusten estimaattori (RE). Täydentävillä tilastollisilla testeillä pyritään lisäämään varsinaisen estimoinnin tulosten luotettavuutta.

Työn pohjaksi on kerätty aineistoa Euroopan Unionin maista vuosilta 1995-2018. Aineistoa voidaan sanoa paneeliaineistoksi, sillä se koostuu monesta havaintoyksiköstä, joita on tarkasteltu usealla aikaperiodilla. Havaintoyksiköitä tässä työssä ovat maat ja jokaisesta maasta on havaintoja vuosittain. Aineistossa on dataa maiden hiilidioksidi- eli co₂-päästöistä sekä kasvihuonekaasupäästöistä, bruttokansantuotteesta, energiankäytöstä, sekä ympäristönsuojelumenoista. Näitä muuttujia käytetään muunneltuna ekonometrisen mallin muodostuksessa. Muuttujissa on otettu huomioon populaation koko. Aineisto on peräisin Euroopan komission ylläpitämästä datapankista, Eurostatista. Data on muokattu Excel-ohjelmistolla ja muodostettujen mallien estimointi tapahtuu Stata SE16-ohjelmistolla.

1.4. Teoreettinen viitekehys

Tämä tutkielman teoreettinen viitekehys pohjautuu taloustieteessä keskeiseen teemaan eli talouskasvuun. Perinteinen makrotaloustiede tutkii keskeisesti talouden kasvua, mutta tässä työssä talouskasvu liitetään ympäristötaloustieteelliseen yhteyteen, sillä ympäristötaloustieteen keskiössä on puolestaan talouden vaikutus ympäristöön (kuva 1).



Kuva 1. Teoreettinen viitekehys

Ympäristön ja talouden välistä yhteyttä havainnoidaan tässä tutkielmassa ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän avulla. Tutkielmassa ollaan myös kiinnostuneista ympäristönsuojelumenoista EU:ssa sekä siitä, millainen yhteys ympäristönsuojelumenoilla on talouskasvuun ja ympäristöön. Ympäristönsuojelumenot tässä yhteydessä ovat myös kiinnostava käsite siksi, että tutkimus rajautuu EU-maihin, joissa on hyvin yhtenäinen ympäristöpolitiikka. Ympäristöpolitiikalla oletetaan olevan vaikutusta myös ympäristönsuojelumenoihin ja sitä kautta ympäristön laatuun. Ympäristönsuojelumenojen määrä on myös oletettavasti riippuvainen maan taloudellisesta asemasta. Nämä kaikki tiivistyvät mainitussa EKC-hypoteesissa.

1.5. Tutkimuksen rakenne

Tämä työ sisältää viisi lukua: johdanto, keskeiset käsitteet ja teemat, empiirinen osa, tulokset sekä johtopäätökset. Johdannon alussa käsitellään tämän työn perustana olevia ilmiöitä, joiden pohjalta esitetään tutkimuskysymykset. Työn rajauksen sekä aineiston ja tutkimusmenetelmien käsittelyn jälkeen käydään läpi teoreettinen viitekehys. Viitekehysten esittelystä siirrytään toiseen osioon käsittelemään käsitteitä ja teemoja. Kolmas, eli empiirinen osio jakautuu aineiston tarkempaan tarkasteluun sekä muodostetun mallin testaamiseen paneelidatan regressioanalyysin keinoin. Empiirisen osion tulokset esitetään neljännessä osiossa ja lopulta viidennessä osassa tehdään johtopäätökset aiheesta ja esitetään ehdotuksia jatkotutkimusta ajatellen.

2. Talouskasvu, ympäristö ja niihin liittyvät käsitteet

Tässä kappaleessa esitellään työn kannalta keskeisiä teemoja ja käsitteitä. Teemojen ja käsitteiden määrittelyn lisäksi tarkoitus on kartoittaa näiden teemojen yhteyttä toisiinsa. Monet käsitteet ja teemat tulevat ilmi myös aiheen teoriassa ja työn viitekehyksessä.

2.1. Talouskasvu ja bruttokansantuote

Talouskasvu on kansantalouden kokonaistuotannon muutos, joka on lähtöisin kasvavista resursseista ja tuottavuuden parantumisesta. Talouskasvua mitataan bruttokansantuotteen muutoksella. (Hanley, Shogren & White 2013, 107-109) Talouskasvua tutkittaessa täytyy ottaa huomioon inflaatio eli hintatason nousu. Inflaatio vaikuttaa suuresti talouskasvun tarkasteluun pidemmällä välillä, joten reaalisen bruttokansantuotteen tarkastelu on vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi tärkeää.

Historiassa on esitetty useita teorioita kasvun selittämiseksi. Tässä työssä esitellään aiheen kannalta läheisin kasvuteoria, neoklassista kasvuteoriaa edustava Solow'n (1956) kasvumalli. Solow'n kasvumallia on sovellettu myös myöhemmin käsiteltävän ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän kansantaloudellisten selitysten pohjana. Solow'n mukaan tuotos Y syntyy pääoman K ja työvoiman L funktiona. Tätä yhtälöä kutsutaan tuotantofunktioksi

$$Y = f(K, L). \quad (1)$$

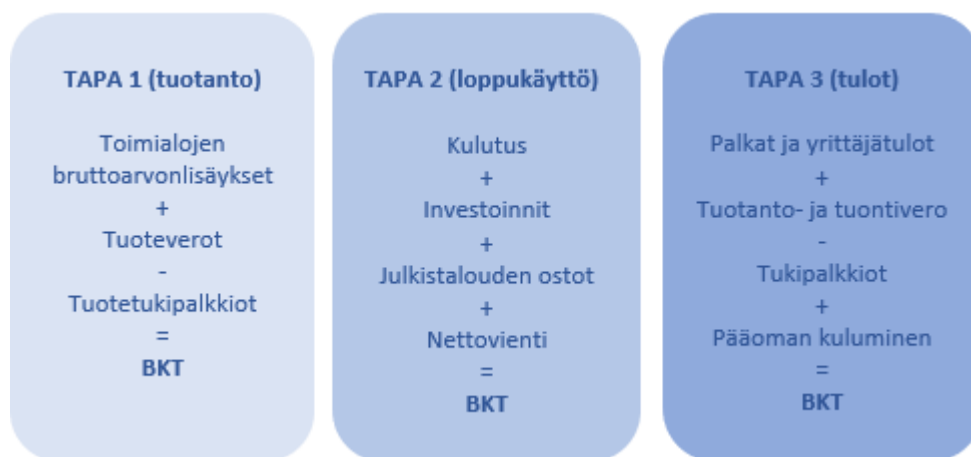
Kun etsitään talouskasvun lähdettä Solow'n mallin mukaisesti, voidaan päätellä, että joko pääoman tai työvoiman kasvu johtaa tuotoksen kasvuun. Jos jaetaan yhtälön 1 molemmat puolet työvoimalla L , saadaan tuotos per capita $\frac{Y}{L}$, joka muuttuu pääomaintensiivisyyden $\frac{K}{L}$ funktiona

$$\frac{Y}{L} = f\left(\frac{K}{L}\right). \quad (2)$$

Työvoiman kasvu, muiden tekijöiden pysyessä ennallaan, laskee työn tuottavuutta per henkilö ja samalla pääomaintensiivisyyttä. Pääoman kasvu ceteris paribus puolestaan nostaa työn tuottavuutta ja pääomaintensiivisyyttä. Pääomaintensiivisyys kohtaa alenevan rajatuoton periaatteen, joten talouden kasvun lähdettä täytyy etsiä funktion ulkopuolelta. Solow'n kasvumalli on toiselta nimeltään eksogeeninen kasvumalli, koska se ei ota kantaa teknologian kehitykseen ja ottaa sen annettuna. Todellisuudessa teknologinen kehitys kasvattaa tuotosta pitkällä aikavälillä ja myöhemmät teoriat pyrkivät selittämään teknologisen kehityksen lähteitä. (Hyytinen & Maliranta 2015, 122)

Bruttokansantuote kuvaa tietyllä ajanjaksolla tuotettujen lopputuotteiden sekä palveluiden arvoa, ja siten se on Hoffrénin (2018, 6) mukaan kansantalouden tilinpidolle tärkein mittari. Hoffrén (2018, 109) huomauttaa, että se ei kuitenkaan huomioi ympäristöhaittoja, luonnon tuhoutumista tai luonnonvarojen ehtymistä, joten se ei mittaa todellista hyvinvointia ympäristön osalta. Kuva 2

havainnollistaa bruttokansantuotteen muodostamisen eri kaavat. Tapa 1 laskee bruttokansantuotteen kansantalouden tuotannon kautta, tapa 2 käyttää kulutettujen lopputuotteiden arvoa ja tapa 3 mittaa bruttokansantuotteen kansantalouden tulojen kautta. Vaikka nämä muodostumistavat eivät ota erikseen huomioon ympäristöä, ympäristöön kohdennettavat panokset sisältyvät muodostumistapoihin esimerkiksi ympäristön hyväksi tehtävien investointien tai ympäristön tilaa parantavien hyödykkeiden tuotannon muodossa.



Kuva 2. Bruttokansantuotteen muodostuminen (Tilastokeskus 2019)

Grossman ja Krueger (1995) ovat tutkineet bruttokansantuotteen ja ympäristön välistä yhteyttä. Heidän mukaansa on olemassa viitteitä, että talouskasvun ja ympäristöongelmien suhde ei olekaan lineaarinen, vaan pikemminkin alaspäin aukeavan paraabelin muotoinen. Tämän oletetaan johtuvan siitä, että korkean tulotason maat siirtyvät teollisuudesta palveluyhteiskuntaan. Kasvava vauraus myös mahdollistaa resurssien käytön ympäristön hyväksi. (Hanley et al. 2013, 112-113). Bruttokansantuotteen kehitystä EU:ssa on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Bruttokansantuotteen kehitys EU:ssa (miljardia USD) (World Bank 2019 a)

Viime vuosisadalta lähtien bruttokansantuotteen trendi EU-alueella on ollut huomattavasti nousujohteinen, kuten kuvasta 3 voidaan huomata. EU:n jäsenmaiden bruttokansantuotteissa on vielä hajontaa maiden erilaisten lähtökohtien vuoksi, mutta kokonaisuudessa EU-tasolla vauraus antaa mahdollisuuden huomioida ympäristö. Voimakkaasti kasvaneella tulotasolla on varmasti vaikutusta kulutukseen ja siten myös negatiivisia vaikutuksia ympäristölle.

2.2. Ekologinen taloustiede ja vihreä kasvu

1960-1970-lukujen vaihteessa Degrowth-ajattelu sekä Rajat kasvulle -aate alkoivat ajaa ympäristön etua jatkuvan ylikulutuksen vallitessa. Aatteet kritisoivat talouskasvua hyvinvoinnin, tasa-arvon ja ympäristön tilan parantamisen ratkaisuna. Kasvua tärkeämpänä kohteena pidetään kokonaisvaltaista hyvinvointia. Rajat kasvulle -aate pitää optimaalisena ratkaisuna ”nollakasvua” kun taas Degrowth-ajattelussa pyritään negatiiviseen kasvuun. (Newton & Cantarello 2014, 47-48) Näiden liikkeiden periaatteet ovat tiukempia kuin myöhemmin syntyneen kestävän kehityksen periaatteet, sillä kestävä kehitys ei ota kantaa talouskasvun rajoittamiseen. Kestävään kehitykseen kuuluu useita osa-alueita, mutta se ottaa laajemmin huomioon ympäristön ja hyvinvoinnin. Sen mukaan taloudellinen toiminta ei saa vaarantaa ympäristöä. Tosin, tänäkään päivänä toiminnalle ja ympäristön vahingoittamiselle ei ole asetettu määrällisiä rajoja. (Hoffrén 2018, 94-95;103-106)

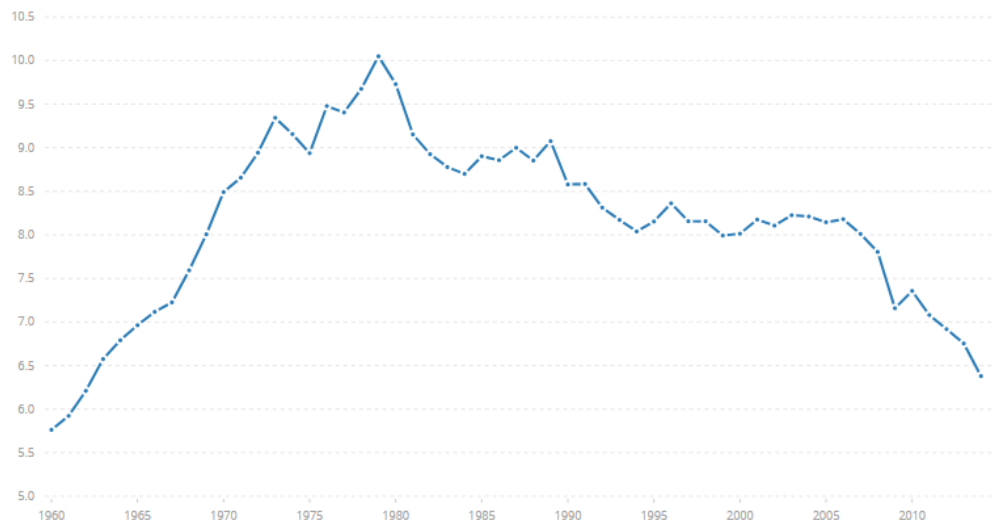
Newtonin ja Cantarellon (2014, 10) mukaan ekologinen taloustiede syntyi korjaamaan neoklassisen taloustieteen puutteita ympäristön huomioimisessa. Sittemmin vihreän kasvun käsite lanseerattiin poistamaan tavallisen bruttokansantuotteen yksipuolisuutta kasvun mittarina. Vihreällä kasvulla tarkoitetaan taloudellista toimintaa, joka vähentää ympäristökuormitusta, parantaa luonnonvara- ja energiatehokkuutta sekä edistää luontopääomaa. 2010-luvun vaihteessa vaikuttaneen finanssikriisin jälkeen OECD eli Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (2011) raportoi, että kestävä kehitys ja vihreä kasvu eivät ole ristiriidassa perinteisen kasvun kanssa. Vihreä bruttokansantuote tarkoittaa nettokansantuotetta, jossa on huomioitu myös ympäristötekijät. Hanley et al. (2013, 124) mukaan vihreäksi korjatun bruttokansantuotteen kasvu mittaa käytännössä talouden kestävästä kasvua.

