

<input type="checkbox"/>	Kandidaatintutkielma
<input checked="" type="checkbox"/>	Pro gradu -tutkielma
<input type="checkbox"/>	Lisensiaatintutkielma
<input type="checkbox"/>	Väitöskirja

Oppiaine	Taloustiede	Päivämäärä	31.8.2020
Tekijä	Miikka Mölsä	Sivumäärä	108
Otsikko	Nykyisen talouskasvun synnyttämät saasteet ja päästöt sekä näiden yhteensovittaminen ilmastonmuutoksen estämisen kanssa – Valtioiden sekä suurten yritysten näkökulma		
Ohjaaja	Professori Hannu Salonen		

Tiivistelmä

Ilmastonmuutos on aikakautemme suurin ongelma. Sen suurimmat vaikutukset tapahtuvat vasta usean vuosikymmenen päästä, mutta tälläkin hetkellä ympäristössä on jo havaittavissa selkeitä muutoksia. Tämä tilanne on syntynyt teollisen vallankumouksen jälkeen, kun ihmisen toiminta on tuottanut fossiilisten polttoaineiden takia ilmakehään kasvihuonekaasupäästöjä, mitkä eivät päästä auringon lämpösäteilyä heijastumaan enää takaisin avaruuteen. Päästöjen määrän kasvaessa lämpötila on kohonnut kiihtyvästi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on esittää, miten talouden nykyinen malli ja sen tuottamat saasteet ja päästöt voidaan asettaa yhteen ilmastonmuutoksen estämisen kanssa. Tarkastelu on toteutettu erityisesti valtioiden sekä yritysten näkökulmasta. Samalla työ antaa esimerkkejä siitä, miten nykyiseen tilanteeseen on päädytty, kun ihminen on luonut otolliset olosuhteet kertakäyttöyhteiskunnan synnylle sekä kerskakulutukselle oman hyvinvoinnin maksimoituessa. Nämä ovat entisestään kiihdyttäneet päästöjen tuottamista sekä siten ilmastonmuutosta. Sivutuotteena ihminen on tuottanut järkyttävän määrän saasteita sekä jätettä, jotka ovat ympäristössä ehkä selkein ja näkyvin esimerkki siitä, että maapallo ei enää kykene ottamaan vastaan kaikkea ihmisen tuottamaa jätettä, kuten muovia.

Yhtenä ratkaisuna nykyisen tilanteen pelastamiseksi esitetään kiertotalouden globaalia käyttöönottoa, mikä pyrkii minimoimaan uusien resurssien käytön sekä maksimoimaan jo tuotettujen hyödykkeiden käyttöä, muun muassa kierrätyksen sekä uusiokäytön avulla. Kiertotalouden aseman parantamiseksi globaalin verotuksen sekä yritystukijärjestelmän uudistus on välttämätön, mutta myös erittäin tehokas keino. Riittävän suuren taloudellisen incentiivin kautta yritykset muuttavat toimintatapojaan, kun haitalliset ja epätoivotut toiminnot, kuten hiilivoimalat, korvataan ekologisemmilla ja ympäristön tilaa kohentavilla ratkaisuilla, kuten ydinvoimalla tai uusiutuvilla energiamuodoilla.

Tehokkaan ja ekologisemman toimintaympäristön aikaansaaminen vaatii merkittäviä panostuksia kansainvälisten toimijoiden tahoilta, mutta ainoastaan silloin nykyisen katastrofaalisen kierteen kiihtyminen voidaan estää. Kaikkien yhteisen panoksen avulla talouskasvu sekä ilmastonmuutos voidaan sovittaa yhteen kestäväällä ja hyvinvoivalla tavalla.

Avainsanat	ilmastonmuutos, talouskasvu, ympäristö, kasvihuonekaasupäästöt, kertakäyttö, kiertotalous, ympäristöverot
------------	---



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

**NYKYISEN TALOUSKASVUN SYNNYTTÄMÄT
SAASTEET JA PÄÄSTÖT SEKÄ NÄIDEN
YHTEENSOVITTAMINEN
ILMASTONMUUTOKSEN ESTÄMISEN KANSSA**

Valtioiden sekä suurten yritysten näkökulma

Taloustieteen pro gradu -tutkielma

Laatija:
Miikka Mölsä

Ohjaaja:
Professori Hannu Salonen

31.8.2020
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Sisällys

1	JOHDANTO	7
2	ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUS MAAPALLOLLE	14
	2.1 Kasvihuonekaasupäästöt ilmastonmuutoksen aiheuttajana	14
	2.2 Mitä 1,5 celsiusasteen keskilämpötilan kohoaminen tarkoittaa?	22
3	ILMASTONMUUTOKSEN KVANTIFIOINTI SEKÄ ESTIMOINTI	28
4	TALOUSKASVUN ONGELMAT KESTÄVÄSSÄ KEHITYKSESSÄ	35
	4.1 Taloudellisen kasvun mallintaminen sekä AK-malli	35
	4.1.1 Talouskasvun perusteet AK-mallin avulla.....	35
	4.1.2 AK-malli loputtoman talouskasvun lähteenä.....	38
	4.2 Nykyajan kulutusyhteiskunnan mahdottomuus	42
	4.2.1 Jatkuvan kehittämisen ongelma	42
	4.2.2 Kertakäyttöyhteiskunnan ongelmat	53
	4.3 Uusi suunta talouskasvulle, kiertotalous	61
5	YMPÄRISTÖN KANTOKYVYN JA TALouden YHTEENSOVITTAMISEN HAASTEET	68
	5.1 Miten muovin ja taloudellisen kasvun epätasainen jakautuminen maapallolla heikentävät ympäristön tilaa	68
	5.2 Päästöveron ja yritystukien ohjaukset	74
	5.3 Kansainväliset sopimukset suunnan näyttäjinä?	82
6	YHTEENVETO SEKÄ JOHTOPÄÄTÖKSET	91
	LÄHTEET	97

Kuviot sekä taulukot

Kuvio 1	Maapallon keskilämpötilan nousu ajan funktiona (IPCC 2018, 8).....	16
Kuvio 2	Gloaalien päästöjen ennusteurat (IPCC 2018, 15).....	18
Kuvio 3	Päästövähennysten neljä esimerkkipolkua (IPCC 2018, 16).....	20
Kuvio 4	Aurinkopaneelien hintakehitys per watti (Treehugger 2015).....	21
Kuvio 5	Merenpinnan kohoamisen sekä aaltojen yhteisvaikutus saariin (Storlazzi ym. 2018, 2).....	24
Kuvio 6	Vähenevä rajatuotos, kun panoksia kasvatetaan, Solowin kasvumalli.....	35
Kuvio 7	Talouden tasapainotila, Solowin kasvumalli (Jones 2002, 30).....	37
Kuvio 8	Pääoman kertyminen AK-mallissa.....	37
Kuvio 9	Subjektiiivinen hyvinvointi sekä per capita tulot (The Worldwatch institute, 2008, 51).....	44
Kuvio 10	Kuznets-käyrien eri versiot (Haukioja 2007, 152).....	48
Kuvio 11	Maailman roskapyörteet (The Oceancleanup 2020).....	73
Kuvio 12	Suomen ympäristöverojen kertymä, 2017 (Suomen virallinen tilasto 2019a)	75
Kuvio 13	Maatalouden tilan muutos keskilämpötilan noustessa (FAO 2018, 20).....	85
Kuvio 14	Maat, joilla on käytössä päästökaupan tai -veron järjestelmä vuonna 2020 (Carbonpricing 2020).....	88
Taulukko 1	Maakohtainen Green New Deal -vertailu (mukaillen HSBC 2009, 2)..	51

1 Johdanto

Ilmastonmuutos on aikamme suurin ongelma. Sen aiheuttamat ongelmat ovat hyvin moninaiset ja ulottuvat laajalle, vaikka osaa muutoksista ei voida vielä havaita. Ilmastonmuutos aiheutuu kasvihuonekaasupäästöistä, joiden synnyn taustalla on pääasiallisesti ihmisen toiminta. Talouden kehitys sekä tuottavuuden kasvu ovat nojautuneet hyvin suuresti fossiilisten polttoaineiden käytölle viimeisen 200 vuoden aikana, minkä seurauksena päästöjen määrä on jatkanut kasvuaan. Tämä on luonut ympäristön kannalta katastrofaalisen kierteen, missä ihmisen toiminta riistää luonnonvaroja omaan käyttöönsä, samalla kun päästöt lämmittävät maapalloa tehden siitä haastavamman paikan elää.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten taloudellinen kasvu sekä ilmastonmuutoksen asettamat ongelmat voidaan sovittaa yhteen ilman, että elämä maapallolla muuttuu hyvin hankalaksi. Samalla tutkimus antaa esimerkkejä siitä, miten nykyinen talouden toimintaympäristö ei edesauta ilmastonmuutoksen pysäyttämistä eikä saasteiden vähentämistä. Tutkimus keskittyy erityisesti valtioiden sekä suuryritysten mahdollisuuksiin vaikuttaa nykyisen talousmallin korjaamiseen sekä ympäristön tilan kohentamiseen. Työstä on rajattu tarkoituksella pois yksittäisten kuluttajien päätöksentekoon sekä valintaan vaikuttavat prosessit, sillä näiden syvälinen käsittely ei yhdessä työssä ole mahdollista aiheen laajan spektrin vuoksi.

Ilmastonmuutokseen liittyvissä keskusteluissa argumentoidaan usein suuntaan tai toiseen faktoista ja muutoksen vaikutuksista maapallolla. Näissä ei kuitenkaan usein ole mukana tärkeää seikkaa, joka vaikuttaa merkittävästi asian ymmärtämiseen; ilmaston lämpeneminen ei itsessään ole ongelma – vaan sen nopeus. Maapallolla on historiansa aikana ollut useita lämpimiä ja kylmiä vaiheita, joiden vaihdellessa kasvillisuus sekä eläimet ovat mukautuneet oloihin. Nämä muutokset ovat tapahtuneet kymmenien tuhansien vuosien aikana, jolloin evoluutio on ehtinyt kehittää uusiin oloihin entistä kestävämpiä ja paremmin sopivia yksilöitä.

Ihmisen aiheuttama lämpeneminen taasen on tapahtunut reilun 200 vuoden kuluessa, mikä on evolutiivisen kehityksen kannalta aivan liian lyhyt aika. Suurin osa eliöistä ei ehdi mitenkään mukautua näin nopeaan ilmaston lämpenemiseen, minkä vuoksi moni laji kuolee sukupuuttoon.

Ilmastonmuutos syntyy siis kasvihuonekaasujen määrän kasvusta ilmakehässä sekä merissä. Kasvihuonekaasut keräävät auringon lämpösäteitä itseensä ja vähentävät sätei-

den heijastumista takaisin avaruuteen. Kun säteet eivät pääse enää pakenemaan maapal-
lolta, lämpötila kohoaa. Myös lämpeneminen on kiihtynyt, koska päästöhiukkasten mää-
rä on kiihtyvällä tahdilla kasvanut 1750-luvulta teollisuuden myötä. Nykyajan keski-
lämpötila on noussut noin yhden celsiusasteen verrattuna perusarvona käytettyyn 1750-
luvun keskilämpötilaan, kun arktisilla alueilla lämpötila on noussut yli kaksinkertaisesti
(IPCC 2018, 6).

Ilmastonmuutos aiheuttaa merkittäviä ongelmia niin taloudelle kuin ympäristölle-
kin. Arktisilla alueilla jäämassat sulavat, mikä vähentää auringon lämpösäteiden heijas-
tumista avaruuteen entisestään. Tämä taas kiihdyttää lämpenemistä uudelleen. Jään su-
laessa merenpinta kohoaa, mikä uhkaa hukuttaa matalia saarivaltioita sekä rannikko-
kaupunkeja meren alle. Päiväntasaajan alueilla ilmastonmuutos lisää aavikoitumista
sekä sään ääriolosuhteita auringon paahteen alla. Kuivien kausien pidentyminen vaikut-
taa negatiivisesti elinkeinoihin, etenkin maatalouden mahdollisuuksiin tuottaa ruokaa, ja
tulvien sekä hirmumyrskyjen toistuvuus sekä vakavuus ovat molemmat kohonneet.
Näiden ongelmien vakavuuden korostamiseksi kansainvälinen hallitustenvälinen ilmas-
tonmuutospaneeli (IPCC) on laatinut laajan raportin, joka on konkretisoitunut, minkä
vuoksi keskiarvolämpötilan kohoaminen täytyy pysäyttää +1,5 celsiusasteen tasolle. Jos
tästä tavoitteesta lipsutaan, maapallo ei pysy enää elinkelpoisena hyvin suurelle osalle
eliöistä.

Vaikeampaa ilmastonmuutoksen ymmärtämisestä tekee se, että suurimmat ilmas-
tonmuutoksesta aiheutuvat muutokset tapahtuvat päiväntasaajalla sekä arktisilla alueilla,
missä asuu suhteessa vähemmän ihmisiä. Yhdysvallat, Eurooppa sekä Aasian suuret
valtiot ovat suurimmaksi osaksi lauhkeammilla vyöhykkeillä, missä muutoksia ei vielä
ole tapahtunut suuressa mittakaavassa. Tästä syystä asian vakavuutta ei vielä osata näh-
dä, ja päätöksentekoa torjuvien toimien aloittamiselle viivytetään. Valtiot ja yritykset
eivät tahdo luopua omasta voitontavoittelusta, sillä taloudellisen tuloksen tekeminen ja
kasvaminen nähdään tärkeämpänä vaihtoehtona. Koska ilmastonmuutoksen todelliset
ongelmat ovat usein vuosikymmenten päässä, tällä hetkellä johdossa olevat päättäjät
eivät tahdo tehdä kipeitä päätöksiä oman menestyksen menettämisen pelossa. Lisäksi
pitkäaikaisten investointien hedelmät eivät välttämättä näy oman johtajuuden aikana,
joten taloudellista tilannetta heikentäviä päätöksiä ei tehdä nyt. (PwC 2020, 42.)

Nykyinen talousmalli onkin johtanut siihen, että suurin osa yrityksistä on ajanut
vain osakkeenomistajiensa voittojen maksimointia. Mikäli yritys ei ole tuottanut tar-
peeksi voittoa, omistajat hyllyttävät tämän toimitusjohtajan huonona johtajana. Lopulta

olemme kierteessä, jossa johtajat eivät enää pohdi, miten hyödykkeitä tuotetaan, kuinka paljon haittaa tästä aiheutuu ympäristölle tai kuinka paljon hyvinvointia tuote lisää, vaan ainoastaan, kuinka paljon voittoa tuotannolla voidaan saavuttaa. (Hahnel 2012, 30.)

Toinen vaikuttava tekijä on ilmastonmuutoksen todellisten vaikutusten estimointi. Arviot ja laskelmat, jotka usein tehdään vuosisadan loppuun asti, voivat olla hyvin subjektiivisia, mikä näkyy ennusteissa hyvin suurena hajontana. Esimerkiksi lämpötilan kohoaminen Kanadassa sulattaa suuria tundra-alueita maatalouden hyötykäyttöön, mitkä ovat aiemmin olleet ikiroudan vuoksi vain käyttämättömiä tasankoja. Kanada nähdään siten nettohyötyjänä lämpenemisen kannalta. Jos lämpenemistä pohditaan vain yksin Kanadan kannalta, se ei välttämättä asettaisi hiilidioksidipäästöilleen lainkaan veroa. Intiassa taas jokainen asteen kymmenys on liikaa, sillä maa taistelee päiväntasaajan alueella kuumuuden kanssa jo nyt. Jos hiilidioksidipäästöt hinnoiteltaisiin Intian kokemien ongelmien mukaan, päästöjen hinnaksi voitaisiin asettaa jopa 200 dollaria per hiilidioksiditonni.

Erilaisten ennusteiden erilaiset ratkaisut ovat tehneet kansainvälisestä päätöksenteosta hidasta, sillä arviot muutoksen vaikutuksista vaihtelevat hyvin paljon sen mukaan, millä arvoilla ennusteet lasketaan. Tämä luo tietynlaista epävarmuutta tarvittavien toimien aloittamisesta. Viivytteystä arvioidaan koituvan merkittäviä kustannuksia seuraavien vuosikymmenien aikana. Esimerkiksi Heal (2008, 18–19) arvioi ilmastonmuutoksen pysäyttämisen toimien puuttumisen aiheuttavan noin viiden prosentin vuosittaisen ja pysyvän menetyksen globaalista bruttokansantuotteesta. Kehittyvät taloudet menettäisivät suhteessa vielä suuremman osuuden. Mikäli hidastavat toimet aloitettaisiin heti, ne muodostaisivat jatkuvaksi kuluksi alle kolme prosenttia maailman globaalista bruttokansantuotteesta seuraavan muutaman vuosikymmenen aikana.

Ilmastonmuutoksen kvantifiointiin käytettävistä malleista muutama on kuitenkin saavuttanut kansainvälistä suosiota. Yksi näistä on William Nordhausin vuonna 1992 kehittänyt DICE-malli. Se yhdistelee ihmisen tuottamien päästöjen vaikutuksen lämpenemiseen ja samalla lämpenemisen aiheuttamat kustannukset taloudelle. Täten ennustemallin avulla voidaan hinnoitella nyt tuotettujen päästöjen yhteiskunnalliset kustannukset, jotka koituvat taloudelle ja ympäristölle myöhemmin. Yhteiskunnallisia kustannuksia kutsutaan lyhenteellä SCC (*social cost of carbon*), jotka muodostavat yksittäisenä valuuttamääräisenä lukuna tärkeimmän ilmastonmuutoksen mittarin. Mitä pidemmälle ilmastonmuutos etenee, sitä suuremmaksi hiilidioksidipäästöjen kustannus kohoaa.

Ilmastonmuutoksen torjumiseen ei kuitenkaan ole yksittäistä absoluuttisesti oikeaa keinoa. Jokaisen valtion tulisi vähentää päästöjään merkittävästi, mutta miten se tapahtuu käytännössä? YK on erinäisten ilmastopöytäkirjojen, kuten Pariisin ilmastopöytäkirjan, kautta sitouttanut valtioita ajamaan muutosta ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi. Merkittävää kansainvälistä menestystä näistä sopimuksista ei kuitenkaan vielä ole syntynyt – tavoitteet on asetettu korkealle, mutta todellista läpimurtoa ei ole tapahtunut.

Huomionarvoista monien valtioiden nykyisissä tavoitteissa on se, että nettomääräisten päästöjen nollaaminen ei tarkoita ilmastonmuutoksen ongelman poistamista, vaan ainoastaan pysäyttämistä sen hetkisellem tasolle. Nettomääräisten päästöjen nollaaminen on toki tärkeä tavoite, mutta ei vielä ratkaise ilmastonmuutoksen ongelmaa. Mikäli lämpötilaa halutaan laskea, absoluuttiset päästöt täytyy saada laskemaan.

Päästöjen vähentäminen nykyisessä kertakäyttökulttuurissa muodostuu kuitenkin todella vaikeaksi. Monia hyödykkeitä, etenkin muovisia, käytetään aivan liian lyhyt aika niiden potentiaaliseen käyttöikänsä verrattuna. Tuotteiden valmistukseen käytetään merkittävä määrä luonnonvaroja sekä energiaa mitättömän lyhyen käyttöikänsä vuoksi, mistä syntyy todella paljon turhaa jätettä sekä päästöjä. Uusia tuotteita hankitaan jatkuvasti, koska yritykset tyrkyttävät uudempia ja parempia versioita kaikesta, vaikka nykyisetkin hyödykkeet ratkaisevat lähestulkoon kaikki tarpeet.

Kulutusjuhlan yhteydessä rikkaat teollisuusvaltiot tuottavat jo niin paljon jätettä, että ne eivät pysty kierrättämään tätä kaikkea yksin. Siksi etenkin Yhdysvallat sekä Eurooppa kuljettavat osan jätteistä muualle käsiteltäväksi kustannusten minimoimiseksi. Heikomman jätteiden kierrätyksen sääntelyn sekä kasvaneen jätemäärän kanssa painivat Aasian valtiot eivät pysty kierrättämään tätä massaa huonosti toimivan jätehuollon läpi, joten merkittävä osa jätteistä päätyy luontoon tai valtameriin. Esimerkiksi Aasiassa suurten kaupunkien läpi virtaavat joet kuljettavat yli puolet kaikesta jokien kautta mereen päätyvästä jätteestä (Lebreton ym. 2017, 3), jotka merivirtojen kuljettamana päätyvät lopulta joko rannoille, jättimäisiin roskapöytäkirjoiksi ympäri valtameriä tai meren pohjaan. Ympäristöön dumpattuina jätteet aiheuttavat suuria kustannuksia sekä ongelmia niin ympäristölle kuin taloudellekin.

Luonnonvarojen loppumisen pelko oli ensimmäinen merkittävä pelko ympäristön kantokyvyn rajoista, mutta ihmisen luovuuden ansiosta olemme keksineet jatkuvasti uusia substituutteja edellisten tilalle, jos yksittäinen resurssi oli uhkaavasti loppumassa. Yksi tällainen substituutti on muovi, joka on syrjäyttänyt monet muut materiaalit kokonaan, esimerkiksi kuljetus- ja pakkausmateriaalina. Nykyään rajoitteena ei enää pidetä-

kään resurssien loppumista, vaan liiallisen jätemäärän kasvua. Roskapyörteisiin sekä ympäristöön kertyvät jätteet ovat päästöjen lisäksi osoitus siitä, että maapallon kantokyky ei enää riitä kaikkeen ihmisten tuottamaan jätteeseen. Nyt ihmiskunnan täytyy taistella ilmastonmuutoksen lisäksi myös ympäristön suojelemisen sekä liiallisen saastevuoren syntymistä vastaan. (Hahnel 2012, 24–25.)

