



LUT School of Business and Management

Kauppätieteiden kandidaatintutkielma

Kansainvälinen liiketoiminta

Talouden tilan vaikutus ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unionin alueella

The impact of economic welfare on the ecological footprint in the European Union region

06.01.2019

Tekijä: Satu Kosunen

Ohjaaja: Tiia-Lotta Pekkanen

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Satu Kosunen
Tutkielman nimi:	Talouden tilan vaikutus ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unionin alueella
Akateeminen yksikkö:	LUT School of Business and Management
Koulutusohjelma:	Kansainvälinen liiketoiminta
Ohjaaja:	Tiia-Lotta Pekkanen
Hakusanat:	Ekologinen jalanjälki, Kuznets -käyrä, BKT, SSI

Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on tutkia talouden tilan vaikutuksia ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unioniin kuuluvissa maissa. Tutkimus toteutettiin hyödyntämällä lineaarista regressioanalyysiä SAS Enterprise Guide 6.1 ohjelmistolla. Tutkimus perustuu ympäristön ja talouden väliseen suhteeseen, jota tarkastellaan ympäristötaloudellisen Kuznets –käyrän teorian pohjalta. Tilastollisen tutkimuksen myötä pyrittiin löytämään alaspäin aukeavan paraabelin muotoinen yhteys ekologisen jalanjäljen ja bruttokansantuotteen välille. Regressioanalyysin avulla vertailtiin myös kestävä yhteiskunnan indeksiä ja bruttokansantuotteen suhdetta ekologisen jalanjäljen kanssa.

Tutkimuksen poikkileikkausaineisto on rajattu Euroopan Unionin maihin, sillä alueella on tiukka ympäristöpolitiikka, minkä myötä aiheutta on relevanttia tutkia juuri kyseisellä rajauksella. Selitettävänä tekijänä tutkimuksessa toimii ekologinen jalanjälki ja selittävinä tekijöinä bruttokansantuote ja sen neliö, kestävä yhteiskunnan indeksi ja sen dimensiot sekä kontrollimuuttujina väestön koko ja energian kulutus. Bruttokansantuote ja kestävä yhteiskunnan indeksi kuvaavat talouden hyvinvointia, kun taas ekologinen jalanjälki on ympäristön hyvinvoinnin mittari.

Tutkimuksen merkittävimpien tulosten mukaan bruttokansantuotteella on vahva negatiivinen vaikutus ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unionin alueella. Kuznets –käyrän hypoteesit eivät toteudu valituilla muuttujilla, vaan tutkimuksen mukaan bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välillä on kasvava lineaarinen yhteys.

ABSTRACT

Author:	Satu Kosunen
Title:	The impact of economic welfare on the ecological footprint in the European Union region
School:	LUT School of Business and Management
Degree programme:	International Business
Supervisor:	Tiia-Lotta Pekkanen
Keywords:	Ecological footprint, Kuznets-curve, GDP, SSI

This bachelor's thesis aims to examine the impacts of economic welfare on the ecological footprint in the European Union countries. The study was executed by utilizing the linear regression analysis in the SAS Enterprise Guide 6.1 software. The study is based on the relationship between the environment and the economy, which is examined based on the theory of the environmental Kuznets-curve. Through quantitative examination a downward facing parable was attempted to find between the relationship of gross domestic product and the ecological footprint. The impacts of the sustainable society index and gross domestic product on the ecological footprint were compared using linear regression analysis.

The cross-sectional data of this thesis is limited to the countries of the European Union since the region has a strict environmental policy, which makes it relevant to examine this topic using this limitation. The dependent variable of this study is the ecological footprint and the explanatory variables are gross domestic product and gross domestic product raised to the power of two as well as the dimensions of the sustainable society index. The control variables of this study are population and energy consumption. Gross domestic product and sustainable society index represent economic welfare while ecological footprint is the indicator for environmental welfare.

The results of this thesis state that the gross domestic product has a negative impact on the ecological footprint in the European Union. The hypotheses of the Kuznets –curve do not come true with the selected variables. According to this study the relationship between the ecological footprint and gross domestic product is linear.

Sisälllys

1.	Johdanto	1
1.1.	Tutkimuksen tausta ja tutkimuskysymykset	3
1.2.	Tutkimuksen rajaukset	4
1.3.	Tutkimusmenetelmä ja aineisto.....	4
1.4.	Teoreettinen viitekehys	5
1.5.	Tutkielman rakenne.....	6
2.	Mittarit	7
2.1.	Ekologinen jalanjälki.....	7
2.1.1.	Ekologinen yli- ja alijäämä	9
2.1.2.	Ekologisen jalanjäljen laskeminen.....	10
2.1.3.	Mittarin puutteet.....	11
2.2.	Kestävän yhteiskunnan indeksi	12
2.3.	Bruttokansantuote, heikkoudet ja kehitysehdotukset	14
3.	Ympäristön ja talouden välinen suhde	16
3.1.	Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä.....	17
3.2.	Aiemmat tulokset	19
3.3.	Teorian kritiikki.....	21
4.	Malli.....	22
4.1.	Aineiston kuvailu	22
4.1.1.	Bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio	23
4.1.2.	Kestävän yhteiskunnan indeksin ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio.....	24
4.2.	Estimointimenetelmä.....	26
4.2.1.	Lineaarinen regressioanalyysi bruttokansantuotteella	27
4.2.2.	Lineaarinen regressioanalyysi kestävän yhteiskunnan indeksillä.....	28
4.2.3.	Ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän estimointi.....	30
5.	Tulokset.....	32
5.1.	Talouden hyvinvoinnin vaikutus ekologiseen jalanjälkeen ja Kuznets -hypoteesin testaus.....	32
5.2.	Tulkinta ja arviointi	35
6.	Johtopäätökset.....	37
	Lähdeluettelo.....	40

Kuvioluettelo

- Kuvio 1. Teoreettinen viitekehys
- Kuvio 2. Ekologinen jalanjälki maittain
- Kuvio 3. Biokapasiteetti maittain
- Kuvio 4. Ekologiset yli- ja alijäämät maittain
- Kuvio 5. Bruttokansantuotteen kolme laskutapaa
- Kuvio 6. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä

Taulukkoluetelo

- Taulukko 1. Kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattorit
- Taulukko 2. Kuznets –käyrän yhtälön mahdollisia tuloksia
- Taulukko 3. BKT:n ja EF:n välinen korrelaatio
- Taulukko 4. EF:n, BKT:n ja kontrollimuuttujien korrelaatiomatriisi
- Taulukko 5. Kestävän yhteiskunnan indeksin ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio
- Taulukko 6. Log_EF:n ja SSI:n dimensioiden korrelaatiomatriisi
- Taulukko 7. Analysoitavat mallit
- Taulukko 8. Lineaaristen regressiomallien tulokset. Selitettävä tekijä: ekologinen jalanjälki
- Taulukko 9. Kuznets-käyrää ennustavien mallien tulokset. Selitettävä tekijä: EF

Liiteluettelo

- Liite 1. Muuttujien kuvailu
- Liite 2. Ekologisen jalanjäljen ja bruttokansantuotteen muodostama sirontakuvio
- Liite 3. Mallin 1 homoskedastisuus
- Liite 4. Mallin 1 residuaalien normaalijakautuneisuus
- Liite 5. Lopullisen mallin 1 taustaedellytysten tarkistus
- Liite 6. Ensimmäisen SSI-regressioanalyysin taustaoletusten tarkistus
- Liite 7. Inhimilisen hyvinvoinnin, ympäristön hyvinvoinnin ja talouden hyvinvoinnin normaalijakautuneisuus
- Liite 8. Toisen SSI-regressioanalyysin lineaarisuuden todentaminen
- Liite 9. Homoskedastisuuden ja normaalijakautuneisuuden taustaedellytykset SSI-regressioanalyysissä
- Liite 10. Mallin, jossa muuttujina $\ln(\text{ef})$, inhim_hyv , tal_hyv ja ymp_hyv , taustaedellytysten täyttyminen

Lyhenneluettelo

BKT = bruttokansantuote

EF = ekologinen jalanjälki (ecological footprint)

EKC = Environmental Kuznets Curve

Gha = Globaali hehtaari

GPI = Aidon kehityksen indeksi (genuine progress indicator)

HDI = Inhimillisen kehityksen indeksi (human development index)

ISEW = Kestävän taloudellisen hyvinvoinnin indeksi (index of sustainable economic welfare)

JRC = Joint Research Centre

OLS = Ordinary Least Squares

SSI = kestävän yhteiskunnan indeksi (sustainable society index)

1. Johdanto

Maapallon ympäristön tila heikkenee ihmisten aiheuttamien saasteiden ja jätteiden myötä vuosi vuodelta enemmän. Ekosysteemi ei pysty ylläpitämään tämänhetkisen taloudellisen toiminnan ja kulutuksen aiheuttamia taakkoja. Poliittiset päättäjät ovat valtavan paineen alla pyrkiessään ylläpitämään talouden hyvinvoinnin kuitenkin vahingoittamatta ympäristön tilaa liikaa. Monet tutkijat ovat todenneet, mikäli emme tee muutosta suuntaan, johon olemme omalla toiminnallamme menossa, vaarannamme lajimme selviytymisen ja näin ollen tulevien sukupolvien mahdollisuuden turvalliseen ja hyvinvoivaan elämään (Wackernagel, Rees 1996).

Toinen päivä elokuuta vuonna 2017 ihmiset olivat kuluttaneet loppuun sen vuoden tuottamat uusiutuvat luonnonvarat. Kulutuksemme ylitti siis maapallon luonnonvarojen kestävä käytön tason viisi kuukautta ennen kuin se olisi saanut olla samassa pisteessä. Tutkijat ovat huolissaan, sillä elämme jatkuvasti velaksi, mikä on kestävämpää ympäristön kannalta. (WWF Suomi 2017) Toisaalta onko kaikki kulutus kuitenkin pahasta? Voisimmeko kääntää alamäen esimerkiksi kuluttamalla tuotteita, jotka ovat valmistettu raaka-aineista, jotka eivät kuormita ympäristöä niin paljon? Tai olisiko aika yhteiskunnan rakenteelliselle muutokselle, jossa tuotanto ja kulutus siirtyvät palvelupainotteisemmaksi vapauttaen resursseja tuleville sukupolville?

Tässä kandidaatintutkielmassa käsitellään näitä aiheita makrotasolla ja esitellään uusia näkökulmia talouden hyvinvoinnin säilyttämiselle ympäristöä liikakuluttamatta. Työssä tutkitaan talouden hyvinvoinnin tason vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen, joka on yksi suosituimmista mittareista kuvaamaan ihmisten luonnollisen ympäristön kulutusta (Bluszc 2018). Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millainen vaikutus talouden hyvinvoinnin tasolla on ympäristöongelmiin ja mitä niille olisi tehtävissä. Bruttokansantuotteelle esitellään myös vaihtoehtoinen mittari hyvinvoinnin mittaamiseen ja pohditaan tämän vaikutuksia ympäristöön.

Aihetta on tärkeä tutkia, sillä ympäristön tila heikkenee jatkuvasti ja sen estämiseksi tai edes hidastamiseksi pyritään löytämään uusia ratkaisuja. Toivon tässä työssä esitteleväni yhden ratkaisun ajankohtaiselle ja esillä olevalle ongelmalle. Ilman ratkaisua, ympäristön saastumisen vaikutukset meihin ihmisiin ovat peruuttamattomia ja niin laajoja, ettei niille enää ole mitään tehtävissä. Viime aikoina esille on noussut käsite 'degrowth', jonka pyrkimyksenä on vapauttaa luonnonvaroja tuleville sukupolville vähentämällä talouden aiheuttamia saasteita. Degrowth-käsitteen esittelemisen avulla käsitellään tämän tutkielman vastakkaista näkökulmaa, tuoden lukijalle vertailukohdan, jonka valossa peilata näitä kahta lähestymistapaa.

Vuoden 2008 taluskriisin myötä kasvuhakuisen talousajattelun heikkoudet tulivat esille. Monet tutkijat ovat sitä mieltä, että yhteiskunnan tulisi irrottautua kasvua tavoittelevasta politiikasta ja keskittyä pelkän bruttokansantuotteen sijasta todelliseen ja kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin. He näkevät vahvan ristiriidan hyvän elämän ja ripeän talouskasvun sekä kilpailukyvyn ylläpitämisen välillä. (Joutsenvirta, Hirvilammi et al. 2016) Tässä kandidaatintutkielmassa pyritään taas tuomaan esille tätä näkemystä vastakkainen kanta. Onko välttämätöntä, että talouskasvun on oltava ristiriidassa hyvän elämän ja ympäristön hyvinvoinnin kanssa?

Kasvuttoman talouden kannattajat ymmärtävät, että on vaikeaa siirtyä nopeasti kasvavasta taloudesta kasvuttomampaan suuntaan, sillä sosiaaliturvajärjestelmät ovat rakennettu talouskasvun varaan. Jos talouskasvua vähennetään liian nopeasti ja liikaa, työttömyys siirtyy kasvuun, ihmisten eriarvoisuus korostuu ja köyhyyslukemat nousevat. Tutkijat kuitenkin uskovat, että on olemassa uusia, parempia teorioita ja malleja vallitsevan, kasvua kannattavan taloustieteen rinnalle. Tähän on esimerkiksi kehitetty ekologinen taloustiede, jonka mukaan luonto on kaiken taloudellisen toiminnan perusta. Ekologisessa taloustieteessä ihmisen talous nähdään luonnon, ekosysteemien ja maapallon ilmakehän osana. Tämä taloustieteen suuntaus tavoittelee ymmärrystä luonnon materia- ja energiavirtojen roolista talouden mahdollistajana ja perustajana. (Joutsenvirta, Hirvilammi et al. 2016) Serge Latouchen kehittämän degrowth-
aatteen tavoitteena on esitellä nykyisen kasvutalouden tilalle kasvuton talous, jonka tarkoituksena on vähentää saastuttamista ja ympäristön vahingoittamista (Fotopoulos 2007).

Degrowth-aate tuli vahvasti esille Suomessa 2000-luvun alun jälkeen. Tunnettu taloustieteilijä Sixten Korkman (2012) käsitteli aihetta kirjassaan ”Talous ja Utopia”. Korkman ei yhdy degrowth-
aatetta kannattavien mielipiteeseen kasvuttomasta taloudesta, vaan keskittyy siihen, että elintason kasvaessa myös talouskasvu saa jatkuvasti uutta sisältöä ja näin muokkautuu. Korkman painottaa teoksessaan, että kulutuksen lisääntyminen koostuu nykyään suurelta osin palveluista ja virtuaalisista hyödykkeistä, jotka eivät kuormita ympäristöä. Korkmanin näkemys perustuu muun muassa Romerin (1986) ja Lucasin (1988) esille tuomaan endogeeniseen kasvuteoriaan. Tuotannon kasvuun vaikuttavat siis enimmäkseen aineettomat tuotannontekijät. Hän toteaa talouskasvun perustuvan tietoon, joten miksi sille pitäisi asettaa rajoja? Rajoittamisen sijaan hän ehdottaa politiikkaa, joka muokkaa talouskasvua ympäristöystävällisempään suuntaan. Keskeistä tässä olisi korkeat päästöhinnat ja ympäristölle haitallisen toiminnan verottaminen. (Korkman 2012)

1.1. Tutkimuksen tausta ja tutkimuskysymykset

Tutkimus perustuu pitkälti ympäristöongelmien Kuznets-käyrän hypoteesiin ja sen taustalla vaikuttaviin tekijöihin. Useat tutkijat ovat huomanneet talouden kasvun ja ympäristön pilaantumisen välillä käänteisen u:n muotoisen suhteen. Vaikka talouskasvu aiheuttaa ensin ympäristön hajoamista, tietyn käänne pisteen jälkeen talouskasvu parantaa ympäristön laadun tasoa. (Grossman, Krueger 1995; Panayotou 1993) Tutkimuksessaan alkuperäiset ilmiön tutkijat Grossman ja Krueger käyttivät neljää eri indikaattoria kuvaamaan saasteita ympäristössä. Hieman tästä poiketen, tässä tutkimuksessa ympäristöä kuvaavaksi tekijäksi on valittu ekologinen jalanjälki, mutta talouden tilaa kuvaava tekijä on pidetty samana, eli bruttokansantuotteena. Useimmissa samaa aihetta käsittelevissä tutkimuksissa on käytetty ympäristön hajoamista kuvaavana tekijänä hiilidioksidipäästöjä. Tämän takia on tärkeää myös tehdä tutkimuksia käyttäen muita mittareita, kuten ekologista jalanjälkeä.

Työssä myös tarkastellaan kokonaisvaltaista hyvinvointia bruttokansantuotteen vaihtoehtoisena mittarina. Tässä käytetään kestävän yhteiskunnan indeksiä, joka kuvaa kestävyyttä 151:ssä maassa, käyttäen alun perin 22 indikaattoria. Sustainable Society Foundation julkisti indeksin vuonna 2006 ja joka toinen vuosi julkaistaan päivitetty indeksi. (van de Kerk, Manuel 2014) Indeksi otettiin mukaan tutkimukseen, jotta pystytään vertailemaan paljon kritiikkiä keränneen hyvinvoinnin mittarin ,bruttokansantuotteen, sekä kestävyyttä kuvaavan mittarin vaikutuksia ekologiseen jalanjälkeen.

Tutkimuskysymysten tarkoituksena on selittää talouden hyvinvoinnin vaikutuksia ympäristön laatuun ja toisaalta myös kestävän yhteiskunnan indeksin ja ekologisen jalanjäljen välistä suhdetta. Päättötutkimuskysymyksen tavoitteena on antaa mahdollisimman laaja kuva tutkimuksen aiheesta ja sen perimmäisestä tarkoituksesta. Tähän pyritään seuraavalla päätutkimuskysymyksellä:

”Minkälainen vaikutus talouden hyvinvoinnilla on ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unionin alueella?”

Alatutkimuskysymykset taas keskittyvät tarkemmin eri osa-alueisiin ja komponentteihin työssä. Niiden tarkoituksena on löytää vastaukset spesifimpiin osiin työstä ja ne keskittyvät eri käsitteiden välisiin suhteisiin. Alatutkimuskysymykset tässä työssä ovat seuraavat:

”Selittääkö bruttokansantuote vai kestävän yhteiskunnan indeksi paremmin vaihtelua ekologisessa jalanjäljessä?”

”Miten tutkimuksen tuloksia voisi hyödyntää käytännössä?”

1.2. Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksen maantieteellinen rajausta kohdistuu Euroopan Unionin alueeseen. Tämä rajausta on relevantti, koska esimerkiksi degrowth-aate on peräisin Ranskasta ja kasvukriittisyys on muutenkin ollut Euroopan alueella vahvasti läsnä (Forsell 2010). Myös datan saatavuuden kannalta rajausta Euroopan Unioniin on järkevä. Euroopan maat aloittivat talousyhteistyön vuonna 1951, jolloin mukana oli vain kuusi maata. Nykyään Euroopan Unioniin kuuluu 28 jäsenmaata. (Europa 2018) Destekin, Ulucakin ja Doganin (2018) mukaan Euroopan unionin ympäristölainsäädäntöä on myös pidetty yhtenä maailman tiukimpana, joten ympäristöaiheinen kandidaatintutkielma on hyvä rajata siihen.

Ympäristön hyvinvointi on laaja käsite eikä ole mielekäästä tai edes mahdollista käyttää tutkimuksessa kaikkia ympäristöä kuvaavia mittareita. Tämän takia ekologinen jalanjälki rajaa ympäristön tason kuvaamista. Mittari kuvaa sitä maa- ja vesialuetta, joka tarvitaan väestön kuluttaman ravinnon, materiaalien ja energian tuottamiseen ja niistä syntyneiden jätteiden käsittelyyn (Lyytimäki, Rinne et al. 2011). Tämä eroaa aiemmasta tutkimuksesta, sillä näissä vallalla ollut ympäristön mittari on perustunut ilmansaasteisiin.

Talouden hyvinvointia tässä tutkimuksessa käsitellään kahden eri mittarin kautta. Toinen näistä on perinteisesti talouden hyvinvoinnin kuvaamiseen käytetty bruttokansantuote ja toinen taas tuorempi, kokonaisvaltaisempaa ja kestävämpää hyvinvointia kuvaava mittari kestävän yhteiskunnan indeksi. Näitä käsitellään enemmän luvussa kaksi.

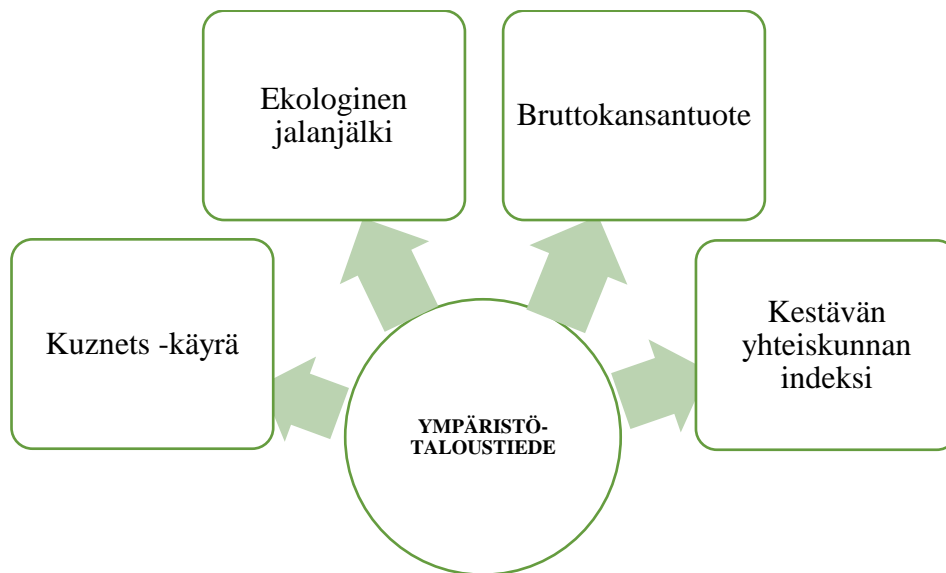
1.3. Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Tutkimuksen menetelmänä toimii kvantitatiivinen tutkimus ja tarkemmin toteutus tapahtuu lineaarisista regressioanalyysistä hyödyntäen. Kvantitatiivinen eli tilastollinen tutkimus pyrkii selvittämään lukumääriin liittyviä kysymyksiä hyödyntäen numeerisia suureita. Usein kvantitatiivisella tutkimuksella selvitetään riippuvuussuhteita tai ilmiön muutoksia. (Heikkilä 2014) Analyysissä etsitään tilastollisia säännönmukaisuuksia tavasta, jolla muuttujien arvot liittyvät toisiinsa (Alasuutari 2011).