2.3. Ympäristöpolitiikka ja saasteiden ehkäisy

Ympäristön tilalla ja politiikalla on keskeinen yhteys. Ongelma syntyy, kun ympäristölle ei voida asettaa selkeää omistusta tai hintaa (Siebert 2008, 3). Esimerkiksi, kukaan ei varsinaisesti omista maapallon ilmakehää. Kukaan ei voi estää ilmassojen mukana kulkeutuvia saasteita siirtymästä tiettyyn paikkaan, joten se koskettaa kaikkia globaalisti. Kenen vastuulla on, jos kansantalouden teollisuuden seurauksena saasteet leviävät toiseen maahan? Tässä ongelmassa ratkaisijoina toimivat valtiot, liittoumat, kansainväliset sopimukset sekä laki. Lähtökohtaisesti länsimaissa maan hallinto asettaa taloudelle ja teollisuudelle rajoja, jotta tällaiset globaalit ongelmat voidaan minimoida. (Siebert 2008, 63) Toisaalta Wheeler (2001) osoittaa tutkimuksessaan huolen race-to-the-bottom -ilmiöstä, jossa kehittyneiden maiden kiristynyt politiikka ajaa saastuttavan teollisuuden kehittyviin maihin. Tällöin kehittyneet maat näyttävät näennäisesti vähemmän saastuttavilta, mutta ongelma ei todellisuudessa poistu. Toinen ongelma Pearcen ja Palmerin (2001) sekä Ansuategin ja Marsiglian (2017) esiin ottama näkökulma, jossa pohditaan ympäristönsuojelun tuoman sääntelyn aiheuttavan talouskasvun hidastumista, jos sääntelyn nettovaikutus kasvuun on negatiivinen.

Julkisella vallalla on keinoja vaikuttaa teollisuuteen, talouteen ja sitä kautta myös ympäristön tilaan (Congleton 1992). Ympäristöpoliittiset päätökset tulevat julkisilta tahoilta ja ne pohjautuvat esimerkiksi kansalliseen lakiin, monikansallisiin sopimuksiin tai tässä tapauksessa EU:n tason sääntelyyn. Usein rikkailla ja hyvinvoivilla mailla on luotettavampi lainsäädäntö, jolloin myös ympäristöongelmia on helpompi kontrolloida verrattuna kehittyviin maihin. Esimerkiksi ympäristöveroilla on huomattu olevan päästöjä vähentävä vaikutus (López & Palacios 2013). EU puolestaan yrittää vaikuttaa alueellaan teollisuuden kasvihuonekaasupäästöihin pitämällä yllä päästöpörssiä. Grossman ja Krueger (1995) pohtivatkin kehittyneiden maiden näyttämän esimerkin merkitystä kehittyvien talouksien ympäristötietoisuuden kehitymisessä. Esimerkiksi Euroopan Unionin asetus 691/2011 pyrkii varmistamaan korkeatasoisen ympäristönsuojelun ja ympäristön laadun parantamisen toteutumisen. 1990-luvulta lähtien ympäristötilinpito on yleistynyt ja sitä on alettu myös tilastoimaan systemaattisemmin. Ympäristötilastotieteen pohjalta voidaan löytää ratkaisuja ympäristöongelmiin (Hoffrén 2018, 10).

Moni EU:n jäsenvaltio on sitoutunut keskeisiin kansainvälisiin ilmastopöytäkirjoihin, kuten myös Suomi (Ympäristöministeriö 2019 b). Ympäristöministeriön (2019 a) mukaan tärkein pohja kansainvälisille ilmastoneuvotteluille saatiin 1994 Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastopuitesopimuksessa. Tämän puitesopimuksen alaisia ovat muut tärkeät sopimukset, kuten Pariisin sopimus ja Kioton pöytäkirja. Pariisin sopimuksen keskeisin tavoite on pitää globaali lämpötilannousu 1.5 asteessa (Ympäristöministeriö 2019 c). Kioton pöytäkirja puolestaan asettaa sitovia rajoja maiden kasvihuonekaasupäästöille (Ympäristöministeriö 2019 d). Kuvassa 4 on havainnollistettu CO₂-päästöjen kehitystä EU:ssa.



Kuva 4. CO₂-päästöjen kehitys EU:ssa (tonnia per capita) (World Bank 2019 b)

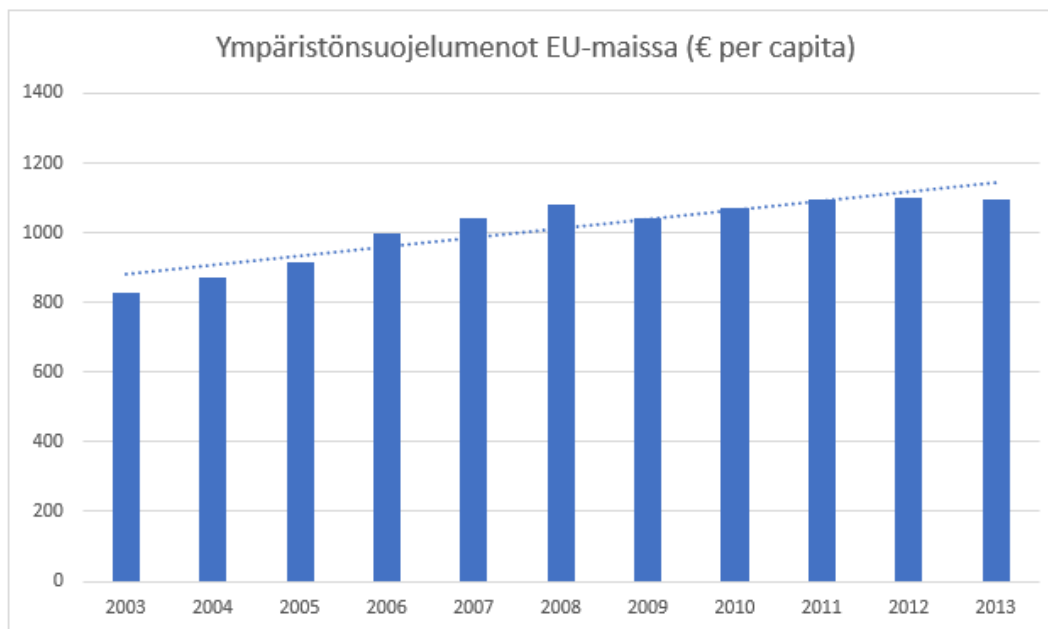
Nämä sopimukset ovat olleet kuvan 4 mukaan hiilidioksidipäästöjen osalta tehokkaita EU:n alueella, sillä 1980-luvun huipun jälkeen hiilidioksidipäästöt on saatu laskettua 1960-luvun tasolle. Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) tutkii ilmastonmuutosta kansallisten ja kansainvälisten tahojen päätöksenteon tueksi. Paneeli ei ole varsinaisesti sitova, mutta Suomi on mukana omalla työryhmällään. Vuonna 2018 ilmestynyt erikoisraportti tarjoaa muun muassa ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen (IPCC 2019).

2.4. Ympäristönsuojelumenot

Ympäristönsuojelumenoksi voidaan ymmärtää panos, jonka tarkoitus on estää, vähentää ja poistaa ympäristölle haitallisen toiminnan vaikutus (Broniewicz 2011, 21). Euroopan Unionin ympäristöpolitiikka ei varsinaisesti sääntele ympäristönsuojelumenoja (Euroopan parlamentti 2019), mutta esimerkiksi EU:n ympäristötilinpito vaatii erittelemään valtion ympäristönsuojelumenot. Valtioilla on monia keinoja päästä EU:n ympäristöpolitiikan asettamiin vaatimuksiin ja ympäristönsuojelumenot ovat yksi keino. Aineistoa tarkastellessa tullaan huomaamaan, että ympäristönsuojelumenot ovat vielä suhteellisen uusi ilmiö sekä Palmerin ja Piercen (2001) mukaan harmillisen vähän tutkittu alue. Emme siis voi suoraan arvioida

ympäristönsuojelumenojen tehokkuutta keinona, mutta tämän työn tarkoitus on kartoittaa, tapahtuuko EKC-hypoteesin tuloksissa muutosta, kun ympäristönsuojelumenot otetaan huomioon. Jos otetaan huomioon tulotason ja ympäristön tilan suhteessa tapahtuva muutos EKC-hypoteesin mukaisesti, voidaan tarkastella, kuinka ympäristönsuojelumenot käyttäytyvät suhteessa tähän käännoispisteeseen. Oletettavasti, mitä suurempi tulotaso, sitä suuremmat ympäristönsuojelumenot asukasta kohden ja vastaavasti mitä suuremmat ympäristönsuojelumenot asukasta kohden, sitä parempi ympäristön tila. Ratkaisevaa on tutkia, paraneeko ympäristön tila kun tulotaso saavuttaa tietyn tason.

Eurostatin ympäristönsuojelumenojen luokittelu kattaa ympäristönsuojelutoimet, ympäristön suojeluun tuotetut hyödykkeet sekä suorat ympäristönsuojelumenot. Nämä voidaan luokitella edelleen rahalliseen panokseen ympäristön suojelemiseksi, pääoman hankkimiseen ympäristönsuojelutoimia varten, ympäristönsuojeluhyödykkeiden ostamiseen sekä ympäristönsuojeluun tähtääviin rahallisiin siirtoihin, esimerkiksi verojen kanavoimiseen ympäristön laadun parantamiseksi. (Eurostat 2019 a) Käytännössä menot päätyvät julkisen sektorin osalta jätteiden ja jäteveden hallitsemiseen, saasteiden kontrollointiin, luonnon monimuotoisuuden suojeluun, ympäristönsuojeluun tähtääviin tutkimus- ja kehitysmenoihin (T&K -menot) sekä muuhun mahdolliseen ympäristön suojeluun (Eurostat 2019 b). Vuonna 2006 valtio sekä kunnat kattoivat Hoffrénin (2018, 81) mukaan Suomen ympäristönsuojelumenoista jopa yli 70 %. EU-alueella ympäristönsuojelumenot ovat kasvaneet tasaisesti vuosien 2003 ja 2013 välillä (kuva 5).



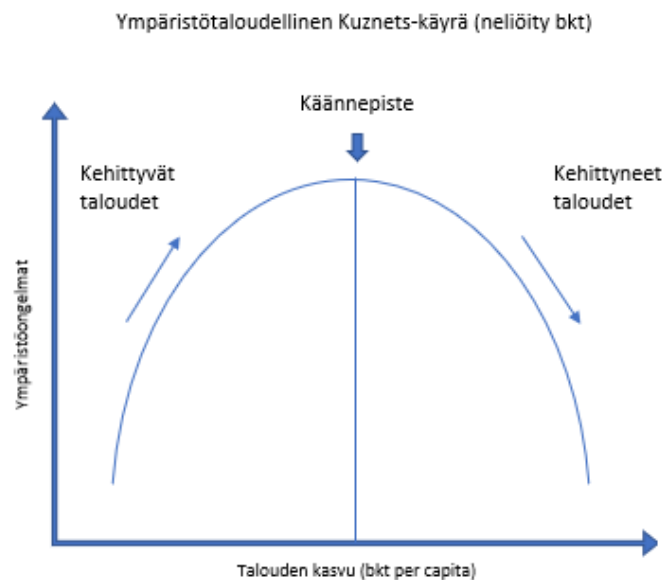
Kuva 5. Ympäristönsuojelumenukset EU:ssa vuosina 2003-2013 (Eurostat 2019)

Koska EU:n jäsenmaita sitoo hyvin yhtenäiset säännökset, voidaan olettaa, että myös julkisyhteistöjen panos ympäristönsuojeluun olisi suhteellisen yhtenäinen. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että tänä päivänä Euroopan Unionissa on hyvin eri lähtökohdista olevia maita. EU:n perustajamaat ovat hyvin kehittyneitä ja bruttokansantuotteella mitattuna rikkaita. Uudemmat jäsenmaat, esimerkiksi Bulgaria, kärsivät edelleen muutaman vuosikymmenen takaisista Neuvostoliiton ja kommunismin vaikutuksista. Tämä johtaa puolestaan siihen, että kehittyvillä mailla ympäristönsuojelu ei ole prioriteeteissa yhtä korkealla kuin hyvinvoivissa palveluyhteiskunnissa. Ympäristönsuojelumenukset suhteuttaminen bruttokansantuotteeseen antaa realistisemmän tuloksen, sillä se huomioi maan taloudellisen tilan. Wiesmeth (2012, 15) muistuttaakin, että ympäristöä tutkittaessa taloudellista tilaa ei voida jättää huomiotta.

2.5. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä

Alun perin Simon Kuznets (1955) esitteli yhteyden talouskasvun ja epätasaisen tulojaon välillä. Hänen mukaansa edellä mainittujen yhteys on epälineaarinen, alaspäin aukeavan paraabelin

muotoinen. Kun talous kasvaa, tulojen jakautuminen muuttuu epätasaisemmaksi, kunnes talous saavuttaa pisteen, jonka jälkeen tulojen jakautumisen tasapainottuu. Grossman & Krueger (1991) havaitsivat saman muotoisen yhteyden talouskasvun ja ympäristöongelmien välillä tutkiessaan Pohjois-Amerikan vapaakauppasopimuksen myötä saavutettavan talouskasvun vaikutuksia ympäristölle. Samassa yhteydessä otettiin esiin myös ympäristöpolitiikan rooli, sillä olemassa oli suuri riski, että saastuttava tuotanto siirtyy Pohjois-Amerikasta löyhän ympäristölainsäädännön omaavaan Meksikoon. Käyrää tarkastellessa Meksikon talouden todettiin olevan lähellä käännepistettä, jolloin U-käyrän mukaisen hypoteesin mukaan ympäristö ei olisi vaarassa, koska talouskasvu itsessään rupeaisi korjaamaan ympäristön tilaa. Tälle U-käyrälle (kuva 6) Panayotou (1993) antoi nimen ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä (environmental Kuznets curve, EKC).