Ainoa ratkaisu näihin ongelmiin on muuttaa ihmisen ajattelua sekä taloudellisen toiminnan mallia. Yksi varteenotettava vaihtoehto on kiertotalous. Tämä nostaa ekologisuuden näkökulman keskiöön ja pyrkii minimoimaan neitseellisen raaka-aineen¹ käytön, vaikka talous kasvaisi edelleen. Tästä hyvänä esimerkkinä on pullopanttijärjestelmä, joka kierrättää käytetyn materiaalin uudelleen takaisin käyttöön.

Jotta kiertotalous ja sen mahdollistamat hyödyt saataisiin laajemmin kansainvälisesti käyttöön, nykyistä yritystukien sekä verojen järjestelmää täytyy muuttaa. Tällä hetkellä valtiot tukevat rahallisesti järjettömällä määrällä sellaista yritysrakennetta, joka kannustaa kotitalouksia kuluttamaan enemmän, samalla kun resursseja ylikulutetaan kerskakulutuksen muodossa. Valtiot jakavat myös fossiilisia polttoaineita jalostaville yrityksille suoria yritystukia useamman biljoonan verran vuosittain (IFM 2019, 5), mikä edistää merkittävästi näiden yritysten hintakilpailukykyä ja estää siten uuden kilpailun muodostumista.

Kansainvälistä verotusta on muutettu 2000-luvulla yhä enemmän kiertotalouden suuntaan, mutta valtion verotulojen kertymä painottuu edelleen liikaa työn verotukseen eikä ympäristön tilan kohentamiseen. Työn pienempi ja kulutuksen suurempi verottaminen ovat hyviä askelia kohti kiertotaloutta, jossa esimerkiksi korjauspalvelujen alennettu verokanta kannustaa kuluttajia mieluummin korjaamaan hyödykkeensä kuin ostamaan uuden. Muun muassa Suomessa ympäristöön liittyvillä veroilla kerättiin ainoastaan vajaat seitsemän prosenttia kaikesta valtion verotulosta (Suomen virallinen tilasto 2019a), kun Euroopassa työhön liittyvät verot tuottivat valtioiden kassoihin jopa 51 prosenttia kaikesta verotulosta (Ex'tax 2016, 11).

Kun kansainvälistä verotusta sekä tukijärjestelmää päivitetään vastaamaan nykyajan ongelmia, hiilidioksidipäästöjen määrää voidaan tehokkaasti laskea (Acemoglu ym. 2012). Yritykset nimittäin muuttavat toimintatapojaan hyvin vikkellästi, mikäli saavat siihen tarpeeksi suuren taloudellisen houkutteen (Popp 2002). Näiden taloudellisten

¹ Neitseellinen raaka-aine tarkoittaa uutta materiaalia sekä sen hankintaa. Esimerkiksi kaivostoiminnassa louhitaan koko ajan uusia metalleja tuotannon käyttöön.

insenttiivien sekä muutosten toteuttaminen on ensiarvoisen tärkeä tavoite ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on siis selvittää, miten laajasti ilmastonmuutos vaikuttaa ympäristöön sekä talouteen, tarjoten näistä mahdollisimman havainnollistavia esimerkkejä. Samalla työ analysoi, minkä takia ilmastonmuutoksen torjunnan eteen on tehty suhteessa liian vähän työtä, vaikka suuria suunnitelmia onkin ollut vireillä jo kauan.

Työ on toteutettu laajana kirjallisuuskatsauksena, minkä vuoksi yksittäisen aiheen mahdollisuuksien sekä vaikutusten syvälinen tarkastelu on jäänyt vähemmälle. Tämä on toisaalta mahdollistanut kokonaisvaltaisemman analysoinnin ilmastonmuutoksen sekä talouden yhteensovittamisen ongelmista ja kuinka näitä ongelmia tulisi ratkoa kaikkien hyvinvoinnin parantamiseksi.

Työ on jäsenelty seuraavasti: Toisessa luvussa käsitellään ilmastonmuutoksen syntyä sekä siitä aiheutuvia ongelmia. Kasvihuonekaasupäästöjen sekä keskilämpötilan kohoamisen analysoinnissa nojataan hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) laajaan tutkimukseen, joka toteutettiin Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden konkretisoimiseksi. Luvussa annetaan taloudellisia sekä ympäristöä koskevia ennusteita, joiden torjuntaan ihmisen on pakko keskittyä yhä suuremmissa määrin nyt ja tulevaisuudessa.

Kolmannessa luvussa keskitytään ilmastonmuutoksen kvantifioinnin keinoihin, eli kuinka luvun 2 arviot ja ennusteet ovat tehty. Luvussa esitellään William Nordhausin kehittäämä dynaaminen integroitu arviointimalli (DICE, *Dynamic Integrated model of Climate and the Economy*), minkä avulla ilmastonmuutoksen taloudellisia vaikutuksia pyritään arvioimaan. DICE:n avulla lasketaan mahdollisimman tarkka haittaveron taso hiilipäästöjen negatiivisille ulkoisvaikutuksille eli SCC:lle.

Neljännessä luvussa esitellään aluksi taloudellisen kasvun mallintamista muun muassa Jonesin (2002) sekä Haukiojan (2007) töiden perusteella. Näiden mallien avulla näytetään myös, minkä vuoksi nykyinen taloudellinen kehitys ja sen mittaaminen ovat pielessä. Kehityksen sekä hyvinvoinnin maksimointi ovat nimittäin johtaneet haitallisten sivuvaikutusten kasvuun, kuten esimerkiksi kertakäyttöyhteiskunnan syntyyn. Haukiojan tutkimuksen perusteella näytetään, miten talous voisi teoriassa edelleen jatkaa kasvuaan, mutta sen ympäristölle aiheuttamat paineet, muun muassa päästöt, voidaan saada samanaikaisesti laskuun. Taloudellisen kasvun ei siten tarvitse olla haitallista yhteisen hyvinvoinnin kannalta, vaan kasvua voidaan hakea myös terveellä sekä kestäväällä

tavalla. Luvun 4 lopussa esitellään vaihtoehtoinen talouden malli, kiertotalous, joka pyrkii minimoimaan ihmisen ympäristövaikutukset. Hyödynnämme Jacksonin (2009) työtä, joka esitteli kattavasti rajallisen planeetan taloustiedettä. Samalla näytetään, kuinka huonosti nykyinen kulutukseen perustuva talousmalli kannustaa kierrätykseen sekä hyödykkeiden käyttöään pidentämiseen kulutuksen kasvattamiseksi – ja samalla osoitetaan, kuinka kiertotalous tarttuisi näihin ongelmiin.

Luvussa 5 tutkitaan, kuinka vaikeaa nykyinen talousmalli sekä ympäristön kantokyky on sovittaa yhteen. Teollisuusmaat ovat voineet etsiä kasvua yhä suuremmassa määrin, sillä globalisaation avulla ongelmia on ollut helpompi siirtää muiden maiden hoidettavaksi. Ilmastonmuutoksen ongelmat jakautuvat samalla tavalla epätasaisesti maapallolla, mikä on kasvattanut eriarvoisuutta entisestään.

Viimeisen 50 vuoden aikana on kuitenkin havaittu yhä enemmän ongelmia talouden sekä ympäristön yhteensovittamisessa, mikä on saanut kansainvälisen verotuksen sekä yritystukien ohjausvaikutukset suurempaan tarkasteluun. Luvussa osoitetaan, kuinka nykyiset toimet eivät kuitenkaan siirrä yrityksiä toimimaan ympäristön kannalta paremmin, vaan mahdollistavat samanlaisen toiminnan kuin tähänkin asti. Valtioiden sekä kansainvälisten organisaatioiden täytyy muuttaa nykyistä toimintamallia niin taloudellisin keinoin kuin sääntöjen sekä määräysten avulla. Muun muassa Acemoglu ym. (2012; 2016) osoittavat, kuinka yritystukien sekä verojen muutoksella voidaan antaa jokaiselle yritykselle taloudellinen insentiivi muuttaa toimintatapojaan yhteisön kannalta parempaan suuntaan.

Viimeisessä luvussa esitetään tutkimuksen yhteenveto sekä tärkeimmät keinot nykyisen talouden muuttamiseksi, jotta ilmastonmuutos saataisiin hallintaan sekä pysäytettyä.

2 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus maapallolle

2.1 Kasvihuonekaasupäästöt ilmastonmuutoksen aiheuttajana

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 2018, 6) sai vuonna 2016 tehtäväkseen laatia ilmastonmuutoksesta ja ilmaston lämpenemisestä kertovan laajan raportin. Tämän päätarkoituksena on korostaa valtioiden ja yritysten päättäjille ilmastonmuutoksen ja maapallon lämpötilan nousun vakavuutta, sekä minkälaisiin toimiin ihmisen on ryhdyttävä ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi.

Perusarvona muutokselle pidetään esiteollisen ajan ilmastoa eli noin 1750-lukua. Tästä ajasta keskimääräinen maan pintatason lämpötila on noussut ihmisen vaikutuksesta yhden celsiusasteen verran. Arktisilla alueilla lämpötilan kohoaminen on ollut jopa 2–3 kertaa suurempaa.

IPCC:n (2018, 6-8) raportin mukaan lämpötilan kohoaminen on pysäytettävä reilusti ennen kahden asteen nousua, jotta maapallo pysyy elinkelpoisena. Tästä syystä raportissa on esitelty yksityiskohtaisesti, minkälaisia vaikutuksia 1,5 celsiusasteen keskilämpötilan nousulla olisi maapallolle ja sen ilmastolle sekä karkeita arvioita kahden asteen noususta.

Selvityksen mukaan ilmaston keskilämpötilan nousu kohoaa puoleentoista asteen vuosien 2030–2052 aikana. Aikaikkuna on luonnollisesti melko suuri, sillä mikäli ihmiset ryhtyvät reippaisiin muutoksiin, lämpötilan nousua voidaan hidastaa merkittävästi. Nykyisellä vaikutustahdilla ilmasto lämpenee noin 0,1 asteen verran vuosikymmenessä. Keskiarvolämpötila lasketaan läheltä maan- tai vedenpintaa 30 vuoden periodeissa ja tätä verrataan esiteollisen ajan lämpötilaan (IPCC 2018, 26).

Ilmaston lämpeneminen johtuu siitä, että kasvihuonekaasut sitovat auringon säteen lämpöä itseensä ja siten lämmittävät ilmaa.² Kun kaasujen määrä ilmassa kasvaa, ne keräävät lisää lämpöä ja vähentävät lämmönsäteilyä takaisin avaruuteen. Kun lämpö ei enää heijastu takaisin avaruuteen kirkkaista pinnoista, kuten jäästä tai lumesta, lämpö imeytyy entistä nopeammin maahan tai veteen. Positiivinen säteilykerroin tarkoittaa sitä, että maapallo imee itseensä aiempaa enemmän energiaa (auringonsäteitä) kuin hei-

² Engl. *radiative forcing*. Kemiaallinen reaktio ilmakehässä, kun auringon ultraviolettisäteet osuvat kasvihuonekaasuihin lämmittäen ilmakehää.

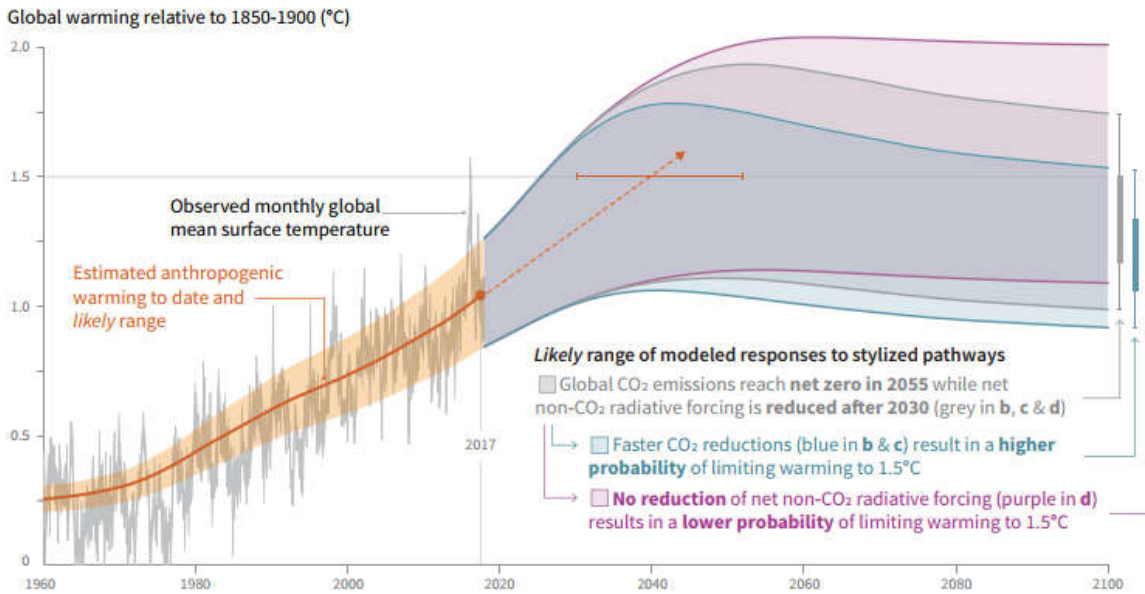
jastaa takaisin avaruuteen. Heijastavan säteilyn väheneminen tarkoittaa luonnollisesti maapallon ja ilmaston lämpenemistä. (Fuglestvedt 2003, 269; Stuber ym. 2001, 125.)

Ilmastonmuutoksen taustalla ovat ihmisten toimien aiheuttamat hiilipäästöt (kuten kasvihuonekaasut, aerosolit/freonit sekä niiden esiasteet). Päästöt koostuvat enimmäkseen muun muassa liikenteestä, teollisuudesta, asumisesta sekä energiankäytöstä. Yli 80 prosenttia näistä päästöistä muodostuu fossiilisista polttoaineista, kuten öljystä ja hiilestä. Näiden käyttäminen ja polttaminen vapauttaa ilmakehään hiilidioksidia, joka ei luonnollisin keinoin poistu ilmakehästä kovin nopeasti. (Global Carbon Budget 2018).

Hiilipäästöjen rajoittaminen on siten ensiarvoisen tärkeää ja siksi moni valtio on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali tiettyyn aikarajaan mennessä. Nettohiilipäästöt tarkoittavat ihmistoiminnasta aiheutuneita päästöjä, joista on vähennetty ihmisen toimet päästöjen poistamiseksi ilmakehästä. Suomella nettohiilipäästöjen nollaamisen tavoite, eli hiilineutraalius, on asetettu vuoteen 2045, mutta voi olla, että tavoitetta pitää vielä kiristää.

IPCC:n (2018, 7) raportti kuitenkin huomauttaa, että ihmisen aiheuttamien päästöjen ei odoteta vaikuttavan lämpötilannousuun yli 1,5 asteen verran muutaman vuosikymmenen sisällä. Tästä ennusteesta kertoo tarkemmin kuvio 1, jossa osoitetaan keskilämpötilan nousua maapallolla ajan funktiona. Se alkaa vuodesta 1960 ja päättyy vuoteen 2100.

a) Observed global temperature change and modeled responses to stylized anthropogenic emission and forcing pathways



Kuvio 1 Maapallon keskilämpötilan nousu ajan funktiona (IPCC 2018, 8)

Kuviossa 1 on Y-akselilla lämpötilan muutos sekä X-akselilla aikajana. Punainen käyrä keskellä kuvastaa keskilämpötilaa ajan funktiona ja se heiluu keskiarvonsa ympärillä kuukausitasolla tehtyjen mittausten perusteella. Ennusteeksi on merkittynä kolme erilaista lopputulosta päästöjen kannalta: harmaa (odotettu), sininen (nopeampi vähennys) sekä lila (ei muutosta vähennyksissä). Oikeassa reunassa ylimpänä olevan värin, lilan, ennuste on kaikkein huonoin. Tässä ihmiset eivät muuta päästökäyttäytymistään. Tällöin lämmön nousu saavuttaa kahden asteen rajan noin vuonna 2050 ja siitä eteenpäin koko maapallon keskilämpötilan ennustetaan liikkuvan +1,4–1,8 celsiusasteen välillä, mikä olisi katastrofaalinen tilanne luonnon sekä talouden kannalta. Arktisilla alueilla muutos on vielä suurempi.

Keskimmäinen alue, harmaa, tarkoittaa päästöjen vähentämistä, mutta maltillisemmin. Ennusteen mukaan nettohiilipäästöt saadaan nolaksi vuoteen 2055 mennessä. Tämä ennuste on otettava vakavasti, sillä vaikka ihmiset ryhtyisivät toimiin ilmastonmuutoksen suhteen, lämmön nousu lähenee nopeasti kahden asteen rajaa, mutta vähenevien nettopäästöjen vuoksi lämpöura lähtee lopulta laskuun. Ennusteen mukaan lämmönvaihtelu rajoittuu enimmäkseen tällöin +1,2–1,5 celsiusasteen välille, mikä tarkoittaisi erittäin vakavia muutoksia kasvillisuudelle sekä ympäristölle.

Alimpana, sininen, tarkoittaa aggressiivisempia toimia ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi. Myös tässä ennusteessa lämmön nousu kohoaa reilusti yli 1,5 asteen rajan, mutta laskeutuu nopeimmin takaisin sen alle. Sininen ennuste arvioi, että nettopäästöt vähenevät nolnaan vuoteen 2040 mennessä, eli että kumulatiiviset päästöt on saatu ta-soittumaan ja että ilmakehästä pystytään imemään päästöjä yhtä paljon. Huomionarvois-ta on kuitenkin se, että tämä ei tarkoita ilmastonmuutoksen ongelman poistamista, vaan ainoastaan pysäyttämistä sen hetkiselälle tasolleen. Mikäli lämpötilaa halutaan laskea, täytyy absoluuttiset päästöt saada vähenemään. (IPCC 2018, 8.)

Päästöjä pystytään onneksi kuitenkin vähentämään monin eri keinoin. Kehitys-suunnat, jotka jättävät maapallon lämpenemisen 1,5 asteeseen tai hieman sen yli, vaati-vat globaalien nettopäästöjen (etenkin hiilen ja metaanin) vähentämistä noin 45 prosen-tilla vuoden 2010 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi näiden nettopäästöjen on pie-nennyttävä nolnaan vuoteen 2050 mennessä. Mikäli lämpeneminen halutaan rajoittaa kahteen asteeseen, nettopäästöjä tulee vähentää 25 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja nolnaan vuoteen 2070 mennessä. Näitä prosenttilukuja käsitellään jäljempänä tarkem-min. (IPCC 2018, 14.)

Päästötavoitteet voidaan saavuttaa vaihtoehtoisilla menetelmillä, kuten panostamal-la vähäpäästöisempään teknologiaan tai vähentämällä energian ja resurssien tarpeita. Kivihiilen käyttöä voidaan korvata ydinvoimalla tai aurinkoenergialla. Näiden mene-telmien käyttöönottoon liittyy omat haasteensa, mutta niillä voidaan saavuttaa myös synergiaetuja kestävän kehityksen kanssa. Esimerkiksi vähennettäessä kivihiilen käyttöä energian- ja lämmöntuotannossa alkuperäinen tarve energialle ei ole välttämättä vähen-tynyt lainkaan. Autoilussa fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyessä bioenergian kysyntä kasvaa koko ajan, ja erilaisten biopolttoaineiden kehitys on välttämätöntä ener-giantarpeen täyttämiseksi.³

IPCC (2018, 14) on laskenut ihmisille jäljellä olevan hiilibudjetin, jotta lämpene-minen saadaan pysäytettyä ennen 1,5 asteen rajaa. Tässä budjetissa on vuoden 2017 lopussa jäljellä 580 GtCO₂-ekvivalenttipäästöjä⁴, eli 580 miljardia tonnia. Tästä luvusta

³ Tähän haasteeseen suomalainen Neste Oyj on kehittänyt uusiutuvaa dieseliä, josta aiheutuu vain 10 prosenttia tavallisen dieselin hiilipäästöistä. (Neste.fi 2019.)