Tutkimuksen aineisto on tilastollista ja numeerista. Se on kerätty useasta eri lähteestä ja suodatettu tarkoituksenmukaiseen muotoon. Aineisto on kerätty Excel-taulukkoon, josta se on siirretty SAS-ohjelmistoon. Tutkimuksessa käytetty aineisto liittyy ekologiseen jalanjälkeen, bruttokansantuotteeseen, kestävän yhteiskunnan indeksiin ja kontrollimuuttujiin; väestön kokoon sekä energian kulutukseen. Kunkin muuttujan arvot ovat yhdeltä vuodelta, tehden analyysistä poikkileikkausanalyysin.

1.4. Teoreettinen viitekehys

Tutkimus perustuu talouden ja ympäristön keskinäiseen yhteyteen. Tutkimuksessa käydään läpi ympäristötaloustieteestä tuttua ympäristöongelmien Kuznets-käyrän teoriaa ja sen pohjalta tehtyjä aiempia empiirisiä tutkimuksia. Tutkimuksessa myös käsitellään ekologista jalanjälkeä ympäristön hyvinvoinnin tason määrittäjänä sekä kestävän yhteiskunnan indeksiä kokonaisvaltaisen elintason ja hyvinvoinnin mittarina. Talouden tilaa käsitellään bruttokansantuotteen avulla, mutta tätä mittaria tarkastellaan kriittisesti sen lukuisien puutteiden takia. Myös Kuznets-käyrän teoriasta käydään läpi sen ongelmat ja näin perehdytään teoriaan suuntautuvaan kritiikkiin. Kuviossa 1 on esitetty graafisessa muodossa tämän tutkimuksen teoreettinen viitekehys.



Kuvio 1. Teoreettinen viitekehys

Kuvio 1 esittää, että kaikki keskeisimmät työhön liittyvät käsitteet ja teoriat ovat peräisin tai liittyvät ympäristötaloustieteeseen. Tutkimuksen teoriaosassa näitä termejä käsitellään laajasti ja

perehdytään aiempaan kirjallisuuteen sekä tutkimukseen. Näitä käsitteitä käytetään hyväksi myös tutkimuksen empiriaosiossa.

1.5. Tutkielman rakenne

Tämä kandidaatintutkielma muodostuu kuudesta osiosta. Ensimmäinen osio on johdanto, jossa käsitellään työn tavoitteita ja taustoja, tutkimuskysymyksiä, tutkimuksen rajauksia, tutkimusmenetelmää ja aineistoa, teoreettista viitekehystä sekä työn rakennetta. Työ jatkuu teoriaosuuteen, jossa perehdytään talouden ja ympäristön vertailemiseen käytettyihin mittareihin, ekologiseen jalanjälkeen, bruttokansantuotteeseen sekä kestävän yhteiskunnan indeksiin. Osio sivuaa myös biokapasiteetin taustalla vaikuttavia tekijöitä sekä muita taloutta kuvaavia mittareita. Tässä osiossa myös käsitellään kirjallisuudessa esille nousutta kritiikkiä mittareista.

Teoriaosuuteen kuuluu myös talouden ja ympäristön välisen suhteen tutkimiseen käytettyä teoriaa, ympäristötaloudellista Kuznets-käyrän teoriaa. Sen pohjalta käydään läpi käyrään kohdistunutta kritiikkiä sekä aiempia teorian perusteella saatuja tuloksia. Työn teoriaosuuden tarkoituksena on perehdyttää lukija keskeisiin työssä käytettyihin käsitteisiin sekä teorioihin ja pohjustaa tulevaa empiriaosuutta ja sen tulkitsemista.

Työn varsinainen empiriaosuus alkaa neljännessä kappaleessa, jossa käsitellään estimointimenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä sekä eri mallien taustaedellytyksiä. Tämän jälkeen siirrytään tulosten tulkintaan ja analysointiin, jossa esitellään tutkimuksen kannalta oleelliset tulokset. Viimeisenä työssä esitellään johtopäätökset, joissa vedetään yhteen työn tärkeimmät havainnot ja tulokset sekä esitellään mahdolliset jatkotutkimusehdotukset. Työ ei kuitenkaan ole jaoteltu tasan teoria- ja empiriaosioihin, vaan empiriaa käsitellään myös teoriaosuudessa ja samoin teoriaa käsitellään empiriaosioissa.

2. Mittarit

Tutkimuksessa käytetyt mittarit selittävät talouden tilan vaikutuksia ympäristön hyvinvointiin. Taloutta kuvaava mittari on bruttokansantuote ja ympäristöä kuvaava mittari on ekologinen jalanjälki. Vaihtoehtoinen talouden hyvinvointia kuvaava mittari bruttokansantuotteelle on tässä tutkimuksessa kestävä yhteiskunnan indeksi. Tämä mittari yhdistää ympäristöllisen, taloudellisen sekä sosiaalisen puolen hyvinvoinnista. Seuraavissa kappaleissa perehdytään tarkemmin näihin mittareihin.

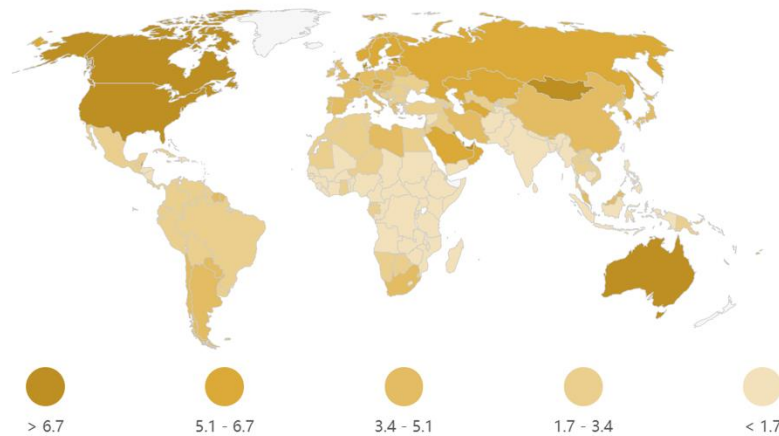
2.1. Ekologinen jalanjälki

Kestävän kehityksen tiede on tutkinut jo yli 30 vuotta ongelmia, jotka johtuvat ihmisten ja ympäristön vuorovaikutuksesta. Vuoden 1992 Yhdistyneiden Kansakuntien konferenssissa ympäristöstä ja kehityksestä päätettiin, että kestäväan kehitykseen liittyvän datan tulisi olla laadukkaampaa ja helpommin saatavilla päätöksiä tekeville elimille. Tämä laukaisi satojen ympäristöindikaattoreiden kehittämisen, joiden tarkoituksena on arvioida kestäväan kehitystä. (Magalhães, Steffen et al. 2016) Tämän myötä syntyi myös ekologinen jalanjälki, joka on yksi tunnetuimmista ympäristön tason mittareista. Tämän mittarin popularisoi ensimmäisen kerran Wackernagel ja Rees 1990-luvun puolella välissä teoksessaan ”Our Ecological Footprint”.

Ekologisen jalanjäljen tarkoituksena on tunnistaa, että maapallolla on vain rajallinen määrä luonnollista tuotantoa, joka tukee kaikkea elämää. Tämä ympäristön tilan mittari seuraa luonnonvarojen kulutusta ja ylikulutusta sekä näiden vaikutusta ekosysteemille ja biodiversiteetille. (Mancini, Galli et al. 2018) Ekologisella jalanjäljellä pyritään vastaamaan kysymykseen: Kuinka paljon ihmisten toiminta vaatii biosfäärin kapasiteetista? (Wackernagel, Rees 1996). Jalanjälki mittaa ekologisia voimavaroja, joita tietty populaatio tarvitsee tuottaakseen saman määrän luonnonvaroja kuin se kuluttaa. Tähän sisältyy kasviperäiset ruoat ja kuitutuotteet, karja- ja kalatuotteet, puutavarat ja muut metsätuotteet sekä tila, joka tarvitaan kaupunkirakentamiselle. (Global Footprint Network 2018b)

Ekologinen jalanjälki kuvaa ihmisten luonnon kysyntää globaaleissa hehtaareissa. Globaalit hehtaarit ovat ympäristöllisesti tuottavia hehtaareita. Ekologinen jalanjälki koostuu kuudesta erilaista maatyypistä kuvaavasta mittarista, jotka yleisessä tutkimuksessa ovat olleet viljelyalue, laidunalue, metsät, kalavedet, fossiilisen energian tuottamiseen varatut maa-alueet sekä

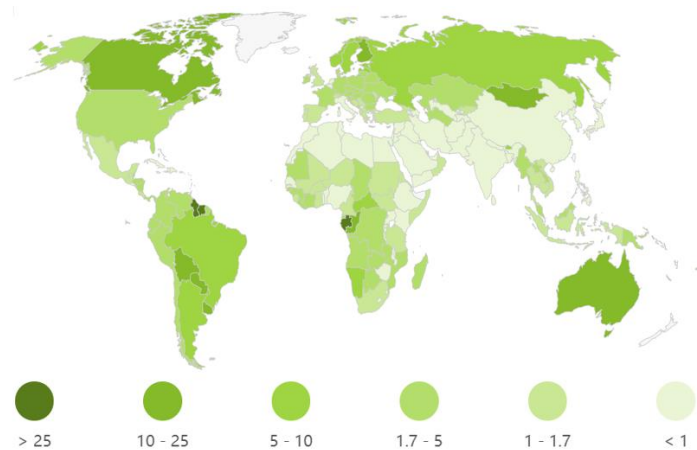
rakennetut maa-alueet. (Brebbia 2012) Kuviossa 2 on ilmaistu maiden ekologiset jalanjäljet henkilöä kohden laskettuna.



Kuvio 2. Ekologinen jalanjälki maittäin (Global Footprint Network 2018)

Tällä hetkellä saatavilla oleva biokapasiteetti henkeä kohden laskettuna on 1,7 globaalia hehtaaria. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli maan henkeä kohden laskettu ekologinen jalanjälki on suurempi kuin tämä pinta-ala, se kuluttaa enemmän kuin mitä ympäristö pystyy vuodessa tuottamaan resursseja. Kuviossa 2 on kuvattu jokaisen maan keskimääräistä ekologista jalanjälkeä eri väreissä. Mikäli maa on värjätty kaikista tummimmalla värillä, se kuluttaa luonnonvaroja noin neljä kertaa enemmän, kuin mitä se uudistaa vuodessa tai mitä sen ilmakehä pystyy absorboimaan. (Global Footprint Network 2018) Kuvioista näkee, että suurin osa Euroopan Unionin maista osuu keskivaiheille ekologisen jalanjäljen suuruuden osalta, kun taas Yhdysvallat ja Australia ovat suurimpien ekologisten jalanjälkien maita.

Biokapasiteetti kuvaa luonnon tarjontapuolta. Se edustaa maan ekologisten voimavarojen tuottavuutta ja siihen kuuluu vain viisi ekologisen jalanjäljen laskemiseen käytetyistä maa-alueista. Nämä ovat viljelyalue, laidunalue, metsät, kalastusvedet ja rakennettu maa. Nämä alueet voivat absorboida suuren osan jätteistä, jonka tuotamme, etenkin hiilipäästömme. (Global Footprint Network 2018) Kuviossa 3 on esitetty maiden henkeä kohden laskettu biokapasiteetit eri värein.

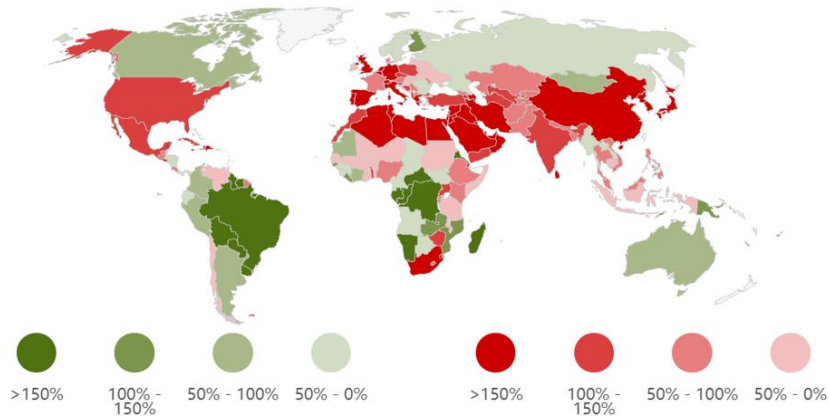


Kuvio 3. Biokapasiteetti maittain (Global Footprint Network 2018)

Henkeä kohden laskettu biokapasiteetti on maan väestömäärällä jaettu kokonaisbiokapasiteetti. Kuten aiemmin todettiin, maailman keskimääräinen biokapasiteetti on 1,7 globaalia hehtaaria henkeä kohti. (Global Footprint Network 2018) Täten voimme laskea, että mikäli maalla on yli 25 globaalin hehtaarin henkeä kohden laskettu biokapasiteetti, sillä on noin 15 kertaa enemmän luonnonvaroja kuin keskiarvon omaavalla maalla. Kuvasta näemme, että millään Euroopan Unionin maalla ei ole suurinta mahdollista biokapasiteettia, vaan maat sijoittuvat molemmille puolille lähelle keskiarvoa.

2.1.1. Ekologinen yli- ja alijäämä

Keskusteltaessa biokapasiteetista ja ekologisesta jalanjäljestä, ekologisen yli- ja alijäämän käsitteet tulevat väistämättä esille. Mikäli väestön ekologinen jalanjälki ylittää alueen biokapasiteetin, puhutaan ekologisesta alijäämästä. Tällöin tämä alijäämä kohtaa kysynnän tuonnilla, likvidoimalla omat ekologiset voimavaransa tai päästämällä hiilidioksidia ilmakehään. Toisaalta mikäli maan biokapasiteetti ylittää ekologisen jalanjäljen, puhutaan ekologisesta ylijäämästä. (Global Footprint Network 2018) Kuviossa 4 on esitetty kaikkien maiden ekologiset yli- ja alijäämät.



Kuvio 4. Ekologiset yli- ja alijäämät maittain (Global Footprint Network 2018)

Kuviossa 4 vihreät pallot kuvaavat niitä maita, joilla on suurempi biokapasiteetti kuin ekologinen jalanjälki, eli niitä, jotka ovat ekologisesti ylijäämäisiä. Punaiset pallot taas kuvaavat niitä maita, joiden biokapasiteetti on pienempi kuin ekologinen jalanjälki, eli niitä, jotka ovat ekologisesti alijäämäisiä. (Global Footprint Network 2018) Kuvasta huomaa, että EU-maista ainoastaan Suomi, Ruotsi, Viro, Latvia, Romania ja Bulgaria ovat ekologisesti ylijäämäisiä. Tämä on huolestuttavaa, sillä tilanne tarkoittaa sitä, että suurin osa Euroopan Unionin maista elää itseään velkaan, jättäen tuleville sukupolville vähemmän luonnonvaroja.

2.1.2. Ekologisen jalanjäljen laskeminen

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi ekologisen jalanjäljen laskemiseen käytettyjä kaavoja. Kaavoja käytetään tuotannon- sekä kulutuksen ekologisten jalanjälkien, sekä biokapasiteetin laskemiseen. Kaavat ovat yksinkertaistettuja versioita Dewulfin, De Meesterin ja Alvarengan (2016) kirjasta ”Sustainability Assessment of Renewables-based products”. Kyseisiä kaavoja on myös sovellettu monessa muussa kirjallisuudessa, kuten National Footprint Networkin opaskirjassa (Lazarus, Zokai et al. 2014). Ihmisten tuotoksen tai jätteiden tuottamisen virtaus on määritetty massana ajassa ja muunnettu globaaleihin hehtaareihin seuraavan kaavan avulla:

$$EF_{tuotanto} = \frac{P}{Y_w} * EQF \quad (1)$$

Jossa P on tuotanto tonneissa mitattuna vuositasona, Y_w on maailman tuotoksen keskiarvo tonneissa, mitattuna hehtaarisella vuosittain ja EQF on ekvivalenssikerroin. Jokaista erilaista maankäyttötapaa kohden, EQF on suhdeluku, joka mittaa tietyn maatyypin maailmanlaajuisesta keskituottavuudesta jaettuna keskiarvoisella koko maapallon tuottoisien alueiden tuottavuudella. EQF:n avulla voidaan verrata maankäyttöä tiettyyn tuotekategoriaan globaalilla keskiarvoisella

biotuottoisella pinta-alalla. Yhden maan tuotannon ekologinen jalanjälki lasketaan lisäämällä yhteen kaikkien eri tuotekategorioiden ekologiset jalanjäljet.

Kulutuksen ekologinen jalanjälki taas lasketaan lisäämällä tuotannon ekologiseen jalanjälkeen (EF_P) tuontitavaroiden ekologisen jalanjäljen (EF_I) ja vähentämällä tästä vientitavaroiden ekologisen jalanjäljen (EF_E). Kulutuksen ekologisen jalanjäljen kaava on esitetty alla:

$$EF_{kulutus} = EF_P + EF_I - EF_E \quad (2)$$

Myös biokapasiteetti voidaan laskea globaaleissa hehtaareissa kuvaamaan koko maata tai jopa kuvaamaan pelkästään yhtä maatilaa. Seuraavalla biokapasiteetin kaavalla lasketaan kansallinen biokapasiteetti jokaista maankäytön kategoriaa kohden:

$$Biokapasiteetti = A_n * \frac{Y_n}{Y_w} * EQF \quad (3)$$

Jossa A_n on pinta-ala maassa "n" kyseistä maankäytön kategoriaa kohden hehtaareissa laskettuna ja Y_n on kansallinen tuotoksen keskiarvo kyseiselle maankäytön kategorialle, mitattuna tonneissa jokaista hehtaaria ja vuotta kohden. Kaavassa Y_w ja EQF ovat samat kuin tuotannon ekologisen jalanjäljen kaavassa.

2.1.3. Mittarin puutteet

Kuten useimmista mittareista, myös tästä löytyy monien tutkijoiden silmissä puutteita, joiden mukaan se ei välttämättä kuvaa ilmiötä halutulla tavalla. Venetoulis ja Talberth (2010) kritisoivat ekologista jalanjälkeä kokoelmateoksen "Sustainable Development -principles, frameworks and case studies" kolmannessa osassa "Refining the Ecological Footprint" ja esittävät mittarille kehitysehdotuksia. Heidän mukaansa ekologisella jalanjäljellä on termin määrittelyyn liittyviä, teoreettisia sekä metodologisia ongelmia.