Kuva 6. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä (Kijima et al. 2010)

Perinteisesti ympäristöongelmien Kuznets-käyrää mallinnetaan yhtälön 3 mukaisesti

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

jossa Y on ympäristöongelmia indikoiva muuttuja, x kuvaa taloudellista tilaa, z kuvaa muita ilmiöön vaikuttavia tekijöitä ja ε on virhetermi. Alueellista ja ajallista ulottuvuutta kuvaavat indeksit i ja t . Vakiokerrointa kuvaa α . Jokaiselle parametrille estimoidaan kerroin β . EKC:n toteutuminen vaatii, että parametrien kertoimet noudattavat liitteen 1 vaihtoehtoa 4, jossa $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ja $\beta_3 = 0$. Jos alaspäin aukeava paraabeli havaitaan, lakipiste voidaan laskea derivoimalla edellä esitelty yhtälö ja etsimällä derivaatan nollakohta. Tällöin lakipisteen laskeminen muotoutuu yhtälön 4 mukaisesti

$$x = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}. \quad (4)$$

Koska tässä työssä useiden muiden tutkimusten tapaan hyödynnetään yhtälön muodostuksessa muuttujien logaritmuunnoksia, lakipisteen laskeminen muuntuu yhtälön 5 mukaisesti

$$x = e^{-\frac{\beta_1}{2\beta_2}}. \quad (5)$$

Myös muut käyrän muodot ovat mahdollisia, kuten liitteestä 1 huomataan. Voi esimerkiksi olla, että kasvu pahentaa ympäristöongelmia lineaarisessa suhteessa, eikä varallisuuden kasvu johdakaan ympäristön tilan paranemiseen. N:n muotoinen käyrä ilmenee tapauksessa, jossa talouskasvun ja ympäristön suhde muistuttaa aluksi ympäristötaloudellista Kuznets-käyrää, mutta lopulta talouskasvu johtaa uudelleen ympäristön tilan huononemiseen. (Kijima et al. 2010)

2.5.1. Teoreettinen selitys

Käänteinen U-muoto on selitettävissä sillä, että kehittyvissä talouksissa kasvu mahdollistaa kuluttamisen. Kulutuksen kasvaessa ympäristöongelmat pahenevat, kunnes saavutetaan tietty varallisuustaso. Tarpeeksi kasvanut varallisuus mahdollistaa ympäristön kannalta parempien tuotteiden kuluttamisen. Lisäksi ilmiötä selittää yhteiskunnan rakennemuutos teollisuudesta

informaatioyhteiskuntaan. Aluksi on kasvu teollisuuspainotteista ja tuotantoteknologia kehittymätöntä, mikä lisää runsaan teollisuuden ympäristövaikutuksia. Kun aineellisten perushyödykkeiden tarve on tyydytetty, varallisuutta voidaan käyttää aineettomiin hyödykkeisiin, esimerkiksi palveluihin. Palveluiden tuottaminen ei ole yhtä saastuttavaa kuin teollisuus. Arvostuksessa tapahtuu muutoksia, esimerkiksi ympäristöarvot saavat enemmän huomiota ja ympäristöpolitiikka kiristyy. Nämä tekijät johtavat ympäristön tilan paranemiseen, vaikka talous jatkaisi kasvua. (Panayotou 1993; Dasgupta, Laplante, Wang & Wheeler 2002; Stern 2003)

EKC-hypoteesin teoreettiseen selitykseen kuuluu keskeisesti Copelandin ja Taylorin (2004) käsittelemät skaala-, kompositio- ja tekniikkavaikutus. Stern (2003) kokoaa nämä vaikutukset neljään tekijään. Ensimmäisenä on edellä käsitelty tuotannon skaalavaikutus, joka muiden tekijöiden pysyessä ennallaan, aiheuttaa ympäristön tuhoutumista, kuten edellä Panayotou (1993) myös totesi. Toinen tekijä käsittelee kompositiovaikutusta, joka ilmenee eri alojen erilaisista päästöintensiivisyyksistä. Kolmas ja neljäs tekijä muodostavat tekniikkavaikutuksen. Ensinnäkin, saastuttavia panoksia voidaan korvata vähemmän saastuttavilla ja päinvastoin. Toiseksi, talouskasvun tuoma teknologinen kehitys aiheuttaa muutoksen sekä tuotannon tehostumisessa (tarvitaan vähemmän saastuttavaa panosta tuotosta kohti) sekä itse tuotantoprosessissa (prosessi muokataan pienipäästöiseksi).

Kuznets-hypoteesia voidaan tarkastella Kijiman et al. (2010) mukaan kansantalouden näkökulmasta staattisilla tai dynaamisilla malleilla. Staattisessa mallissa ei huomioida talouden kasvua ajassa, vaan tarkastelu keskittyy tiettyyn ajanhetkeen. Nämä mallit tutkivat talouden ja ympäristön yhteyttä kuluttajan saaman hyödyn ja tuotannon (päästöjen) tasapainona. Staattiset mallit olettavat ulkoisvaikutusten olemassaolon ja edellyttävät sosiaalisesti tehokkaan hinnan päästöille. Dynaamiset mallit ottavat talouskasvun ja ajan huomioon kun tarkastellaan talouden ja ympäristön suhdetta. Tunnettu esimerkki dynaamisen mallin sovelluksesta on Solow'n (1956) kasvumalliin perustuva Brockin ja Taylorin (2010) esittelemä Green Solow Model. Siinä talouskasvu on yhdistetty EKC-hypoteesiin alenevan rajatuoton ja teknologisen kehityksen kautta. Matalalla tulotasolla talouskasvu aiheuttaa päästöjen runsauden, koska alenevan rajakustannuksen periaatteen mukaisesti tuotoksen määrä kasvaa alussa nopeasti. Tuotosta nostaa myös

pääomaintensiivisyys $\left(\frac{K}{L}\right)$. Talouden kasvaessa edelleen $K:n$ ja $L:n$ suhde pienenee, jolloin myös käyrän kulmakerroin pienenee. Käyrältä voidaan nähdä, että alussa suuri tuotos aiheuttaa suuret päästöt. Myöhemmin teknologinen kehitys ohittaa kasvun ja siten parantaa ympäristön laatua. Tämä on näkemys on linjassa EKC-hypoteesin kanssa. Green Solow Model olettaa maan tuotoksen tuottavan päästöjä, mutta teknologinen kehitys katkaisee päästöjen kasvamisen tietyssä pisteessä.

Myös monia muita tekijöitä on ehdotettu EKC-hypoteesin selittäjiksi. Selden ja Song (1994) selittävät käyrän muotoa ympäristön laadun kysynnän kohtaamalla positiivisella tulojoustolla. Kun tulot kasvavat, ympäristö hyödykkeenä kohtaa kasvavan kysynnän. Kun ympäristön laadun kysyntä on tulojen myötä tarpeeksi suurta, ympäristön laatu paranee. Tätä ympäristön kysynnän kasvua tukevat edellä mainittujen tutkijoiden mukaan myös ympäristötietoisuuden kasvu ja muutos kulutuskäyttäytymisessä. Poliitiikan ja lain merkitystä EKC-hypoteesiin liittyen on tutkinut Panayotoun (1993) lisäksi muun muassa Dasgupta et al. (2002). Heidän mukaansa kehittyneissä valtioissa lainsäädäntö on tiukempaa ja kehittyneempää, mikä johtaa ympäristön tilan parempaan huomioimiseen valtiovallan painostamana. Castiglione, Infante ja Smirnova (2011) totesivat korruption siirtävän käyrän käännepistettä korkeammalle tulotasolle, jolloin myös ympäristöongelmien taso ehtii nousta enemmän. Aikaisemmin mainitussa Grossmanin ja Kruegerin (1991) tutkimuksessa kaupankäynnin avoimuuden todettiin laskevan ympäristöongelmien tasoa. Samaan tulokseen päätyivät myös Antweiler, Copeland ja Taylor (2001). Kaupan avoimuuden vaikutus ympäristöön perustuu siihen, että kaupan avoimuus johtaa päästöjen nousuun rakenteellisen muutoksen ja skaalavaikutuksen vuoksi, mutta samalla kuitenkin teknologian kehitys ympäristöystävällisemmäksi kumoo saasteiden kasvun tuomat ongelmat. Dasgupta et al. (2002) esittivät, että epäilyt saastuttavan tuotannon siirtymisestä kehittyviin maihin kaupankäynnin avoimuuden seuraamuksena eivät pidä paikkaansa ja avoimuutta tulisi tukea poistamalla valtion tukia ja ulkomaankaupan esteitä.

2.5.2. Aikaisempi tutkimus

Aikaisemmassa tutkimuksessa muuttujat ovat kautta ajan pysyneet hyvin yhtenäisenä tutkimuksesta toiseen. Ympäristöongelmien kuvaamiseen on käytetty useimmiten ilman rikki- tai hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi osa tutkimuksista käsittelee myös muita ilman pienhiukkasia tai veden saasteita ja myrkkyjä. Muutama tutkimus myös kuvaa ympäristön tuhoutumista konkreettisesti metsän hakkuun tasolla. Selittävinä muuttujina bruttokansantuotteen ja sen muunnosten lisäksi on ollut perinteisesti talouden avoimuus (ulkomaankauppa), talouden kehitys, investointien tuotto, talouden velkaisuus, sähkön tai energian hinta, urbanisaatio, ekologinen jalanjälki, poliittiset olot sekä kansalaisten vapaus. (Agras & Chapman 1999; Al-mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting & Mohammed 2015)

Taulukkoon 1 on koottu lähes kolmenkymmenen vuoden ajalta erilaisia ympäristötaloudellista Kuznets-käyrää koskevia tutkimuksia. Kuten juuri todettu, tutkimukset noudattavat hyvin yhtenäistä kaavaa malleihin valittujen muuttujien osalta. Vanhemmissa tutkimuksissa on ollut taipumus havaita käänteinen U-käyrä useammin kuin viime vuosina tehdyissä tutkimuksissa, mikä johtuu usein ekonometristen menetelmien tarkemmasta soveltamisesta uusissa tutkimuksissa.

Taulukko 1. Esimerkkejä EKC-hypoteesiin liittyvistä tutkimuksista (lakipisteet USD, viitevuodet vaihtelevat riippuen tutkimuksesta)

Tutkimus	Aineisto	Selitettävä ongelma	Selittävät tekijät	Havainnot
Grossman & Krueger 1991 ja 1995	42 maata 1979-1990	SO ₂ , savu, pienhiukkaset, veden happitaso, veden bakteerit, raskasmetallit, myrkyt	BKT, väestön tiheys, nettovienti, veden keskilämpö, maantieteelliset dummyt, poliittiset dummyt, aikatrendi, viiveet	EKC toteutuu, N-käyrä osalle saasteista Lakipiste keskimäärin 8000 \$
Shafik & Bandyopadhyay 1992	47 kaupunkia 31 maassa 1972-1988	SO ₂ , CO ₂ , puhtaan veden puute, metsän hakkuu, veden happitaso, veden bakteerit, sanitaatio	BKT, kaupan avoimuus, energian hinta, investoinnit, velka, aikatrendi, sijaintidummy	EKC toteutuu osalle saasteista, N-muoto tai lineaarinen käyrä muille saasteille
Panayotou 1993	55 maata 1987-1988	SO ₂ , NO _x , metsänhakkuu, pienhiukkaset	BKT, populaatio, aikatrendi, paikallisdummy	EKC toteutuu Lakipiste 3137 \$
Selden & Song 1994	22 OECD-maata 8 kehittyvää maata 1979-1987	SO ₂ , NO _x , CO, pienhiukkaset	BKT, väestön tiheys, periodivaikutus	EKC toteutuu Lakipiste 10391-10620 \$
Cole & al. 1997	11 OECD-maata 1970-1992	SO ₂ , NO _x , CO, pienhiukkaset	BKT, maadummy, teknologian taso	EKC toteutuu paikallisille ilmansaasteille Lakipiste 8232 \$
Agras & Chapman 1999	Monia maita 1971-1989	CO ₂ , energian kulutus	BKT, energian hinta	EKC ei toteudu
List & Gallet 1999	USA 1929-1994	SO ₂ , NO _x	BKT	EKC toteutuu, N-käyrä osalle saasteista Lakipiste 8656-22553 \$
Stern & Common 2001	73 maata 1960-1990	SO ₂	BKT, aikaefekti, maaefekti	Ei globaalia EKC, toteutuu rikkaissa maissa Lakipiste vaihtelee
Castiglione & al. 2011	28 EU 1996-2008	CO	BKT, lainsäädäntö, World Development Indicators	EKC toteutuu Lainsäädäntö alentaa lakipistettä
Farhani & al. 2014	MENA-maat 1990-2010	CO ₂ , kestävä kehitys	BKT, Human Development Index, energia, ulkomaankauppa, nettotuotanto, lainsäädäntö	EKC toteutuu
Al-mulali & al. 2015	93 maata 1980-2008	Ekologinen jalanjälki	BKT, energia, urbanisaatio, viennin avoimuus, taloudellinen edistys	EKC toteutuu
Özocku & Özdemir 2017	26 OECD-maata 52 kehittyvää maata 1980-2010	CO ₂	BKT, energia	EKC ei toteudu, N-käyrä toteutuu

2.5.3. EKC-hypoteesin kritiikki

1990-luvulta lähtien ympäristotaloudellista Kuznets-käyrää tutkiva kirjallisuus on ollut runsasta. Samalla näiden tutkimusten tulokset ovat olleet ristiriitaisia ja EKC-hypoteesin olemassaolosta on kiistelty, sillä osa tutkijoista onnistuu löytämään käänteisen U:n muotoisen yhteyden kun taas osa raportoi yhteyden olevan esimerkiksi lineaarinen tai N:n muotoinen. Voidaan siis todeta, että EKC on lähinnä empiirinen ilmiö, jonka havaitseminen riippuu tarkasteltavasta ajanjaksosta sekä tarkasteltavista alueista sekä erityisesti ympäristöongelmien indikaattorina käytettävästä saasteesta (Kijima et al. 2010). Hanley et al. (2013, 114) toteavat, että EKC toteutuu todennäköisemmin alueelliselle saasteelle kuin globaaleille. Zapata, Paudel ja Moss (2008) muistuttavat, että ympäristöön liittyvä aineisto on hyvin hajanaista ja ristiriitaiset tulokset voivat johtua tilastoinnin tasosta. Tarkasteltavassa aineistossa tulisi myös olla eri kehitystason maita, jotta käyrä saadaan esiin (Dinda 2004).