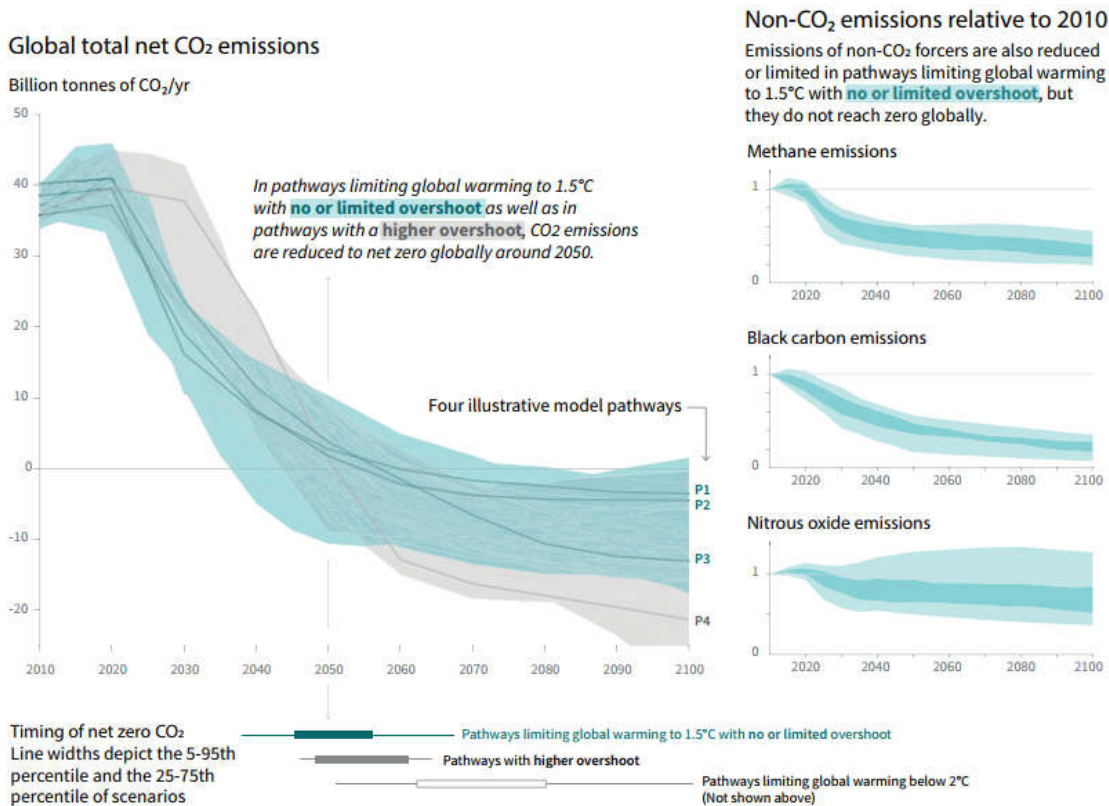
⁴ Suomen virallisen tilaston (2019b) mukaan hiilidioksidiekvivalentti tarkoittaa päästöjen yhteismitallista-mista GWP (*global warming potential*) -kertoimen avulla. Näin päästöjen vaikutus ilmakehässä on yhtä suuri. Hiilidioksidin GWP-arvo on luonnollisesti 1, metaanin kerroin 25, dityppioksidin 298 sekä F-kaasujen jopa 12 000–22 800. F-kaasuja käytetään jäädytys- sekä lämmityslaitteissa sekä painekaasupul-loissa. F-kaasuja käyttö yleisty, kun huomattiin, että ne eivät tuhoa otsonikerrosta.

vähenee joka vuosi noin 42 GtCO₂ verran päästöjä. Vuoden 2017 loppuun mennessä ihmiset ovat tuottaneet noin 2 200 GtCO₂ päästöjä esiteollisen ajan alusta.

Mikäli kokonaispäästöt menevät tuon 580 GtCO₂ rajan yli, on maapallon lämpenemisen pitäminen alle 1,5 asteessa käytännössä mahdotonta. Kokonaispäästöjen vähentäminen reilusti ennen tuon rajan täyttymistä helpottaa siis muiden välttämättömien toimien kanssa ja antaa siten lisää liikkumavaraa aloilla ja toimissa, joissa päästöjä on vaikeinta vähentää.

Näihin estimaatteihin vaikuttaa lisäksi maahan ja jäähän sitoutuneiden hiili- sekä metaanipäästöjen vapautuminen. Esimerkiksi ikeroutaan ja kosteikkoihin on oletettu jääneen noin 100 GtCO₂ verran metaani- sekä hiilipäästöjä, jotka jään sulassa ja vesistöjen kuivuessa vapautuisivat ilmakehään. Nämä maaperän päästöt ovat myöskin suoraan pois jäljellä olevasta 580 GtCO₂-päästöjen budjetista.

Lukujen havainnollistamiseksi kuviossa 2 on esitettyä päästöjen vähentämisen tarve seuraavien vuosikymmenien aikana. Vasemmalla on esitettyä globaalit nettohiilipäästöt vuosittain ja oikealla pienemmissä kuvaajissa kolme muuta kasvihuonekaasua.



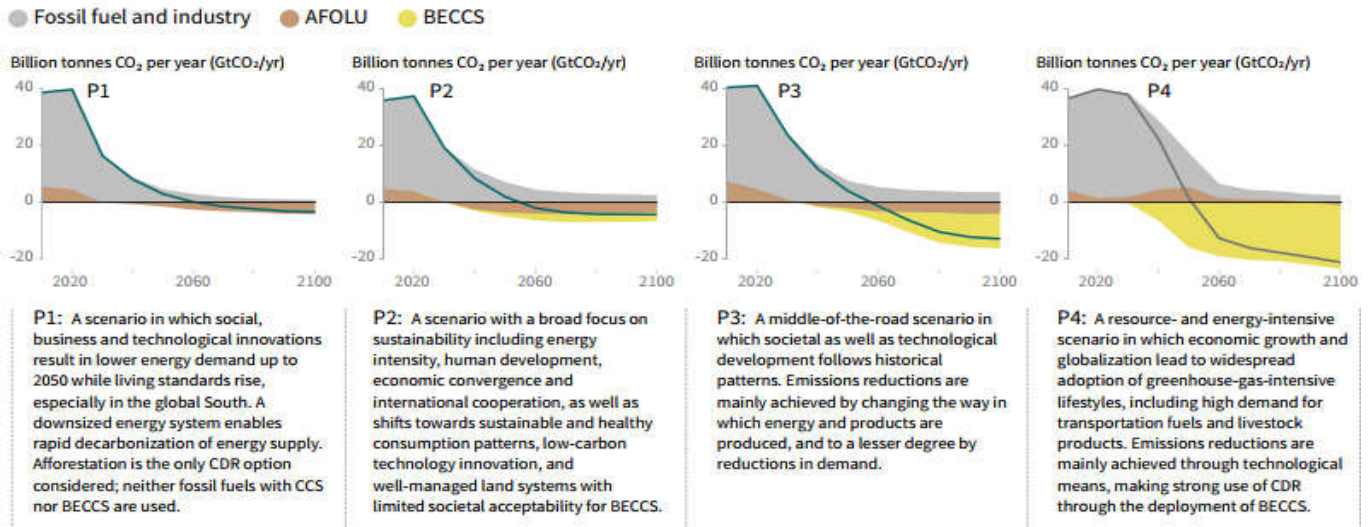
Kuvio 2 Globaalien päästöjen ennusteet (IPCC 2018, 15)

Kuviossa 2 on esitetty vuosittaisten nettopäästöjen tarvittava muutos, jotta lämpötilan kohoaminen saadaan pysäytettyä ennen 1,5 asteen rajaa. Oikealla pienemmät kuviot kuvaavat kolmen muun suurimman päästön kehityssuuntia ajassa. Vuoden 2010 taso on normalisoitu yhdeksi, jota käytetään vertailuarvona. Tummansiniset alueet kuvaavat välttämättömiä päästöjen vähennyksiä, jotta lämmönousu rajoitetaan alle tai hieman yli 1,5 asteen rajan. Kuvion pohjalla olevat yliampumisen arviot kuvaavat tavoitteiden saavuttamista ajallisesti: sinisellä päästötavoitteisiin pääsy tarkoittaa lämpötilan pysymistä 1,5 asteessa ja se tulisi saavuttaa vuosien 2045 ja 2055 välillä.

Suuremman kuvaajan oikeassa reunassa on esimerkkinä neljä erilaista polkua (P1–P4), jotka osoittavat, miten päästöjen vähentämisen aloitusajankohta ja vähentämisen tarve korreloivat. Esimerkiksi P1: mikäli globaaleja nettopäästöjä saadaan vähennettyä nopeasti ja tehokkaasti lähemmäs nollaa, vuosisadan lopulla ei ole tarvetta suurille absoluuttisille päästövähennyksille, jotta lämpötila ei koho liikaa. Polulla P4 taas ei tehdä muutoksia heti, jolloin 1,5 asteen tavoitteessa pysyminen vaatii todella suuret vähennykset myöhemmässä vaiheessa ja absoluuttisten päästöjen on pienennettävä jopa 20 GtCO₂ vuodessa, missä on hyvin epätodennäköistä onnistua. (IPCC 2018, 15.)

Toisin sanoen seuraavan kolmen vuosikymmenen aikana nettohiilipäästöt tulisi pudottaa 42 GtCO₂ tasolta lähelle nollaa tai sen alle. Tämä vaatii olennaisia panostuksia niin energian- kuin maankäytössä sekä resurssi-intensiteetin parantamisessa. Kuviossa 3 on eriteltyä näille neljälle polulle (P1–P4) erilaiset kehityskohteet, mitkä vaaditaan päästöjen vähentämiseksi.

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways



Kuvio 3 Päästövähennysten neljä esimerkkipolkua (IPCC 2018, 16)

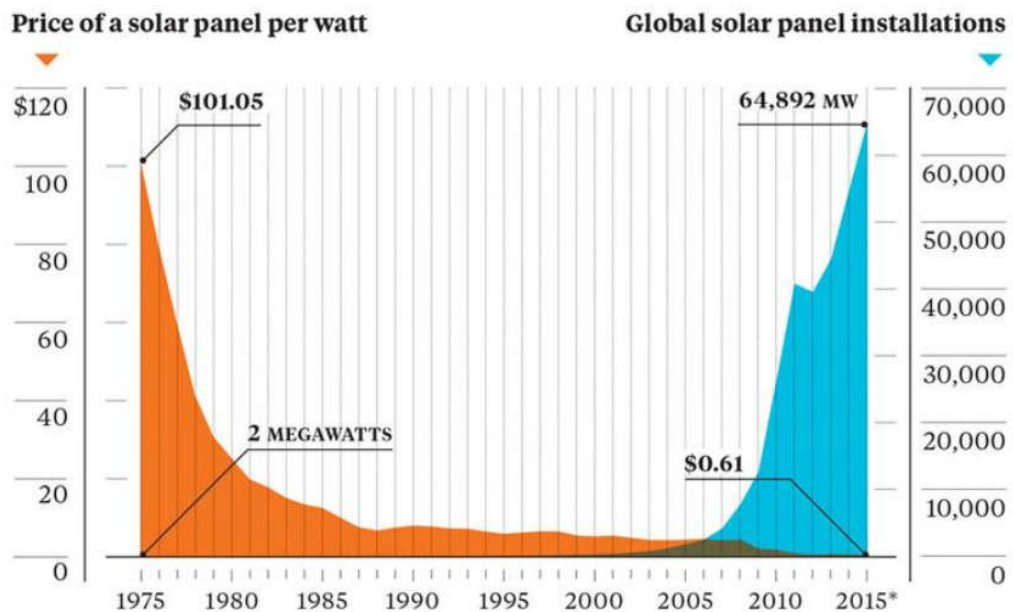
Kuviossa 3 on kuvion 2 esitetyt 'neljä polkua päästövähennyksiin' tarkemmassa tarkastelussa. Jokaisen polun trendinä on saada nettopäästöt nolaksi tai sen alle. Mitä myöhemmissä vaiheissa päästövähennyksiin ryhdytään, sitä jyrkemmin päästöt on saatava laskuun. Kuviossa 3 käytettyjen lyhenteiden selitykset ovat seuraavat.

1. AFOLU (*Agriculture, Forestry, and Other Land Use*) tarkoittaa maataloudessa, metsänhoidossa sekä muunlaisessa maankäytössä saavutettavia vähennyksiä nettopäästöissä. Tämän avulla on arvioitu voitavan poistaa jopa 11 GtCO₂-päästöjä vuosittain vuoteen 2050 mennessä.
2. BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) tarkoittaa bioenergian käyttöasteen nostamista sekä hyödyntämistä hiilipäästöjen poistamiseksi ilmakehästä sekä säilömistä maaperään, kuten metsiin. Arvioidut vuosittaiset nettopäästöjen vähennykset jopa 3 GtCO₂ vuoteen 2050 mennessä.
3. CDR (*Carbon Dioxide Removal*) tarkoittaa yleisesti hiilipäästöjen poistamista ilmakehästä ja niiden säilömistä maahan tai mereen. Tähän ei lasketa luonnollisia hiiltä sitovia keinoja, kuten metsien luonnollista hiilensitomista.

Harmaat alueet kuviossa 3 kuvastavat fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä tuotantoa, joka on jokaisessa vaihtoehdoisessa polussa ajettu nopeasti alas. Fossiiliset polttoaineet aiotaan korvata uusiutuvilla biopolttoaineilla, ja tuotannossa sekä lämmityksessä käytetään entistä enemmän ekologisesti tuotettua sähköä. Muutos saadaan aikaan

tukemalla teknologista kehitystä etenkin uusiutuvien resurssien käytössä. Esimerkiksi uusiutuvan sähkön pitäisi määrällisesti kattaa jopa 70–85 prosenttia energian kokonais- tarpeesta vuonna 2050.

Tähän suuntaan ollaan siirtymässä hyvin vahvasti. EU on asettanut jäsenmailleen tavoitteeksi tuottaa vuoteen 2020 mennessä 20 prosenttia energiantarpeestaan uusiutu- vista lähteistä. Teknologinen kehitys sekä taloudellinen tuki on näkynyt etenkin aurin- kopaneeleissa. Näiden kehittyminen ajan saatossa on tehostanut kykyä tuottaa sähköä, samalla kun paneelien hinta on pudonnut murto-osaan alkuperäisestä, mikä on nostanut niiden suosiota maailmalla räjähdysmäisesti. Kuviossa 4 on esitettyä aurinkopaneelien hintakehitys. (Directive 2009/28/EC 2009; Eurostat 2019)



Kuvio 4 Aurinkopaneelien hintakehitys per watti (Treehugger 2015)

Aurinkopaneelien kehitys kasvoi rajusti 1970-luvun öljykriisin seurauksena, kun yritykset pyrkivät välttämään öljyn hintamuutoksia ja siten pienentämään tästä aiheutuvaa hintariskiä. Tämä nähdään etenkin aurinkopaneelien tehokkuuden kasvuna, kun oranssin alueen kuvaama hinta/tuotettu watti putoaa nopeasti alaspäin.

Palataan vielä takaisin kuvioon 3. Ruskeat alueet kuvaavat maankäytön tehokkaampaa hyödyntämistä. Esimerkiksi kaupungeissa tämä tarkoittaa kaupunkialueiden suunnitteluun panostamista, mikä helpottaa liikkumista kaupungissa, sekä myös rakennusten järkevämpää sijoittelua. Tehokkaammalla suunnittelulla on mahdollista saavuttaa mittavia päästövähennyksiä sekä vähentää resurssien käyttöä.

Keltaisella värillä (kuviossa 3) taas kuvataan potentiaalisia päästövähennyksiä, jotka saavutetaan uusiutuvan bioenergian sekä hiilen poistamisen avulla. Esimerkki BECCS:in käytöstä saadaan, kun esimerkiksi puita käytetään energianlähteenä. Alussa puiden vielä kasvaessa ne imevät itseensä hiilidioksidia. Myöhemmin, kun puut kaadetaan ja valjastetaan energiaksi, polton yhteydessä vapautuva hiilidioksidi otetaan talteen ja säilötään maan alle. (IPCC 2018, 16–17.)

Tämä tekniikka on saanut paljon kritiikkiä osakseen. Muun muassa Harper (2018) on todennut, että suurimmalla osalla alueita, joihin metsiä olisi kasvatettu uudelleen, olisi ollut enemmän hyötyä säästää alkuperäinen metsä. Toisin sanoen tehokkaalla metsittämisellä ja kaatamisella saadaan vähemmän hyötyä kuin nykyisellä metsänhoidolla. Tätä Harper argumentoi sillä, että puita kaadettaessa ne vievät maasta mukanaan paljon ravinteita, jotka pitää korvata uusilla ravinteilla uuden istutuksen kasvattamiseksi. Tukkien kuljetuksesta ja käytöstä, uusien puiden istutuksesta sekä ravinteiden tuottamisesta ja lisäämisestä voi siis aiheutua enemmän hiilipäästöjä kuin mitä on saatu vähennettyä istuttamalla uusia.

2.2 Mitä 1,5 celsiusasteen keskilämpötilan kohoaminen tarkoittaa?

Lämpötilan kohoaminen vaikuttaa muuallakin kuin vain ilmastossa. Aloitamme tarkastelun helpommin havaittavasta sään muutoksesta sekä sen aiheuttamista tuhoista, ja eteneimme vähemmän havaittaviin, mutta suuriin muutoksiin muun muassa maanviljelyssä.

Suurimmat muutokset normaaliin säähän ovat lämpöhuippujen määrän selkeä kasvu, rankkasateiden aiheuttamien tulvien paisuminen sekä pitkäaikaisen kuivuuden ja sateettomuuden todennäköisyyden nousu. Näiden kausivaihteluiden toistuvuus sekä voimakkuus lisääntyvät merkittävästi jo 1,5 asteen lisäyksellä, mutta paljon pahemmin kahden asteen lisäyksellä. (IPCC 2018, 9-10.)

Rajuina esimerkkeinä ovat vuoden 2018 Kalifornian sekä 2019–2020 Australian maastopalot, jotka kestivät monta kuukautta tuhoten metsää ja asuinalueita pinta-alaltaan yli Portugalin kokoisen maa-alueen verran. Maastopalot aiheutuivat ennätyspitkistä kuumista ajanjaksoista eikä kummallakaan alueella ollut satanut pitkään aikaan. Yhdessä nämä mahdollistivat palojen leviämisen nopeasti ja hallitsemattomasti, eikä niitä saatu hallintaan useamman kuukauden aikana. (ABC News 2020; The New York Times 2018.)

Myös hirmumyrskyjen määrä kasvaa. Esimerkiksi hurrikaaneja kategorisoidaan niiden voimakkuuden ja vaarallisuuden perusteella eri luokkiin. Kategorian 5 hurrikaanit ovat voimakkaimpia ja harvinaisimpia, mutta ne ovat yleistyneet ajan saatossa. Historiatiedoista 1920-luvulta on laskettu yhteensä 34 kategorian 5 hurrikaania Atlantilla, joista 17 on iskenyt Amerikkaan vuoden 1980 jälkeen. Pahin vuosi oli 2005, jolloin Amerikkaan iski yhteensä neljä kategorian 5 hurrikaania aiheuttaen miljardien dollarien tuhot. (AL.com 2019; Weather.com 2019.)

Lämpöaaltojen voimakkuuden ja toistuvuuden kasvu vaikuttavat eniten kaupunki-alueilla. Lämpöön liittyvien sairauksien sekä kuolleisuuden kasvu ovat paljon merkittävämpiä kahden asteen nousulla verrattuna 1,5 asteen nousuun. Ilmaston lämpenemisen yhteydessä myös vaaralliset taudit, kuten malaria ja muut hyönteistenlevittämät taudit, leviävät yhä laajemmalle. Nämä aiheuttavat mittavia kustannuksia valtioille suurentuneina terveyskuluina.

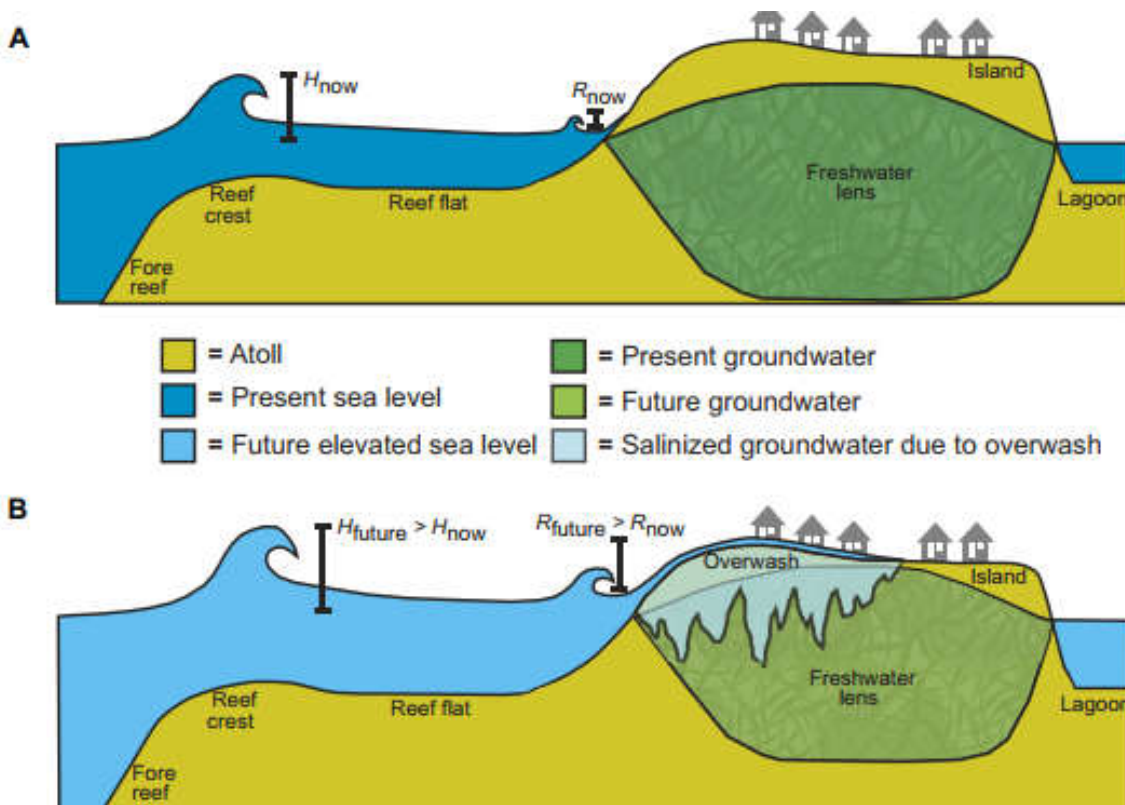
Nykyisellään esimerkiksi malaria aiheuttaa vuosittain noin 12 miljardin dollarin kustannukset, jotka on laskettu muun muassa lääke- ja hoitokuluista sekä menetetyistä työajasta. Sairaudesta vuosittain noin 200 miljoonaa ihmistä, joista siihen kuolee noin 400 000 ihmistä. (CDC 2019.)