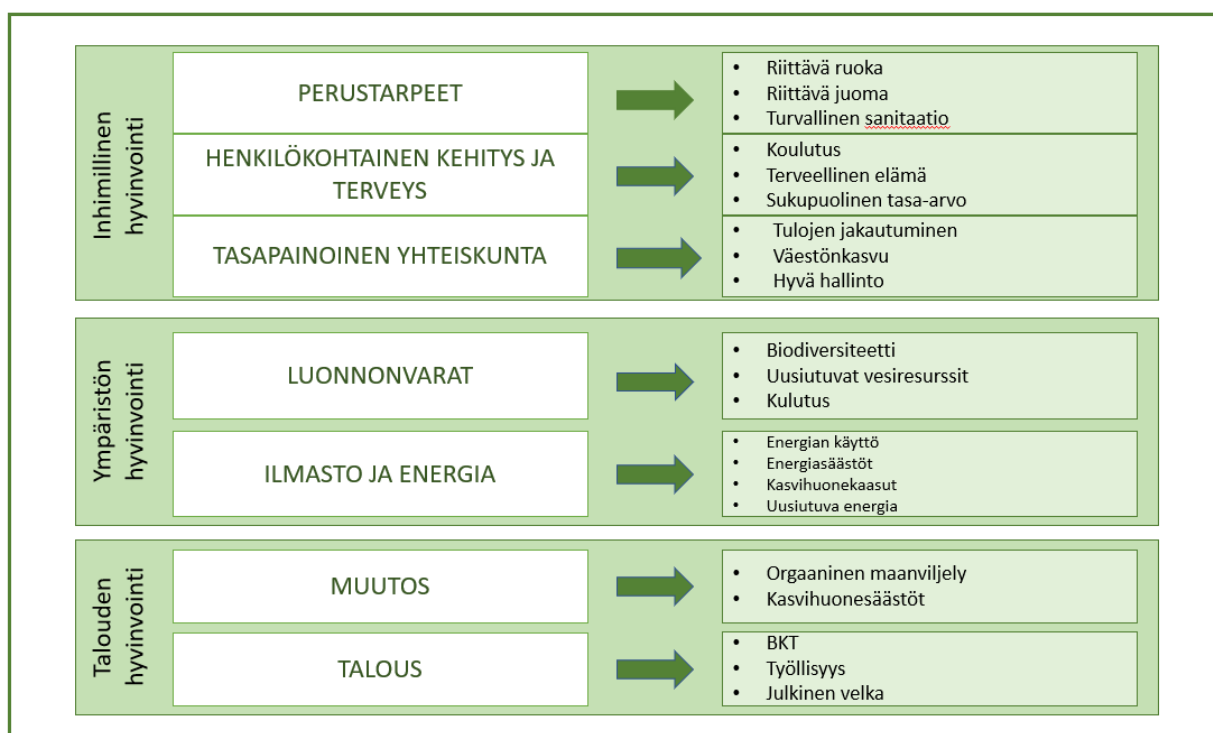
Tutkijoiden mukaan ekologiseen jalanjälkeen liittyy keskeinen kysymys, jonka vastaus on jäänyt hieman epäselväksi. Heidän mukaansa ongelmana on se, mitä ekologinen jalanjälki todella mittaa ja miten se on määritelty. Näihin tutkijat selvensivät muutamain esimerkein, mitä puutteita mittarissa on. Ekologinen jalanjälki ei ota huomioon avomeriä eikä vähemmän tuottoisia maita, kun se ottaa laskuihin mukaan biotuottoisan maa-alueen. Tämän takia se ei onnistu heidän mukaansa huomioimaan kestävämmien vesiekosysteemien tai maaekosysteemien käyttöä. (Venetoulis, Talberth 2010)

Toiset tutkijat kritisoivat sitä, että näin laajassa mittarissa on käytetty yksinkertaistuksia, ja siinä esiintyy vääristymiä, virheitä ja aukkoja. Tämä tosin on yleistä globaaleille mittareille, jotka pyrkivät vetämään yhteen suuren skaalan ja kompleksin ilmiön joukkoa. Tutkijat eivät luota ekologiseen jalanjälkeen, sillä millään viidestä mittarista, jotka eivät liity hiilen palamiseen, ei ole huomattavaa ympäristöllistä alijäämää. Tämä viittaa siihen, että muita maa-alueita (viljelyalue, laidunalue, kalavedet, metsät ja rakennetut alueet), kuin fossiilisen energian tuottamiseen varattuja maa-alueita, ei käytetä globaalissa skaalassa koskaan loppuun. (Blomqvist, Brook et al. 2013)

2.2. Kestävän yhteiskunnan indeksi

Kestävän yhteiskunnan indeksi eli SSI (sustainable society index) julkistettiin vuonna 2006 Sustainable Society Foundationin johdosta. Indeksissä oli alun perin 22 indikaattoria kuvaamaan talouden hyvinvointia, ympäristön hyvinvointia ja inhimillistä hyvinvointia. Indeksi päivitetään kahden vuoden välein, jolloin tutkijat saattavat poistaa joitakin indikaattoreita ja lisätä niiden tilalle uusia, paremmin kokonaisvaltaista hyvinvointia kuvaavia indikaattoreita. Indeksiä siis muokataan kuvaamaan mahdollisimman hyvin kestävyyttä maailmanlaajuisesti. Useimmiten indikaattorin poistamisen syynä on ollut datan saamattomuus, sen epäluotettavuus tai päätöksentekokeilimien kehoitus. Esimerkiksi tässä työssä käytetystä, vuoden 2014 datasta on poistettu kolme indikaattoria; puhdas ilma, puhdas vesi ja ilman laatu, koska niiden saatavilla oleva data ei ollut tarpeeksi luotettavaa. Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (JRC) on todennut, että indeksi täyttää statistiset vaatimukset, joten se sopii kuvaamaan kestävyyttä. Indeksien data on kerätty useista eri julkisista lähteistä ja dataa on kerätty 151:sta maasta. (van de Kerk, Manuel 2014) Taulukossa 1 on koostettu vuoden 2014 datasta, ja siihen on sisällytetty kaikki kestävä yhteiskunnan indeksin dimensiot, kategoriat ja indikaattorit. Indeksillä voidaan lisätä yleistä tietoisuutta kestävydestä, tarkkailla muutoksia kestävydessä maailmanlaajuisesti, myötävaikuttaa säännösten muodostamiseen sekä edistää tieteellistä tutkimusta (Saisana, Philippas 2012).

Taulukko 1. Kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattorit



SSI:n kehittämisen taustalla vaikuttaa muiden kestävyiden mittareiden puutteellisuus. Yksikään aiemmista kestävyttä mittaavista indekseistä ei antanut tarpeeksi hyvää kuvaa maan todellisesta kestävydestä. Keskeisimmät haasteet aiemmissä mittareissa ovat rajallinen määritelmä kestävydelle, läpinäkyvyyden puute sekä tasaisten päivitysten puute. (Van de Kerk, Manuel 2008) Tämäkään indeksi ei kuitenkaan ole täydellinen ja se on saanut osakseen kritiikkiä. Kaivo-oja, Panula-Ontto, Luukkanen ja Vehmas (2013) kommentoivat artikkelissaan, että indeksissä kestävyden kolme dimensiota eivät ole synergiassa eivätkä ne korreloi positiivisesti keskenään. Inhimillisen hyvinvoinnin ja ympäristön hyvinvoinnin välillä on vahva negatiivinen korrelaatio, mikä aiheuttaa ongelmia kolmen pilarin kestävyden määritelmän kannalta.

Kestävän yhteiskunnan on SSI:n kehittäjien van de Kerkin ja Manuelin (2014) mukaan täytettävä kolme vaatimusta: sen on täytettävä tämänhetkisen sukupolven tarpeet, se ei saa vaarantaa tulevien sukupolvien kykyä täyttää omat tarpeensa ja siinä jokaisella ihmisellä on oltava mahdollisuus kehittää itseään vapaasti tasapainoisessa yhteiskunnassa, joka on harmoniassa ympäristönsä kanssa. Strezov, Evans ja Evans (2016) totesivat SSI:n olevan yksi ainoista kestävyden mittareista, joka ottaa huomioon kaikki kolme kestävyden dimensiota; ympäristöllisen, sosiaalisen ja taloudellisen näkökulman.

2.3. Bruttokansantuote, heikkoudet ja kehitysehdotukset

Bruttokansantuotteen konsepti on kehitetty 1940-luvulla mittaamaan kunkin maan talouden tilaa tietyinä hetkenä mitattuna. Ennen BKT:n esille nousemista, oli useita yrityksiä kehittää mittari kuvaamaan kansallisia tuloja. Tuohon aikaan 1900-luvun aikana, luotettavan mittarin määrittäminen oli epäselvää, sillä piti päättää mitä mittariin tulisi sisällyttää ja mitä jättää sen ulkopuolelle. (Coyle 2014) Lopulta 1990-luvulla BKT korvasi poliittisessa päätöksenteossa aiemmin laajasti käytetyn bruttokansantulon ja nousi näin eniten käytetyksi maiden elintasojen mittariksi (Lepenies 2016).

Joidenkin kirjoittajien mielestä BKT on voimakkain ja vaikutusvaltaisin statistinen indikaattori kautta aikojen. Sen on nähty olevan tärkein indikaattori kuvaamaan taloutta ja kehitystä, kuvaten talouden kokonaistuotoksen arvon tietyinä ajanjaksona. Bruttokansantuotteessa muunnetaan taloudellinen toiminta numeeriseen muotoon, josta nämä lasketaan yhteen etukäteen määriteltyjen sääntöjen perusteella. Laskukaavaan otetaan mukaan ainoastaan markkinahintaiset palvelut ja tuotteet, joten kaikki työ, mikä ei ole myynnissä markkinoilla jää tunnusluvun ulkopuolelle. (Lepenies 2016)

Bruttokansantuote kuuluu kansantalouden tilinpito -laskentajärjestelmään. Tälle on tunnusomaista, että sama arvo voidaan laskea usealla eri tavalla. Kuviossa 5 on esitetty nämä kolme vaihtoehtoista laskentamenetelmää. Eri menetelmät saattavat tuottaa hieman eri arvot bruttokansantuotteelle, vaikka periaatteessa kaikista tulisi tulla sama arvo. Tämä on kuitenkin oletettavaa, sillä elämme monimutkaisessa yhteiskunnassa. (Tilastokeskus 2018)



Kuvio 5. Bruttokansantuotteen kolme laskutapaa (Tilastokeskus 2018)

Vaikka bruttokansantuote on jo pitkään ollut päätoimisena elintason määrittäjänä, se on kohdannut tiellään paljon kritiikkiä. Sen ohelle on kehitetty useita mittareita, jota pyrkivät korjaamaan BKT:tä tai kuvaamaan maiden elintasoja paremmin. Monet niistä tavoittelevat ottamaan paremmin huomioon ympäristön ja inhimillisen kehityksen. Bruttokansantuote ei ota huomioon tekijöitä, joita ei voi mitata rahassa, eikä se mittaa sosiaali-indikaattoreita, kuten toimeentulon jakaumaa, terveyttä, sosiaaliturvaa tai ihmisoikeuksia (Kajanoja 2005) .

Näiden heikkouksien takia on pitänyt kehittää uusia mittareita, jotka kuvaavat hyvinvointia ja elintasoja laajemmin. Yksi näistä uusista mittareista on aidon kehityksen indeksi (GPI), joka on rakennettu bruttokansantuote lähtökohtanaan. Toisin kuin BKT:sta, GPI:stä on vähennetty rikollisen toiminnan kustannukset, siihen on lisätty kotitaloustyön ja vapaaehtoistyön arvio ja siitä on vähennetty arvio menetyksestä, joka johtuu ympäristön pilaantumisesta. (Cobb, Halstead et al. 1995)

Muita mittareita ovat muun muassa Inhimillisen kehityksen indeksi (HDI), kestävän taloudellisen hyvinvoinnin indeksi (ISEW) ja kestävän yhteiskunnan indeksi (SSI). Bruttokansantuotteella on varsin pieni yhteys muihin indikaattoreihin. Tämän voi selittää sillä, että teollistuneissa maissa mitattuna, bruttokansantuote ei enää ilmaise kovin hyvin ihmisten kokonaisvaltaiseen tyytyväisyyteen perustuvaa ymmärrystä hyvinvoinnista. (Kajanoja 2005)

3. Ympäristön ja talouden välinen suhde

Talouden vaikutukset ympäristöön ovat kiinnostaneet monia tutkijoita useampien vuosikymmenten ajan. Alun perin vallalla oleva käsitys oli se, että ympäristöstä saamamme anti on ulkopuolelta tulevaa ja että voimme ottaa luonnosta niin sanottuja ilmaisia hyödykkeitä. Esimerkiksi ympäristöstä saamamme happi käytetään mineraalipolttoaineen palamisreaktiossa ja vastapalveluksena teollisen tuotannon jätteet laitetaan taikaisin ympäristöön. Tiedon ja tutkimuksen lisääntyttyä tutkijat alkoivat kyseenalaistaa tämän käsityksen ja pohtimaan mahdollisuutta, että ympäristö on sidoksissa yhteiskuntaan ja mikään, mikä on otettu sieltä ei ole ilmaista tai ulkoista. (Victor 1972)

Ympäristön suhdetta talouteen on tutkinut Meadows, Meadows, Randers ja Behrens (1973) teoksessaan ”Kasvun rajat”. Teos on yksi tunnetuimmista ja ensimmäisistä talouskasvun ja ympäristön tutkimuksista. Tutkimuksen peruselementit ovat maapallon väkiluku, ravinnontuotanto, teollistuminen, saastuminen sekä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö. Tutkijat osoittavat teoksessaan, että mikäli näiden elementtien nykyinen kasvuvauhti jatkuu ilman muutoksia, saavutamme kasvun rajat seuraavan 100 vuoden aikana. Tämän seurauksena tutkijat näkevät äkillisen väkiluvun ja teollisuustuotannon romahtamisen.

Tutkimuksessa esitellään positiiviset palautesilmukat ja negatiiviset palautesilmukat. Positiiviset palautesilmukat aiheuttavat sen, että kun jotain silmukan osaa kasvatetaan, se aiheuttaa peräkkäisiä muutoksia, joiden myötä alun perin kasvanut osa kasvaa yhä enemmän. Negatiivinen palautesilmukka on taas tämän vastakohta. Se pyrkii tasaamaan positiivisen palautesilmukan kasvua ja näin tuottamaan tasapainoa. Muutos kiertää koko silmukan, kunnes se palaa takaisin alkuperäiseen pisteeseen, jolloin se vaihtaa suuntaa. (Meadows, Meadows et al. 1973)

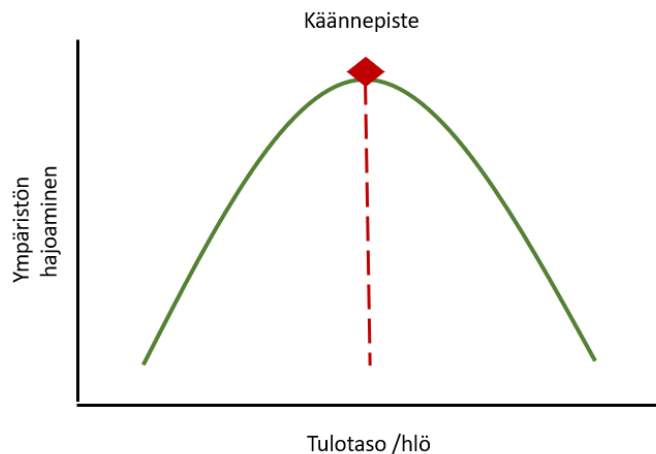
Silmukkateoria voitaisiin sitoa tässä tutkielmassa käytettyyn ympäristön tilan mittariin, ekologiseen jalanjälkeen, käyttäen hyväksi samojen tutkijoiden luomaa teosta ”Kasvun Rajat – 30 vuotta myöhemmin”. Sen mukaan ekologinen jalanjälki kasvaa, kun ihmiset käyttävät enemmän maata tuotantoon tai laskevat enemmän hiilidioksidia luontoon. Jalanjälki kasvaa, vaikka hiilidioksidi kertyisi ilmakehään eikä sitoutuisi metsiin. Näin mahdollisuus ylilyönnille kasvaa, kunnes kasvihuonekaasuja kertyy niin paljon, että ihmisten on muutettava tapojaan ja näin jalanjälki pienenee. (Meadows, Donella, Randers et al. 2005)

Näiden teosten jälkeen tutkimus ympäristön ja talouden suhteesta lisääntyi ja kehitettiin termi: 'vihreä talous'. Tämän taustalla ovat jo vaikuttaneet Meadowsin ja hänen kollegoiden tutkimukset, mutta itse termi on noussut pinnalle vasta viimeisinä vuosikymmeninä. Vihreä talous nähdään kestävä kehityksen pidemmälle viemisenä, mutta sen määrittely ei ole selkeää, sillä sen selittämisen vaihtoehtoja on useita. Sen ympärille on kuitenkin rakentunut yhteinen ydin, joka on nelijakoinen. Ensimmäinen osa tätä ydintä on, että kestävä kehityksen ei tulisi olla yhteen sopimaton markkinatalouden kanssa. Toinen toteamus on, että vihreässä taloudessa tärkeää on teknologia ja uudet teknologiset innovaatiot. Kolmas osa on kestävä yrittäjyys ja uusien liiketoimintamallien luominen. Neljäs osa viittaa yksilöihin ja heidän rooliin ilmastonmuutoksen hidastajana; yksilöiden on kaikkien kannettava kortensa tähän kekkoon. (Kenis, Lievens 2015)

3.1. Ympäristötaloudellinen Kuznets-käyrä

Ympäristön ja talouden välistä suhdetta on myös selitetty laajasti ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän avulla. Tämän suhteen havaitsi ensimmäisen kerran Grossman ja Krueger vuonna 1991 tutkimuksessa "Environmental impacts of a North American free trade agreement". He tutkivat ilman laadun ja henkeä kohden lasketun bruttokansantuotteen suhdetta ja havaitsivat, että matalien tulotasojen maissa savun ja rikkidioksidin pitoisuus ilmassa lisääntyy, kun taas korkean tulotason maissa nämä pitoisuudet alenevat talouskasvun myötä. (Grossman, Krueger 1991)

Talouskasvun ja ympäristön hajoamisen välillä havaittiin käänteisen U-käyrän muotoinen suhde, jossa poikkiakselilla on tulotaso, joka on mitattu bruttokansantuotteella per capita, ja pystyakselilla on taas ympäristön hajoaminen. Tietyn tulotason jälkeen havaittiin käänneaste, jonka jälkeen talouskasvu ei enää lisää ympäristön hajoamista vaan vähentää ympäristön tason heikkenemistä. Tätä suhdetta on havainnollistettu kuviossa 6.



Kuvio 6. Ympäristötaloudellinen Kuznets -käyrä (Uchiyama 2016)

Kuviossa 6 on esitetty ympäristötaloudellinen Kuznets -käyrä yksinkertaistetussa muodossa. Kuvion vaaka-akselilla on tulotaso, joka on usein mitattu bruttokansantuotteella per capita. Pystyakselilla on taas ympäristön hajoaminen, joka voi olla mitattuna usealla eri mittarilla. Tässä tutkielmassa pystyakselilla on ekologinen jalanjälki. Käännepiste on taas merkitty punaisella. Tämän pisteen jälkeen tulotaso on niin korkea, että talouden kasvun myötä ympäristön tason ei tulisi enää heikentyä. Kuznets -käyrän avulla uskottiin pystyvän ennustamaan pitkän tähtäimen muutoksia ympäristössä ja näin ollen se nähtiin apukeinona ympäristöpoliittisille päätöksille. (Uchiyama 2016) Dinda (2004) esittää ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän seuraavan yhtälön avulla:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Jossa Y on ympäristön indikaattori, x on tulotaso ja z viittaa muihin ympäristön hajoamiseen vaikuttaviin tekijöihin. Yhtälössä i merkitsee maata, t on aika ja α on vakio. β_n taas on selittävien tekijöiden n kerroin ja ε on virhetermi. Tätä yhtälöä hyödyntäen on muodostettu myös tässä tutkimuksessa käytetyt Kuznets-käyrän yhtälöt, joissa suurimpana erona edelliseen on ajan t puuttuminen yhtälöstä. Yhtälön avulla voidaan testata erilaisia suhteita, joita muodostuu ympäristön ja talouden välille. Dinda (2004) esittää artikkelissaan ehtoja, joiden perusteella voidaan edellisen kaavan mukaan määritellä, millainen suhde taloudella ja ympäristöllä on. Taulukossa 2 on koottu nämä ehdot sekä niiden perusteella määritellyt tulokset:

Taulukko 2. Kuznets-käyrän yhtälön mahdollisia tuloksia

	Ehdot	Tulos
1.	$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$	Ei yhteyttä talouden ja ympäristön välillä
2.	$\beta_1 > 0$ and $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Lineaarinen suhde talouden ja ympäristön välillä
3.	$\beta_1 < 0$ and $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Monotoninen laskeva suhde talouden ja ympäristön välillä
4.	$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ and $\beta_3 = 0$	Käänteinen U:n muotoinen suhde, toisin sanoen <u>Kuznets-käyrä</u>
5.	$\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ and $\beta_3 = 0$	U:n muotoinen suhde
6.	$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ and $\beta_3 > 0$	N:n muotoinen käyrä
7.	$\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ and $\beta_3 < 0$	N:n muotoisen käyrän vastakohta

Ehtojen perusteella voidaan todeta, että Kuznets-käyrä on ainoastaan yksi mahdollinen lopputulos yhtälölle (5). Ehdon 4 perusteella Dinda (2004) johtaa kaavan, jolla voidaan selvittää Kuznets-käyrästä käännepeiste, jonka jälkeen tulotason kasvu parantaa ympäristön laatua:

$$x^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \quad (6)$$

3.2. Aiemmat tulokset

Ympäristön ja talouden välistä suhdetta ja ympäristötaloudellista Kuznets-käyrää on tutkittu paljon ja näiden tutkimusten pohjalta on ilmennyt erilaisia tuloksia. Dasgupta, Laplante, Wang ja Wheeler (2002) käsittelevät artikkelissaan eri Kuznets-käyrän tutkimusten tuloksia. He huomasivat, että pessimististen näkemysten mukaan aina löytyy uusi, yhä pahempi saaste, jota talouskasvu kasvattaa, vaikka se pienentäisi toista saastetta. Myönteiset näkemykset Kuznets-käyrästä taas vihjaavat, että koko käyrän taso laskee ja siirtyy vasemmalle, sillä talouden kasvu tuottaa vähemmän saasteita teollistumisen alkuvaiheissa ja näin ollen saasteet alkavat vähentyä jo matalammilla tulotasoilla.

Tutkijat, jotka ensimmäisen kerran toivat esille ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän, ovat tutkineet käyrää myös pidemmälle muissa tutkimuksissa. Yksi heidän tunnetuimmista töistään on artikkeli, jossa he käsittelevät tutkimustaan liittyen henkeä kohden lasketun bruttokansantuotteen vaikutuksiin ilman- ja vedensaasteisiin. Tutkimuksessa he eivät havaitse, että ympäristön laatu heikkenisi tasaistesti talouden kasvun myötä, vaan talouden kasvu ensin heikentää ympäristön laatua ja käännepeisteen jälkeen taas parantaa sitä. He totesivat tämän

käännepisteen vaihtelevan saasteen mukaan, mutta yleisimmin sen olevan siinä kohtaan, missä maa on saavuttanut 8000\$ tulotason henkeä kohden. (Grossman, Krueger 1995)

Grossmann ja Krueger kirjoittivat artikkelin, sillä työn tulokset ovat kriittisiä vähemmän kehittyneiden maiden kehitysstrategioiden suunnittelun kannalta. Tutkimus antaa luotettavaa dataa sekä yleisen metodologian, jolla voi tutkia talouden muutosten ja ympäristön laadun välistä suhdetta usealla ympäristön indikaattorilla. Tulosten perusteella he totesivat, että tulotason kasvaessa ympäristön laatu ei parane ilman rakenteellisia muutoksia ja teknologista kehitystä ympäristöystävällisempään suuntaan. Tutkijat myös uskovat, että matalamman tulotason maat oppivat niistä virheistä, joita korkeamman tulotason maat tekivät ennen heitä. Tämän myötä ne voisivat jo aiemmassa vaiheessa kehitystään kiinnittää huomionsa ympäristön suojeluun. (Grossman, Krueger 1995)

Myös Destek, Ulucak ja Dogan (2018) käsittelevät artikkelissaan ympäristön ja talouden välistä suhdetta. Artikkelin muuttujat ovat hyvin samanlaiset kuin tässä kandidaatintutkielmassa, sillä ympäristömuuttuja on ekologinen jalanjälki, talousmuuttuja on henkeä kohden laskettu aito bruttokansantuote ja kontrollimuuttujat ovat uusiutuvan ja uusiutumattoman energian käyttö sekä kaupan avoimuus. He tekivät tutkimuksensa käyttäen paneelidataa, samoin kuin Grossman ja Krueger tekivät, mutta poiketen edellisistä, he eivät löytäneet käänteisen U:n muotoista paraabelia ekologisen jalanjäljen ja talouskasvun välillä. Ainoa Euroopan unionin maa, jolla EKC-yhteys löytyi, oli Portugali. Täten he totesivat riippuvuuden olemattomaksi EU:ssa, mutta huomauttivat, että uusiutuvan energian käyttö pienentää ekologista jalanjälkeä, joten sen käyttöä tulisi tukea poliittisessa päätöksenteossa.