Osa tutkijoista, esimerkiksi Perman ja Stern (2003), kyseenalaistaa Kuznets-käyrän olemassaolon sillä perusteella, että analyysit eivät ole teknisesti oikein toteutettuja ja tärkeitä taustaoletuksia laiminlyödään. Uudemmat tutkimukset ottavat huomioon nämä mallin muodostamiseen ja testaamiseen liittyvät seikat, jolloin tulokset ovat luotettavampia. 1990-luvulla Kuznets-käyrä havaittiin huomattavasti useammin, mikä saattaa johtua puutteellisesta ekometrisestä toteutuksesta. Stern (2014) mainitsee aikaisempien mallinnusten tulosten olevan tilastollisesti epärobusteja. Agras ja Chapman (1999) ovat taas esittäneet huolensa siitä, että malleista jätetään järjestelmällisesti tärkeitä muuttujia ulkopuolelle. Esimerkkinä näistä muuttujista he mainitsevat energian hinnan, sillä se ilmentää talouden ja ympäristön suhdetta. He havaitsivat, että öljyn hinnan ollessa korkea, päästöt vähenevät maan tulotasosta riippumatta, mikä johtuu kansantalouden kysynnän ja hinnan yhteydestä. Mallinnuksessa perinteisesti käytettävät muuttujat voivat sisältää trendin, kuten esimerkiksi bruttokansantuote. Bruttokansantuote oletetaan normaalijakautuneeksi globaalisti, vaikka Stern, Common ja Barbier (1996) toteavat sen olevan hyvin epätasaisesti jakautunut ja siten se vääristää tuloksia. Agras ja Chapman (1999) osoittavat, että moni 1990-luvulla tehdyistä tutkimuksista saattaa sisältää riskin näennäiseen regressioon, koska muun muassa epästationaarisuutta ei ole huomioitu estimoinnissa.

3. Aineisto ja Kuznets-käyrän estimointi

Edellisissä kappaleissa käsiteltyjen teorioiden ja käsitteiden pohjalta muodostetaan ekonometriset mallit, joilla tutkitaan EKC:n toteutumista. Mallit estimoidaan paneeliaineistolle sopivilla menetelmillä. Tarkemmin ottaen, paneeliaineiston analyysissä käytetään kiinteiden ja satunnaisten vaikutusten estimaattoreita tai pooled OLS. Estimaattorien sopivuutta aineistolle testataan F-testillä, Breusch-Pagan LM-testillä sekä Hausman-testillä. Lisäksi mallin reliabiliteettia on tarkoitus tarkastella täydentävillä testeillä.

3.1. Data

Aineisto on peräisin Euroopan Unionin datapankista, Eurostat:sta. Aineistoon on kerätty tilastoja EU-maiden päästöistä ja taloudellisesta tilasta. Nämä edellä mainitut tekijät muodostavat havaintoaineiston ympäristön ja talouden yhteyden tutkimiselle. Lisäksi aineistoa on kerätty maiden energian kulutuksesta sekä ympäristönsuojelumenoista. Havaintoja aineistossa on vuodesta 1995 vuoteen 2018, kuitenkin vaihtelevasti riippuen muuttujasta.

Valitut muuttujat perustuvat pitkälti aikaisempaan tutkimukseen. Kaikki muuttujat ovat suhteutettu väkilukuun. Muuttujista on myös otettu luonnollinen logaritmi jakaumien normalisoimiseksi. Alkuperäisten ja muunneltujen muuttujien kuvailu nähdään liitteestä 2. Selitettävää tekijää eli ympäristön laatua mitataan tavallisesti jonkin saasteen pitoisuutena. Tässä työssä nämä saasteet ovat hiilidioksidipäästöt (*co2*) ja kasvihuonekaasupäästöt (*kasvih*). Özocku ja Özdemir (2017) muistuttavat, että hiilidioksidipäästöt ja kasvihuonekaasut ovat pitkälti ihmisen aiheuttamia ympäristöongelmien lähteitä ja yhteydessä fossiilisen energian kulutukseen. Niiden osalta Kuznets-käyrän olemassaoloa ei ole muun muassa Chow'n ja Li'n (2014) mukaan voitu vahvistaa, toisin kuin rikkidioksidin osalta. Siksi niitä olisi edellä mainittujen tutkijoiden mukaan tärkeä tutkia. Keskeinen selittävä muuttuja on tulotaso, jota mitataan useimmiten

bruttokansantuotteena (*bkt*), kuten myös tässä työssä. EKC:n mallintamisessa *bkt*:n neliö (*bkt*²) otetaan mukaan selittäväksi muuttujaksi, jotta mahdollinen käännteinen U-käyrä saadaan esiin (Grossman & Krueger 1995). Edellä mainittujen tutkijoiden mukaan myös *bkt*:n kuutiota voitaisiin käyttää selittävänä tekijänä.

Kontrollimuuttujina toimivat energiatehokkuus (*enteh*) sekä ympäristönsuojelumenot (*ymp*). Energiatehokkuus on käytännössä energian kulutus, jossa on huomioitu energian tuotantotapa. Energian kulutus ilmentää hyvin pitkälti yhteiskunnan rakennetta, sillä Panayotoun (1993) mukaan kehittyvällä alueella energian kulutus on runsasta ja tehotonta. Kehittyneissä maissa puolestaan on voitu kehittää merkittävästi energiatehokkaampia ratkaisuja, vaikka energian kulutus olisi edelleen suurta. Ympäristönsuojelumenot ilmentävät varallisuuden tuomaa mahdollisuutta huomioida ympäristö ja samalla se ilmentää myös yhteiskunnan arvostusta luontoon (Pearce & Palmer 2001).

Muodostettavaa mallia testataan siis paneelidatalla, sillä data sisältää havaintoja useasta yksiköstä ja usealta ajankohdalta. Aineistossa on kaksi ulottuvuutta, aika *T* ja havaintoyksiköt *N*. Paneeli on lyhyt ja leveä, jos havaintoyksiköiden määrä on suurempi kuin ajallinen ulottuvuus. Jos taas ajallinen ulottuvuus on suurempi kuin havaintoyksiköiden määrä, paneeli on pitkä ja kapea. Pitkässä ja leveässä paneelissa *N* ja *T* ovat molemmat suhteellisen suuria. Paneelidata hyödyntää parhaat puolet sekä poikkileikkausaineistosta että aikasarjasta. Siten on mahdollista tutkia monimutkaisempia yhteyksiä, joita ei muutoin voida ilmentää. (Hill et al. 2018, 635) Tässä työssä paneeli on pitkä ja leveä, koska havainnoitavia maita on *N*=33 ja niistä on havaintoja *T*=24 vuodelta. Yhteensä havaintoja on 792.

Datapankkien ympäristötilastot eivät ole useinkaan täydellisiä, mikä vaikuttaa myös tähän tutkielmaan. Esimerkiksi Pearce ja Palmer (2001) ottavat esiin datan luotettavuuden ympäristönsuojelumenosta, mutta EU:n keräämä data on globaalilla mittakaavalla laadukasta. EU kokoaa aineistoa jäsemäiden lisäksi Sveitsistä, Norjasta, Islannista sekä pian EU:sta eroavasta Yhdistyneestä Kuningaskunnasta. EU:n ehdokasmaat Turkki ja Serbia toimittavat myös dataa datapankkiin. Nämä edellä mainitut maat ovat mukana analyysissä. EU:n kokoama aineisto

sisältää omana yksikkönään EU28-maiden summan jokaisesta muuttujasta. Tämä yksikkö on tiputettu mallien testauksesta pois, jotta tulokset eivät vääristy, mutta sitä on hyödynnetty muuttujien trendien havainnollistamisessa.

3.2. Estimointimenetelmät

Ympäristötaloudellista Kuznets-käyrää mallinnetaan usein paneelidatalla. Paneelidatan kanssa mahdollisia estimointimenetelmiä ovat tässä tapauksessa pooled OLS sekä yleisemmin käytetyt kiinteiden vaikutusten menetelmä ja satunnaisten vaikutusten menetelmä (Selden & Song 1994). Estimointimenetelmien valinnassa käytetään apuna F-testiä, Hausman-testiä sekä Breusch-Pagan Lagrange Multiplier-testiä.

Pooled OLS eli yhdistetty pienimmän neliösumman menetelmä on poikkileikkausaineiston ja aikasarjan yhdistävä pienimmän neliösumman regressio. Pooled OLS on parhaiten toimiva, kun aikayksiköitä (t) on runsaasti, mutta havaintoyksiköitä (i) on vähän. Menetelmä olettaa, että estimoidut parametrit eivät vaihtelee ajassa tai poikkea eri poikkileikkausten välillä. Tämä johtaa siihen, että aineistossa esiintyvää heterogeenisuutta ei huomioida. (Gujarati 1995, 522-524) Pooled OLS on yleisesti muotoa

$$Y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \varepsilon_{it}. \quad (6)$$

Yhtälössä 6 selitettävää muuttujaa Y_{it} selitetään yhdellä muuttujalla. α on vakiokerroin, x_{it} on selittävä muuttuja, β on parametrin kerroin sekä ε_{it} on virhetermi. Jokaista poikkileikkausta kuvaa i ja aikayksiköitä kuvaa t .

Kiinteiden vaikutusten estimaattori huomioi yksiköissä ilmenevän heterogeenisuuden, jota pooled OLS ei huomioi. Heterogeenisuus voidaan testata F-testillä, jossa tutkitaan, onko aineistossa yksikkökohtaisia eroja. Jos eroja on, kiinteiden vaikutusten estimaattori antaa

parempaa informaatiota kuin pooled OLS. Yksiköille estimoidaan kertoimet, joista vakiokerroin ilmentää yksiköiden välisiä eroja. Vakiokerroin vaihtelee siis yksiköstä toiseen, mutta ei muutu ajassa. Koska vakiokerroin ilmentää kaikkia aineistossa ilmeneviä eroavuuksia, parametreille estimoidut kertoimet ovat kaikille yksiköille samat. (Hill et al. 2018, 640) Kiinteiden vaikutusten menetelmä kahdella selittävällä muuttujalla voidaan esittää muodossa

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 x_{2it} + \beta_3 x_{3it} + \varepsilon_{it}, \quad (7)$$

jossa Y_{it} on selitettävä muuttuja, β_{1i} eroja ilmentävä vakiotermin, x_{2it} ja x_{3it} ovat selittävät muuttujat, β_2 ja β_3 parametrien kertoimet sekä ε_{it} on virhetermi. Wooldridge (2002, 286) muistuttaa, että mikäli selittävien muuttujien arvot eivät vaihele suuresti ajasta toiseen, kiinteiden vaikutusten menetelmä ei anna tarpeeksi informaatiota päätelmien tekemiseen. Tämä ilmiö johtuu siitä, että estimaatio pohjautuu keskiarvosta mitattuun poikkeamaan ja jos poikkeamaa ei ole, informaatiota ei saada. Silloin on pyrittävä käyttämään konsistenttiuden rajoissa satunnaisten vaikutusten estimaattoria.

Myös satunnaisten vaikutusten menetelmä huomioi aineistossa ilmenevän heterogeenisuuden, mutta yksikkökohtaisten erojen huomioimisen lisäksi se huomioi myös yksiköiden vaihtelun ajassa. Satunnaisten vaikutusten menetelmä nimensä mukaisesti perustuu aineistosta otettuun satunnaiseen otantaan, toisin kuin kiinteiden vaikutusten menetelmä, joka käyttää koko aineistoa. Edelleen vakiotermin β_{1i} kuvaa yksikkökohtaisia eroja, mutta se sisältää populaation keskiarvon $\bar{\beta}_1$ lisäksi myös satunnaisen termin u_i ja se voidaan esittää muodossa

$$\beta_{1i} = \bar{\beta}_1 + u_i. \quad (8)$$

Lisäksi, jokaisen yksikön u_i :t eivät saa korreloida keskenään. Virhetermi v_{it} sisältää tavallisen residuaalin lisäksi satunnaisen tekijän u_i , joka on siirretty vakiosta β_{1i} . Sen lisäksi, että u_i :t eivät

saa korreloida keskenään, on tärkeämpää, että ne eivät korreloi ε_{it} :n kanssa. Virhetermi esitetään muodossa

$$v_{it} = u_i + \varepsilon_{it}. \quad (9)$$

Muutoin satunnaisten vaikutusten yhtälö muistuttaa kiinteiden vaikutusten estimaattorin yhtälöä (7) ja se muodostuu seuraavasti:

$$Y_{it} = \bar{\beta}_1 + \beta_2 x_{2it} + \beta_3 x_{3it} + v_{it} \quad (10)$$

(Hill et al. 2018, 651).

Samalla Hill et al. (2018, 651) muistuttavat, että satunnaisten vaikutusten estimaattorissa tärkeää on korrelaatio. Jos satunnainen termi $u_i = 0$ kaikille yksiköille, aineistossa ei ole heterogeenisuutta ja siten paremmin soveltuva menetelmä on pooled OLS klusterirobusteilla keskivirheillä. Edellä mainittujen menetelmien keskinäistä paremmuutta voidaan testata Breusch-Pagan LM-testillä, jossa tutkitaan, onko satunnaisten termien varianssi nolla. Jos varianssi on nolla, satunnaisia vaikutuksia ei ole, koska vaihtelua ei ole.

Kiinteiden vaikutusten menetelmä hyödyntää niin sanotun within-vaihtelun eli havaintojen vaihtelun yksikön sisällä. Satunnaisten vaikutusten menetelmä hyödyntää lisäksi between-vaihtelun, eli yksiköiden välisen vaihtelun, joten se antaa Mundlakin (1978) mukaan syvällisempiä tuloksia kuin kiinteiden vaikutusten menetelmä. Satunnaisten vaikutusten estimaattori mahdollistaa myös ajassa vakioina pysyvien selittäjien käyttämisen between-vaihtelun ansiosta, koska pelkkä within-vaihtelu perustuu aiemmin käsitellyn keskiarvon poikkeamien hyödyntämiseen. Satunnaisten vaikutusten estimaattori on kuitenkin herkkä

endogeneisuudelle between-vaihtelun vuoksi, koska usein virhetermi korreloi selittävän muuttujan kanssa. Satunnaisten ja kiinteiden vaikutusten välistä valintaa ohjaa Hausman-testi (Zapata et al. 20018). Sen avulla selvitetään, onko satunnaisten vaikutusten ja kiinteiden vaikutusten kertoimissa eroja. Mikäli Hausman-testi osoittaa eroja olevan, satunnaisten vaikutusten menetelmä sisältää endogeneisuutta (Common & Stern 2001). Tulokset raportoidaan silloin kiinteiden vaikutusten menetelmän mukaisesti, koska menetelmänä kiinteiden vaikutusten estimaattori eliminoi endogeneisuuden ja on siten aina konsistentti.