Nabi sekä Qader (2009) tutkivat malarian leviämisen mahdollisuuksia ja ottivat tutkimuksessaan huomioon ilmaston lämpenemisen. He totesivat, että kun viileät alueet muuttuvat suotuisammiksi erilaisille taudeille ja niiden kantajille, tauti pääsee leviämään entistä laajemmalle alueelle. Toisaalta he korostivat, että nykyisen lääketieteen avulla taudin leviämistä pystytään rajoittamaan entistä paremmin, joten lämpötilan kohoaminen yksinään ei saa taudista vakavampaa uhkaa kuin alemmissa lämpötiloissa. Jotta tauti pääsisi leviämään entistä laajemmalle, lämpötilan kohoamisen lisäksi yleisen terveydenhuollon sekä malarialääkkeiden vaikutuksen pitäisi heikentyä.

Jatkuva lämpötilan kohoaminen aiheuttaa suuria ongelmia myös kylmemmillä alueilla. Antarktiksensa sekä Grönlannin mannerjäiden sulamisen kautta merenpinnan uskotaan nousevan useita metrejä vuoteen 2100 mennessä. Mikäli jään sulamista pystytään hidastamaan, jopa miljoonat ihmiset voisivat pelastua merenpinnan nousun vähenemisen vuoksi, kun rantakaupungit eivät jäisikään veden alle. Tämän lisäksi monet matalat saaret, rannikot ja suistoalueet eivät hukkuisi merenpinnan alle. Muita peruuttamattomia tapahtumia maapallon lämpenemisen yhteydessä mannerjään sulamisen lisäksi ovat esimerkiksi Golf-virran pysähtyminen tai sademetsien kuivuminen. (Heal & Kröström 2002, 10.)

Välittömämpi tämänhetkinen ongelma matalalla sijaitseville saarille sekä atolleille ovat suuret aallot, jotka pyyhkivät maa-alueiden ylitse. Storlazzi ym. (2018) tutkivat merenpinnan nousun lisäksi myös suurten aaltojen vaikutuksia saarten infrastruktuurille ja rakennuksille sekä saarten makean veden varastoille. Tutkimuksessa käsiteltiin Marshallinsaaria Tyynellä valtamerellä, missä sijaitsee yli 1 100 matalaa saarta, mutta tulokset ovat yleistettävissä kaikkiin saarivaltioihin sekä rannikkoalueisiin. He argumetoivat, että passiivinen pinnan kohoaminen tekee useista saarista asuinkelvottomia viimeistään 2100-luvun alussa, mutta ylipyhyhkivät aallot mukaan huomioituna saaret muuttuvat asuinkelvottomiksi jo noin 2050-luvulla.

Vaikean saarilla asuvien tilanteesta tekee se, että heillä ei useimmilla ole tilaa, johon siirtyä pakoon tai uusiin majoituksiin. Myös eläinten asuinpaikoista tulee asuminkelvottomia, kun suolainen vesi tappaa kasvit ja tekee makeasta vedestä juomakelvottomaa. Tästä Storlazzi ym. tekivät havainnollistavan kuvan.



Kuvio 5 Merenpinnan kohoamisen sekä aaltojen yhteisvaikutus saariin (Storlazzi ym. 2018, 2)

Kuviossa 5 on esitettyä merenpinnan kohoamisen sekä aaltojen yhteisvaikutus saaren asuinolosuhteisiin. H:lla kuvataan aaltojen korkeutta ja R:llä aallon nousua tai huuhtoutumista maalle (*runup*). Kuvion A osassa kuvataan tämänhetkistä tilannetta, jossa aallot eivät vielä lyö saarien yli, mutta kuvion B osassa näin tapahtuu.

Kun aallot pyyhkivät rantaviivan yli tasaisemmalle alueelle, suolainen merivesi jää maahan ja imeytyy tästä makean veden sekaan pohjavesistöön. Pienissä määrissä meriveden suola ei vielä vaikuta tasapainoon, mutta merenpinnan noustessa lisää aallot pääsevät pyyhkimään useammin rantaviivan yli, jolloin vedestä tulee lopulta juomakelvotonta. Mikäli meren keskiarvoinen pintataso nousee metrin verran, yli 50 prosenttia näistä Marshallinsaarista tulvivat vuosittain ja muovautuvat hiljalleen asuinkelvottomiksi. Ylihuhtovat vesimassat tuhoavat myös infrastruktuuria sekä rakennuksia, joiden korjaamiseen joudutaan investoimaan aina suurempia summia rahaa. Lisäksi suuret kaupungit sijaitsevat usein meren äärellä, jolloin osa niiden tärkeistä infrastruktuurista on rakennettu vain muutaman metrin veden pintaa korkeammalle. Yli huuhtoutuvat vesimassat aiheuttavat suuria ongelmia jatkossa myös mantereilla. (Storlazzi ym. 2018.)

Meriveden lämpötilan kohoaminen taas vaikuttaa suoraan vesissä elävien eliöiden toimintaan. IPCC (2018, 10) arvioi, että lämpötilan noustessa meriveden happo- sekä happipitoisuudet kääntyvät huonompaan suuntaan. Hapen määrän vähetessä kalat tukehtuvat ja hapen määrän lisääntyessä monet levälajit sekä makroekosysteemit, kuten koralliriutat, kuolevat. Veden lämpötilan noustessa monet kalalajit muuttaisivat päiväntasaajan alueelta joko pohjoiseen tai etelään, missä vedet ovat viileämpiä.

Taloudellisessa mielessä ajateltuna monet yritykset, jotka ovat riippuvaisia turismista, kalastuksesta tai vesialueista, joutuvat muuttamaan tai lopettamaan toimintansa, koska kaloja ei enää ole tai korallit ovat hävinneet. IPCC:n (2018, 11) yksi tutkimusryhmä arvioi, että kalastusyritykset saisivat vuosittain kansainvälisesti 1,5 miljoonaa tonnia vähemmän kalaa, jos ilmasto lämpenee 1,5 asteen verran. Vuosittainen kalasaalis vähenisi jopa kolme miljoonaa tonnia, mikäli lämpeneminen nousee kahteen asteeseen.

Lämpötilan kasvu vaikuttaa myös maa-alueilla. Viljelysmaiden arvioidaan tuottavan vähemmän viljatuotteita, kuten maissia, riisiä ja vehnää. Rehun saatavuus hyötyeläimille, kuten karjalle ja sioille vähenee merkittävästi, etenkin päiväntasaajan alueilla. Lisäksi rehun ja viljan tuottamiseen tarvitaan enemmän keinotekoisia kastelujärjestelmiä, jotka hyödyntävät paljon puhdasta pohja- tai järvivettä. Suurin vaikutus veden vähentymisellä on tropiikin sekä eteläisen pallonpuoliskon subtropiikin alueilla.

Schlenker, Hanemann sekä Fisher (2006) tutkivat, miten Pohjois-Amerikan viljapellot reagoisivat ilmaston lämpenemiseen ja veden määrän vaihteluun erilaisilla skenaarioilla. He valitsivat alueekseen Pohjois-Amerikan itäpuolen, jolla sijaitsee suurin osa viljeltävistä pelloista, samalla kun näitä peltoja kastellaan vähiten mekaanisesti ihmisen toimesta. Alueilla on siis eniten havaittavissa vaihtelua sääolojen muuttuessa ja sademäärien vaihdellessa.

He ottivat kuukausittaiset keskiarvot kaikista peltoalueista ja havaitsivat, että kaikki pellot kasvavat nopeimmin, jos kasvukauden aikana lämpötila pysyy 8–32 celsiusasteen välillä, ja että niiden sademäärä on ainakin 50 senttimetriä vuodessa. Mikäli lämpötila on alle 8 astetta, viljat paleltuvat. Jos taas lämpötila on yli 32 astetta, olot ovat liian kuumat ja viljat kuivuvat sekä kuihtuvat veden voimakkaan haihtumisen vuoksi. Toisaalta mikäli vettä sataa vuoden aikana yli 79 senttiä, maa on liian märkää ja viljakasvit tukehtuvat. (Schlenker ym. 2006, 5–7,11.)

Tutkimuksen neljän eri ennusteen mukaan vuosien 2020–2049 välisenä aikana viljelysmaiden tuotto vähenee keskiarvoisesti kymmenestä prosentista jopa 25 prosenttiin vuodessa. Kokonaisvaikutukseltaan tämä vastaa reilun 3–7 miljardin dollarin tulonmenetyksiä vuosittain pelkästään Pohjois-Amerikassa. Kokonaisvaikutusten ääripäävät ovat vielä suuremmat; Eteläisillä alueilla lämpötilan kohoaminen ja sateettomien kausien yhteisvaikutus voi heikentää viljelysmaiden arvoa jopa 70 prosenttia, kun taas pohjoisemmilla alueilla lämpötilan nousu parantaa kasvumahdollisuuksia, ja tuotto voi nousta jopa 34 prosenttia vuodessa. Suurimmat kasvupotentiaalit saavutettaisiin Kanadassa, kun taas eteläisessä Pohjois-Amerikassa olisi pahimmat menetykset. (Schlenker ym. 2006, 16.)

Cline (2007) teki samanlaisen tutkimuksen ilmastonmuutoksen vaikutuksista maataloudelle, mutta koko maailman mittakaavassa. Hän teki tutkimuksen kuudella eri skenaariolla, joista jokaisessa oli mukana luonnollinen potentiaalinen kasvu sekä toisena vaihtoehtona hiililannoitus-avusteinen maatalous (*carbon fertilization*⁵).

Cline (2007, taulukko E.1, 115–120) laski estimaatit, mitä maatalouden tuottavuudelle käy, kun lämpötila kohoaa ja sateen määrä vaihtelee. Vuoden 2080 arviot perustu-

⁵ *Carbon fertilization*, eli hiililannoitus, on potentiaalinen tapa helpottaa ilmastonmuutosta. Kasvit käyttävät hiilidioksidia yhteyttämisessä, jossa ne muuttavat lehdissään auringonvaloa sekä hiilidioksidia rakennusaineiksi sekä sokereiksi. Kun ilmakehässä on enemmän hiilidioksidia, kasvit voivat kasvaa nopeammin. Eli kasveja voitaisiin kasvattaa nopeammin pumppaamalla niille enemmän hiilidioksidia. (Cline 2007, 23–24.)

vat maan bkt:n arvoon vuonna 2005 ja siitä laskettuun maatalouden osuuteen. Lämpötilan noustessa hän arvioi tuotannon muuttuvan seuraavasti. Muutama esimerkki:

- Argentiina: maatalouden vuosittainen tuotanto 14 256 miljoonaa dollaria. Ilman hiililannoitusta maatalouden tuoton arvon vähennys kuumuuden takia olisi 24,3 prosenttia ($14256 \cdot 0,757 = 10\,792$), eli vuosittainen menetys olisi 3 465 ($14256 - 10792 = 3465$) miljoonaa dollaria. Hiililannoituksen onnistuessa vähennys olisi vain 12,9 prosenttia, eli 1 839 miljoonaa dollaria vuodessa.
- Kamerun: maatalouden vuosittainen tuotanto 5 496 miljoonaa dollaria. Luonnollisen tuotannon vähennys olisi jopa 27,5 prosenttia, eli vuosittainen menetys olisi 1 511 miljoonaa dollaria. Hiililannoituksen kanssa menetykset olisivat vain 16,6 prosenttia, eli 913 miljoonaa dollaria.
- Saksa: maatalouden vuosittainen tuotanto 16 822 miljoonaa dollaria. Ilman hiililannoitusta tuotanto vähenisi 6,6 prosenttia, mikä vastaa noin 1 110 miljoonan dollarin menetyksiä. Hiililannoituksen kanssa tuotanto nousisi 7,7 %, eli 1 295 miljoonan dollarin vuosituoton kasvu.

Hiililannoituksen mahdollisuuksia kannattaa ehdottomasti tutkia enemmän. Maatalous voisi hyötyä tästä suuresti, kuten yllä olevat arviot antavat olettaa. Moni eteläinen valtio voisi hidastaa lämpötilan kohoamisen aiheuttamaa katoa, mikäli hiililannoituksen teknologia saadaan toimimaan.

Hiililannoitus on kuitenkin tällä hetkellä vielä kehitysasteilla, joten sen kyky tehostaa tuotantoa perustuu vain laboratoriokokeiden antamiin tuloksiin. Cline (2007, 23–24) huomauttaa, että kun samanlaisia kokeita on tehty ulkoilmassa, kasvu ei ole ollut yhtä suurta, joten teknologisen kehityksen myötä hiililannoitus voidaan saada vielä tehokkaammalle asteelle. Tätä mahdollisuutta täytyy kuitenkin tutkia lisää. Alustavien tulosten mukaan etenkin riisi, vehnä ja soija sekä puut hyötyisivät merkittävästi ylimääräisestä hiilestä ilmassa ja kasvaisivat sen avulla nopeammin.

3 Ilmastonmuutoksen kvantifiointi sekä estimointi

Ilmastonmuutoksen mallit perustuvat hyvin pitkälti subjektiivisiin näkemyksiin maailman tilasta. Mallien avulla voidaan toki arvioida ilmaston tilan kulkua kohti tulevaisuutta, mutta näillä ei valitettavasti ole taustalla oikeaa dataa eikä oikeiksi todettuja kaavoja, jotka olisivat absoluuttisesti oikein. Tästä syystä ilmaston muuttumisen aiheuttamia taloudellisia vaikutuksia on todella vaikea laskea. William Nordhausin (2016, 4) omien sanojen mukaan: '...kristallipallo ilmastonmuutoksen vaikutusten ja haittojen arviointiin on kovin sumea.' Esimerkiksi kun laskemme hiilidioksidipäästöille niiden negatiivisia ulkoisvaikutuksia, tälle voidaan valita diskonttokorko käytännössä mielivaltaisesti – ja tämä vaikuttaa 50 vuoden kuluttua koettaviin kustannuksiin erittäin suuresti. Yhden mallin avulla hiilidioksidin hinnaksi pitäisi asettaa 10 dollaria per päästetty tonni, toisen avulla taas 200 dollaria per tonni, eikä kumpaakaan mallia voida todistaa vääräksi. (Pindyck 2013, 860.)

Ensimmäisiä integroituja arviointimalleja⁶ on tiedon ja ymmärryksen kasvaessa monimutkaistettu, mutta näilläkään ei ole onnistuttu selittämään tai parantamaan ihmisen tietoa ilmastonmuutoksesta eikä sen tulevaisuudessa aiheuttamista mahdollisista kustannuksista. Yksi merkittävä puute malleissa on se, että niistä puuttuu kokonaan mahdollisen ilmastokatastrofin aiheuttamat vahingot. Näitäkään ei kuitenkaan pysty ennalta arvioimaan. (Pindyck 2013, 861, 868.)

Näistä puutteistakin huolimatta ilmastonmuutosta on pyritty mallintamaan jo pidemmän aikaa. Vaikka mallintaja pystyy vaikuttamaan omilla näkemyksillään lopputulokseen, estimaatit antavat hyvin tärkeää tietoa mahdollisista kustannuksista, joita ei vielä tällä hetkellä havaita. Tästä syystä Gerlagh sekä Liski (2018, 730) painottavat, että hiilen hinnoittelun tulisi kasvaa talouden kasvuvauhtia nopeammin, kunnes tiedämme enemmän ilmastonmuutoksen todellisista vaikutuksista. Oletuksena tässä on se, että hiilipäästöjen hintakehitystä voidaan muuttaa heti, kun aikaisemman informaation perusteella voidaan tehdä tarkkoja päätelmiä päästöjen vaikutuksesta taloudelle. Mikäli päästöt eivät olekaan vaikuttaneet ilmastonmuutokseen niin merkittävästi kuin on oletettu, hinnannousua voidaan vähentää tai hintaa jopa absoluuttisesti pienentää. Tämä vaih-

⁶ Integroitu arviointimalli on tasapainomalli, missä yritetään selvittää ilmastonmuutoksen aiheuttamia kustannuksia taloudelle. Mallin integroinnilla tarkoitetaan sitä, että mallilla yritetään selvittää sekä syytä että seurausta. (Liski 2018, 559.)

toehto kuitenkin edellyttää useamman vuosikymmenen aikaista näyttöä siitä, että ilmastomuutos ei olekaan vaikuttanut niin negatiivisesti maapalolla. Torjuviin toimenpiteisiin on kuitenkin ryhdyttävä ripeästi. Muun muassa Heal (2008, 19) arvioi toimenpiteiden hitaan käyttöönoton aiheuttavan jopa viiden prosentin vuosittaiset kulut globaalin bruttokansantuotteen mitalla. Kehittyvien talouksien suhteellinen tappio olisi vieläkin suurempi. Lisäksi mitä myöhemmissä vaiheissa nämä hidastavat toimenpiteet aloitetaan, sitä suuremmaksi niiden toteuttamisen kustannus muodostuu.

Tarkastelemme seuraavaksi yhtä ensimmäisistä integroiduista arviointimalleista, joiden pohjalta useat arviot ilmastomuutoksen kustannusanalyseissa on tehty.

DICE (*Dynamic Integrated model of Climate and the Economy*) on William Nordhausin luoma ennustemalli vuodelta 1992. Yksinkertaistettuna se tarkastelee ilmastomuutosta talouden kasvun näkökulmasta. Se yhdistelee kasvihuonekaasupäästöjen ja lämpötilan muutoksia erilaisissa taloudellisissa skenaarioissa ja ennustaa siten ilmastomuutoksen taloudellisia vaikutuksia ja kustannuksia. Mallin tarkoituksena on laskea hiilidioksidipäästöille mahdollisimman tarkasti haittaveron taso, joka pitäisi ottaa kansainvälisesti huomioon kaikessa tuotannossa. (Nordhaus 2017, 1518.)

Mallista tekee poikkeavan se, että se on pystynyt laskemaan yllättävän tarkasti kustannuksia ja lämpenemisen vahinkoja maapalolle jo alusta alkaen. Siitä on muodostunut erittäin käyttökelpoinen malli, sillä se sitoo useita eri muuttuvia elementtejä yhteen. Mallia on kuitenkin päivitetty usein reilun 25 vuoden aikana, kun taloudelliset parametrit ovat muuttuneet, ja epävarmuustekijöitä on poistettu tai uusia lisätty. (Nordhaus 2016, 3)

DICE-malli rakentuu seuraavasti (Nordhaus & Sztorc 2013, 7–17; Nordhaus 2016, 4–8): Malli optimoi intertemporaalista hyvinvointia W , joka saadaan diskonttaamalla per capita kulutuksen tuomat hyödyt tähän hetkeen.

$$W = \sum_{t=1}^{T \max} V[c(t), L(t)] * R(t) = \sum_{t=1}^{T \max} U[c(t)] * L(t) * R(t), \quad (1)$$

missä $T \max$ = ennusteuran loppuhetki (useimmissa laskelmissa vuosi 2100)⁷, V = tämänhetkinen hyvinvointi, U = hyötyfunktio, $c(t)$ = per capita kulutus sekä $L(t)$ = populaatio. $R(t)$ on diskonttaustekijä ja se saadaan seuraavasti: $R(t) = (1+\rho)^{-t}$, missä ρ = subjektiivinen aikapreferenssi hyvinvoinnille. Mitä suuremman arvon ρ saa, sitä pienempi on diskonttokorko. Tämä tarkoittaa, että henkilö arvostaa omaa tämän hetkistä hyvin-

⁷ Vuotta 2100 pidemmälle ennustaminen on hyvin epätarkkaa, sillä talouden sekä ilmaston muutokset vaikuttavat voimakkaasti parametrien ja kertoimien arvoihin (Nordhaus 2016, 4).

vointiaan korkeammalle kuin tulevaisuudessa ansaittavaa hyvinvointia, eli puhumme tavallaan kärsimättömyyden tasosta.

Taloudellisen tilaston valossa ρ :n kuuluisi olla 2–5 prosentin välissä. Tätä Pindyck (2013, 864) perustelee sillä, että nykyisen sukupolven toimet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ovat hyvin vähäisiä. Niistä paistaa läpi tulevaisuuden suunnittelun puute, mikä näkyy myös taloudellisessa ajattelussa, esimerkiksi poliitikkojen osalta. Toisaalta taas ρ :n arvon pitäisi olla nolla eettisistä syistä, kuten Heal (2008, 22) argumentoi. Tätä hän perustelee sillä, että nykyisen sukupolven on kohtuutonta arvottaa omaa hyvinvointiansa korkeammalle kuin tulevien sukupolvien hyvinvointia.