Kuznets-käyrän esiintymistä EU-maiden keskuudessa tutki myös Armeanu, Vintila, Andrei, Gherghina, Dragoi ja Teodor (2018). Tutkimuksessaan he selvittivät henkeä kohden lasketun bruttokansantuotteen vaikutusta useisiin eri ympäristöindikaattoreihin. Tuloksista selvisi, että Kuznets-käyrää tukivat muun muassa tulokset rikkidioksidipäästöistä, kasvihuonekaasuista, typpioksidipäästöistä sekä ammoniakista. Tulosten perusteella tutkijat totesivat, että EU-maiden tulisi kannattaa uusiutuvan energian käyttöä ja parantaa työllistymismahdollisuuksia puhtaan teknologian aloilla. Myös Liu, Kim, Liang ja Kwon (2018) havaitsivat ympäristötaloudellisen Kuznets-käyrän esiintymisen tutkiessaan ilmiötä Japanissa, Koreassa ja Kiinassa. He eivät kuitenkaan löytäneet yhteyttä kaikissa maissa, sillä Kiinan kohdalla talouden ja ympäristön

välillä ei ollut käänteisen u:n muotoista suhdetta. Tutkimuksessa ympäristön mittarina toimi ekologinen jalanjälki, kuten tässä kandidaatintutkielmassakin.

3.3. Teorian kritiikki

Ympäristotaloudellista Kuznets-käyrää on saanut osakseen paljon kritiikkiä. Monet tutkijat näkevät sen epätarkkana ja epäluotettavana, minkä takia he eivät usko sen käyttökelpoisuuteen ympäristöpolitiikan muokkaajana. Esimerkiksi Stern (2004) toteaa suurimman osan EKC-kirjallisuudesta olevan ekonometrisesti heikkoa. Hänen mukaan Kuznets-käyrän alkuperäisen datan statistisiin ominaisuuksiin on kiinnitetty vähän huomiota eikä mallin hyvyyteen ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota. Näitä hän perustelee sarjamuotoisella riippuvuudella ja sattumanvaraisilla trendeillä aikasarjoissa sekä mahdollisuudella, että tutkimuksesta on jätetty pois muuttujien vääristymiä. Sternin tutkimusten tuloksena hän havaitsee, että kun ottaa huomioon diagnostiset statistiikat ja spesifikaatiotestit, Kuznets-käyrää ei ole olemassa. Näin ollen hän toteaa useimpien saasteiden ja jätevirtojen päästöjen kasvavan tulotason kasvaessa. Stern kuitenkin myöntää, että käyrän laskemiseen käytetyt ekonometriset menetelmät ovat vuosien varrella kehittyneet (Stern 1998).

Ekins (1997) taas pitää datan luotettavuutta liian vähäisenä tekijänä syrjäyttääkseen Kuznets-käyrän toimivuuden, mutta uskoo tulosten aiheuttavan ongelmia. Tutkimustensa mukaan yksikään ympäristömittari ei tue hypoteesia, että ympäristotaloudellinen Kuznets-käyrä olisi olemassa. Hänen mukaan mikä tahansa ympäristön laadussa nähtävä parannus tulotasojen kasvaessa on ympäristöpoliittisten asetusten tulosta, eikä talouden sisäisten rakenteiden muutosten aiheuttamaa. Johtopäätöksensä hän toteaa, että Kuznets-käyrän tuloksista voi havaita kestäväntä kehitystä, vaikka sen perimmäisenä tarkoituksena on tukea kestävä kehitys. Myös Dinda (2004) huomauttaa tutkimuksessaan, että käänteistä u-suhdetta ei voi yleistää kaikille ympäristömittareille ja että itseasiassa suurimmalle osalle tärkeistä ympäristömittareista, EKC:n olemassaololle on hyvin vähän empiiristä kannatusta.

4. Malli

Tässä kappaleessa esitetään käytetty estimointimenetelmä. Kappaleessa käydään läpi mallin taustaoletukset ja kuinka ne on huomioitu tutkimuksessa. Tämän jälkeen esitetään tutkimusaineisto ja avataan tutkimuksessa käytetyt muuttujat. Kappaleessa käydään läpi lineaarisen regressioon taustaedellytysten täytyminen kaikkien yksittäisten mallien kohdalta ja esitetään lopulliseen vertailuun valitut mallit tarkemmin. Myös Kuznets-käyrän estimoinnin tulokset esitellään.

4.1. Aineiston kuvailu

Tämän tutkimuksen aineisto koostuu bruttokansantuotteesta, ekologisesta jalanjäljestä ja kestäväen yhteiskunnan indeksin indikaattoreista ja dimensioista, sekä kontrollimuuttujista populaatiosta ja energian kulutuksesta maittain. Bruttokansantuotteen data on kerätty Eurostatin (2018c) avoimesta data-aineistosta. Arvot ovat mitattu euroissa henkeä kohden (BKT/capita) ja indikaattori on aidon bruttokansantuotteen ja keskimääräisen populaation suhdeluku tiettyä vuonna laskettuna eli bruttokansantuote on reaaliarvoinen.

Kestäväen yhteiskunnan indeksin aineisto taas koostuu 21:stä indikaattorista, jotka ovat jaettu seitsemään eri kategoriaan ja tästä vielä kolmeen omaan dimensioonsa. Aineisto on saatu SSIndex (2017) sivustolta. Dimensiot ovat inhimillinen hyvinvointi, ympäristön hyvinvointi sekä talouden hyvinvointi. Alkuperäisessä regressioanalyysissä käytetyt indikaattorit ovat seuraavat: riittävä ruoka, riittävä juoma, turvallinen sanitaatio, koulutus, terveellinen elämä, sukupuolinen tasa-arvo, tulojen jakautuminen, väestönkasvu, hyvä hallinto, biodiversiteetti, uusiutuvat vesiresurssit, kulutus, energian käyttö, energiasäästöt, kasvihuonekaasut, uusiutuva energia, orgaaninen maanviljely, aito säästäminen, BKT, työllisyys ja julkinen velka. Näiden muuttujien osoittautuessa multikollineaarisiksi, eli keskenään niin vahvasti korreloiviksi, että tämä häiritse tulosten tulkintaa, tehtiin lopullinen lineaarinen regressioanalyysi kolmea dimensiota hyväksikäyttäen.

Ekologinen jalanjälki jokaista EU maata kohden on kerätty Global Footprint Networkin (2018a) sivuilta. Data on mitattu globaalihehtaareina henkeä kohden. Ekologisen jalanjäljen mittari koostuu rakennetusta maasta, fossiilisen energian tuottamiseen varatusta maasta, viljellystä maasta, kalastusalueesta, metsätuotteista sekä laidunmaasta. Malliin otettiin mukaan näistä yhteenlaskettu summa jokaista Euroopan Unionin maata kohden. Ongelma aineiston keräämisen

kanssa ilmeni, kun sivustolta ei löytynyt tietoa Kyproksen ekologisesta jalanjäljestä. Tämän takia kyseinen maa poistettiin kokonaan tutkimuksesta.

Ensimmäisen regressioanalyysin kontrollimuuttujat ovat energian kulutus maittäin ja populaatio. Kyseiset muuttujat valittiin, koska näiden uskotaan vaikuttavan ekologiseen jalanjälkeen eri maissa ja näin tuoden tarkemman kuvan ilmiöstä. Molempien muuttujien oletetaan kasvattavan ekologista jalanjälkeä yhdessä bruttokansantuotteen kanssa. Energian kulutuksen arvot ovat mitattu bruttokulutuksena, kattaen maan kokonaisvaltaisen energian kysynnän. Bruttokulutus käsittää energiasektorin kulutuksen, jakelu- ja kuljetusmenetykset, loppukäyttäjien lopullisen energian kulutuksen sekä niin sanotut statistiset eroavaisuudet (Eurostat 2018b). Energian kulutuksen arvot ovat aineistossa öljyn ekvivalenttilukuina miljoonissa tonneissa mitattuna. Tämä kontrollimuuttuja on peräisin Eurostatin (2018a) sivulta löytyvästä excel-aineistosta. Toinen kontrollimuuttuja, maiden populaatio, on kerätty The World Bankin (2018) datapankista. Tämän työn aineistoon sopivaksi populaatio muunnettiin miljooniin, tehden suurien lukujen käsittelystä ja vertailusta yksinkertaisempaa.

SAS-ohjelmistossa aineiston sopivuutta työhön tarkastellaan eri testien avulla sekä muun muassa tarkastelemalla aineistossa olevien muuttujien jakaumaa, korrelaatiota ja sirontaa. Liitteeseen 1 on koottu kaikkien tutkimuksessa käytettyjen muuttujien keskiarvot, maksimit, minimi ja keskihajonnat. Näin saadaan tarkempi käsitys aineiston muodosta ja muuttujien jakaumista. Liitteen 1 taulukkoon on myös kerätty kaikkien muuttujien kohdalla käytetty yksikkö. Kestävän yhteiskunnan indikaattoreiden ja dimensioiden kohdalla tämä yksikkö on aina ilmaistu vertailuarvona eli painotettuna tuloksena raa'asta datasta asteikolla 0-10.

4.1.1. Bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio

Muuttujien korrelaatiot ovat tärkeitä tutkimuksen kannalta, sillä niiden avulla saadaan selville mahdollinen multikollineaarisuus ja se, mihin suuntaan yhteys selittävän ja selitettävän muuttujan välillä on ja kuinka voimakas se on. Mikäli korrelaatio on negatiivinen, selittävä tekijä ja selitettävä tekijä vaikuttavat eri suuntiin, eli kun esimerkiksi muuttuja X kasvaa, muuttuja Y laskee. Mikäli korrelaatio on positiivinen, muuttujat vaikuttavat samaan suuntaan, eli kun X kasvaa niin myös Y kasvaa. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu ainoastaan Pearsonin korrelaatiomatriiseja, sillä muuttujien arvot eivät ole sijaluvuissa, vaan ne ovat jatkuvia. Bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio on esitetty taulukossa 3.

Näiden muuttujien välinen korrelaatio on positiivinen, eli kun bruttokansantuote kasvaa, myös ekologinen jalanjälki kasvaa.

Taulukko 3. BKT:n ja EF:n välinen korrelaatio

Pearson Correlation Coefficients		
	BKT/capita	EF
BKT/capita	1	0,79294
EF	0,79204	1

Kun kaikista muuttujista otetaan luonnolliset logaritmit, korrelaatiot muuttuvat. Logaritmit otettiin muuttujien normaalijakaumien korjaamiseksi. Tämän muutoksen myötä korrelaatiokerroin ekologisen jalanjäljen ja bruttokansantuotteen välillä pieneni. Korrelaatiomatriisiin lisättiin myös populaation luonnollinen logaritmi sekä energian kulutuksen luonnollinen logaritmi. Korrelaatiomatriisista on pääteltävissä, että bruttokansantuotteen kasvaminen kasvattaa myös ekologista jalanjälkeä. Energian kulutus ja populaatio taas korreloivat negatiivisesti ekologisen jalanjäljen kanssa, tarkoittaen sitä, että kontrollimuuttujien kasvattaminen pienentää ekologista jalanjälkeä. Tämä tulos on yllättävä, sillä energian kulutuksen ja populaation on nähty usein kasvattavan ekologista jalanjälkeä. Tämän takia on tarkasteltava tutkimuksesta saatuja tuloksia kriittisesti, eikä pidettävä niitä absoluuttisina totuuksina. On myös huomioitava, että populaation ja energian kulutuksen keskinäinen korrelaatio on hyvin korkea, aiheuttaen näin multikollinearisuutta. Tämän takia toinen kontrollimuuttujista on poistettava. Taulukossa 4. on esitetty nämä keskinäiset korrelaatiot.

Taulukko 4. EF:n, BKT:n ja kontrollimuuttujien korrelaatiomatriisi

Pearson Correlation Coefficients				
	Log_EF	Log_BKT	Log_enkul	Log_pop
Log_EF	1	0,69974	-0,19801	-0,41834
Log_BKT	0,69974	1	0,24224	0,05167
Log_enkul	-0,19801	0,24224	1	0,96175
Log_pop	-0,41834	0,05167	0,96175	1

4.1.2. Kestävän yhteiskunnan indeksin ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio

Toinen ekologisen jalanjäljen kokoa selittävä malli käyttää selittävinä tekijöinä kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattoreita ja dimensioita. Ensin tarkasteltiin kaikista merkittävimpiä kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattoreiden korrelaatioita ekologisen jalanjäljen kanssa. Nämä korrelaatiokertoimet on kerätty taulukkoon 5, jossa muuttujat ovat kaikki logaritmimuunnettuja, sillä ne eivät olleet alkuperäisessä muodossaan normaalijakautuneita.

Taulukko 5. Kestävän yhteiskunnan indeksin ja ekologisen jalanjäljen välinen korrelaatio

Pearson Correlation Coefficients (log)									
	Ekologinen jalanjälki	Sukupuolinen tasa-arvo	Väestön kasvu	Hyvä hallinto	Kulutus	Energian käyttö	Kasvihuone-kaasut	BKT	Työttömyys
Ekologinen jalanjälki	1	0,49753	-0,6691	0,73736	-0,77303	-0,7288	-0,56705	0,68509	0,45332
Sukupuolinen tasa-arvo	0,49753	1	-0,2642	0,71747	-0,42712	-0,56435	-0,26808	0,55097	0,25992
Väestön kasvu	-0,66911	-0,26421	1	-0,59761	0,2712	0,60206	0,46165	-0,68863	-0,45899
Hyvä hallinto	0,73736	0,71747	-0,5976	1	-0,42788	-0,71378	-0,51569	0,88927	0,52846
Kulutus	-0,77303	-0,42712	0,2712	-0,42788	1	0,43669	0,11651	-0,3737	-0,18514
Energian käyttö	-0,7288	-0,56435	0,60206	-0,71378	0,43669	1	0,69293	-0,64578	-0,54666
Kasvihuonekaasut	-0,56705	-0,26808	0,46165	-0,51569	0,11651	0,69293	1	-0,49639	-0,47216
BKT	0,68509	0,55097	-0,6886	0,88927	-0,3737	-0,64578	-0,49639	1	0,4113
Työttömyys	0,45332	0,25992	-0,459	0,52846	-0,18514	-0,54666	-0,47216	0,4113	1

Taulukossa 5 ekologisen jalanjäljen kanssa negatiivisesti korreloivat väestön kasvu, kulutus, energian käyttö sekä kasvihuonekaasut. Tulokset kuulostavat epäloogisilta, sillä voisi olettaa näiden kaikkien kasvattavan ekologista jalanjälkeä. Kuitenkin on otettava huomioon, että muuttujien arvot ovat painotettuja tuloksia SSI:n sivuilta, joiden tarkoituksena on mahdollistaa eri maiden vertailu. Täten siis väestön kasvu todellisuudessa viittaa siihen, että väestö kasvaa vähän; kulutus viittaa siihen, että kansa kuluttaa vähän; energian käyttö taas viittaa siihen, että energiaa kulutetaan vähän ja kasvihuonekaasut viittaavat siihen, että kasvihuonekaasuja tuotetaan maassa vähän. Näin siis mitä suurempi numero on kyseessä, sen parempi se on kestävyyskannalta.

Pienien korrelaatioiden selittävän tekijän kanssa ja liian vahvojen selittävien keskinäisten korrelaatioiden tai toisin sanoen multikollinearisuuden takia lopullinen regressioanalyysi tehtiin käyttäen kestävä yhteiskunnan indeksin kolmea dimensiota selittävinä tekijöinä. Ekologisesta jalanjäljestä otettiin luonnollinen logaritmi normaalijakauman parantamiseksi. Taulukossa 6 on kuvattu näitä korrelaatioita

Taulukko 6. Log_EF:n ja SSI:n dimensioiden korrelaatiomatriisi

Pearson Correlation Coefficients (log)				
	log_ef	inhim_hyv	ymp_hyv	tal_hyv
log_ef	1	0,26032	-0,76975	0,59472
inhim_hyv	0,26032	1	-0,39203	0,29698
ymp_hyv	-0,76975	-0,39203	1	-0,50785
tal_hyv	0,59472	0,29698	-0,50785	1

Matriisissa log_ef tarkoittaa ekologisen jalanjäljen luonnollista logaritmia, inhim_hyv viittaa inhimillisen hyvinvoinnin dimensioon, ymp_hyv tarkoittaa ympäristön hyvinvoinnin dimensiota ja tal_hyv on taas talouden hyvinvoinnin dimensio. Ympäristön hyvinvoinnin ja ekologisen

jalanjäljen välillä on kaikista voimakkain korrelaatio ja se on myös ainoa korrelaatio, joka on negatiivinen. Talouden hyvinvoinnin ja ekologisen jalanjäljen välillä on kohtuullisen vahva positiivinen korrelaatio, mutta inhimillisen hyvinvoinnin ja ekologisen jalanjäljen välillä ei ole kovin vahvaa yhteyttä. Korrelaatiot ovat loogisia, sillä ekologisen jalanjäljen kasvaessa ympäristön hyvinvointi laskee ja päinvastoin. Talouden hyvinvoinnin positiivinen korrelaatio ekologisen jalanjäljen kanssa on ymmärrettävissä, sillä kun taloudessa tuotetaan paljon, syntyy päästöjä ja jätteitä ympäristöön, jotka taasen kasvattavat ekologista jalanjälkeä.

4.2. Estimointimenetelmä

Tutkimus on toteutettu pienimmän neliösumman menetelmää eli OLS estimointimenetelmää ja sen kautta lineaarista regressioanalyysia hyödyntäen. Linearisessa regressioanalyysissä selittävillä tekijöillä selitetään yhtä muuttujaa, joka on yleensä jatkuva. Regressioanalyysi perustuu muuttujien väliseen korrelaatioon, joka voi olla positiivinen tai negatiivinen. (Metsämuuronen 2008) Ensimmäisessä analyysissä tutkitaan bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen ja tätä verrataan samojen muuttujien vertailevaan analyysiin, johon on otettu mukaan kontrollimuuttujat; väestön koko sekä energian kulutus maittain. Toisessa, useamman tekijän analyysissä taas selittävinä tekijöinä toimivat kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattorit ja selitettävänä tekijänä ekologinen jalanjälki. Näitä eri analyyseja vertailemalla saadaan laajempi kuva ympäristön ja talouden välisestä suhteesta. Analysoitavat mallit on kerätty taulukkoon 7.

Taulukko 7. Analysoitavat mallit

Malli	Tarkoitus	Muuttujat
Malli 1	Bruttokansantuotteen vaikutuksen arviointi ekologiseen jalanjälkeen	$\ln(EF), \ln(BKT), \ln(pop)$
Malli 2	Kestävän yhteiskunnan indeksin vaikutuksen arviointi ekologiseen jalanjälkeen	$\ln(EF), \ln(inhim_hyv), \ln(ymp_hyv), \ln(tal_hyv)$
Kuznets 1	Kuznets hypoteesin testaus bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välillä, kun molemmat kontrollimuuttujat otettu huomioon	$\ln(EF), \ln(BKT), \ln(BKT)^2, \ln(enkul), \ln(pop)$
Kuznets 2	Kuznets hypoteesin testaus bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välillä, kun otettu huomioon energian kulutus	$\ln(EF), \ln(bkt), \ln(bkt)^2, \ln(enkul)$
Kuznets 3	Kuznets hypoteesin testaus bruttokansantuotteen ja ekologisen jalanjäljen välillä, kun otettu huomioon väestön koko	$\ln(EF), \ln(bkt), \ln(bkt)^2, \ln(pop)$

4.2.1. Lineaarinen regressioanalyysi bruttokansantuotteella

Ensin tutkittiin henkeä kohden lasketun bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen käyttäen havaintoaineistona 27:ä Euroopan Unionin maata. Tätä tutkittiin yhden selittävän tekijän regressioanalyysillä. Regressioanalyysin tekemisen edellytyksenä on, että taustaoletukset pätevät. Lineaarisen regressioanalyysin taustaoletukset ovat lineaarisuus, homoskedastisuus, multikollinearittomuus sekä normalisuus. Homoskedastisuudella tarkoitetaan sitä, että virhetermin varianssi on vakio (Olive 2017) sekä sitä, että muuttujat ovat riippumattomia ja identtisesti jakautuneita. Homoskedastisuus ja normalisuus oletamat koskevat mallin jäännöstermejä.