3.3. Estimointimenetelmän valinta

Tässä tutkielmassa testataan taulukon 2 mukaisesti neljää mallia. Malleissa 1 ja 2 ympäristöongelmien tasoa kuvataan hiilidioksidipäästöillä ($co2$) sekä malleissa 3 ja 4 puolestaan kasvihuonekaasuilla ($kasvih$). Malleissa 1 ja 3 selittävinä tekijöinä käytetään tulotasoa (bkt), sen neliötä (bkt^2) sekä kontrollimuuttujana energian käyttöä, jossa huomioitu tuotantotapa ($enteh$). Malleissa 2 ja 4 edellä mainittujen muuttujien lisäksi käytetään kontrollimuuttujana ympäristönsuojelumenoja (ymp). Virhetermiä kuvaa ε . Kaikki muuttujat ovat suhteutettu populaatioon alaindeksillä p ja niistä on otettu luonnollinen logaritmi. Havaintoyksiköitä kuvaa i , aikayksiköitä t ja viiveitä $t-1$.

Taulukko 2. Estimoitavat mallit

1: $\ln(co2_p)_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(bkt_p)_{it-1} + \beta_2 \ln(bkt_p)_{it-1}^2 + \beta_3 \ln(enteh_p)_{it-1} + \varepsilon_{it}$
2: $\ln(co2_p)_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(bkt_p)_{it-1} + \beta_2 \ln(bkt_p)_{it-1}^2 + \beta_3 \ln(enteh_p)_{it-1} + \beta_4 \ln(ymp_p)_{it-1} + \varepsilon_{it}$
3: $\ln(kasvih_p)_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(bkt_p)_{it-1} + \beta_2 \ln(bkt_p)_{it-1}^2 + \beta_3 \ln(enteh_p)_{it-1} + \varepsilon_{it}$
4: $\ln(kasvih_p)_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(bkt)_{it-1} + \beta_2 \ln(bkt_p)_{it-1}^2 + \beta_3 \ln(enteh_p)_{it-1} + \beta_4 \ln(ymp_p)_{it-1} + \varepsilon_{it}$

Tässä työssä aineistoa testaavan mallin funktiomuoto noudattaa kvadraattista log-log -mallia. Tämä tarkoittaa, että sekä selitettävä että selitettävät muuttujat ovat logaritimuodossa (Hill et al.

2018, 163). Luonnollisen logaritmin ottaminen parantaa muuttujien jakaumaa, mikä huomataan liitteistä 3 ja 4. Luonnollista logaritmia hyödynnettäessä tuloksia on tulkittava prosentuaalisena muutoksena. Kvadraattisuus tulee esiin, kun mallissa hyödynnetään talouden tilaa kuvaavan bruttokansantuotteen toista potenssia, jotta aiemmin käsitelty alaspäin aukeava paraabeli saataisiin esiin. Bkt:n kuutiota ei käytetä tässä työssä selittävänä tekijänä.

Kuten taulukosta 2 nähdään, selittävät muuttujat ja kontrollimuuttujat on viivästetty yhdellä periodilla. Malli on siis dynaaminen ja hyödyntää viivejakaumaa, mikä tarkoittaa, että selitettävää muuttujaa selitetään selittävien muuttujien viiveillä. Tällä pyritään poistamaan malleista usein ilmenevää samanaikaisuutta, käänteistä kausaalisuutta sekä endogeenisuutta. Viivästäminen auttaa myös eliminoimaan autokorrelaatiota, jossa peräkkäiset havainnot korreloivat keskenään. Staattisissa malleissa muuttujan arvo riippuu muiden muuttujien saman hetken arvosta, joten ne antavat vain yhden hetken kuvauksen ilmiöstä. (Agras & Chapman 1999; Uchiyama 2016) Viiveiden sisällyttäminen malliin auttaa myös havaitsemaan viiveellä tapahtuvia muutoksia, koska talouden ja ympäristön muutokset voivat olla hitaita.

Estimoinnissa on käytetty klusterirobusteja keskivirheitä. Korjatut keskivirheet auttavat poistamaan heteroskedastisuutta kaikissa estimointimenetelmissä. Pooled OLS:n tapauksessa estimaattori on edelleen konsistentti, vaikka robusteja keskivirheitä ei käytettäisi, mutta se parantaa tulosten luotettavuutta. FE-estimaattorissa on mahdollista, että havaitsematonta autokorrelaatiota tai heteroskedastisuutta ilmenee, joten robustit keskivirheet sopivat myös tässä tilanteessa. (Hill et al. 2018, 648-650) F-testiä ei ole saatavilla, kun käytetään robusteja keskivirheitä kiinteille vaikutuksille, joten F-testin tulos katsotaan suuntaa antavasti normaalien keskivirheiden kanssa ennen korjattujen keskivirheiden käyttöä. RE-estimaattorin konsistenttiutta testaava Hausman-testi ei onnistu robusteilla keskivirheillä. Tällöin testi tehdään niin sanottuna Mundlak-pohjaisena. Hill et al. (2018, 656-657) mukaan Mudlak-pohjainen testi perustuu regressioon, jossa selittävien muuttujien lisäksi selittävien muuttujien keskiarvot lisätään selittäviksi muuttujiksi. Regression jälkeen testataan, poikkeako keskiarvomuttujien kertoimet merkitsevästi nolasta. RE on konsistentti, jos kertoimet eivät poikkeakaan nolasta. Breusch-Pagan

LM-testi voidaan tehdä tavalliseen tapaan malleille, joissa käytetään klusterirobusteja keskivirheitä.

4. Tulokset

Taulukkoon 3 on koottu estimointimenetelmän valintaan vaikuttavien testien tulokset. Taulukosta nähdään, että jokaisen mallin kohdalla F-testin p-arvo on alle 5 %, joten nollahypoteesi hylätään ja kiinteitä vaikutuksia voidaan todeta olevan. Pooled OLS:n sijasta FE-estimaattori antaa siis parempia tuloksia. Myös satunnaisten vaikutusten estimaattorin ja pooled OLS:n valintaa ohjaavan Breusch-Pagan LM-testin osalta kaikkien mallien p-arvo alittaa riskitason 5 %. Se tarkoittaa, että nollahypoteesi hylätään ja RE on pooled OLS:ia parempi vaihtoehto. Kaikkien neljän mallin osalta jää testattavaksi, onko RE-estimaattori konsistentti. Mundlak-pohjainen Hausman-testi osoittaa, että mallien 2 ja 4 selittävien muuttujien keskiarvojen kertoimet poikkeavat merkitsevästi nolasta, koska p-arvo jää alle riskitason 5 %. Mallit 2 ja 4 estimoidaan siis FE-estimaattorilla endogeenisuusongelman välttämiseksi. Mallien 1 ja 3 osalta endogeenisuutta ei havaita ja nollahypoteesi jää voimaan, koska p-arvo on suurempi kuin 5 %. Näille malleille on turvallista käyttää RE-estimaattoria.

Taulukko 3. Estimointimenetelmän valintaan vaikuttavien testien tulokset

	Hausman (Mundlak approach)	Breusch-Pagan LM	F-testi	Menetelmä
Malli 1	.4020	.0000	.0000	RE
Malli 2	.0306	.0000	.0000	FE
Malli 3	.0559	.0000	.0000	RE
Malli 4	.0063	.0000	.0000	FE

Estimoinnin tuloksena jokaisessa mallissa kaikkien muuttujien etumerkit ovat EKC-hypoteesia tukevia (taulukko 4). Bruttokansantuotteen kerroin β_1 on kaikilla malleilla positiivinen ja sen neliön kerroin β_2 on vastaavasti kaikille malleille negatiivinen, joten käännteinen U-käyrä saadaan näkyviin. Vain malleissa 2 ja 4 tulotason kertoimet ovat tilastollisesti hyvin merkitseviä. Mallissa

3 tulotason kerroin on suuntaa antavasti merkitsevä, kun taas mallin 1 tulos tulotason kertoimesta ei ole tilastollisesti merkitsevä. Bruttokansantuotteen neliö malleissa 2 ja 4 on 1 %:n riskitasolla merkitsevä. Mallissa 3 bruttokansantuotteen neliön kerroin on 5 %:n riskitasolla merkitsevä. Mallin 1 estimoitu kerroin bruttokansantuotteen neliölle ei ole tilastollisesti merkitsevä. Huomataan, että FE-estimaattorilla estimoidut mallit 2 ja 4 antavat hyvin merkitseviä tuloksia EKC-hypoteesin toteutumisesta. RE-estimaattorilla estimoitu malli 3 tukee suuntaa antavasti EKC-hypoteesia kun taas vastaavasti RE-estimaattorilla estimoitu malli 1 ei tue EKC-hypoteesia merkitsevällä tasolla.

Taulukko 4. Parametrien arvot malleille (*, ** ja *** selitetty liitteessä 5)

	Malli 1 (RE)	Robusti keskivirhe	P-arvo	Malli 3 (RE)	Robusti keskivirhe	P-arvo
Vakio	.071411	2.0125	.9720	-1.480122	2.0008	.4590
Ln_bkt_pc	.339216	.4289	.4290	.756704*	.4256	.0750
Ln_bkt_pc2	-.024138	.0232	.2980	-.047675**	.0230	.0380
Ln_enteh_pc	.695464***	.1469	.0000	.655585***	.1508	.0000
R2	.44			.38		

	Malli 2 (FE)	Robusti keskivirhe	P-arvo	Malli 4 (FE)	Robusti keskivirhe	P-arvo
Vakio	-5.074906*	2.6448	.0650	-6.521131***	2.0137	.0030
Ln_bkt_pc	1.500623***	.6054	.0190	1.890603***	.4574	.0000
Ln_bkt_pc2	-.090374***	.0341	.0130	-.112371***	.0255	.0000
Ln_enteh_pc	.894088***	.1933	.0000	.879271***	.1681	.0000
Ln_ymp_pc	-.015373	.0146	.3030	-.019095	.0130	.1530
R2	.43			.39		

Kontrollimuuttujista energian suurella kulutuksella on tilastollisesti hyvin vahva päästöjä kasvattava vaikutus, koska jokaisessa mallissa energian käytön kasvaessa 1 %, päästöt kasvavat 0.65-0.89 %, mallissa 4 eniten ja mallissa 1 vähiten. Ympäristönsuojelumenojen kerroin ei puolestaan ole tilastollisesti merkitsevä kummassakaan mallissa, johon ne sisältyvät. Ei siis voida luotettavasti sanoa niiden vähentävän ympäristöongelmien tasoa. Vakiotermin osalta vain mallin 4 antama tulos on luotettava 5 %:n riskitasolla. Se indikoi, että mallin antama käänteinen U-käyrä leikkaa y-akselin pisteessä -6.5.

Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että kiinteiden vaikutusten estimaattorilla estimoidut mallit 2 ja 4 ovat tuloksiltaan luotettavampia kuin satunnaisten vaikutusten estimaattorilla estimoidut mallit 1 ja 3. Mallit 3 ja 4, joiden selitettävänä muuttujana on kasvihuonekaasut, ovat tilastollisesti merkitsevempiä kuin vastaavat mallit, joissa käytetään selitettävänä muuttujana CO₂-päästöjä. Selitysasteet (R²) eivät ole RE-estimaattorilla estimoitujen malli 1:n (44 %) ja mallin 3:n (38 %) osalta kovin korkeita. FE-estimaattorilla estimoitujen mallien 2 (43 %) ja 4 (39 %) selitysasteet ovat saman suuntaisia. Se voi tarkoittaa, että malleista saattaa uupua jokin selittävä muuttuja. Robustit keskivirheet ovat hieman suuremmat malleissa 2 ja 4. Kaikista malleista yleisesti parhaan ja luotettavimman tuloksen antaa malli 4, vaikka sen selitysaste on vain 39 %.

4.1. Käänne piste

Mallien yhtälöiden perusteella lasketut käänne pisteet vaihtelevat keskenään jonkin verran. Taulukon 5 mukaisesti malli 1 antaa matalimman käänne pisteen 1126 euroa ja malli 3 puolestaan 2796 euroa, mutta nämä mallit ovat vähiten luotettavia. Malli 2 antaa käänne pisteeksi 4033 euroa ja malli 4 antaa korkeimman arvon 4502 euroa. Molemmat mallit ovat bkt:n ja bkt:n neliön osalta luotettavia, mutta kokonaisuudessaan malli 4 on luotettavampi ja siten sen antama käänne piste vaihtoehtoista luotettavin. Käänne pisteet ovat melko alhaisia, mutta ne ovat kuitenkin suunnilleen linjassa aikaisempien tutkimusten käänne pisteiden kanssa (taulukko 1).

Taulukko 5. Kertoimien perusteella lasketut lakipisteet

	Vakiotermi α	β_1	β_2	β_3	β_4	Käänne piste
Malli 1	.071411	.339216	-.024138	.695464***		1126.19 €
Malli 2	-5.074906*	1.500623***	-.090374***	.894088***	-.015373	4033.11 €
Malli 3	-1.480122	.756704*	-.047675**	.655585***		2796.34 €
Malli 4	-6.521131***	1.890603***	-.112371***	.879271***	-.019095	4502.22 €

Kaikki aineiston maat ovat ohittaneet käännepisteen 4502 € havaintojaksoa ennen tai havaintojakson aikana. Kuitenkin, viimeisimpinä havaintojakson aikana käännepisteen ovat saavuttaneet Serbia vuonna 2011, Bulgaria vuonna 2008 ja Romania vuonna 2006. Monissa Itä-Euroopan maissa käänne on siis tapahtunut vasta viime vuosina. Taulukossa 6 on valittu erityyppisiä maita, jotka asettuvat eri kohdille suhteessa Kuznets-käyrään. Vertailukohtana on EU-maiden keskiarvo. Suomi edustaa Pohjoismaita ja pohjoisen sijainnin vuoksi energian kulutus voi olla suurta ja siten päästöt suuret, vaikka tulotaso on suuri. Ranska edustaa EU:n perustajamaita, ja huomataan, että bkt on keskiarvoista suurempi, mutta päästöt alle keskiarvon. Välimeren maita edustaa Italia, jonka tulotaso jää alle keskiarvon, mutta samoin jäävät päästöt. Vaikka Ranska ja Italia ovat keskeisiä EU:n taloudelle, ne ovat keskittyneet tuotannon sijaan palveluihin turistimaina. Romania on valittu havainnollistamaan itäisen Euroopan maita ja se on myös melko tuore EU:n jäsen. Bkt on alle kolmanneksen keskiarvosta, mutta päästöt ovat suhteellisesti suurimmat. Romaniassa on edelleen teollista toimintaa ja Neuvostoliiton vaikutukset ova edelleen näkyvät. Mallin 4 regressiosuoraan nähden Suomi ja Romania asettuvat todennäköisesti käyrän oikeaan laitaan, yläpuolelle käyrää kun taas Ranska ja Italia asettuvat varmemmin käyrän oikeaan laitaan, mutta alapuolelle käyrää.