Hyötyfunktioilla U kuvataan kulutuksesta saatavaa hyötyä. Siinä on mukana vakioinen elastisuustekijä kulutukselle, missä α kuvaa sukupolvien välistä epätasa-arvoa: $U(c) = c^{1-\alpha}/(1-\alpha)$. Mikäli α on nollan lähellä, eri sukupolvien välinen kulutus voidaan nähdä substituutteina. Mitä suurempi α on, sitä korkeammalle henkilö arvottaa myös tulevaisuuden kulutuksen, eli hän on tasa-arvoisempi. Pindyck (2013, 864) arvioi markkinadatan perusteella ihmisen olevan melko itsekäs, eli α olisi noin 1–3 prosentin luokkaa.

Tulisiko kustannustaso laskea siis sen mukaan, mitä markkinoilta on havaittavissa vaiko eettisesti oikeilla arvoilla? Hyvinvoinnin aikapreferenssin, ρ , sekä kulutuksen aikapreferenssin, α , ”oikeiden” arvojen välillä pompottelu vaikuttavat suuresti diskonttotekijään sekä hyötyfunktioon, jolla nykyisen ja tulevien sukupolvien hyötyjä arvotetaan. Mitä alemmaksi ρ :n sekä korkeammaksi α :n arvot asetetaan, esimerkiksi $\rho \approx 0$ ja $\alpha = 0,03$, sitä suuremmaksi hiilipäästöjen yhteiskunnallista kustannusta arvioidaan. Kustannustaso olisi korkeampi eettisistä syistä, koska arvostamme tulevien sukupolvien hyvinvointia ja kulutusmahdollisuuksia samalla tavalla kuin omiamme. Markkinadatan perusteella Nordhaus asettaa $\rho = 0,015$ eli diskonttotekijä R olisi noin 5,5 prosenttia, ja $\alpha = 0,02$. Nämä arvot pyrkivät minimoimaan talouden muutoksen ja sen vuoksi yhteiskunnallinen kustannus olisi vain noin 10 dollaria per päästetty hiilidioksiditonni. (Nordhaus & Sztorc 2013, 7; Pindyck 2013, 865.)

Toisena kaavana laskemme tuotantofunktion avulla kokonaistuotannon tason, johon vaikuttaa lämpötilan noususta aiheutuvat vahingot sekä ilmastonmuutoksen lieventämiskustannukset (*abatement costs*):

$$Q(t) = \Omega(t)[1 - \Lambda(t)] * Y(t), \quad (2)$$

missä $Q(t)$ = nettotuotos, joka saadaan vähentämällä bruttotuotoksesta $Y(t)$ ympäristövahinkojen $\Omega(t)$ sekä lievennyskustannusten $\Lambda(t)$ pienentävillä kertoimilla. Koska $0 < \Omega < 1$ sekä $0 < [1 - \Lambda(t)] < 1$, nämä molemmat pienentävät potentiaalista bruttotuo-

tantoa. Nordhaus sekä Sztorc (2013, 26) kuitenkin olettavat, että talouden kokonaistuotavuus jatkaa kasvuaan näistä ongelmista huolimatta, minkä vuoksi nettotuotanto Q kasvaa ajan kuluessa.

Lieventämiskustannuksilla tarkoitetaan ilmastonmuutoksen hidastamiseen käytettyjä panostuksia, ja katsomme tästä havainnollistavan esimerkin luvun lopussa. Nordhausin (2016, 18) arvioissa on, että kustannusten maksimiarvo vuonna 2015 on 30 prosenttia tuotannosta. Luonnollisesti mitä suuremmat vahingot sekä lieventämiskustannukset havaitaan, sitä vähemmän hyödykkeitä voidaan tuottaa. Tämä perustuu oletukselle, että mitä suuremmat negatiiviset vaikutukset ilmastonmuutos aiheuttaa taloudelle, sitä enemmän ihmisten täytyy investoida haittojen poistamiseen, jotta talous toimisi.

Vahinkofunktio $\Omega(t)$ muodostuu seuraavasti: $\Omega(t) = D(t) / [1 + D(t)]$, missä

$$D(t) = \psi_1 T_{AT}(t) + \psi_2 [T_{AT}(t)]^2. \quad (3)$$

Yhtälön 3 avulla kuvataan lämpenemisen aiheuttamia vahinkoja sekä ilmastonmuutoksen taloudellisia vaikutuksia. T_{AT} = ilmakehän globaali keskiarvolämpötila maapallolla. Mitä lämpimämpää maapallolla on, sitä suuremmat kustannukset koetaan, muun muassa ääriolosuhteiden muodossa. ψ on parametrimuuttuja, jolla kerrotaan lämpötilan aiheuttamia vahinkoja taloudelle. Näille ei valitettavasti ole tarkkoja arvoja, vaan niiden arvot perustuvat oletettuihin vahinkoarvioihin, joita lämpötilan kohoaminen voisi aiheuttaa. (Pindyck 2013, 868.)

Kaavojen 2 sekä 3 avulla saamme siis mallinnettua, miten tuotannon todellinen taso heittelee sen potentiaalisesta tasosta lämpötilan vaihdellessa. Kun lämpötila kasvaa, vahinkojen $\Omega(t)$ suuruus nousee, mikä pienentää bruttotuotantoa $Y(t)$.

Neljäntenä yhtälönä arvioimme kokonaispäästöjä $E(t)$, jotka muodostuvat teollisuuden sekä maankäytön mukaan. Maankäytön yhteydessä muodostuvat päästöt $E_{LAND}(t)$ ovat eksogeeniset, mutta teollisuudessa muodostuviin päästöihin vaikuttaa tuotannon nykyinen taso.

$$E(t) = \sigma(t) * [1 - \mu(t)] * Y(t) + E_{LAND}(t), \quad (4)$$

missä $\sigma(t)$ = päästöjen ja yhden tuotetun yksikön suhde (*CO₂-output ratio*), $\mu(t)$ = hiilipäästöjen vähenemiskerroin ja $Y(t)$ = kokonaistuotos. Luonnollisesti mitä tehokkaampi tuotanto on käytössä, sitä vähemmän päästöjä tuotetaan suhteessa valmistettuihin yksiköihin. Nordhaus (2016, 7, 23) olettaa mallissaan, että kokonaispäästöt E laskevat noin 1,5 prosenttia vuodessa.

Seuraavien yhtälöiden avulla yhdistämme ilmakehään kertyneen hiilen $M(t)$, lämpösäteilyn sekä ilmastonmuutoksen. Yhtälössä 5 aloitetaan summaamalla yhteen hiilen kolmeen eri varastoon kertyneet määrät.

$$M_j(t) = \phi_{0j} * E(t) + \sum_{i=1}^3 \phi_{ij} M_i(t-1) \quad (5)$$

Parametri ϕ_{ij} kuvaa diffuusiota hiilivarastojen välillä per periodi t :llä kuvataan missä varastossa hiilidioksidi on nyt: AT = ilmakehä (atmosphere), UP = meren pinta ja biosfääri⁸ (upper oceans) sekä LO = syvät meret (lower oceans), ja j :llä kuvataan minkä kahden varaston välillä hiilidioksidimäärät tasoittuvat. Kaikki tuotetut hiilipäästöt lähtevät eteenpäin ilmakehän kautta ja tätä kuvaa parametri ϕ_{0j} .

Kaavojen 4 ja 5 avulla saamme yhdistettyä tuotannon hiilitehokkuuden vaikutukset päästöihin sekä samalla päästöjen vaikutuksen maapallon lämpenemiseen. Otamme tähän avuksi vielä kuudennen yhtälön.

Yhtälön 6 avulla saamme lämpösäteilyn sekä ihmisten päästämien kasvihuonekaasujen vaikutukset yhteen. Nämä yhdessä nostavat maapallon lämpötilaa.

$$F(t) = \eta * \left\{ \log_2 \left[\frac{M_{AT}(t)}{M_{AT}(1750)} \right] \right\} + F_{EX}(t), \quad (6)$$

missä $F(t)$ = lämpösäteilyn muutos ihmisen toiminnan seurauksena, $F_{EX}(t)$ = eksogeeninen lämpösäteily ja η = lämmönsäteilyn lisääntyminen CO_2 -pitoisuuden kasvaessa. Lisäksi vertaamme logaritmisesti ajanhetkellä t ilmakehässä olevaa CO_2 -pitoisuutta vuoden 1750-lukuun, jota pidetään yleisesti teollisen vallankumouksen alkamisajankohtana.

Kaavan 6 avulla saamme siis laskettua maapallon lämpenemisen määrän ja jaettua sen ihmisen aiheuttamaan lämmön nousuun sekä ulkoiseen lämmön nousuun. Täten voimme laskea kustannuksia nettotuotannon pienenemiselle (kaavan 2 muuttuja Q) vertaamalla sitä potentiaaliseen bruttotuotantoon (kaavan 2 muuttuja Y). Mitä suurempi ero näiden kahden välille muodostuu, sitä suurempia ovat lämpenemisen haittavaikutukset taloudelle.

Lopuksi laskemme kahden eri tason lämpenemisen kahden yhtälön avulla, jotta saamme keskiarvolämpötilan:

$$T_{AT}(t) = T_{AT}(t-1) + \xi_1 \{F(t) - \xi_2 T_{AT}(t-1) - \xi_3 [T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1)]\}, \quad (7)$$

$$T_{LO}(t) = T_{LO}(t-1) + \xi_4 [T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1)]. \quad (8)$$

Kaavoissa $T_{AT}(t)$ kuvaa edelleen globaalia keskiarvolämpötilaa maapallon pinnalla ajanhetkellä t , ja $T_{LO}(t)$ kuvaa syvien merien keskilämpötilaa ajanhetkellä t . ξ -kerroin kuvastaa ilmaston herkkyyttä, eli kuinka paljon päästöjen pitää kasvaa, jotta lämpötila

⁸ Biosfääri, eli maapallon eri tasot, joilla elämä on mahdollista.

tuplaantuu. Syvien merien lämpötilan kehitys on tärkeä pitää mukana laskelmissa, sillä niiden muuttumiseen tarvitaan pidempiä ajanjaksoja. Näin estimaatit lämpötilan pitkän aikavälin vaihteluista ovat vähemmän riippuvaisia ilmakehän suuremmasta lämpötilavaihtelusta, mikä luonnollisesti tarkoittaa tarkempaa arviota.

Viimeisimpänä estimaattina on saatu, että keskilämpötila nousee aina 3,1 celsiusastetta, kun hiilidioksidin määrä tuplaantuu. Kun maapallon keskilämpötila nousee kolmeen celsius-asteeseen, vahinkojen arvioidaan olevan reilut kaksi prosenttia globaaleista tuloista (Nordhaus 2016, 8, 13). Kun nämä estimaatit otetaan huomioon, voimme laskea hiilipäästöjen ulkoisvaikutuksille yhteiskunnallisen kustannusten tason, eli SCC:n (*social cost of carbon*).

SCC on käytännössä tärkein ilmastonmuutoksen taloudellinen mittari. Sen laskenta on kuitenkin hyvin monimutkaista, sillä siinä täytyy ottaa huomioon niin monta tekijää, kuten päästöjen vaikutus ympäristöön sekä ilmastonmuutoksen oletetut vaikutukset taloudelle. Aivan kuten DICE:n laskemisessa nähtiin. (Nordhaus 2017, 1518.)

Nordhausin (2017, 1521) mukaan SCC:n olisi pitänyt olla noin 31 dollaria per päästetty hiilitonni vuonna 2015 ja vuoteen 2050 asti sen pitäisi kasvaa 3 prosenttia vuodessa. Tätä kustannustasoa ei olla kuitenkaan lähelläkään edes nykypäivänä, kun esimerkiksi EU:n päästökauppa jakaa saastuttavimmille aloille ilmaiseksi päästöoikeuksia. Tarkastelemme päästöoikeuskauppaa tarkemmin luvussa 5.3.

Ongelmana DICE:n avulla lasketussa SCC:ssä on se, että Nordhausin estimaatit hidastavat keskilämpötilan kasvun pysähtymisen vasta noin 3,5 asteen tasolle, jotta talous kokisi mahdollisimman pienen häiriön muutoksen edetessä (Nordhaus 2016, 26). Mikäli tavoitteet asetettaisiin kireämmiksi, SCC:n hintatason tulisi luonnollisesti olla paljon korkeammalla.

Lieventämiskustannusten esimerkki

Ilmastonmuutoksen lieventämiskustannuksilla, $\Lambda(t)$, tarkoitetaan kustannuksia, jotka syntyvät, kun yritys pyrkii poistamaan tai vähentämään toiminnastaan aiheutuvia ulkoisvaikutuksia, kuten päästöjä. Tämän analysointiin on kehitetty marginaalinen lieventämiskustannuskäyrä (MACC, *marginal abatement cost curve*), minkä avulla yritykset

voivat kilpailuttaa erilaisia päästövähennyksiä suhteessa niiden toteuttamisen kustannuksiin (Kesicki & Strachan 2011, 1195).

Ward (2019) tarjoaa tästä yksinkertaisen esimerkin. Yhtiöllä A on varaa toteuttaa toinen seuraavista projekteista: se voi joko ostaa yritykselle uudet työsuhteautot ja investoinnin nettohyötyarvoksi tulee -200 000 euroa, tai vaihtaa nykyisten autojen polttoaineen ekologisempaan, à -100 000 euroa. Saavutettaviksi päästövähennyksiksi projekteille arvioidaan 20 000t sekä 5 000t hiiliekvivalenttipäästöjä (CO₂e).

Marginaalinen kustannus MAC:n avulla on investoinnin arvo jaettuna saavutettavalla päästövähennyksellä sekä tämän kertominen miinus yhdellä, eli saamme $(-200\,000\text{€}/20\,000\text{ tCO}_2\text{e}) \times -1 = 10\text{€/tCO}_2\text{e}$ sekä $(-100\,000\text{€}/5000\text{tCO}_2\text{e}) \times -1 = 20\text{€/tCO}_2\text{e}$.

Vaikka tämä onkin naiivi esimerkki, antaa se silti selkeän kuvan, mihin yrityksen kannattaa keskittää varansa päästövähennyksien tavoittelussa. Investointi polttoaineen vaihtamiseen oli alussa houkuttelevampi vaihtoehto, sillä siitä aiheutuva kustannus yritykselle olisi vain puolet toisesta. Yrityksen A kannattaisi silti toteuttaa työsuhteautojen päivitys, sillä sen suhteellinen kustannus oli vain 10 euroa per säästetty tonni hiilipäästöjä. Eli mitä pienemmän kustannuksen yritys saavuttaa päästöjen vähentämiselle tonneissa, sitä aiemmassa vaiheessa tällainen investointi kannattaa toteuttaa verrattuna muihin.

MAC-luvun arvoksi voidaan saada myös negatiivinen luku sen laskutavan vuoksi. Mikäli yritys kilpailuttaisi esimerkiksi sähkösovimuksensa uusiutuvien energiamuotojen alaiseksi, muutos saattaisi säästää yrityksen energiakustannuksissa sekä samalla pudottaa tämän tuottamia päästöjä. Tilanne olisi yrityksen kannalta ihanteellinen, sillä yrityksen investointi voisi saada MAC-luvuksi esimerkiksi -10€/tCO₂e, eli yritys säästäisi rahaa jokaisesta vähennetystä tonnista päästöjä.

4 Talouskasvun ongelmat kestävässä kehityksessä

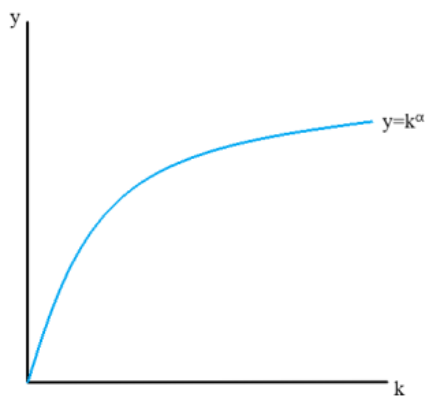
4.1 Taloudellisen kasvun mallintaminen sekä AK-malli

4.1.1 Talouskasvun perusteet AK-mallin avulla

Tarkastelemme talouskasvua yhdellä yksinkertaisimmista kasvun malleista, AK-mallilla. AK-nimitys tulee siitä, että malli ennustaa pitkän aikavälin talouskasvua ainoastaan teknologisen kehittymisen A sekä pääomien kehittymisen K kautta. Tämän kasvumallin perustana on Robert Solowin vuonna 1956 kehittämä taloudellisen kasvun malli. Tässä oletettiin teknologian kehittymisen olevan eksogeenista, eli pitkän aikavälin talouskasvu otetaan annettuna vakiona. Seuraavana on esitetty Solowin malli Cobb-Douglas muodossa (Jones 2002, 22):

$$Y = F(K, L) = K^\alpha L^{1-\alpha}. \quad (9)$$

Tuotantofunktio Y on nyt esitetty pääoman K sekä työn L avulla. Solowin mallissa alfa on positiivinen vakio ja se on $0 < \alpha < 1$. Eli fyysinen pääoma kasvattaa tuotosta, mutta vähenevässä suhteessa. Tämä tarkoittaa sitä, että kun yhdelle työntekijälle annetaan lisää työkoneita, hänen rajatuotoksensa kasvaa alussa nopeasti, mutta liian monen koneen kanssa tuottavuus ei enää nouse samassa suhteessa.



Kuvio 6 Vähenevä rajatuotos, kun panoksia kasvatetaan, Solowin kasvumalli

Työ voidaan nähdä työvoimana ja se kasvaa, kun populaation koko kasvaa n -vauhtia vuosittain. Pääoma taas kertyy ajassa investointien s , sekä pääoman kulumisen d , perusteella. Kun yksilöt eivät kuluta kaikkia tulojaan vaan säästävät osan, tuo säästetty osuus

käytetään investointeihin, joilla saadaan tulevaisuudessa lisää fyysistä pääomaa K' . Kun tästä vähennetään aiemman pääoman kuluminen, saadaan pääoman kertymisen yhtälö (Jones 2002, 23):

$$K' = sY - dK, \quad (10)$$

missä sY kuvaa bruttoinvestointeja, eli kulutuksesta säästettyä osuutta ja dK pääoman kulumista. d on siten kerroin, jolla pääomaa tuhoutuu tai kuluu. Molemmat s sekä d oletetaan vakioiksi.

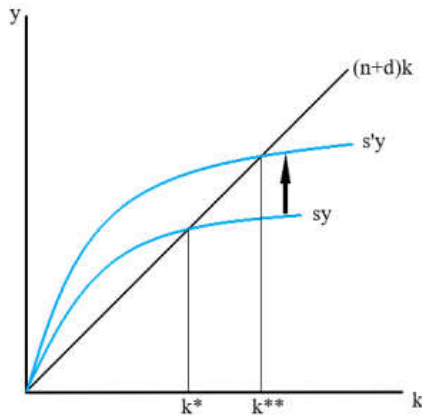
Merkitsemme per capita muuttujia pienillä kirjaimilla – esimerkiksi kokonaistuotos on Y sekä per capita tuotos on y , joka saadaan jakamalla Y työvoimalla L . Pääoman kertyminen per capita muodossa saadaan muokkaamalla edellistä yhtälöä hieman (Jones 2002, 26):

$$k' = sy - (n + d)k, \quad (11)$$

missä n oli populaation kasvuvauhti (L'/L). Muuttuja n täytyy ottaa mukaan, sillä mitä nopeammin populaatio kasvaa, sitä pienempi määrä työkoneita on mahdollista olla työntekijää kohden.

Vähenevän rajatuotoksen vuoksi talous ajautuu lopulta tasapainotilaan (*steady state economy*), josta ei kannata poiketa (kuvio 7 alla). Tässä tilassa, k^* , uudet investoinnit kattavat vanhan pääoman uusimisen sekä korjaamisen, eikä talous kasva. Lisäksi tasapainossa kaikkien osapuolien perustarpeet on tyydytetty.

Talous voidaan saada uuteen kasvuun, jos esimerkiksi sen säästö- eli investointias- tetta saadaan korotettua tasolta s tasolle s' . Tässä tapauksessa tuotanto per capita -käyrä nousee ylöspäin ja pitkän ajan kuluessa päädytään uuteen tasapainoon, pisteeseen k^{**} . Tässä pisteessä uutta pääomaa kartutetaan taas samalla vauhdilla kuin vanhaa kuluu, eli talous ei kasva. (Jones 2002, 30.)



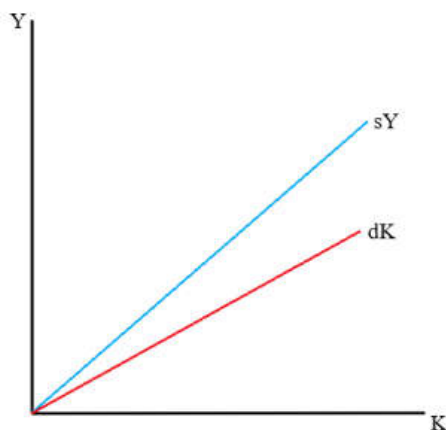
Kuvio 7 Talouden tasapainotila, Solowin kasvumalli (Jones 2002, 30)

Solowin malli ei kuitenkaan ennustanut taloudellista kehitystä oikein pitkällä aikavälillä, joten siihen lisättiin mukaan teknologinen kehitys A , joka kasvaa eksogeenisesti vakiovauhdilla $g (=A'/A)$. Nyt tuotantofunktio on muotoa $Y = F(K, L) = K^\alpha AL^{1-\alpha}$ ja $A > 0$. (Jones 2002, 36.)