Ensimmäisessä yhden selittävän muuttujan regressioanalyysissä tutkittiin henkeä kohden lasketun bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen. Lineaarisuuden taustaedellytys tarkistettiin ottamalla muuttujista sirontakuviot ja piirtämällä kuvion läpi regressiosuoran (liite 2). Homoskedastisuus testattiin whiten testillä, jossa nollahypoteesi mallin heteroskedastisuudesta hylättiin, sillä p-arvo 0,4675 on suurempi kuin valittu riskitaso 5%. Tämä pystyttiin myös havaitsemaan tarkastelemalla jäännöstermeistä johdettuja sirontakuvioita. Mikäli sirontakuvion pisteet eivät muodosta mitään tiettyä kuviota, tämä taustaoletus pätee, eli virhetermin varianssit ovat vakiot (liite 3). Myös Durbin-Watson D-luvusta voidaan tarkastella residuaalien riippumattomuutta. Tämän mallin arvo 2,010 on lähellä optimia eli kahta, joten voimme todeta residuaalien olevan riippumattomia toisistaan. Normalisuusoletus tarkistettiin tutkimalla residuaalien histogrammia, joka löytyy liitteestä 4. Histogrammista voidaan havaita,

että tämäkin oletus pätee, sillä residuaalit ovat normaalijakautuneet. Tämän jälkeen otettiin muuttujista luonnolliset logaritmit, sillä ensimmäisen mallin muuttujat eivät olleet normaalijakautuneet vaan niissä oli havaittavissa selkeä vinouma vasemmalle. Taustaoletukset tarkistettiin myös tässä mallissa ja todettiin niiden kaikkien täyttyvän.

Jotta mallin varianssit saataisiin pienemmiksi, käytetään niin sanottuja apusuureita, eli kontrollimuuttujia, populaatiota ja energian kulutusta. Nämä sisällytetään tutkimukseen, jotta saadaan varmistus siitä, että muut ulkoiset tekijät eivät vaikuta selitettävään tekijään ja näin varmistetaan tutkimuksen luotettavuus. Kolmannessa mallissa siis tutkittiin, miten bruttokansantuote vaikuttaa ekologiseen jalanjälkeen, kun populaatio ja energian kulutus on otettu huomioon. Uusien muuttujien histogrammeista pystyi havaita niiden olevan vinosti jakautuneita, tehden selväksi luonnollisten logaritmien ottamisen tärkeyden myös tässä mallissa. Aiemmin korrelaatiomatriiseja tutkittaessa havaittiin multikollineaarisuuden ongelma kontrollimuuttujien välillä. Tämän takia ensin oli määriteltävä, kumpi kontrollimuuttuja jätetään malliin. Logaritmien ottamisen jälkeen tehtiin kaksi lineaarista regressioanalyysiä: yksi, jossa kontrollimuuttujana on populaatio ja toinen, jossa se on energian kulutus. Kontrollimuuttujaksi valittiin populaatio, sillä sen sisältämässä mallissa selityskertoimen R^2 on korkeampi ($\sim 0,7 > 0,6$) ja p-arvo tilastollisesti merkittävämpi ($0,0005 < 0,0053$).

Tämän jälkeen oli testattava taustaedellytysten täyttyminen valitussa mallissa. Malli todettiin homoskedastiseksi residuaalien sirontakuviosta sekä whiten testin p-arvosta 0,106. Tolerance luvusta huomattiin multikollineaarisuuden poistuneen arvon ollessa huomattavasti yli rajan 0,5 ($\sim 0,997 > 0,5$). Kaikkien taustaedellytysten huomattiin täyttyneen ja päädyttiin jälkimmäisen mallin olevan selittävyydeltään parempi kuin edellinen malli, jossa kontrollimuuttujaa ei sisällytetty. Taustaedellytysten täyttymisen voi havaita liitteestä 5. Tämän takia lopulliseksi malliksi selittämään bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen, valittiin jälkimmäinen malli, jonka yhtälö on seuraavanlainen:

$$\ln(EF) = \alpha + \beta_1 \ln(bkt) + \beta_2 \ln(pop) + \varepsilon \quad (7)$$

4.2.2. Lineaarinen regressioanalyysi kestävän yhteiskunnan indeksillä

Ympäristön ja talouden välistä keskinäistä suhdetta tutkittiin myös kestävän yhteiskunnan indeksin kautta. Tämä toimii vertailevana mittarina bruttokansantuotteelle ja sen tutkimisen tarkoituksena on selvittää, selittääkö SSI paremmin ekologisen jalanjäljen vaihtelua kuin

bruttokansantuote. Ensiksi katsottiin SSI:n 21:stä indikaattorista tehtyä korrelaatiomatriisia ja todettiin niistä ruoan, juoman, koulutuksen, tulojen jakautumisen, biodiversiteetin, energian säästämisen ja uusiutuvan energian korreloivan todella vähän (alle 0,2) ekologisen jalanjäljen kanssa. Näin ollen nämä päätettiin poistaa, sillä ne olisivat vähentäneet mallin selitysvoimaa. Tämän jälkeen tehtiin ensimmäinen lineaarinen regressioanalyysi SSI:n indikaattoreiden ollessa selittävinä tekijöinä ja ekologisen jalanjäljen ollessa selitettävänä tekijänä. Taustaoletusten tarkistuksen myötä malli todettiin homoskedastiseksi whiten testin p-arvon ollessa 0,7947, normaalijakautuneeksi residuaalien histogrammikuvaajasta ja lineaariseksi selittävien ja selitettävän välisistä sirontakuviosta. Nämä taustaoletukset löytyvät liitteestä 6. Multikollinearittomuus-edellytys ei kuitenkaan täytynyt, sillä ainoa muuttuja, jolla ei ole muiden kanssa multikollinearisuutta tolerance arvon perusteella on uusiutuvan veden resurssit, lukuarvolla 0,54631.

Tämä ongelma korjattiin poistamalla terveellinen elämä, hyvä hallinto sekä energian käyttö, koska ne korreloivat vahvasti keskenään, mutta eivät kovin vahvasti selitettävän muuttujan kanssa. Multikollinearisuutta esiintyi silti, joten tämä malli oli todettava huonoksi. Muuttujien välinen multikollinearisuus voisi olla perusteltavissa sillä, että ne koostuvat kolmesta dimensiosta, jonka sisällä olevat muuttujat selittävät samaa asiaa. Täten yhden dimension sisäiset muuttujat korreloivat keskenään, joten on eroteltava dimensiot toisistaan.

Toinen SSI:n ja ekologisen jalanjäljen suhdetta selittävä malli sisältää selittävinä tekijöinä inhimillisen hyvinvoinnin, talouden hyvinvoinnin ja ympäristön hyvinvoinnin sekä selitettävänä muuttujana ekologisen jalanjäljen. Nämä uudet selittävät muuttujat ovat kaikki normaalijakautuneita, jonka voi nähdä liitteessä 7 olevista histogrammeista. Sirontakuviosta katsottiin, että lineaarisuuden taustaedellytys täyttyy, ja kuten liitteestä 8 voi havaita, jokaisen selittävän tekijän ja selitettävän tekijän välillä vallitsee lineaarinen yhteys. Homoskedastisuuden taustaedellytys täyttyi whiten testin p-arvon ollessa 0,3298 ja residuaalien varianssien näyttävän vakioilta sirontakuviosta katsottuna. Normaalijakautuneisuuden taustaedellytys täyttyi myös ja tämän voi nähdä residuaalien histogrammista, joka yhdessä residuaalien sirontakuviosta löytyy liitteestä 9. Kaikkien tolerance-arvojen ollessa yli 0,5, on myös pääteltävissä, että muuttujien välillä ei ole multikollinearisuutta, tarkoittaen sitä, että kaikki taustaedellytykset täyttyvät kyseisen mallin kohdalla.

Jotta mallista tulisi mahdollisimman hyvin lineaarisen regressioanalyysin edellytykset täyttävä, selitettävästä tekijästä oli otettava logaritmi tekemään siitä normaalijakautuneen. Paras malli selittämään SSI:n vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen oli siis malli, jossa selitettävänä on $\ln(EF)$ logaritmi ja selittävinä SSI:n kolme dimensiota. Tämän mallin residuaalien sirontakuviot, residuaalien histogrammi sekä muuttujien erilliset sirontakuviot ovat esitetty liitteessä 10. Vertaamalla liitettä 9 ja liitettä 10 saamme varmistuksen siitä, että malli, jossa ekologisesta jalanjäljestä on otettu luonnollinen logaritmi, on parempi kuin malli, jossa logaritmia ei ole otettu. Muun muassa lineaariset yhteydet selittävien tekijöiden ja selitettävän tekijän välillä ovat kaikki jyrkempiä eli niiden välillä on selkeä yhteys. Myös residuaaleista muodostettu histogrammi on jälkimmäisessä mallissa normaalijakautuneempi ja sirontakuvioiden varianssit ovat enemmän vakioita kuin edellisessä. Tämän mallin yhtälö on seuraavassa muodossa:

$$\ln(EF) = \alpha + \beta_1(\ln(\text{inhimhyv})) + \beta_2(\ln(\text{ymphyv})) + \beta_3(\ln(\text{talhyv})) + \varepsilon \quad (8)$$

4.2.3. Ympäristotaloudellisen Kuznets-käyrän estimointi

Tämän tutkielman tarkoituksena, talouden hyvinvoinnin ja ekologisen jalanjäljen keskinäisen suhteen tarkastelun lisäksi, on selvittää, miten ympäristotaloudellisen Kuznets-käyrän hypoteesi toteutuu ekologisen jalanjäljen kannalta Euroopan Unionin maissa. Hypoteesin mukaan tietyn käännepisteen jälkeen, talouden hyvinvoinnin lisääminen vähentää ympäristön hajoamista. Näin ollen muuttujien tulisi muodostaa käänteisen U :n muotoinen käyrä. Tutkimuksessa käytetyt Kuznets -käyrän yhtälöt ovat seuraavat:

$$\ln(EF) = \alpha + \beta_1 \ln(bkt) + \beta_2 \ln(bkt)^2 + \beta_3 \ln(enkul) + \beta_4 \ln(pop) + \varepsilon \quad (9)$$

$$\ln(EF) = \alpha + \beta_1 \ln(bkt) + \beta_2 \ln(bkt)^2 + \beta_3 \ln(enkul) + \varepsilon \quad (10)$$

$$\ln(EF) = \alpha + \beta_1 \ln(bkt) + \beta_2 \ln(bkt)^2 + \beta_3 \ln(pop) + \varepsilon \quad (11)$$

Joissa α on vakiotermin, β_n on selittävän tekijän kerroin, ja ε on virhetermi. Käytettävät muuttujat taas ovat $\ln(EF)$ eli ekologisen jalanjäljen luonnollinen logaritmi, $\ln(BKT)$ ja $\ln(bkt)^2$; bruttokansantuotteen luonnollinen logaritmi sekä sen neliö ja $\ln(enkul)$ viitaten energian kulutuksen logaritmiin sekä $\ln(pop)$ viitaten populaation luonnolliseen logaritmiin. Kuznets-käyrän hypoteesi esittää, että käyrä toteutuu, mikäli $\beta_1 > 0$ ja $\beta_2 < 0$. Tämä merkitsee sitä, että bruttokansantuotteen tulisi kasvattaa ekologista jalanjälkeä, kun taas sen neliön tulisi pienentää sitä.

Luonnolliset logaritmit on otettu kaikista muuttujista alun perin vähentämään huipukkuutta ja parantamaan niiden normaalijakautuneisuutta. Kuitenkin niiden ottamisen syyn taustalla vaikuttaa myös se, että useimmissa ympäristötaloudellisten Kuznets-käyrien tutkimuksissa näin on tehty. Hill, Griffiths ja Lim (2018) huomauttavat kirjassaan, että luonnollisen logaritmin ottamisen myötä lineaarisen regressioanalyysin tulosten tulkinta muuttuu. Logaritmisessa mallissa tutkitaan muuttujien välistä joustoa, tarkoittaen prosentuaalista muutosta selitettävässä muuttujassa, kun yhtä selitettävistä muuttujista kasvatetaan yhdellä prosentilla. β -kerroin määrittää prosentuaalisen kasvun suuruuden.

Luonnollisen logaritmin ottaminen muuttujista on huomioitava Kuznets –käyrän käännepisteen laskemisessa. Tällöin teoriaosuudessa havainnollistettuun käännepisteen kaavaan on lisättävä Neperin luku ja nostettava yhtälö tämän potenssiin. Käännepisteen laskukaava tässä tutkimuksessa on seuraavan kaavan mukainen:

$$x^* = e^{\frac{\beta_1}{2\beta_2}} \tag{10}$$

5. Tulokset

Tässä kappaleessa analysoidaan eri mallien tuottamia tuloksia ja vastataan niiden perusteella tutkimuskysymyksiin. Kappaleessa myös arvioidaan mallien hyvyyttä ja päätellään ovatko tutkimuksen tuottamat tulokset luotettavia. Ensin käydään läpi vastaus tutkimuksen tärkeimpään kysymykseen: kuinka talouden hyvinvointi vaikuttaa ekologiseen jalanjälkeen. Tätä tarkastellaan kaikkien mallien tulosten pohjalta, sillä tässä työssä oletetaan, että myös kestävä yhteiskunnan indeksi kuvaa talouden hyvinvointia, mutta ottaa hyvinvoinnin kuvaamisessa enemmän asioita huomioon kuin bruttokansantuote. Samalla tutkitaan Kuznets hypoteesien toteutumista eri mallien pohjalta.

5.1. Talouden hyvinvoinnin vaikutus ekologiseen jalanjälkeen ja Kuznets -hypoteesin testaus

Talouden hyvinvoinnin on perinteisesti nähty korreloivan negatiivisesti ympäristön laadun kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että kun talouden tila paranee, ympäristön tila heikkenee. Tämän tutkimuksen tavoitteena on pyrkiä löytämään toinen ympäristön ja talouden välistä suhdetta selittävä teoria. Tavoitteena on löytää näiden muuttujien välillä yhteys, joka ensin heikentää ympäristön tasoa mutta pitkällä tähtäimellä parantaa sitä. Taulukkoon 8 on koottu yhteen kaikkien eri mallien tulokset.

Taulukko 8. Lineaaristen regressiomallien tulokset. Selitettävä tekijä: ekologinen jalanjälki.

Mallien tulokset															
	Malli 1			Malli 2			Kuznets 1			Kuznets 2			Kuznets 3		
	Pr> t	Standard. estim.	Param. Estim.	Pr>t	Standard. estim.	Param. Estim.	Pr>t	Standard. estim.	Param. Estim.	Pr>t	Standard. estim.	Param. Estim.	Pr>t	Standard. estim.	Param. Estim.
Vakiotermin	0,0074	0	-1,5249	0,0091	0	2,74939	0,9361	0	0,50102	0,516	0	5,33699	0,6548	0	3,38261
ln(bkt)	<0,0001	0,72328	0,33711	-	-	-	0,9929	-0,0243	-0,0113	0,5182	-2,3064	-1,075	0,6671	-1,4143	-0,6592
ln(bkt)2	-	-	-	-	-	-	0,8784	0,41859	0,00984	0,3864	3,09682	0,0728	0,5165	2,138	0,05026
ln(pop)	0,0005	-0,4557	-0,099	-	-	-	0,0003	-2,074	-0,4506	-	-	-	0,0012	-0,4361	-0,0947
ln(enkul)	-	-	-	-	-	-	0,002	1,70436	0,36975	0,0104	-0,3658	-0,0794	-	-	-
ln(himhyv)	-	-	-	0,5476	-0,082	-0,0641	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ymphyv	-	-	-	0,0002	-0,6569	-0,2313	-	-	-	-	-	-	-	-	-
talhyv	-	-	-	0,0586	0,05954	0,05846	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pr>F	<0,0001			<0,0001			<0,0001			<0,0001			<0,0001		
Adj. R-square	0,6715			0,609			0,774			0,5989			0,6635		
Pr>Chisq	0,106			0,3433			0,6557			0,094			0,185		
Durbin-Watson D	1,855			2,049			1,404			2,049			1,965		

Taulukkoon 8 on kerätty jokaisen viiden eri mallin tulokset. Seuraavissa kappaleissa analysoidaan tuloksia ja vertaillaan näiden valossa malleja toisiinsa. Analysointi etenee mallista

1 eteenpäin, jonka tarkoituksena on selittää bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen.

Tätä yhteyttä tutkittiin käyttäen hyväksi mallia, jossa selittävä muuttuja on luonnollinen logaritmi bruttokansantuotteesta, kontrollimuuttuja on populaatiosta otettu luonnollinen logaritmi ja selitettävänä muuttujana on ekologisen jalanjäljen luonnollinen logaritmi. Jotta malli olisi käyttökelpoinen, tulee sen selittää merkittävästi selitettävää ilmiötä. Edellisen taulukon ensimmäisestä sarakkeesta voi havaita, että malli selittää hyvin bruttokansantuotteen vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen, kun populaatio on otettu huomioon. F-testin p-arvo kertoo, pystytäänkö regressioanalyysissä olevilla muuttujilla ylipäättään selittämään ekologisen jalanjäljen vaihtelua. Mallissa kaikilla riskitasoilla (1%, 5% ja 10%) nollahypoteesi siitä, että malli ei selitä hyvin, hylätään ja todetaan, että selitysaste on hyvä. Adj R-square arvo taas kuvaa regressioanalyysin selitysosuutta eli sitä, kuinka suuren osuuden ekologisen jalanjäljen vaihtelusta pystytään selittämään selittävillä muuttujilla. Tulkintaan valittiin korjattu R^2 -luku, sillä kyseinen luku ottaa huomioon selittävien muuttujien lukumäärän. Bruttokansantuote ja populaatio pystyvät siis selittämään n. 67% ekologisen jalanjäljen vaihtelusta. $Pr > |t|$ arvot kuvaavat selittävien tekijöiden tilastollista merkittävyyttä. Tässä mallissa sekä bruttokansantuote että populaatio vaikuttavat tilastollisesti merkittävästi ekologiseen jalanjälkeen kaikilla riskitasoilla. Yksittäisten parametrien vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen tarkastellaan katsomalla SAS-tulostuksesta standardized estimate -arvoja. Nämä arvot ennustavat muutosta selitettävässä tekijässä yhtä hajonnan muutosta selitettävässä tekijässä kohtaan. Mitä suuremman itseisarvon selittävä tekijä saa, sen paremmin se selittää yksin selitettävän tekijän muutosta. Taulukosta voi siis havaita, että bruttokansantuote selittää yksin paremmin muutosta ekologisessa jalanjäljessä kuin populaatio.

Malli 2 selittää hyvin kestävän yhteiskunnan indeksin vaikutuksia ekologiseen jalanjälkeen. F-testin p-arvon mukaan kestävän yhteiskunnan indeksi selittää yleisesti hyvin ekologisen jalanjäljen vaihtelua. Selittävillä muuttujilla taas pystytään adjusted R-square luvun perusteella selittämään n. 61% ekologisen jalanjäljen vaihtelusta. T-testin p-arvot eivät taas saa niin hyviä tuloksia. Inhimillinen hyvinvointi ja talouden hyvinvointi eivät vaikuta tilastollisesti merkittävästi ekologiseen jalanjälkeen 5% riskitasolla. 10% riskitasolla taas kaikki muut kuin inhimillinen hyvinvointi vaikuttavat merkittävästi ekologiseen jalanjälkeen. Suurin itseisarvo standardized estimate -sarakkeessa on ympäristön hyvinvoinnilla. Tällä on siis kaikista suurin vaikutus ekologisen jalanjäljen muutokseen, kun taas inhimillisellä hyvinvoinnilla ja talouden

hyvinvoinnilla on hyvin pieni vaikutus sen muutokseen. Seuraavissa kappaleissa käsitellään Kuznets-mallien tuottamia tuloksia.

Kuznets –käyrän hypoteesin mukaan talouskasvu ensin kasvattaa ekologista jalanjälkeä ja tietyn käännepisteen jälkeen pienentää sitä. Kuznets-käyrän estimoinnissa tämä näkyy ehtona $\beta_1 > 0$ ja $\beta_2 < 0$. Malleissa β_1 on bruttokansantuote ja β_2 on sen neliö. Taulukkoon 9 on koottu mallien kertoimet ja laskettu niiden perusteella Kuznets-käyrien käännepisteet.

Taulukko 9. Kuznets-käyrää ennustavien mallien käännepisteet. Selitettävä tekijä: EF

	Vakiotermi α	bkt β_1	bkt ² β_2	β_3	β_4	Käännepiste
Kuznets 1	0,501	-0,011	0,010	0,370	-0,451	1,78 €
Kuznets 2	5,337	-1,075	0,073	-0,079	-	1 608,58 €
Kuznets 3	3,383	-0,659	0,050	-0,095	-	704,72 €

Kuten taulukosta 9 voi havaita, yksikään malleista ei täytä Kuznets –hypoteesin ehtoja. Jokaisessa mallissa β_1 on negatiivinen ja β_2 on positiivinen. Kaikissa malleissa yhtälö siis muodostaa u:n muotoisen käyrän, viitaten siihen, että Kuznets –hypoteesi ei toteudu. On kuitenkin huomioitava, että parametrien p-arvot taulukossa 8 eivät ole tilastollisesti merkittävät. Kaikissa malleissa ainoastaan kontrollimuuttujien p-arvot ovat 5% riskitasolla tilastollisesti merkitseviä. Kaikkien mallien kertoimet ovat myös hyvin pieniä, joten niiden vaikutus ekologiseen jalanjälkeen on vähäinen. Ensimmäisessä mallissa yhden prosentin kasvu bkt:ssa pienentää ekologista jalanjälkeä 0,011% kun taas neliöidyn bkt:n kasvu kasvattaa ekologista jalanjälkeä 0,01%. Energian kulutuksen prosentin kasvu kasvattaa ekologista jalanjälkeä 0,37% kun taas väestön koon kasvu prosentilla pienentää ekologista jalanjälkeä 0,45%. Käännepisteet ovat taulukossa punaisella, sillä ne eivät ole x:n arvoja funktion maksimi -arvon kohdalla vaan ne ovat x:n arvoja silloin, kun funktio saa pienimmän arvonsa. Mallien mukaan siis bruttokansantuote ensin pienentää ekologista jalanjälkeä, mutta tietyn tulotason jälkeen se alkaa kasvattaa sitä. Selitysasteet ovat kaikissa malleissa korkeat, eli bruttokansantuote, sen neliö sekä kontrollimuuttujat populaatio ja energian kulutus selittävät jopa 77,4% ekologisen jalanjäljen vaihtelusta.