Taulukko 6. Esimerkkimaiden bkt:n, päästöjen ja ympäristönsuojelumenojen tarkastelua (viimeisimmillä saatavilla arvoilla)

Maa	Bkt pc (euroa)	Suhde lakipisteeseen (mallin 4 mukaan)	Y-suojelumeno suhteessa bkt:een pc	Kasvihuonepäästöt suhteessa bkt:een pc (CO2 ekviv./€)	Y-suojelumeno suhteessa päästöihin pc (€/CO2 ekviv.)
EU28	30064.41	ohitettu	0.0408	0.000230	177.39
Suomi	40646.93	ohitettu	0.0208	0.000234	88.88
Ranska	34323.76	ohitettu	0.0398	0.000142	280.28
Italia	28534.45	ohitettu	0.0584	0.000182	320.87
Romania	9573.29	ohitettu	0.0601	0.000533	112.75

4.2. Ympäristönsuojelumenojen yhteys ilmiöön

Oletuksena oli, että ympäristönsuojelumenot vaikuttavat päästöihin laskevasti. Kertoimet vastaavat tätä oletusta mutta niitä ei voida pitää luotettavina kertoimien p-arvojen jäädessä yli kymmenen prosentin. Korrelaatiotaulujen perusteella (liite 6) ympäristönsuojelumenojen ja bkt:n korrelaatio on 0.82, joten bkt:n ja ympäristönsuojelumenojen samansuuntainen yhteys on vahva. Bkt:n ja päästöjen korrelaatio (0.45) on pienempi kuin ympäristönsuojelumenojen ja päästöjen (0.6). Korrelaatiot ovat positiivisia, joten muuttujat liikkuvat samaan suuntaan, mutta bkt:n ja päästöjen samansuuntainen vaikutus toisiinsa on pienempi kuin ympäristönsuojelumenojen ja päästöjen. Tämä tarkoittaa, että päästöt eivät saa niin pieniä arvoja ympäristönsuojelumenojen kasvaessa kuin mitä tulotason kasvaessa. Taulukon 6 eri tasoisten maiden suhdelukuja tarkastellessa ei voida havaita selkeää vaikutussuuntaa. Voidaan siis päätellä, että korrelaatioiden pohjalta ympäristönsuojelumenot ovat kiinteässä yhteydessä bruttokansantuotteeseen, mutta eivät vaikuta merkittävästi päästöihin. Toisaalta, jos ympäristön tila on päästöjen vähentyessä parantunut, ympäristönsuojelumenoja ei välttämättä tarvita suurissa määrin.

4.3. Rajoitteet ja luotettavuus

Kuten EKC:n kohtaamassa kritiikissä, myös tässä työssä luotettavuutta vähentävät samat ongelmat. Kaikkia näitä ongelmia ei ole voitu ottaa huomioon tutkimuksen rajallisen laajuuden vuoksi. Ongelmat liittyvät keskeisesti muuttujiin, joilla ilmiötä mallinnetaan. Bruttokansantuote, päästöt, energian kulutus sekä ympäristönsuojelumenot ovat muuttujia, jotka riippuvat hyvin pitkälti aikaisempien periodien arvoista. Liitteestä 7 nähdään, että EU-tasolla kaikissa muuttujissa on havaittavissa trendi, joka voi aiheuttaa epästationaarisuutta ja yhteisintegroituvuutta.

Epästationaarisuutta ilmenee, jos muuttujien arvot riippuvat ajasta eikä aikasarja olekaan satunnaisprosessin tulos. Tämä on yleistä aineistossa, jossa on havaittavissa trendi. Stationaarisuutta voidaan testata yksikköjuuritestillä. Epästationaarisuutta voidaan korjata ottamalla trendi huomioon mallissa. Jos muuttujat ovat epästationaarisia ja niillä on samanlaiset

trendit, muuttujien sanotaan olevan yhteisintegroituneita. Yhteisintegroituvuus voidaan testata esimerkiksi Pedronin paneelidatalle sopivalla yhteisintegroituvuustestillä. Epästationaarisuus ja yhteisintegroituvuus johtavat usein näennäisiin regressioihin ja se on otettava huomioon tämän tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa. (Farhani & Rejeb 2012; Uchiyama 2016; Stern 2014)

Testattujen mallien suhteellisen matala selitysaste voi johtua puuttuvan muuttujan harhasta, josta mainitsee muun muassa Stern (2014). Nimen mukaisesti, mallista puuttuu jokin selitysvoimaa omaava muuttuja. Puuttuvat muuttujat voivat johtaa kertoimien harhaisuuteen. Kuten todettu, ilmiötä mallinnettaessa vakiintuneiden muuttujien määrä on melko runsas, mutta kovin montaa niistä ei voida sisällyttää yhtäaikaisesti yksinkertaiseen EKC-malliin.

Multikollineaarisuutta voi myös esiintyä, jolloin muuttujat liikkuvat systemaattisesti suhteessa toisiinsa ja silloin muuttujien selitysvoimaa ei pystytä hyödyntämään (Hill et al. 2018, 291). Multikollineaarisuus saattaa vaihtaa muuttujien kertoimien etumerkkejä, mikä saattaa olla ongelma EKC:n mallintamisessa, jossa etumerkeillä on ratkaiseva merkitys. Multikollineaarisuus voidaan todeta esimerkiksi tarkastelemalla korrelaatiotauluja (liite 4) ja tässä työssä muunneltujen muuttujien osalta bkt:n ja ympäristönsuojelumenojen korrelaatio ylittää 0.80. Nämä muuttujat siis muuttuvat kiinteässä suhteessa ja saattavat aiheuttaa multikollineaarisuusongelman, vaikka mallien selitysaste onkin matala.

Eräs ongelma on käänteinen kausaalisuus. Bruttokansantuotteen, hiilidioksidipäästöjen ja energian kulutuksen välinen yhteys on vahva, mutta niiden keskinäiset vaikutussuunnat ovat epäselvät. Kuten todettu, moni tutkimus käyttää näitä muuttujia EKC:n mallintamisessa. Kiviyro ja Arminen (2014) ovat tutkineet näiden muuttujien yhteyttä ja yksiselitteistä tulosta ei ole. Tässäkin tutkimuksessa on siis mahdollista, että päästöillä on selitysvoimaa energian kulutukseen ja bruttokansantuotteeseen, mutta ongelmaa on yritetty poistaa viivemallilla. Kausaalisuuden testaaminen Grangerin kausaalisuustestillä vaatii, että muuttujat on stationaarisia, joten myös edellä mainittu epästationaarisuus olisi otettava huomioon. (Stern 2014; Farhani, Mrizak, Chaibi & Rault 2014; Kasman & Duman 2015)

5. Johtopäätökset

Tämä työ käsitteli talouskasvun ja ympäristöongelmien yhteyttä ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän avulla. Lisäksi ympäristönsuojelumenot oli liitetty mukaan analyysiin sekä EKC:n mallintamisessa selittävänä muuttujana että osin erillisenä tutkimuskohteena. Päättökysymykseen ”*Millainen vaikutus talouskasvulla on ympäristön tilaan Euroopan Unionissa?*” saadaan vastaus tarkastelemalla alatutkimuskysymyksiä, jotka olivat:

1. *Miten EKC-hypoteesi toteutuu EU-maissa?*
2. *Millä tulotasolla käänneaste saavutetaan ja missä tilassa eri EU-maat ovat siihen nähden?*
3. *Millainen yhteys ympäristönsuojelumenolla on tutkittavaan ilmiöön?*

Tulokset-osiossa saatiin vastaukset kaikkiin kolmeen alakysymykseen. Nämä tulokset koottuna, päätökysymykseen voidaan vastata, että talouskasvu parantaa ympäristön tilaa Euroopan Unionin alueella. EKC-hypoteesi toteutuu aineistossa ja korkeinta saatua käänneastetta 4502 € tarkastellessa voidaan todeta, että kaikki maat ovat saavuttaneet pisteen ja siten talouskasvu ei enää pahenna ympäristöongelmien tasoa. EKC-hypoteesi toteutuu huolimatta siitä, käytetäänkö ympäristöongelmien indikaattorina CO₂-päästöjä vai laajemmin kasvihuonekaasupäästöjä. FE-estimaattorilla toteutetuissa ja ympäristönsuojelumenot sisältävissä malleissa tulokset olivat merkittävämpiä kuin RE-estimaattoria käytettäessä. Ympäristönsuojelumenojen yhteys päästöihin ei kuitenkaan ole selkeä eikä luotettava tämän tutkimuksen osalta. On viitteitä siitä, että oletetusti ympäristönsuojelumenolla on vahva yhteys bruttokansantuotteeseen, mutta oletus ympäristönsuojelumenojen päästöjä alentavasta vaikutuksesta ei tullut ilmi.

Aikaisempi tutkimus on keskittynyt usein rikkidioksidipäästöihin ja alaspäin aukeava paraabeli on useammin saatu näkymään juuri rikkidioksidille. Tässä työssä haluttiin tutkia aiemmin ristiriitaisia tuloksia antaneita hiilidioksidipäästöjä sekä vertailun vuoksi myös päästöjä laajemmin

kasvuhuonekaasujen muodossa. Aiemmin saatujen viitteiden perusteella Kuznets-käyrää on vaikea saada empiirisesti todettua globaaleille saasteille ja homogeeniselle aineistolle. Tässä työssä käyrä saatiin esiin molemmille tutkituille saasteille, vaikka ne ovat globaaleja. Tuloksista päätellen, EU-maiden välillä esiintyy odotettua enemmän heterogeenisuutta. Ympäristönsuojelumenoja on yleisesti tutkittu valitettavan vähän ja EKC-hypoteesiin liittyen ei juuri ollenkaan. Siksi tähän työhön haluttiin ottaa ympäristönsuojelumenot mukaan uutena dimensiona.

Päätellen ilmakehän päästöjen vähentymisestä, EU:ssa teollinen tuotanto on vaihtunut palveluyhteiskunnan suuntaan. Toisaalta tämä päästöjen voimakas väheneminen voi johtua myös tuotannon siirtymisestä halvemmän työvoiman ja löysemmän ympäristölainsäädännön maihin, kuten Intiaan. EU:n bruttokansantuotteen suuruus indikoi, että palvelupainotteisuuden lisäksi on varallisuutta kehittää ympäristöystävällisempää teknologiaa. EU:ssa teknologinen kehitys on selvästi nähtävissä. Uuden teknologian myötä myös työn tuottavuus paranee ja esimerkiksi energiatehokkuus paranee. Ympäristöystävällisyys ja kehitystoimet voivat esiin myös ympäristönsuojelumenoissa.

Käytännössä tutkielman tulosten perusteella voidaan todeta, että EU-maiden välillä on edelleen eroja taloudellisessa tilassa sekä päästöissä. Siten odotetuista talouden ja ympäristön suhteen muodoista toteutui juuri EKC laskevan lineaarisen suhteen sijasta. Esimerkiksi EU-perustajamaa Luxemburg, jonka tulotaso on viimeisimmän havainnon mukaan yli 90 000 euroa, poikkeaa huomattavasti itäisistä Euroopan maista, jotka ovat saavuttaneet mallin 4 käännepisteen vasta 2000-luvulla. Euroopan Unionin yhteisen lainsäädännön, ympäristösopimusten ja päästöporssien myötä työssä oletettiin maiden olevan hyvin yhtenäisiä, mutta tämä oletus ei pidä kovin vahvasti paikkaansa. EU on suhteellisen uusi liittouma ja osa maista on liittynyt mukaan vasta viime vuosina. Juuri näiden uusien maiden, kuten Romanian, huomattiin olevan taloudelliselta tilaltaan huomattavasti jäljessä vanhemmista jäsenvaltioista. Uusilla mailla voi kestää vuosia implementoida EU:n vaatimat tavoitteet, joten erot todennäköisesti tasaantuvat tulevaisuudessa. Suurta maajoukkoa koskevia säännöksiä ja sopimuksia laatiessa luotettava pohjatieto on arvokasta, varsinkin jos vaikutukset ovat erilaiset eri tason maissa.

Ympäristönsuojelumenot ja ympäristötilinpito ovat vielä kovin kehittymättömiä. Vaikka EU-tasolla tilastointi on maailman huippua, ympäristöön liittyvä aineisto oli silti hyvin puutteellista. Tulevaisuuden tutkimuksen kannalta ympäristötilinpidon ja parempien ympäristömittarien kehittäminen olisi tärkeää luotettavampien tulosten saamiseksi. Kuten jo monesti todettu, ympäristönsuojelumenoihin liittyvää tutkimusta on liian vähän ja siksi se olisi potentiaalinen tutkimuksen kohde. Ympäristötaloustieteellisellä tutkimuksella on kuitenkin tulevaisuudessa suuri rooli, sillä globaali ilmastonmuutos muuttaa radikaalisti monen ihmisen elämää. Ihmiskunnan turvallisen tulevaisuuden ja taloudellisen vakauden säilyttämiseksi tarvitaan aineistoa päätöksenteon tueksi. Kansantalouksien jatkaessa kasvua, ympäristön tulevaisuudesta ei ole takeita, jolloin tiedon kerääminen on erittäin merkityksellistä.

Lähdeluettelo

Agras, J. & Chapman, D. (1999) A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*. Vol. 28. No. 1. Pp. 267-277.

Al-mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L. & Mohammed, A. H. (2015) Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*. Vol. 48. No. 1. Pp. 315-323.

Ansuategi, A. & Marsiglio, S. (2017) Is Environmental Protection Beneficial for the Environment? *Review of Development Economics*. Vol. 21. No. 3. Pp. 786-802.

Antweiler, W., Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2001) Is Free Trade Good for the Environment? *The American Economic Review*. Vol. 91. No. 4. Pp. 877-908.

Broniewicz, E. (2011) Environmental Protection Expenditure in European Union, Environmental Management in Practice. Rijeka: InTech Europe.

Castiglione, C., Infante, D. & Smirnova, J. (2011) Rule of Law and the Environmental Kuznets Curve: Evidence for Carbon Emissions. Trinity Economics Papers: Working Paper No. 0111.

Chow G. C. & Li, J. (2014) Environmental Kuznets Curve: Conclusive Econometric Evidence for CO₂. *Pacific Econometric Review*. Vol. 19. No. 1. Pp. 1-7.

Cole, M., Rayner, A. J. & Bates, J. M. (1997), The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics*. Vol. 2. No. 4. Pp. 401-416.

Congleton, R. D. (1992) Political institutions and pollution control. *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 74. No. 3. Pp. 412-421.

Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2004) Trade, growth and the environment. NBER Working Paper No. 9823.