Mikä AK-mallista tekee vielä yksinkertaisemman, on muutama perusoletus lisää, jotka keventävät kasvumallia entisestään: populaation koko on normalisoitu yhdeksi, eli $L=1$. Lisäksi oletamme, että $\alpha=1$, eli Solowin tuotantofunktio pelkistyy AK-mallin mukaiseen muotoon (Jones 2002, 157):

$$Y = AK \quad (12)$$

Pääoma kertyy samalla tavalla kuin Solowin mallissa, yhtälön 10 mukaan. Nyt, koska oletamme alfan olevan yksi, malli ei enää ennusta väheneviä rajatuotoksia, vaan ne kasvavat lineaarisesti ajassa. Kuvion 7 kaartuva käyrä muuttuu seuraavaan muotoon.



Kuvio 8 Pääoman kertyminen AK-mallissa

dK-käyrä kuvastaa sitä määrää, mikä pitää vähintään investoida, jotta nykyinen pääoma säilyy ehjänä. Jos investointiaste on kulumisastetta korkeampi, kuten kuviossa 8, pääoman määrä kasvaa loputtomasti, eli talous kasvaa jatkuvasti. Tämä voidaan osoittaa lyhyellä todistuksella. Aloitamme jakamalla pääoman kertymistä osoittavan yhtälön 10 molemmat puolet K:lla. Saamme

$$\frac{K'}{K} = s \frac{Y}{K} - d. \quad (13)$$

Kun teemme saman alkuperäiselle tuotantofunktiolle (yhtälö 12), saamme $Y/K = A$, minkä voimme sijoittaa yhtälöön 13. Täten saamme

$$\frac{K'}{K} = sA - d, \quad (14)$$

eli mitä suuremman osan henkilöt investoivat tuloistaan, sitä nopeammin talous kasvaa. Nyt valtiot, jotka investoivat suhteessa eniten, saavat suuremman kasvun ja suuremman tuoton itselleen. Solowin mallissa A oli eksogeeninen muuttuja, mutta AK-mallissa se on endogenisoitu, eli voimme vaikuttaa A :n arvoon ja siten taloudellisen kasvun vauhtiin g . (Jones 2002, 43, 159.)

Tämä ei kuitenkaan ole optimitilanne ympäristön kannalta, sillä nyt yritykset edelleen tuottaisivat kaiken minkä pystyvät. Tuotannossa ei otettaisi huomioon ulkoisvaikutuksia eikä rajallisia resursseja, joten sosiaalinen optimi ei toteudu. Tarkastelemme näitä rajoittavia tekijöitä seuraavassa luvussa tarkemmin.

4.1.2 AK-malli loputtoman talouskasvun lähteenä

Hyödynnämme tässä luvussa laajasti Haukiojan (2007) väitöskirjaa, jossa AK-mallin avulla näytettiin, miten talous voi kasvaa jatkuvasti, vaikka sille asetetaan erilaisia rajoitteita. Näitä olivat esimerkiksi kestävä kehitys, ulkoisvaikutukset kuten saasteet ja päästöt, sekä rajalliset resurssit kuten viljelyskelpoinen maa.

Kestävän kehityksen rajoite tässä yhteydessä tarkoittaa sitä, että nykyinen sukupolvi ei saa epäoikeudenmukaisesti hyväksikäyttää kaikkia resursseja oman hyvinvointinsa maksimointiin, vaan sen täytyy huomioida myös ympäristön sekä tulevien sukupolvien hyvinvointi. Toisaalta vaatimuksena on myös se, että nykyisen sukupolven hyvinvointi ei saa heikentyä. Eli nykyinen sukupolvi saa käyttää rajallisiakin resursseja omaan hyvinvointiinsa, kunhan seuraavilla sukupolvilla on mahdollisuus jatkuvaan hyvinvointiin ja talouskasvuun. Kun nämä kolme tekijää – sukupolvien välinen hyvinvointi, ympäris-

tön hyvinvointi sekä resurssien riittävyys – saadaan pitkällä aikavälillä menestymään ja säilymään, kestävä kehitys on onnistunutta. (Haukioja 2007, 13-15, 43-44.)

AK-malli rakennetaan aiemmassa luvussa esitetyllä tavalla. Seuraavaksi siihen lisätään mukaan saasteet, jotka aiheutuvat ulkoisvaikutuksista tuotannossa. Viimeiseksi malliin lisätään saasteita vähentävä teknologia (*abatement technology*), minkä avulla torjutaan saasteiden negatiivisia vaikutuksia talouskasvulle ja hyvinvoinnille.

Haukiojan (2007, 85) versiossa AK-malli rakennetaan pääpiirteissään seuraavasti. Alussa pääoma K sisältää sekä fyysisen että henkisen pääoman. On siis teoreettisesti mahdollista, että alfan arvo voi olla yksi. Lisäksi meillä oli teknologian taso A . Saamme yhtälön $Y = AK$. Tuotannon kasvuaste määräytyy seuraavasti (Haukioja 2007, 86):

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{A'}{A} + \frac{K'}{K}, \quad (15)$$

eli mitä enemmän pääomia meillä on käytettävissä tai mitä parempi teknologian taso on olemassa, sitä enemmän voimme tuottaa. Talouden resurssirajoite osoittaa, että voimme joko kuluttaa tai investoida tulomme,

$$Y(t) = C(t) + I(t). \quad (16)$$

Pääoma kertyy samalla tavalla kuin Jonesin (2002) mallissa, mutta käytämme pääoman kulumisen muuttujana δ -merkkiä $d:n$ sijasta. Tällä on kuitenkin samat ominaisuudet kuin aiemmin. Tasapainossa investointiaste on yhtä suuri kuin säästöaste, eli $sY = I$.

Tämän avulla saamme yhtälön 14 uudelleen:

$$\frac{K'}{K} = sA - \delta. \quad (17)$$

Nyt yritykset maksimoivat voittoa $\pi(t)$ optimoimalla pääoman määrän ja siitä maksettavan vuokran r mukaan:

$$\pi(t) = AK - rK. \quad (18)$$

Tätä maksimoidessa ensimmäisen asteen välttämätön ehto on seuraava:

$$\frac{\partial \pi}{\partial K} = A - r = 0, \quad (19)$$

eli pääoman vuokra on yhtä suuri kuin teknologian taso. Yritykset käyttävät siis omaa niin paljon, että siitä maksettava vuokra on yhtä suuri kuin pääoman marginaalinen tuotto.

Yksittäiset kuluttajat taas maksimoivat omaa intertemporaalista hyötyänsä kuluttamalla. Tämä esitetään useimmiten relatiivisen riskiaversion tai hyödyn intertemporaalisen substituoitavuuden avulla (Haukioja 2007, 87):

$$U = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta}, \quad (20)$$

missä θ kuvastaa kulutuksen substituutiojouston käänteislukua, eli nykyisen ja tulevan kulutuksen suhteen preferenssiä. Oletamme, että $\theta \neq 1$.

Nyt maksimoimme hyötyä seuraavalla yhtälöllä:

$$\max_c U = \int_0^\infty \frac{c^{1-\theta}-1}{1-\theta} e^{-\rho t} dt. \quad (21)$$

Matemaattisen todistuksen⁹ avulla Haukioja (2007, 88–92) on osoittanut, että talouden kasvuaste g riippuu teknologian tasosta A , pääoman kulumisasteesta δ , aikapreferenssistä ρ (kuvaa kuinka paljon kuluttaja suosii nykyistä sukupolvea tuleviin verrattuna) sekä substituutiojoustosta θ seuraavasti:

$$\frac{\partial g}{\partial A} > 0, \frac{\partial g}{\partial \delta} < 0, \frac{\partial g}{\partial \rho} < 0 \text{ sekä } \frac{\partial g}{\partial \theta} < 0, \quad (22)$$

eli teknologian tason kasvaessa talouden kasvuvauhti nousee, ja muuttujien δ , ρ sekä θ kasvaessa talouden kasvuvauhti hidastuu. Lisäksi mikäli $A > \delta + \rho$, niin talous kasvaa, eli $g > 0$.

Tämä yhtälö ei kuitenkaan tarkastele ulkoisvaikutuksia, kuten lyhyesti mainitsimme luvun 4.1.1 lopussa. Eli malli tuottaa positiivista talouskasvua, mutta ei kestäväällä tavalla. Seuraavaksi laajennamme AK-mallia ottamaan huomioon myös saasteet, joista aiheutuu haittaa yhteiskunnalle (Haukioja 2007, 93).

$$P(t) = P[Y(t), C(t), K(t)], \quad (23)$$

missä saasteet P kertyvät tuotannon Y , kulutuksen C sekä pääoman K kautta. Haukioja (2007, 93) kuitenkin näkee Y :n myös taloudellisena aktiviteettina, mikä ei aina aiheuta lisää päästöjä. Esimerkiksi jotkin toiminnot voivat vähentää saasteiden tuotantoa, mutta kasvattavat taloutta, joten hän jättää Y :n pois saasteita aiheuttavista tekijöistä. Samoin hän jättää kulutuksen pois, sillä kulutuksen trendit vaihtelevat paljon ajassa. Paljon saastuttavia tuotteita voidaan tulevaisuudessa vaihtaa paljon 'puhtaampiin' hyödykkeisiin. Joten meillä on yhtälössä 23 todellisena saastuttajana jäljellä enää pääomat K .

Pääomaa käytetään tuotannon osatekijänä, ja pääoman vuokran avulla kuluttajat saavat tuloja, joiden avulla voidaan kuluttaa. Haukioja (2007, 93) asettaa siis pääomat olemaan pääasiallinen saasteiden aiheuttaja. Hän perustelee valintaa lisäksi sillä, että yleisesti mitä enemmän maalla on pääomaa, sitä enemmän se voi tuottaa hyödykkeitä. Ja tuotannon määrän kasvaessa myös saasteet kasvavat. Yhtälö 23 lyhenee siten muotoon:

⁹ Todistuksessa Haukioja (2007) maksimoi konkaavista hyötyfunktioita kulutuksen suhteen Lagrangen menetelmällä ja ottamalla muuttujista osittaisderivaatat. Rajoitefunktioina ovat pääoman kertyminen ajassa sekä se, että alkupääoman K tulee olla hetkellä $t = 0$ suurempi kuin nolla.

$$P(t) = K(t). \quad (24)$$

Nyt hyötyfunktioimme huomioi myös saasteiden vaikutukset. Merkitsemme $U = U(C, P)$, ja yhtälö 20 saa uuden muodon:

$$U = \frac{(CP^{-\eta})^{1-\theta} - 1}{1-\theta}, \quad (25)$$

missä $\theta > 0$ ja saasteiden kasvuaste $0 < \eta < 1$, eli saasteiden marginaalilyhyty on negatiivinen, kuten yhtälön 25 osoittajasta nähdään. Yhtälö 21 laajenee siis seuraavaan muotoon:

$$\max_C U = \int_0^\infty \frac{(CP^{-\eta})^{1-\theta} - 1}{1-\theta} e^{-\rho t} dt. \quad (26)$$

Haukioja (2007, 96–99) osoittaa¹⁰, että markkinaratkaisu saasteiden kanssa ei kuitenkaan ole optimaalinen, sillä yksityiset kuluttajat sekä tuottajat eivät ota huomioon tarpeeksi suurella tavalla saasteiden ulkoisvaikutuksia yhteiskunnalle. Yksityiset toimijat pyrkivät jatkuvasti liian suureen taloudelliseen kasvuun, mikä aiheuttaa kestäättömän tilanteen ympäristölle pitkällä aikavälillä. Juuri tämän vääristyneen ajattelumallin vuoksi ilmastonmuutos on päässyt etenemään näin pitkälle.

Sosiaalinen optimi voidaan saavuttaa vain säätelemällä markkinoita, jotka rajoittavat tuotannosta syntyvien päästöjen määrää sekä talouskasvun vauhtia. Kun kasvua haetaan ensimmäisenä kestäväällä tavalla ja sen jälkeen vasta voitot maksimoiden, ulkoisvaikutukset, kuten hiilidioksidipäästöt, saadaan minimoitua. Markkinoiden ohjausvaikutuksista laajemmin luvussa 5, kun käsittelemme verotuksen, yritystukien sekä kansainvälisten sopimusten vaikutusmahdollisuuksista.

Haukioja (2007, 99) toteaaakin, että mikäli asetamme määrääväksi rajoitteeksi ylärajan saasteiden määrälle, päädyimme tasapainoon, jossa myöskään talous ei saa kasvaa. Tämä tarkoittaa, että saavutamme lopulta tasapainopisteen, jossa pääoman määrän sekä saasteiden määrän kasvuaste on nolla. Tässä kohdassa ilmastonmuutos pysähtyisi nykyiselle tasolle, mutta ei vielä poistaisi ongelmaa.

Ratkaistaksemme saasteiden määrän kasvun ongelman, otamme malliin mukaan saasteita vähentävän teknologian (*pollution abatement technology*), Z . Tämän lisäyksen avulla voimme ainakin teoreettisesti osoittaa, että jatkuva talouskasvu on mahdollista kestäväen kehityksen rajoitteen ollessa voimassa (Haukioja 2007, 101). Hyödynnämme siis luvussa 3 esitettyjä keinoja vähentää saasteita, missä yritykset panostavat itse ympäristöä vähemmän kuluttaviin toimenpiteisiin.

¹⁰ Samalla tavalla kuin normaalissa AK-mallissa, maksimoimme konkaavista hyötyfunktioita Lagrangen menetelmällä, mutta nyt rajoitteena on mukana myös hyötyä vähentävät saasteet.

Kuluttajat voivat nyt käyttää varallisuutensa joko kulutukseen, investointeihin tai saasteita vähentävään teknologiaan, joten resurssirajoite saadaan muotoon:

$$Y = C + K' + \delta K + Z. \quad (27)$$

Z vähentää seuraavassa suhteessa pääomien tuottamia saasteita:

$$P = \frac{K}{Z}. \quad (28)$$

Nyt sosiaalinen optimi saavutetaan, kun kuluttajat maksimoivat hyötynsä C:n sekä Z:n suhteen ja yhtälö 26 muuttuu hiukan:

$$\max_{C,Z} U = \int_0^{\infty} \frac{(CP^{-\eta})^{1-\theta} - 1}{1-\theta} e^{-\rho t} dt. \quad (29)$$

Tämän hyötyfunktion rajoitteena on nyt laajennettu, uusi resurssirajoite (yhtälö 27), sekä oletus, että alkupääoma hetkellä $t = 0$ on suurempi kuin nolla.

Vertailemalla pääoman kasvuastetta sekä saasteita vähentävän teknologian kasvuastetta Haukioja (2007, 102–103) osoittaa, että kestävä kehityksen rajoite on mahdollista ylläpitää talouden kasvusta huolimatta. Mikäli $K'/K = Z'/Z$, saasteiden kasvuaste P'/P on nolla, ja kasvamme vakiovauhtia. Jos $K'/K > Z'/Z$, tuotamme enemmän saasteita kuin pystymme poistamaan, mikä lopulta johtaa saasteille asetettuun ylärajaan. Tällöin taloudellinen kasvu pysähtyy samalla lailla kuin ilman saasteita vähentävää teknologiaa – pisteeseen, jossa emme voi tuottaa enempää saasteita.

Jos taas $K'/K < Z'/Z$, saasteiden määrä taloudessa laskee, vaikka talous kasvaa. Tällainen tilanne voi realisoitua, mikäli ympäristöpolitiikasta muodostuu taloutta rajoittava tekijä. Olemme siis teoriassa saavuttaneet kestävä kehityksen mahdollistaman tilan, jossa saasteiden negatiiviset vaikutukset voidaan kumota.

Tällainen maailmantila ei kuitenkaan nykyisellään ole lähelläkään todellisuutta, kuten kuviosta 1 havaittiin. Keskilämpötila on noussut kiihtyvästi 1900- sekä 2000-luvuilla, kun tuotannon sekä päästöjen taso on kasvanut kiihdyttäen ilmastonmuutosta. Tätä heikkenevää tilannetta ja sen syntyminen syytä tarkastellaan seuraavaksi lähemmin.

4.2 Nykyajan kulutusyhteiskunnan mahdottomuus

4.2.1 Jatkuvan kehittämisen ongelma

Ihmisellä on hyvin luontainen tapa haluta itselleen ja omalle lähipiirilleen hyvää nyt ja tulevaisuudessa. Hyvinvoinnin lisääminen on ensiarvoisen tärkeää jatkuvuuden kannalta, mutta sen on syrjäyttänyt jatkuva materiaalistien tarpeiden täyttämisen tarve. Tämä

on kestävämpi tapa ajatella kehitystä, sillä maapallon resurssit ovat rajalliset, kun taas ihmismielen täydellinen tyydyttäminen on mahdotonta. Tämänhetkisen sukupolven toiveiden yltäkylläinen täyttäminen vähentää tulevaisuuden sukupolvien mahdollisuuksia toteuttaa omiaan.

Jacksonin (2009, 25–26) mukaan ihmisen suurimpana ongelmana on sopeuttaa rajalliset resurssit sekä hyvä elämänlaatu. Nyky-yhteiskunnassa hyvinvointia ja menestystä mitataan lähestulkoon aina taloudellisesti, kuten bkt:n avulla. Mitä suuremmat tulot, sitä enemmän hyvinvointia ja mahdollisuuksia elää sekä toteuttaa unelmiaan. Tämä sivuuttaa käytännössä täysin resurssien rajallisuuden. Jackson (2009, 27) toteaaakin, että maapallon rikkain viidennes omistaa 74 prosenttia kaikista tuloista, kun taas köyhin viidesosa väestöstä omistaa vain kaksi prosenttia tuloista.

Analysoidakseen tarkemmin nykyistä tilannetta Jackson käyttää apunaan The Worldwatch-instituutin (2008, 51) kuviota, jossa tarkastellaan onnellisuuden ja keskimääräisten vuositulojen jakaumaa. Vuositulot on laskettu bkt/henkilö. Kuvaajan perusteella hän huomauttaa, että kun asukasta kohden lasketut vuositulot ylittävät 15 000 dollaria vuodessa, ei bkt:n reipaskaan kasvu nosta subjektiivisen onnellisuuden tasoa. Toisaalta alhaisemman tulotason maassa pienikin vuositulojen nousu nostaa onnellisuutta merkittävästi. Esimerkiksi Yhdysvalloissa reaalitytulot ovat kolminkertaistuneet vuoden 1950 jälkeen, mutta ihmisten subjektiivinen hyvinvointi tai onnellisuus ei ole noussut juuri lainkaan tämän jälkeen. (Jackson 2009, 62–63).

on parantunut jatkuvasti: vuonna 2018 aurinkoenergian tuotantohinta laski jopa 26 prosenttia vuoteen 2017 verrattuna. Tällainen pudotus kustannuksissa on merkittävä askel siirtymisessä kohti vähäpäästöisempiä energiamuotoja, mikä on ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ensiarvoisen tärkeää.

Jackson (2009, 77–83) jatkaa vielä tulotason ja elämän perusedellytysten vertailua muun muassa eliniänodotteen, lapsikuolleisuuden sekä koulutuksen kautta. Kun vuositulot kasvavat 5 000 dollariin, ihmisten eliniänodote nousee noin 80 vuoteen, lapsikuolleisuus putoaa murto-osaan aiemmasta ja kouluttautuminen kasvaa merkittävästi. Nämä havainnot korostavat talouskasvun tarpeellisuutta, mutta havaitut hyödyt eivät enää kasva tulotason noustessa yli 15 000 dollariin vuodessa. Loputtoman talouskasvun puolesta puhuminen ei siis näin olisi perusteltua, kun vertailemme elämän perusedellytyksiä. Toisaalta Jackson (2009, 83) puolustaa toki talouskasvun mukanaan tuomia tehokkuusetuja: kun teknologia kehittyy, tuotanto vaatii usein vähemmän tuotannontekijöitä, kuten resursseja, aiemman tuotannollisen tason saavuttamiseen.

Paljon keskusteluissa mukana ollut degrowth-malli (talouden tarkoituksenmukainen supistaminen) ei ole kuitenkaan ole Jacksonin (2009, 86–87) mielestä hyvä vaihtoehto. Teollistuneiden valtioiden talouden pienentäminen ei ratkaisisi ilmastonmuutoksen ongelmaa nykyisen vapaan markkinatalouden sisällä, sillä vakaa tila maailmassa vaatii tällä hetkellä talouskasvua pysyäkseen pystyssä. Hän argumentoi, että markkinatalouden dynamiikka ohjautuu joko kasvuun tai romahdukseen. Mikäli kulutuskysyntä vähenee, työttömyys lähtee nousuun ja maan kilpailukyky rapautuu. Talouden tarkoituksellinen supistaminen olisi siis hyvin epävakaa kehityssuunta.

Esimerkkinä talouden hallitsemattomasta supistumisesta voidaan käyttää vuoden 2008 finanssikriisiä. Katastrofin torjumiseksi ja uppoamisen pysäyttämiseksi poliittisten sekä taloudellisten päättäjien ainoa tavoite oli saada talous taas nousuun. Instituutioille ja rahoitusosalalle työnnettiin rahaa ennennäkemätön 5 100 miljardia euroa, joilla yritettiin saada vakautettua tilannetta, taattua omaisuuseriä sekä autettua kaatuvia pankkeja. Vaihtoehtoja talouden pelastamiselle ei edes uskallettu ajatella, sillä talouden positiivinen kehitys oli ainoa vaihtoehto. (Jackson 2009, 40–43.)