Mielenkiintoista mallien tuloksissa on, että ensimmäisessä mallissa energian kulutus kasvattaa ekologista jalanjälkeä, kun taas toisessa mallissa se pienentää ekologista jalanjälkeä. Myös populaatio pienentää ekologista jalanjälkeä, vaikka sen luulisi kasvattavan sitä. Epäloogisten tulosten takia mallien tuloksia ei voida pitää kovinkaan luotettavina. Taulukossa 8 on myös esitetty Kuznets –mallien F-testien p-arvot, whiten testien p-arvot sekä Durbin-Watson D –arvot.

On havaittavissa, että kaikki mallit selittävät hyvin ekologisen jalanjäljen vaihtelua yleisesti, koska $Pr > F$ arvot ovat kaikki pienempiä kuin 0,0001. Kaikki mallit ovat myös homoskedastisia, sillä whiten testin p-arvot ovat suurempia kuin valittu riskitaso 5%. Kuznets 2 ja 3 –mallien Durbin-Watson D –arvot ovat lähellä optimia, joten niiden residuaalien voidaan todeta olevan riippumattomia. Kuitenkin Kuznets 1 –mallin residuaalit eivät ole täysin riippumattomia toisistaan, sillä arvo on hieman kauempana kahta kuin muissa malleissa.

5.2. Tulkinta ja arviointi

Tutkimus on mallien perusteella validi, sillä selitysasteet ovat korkeat, joten ne selittävät hyvin ekologisen jalanjäljen ja talouden hyvinvoinnin välistä suhdetta. Validiteetilla viitataan myös siihen, vastaako tutkimus niihin kysymyksiin, joihin sen kuuluu vastata, ovatko tutkimuksessa käytetyt käsitteet ilmiötä kuvaavia ja onko tieto pätevästi tuotettua (Pehkonen, Pehkonen et al. 2013). Tutkimuskysymyksiin onnistuttiin vastaamaan mallien avulla ja mallit tuotettiin pätevästi. Käsitteet ekologinen jalanjälki, bruttokansantuote sekä kestävän yhteiskunnan indeksi kaikki kuvaavat ympäristöä tai taloutta, joten niiden avulla on luotettavaa tutkia ilmiötä. Reliabiliteetilla taas tarkoitetaan tulosten pysyvyyttä (Kananen 2011). Tulosten ei siis tulisi muuttua, kun tutkimus tehdään useamman kerran.

Validiteetin varmistamiseksi tarkastellaan tarkemmin tutkimuksen tuottamia tuloksia, ja kuinka ne vastaavat tutkimuskysymyksiin. Koska Kuznets –malleissa ei toteutunut Kuznets –käyrän hypoteesi käänteisen u:n muotoisesta yhteydestä, bruttokansantuotteen voidaan nähdä heikentävän ympäristön laatua kasvattamalla ekologista jalanjälkeä yli ajan. Tätä tulosta voidaan selittää sillä, että tutkimukseen ei ole otettu mukaan aika-aspektia, jonka myötä kehitystä olisi helpompi tulkita. Nyt tutkimuksesta saa käsityksen ainoastaan staattisesta yhden hetken tilanteesta ja vertailun kohteena on eri tulotasojen omaavat maat. Näin ollen Kuznets-käyrän tarkoitus pitkän aikavälin ympäristön muutoksien selittäjänä ei voi tämän tutkimuksen poikkileikkausaineistolla toteutua. Myös maiden homogeenisyys vaikuttaa tuloksiin. Euroopan unionin maat ovat kaikki jokseenkin samalla taloudellisen kehityksen skaalalla, joten on vaikea tutkia eri tulotasojen vaikutuksia ekologiseen jalanjälkeen. Ottamalla tutkimukseen mukaan myös hyvin matalan taloudellisen kehityksen maita, tulokset voisivat olla hyvin erilaisia.

Korrelaatioiden perusteella on kuitenkin todettavissa, että taloudellinen hyvinvointi vaikuttaa vahvasti ekologiseen jalanjälkeen. Kun henkeä kohden laskettu bruttokansantuote kasvaa, myös ekologinen jalanjälki kasvaa. Kuitenkin vaikka korrelaatio on positiivinen, vaikutus käytännössä

on negatiivinen, sillä tutkimuksen mukaan talous ei voi voida hyvin yhtä aikaa kuin ympäristö voi hyvin. Energian kulutus ja väestön koko taas korreloivat negatiivisesti ekologisen jalanjäljen kanssa, mikä on yllättävää, sillä kun energiaa kulutetaan ja mitä suurempi väestö on, sitä suuremmaksi luulisi ekologisen jalanjäljen kasvavan. Epäloogiseen korrelaatioon on voinut vaikuttaa muun muassa luonnollisen logaritmin ottaminen. Kestävän yhteiskunnan indeksin dimensiot taas vaikuttavat ekologiseen jalanjälkeen niin, että inhimillinen hyvinvointi korreloi hyvin lievästi positiivisesti ekologisen jalanjäljen kanssa, ympäristön hyvinvointi korreloi vahvasti negatiivisesti sen kanssa, kun taas talouden hyvinvointi korreloi kohtuullisen vahvasti positiivisesti ekologisen jalanjäljen kanssa. Näin ollen dimensiot vaikuttavat sekä positiivisesti että negatiivisesti, joten koko indeksin vaikutus ekologiseen jalanjälkeen on oletettavasti hyvin vähäinen. Korrelaatioiden suunnat ovat kuitenkin loogisia, sillä ekologinen jalanjälki oletettavastikin pienenee ympäristön hyvinvoinnin parantuessa, ekologinen jalanjälki kasvaa talouden hyvinvoinnin parantuessa ja inhimillinen hyvinvointi todennäköisesti taloudellisen hyvinvoinnin myötä paranee samalla, kun ekologinen jalanjälki kasvaa.

6. Johtopäätökset

Tässä kandidaatintutkielmassa tutkittiin talouden ja ympäristön välistä keskinäistä suhdetta käyttäen hyväksi ympäristötaloudellisen Kuznets -käyrän teoriaa ja muuttujina ekologista jalanjälkeä, henkeä kohden laskettua bruttokansantuotetta sekä kestävän yhteiskunnan indeksin indikaattoreita ja dimensioita. Tutkimukseen otettiin mukaan kaikki Euroopan Unionin maat paitsi Kypros, sillä tästä ei löytynyt tarvittavaa dataa. Tämän ei kuitenkaan oleteta vaikuttavan merkittävästi tutkimuksen tuloksiin, sillä Kypros on hyvin pieni maa, jolla ei ole suurta merkitystä koko EU:n ympäristön tai talouden tilaan. Tutkimus toteutettiin OLS-estimointimenetelmää hyödyntäen SAS Enterprise Guide 6.1 ohjelmistossa.

Tutkimuksen lähtökohtana oli havaita käänteistä u:n muotoista paraabelia muistuttava yhteys ekologisen jalanjäljen ja bruttokansantuotteen välillä Euroopan Unionin alueella. Vaikka tämä tulos ei toteutunutkaan, tutkimus tuotti merkittäviä tuloksia ekologisen jalanjäljen ja talouden välisestä yhteydestä. Tutkimuksessa esiteltiin myös kuinka kokonaisvaltaista kestävää hyvinvointia kuvaava mittari vaikuttaa ekologiseen jalanjälkeen, josta tieteellinen tutkimus vaikuttaa olemattomalta. Tutkimuksen päätutkimuskysymykseen ”*Minkälainen vaikutus talouden hyvinvoinnilla on ekologiseen jalanjälkeen Euroopan Unionin alueella*” vastattiin mallien tuottamien tulosten perusteella. Tutkimuksen myötä saatiin vahvistus siitä, että talouden hyvinvointi vaikuttaa negatiivisesti ympäristön hyvinvointiin Euroopan Unionin alueella, sekä bruttokansantuotteella että kestävän yhteiskunnan indeksillä mitattuna. Eri mallien t-testien p-arvojen perusteella voidaan todeta mallien 1 ja 2 jäävän voimaan, eli talouden ja ympäristön välillä vallitsee lineaarinen yhteys, jossa talouden tila heikentää ympäristön hyvinvointia. On kuitenkin huomioitava, että talouden rakenteellisten muutosten ja teknologian kehityksen myötä talouden hyvinvointi ei välttämättä vaikuta negatiivisesti ympäristön hyvinvointiin, joten tulevaisuudessa muutos tässä on yhä mahdollinen. Jotta talouden ja ympäristön välille voisi muodostua yhteys, joka toimisi synergiassa, yhteiskunnan tulisi siirtyä yhä enemmän palvelu- ja teknologiapainotteiseksi ja teknologioiden tulisi kehittyä tukemaan kestävää kehitystä.

Vastauksen löytämistä alatutkimuskysymykseen ”*Selittääkö bruttokansantuote vai kestävän yhteiskunnan indeksi paremmin vaihtelua ekologisessa jalanjäljessä*”, lähdettiin etsimään eri mallien selityslukujen avulla. Näiden perusteella voitiin todeta bruttokansantuotteella olevan suurempi vaikutus ekologiseen jalanjälkeen, sillä sen selityskerroin R^2 on hieman suurempi kuin SSI:n dimensioilla (0,672 > 0,609). Myös standardized estimate -arvon perusteella voimme

todeta BKT:n selittävän paremmin ekologisen jalanjäljen kokoa kuin yksikään kestävän yhteiskunnan indeksin dimensio. Bruttokansantuotteen suurempaa vaikutusta ekologiseen jalanjälkeen voisi selittää sillä, että kestävän yhteiskunnan indeksin dimensioista osa vaikuttaa positiivisesti ja osa negatiivisesti, minkä takia kokonaisvaikutus jää verrattain pienemmäksi kuin bruttokansantuotteella, joka vaikuttaa ainoastaan negatiivisesti.

Toinen alatutkimuskysymys ”Miten tutkimuksen tuloksia voisi hyödyntää käytännössä?” saa myös vastauksen tulosten ja teorian pohdinnan myötä. Edellä esitetyistä tuloksista voi olla hyötyä muun muassa poliittisille päättäjille, kun he tekevät ympäristöpoliittisia päätöksiä. Poliittisissa päätöksissä on tärkeää huomioida talouden vaikutus ympäristöön, jotta yhteiskunnan rakennetta voidaan muokata suuntaan, jossa jatkuva ympäristön hajoamisen syöksykierre saataisiin käännettyä ennen kuin on liian myöhäistä. Kuitenkin heidän on myös huomioitava talouden hyvinvoinnin ylläpito, jotta Euroopan Unionin maiden hyvinvointiyhteiskunnat olisi mahdollista ylläpitää ja näin väestöllä olisi hyvät elinolosuhteet. Tutkimuksen tulokset voisivat myös auttaa kestävän yhteiskunnan indeksin parantamisessa. Mikäli tästä mittarista poistettaisiin päällekkäisyydet ja näin saataisiin nostettua sen selitysvoiman laajuutta, se voisi nousta yhdeksi merkittävimmistä kestävyuden mittareista ja olla näin hyödyksi päätöksentekojelmille.

Kuitenkin jotta tuloksista voisi olla yhä enemmän hyötyä käytännön elämässä, tulisi tutkimusta hieman kehittää eteenpäin. Tutkimuksen luotettavuutta voisi parantaa ottamalla mukaan aikadimension. Näin tutkimuksesta ilmenisi kehitys yli ajan, eikä ainoastaan yhden hetken staattinen kuva sen hetkisestä tilanteesta. Mikäli tutkimukseen sisällytettäisiin maita eri keskiarvoisilla tulotasolla ja taloudellisen kehityksen eri vaiheista, saataisiin laajempi käsitys Kuznets –hypoteesin toteutumisesta maailmanlaajuisesti. Tässä tutkimuksessa Kuznets –käyrää ei havaittu yhdelläkään yhtälöllä kenties sen takia, että kaikki maat ovat jo ohittaneet käännepuheen, sillä ne ovat taloudellisesti jo varsin kehittyneitä, joten alemman kehitystason omaavien maiden sisällyttäminen toisi tutkimuksen havaintoihin hieman heterogeenisyyttä.

Jatkotutkimusehdotuksena tälle tutkimukselle on myös talouden rakenteellisten muutosten vaikutuksen tutkiminen ekologiseen jalanjälkeen. Näin voitaisiin saada vastaus siihen, voisiko teknologian kehittymisellä kestävämpään suuntaan ja palvelupainotteisemmalla yhteiskunnalla ylläpitää sekä taloudellinen hyvinvointi että ympäristöllinen hyvinvointi. Kuten useissa aiemmissa tutkimuksissa mainittiin (Armeanu et al. 2018; Destek et al. 2018), valtioiden tulisi kannattaa uusiutuvaa energiaa, jotta taakka, jonka talouden kehitys aiheuttaa ympäristölle

pienenisi. Näin ollen jatkossa olisi mielenkiintoista ja hyödyllistä tutkia, miten eri energiamuodot vaikuttavat ekologiseen jalanjälkeen. Näin saataisiin yksityiskohtaisempi kuva energian kulutuksen todellisista vaikutuksista ympäristöön, kun tässä tutkimuksessa energian kulutusta käsiteltiin vain yleisesti, mikä tuotti epäluotettavia tuloksia. Mainitun tutkimuksen myötä tuotettaisiin arvokasta informaatiota päätöksentekojärjestelmille, kun he tekevät ympäristöpoliittisia päätöksiä. Myös ekologisen yli- ja alijäämän sekä bruttokansantuotteen yhteyden tutkiminen toimisi mainiosti tämän työn jatkotutkimuksena.

Lähdeluettelo

ALASUUTARI, P., 2011. Laadullinen tutkimus 2.0. 4 edn. Tampere: Vastapaino.

ARMEANU, D., VINTILA, G., ANDREI, J.V., GHERGHINA, S.C., DRAGOI, M.C. and TEODOR, C., 2018. Exploring the link between environmental pollution and economic growth in EU-28 countries: Is there an environmental Kuznets curve? Plos One.

BLOMQVIST, L., BROOK, B.W., ELLIS, E.C., KAREIVA, P.M., NORDHAUS, T. and SHELLENBERGER, M., 2013. Does the shoe fit? Real versus imagined ecological footprints. PLoS Biology, 11(11).

BLUSZCZ, A., 2018. Conditions for Maintaining the Sustainable Development Level of EU Member States. Social Indicators Research, 139(2), pp. 679-693.

BREBBIA, C.A., 2012. Ecodynamics. Southampton: WIT Press.

COBB, C., HALSTEAD, T. and ROWE, J., 1995. If the GDP is up, why is America down? Atlantic monthly, 276(4).

COYLE, D., 2014. GDP - A brief but affectionate history. Princeton: Princeton Univ. Press.

DASGUPTA, S., LAPLANTE, B., WANG, H. and WHEELER, D., 2002. Confronting the Environmental Kuznets Curve. The Journal of Economic Perspectives, 16(1), pp. 147-168.

DESTEK, M., ULUCAK, R. and DOGAN, E., 2018. Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. Environmental Science and Pollution Research, 25(29), pp. 29387-29396.

DEWULF, J., DE MEESTER, S. and ALVARENGA, R., 2016. Sustainability Assessment of Renewables-Based Products. GB: John Wiley & Sons Inc.

DINDA, S., 2004. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. Ecological Economics, 49(4), pp. 431-455.

EKINS, P., 1997. The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence. Environment and Planning A, 29(5), pp. 805-830.

EUROPA, 2018-last update, Euroopan Unionin jäsenmaat. Available: https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_fi#28members [26.10.,2018].

EUROSTAT, 2018a-last update, Archive: Consumption of Energy. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy [21.11.,2018].

EUROSTAT, 2018b-last update, Glossary: Gross Inland Energy Consumption. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Gross_inland_energy_consumption [23.11.,2018].

EUROSTAT, 2018c-last update, Real GDP per capita. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=sdg_08_10&plugin=1 [24.10.,2018].

FORSELL, P., 2010. Mene pois paha talouskasvu.

FOTOPOULOS, T., 2007. Is degrowth compatible with a market economy? Inclusive democracy, 3(1).

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2018a-last update, Compare countries. Available: <http://data.footprintnetwork.org/#/compareCountries?cn=all&type=EFCpc&yr=2014> [24.10.,2018].

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2018b-last update, Ecological Footprint. Available: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> [31.10.,2018].

GROSSMAN, G.M. and KRUEGER, A.B., 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement. Princeton, NJ: Univ., Woodrow Wilson School of Public and International Affairs.

GROSSMAN, G.,M. and KRUEGER, A.,B., 1995. Economic Growth and the Environment*. The Quarterly Journal of Economics, 110(2), pp. 353-377.

HEIKKILÄ, T., 2014. Tilastollinen tutkimus. 9 edn. Porvoo: Edita Publishing Oy.

HILL, R.C., GRIFFITHS, W.E. and LIM, G.C., 2018. Principles of econometrics. Fifth edition edn. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.

JOUTSENVIRTA, M., HIRVILAMMI, T., ULVILA, M., WILÉN, K., HEIKKURINEN, P., HOFFRÉN, J., JALAS, M., JÄRVENSIVU, P., JÄRVENSIVU, T., RUUSKA, T., TAIPALE, T. and TURUNEN, E., 2016. Talous kasvun jälkeen. Helsinki: Gaudeamus.

KAIVO-OJA, J., PANULA-ONTTO, J., VEHMAS, J. and LUUKKANEN, J., 2013. Relationships of the dimensions of sustainability as measured by the sustainable society index framework. London: Sapiens Publishing.

KAJANOJA, J., 2005. Mitä on hyvinvointi? Tilastokeskus.

KANANEN, J., 2011. Kvantti: kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

KENIS, A. and LIEVENS, M., 2015. The limits of green economy. Abingdon: Routledge.

KORKMAN, S., 2012. Talous ja utopia. Jyväskylä: Docendo.

LAZARUS, E., ZOKAI, G., BORUCKE, M., PANDA, D., IHA, K., MORALES, J.C., WACKERNAGEL, M., GALLI, A. and GUPTA, N., 2014. Working Guidebook to the National Footprint Accounts 2014. Oakland: National Footprint Association.

LEPENIES, P., 2016. The power of a single number: a political history of GDP / Philipp Lepenies ; translated by Jeremy Gaines. New York: Columbia University Press.

LIU, H., KIM, H., LIANG, S. and KWON, O., 2018. Export Diversification and Ecological Footprint: A Comparative Study on EKC Theory among Korea, Japan, and China. *Sustainability*, 10(10), pp. 3657.

LUCAS, R.E., 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), pp. 3-42.

LYYTIMÄKI, J., RINNE, J. and NISONEN, S., 2011. Suomen ympäristön mittarit 2011 - Avainindikaattorit ympäristön suojeluun; Helsinki.

MAGALHÃES, P., STEFFEN, W. and BOSSELMANN, K., 2016. The Safe Operating Space Treaty: A New Approach to Managing Our Use of the Earth System. 1st Unabridged edn. GB: Cambridge Scholars Publishing.

MANCINI, M.S., GALLI, A., COSCIEME, L., NICCOLUCCI, V., LIN, D., PULSELLI, F.M., BASTIANONI, S. and MARCHETTINI, N., 2018. Exploring ecosystem services assessment through Ecological Footprint accounting. *Ecosystem Services*, 30, pp. 228-235.

MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J. and BEHRENS, W.W., 1973. Kasvun rajat: ihmiskunnan kohtalontilannetta koskevaan Rooman klubin tutkimussuunnitelmaan liittyvä raportti. Helsinki: Tammi.

MEADOWS, D., RANDERS, J. and MEADOWS, D., 2005. Kasvun rajat: 30 vuotta myöhemmin. Helsinki: Gaudeamus.

METSÄMUURONEN, J., 2008. Monimuuttujamenetelmien perusteet. 2. korj. p. edn. Helsinki: International Methelp.

OLIVE, D.J., 2017. Linear Regression. Cham: Springer International Publishing.

PANAYOTOU, T., 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development; Geneva: International Labour Organization.

PEHKONEN, L., PEHKONEN, L., LINDBLOM-YLÄNNE, S., PAAVILAINEN, E. and RONKAINEN, S., 2013. Tutkimuksen voimasanat. 1.-2. p. edn. Helsinki: Sanoma Pro.

ROMER, P.M., 1986. Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), pp. 1002-1037.

SAISANA, M. and PHILIPPAS, D., 2012. Sustainable Society Index (SSI): Taking societies' pulse along social, environmental and economic issues. Luxembourg: Publications Office of The European Commission.

SSINDEX, 2017-last update, Sustainable Society Index -your compass to sustainability. Available: <http://www.ssfindex.com/data-all-countries/> [1.11.,2018].

STERN, D.I., 2004. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), pp. 1419-1439.

STERN, D.I., 1998. Progress on the environmental Kuznets curve? Cambridge University Press.

STREZOV, V., EVANS, A. and EVANS, T.J., 2016. Assessment of the Economic, Social and Environmental Dimensions of the Indicators for Sustainable Development. Sustainable Development, 25(3), pp. 242-253.

THE WORLD BANK, 2018-last update, World Development Indicators. Available: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=SP.POP.TOTL&country=#> [21.11.,2018].

TILASTOKESKUS, 2018-last update, Bruttokansantuote. Available: https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tlkt&lesson_id=5&subject_id=1&page_type=sisalto [1.11.,2018].

UCHIYAMA, K., 2016. Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Carbon Dioxide Emissions. Tokyo: Springer Japan.

VAN DE KERK, G. and MANUEL, A., 2014. Sustainable Society Index 2014. The Hague: .

VAN DE KERK, G. and MANUEL, A.R., 2008. A comprehensive index for a sustainable society: The SSI — the Sustainable Society Index. Elsevier B.V.

VICTOR, P.A., 1972. Pollution. London: Allen & Unwin.