Cropper, M. & Griffiths, C. (2001) The Interaction of Population Growth and Environmental Quality. *Population Economics*. Vol. 48. No. 2. Pp. 250-254.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H. & Wheeler, D. (2002) Confronting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 16. No. 1. Pp. 147-168.

Dinda, S. (2004) Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*. Vol. 49. No. 1. Pp. 431-455.

Euroopan parlamentti (2019) Ympäristöpolitiikan yleiset periaatteet ja peruslinjaukset. [Viitattu 8.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla:

<http://www.europarl.europa.eu/factsheets/fs/sheet/71/ymparistopolitiikan-yleiset-periaatteet-ja-peruslinjaukset>

Eurostat (2019 a) Statistics Explained: Environmental protection expenditure accounts. [Viitattu 6.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Environmental_protection_expenditure_accounts

Eurostat (2019 b) Statistics Explained: Government expenditure on environmental protection. [Viitattu 6.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Government_expenditure_on_environmental_protection

Farhani, S. & Rejeb, J. B. (2012) Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions: Evidence from Panel Data for MENA Region. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 2. No. 2. Pp. 71-81.

Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A. & Rault, C. (2014) The Environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy*. Vol. 71. No. 1. Pp. 189-198.

Gujarati, D. N. (1995) Basic Econometrics. 3rd Edition. McGraw-Hill Inc.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991) Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working paper No. 3914.

Grossman G. M. & Krueger, A. B. (1995) Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 110. No. 1. Pp. 353-377.

Hanley, N., Shogren, J. & White, B. (2013) Introduction to Environmental Economics. 2nd Edition. Oxford University Press: Oxford.

Heikkilä, T. (2014) Tilastollinen tutkimus. 9. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Hill, R. C., Griffiths, W. E. & Lim, G. C. (2018) Principles of Econometrics. John Wiley & Sons Inc.

Hoffrén, J. (2018) Ympäristötilastotieteen perusteet. CxO Academy kirjat 14. Vantaa: Ketterät kirjat Oy.

Hyytinen, A. & Maliranta, M. (2015) Yritysjohdon taloustiede. Yritykset taloudessa ja taloustieteessä. Helsinki: Spillover Economics Oy

IPCC (2019) About the IPCC. [Viitattu 8.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: <https://www.ipcc.ch/about/>

Kasman, A. & Duman, Y. S. (2015) CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*. Vol. 44 No. 1. Pp. 97-103.

Kijima, M., Nishide, K. & Ohyama, A. (2010) Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. *Journal of Economic Dynamics & Control*. Vol. 34. No. 1. Pp. 1187-1201.

Kiviyro, P. & Arminen, H. (2014) Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: Causality analysis for Sub-Saharan Africa. *Energy*. Vol. 74. No. C. Pp. 595-606.

Kuznets, S. (1955) Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*. Vol. 45. No. 1. Pp. 1-28.

List, J. A. & Gallet, C. A. (1999) The environmental Kuznets curve: does one size fit all? *Ecological Economics*. Vol. 31. No. 1. Pp. 409-423.

López, R. & Palacios, A. (2013) Why has Europe Become Environmentally Cleaner? Decomposing the Roles of Fiscal, Trade and Environmental Policies. *Environmental Resource Economics*. Vol 58. No. 1. Pp. 91-108.

Mundlak, Y. (1978) On the Pooling of Time Series and Cross Section Data. *Econometrica*. Vol. 46. No. 1. Pp. 69-85.

Newton, A. C. & Cantarello, E. (2014) An Introduction to the Green Economy: Science, Systems and Sustainability. Oxon: Routledge.

OECD (2011) Towards Green Growth. [Verkkodokumentti] [Viitattu 19.6.2019] Saatavilla: <https://www.oecd.org/greengrowth/480123S45.pdf>

Panayotou, T. (1993) Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. World Employment Programme Research Working Paper No. 238.

Pearce, D. & Palmer, C. (2001) Public and Private Spending for Environmental Protection: A Cross-Country Policy Analysis. *Fiscal Studies*. Vol. 22. No. 4. Pp. 403-456.

Perman, R. & Stern D. I. (2003) Evidence from panel unit root and cointegration tests that the Environmental Kuznets Curve does not exist. *The Australian Journal of Agriculture and Resource Economics*. Vol. 47. No. 3. Pp. 325-347.

Selden, T. M. & Song, D. (1994) Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? *Journal of environmental economics and management*. Vol. 1 No. 1. Pp. 147-162.

Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992) Economic Growth and Environmental Quality: Time-Series and Cross-Country Evidence. World Bank Policy Research Working Paper 904.

Siebert, H. (2008) Economics of the Environment: Theory and Policy. Berlin Heidelberg: Springer.

Solow, R. M. (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 70. No. 1. Pp. 65-94.

Stern, D. I. (2014) The Environmental Kuznets Curve: A Primer. Centre for Climate Economic & Policy Working Paper 1404.

Stern, D. I. (2003) The Environmental Kuznets Curve. International Society for Ecological Economics: Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. [Verkkodokumentti] [Viitattu 19.6.2019] Saatavilla:

<http://isecoeco.org/pdf/stern.pdf>

Stern, D. I. & Common (2001) Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 41. No. 1. Pp. 162-178.

Stern, D. I., Common, M. S. & Barbier, E. B. (1996) Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. *World Development*. Vol. 24. No. 7. Pp. 1151-1160.

Stern, N. (2007) The Economics of Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge.

Tilastokeskus (2019) Bruttokansantuote. [Viitattu 10.5.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: <http://www.stat.fi/meta/kas/bktmarkkina.html>

Uchiyama, K. (2016) Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Carbon Dioxide Emissions. Tokyo: Springer Briefs in Economics. Development Bank of Japan Research Series.

Wiesmeth, H. (2012) Environmental Economics: Theory and Policy in Equilibrium. Berlin Heidelberg: Springer.

Wheeler, D. (2001) Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries. World Bank Policy Research Working Paper 2524.

Wooldridge, J. M. (2002) *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Massachusetts: The MIT Press.

World Bank (2019 a) GDP Euro area. [Viitattu 10.5.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=XC>

World Bank (2019 b) CO2 emissions Euro area. [Viitattu 10.5.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=XC>

Ympäristöministeriö (2019 a) Kansainväliset ilmastoneuvottelut. [Viitattu 8.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla:

https://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut

Ympäristöministeriö (2019 b) EU:n ympäristöpolitiikka. [Viitattu 8.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: https://www.ymp.fi/fi-FI/Kansainvalinen_yhteistyö/EUn_ymparistopolitiikka

Ympäristöministeriö (2019 c) Pariisin ilmastopimus. [Viitattu 10.5.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: <https://www.ymp.fi/pariisi2015>

Ympäristöministeriö (2019 d) Kioton pöytäkirja. [Viitattu 8.6.2019] [Verkkosivu] Saatavilla: https://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kioton_poytakirja

Zapata, H. O., Paudel, K. & Moss, C. B. (2008) Functional form of the environmental Kuznets Curve. *Advanced Econometrics*. Vol. 25. No. 1. Pp. 471-493.

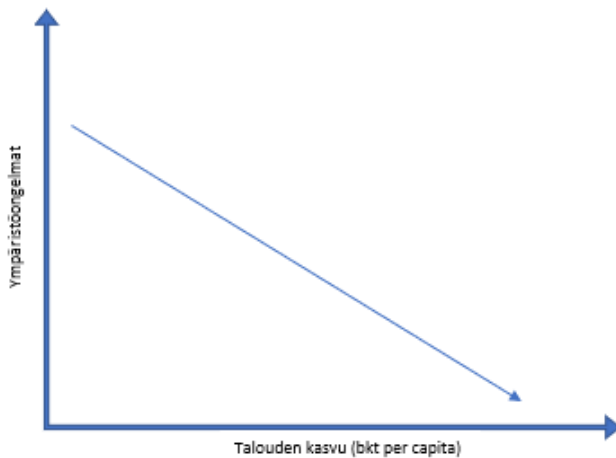
Özocku S. & Özdemir, Ö. (2017) Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 72. No. 1. Pp. 639-647.

LIITTEET

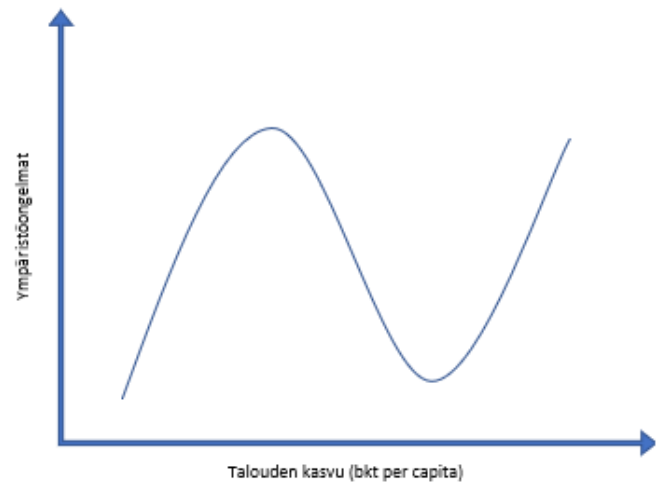
Liite 1: Talouskasvun ja ympäristön mahdolliset suhteet (Kijima et al. 2010)

Vaihtoehto	Kertoimet	Lopputulos
1	$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$	Ei havaittavaa yhteyttä
2	$\beta_1 > 0$ ja $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Lineaarinen nouseva suhde
3	$\beta_1 < 0$ ja $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Lineaarinen laskeva suhde
4	$\beta_1 > 0$ ja $\beta_2 < 0$ ja $\beta_3 = 0$	Alaspäin aukeava paraabeli (EKC)
5	$\beta_1 < 0$ ja $\beta_2 > 0$ ja $\beta_3 = 0$	Ylöspäin aukeava paraabeli
6	$\beta_1 > 0$ ja $\beta_2 < 0$ ja $\beta_3 > 0$	N:n muotoinen käyrä
7	$\beta_1 < 0$ ja $\beta_2 > 0$ ja $\beta_3 < 0$	N:n peilikuvan muotoinen käyrä

Talouden ja ympäristön lineaarinen suhde



Talouden ja ympäristön N-muotoinen käyrä (kuutioitu bkt)



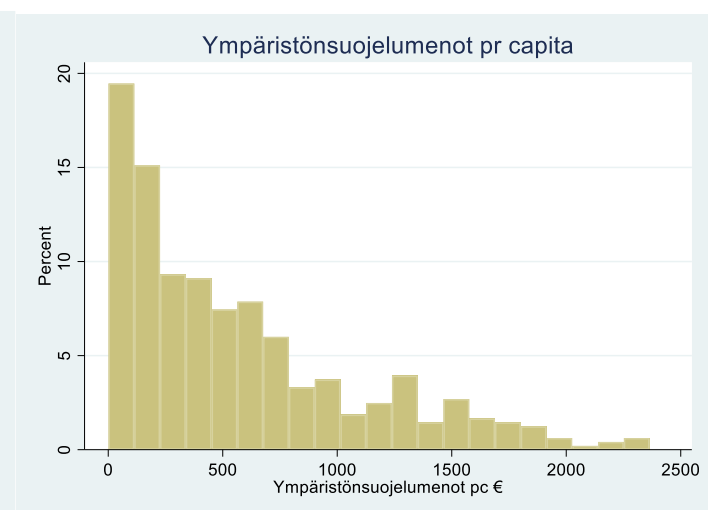
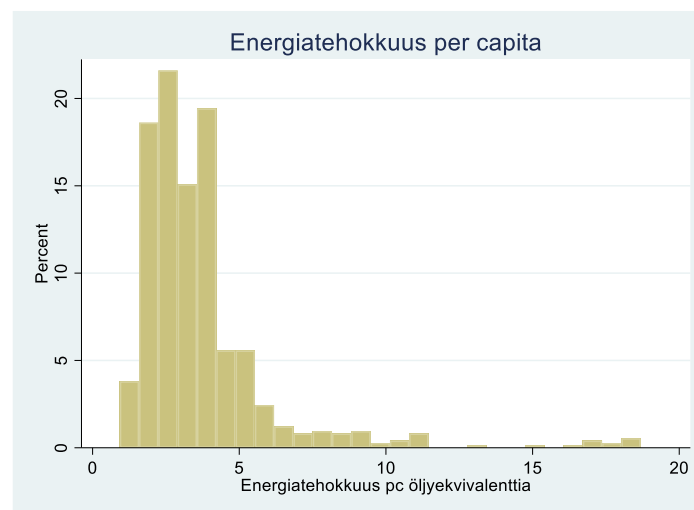
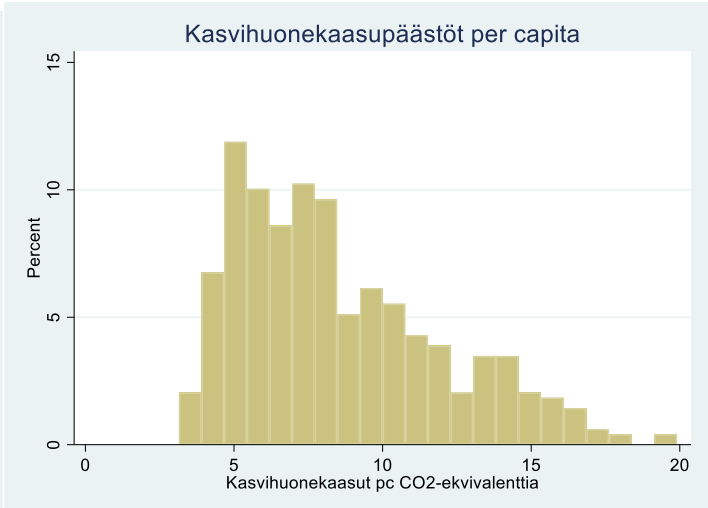
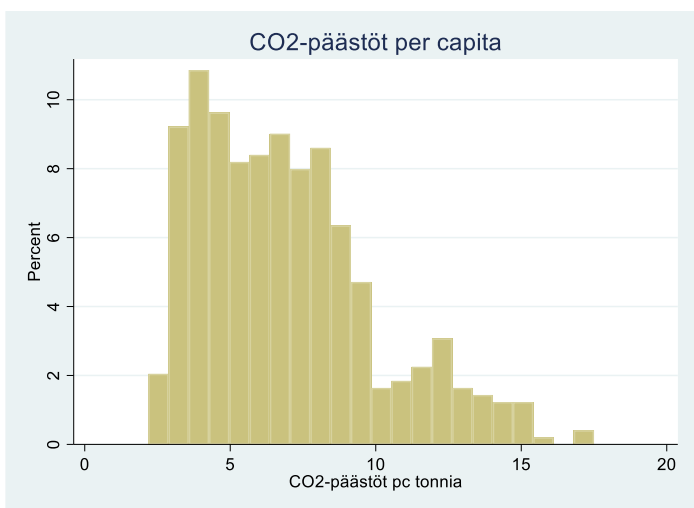
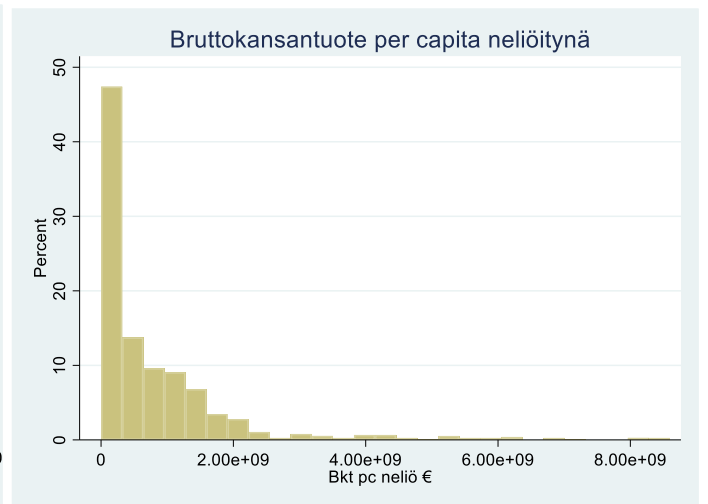
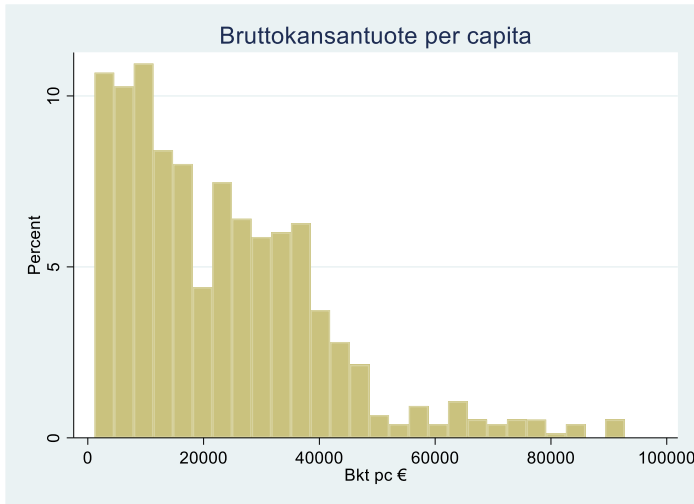
Liite 2: Muuttujien ja niiden muunnosten kuvailu