Vaihtoehto talouden supistamiselle voisi olla irtikytkentä. Jackson (2009, 89–98) puhuu sekä suhteellisen että absoluuttisen irtikytkennän mahdollisuuksista. Irtikytkennässä yritetään saada erotettua talouskasvu ja sen haitalliset sivuvaikutukset irti toisistaan. Suhteellisessa irtikytkennässä tuotetut yksiköt vaativat vähemmän resursseja kuin aiemmin, mutta tuotettu kokonaismäärä ei välttämättä pienene. Absoluuttisessa versios-

sa resurssitarve taas vähenee tuotannon määrästä riippumatta, mikä olisi parempi vaihtoehto resurssipulan kannalta.

Suhteellinen irtikytkentä tarkoittaa siis sitä, että vähemmällä panoksilla saadaan aikaan enemmän – tuotantoa tehostetaan. Tämä vaikutus näkyy hyvin teknologisen kehityksen mukana, kun samojen tavaroiden tuottamiseen tarvitaan vähemmän resursseja ja samalla sivutuotteita syntyy vähemmän.

Maailmalla suhteellisen irtikytkennän edut ovat kuitenkin hyvin erilaiset. OECD-maissa energiaintensiteetti (eli energian käyttö tuotantoa kohti) on laskenut tasaisesti vuodesta 1970 alkaen, mutta monissa kehittyvissä talouksissa energian käyttö on lisääntynyt 2000-luvullakin, kuten Kiinassa (Jackson 2008, 91).

Binswanger (2001, 120) käyttää tästä termiä ponnahdusefekti (*rebound effect*). Hän kuvailee, miten teknologisen kehityksen mahdollistamat edullisemmat ja tehokkaammat tuotteet, kuten autot, ovat suhteessa pienentäneet resurssien käyttöä, tässä tapauksessa polttoainekulutusta, mutta yhteisvaikutukseltaan kasvattaneet sitä. Teknologisen kehityksen tuoma tehokkuusajatus on usein perustunut siihen, että teknologisen kehityksen myötä tehokkuuden kasvaessa yhden prosentin resurssitarve putoaisi yhden prosentin. Todellinen resurssitarve ei putoa kuitenkaan läheskään näin paljoa, vaan voi joskus jopa nousta.

Käytämme tästä esimerkkinä autoja sekä niiden yleistymistä. Teknologisen kehityksen myötä autojen polttomoottorit käyttävät entistä tehokkaammin polttoaineen hyödyksi. Ne tarvitsevat siis vähemmän polttoainetta saman matkan kulkemiseksi kuin vanhat automallit. Kehityksen myötä automalleista on tullut taloudellisempia omistaa, jolloin heikompiosaiset taloudet ovat pystyneet investoimaan niihin.

Edullisempien autojen myötä matkustaminen autoilla yleistyy ja polttoainetta kuluu enemmän. Vaikka autot käyttäisivät polttoaineen tehokkaammin hyödyksi, teknologisen kehityksen myötä saadut suhteelliset edut jäävät käyttöasteen kasvun alle. Muun muassa OECD (2012, 31) arvioi yhdessä mallissaan, että autojen käyttöasteet tulevat moninkertaistumaan kehittyvissä talouksissa. Esimerkiksi Kiinassa henkilöautoja oli vain reilut 40 kappaletta tuhatta ihmistä kohti 2000-luvun alussa. Vuoteen 2050 mennessä tämän suhdeluvun odotetaan kasvavan jopa 400 autoon per tuhat asukasta. Tämä luonnollisesti moninkertaistaa liikenteestä aiheutuvat päästöt vauhdittaen ilmastonmuutosta.

Suhteellisen irtikytkennän hyödyt häviävät siis nopeasti, jos tuotetut palvelut ja hyödykkeet kasvavat määrällisesti nopeammin kuin tehokkuuden tuomat vähenevät

resurssitarpeet mahdollistavat. Kokonaiskuormitus ei siis vähene, vaikka resurssitarve yksittäiselle tuotteelle onkin pienempi.

Tästä syystä absoluuttinen irtikytkentä olisi parempi vaihtoehto. Tälle ei kuitenkaan löydy käytännössä lainkaan näyttöä historiasta. Esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet vuodesta 1970 yli 80 prosenttia. Vaikka talouskasvu on ollut nopeampaa kuin hiilipäästöjen kasvuvauhti, päästöjen kasvuvauhtia ei ole saatu vähennettyä vuoden 2000 jälkeen. On siis erittäin tärkeää huomioida, että vaikka kehittyvien talouksien teknologinen kehitys auttaa resurssien tehokkaammassa käytössä, todellista resurssi-intensiteetin vähenemistä ei ole havaittavissa. (Jackson 2009, 93–94, 98; Schor 2005, 310.)

Ponnahdusefektiä ja resurssitarpeen vaihtuvuutta ajassa kuvastaa hyvin Kuznetsin käyrä ja etenkin sen uudistettu versio, jossa kuvataan taloudellisen kasvun sekä ympäristölle aiheutuvan paineen välistä suhdetta (EKC, *Environmental Kuznets Curve*). EKC mittaa siis, miten taloudellinen kasvu alussa heikentää ympäristön tilaa, mutta keskimääräisten vuositulojen kasvaessa haitalliset vaikutukset pienenevät ja ympäristön tilanne paranee.

Alkuperäisellä Kuznets-käyrällä kuvattiin, miten talouden kehittyessä markkinat luovat ensin suurempaa epätasa-arvoa ihmisten välille, mutta myöhemmässä vaiheessa varallisuuserojen pienentyessä epätasa-arvo taas vähenee, kun varallisuus kasvaa. (Kuznets 1955).

Teoria perustui ajatukseen, jossa aluksi varallisuuserot kasvavat, kun vain rikkaat pystyvät investoimaan tulevaisuuteensa ja menestymään. Tätä vahvisti lisäksi kaupungistuminen ja teollistuminen, kun periferia-alueilta muutti ihmisiä työn perässä kaupunkiin. Työntekijöiden määrän kasvaessa palkkataso ei nouse heti, joten yrittäjät sekä tehtaanomistajat saavat suuremman hyödyn talouskasvusta ja taloudellinen epätasa-arvo kasvaa.

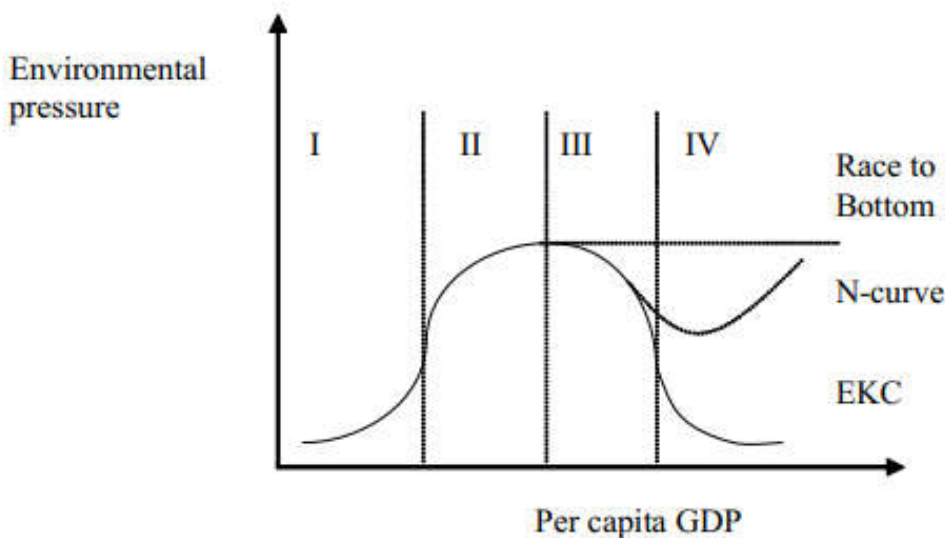
Talouskasvun hidastuessa ja palkkatason lopulta noustessa myös heikompiosaisen taloudellinen tilanne paranee. Tasa-arvoa edistämässä on usein myös demokratian suosion kasvu, jossa politiikan avulla turvataan heikompiosaisen mahdollisuuksia menestyä ja vaurastua. Täten Kuznetsin käyrästä muodostuu käännetyn U:n muotoinen. (Kuznets 1955, 7–8, 17.)

1990-luvulla Grossman sekä Krueger (1991) päivittivät Kuznets-käyrän kuvaamaan talouskasvun sekä ilmanlaadun vaihtelun yhteyttä (katso kuvio 10 alla). Tästä tuli ensimmäinen virallinen EKC-käyrä. He havainnollistivat tätä vertailemalla, miten vapaa-

kaupan laajentaminen Yhdysvaltojen sekä Meksikon välillä vaikuttaisi sekä talouskasvuun että päästöihin Meksikossa. He havaitsivat, että alhaisilla vuosituloilla ilmanlaatu heikkeni nopeasti taloudellisen kasvun aikana, mutta korkeampien tulotasojen alueilla trendi kääntyi ja ilmanlaatu parani. Tätä voidaan perustella sillä, että alhaisemmilla tulotasolla ihmiset ostavat mihin heillä on varaa, vaikka ne olisivat ympäristön kannalta huonompia tuotteita (Seppälä ym. 2001, 220).

Vuositulojen vaikutuksen käännekohta oli 4 000–5 000 dollarin välillä. Kun varallisuus kasvaa tämän yli, yritykset sekä kotitaloudet kiinnittävät enemmän huomiota ympäristöön ja pystyvät teknologisilla valinnoillaan paremmin vaikuttamaan päästöihin ja siten tuottamaan vähemmän päästöjä tuotettua yksikköä kohti. Tutkimuksessa havaittiin myös, että keskiarvoisten vuositulojen noustessa 10 000–15 000 dollarin välille ilmaan saasteet nousivat uudelleen. (Grossman & Krueger 1991, 5–7, kuvio 2.)

Kuvion 10 avulla voimme havainnollistaa, miten paine ympäristölle kasvaa, kun keskiarvoiset vuositulot kasvavat. Alkuperäisen Kuznets-käyrän mukaan ihmisten välinen epätasa-arvo (Y-akseli) kasvoi alussa, mutta kun vuositulot (X-akseli) nousivat tiettyyn pisteeseen, epätasa-arvo lähti laskuun. Vaiheessa I sekä II on usein siis köyhempiä ja/tai kehittyviä talouksia, kun taas vaiheessa III sekä IV rikkaampia ja teollistuneita maita.



Kuvio 10 Kuznets-käyrien eri versiot (Haukioja 2007, 152)

Kuten Grossman sekä Krueger (1991) havaitsivat, EKC-käyrä ei pitänytkään paikkansa. Käyrä ei laskenutkaan pelkästään alaspäin parantaen ympäristön tilaa, vaan tietyn vuosiansion jälkeen päästöt lähtivät uudelleen nousuun. Tätä kuvaa hyvin N-muotoinen käyrä. Jotta EKC-käyrä pitäisi paikkansa, talouskasvun ei pitäisi aiheuttaa lopulta lainkaan haittaa ympäristölle tai kestäväälle kehitykselle.

Huonoin vaihtoehto kuviossa 10 olisi Race to bottom -käyrä, missä ympäristölle kohdistuva paine ei laskekaan, vaan pysyy jatkuvasti korkealla vakiotasollaan taloudellisesta kasvusta huolimatta. Tällainen tilanne voi muodostua, mikäli teknologista kehitystä ei tapahtuisi tai vaihtoehtoisesti kansainvälisen kaupan kasvun seurauksena hiilipäästöjen osalta, jossa päästöjä ei liikenteen kasvun vuoksi saada kuriin. Näin ympäristön paine jatkaisi kasvuaan. (Haukioja 2007, 152.)

Stern (2004, 1428) kuitenkin huomauttaa, että kansainvälisen kaupan ja kehittyvien maiden talouksien liberalisointi on kannustanut resurssien tehokkaampaan käyttöön samalla, kun ympäristöä haittaavien tukien määrä on pienentynyt. Eli vaikka päästöt ovat alussa kasvaneet, talouskasvun yhteydessä kehittyvien maiden mahdollisuudet vaikuttaa päästöihin ovat paremmat kuin ennen. Kaupankäyntiä ei siksi kannattaisi rajoittaa.

Ympäristölle aiheutuvan paineen vähentämiseksi Jackson (2009, 129–130) luettelee neljä yleistä tapaa saada taloudellinen kasvu käyntiin. Kaikkien tapojen yhteisenä ongelmana on kuitenkin se, että kulutuskysyntä pyritään saamaan kasvuun, jolloin resursseja ylikulutetaan kuten ennenkin. Ensimmäinen vaihtoehto on luottaa talouden oma-toimiseen kasvuun ja olla tekemättä mitään. Tämä hidas vaihtoehto nostaa ensin työttömyyttä, mutta ajan kanssa palkkojen laskiessa tuotantokustannukset vähenevät. Tämä taas alentaa tuotteiden hintoja, mikä myöhemmin nostaisi kulutusta ja siten talouskasvua.

Toisena vaihtoehtona on löysä rahapolitiikka. Tällä pyritään lisäämään kulutusta myöntämällä halvempia lainoja ja siten lisäämään investointeja. Yritykset investoisivat enemmän samalla, kun kuluttajilla on enemmän varallisuutta kulutettavaksi.

Kolmas vaihtoehto on alentaa veroja tai lisätä jaettavia etuuksia. Tällä on hyvin samankaltainen vaikutus kuin löysällä rahapolitiikalla, mutta ongelmaksi muodostuu kulutuksen ohjaaminen oikeisiin kohteisiin, jotka auttaisivat kasvun muodostamisessa. Esimerkiksi osa ”ansaitusta” lisävarallisuudesta voidaan säästää tai käyttää tuontituotteisiin, jotka eivät auta kotimaan taloutta kasvuun. Esimerkki tästä vaihtoehdosta on

maiden välinen verokilpailu yritysten houkuttelemiseksi pienemmän veroseuraamuksen avulla.

Neljäs vaihtoehto ovat julkiset investoinnit. Tällä tavoin valtio investoi talouden kasvattamiseen yritysten ja erilaisten toimijoiden kautta. Tunnetuimpia julkisia investointeja on Yhdysvaltojen presidentin, Franklin Rooseveltin, sopima New Deal 1930-luvun laman peittoamiseksi. Laajat investoinnit erilaisiin hankkeisiin toivat pitkäaikaista kasvua Yhdysvalloille usean vuosikymmenen ajan. (Jackson 2009, 130.)

Vuoden 2008 finanssikriisissä vastaavanlainen julkisten investointien muunnelma oli vihreä New Deal -talousohjelma. Elvytyksen pääpiirteinä oli kyseenalaistaa tulevien investointien kestävyys; investoidaanko vanhempaan teknologiaan, jolla on lyhytkestoisemmat vaikutukset – vaiko uudempaan teknologiaan, joka vastaa myös nykyajan ekologisiin haasteisiin? Samalla valtioille pyrittiin tarjoamaan vaihtoehtoisia keinoja ekologisemman yhteiskunnan rakentamiseksi muun muassa energiatehokkuuden, kestävämpien liikenne- ja kuljetusmuotojen sekä ekologisemman infrastruktuurin kehittämisessä. (Jackson 2009, 131; UNEP 2009.)

Käytännössä investointien kyseenalaistusta ei ole tehty. HSBC:n (2009, 2) keräämien tietojen mukaan 2 800 miljardin dollarin elvytyspaketeista vain reilut 15 prosenttia on kohdennettu ekologisiin ja ilmastonmuutosta estäviin tavoitteisiin. Ainoastaan Etelä-Korea sijoitti merkittävän osuuden saamastaan tuesta ympäristöä tai sen tilaa parantaviin hankkeisiin, jopa 80 prosenttia eli noin 30 miljardia dollaria. Toinen suuri vihreä sijoittaja oli Kiina, joka sijoitti noin 38 prosenttia saamastaan rahasummasta, eli reilut 221 miljardia dollaria ympäristöä kehittäviin hankkeisiin. Tämä on 2010-luvulla näkynyt etenkin aurinkoenergian määrän kasvuna Kiinassa. Monet Euroopan maat taas sijoittivat reilusti alle 10 prosenttia saamastaan tuesta ekologisuutta korostaviin hankkeisiin. Esimerkiksi Italia, Espanja sekä Britannia sijoittivat 1,3, 5,8 sekä 6,9 prosenttia kukin. (HSBC 2009, 2; Jackson 2009, 135–138.)

Taulukko 1 Maakohtainen Green New Deal -vertailu (mukaillen HSBC 2009, 2)

Maa	Apupaketin koko, mrd USD	Vihreän investoinnin määrä	%-osuus
USA	787,0	94,1	12,0 %
Kiina	586,1	221,3	37,8 %
Japani	485,9	12,4	2,6 %
Saksa	104,8	13,8	13,2 %
Italia	103,5	1,3	1,3 %
Etelä-Korea	38,1	30,7	80,5 %
Iso-Britannia	30,4	2,1	6,9 %
Australia	26,7	2,5	9,3 %
Espanja	14,2	0,8	5,8 %

Etelä-Korean investoinnit on tarkoitus käyttää useaan eri tarkoitukseen. Se aikoi muun muassa parantaa uusiutuvien energianlähteiden käyttöä sekä parantaa ympäristön suoje-
lua. Suurimmat panostukset tehtiin kuitenkin energiatehokkuuden nostamiseen, jossa
tarkoituksena oli rakentaa yli kaksi miljoonaa 'vihreää' kotia. Lisäksi näiden toimien
avulla Etelä-Korea odotti nostavansa yleistä tuottavuuttaan ja luovansa yli 1,5 miljoonaa
työpaikkaa vihreille aloille. (HSBC 2009, 20–21; UNEP 2009, 8.)

Jackson (2009, 145–147) pohtii yleisesti, miksi taloustieteessä on aina ohitettu eko-
logisuuden teema korostamalla vain kasvun merkitystä vakaan talouden moottorina.
Ekologisuuden yli on ajettu aina kulutuksen lisäämisellä. Kuten aiemmin, suuret tuet ja
avustukset on investoitu suureksi osaksi samaan teknologiaan, mitä on hyödynnetty jo
aiemmin nopeiden voittojen toivossa.

Todellisuudessa ekologisempaa lähestymistapaa ei ole juuri edes yritetty. Tämä on
selkeimmin havaittavissa vanhoista talouden kasvun teorioista, kuten Solowin mallista
(kaava 9, kehitetty 1956), joka opetetaan ensimmäisten joukossa taloustieteessä. Nyt,
noin 70 vuotta myöhemmin, meillä ei vielä ole mullistavia malleja käytössä, jotka
näyttävät riippuvuutemme luonnonvaroista – vaikka 2000-luvulla näiden mallien määrä
onkin kasvanut.

Lähdemme seuraavaksi luomaan uudenlaista makrotaloudellista mallia, joka ottaa
ympäristön paremmin huomioon. Käytämme tässä laajasti hyödyksi Jacksonin (2009,
liite 2) mallia.

Yksi tärkeimpiä makrotaloudellisia mittareita on bkt, millä mitataan tietyn alueen,
kuten valtion, taloudellista toimintaa. Bkt:n ongelmaksi muodostuu kuitenkin sen puut-

teellinen kyky arvottaa tiettyjä toimia mukaan taloudelliseen toimintaan, kuten kotitöitä. Lisäksi bkt ei ota huomioon velkaantumista, joka on nykypäivänä riistäytymistä käsistä. Suurin puute bkt:n mittaamisessa kuitenkin on se, että se ei ota huomioon lainkaan resurssien rajallisuutta. (Jackson 2009, 148–150.)

Nyt Jackson (2009, 150) ehdottaakin, että tavallisia tuotantofunktioita (vertaa yhtälö 9) korjattaisiin huomioimaan ekologisia rajoitteita. Mukaan voisi liittää esimerkiksi hiilibudjetin, jota ei saisi ylittää. Tällöin tuotantofunktiossa otetaan paremmin kantaa materiaali- ja energiankulutukseen.

Malli voidaan muodostaa esimerkiksi seuraavalla tavalla, hyödyntämällä keynesiläistä mallia: (mukaillen Jackson 2009, 238)

$$C_A = C + G + I + X, \quad (30)$$

jossa C_A = kokonaiskulutus, C = yksityinen kulutus, G = julkinen kulutus, I = investoinnit sekä X = nettovienti. Kun tämä yhdistetään Cobb-Douglas-tuotantofunktioon, saamme seuraavan yhtälön:

$$Y(K, L) = A * K^\alpha * L^{(1-\alpha)}, \quad (31)$$

missä Y = kokonaistuotanto, K = pääoma, L = työn määrä, A = teknologinen kehitys ja α = tehokkuuskerroin.

Tämä malli ei siis ota lainkaan huomioon resursseja ja samalla se olettaa, että tuotantontekijöitä voi vapaasti vaihdella, jotta yhtälö pysyy totena. Lisätään nyt tähän malliin mukaan energioresurssit (E):

$$Y = Y(K, E[F, R], L), \quad (32)$$

missä E huomioi uusiutumattomat resurssit F sekä uusiutuvat resurssit R , mikä riippuu investoinneista uusiutuvien resurssien kapasiteettiin ajassa vuosittain (t). F kuvastaa fossiilisten polttoaineiden kokonaismäärää, eikä niitä kerry enempää. Uusiutuvat resurssit kehittyvät seuraavasti:

$$R_t = R_t * (R_{t-1}, I_{t-1}^R), \quad (33)$$

missä R_t on tämän vuoden uusiutuvien resurssien kapasiteetti, R_{t-1} on viime vuoden uusiutuvien resurssien kapasiteetti sekä I_{t-1}^R on viime vuonna tehtyjen investointien määrä uusiutuvien energiamuotojen kerryttämiseen.