VENETOULIS, J. and TALBERTH, J., 2010. Refining the ecological footprint. Sustainable development: principles, frameworks and case studies, (4), pp. 216.

WACKERNAGEL, M. and REES, W., 1996. Our Ecological Footprint. Gabriola Island: New Society Publishers.

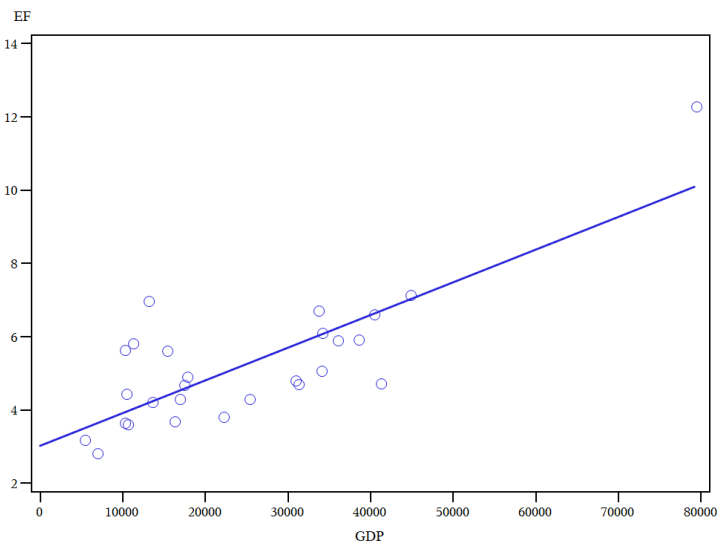
WWF SUOMI, 2017. Maailman ylikulutuspäivä on tänään - ruoalla merkittävä osuus ympäristökuormasta.

Liitteet

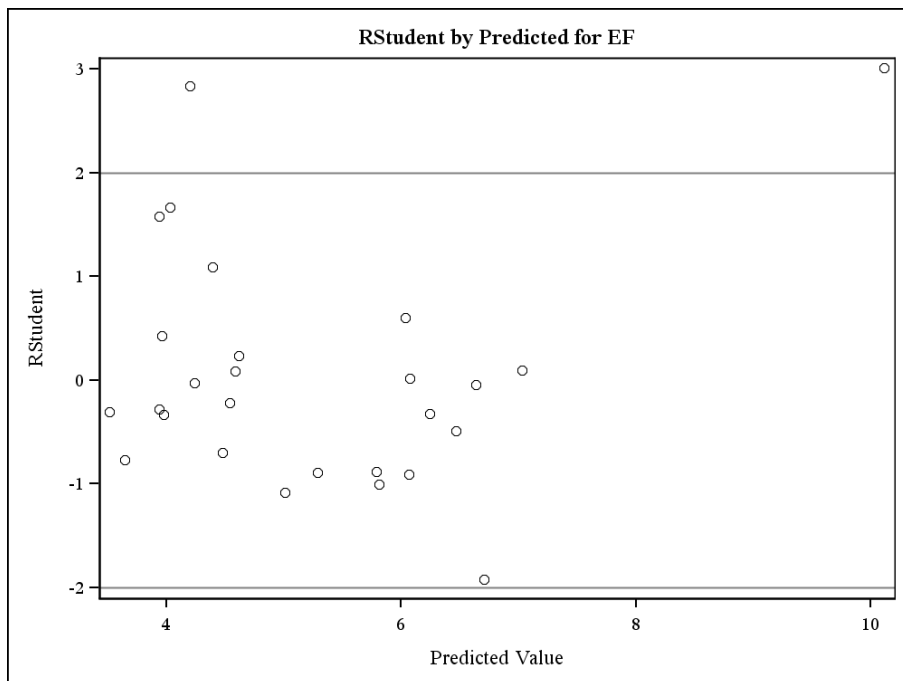
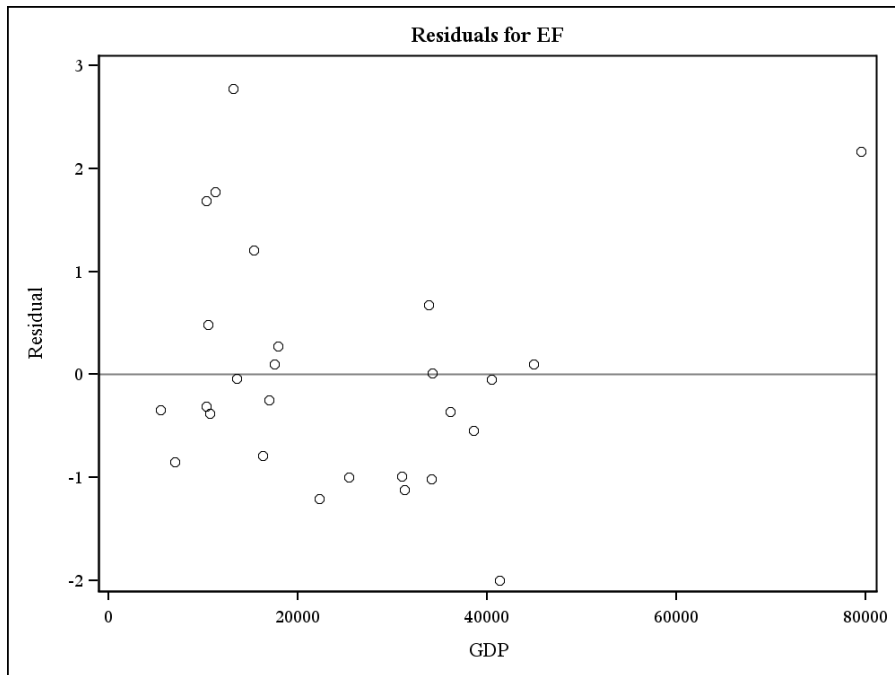
Liite 1. Muuttujien kuvailu

Muuttujat	Yksikkö	Keskiarvo	Maksimi	Minimi	Keskihajonta
Aito säästäminen	% vertailuarvona	7,7	9,16	2,04	1,56
Biodiversiteetti	metsäalue/suojeltu alue (%) vertailuarvona	7,61	9,51	3,83	1,4
Bruttokansantuote	US \$ vertailuarvona	8,82	10	7,05	0,79
Bruttokansantuote/capita	€	24 796,30	79 500	5 500	16236,06
Ekologinen jalanjälki	Globaali hehtaari	5,24	12,28	2,8	1,83
Energian kulutus	öljyn ekvivalenttiluku miljoonissa tonneissa	59,46	313,24	0,89	79,6
Energian käyttö	toe/capita vertailuarvona	3,66	6,52	1	1,84
Energian säästäminen	4 vuoden muutos % vertailuarvona	6,88	9,26	4,24	1,29
Hyvä hallinto	World bankin arvosana vertailuarvona	7,07	8,73	5,12	1,05
Julkinen velka	%	4,26	9,7	1	3,36
Juoma	% riittävästi juotavaa vertailuarvona	9,95	10	9,58	0,096
Kasvihuonekaasut	CO2 tonnia/capita vertailuarvona	3,49	6,56	1	1,93
Koulutus	% opiskeluun ilmoittautuneita vertailuarvona	9,19	10	7,73	0,68
Kulutus	Globaali hehtaari vertailuarvona	3,17	5,8	1	1,5
orgaaninen maanviljely	% vertailuarvona	7,17	9,94	1,77	2,2
Populaatio	miljoona	18,8	80,98	0,43	23,63
Ruoka	% aliravittuja muunnettu vertailuarvona	10	10	10	0
Sukupuolinen tasa-arvo	sukupuolten välisen kuilun indeksi vertailuarvona	7,28	8,42	6,74	0,44
Terveellinen elämä	vuosia vertailuarvona	8,32	8,74	7,58	0,35
Tulojen jakautuminen	suhdeluku vertailuarvona	6,59	8,9	3,37	1,75
Turvallinen sanitaatio	% turvallinen sanitaatio vertailuarvona	9,64	10	7,83	0,53
Työllisyys	% vertailuarvona	3,82	6,51	1	1,51
Uusiutuva energia	% vertailuarvona	1,58	3,74	1	0,85
Uusiutuvan veden resurssit	% vertailuarvona	8,85	9,94	6,63	1,11
Väestön kasvu	5 vuoden kasvu % vertailuarvona	7,73	10	3,47	1,31
Inhimillinen hyvinvointi	vertailuarvo	8,27	8,98	7,5	0,39
Ympäristön hyvinvointi	vertailuarvo	4,05	5,68	2,48	0,86
Talouden hyvinvointi	vertailuarvo	5,56	7,81	2,65	1,48

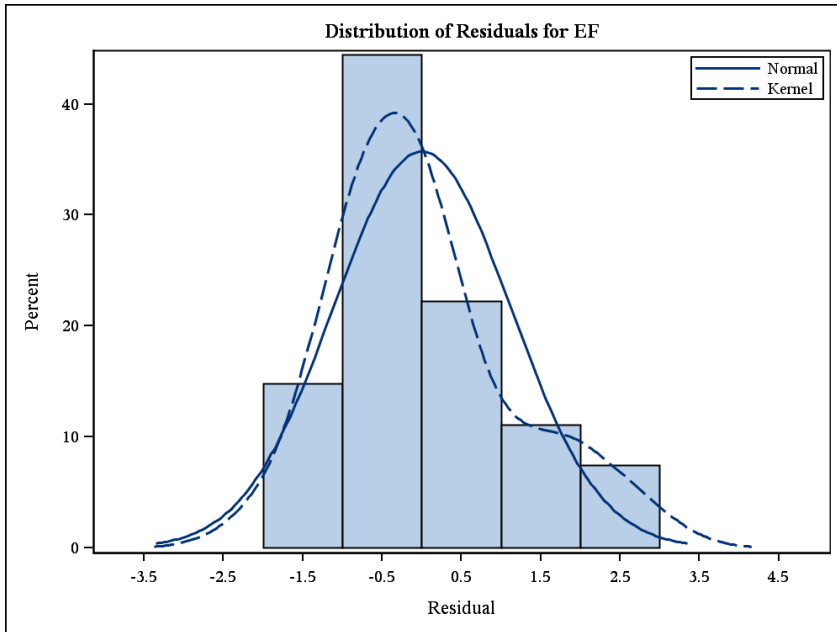
Liite 2. Ekologisen jalanjäljen ja bruttokansantuotteen muodostama sirontakuvio



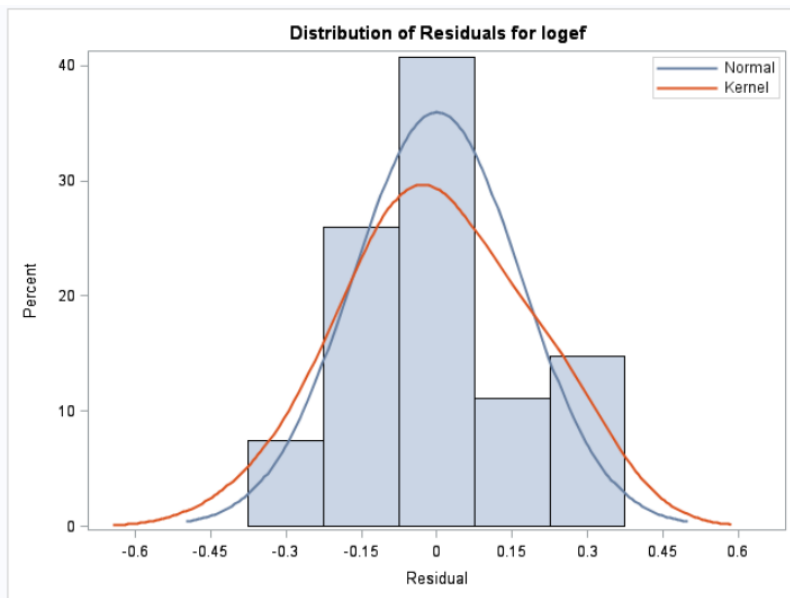
Liite 3. Mallin 1 homoskedastisuus

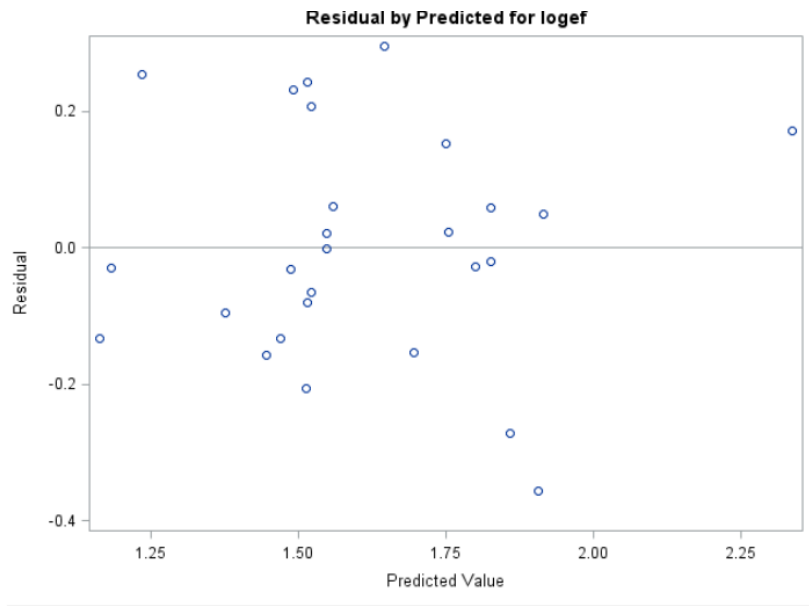


Liite 4. Mallin 1 residuaalien normaalijakautuneisuus

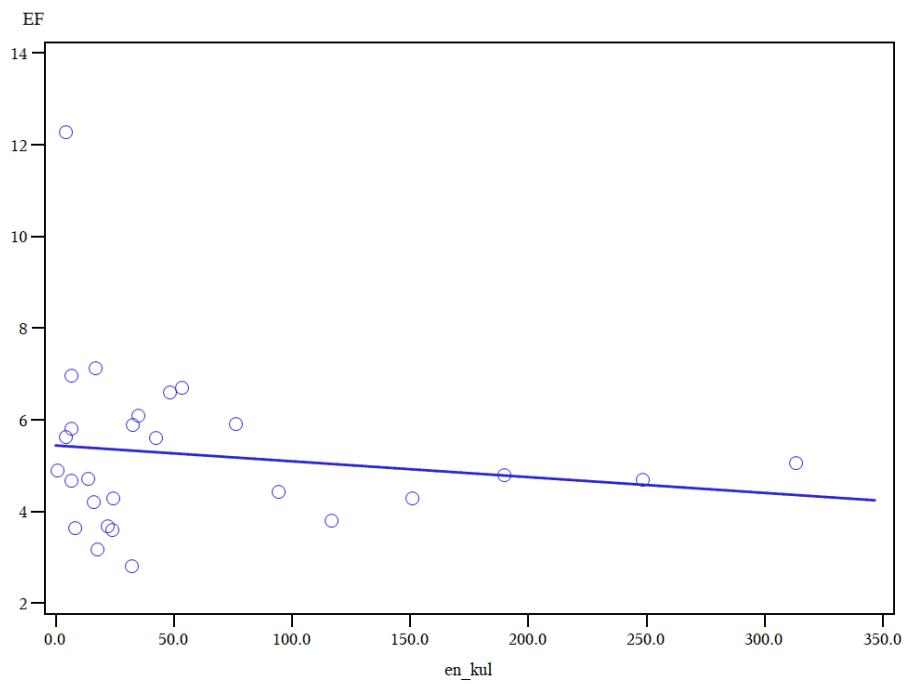


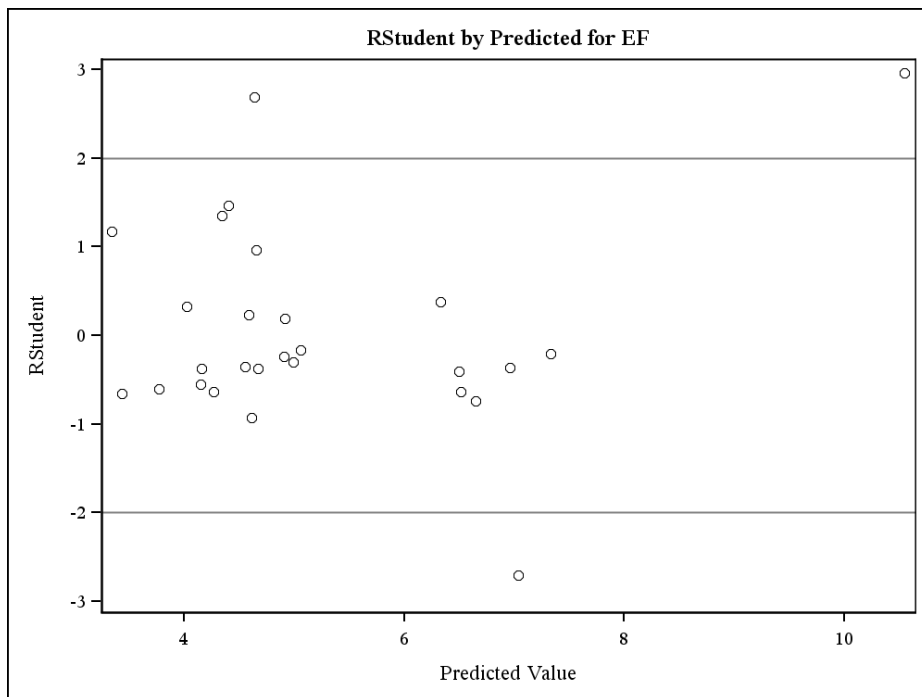
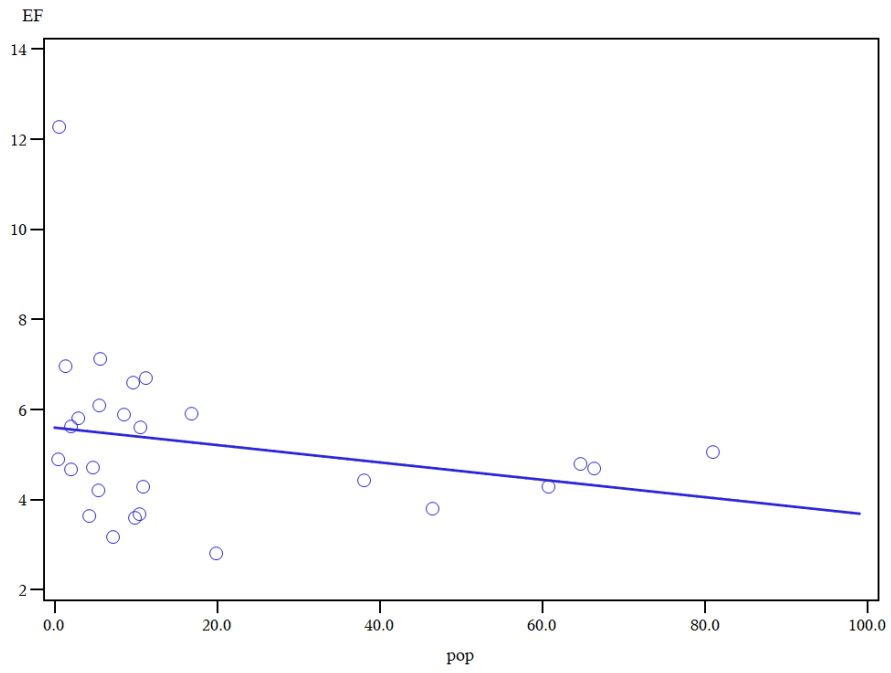
Liite 5. Lopullisen mallin 1 taustaedellytysten tarkistus



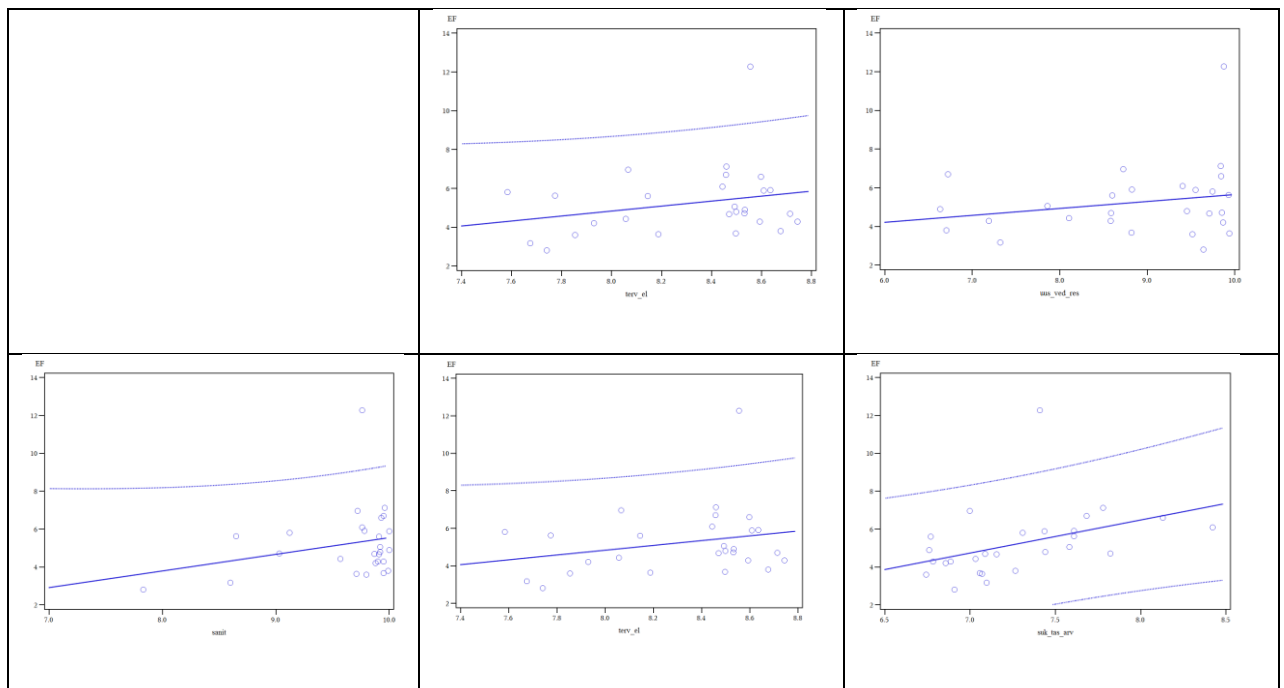
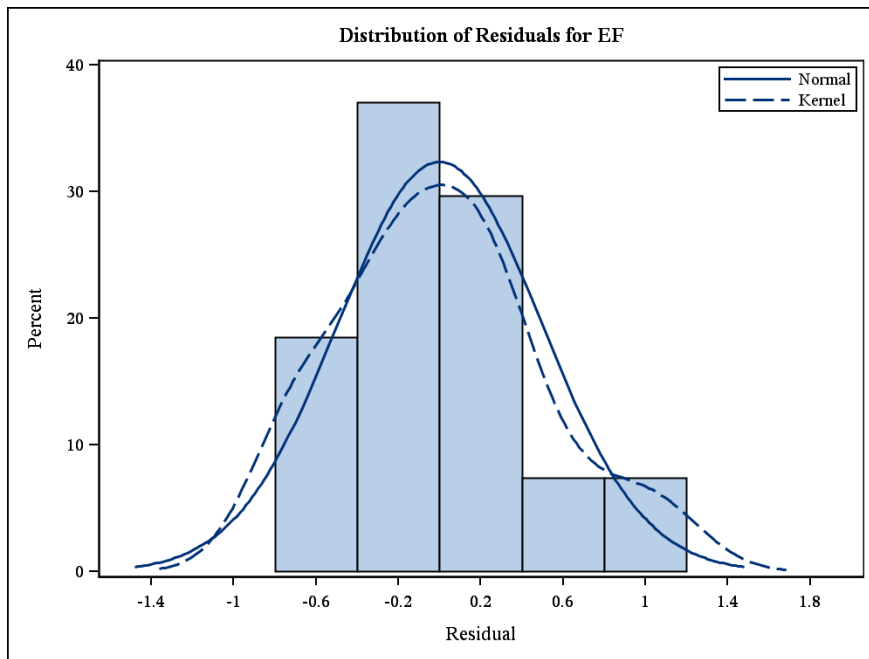