Alkuperäiset muuttujat	Tunnus	Yksikkö	N	Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta
Bruttokansantuote	bkt	Milj. € markkinahinnoin	817	2829	3 386 000	403 408.30	682 896.50
Bkt toiseen potenssiin	bkt2	Milj. € markkinahinnoin	817	8 003 241	11 500 000 000	558 000 000	1 470 000 000
CO2 päästöt	co2	Tonni	488	2 370 065	725 000 000	110 000 000	144 000 000
Kasviuonekaasut (CO2, N2O, CH4)	kasvih	CO2 ekvivalentti	488	2 939 471	830 000 000	136 000 000	173 000 000
Energiätehokkuus	enteh	Milj. tonnia öljykvivalenttia	896	.71	332.63	54.34	74.85
Ympäristönsuojelumeno	ymp	€	483	3 180 872	95 700 000 000	12 000 000 000	21 300 000 000

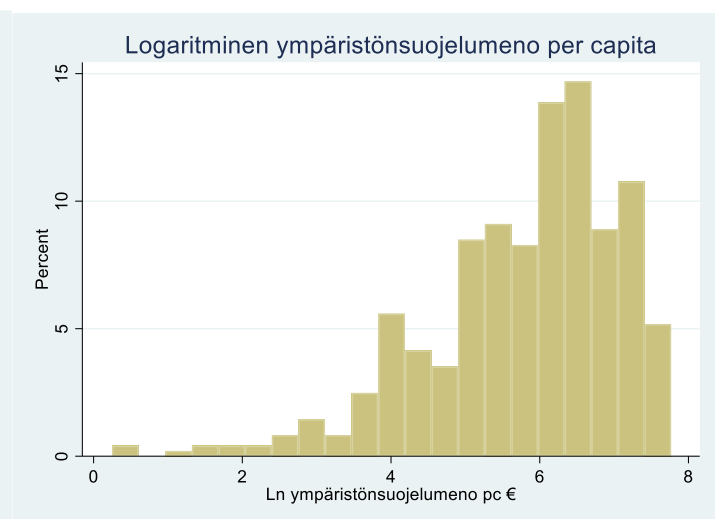
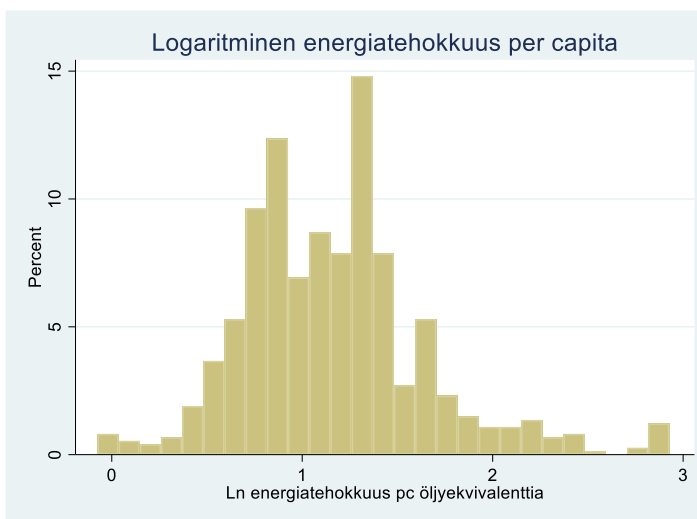
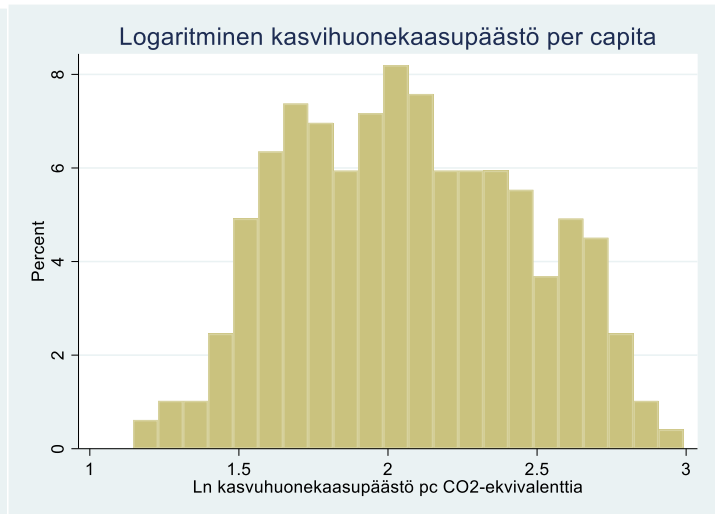
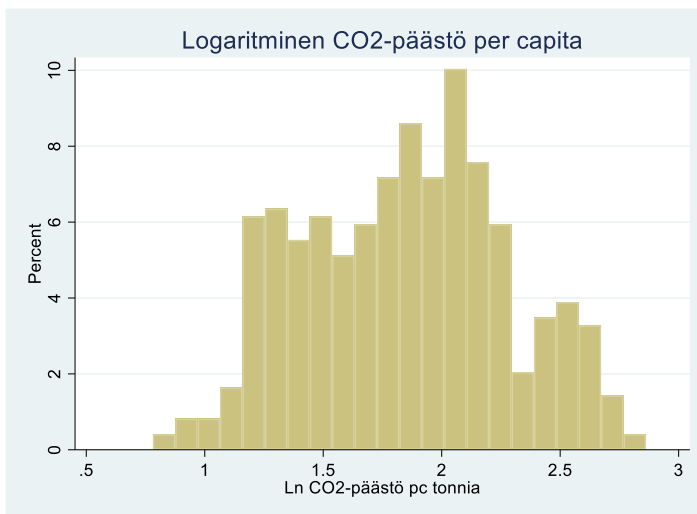
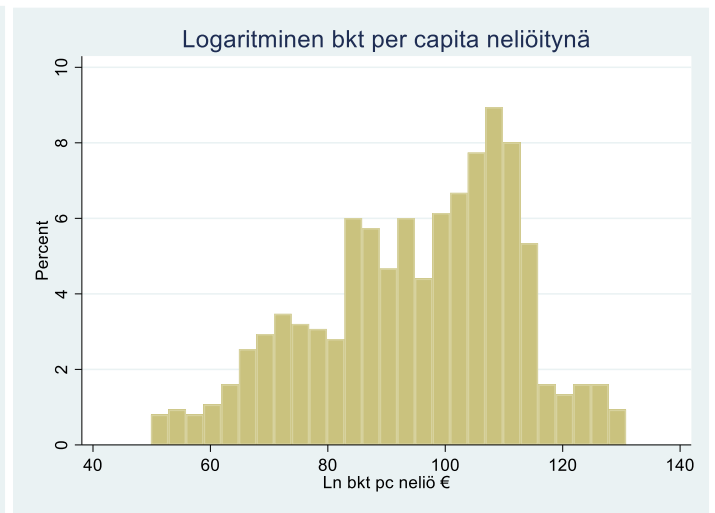
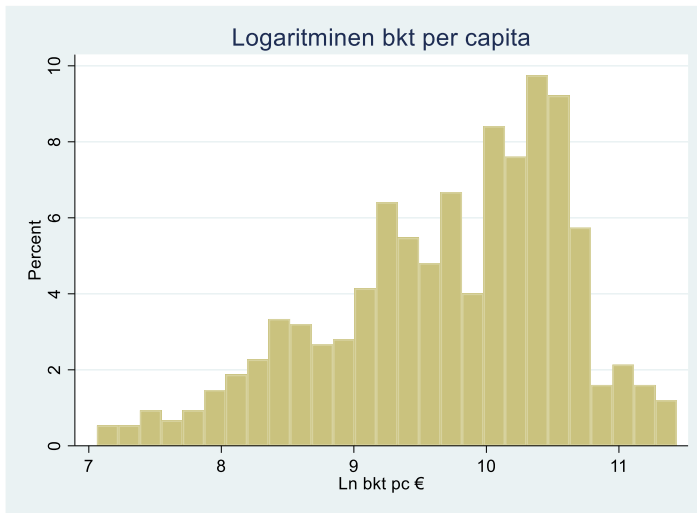
Muuttujat per capita	Tunnus	Yksikkö	N	Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta
Bruttokansantuote per capita	bkt_pc	€ per capita markkinahinnoin	785	1164.99	92 731.95	22 869.49	16 900.27
Bkt per capita toiseen potenssiin	bkt_pc2	€ per capita markkinahinnoin	785	1 357 199	8 600 000 000	808 000 000	1 210 000 000
CO2 päästöt per capita	co2_pc	Tonni per capita	488	2.18	17.50	6.95	3.04
Kasviuonekaasut (CO2, N2O, CH4) per capita	kasvih_pc	CO2 ekvivalentti per capita	488	3.14	19.90	8.53	3.42
Energiätehokkuus per capita	enteh_pc	Öljykvivalenttia per capita	891	.84	18.68	3.65	2.34

Uudet muuttujat	Tunnus	Yksikkö	N	Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta
Ln bruttokansantuote per capita	ln_bkt_pc	€ per capita markkinahinnoin	785	7.06	11.45	9.72	.88
Ln bruttokansantuote per capita toiseen potenssiin	ln_bkt_pc2	€ per capita markkinahinnoin	785	49.85	130.82	95.20	16.72
Ln CO2 päästöt per capita	ln_co2_pc	Tonni per capita	488	.78	2.86	1.85	.43
Ln kasviuonekaasut per capita (CO2, N2O, CH4)	ln_kasvih_pc	CO2 ekvivalentti per capita	488	1.14	2.99	2.07	.39
Ln energiatehokkuus per capita	ln_enteh_pc	Öljykvivalenttia per capita	891	-.17	2.93	1.16	.48
Ln ympäristönsuojelumeno per capita	ln_ymp_pc	€ per capita	483	.24	7.77	5.77	1.29

Liite 3: Muuttujien per capita jakaumat



Liite 4: Logaritmisten muuttujien per capita jakaumat



Liite 5: Tutkielmassa käytetyt tilastolliset merkitsevyystasot

Merkitsevyystaso	Symboli	Merkitys
1%	***	Tilastollisesti erittäin merkitsevä
5%	**	Tilastollisesti merkitsevä
10%	*	Tilastollisesti suuntaa antava

Liite 6: Muuttujien ja niiden muunnosten korrelaatiomatriisit

Muuttujat	Bkt	Bkt ²	CO2	Kasvih	Enteh	Ymp
Bkt	1.0000					
Bkt ²	.9489***	1.0000				
CO2	.9009***	.8370***	1.0000			
Kasvih	.8987***	.8241***	.9971***	1.0000		
Enteh	.9529***	.8766***	.9528***	.9596***	1.0000	
Ymp	.9245***	.8835***	.7746***	.7640***	.8961***	1.0000

Muuttujat	Bkt_pc	Bkt_pc ²	CO2_pc	Kasvih_pc	Enteh_pc	Ymp_pc
Bkt_pc	1.0000					
Bkt_pc ²	.9318***	1.0000				
CO2_pc	.4404***	.3864***	1.0000			
Kasvih_pc	.4449***	.3771***	.9776***	1.0000		
Enteh_pc	.5827***	.5146***	.5886***	.5844***	1.0000	
Ymp_pc	.7658***	.6511***	.5339***	.5198***	.4860***	1.0000

Muuttujat	Ln_Bkt_pc	Ln_Bkt_pc ²	Ln_CO2_pc	Ln_Kasvih_pc	Ln_Enteh_pc	Ln_Ymp_pc
Ln_Bkt_pc	1.0000					
Ln_Bkt_pc ²	.9984***	1.0000				
Ln_CO2_pc	.4501***	.4495***	1.0000			
Ln_Kasvih_pc	.4531***	.4524***	.9808***	1.0000		
Ln_Enteh_pc	.6636***	.6773***	.7227***	.7232***	1.0000	
Ln_Ymp_pc	.8216***	.8164***	.6014***	.6011***	.6119***	1.0000

Liite 7: Muuttujien kehitys ajassa EU-alueella