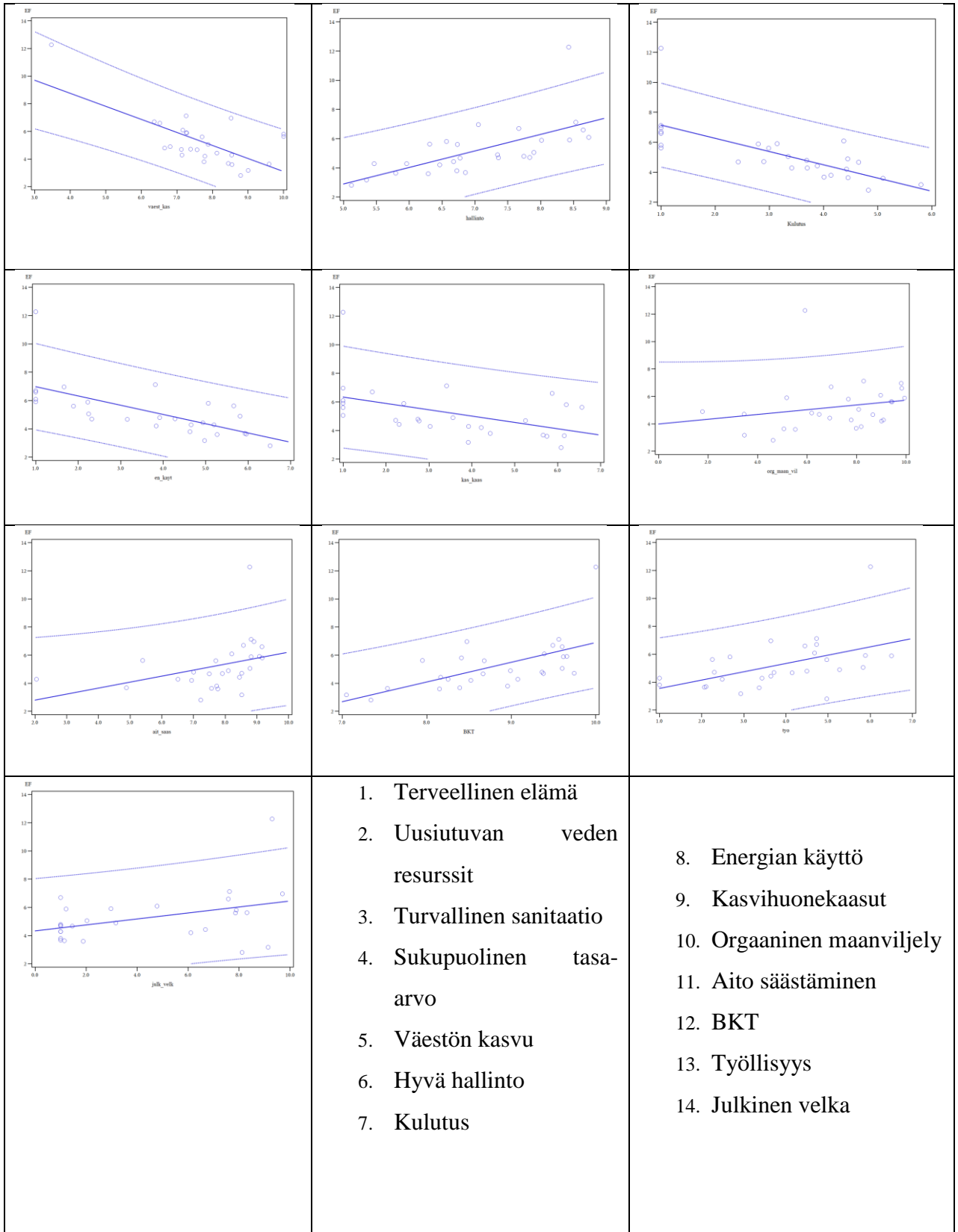
Liite 5. Kolmannen mallin lineaarisuuden ja homoskedastisuuden testaaminen





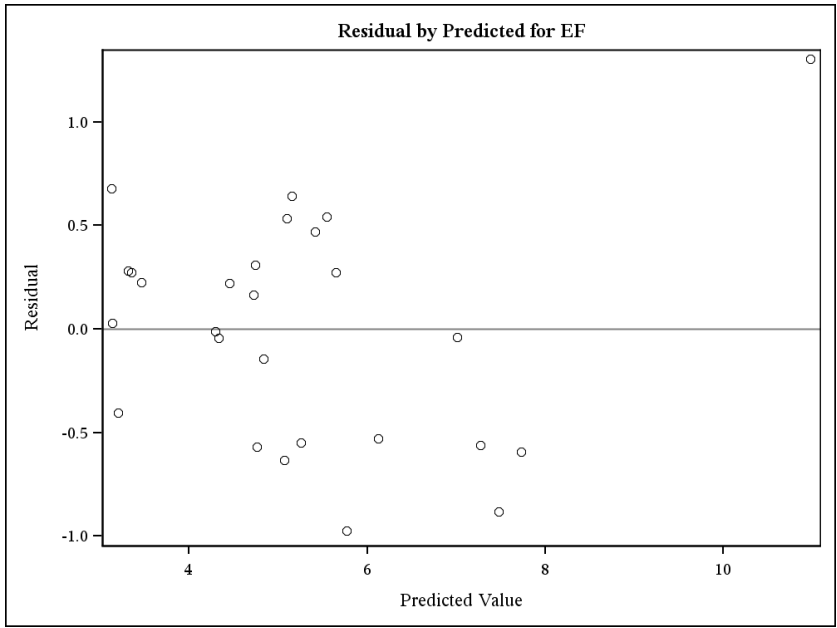
Liite 6. Ensimmäisen SSI –regressioanalyysin taustaotetusten tarkistus



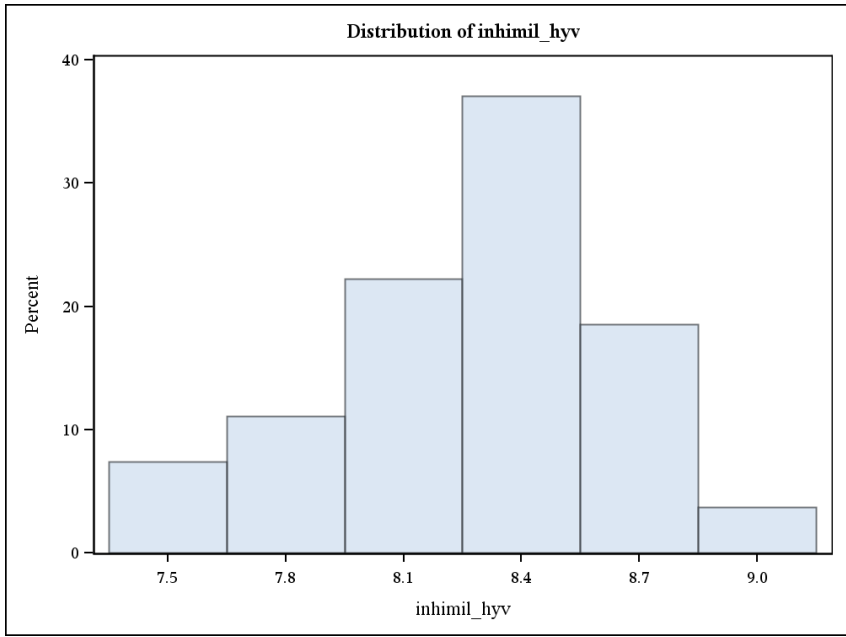


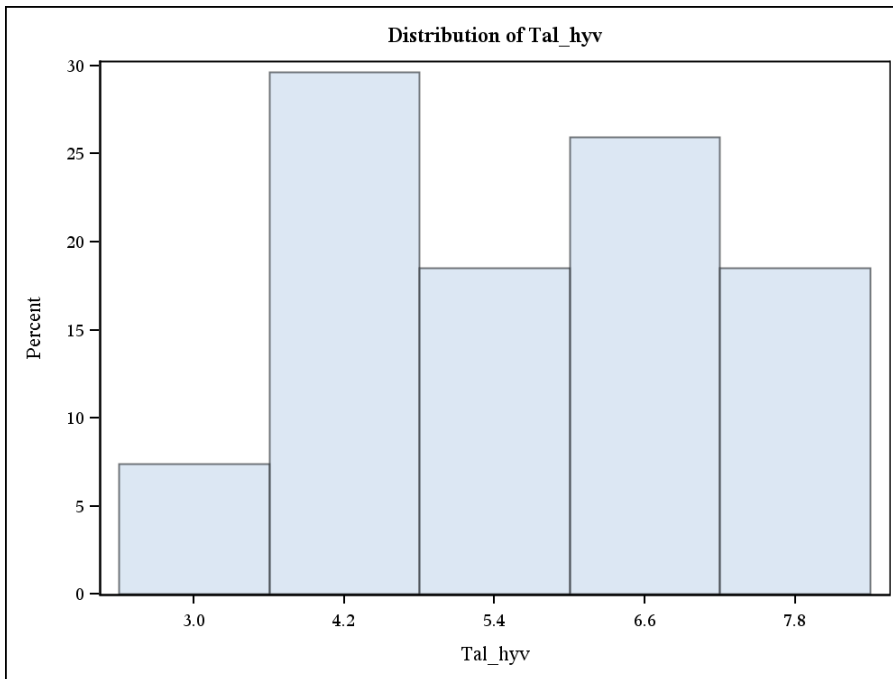
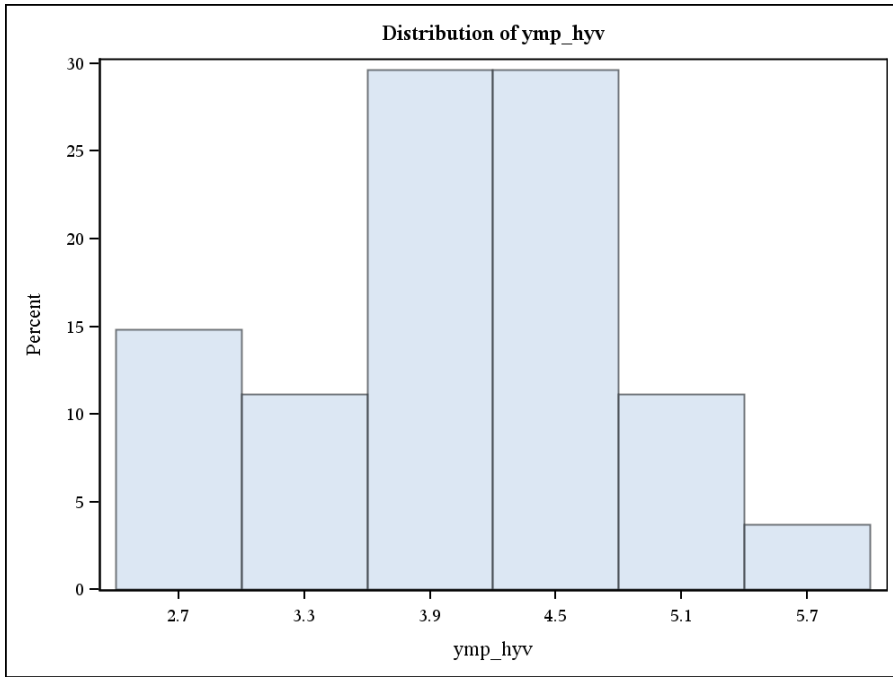
1. Terveellinen elämä
2. Uusiutuvan veden resurssit
3. Turvallinen sanitaatio
4. Sukupuolinen tasa-arvo
5. Väestön kasvu
6. Hyvä hallinto
7. Kulutus

8. Energian käyttö
9. Kasvihuonekaasut
10. Orgaaninen maanviljely
11. Aito säästäminen
12. BKT
13. Työllisyys
14. Julkinen velka

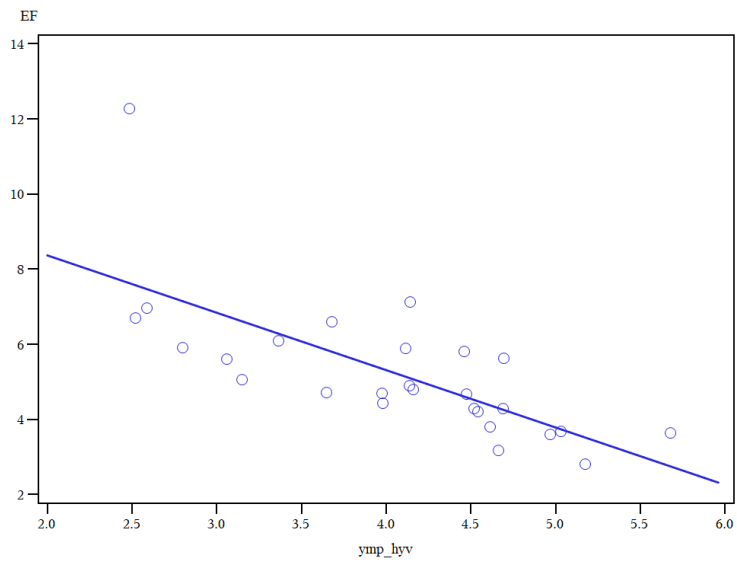
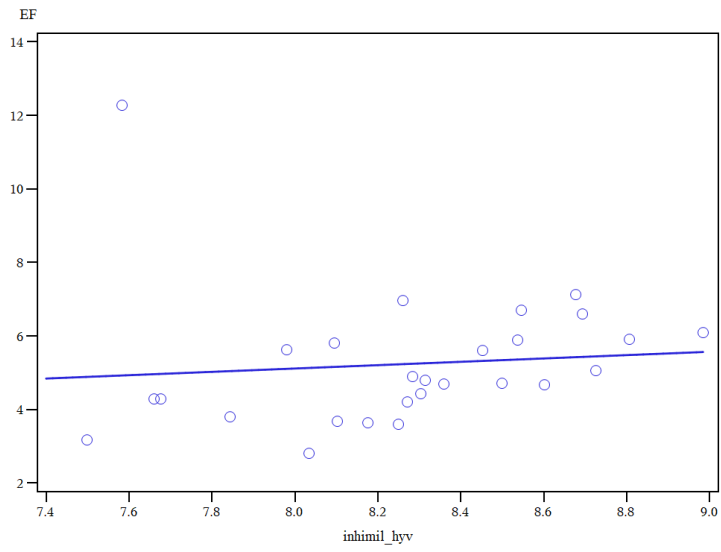


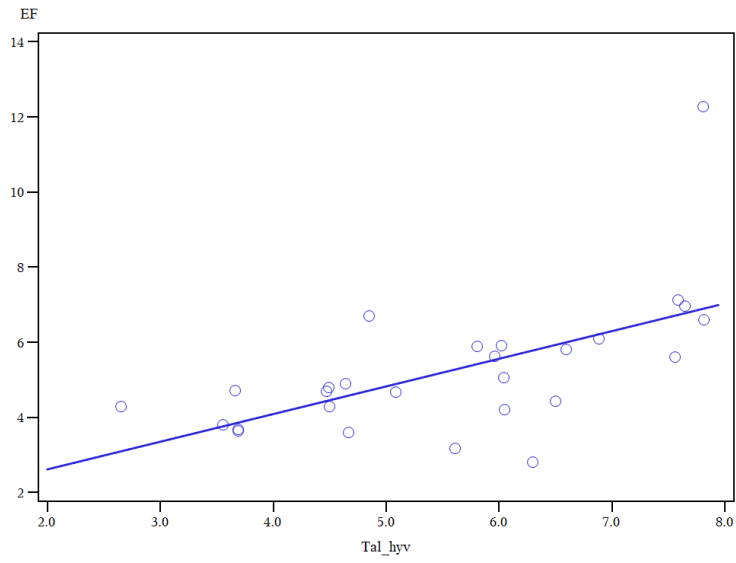
Liite 7. Inhimillisen hyvinvoinnin, ympäristön hyvinvoinnin ja talouden hyvinvoinnin normaalijakautuneisuus



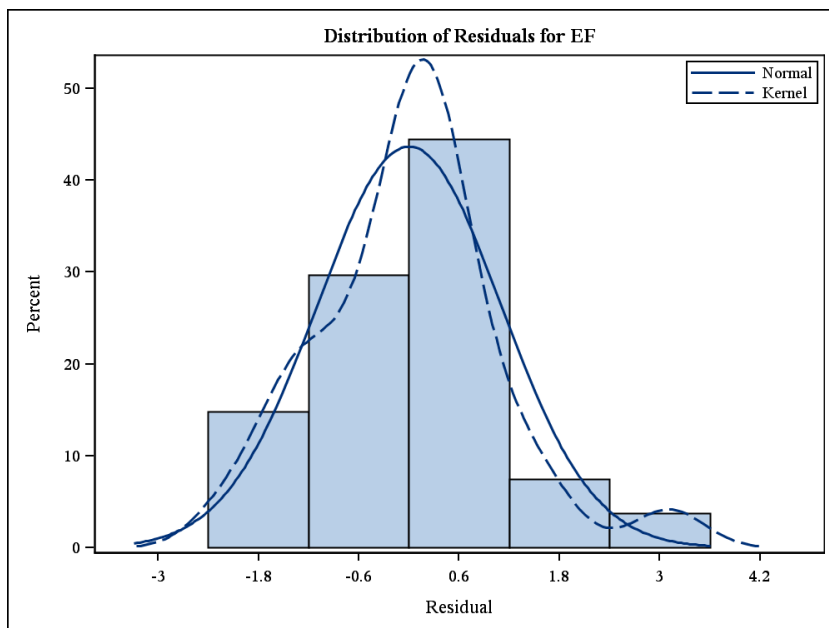


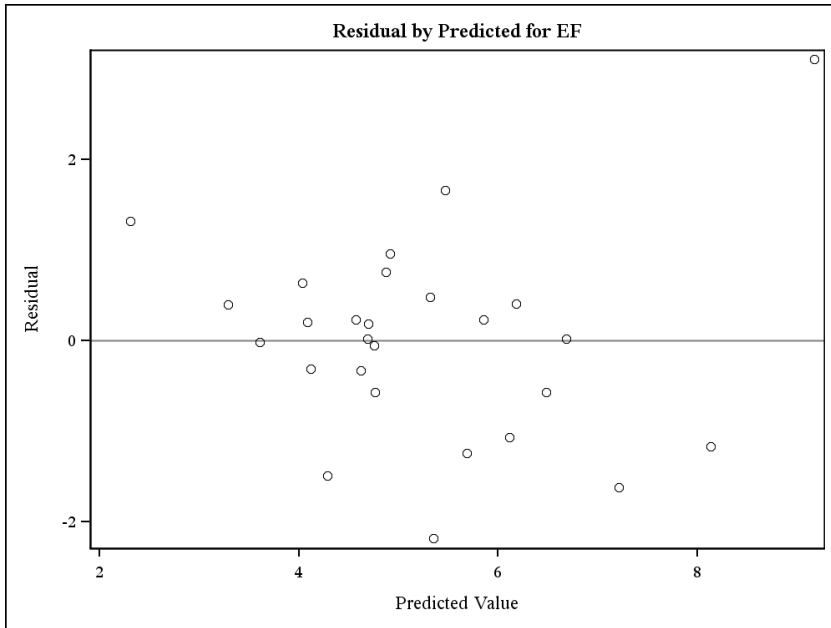
Liite 8. Toisen SSI-regressioanalyysin lineaarisuuden todentaminen





Liite 9. Homoskedastisuuden ja normaalijakautuneisuuden taustaedellytykset SSI-regressioanalyysissä





Liite 10. Mallin, jossa muuttujina $\ln(\text{ef})$, inhim_hyv , tal_hyv ja ymp_hyv , taustaedellytysten täytyminen