Nyt uuteen tuotantofunktioon lisätään vielä substituutiojousto s , joka yksinkertaisuuden vuoksi oletetaan vakioksi sekä pienemmäksi kuin 1. Tämä tarkoittaa sitä, että pääoman ja työn määrää ei voida vaihtaa vapaasti.

$$Y = a * (\alpha * K^\rho + \beta * L^\rho + \gamma * E^\rho)^{1/\rho}, \quad (34)$$

jossa $\alpha + \beta + \gamma = 1$ sekä $\rho = (1 - s)/s$, ja $s =$ substituutiojousto.

Uusi tuotantofunktio ottaa nyt siis huomioon myös energioresurssit eikä vain pääoman ja työn määrää. Lisäksi kaikissa tuotantofunktion tekijöissä on mukana substituutiojouston kerroin, joka aiheuttaa 'kuluja' potentiaalisen tuotannon ja sen vaihtelun välille.

Tuotannon ja kuluttamisen lisäksi myös investointien merkitystä täytyisi korostaa. Suureksi ongelmaksi nykyisessä kasvuun perustuvassa taloudessa muodostuu se, että sijoituksille on saatava heti tuottoa. Julkisen puolen investoinneilla on usein alhaisemmat tuottotavoitteet sekä pidempi aikaväli tuoton tarkastelulle, minkä vuoksi julkisten investointien merkitys kasvaa ekologisessa taloudessa. Jotta ekologiset investoinnit saadaan samalle viivalle muiden investointien kanssa, täytyisi pelkän takaisinmaksuajan vierelle saada toinen järkevä laskutapa investoinnin kannattavuudelle. (Jackson 2009, 163-165.)

Esimerkiksi tulvavallien rakentaminen ei sinänsä auta kaupunkia kasvamaan, mutta tulvan sattuessa valli voi pelastaa koko kaupungin. Tällaiselle on vaikea asettaa taloudellista hyötyä ja arvoa tällä hetkellä, mutta investointi on silti tärkeä kaupungin tulevaisuuden kannalta. Samalla lailla investoinneista vihreään teknologiaan voi olla vaikea saada tuottoa heti – mutta se ei tee näistä investoinneista huonompia –, sillä merkittävimmät hyödyt saadaan vasta pidemmän ajan kuluessa säästyneillä resursseilla.

4.2.2 Kertakäyttöyhteiskunnan ongelmat

”How do you create financial growth without waste growth? That’s the real question. To achieve this idea of growth, people need to buy less and at a much higher prices. How do you achieve that? By making them enjoy the actual experience more. You don’t go to a Louis Vuitton to pay US\$2,000 for a bag – you go there for the experience. That experience can be luxury, or it can be storytelling, but it doesn’t necessarily need to lead to more waste.”

-Arthur Huang, CEO of Miniwiz (PwC 2020, 36)

Esimerkki nykyisen kulutuskulttuurin mahdottomuudesta on kertakäyttöyhteiskunnan nousu. Keskitymme tässä osassa enimmäkseen vaateteollisuuden, etenkin pikamuodin, ongelmiin sekä koneiden lyhentyneeseen elinkaareen. Muovien käytön ja muovijätteen räjähdysmäiseen kasvuun keskitymme enemmän luvussa 5, kun pohdimme ympäristön kantokyvyn sekä talouskasvun yhteyttä. Näiden kolmen aihevalinta perustuu siihen, että kaikkien tuotannossa käytetään suhteettoman paljon raaka-aineita, kun vertaamme niiden todellista käyttöikää potentiaaliseen käyttöikään.

Kertakäyttöyhteiskunnan suurimpia ongelmia on siis se, että se korostaa hyödykkeiden hylkäämistä ennemmin kuin niiden säilyttämistä ja uudelleen käyttämistä. Toinen ongelma on se, että kun jokin hyödyke hylätään, se oletetaan heti roskaksi. Tavararvoa ei siis osata nähdä enää sen jälkeen, kun sen on joku jo hylännyt. (Gregson ym. 2007, 697.)

Yksi hyvä esimerkki kertakäyttöyhteiskunnan noususta on se, että 1960-luvun keskiverto amerikkalainen kulutti tuplasti enemmän hyödykkeitä kuin keskiverto amerikkalainen juuri ennen toista maailmansotaa. Tämä kuluttamisen kasvattaminen on ollut Packardin (1960, 10–11) mukaan välttämätöntä, jotta amerikkalaisten talous voisi hyvin. Konsumerismi näkyy hyvin myös uskonnollisissa juhlapyhissä, kuten joulussa. Aiemmin ne ovat olleet rauhan sekä yhteisöllisyyden aikaa, mutta nykyään ne ovat kaikki alennusmyyntien sekä ostamisen juhla-aikaa.

Packard (1960, 161; katso myös Hellman 2018, 85) jatkaa analysoimalla sitä, miten kertakäyttöyhteiskunnan ihmiset välittävät oman hyvinvointinsa sekä statuksensa näkymisestä muille enemmän kuin ympäristön tilasta. Vastuunotto sekä laadun arvostaminen ovat jääneet taka-alalle, kun ihmiset arvostavat enemmän hyödykkeen tuomaa väliaikaista hyvää oloa. Kaikki kulminoituu siis yksittäisen ihmisen hyvän olon etsimiseen, jolloin ulkoisvaikutuksia ei oteta mukaan yhtälöön. Packard (1960, 72) korostaa tätä lainaamalla silloisen suuren muotitalon toimitusjohtajan puhetta muotitapahtumassa: 'meidän täytyy kiihdyttää tuotteiden sisäänrakennettua vanhenemista, ... meidän täytyy tehdä kuluttajista onnettomia nykytilanteeseen, jotta he ostavat lisää.'

Tämä käyttäytymisen muutos kuluttajissa on tapahtunut siksi, että suuri osa yrityksistä puskee jatkuvalla syötöllä uutuuksia ja kuluttamisen luomaa hyvinvointia. Osalle kuluttajista on tällöin syntynyt ajatusmalli, jossa ei enää loogisesti ajatella tuotteen käyttökäyttöä eikä sen tarpeellisuutta, vaan pelkästään hankkimisesta saatavaa hyötyä. Toinen syy kulutuksen kasvuun on ollut jatkuva varallisuuden kasvu. OECD:n (2002, 6) tutkimuksen mukaan vuositulotasot OECD-maissa ovat kasvaneet vuodesta 1980 vuoteen 1998 mennessä yli 40 prosenttia, noin 8 000 dollarista 11 000 dollariin.

McCullough (2012) huomasi tutkiessaan kertakäyttöyhteiskunnan huonoja puolia, että kun kuluttajien varallisuustasot kasvavat, he siirtyvät kuluttamaan enemmän kertakäyttöisiä tuotteita. Tämä tapahtuu etenkin vapaa-ajan korkeamman arvostuksen vuoksi, kun ylimääräisiä tuloja käytetään ajan säästämiseksi.

McCullough (2012, 116) havainnollistaa tätä minkä tahansa kulutushyödykkeen kanssa. Esimerkiksi paitaan tulleen reiän paikkaaminen itse vie suhteettoman paljon

aikaa ja antaa vain vähän hyötyä. Mikäli paidan veisi vaatturille korjattavaksi, palvelun hinnaksi voi muodostua paljon suurempi summa kuin paidan alkuperäinen arvo oli. Palveluiden hintojen jatkuvasti noustessa ja tuotteiden hintojen laskiessa kertakäyttötavaran suhteellinen edullisuus tulee siis kuluttajille pidemmän päälle entistä halvemmaksi, minkä vuoksi hyödykkeitä ei yritetä enää korjata, ellei niillä ole suurta henkistä merkitystä. Tästä syystä paita useimmiten heitetään roskiin repeytymisen jälkeen. Samalla logiikalla yhä useammasta kulutushyödykkeestä tulee kertakäyttötavaraa.

Packard (1960, 12–14; katso myös Hellman 2018, 84) tutki amerikkalaisten yritysten strategioita kasvattaa myyntejään ja huomasi, että myynnin kasvua mahdollistettiin etenkin heikentämällä tuotteiden toimintoja, laatua sekä haluttavuutta. Toimintojen heikentäminen tarkoitti pieniä teknologisia uudistuksia, joiden avulla vanhemmat mallit saatiin vaikuttamaan huonommilla. Laadun heikentäminen tarkoitti osien kulumista, jolloin kuluttajat saataisiin tekemään uusintaostoksia useammin ja nopeammin. Haluttavuuden heikentäminen suoritettiin taas mainostamalla uudempia tuotteita parempina, jolloin kuluttaja ostaisi uudemman tuotteen vanhan tilalle, vaikka nykyisessä mallissa ei olisi mitään vikana. Kaikki nämä kolme ominaisuutta on tehty ruokkimaan yksityisten ihmisten halua kuluttaa ja lisätä heidän hyvinvointiansa parhailla mahdollisilla tuotteilla.

Yritysten voittofunktioon (katso yhtälö 18) on siten keinotekoisesti lisätty yksi positiivinen muuttuja lisää, mikä kasvattaa yritysten voittoa kuluttajien kustannuksella.

Bulow (1986, 734–736) tutki, miten tuotteiden tarkoituksenmukainen vanhentaminen vaikuttaa yritysten myynteihin sekä odotettavissa olevaan tuottoon. Hän havaitsi, että etenkin oligopolistisissa tilanteissa tuotteen kestävyyttä ja/tai laatua heikennettäessä voidaan saavuttaa suurempia voittoja. Esimerkiksi heikentämällä tuotteen laatua voidaan välttyä suuremmilta kustannuksilta valmistuksen yhteydessä. Samalla voidaan saada asiakkaat sitoutumaan yritykseen paremmin, kun he joutuvat tekemään ostoja useammin korvatakseen kuluneet tai rikki menneet hyödykkeet. Tämä on ihan looginen päätelmä, sillä mitä laadukkaamman ja pidempikestoisemman tuotteen yritys myy kuluttajalle, sitä pidempään sen täytyy odottaa asiakkaan uutta ostosta.

Tuotteen vanhentaminen ei kuitenkaan aina välittömästi tarkoita laadullista heikoutta. Bulow (1986, 747) osoittaa, että tällä voidaan tarkoittaa myös aikaa, minkä sisällä yritys valmistaa tehokkaamman ja paremman version edellisestä. Esimerkiksi nykyajan älypuhelimissa on sanomattomana sääntönä oletus, että nykyinen puhelin kestää normaalissa käytössä enintään kaksi vuotta, jonka jälkeen kuluttajan kannattaisi hankkia

uusi, parempi puhelin. Uusia puhelimia kuitenkin esitellään vähintään kerran vuodessa, jotta kuluttajilla olisi suurempi houkutus päivittää puhelimensa uudestaan.

Kulutusta yritetään kasvattaa myöskin pitämällä kustannuksia tarkoituksenmukaisesti alhaalla. Schor (2005) osoittaa artikkelissaan hyvin, miten isot monikansalliset yritykset painavat omia kustannuksiaan alas ja saavat markkinavoiman sekä skaalaedun myötä tuotua markkinoille tuotteita halvalla, käytännössä mistä tahansa maailmankolkasta. Tämä mahdollistaa yltiöpäisen kulutuksen myös tavalliselle kuluttajalle, jolla ei aiemmin ollut varaa päivittäisiin 'luksustuotteisiin', kuten eksoottisiin hedelmiin. Kuluttajilla on nyt siis enemmän mahdollisuuksia kuluttaa, tehdä useammin impulssiostoksia sekä nostaa omaa hyvinvointiaan ympäristön kustannuksella, koska globaalit yritykset ovat keinotekoisesti painaneet kustannuksia alas.

Länsimaissa varallisuuden riittäessä yhä useampaan hyödykkeeseen kuluttajat ovat nostaneet kulutustottumuksiaan ja vähentäneet säästämisastettaan, mikä on ilmennyt etenkin suosittujen hyödykkeiden menekin kasvuna, eräänlaisena kerskakulutuksena. Esimerkiksi vaatteita, televisioita, tietokoneita sekä autoja ei hankita enää pelkästään tarpeeseen, vaan kuluttajalla voi helposti olla useampi versio samasta tuotteesta – vain koska heillä on siihen varaa. (Schor 2005, 310.)

Tämä liiallinen kulutus aiheutuu hintojen madaltumisesta ja siten ostovoiman kasvusta. Yhdysvalloissa hinnat on ollut mahdollista pitää alhaalla, kun esimerkiksi tavarakauppajätti Wal-Mart on heikentänyt toimittajiensa katteita ja säilyttänyt alhaisen palkkatason omilla työntekijöillään. Lisäksi ulkomailla valmistettujen tuotteiden osuus on kasvanut merkittävästi 1990-luvulta, samalla kun haitat tästä tuotannosta ovat jääneet paikallisten ongelmaksi. Schor (2005, 311–313) korostaakin, että etenkin Aasiassa, missä työntekijöiden oikeuksia valvotaan vähemmän, on ollut mahdollista tuottaa käytännössä mitä tahansa hyödykkeitä länsimaille murto-osalla länsimaiden omasta kustannustasosta. Esimerkiksi Wal-Mart maksoi Kiinassa työntekijöilleen palkkaa keskimäärin 25 senttiä tunnilta.¹¹

Kertakäyttöyhteiskunnan kehitys näkyy päivittäistavarakaupan alan lisäksi myös tekstiilialalla, missä 1990-luvulla yleistynyt töiden siirtäminen länsimaista kohti Aasiaa on ollut vahvasti esillä. Muodin pienemmät tuotantokustannukset, erityisesti palkkojen

¹¹ Euroopan ja Amerikan markkinavoimien hyväksikäytön lisäksi Kaakkois-Aasiassa 1990-luvun lopulla ollut finanssikriisi pudotti monen maan tulo- sekä palkkatasoa reilusti. Esimerkiksi Indonesiassa vuodesta 1995 vuoteen 2001 keskimääräinen bkt per henkilö putosi 29 prosenttia, 3971 dollarista 2830 dollariin, ja Thaimaassa vajaat 20 prosenttia, 7742 dollarista 6230 dollariin. (Schor 2005, 313).

osalta, ovat houkutelleet monet tekstiilialan toimijat siirtämään tuotantoansa Marokon, Turkin, Kiinan sekä Intian alueille. (Tokatli 2008, 22–23.)

Pikamuodin kestävämyys perustuu siihen, että vaatteet eivät ole kestäviä laadultaan, mutta eivät myöskään tyyliltään. Pikamuotiketjut, kuten Zara sekä H&M, pitävät Joyn ym. (2012, 283) mukaan kymmenen pesukerran kestoa vakioisena vertailuarvona, minkä jälkeen vaate ei enää säilytä joko muotoaan tai vaihtoehtoisesti pysy ehjänä. Toisaalta, jos vaate on säilynyt ehjänä tuon kymmenen kertaa, se ei ole enää muodissa. Kuluttajalle tällaisen vaatekappaleen poisheitäminen tuntuu siis vähemmän haitalliselta, koska siitä ei maksettu paljoa alun perinkään eikä se näytä enää hyvältä.

2000-luvulla on siis siirrytty liiallisesta vaatteiden hankkimisesta kohti kertakäyttöisiä vaatteita, jotka vain heitetään pois muutaman käyttökerran jälkeen (Schor 2005, 314).

Pikamuoti yhdistää Cachonin sekä Swinneyn (2011, 778) mukaan kaksi taktiikkaa: (1) lyhyt tuotannon ja jakelun läpimenoaika sekä trendikkäät vaatemallit (2) parannellun tuotesuunnittelun avulla. Lyhyt läpimenoaika antaa mahdollisuudet nopeampaan reagointiin kysynnän vaihdellessa ja siten minimoi myymättömien tuotteiden määrän. Paranneltu tuotesuunnittelu taas varmistaa, että kaikki tuotteet ovat myyviä ja asiakkaat ovat valmiimpia maksamaan niistä täyden hinnan. Näin halpavaatealiikkeit pystyvät siten hinnan avulla kilpailemaan kalliimpien huippumerkkien kanssa. Kun esimerkiksi Zara hyödyntää näitä molempia taktiikoita samanaikaisesti, se varmistaa, että kuluttajat saavat juuri haluamansa vaateen heti, mikä lisää tyytyväisyyden tunnetta.

Kaikkia tuotantolaitoksia ei kuitenkaan ole siirretty Itä-Euroopan tai Kaakkois-Aasian alueille. Halpavaatekaupat ovat mahdollistaneet lyhyen läpimenoajan säilyttämällä osan tuotantolaitoksistaan Euroopassa. Kun tuotteet valmistetaan lähellä kuluttajia, ne saadaan nopeammin myyntiin ja siten reagointi muodin muutoksiin on rivakampaa. Cacho sekä Swinney (2011, 779) käyttävät esimerkkinä Zaraa, joka tuottaa suurimman osan vaatteistaan Euroopassa tai Pohjois-Amerikassa, jotta se saisi tuotteensa mahdollisimman nopeasti markkinoille. Tämä muodostaa toki suurempia tuotannon kustannuksia, kun Zaran ynnä muiden täytyy tuottaa vaatteensa kalliimman työvoiman alueilla.

Tutkimusten perusteella on kuitenkin selvää, että osa vaatteista kannattaa tuottaa lähellä. Tämä mahdollistaa lopputuotteen viimeistelyn vasta juuri ennen myyntiä, mikä pienentää valmistus- ja varastointikustannuksia, samalla kun yritys minimoi kuljetuskustannukset ja -ajan. Esimerkiksi muotinäytöksessä esillä ollut vaatekappale ei välttä-

mättä ole merkkiliikkeissä esillä moneen kuukauteen, mutta Zarassa se voi olla myynnissä jo parin viikon kuluttua (Tokatli 2008, 29).

Kun halpavaateliikkeet optimoivat lähellä sekä kauempana tuotettujen mallien valmistusajat, ne pystyvät jatkuvasti tarjoamaan parhaiten myyviä malleja asiakkailleen. Suosituimpien tuotteiden osalta isommat erät voidaan valmistaa Aasiassa pienemmillä kustannuksilla. Samalla kun pienemmät erät, jotka on valmistettu lähellä, saadaan myytyä loppuun, isommat erät saapuvat rahdeilla kauppoihin. Näin halpavaatekaupat pystyvät jatkuvasti tarjoamaan parhaiten myyviä kappaleitaan ilman varaston tyhjenemistä.

Nopean tuotantoketjun mahdollistamiseksi halpavaateliikkeet hyödyntävät suurta määrää trendien etsijöitä sekä vaatesuunnittelijoita. Tokatli (2008, 29–30) havainnollistaa, että heitä hyödynnetään havaitsemaan uusia trendejä ja ilmoittamaan näistä vaatesuunnittelijoille. Sitten suunnittelijat lähettävät valmiiksi värjätyt tuotteet tehtaalle ommeltavaksi. Huomioitavaa pikamuodissa onkin se, että vaatteet värjätään vasta juuri ennen viimeistelyä (Cacho & Swinney 2011, 780). Samasta pohjasta voidaan tehdä useampi lähes samanlainen malli, ja halpavaateliikkeet voivat siten nopeammin valmistaa enemmän sesongin parhaiten myyviä malleja, oikeissa väreissä.

Prosessin ansiosta Zara pystyi ajamaan koko tuotantoprosessin läpi vaatteen suunnittelusta myytäväksi jopa 3–6 viikossa (Tokatli 2008, 30). Lisäksi tämän suuren suunnittelija- sekä etsijäjoukon avulla pikamuodin tuottajat pystyvät reaaliaikaisesti seuraamaan, mille tuotteille on paljon kysyntää milläkin alueilla, eikä uusia muotivillityksiä tarvitse enää ennustaa montaa kuukautta etukäteen. Tämä luonnollisesti pienentää väärin vaatemallistojen valmistusta ja tappion riskiä.

Joy ym. (2012) tekivät joukolle nuoria aikuisia tutkimuksen, jossa kyseltiin heidän ostotottumuksiaan ja mielipiteitään pikamuodista, ja miten he vertasivat tätä luksusvaatemerkkeihin sekä kestävämpään muotiin. Huomionarvoista tutkimuksessa oli se, että vaikka nuoret pitivätkin itseään ympäristötietoisina kierrätyksen sekä ruoan suhteen, he eivät mieltäneet pikamuodin kuluttamista ongelmallisena. Samanlaisia vastauksia saivat myös McNeill sekä Moore (2015, 217).

Tämä johtuu siitä, että tietyn tyyppiset kuluttajat, etenkin nuoret, asettavat oman identiteettinsä rakentamisen usein korkeammalle tasolle kuin eettisyyden tai ympäristön kestävyuden, kuten McNeill sekä Moore (2015, 212) argumentoivat. Houkutteleva lisäominaisuus pikamuodissa oli se, että vaatteet ovat nuorten mielestä tyylikkäitä, mutta paljon halvempia kuin oikeat muotiartikkelit. Tyylikkyys on siis saavutettavissa, vaikka

laatu olisikin huono, koska vaate on halpa. Näin nuoret pysyvät trendikkäinä ystäviensä silmissä. (Joy ym. 2012, 286.)

Toinen syy, miksi halpavaatealiikkeitä ovat saaneet suuremman suosion nuorten keskuudessa on vaatteiden kuviteltu eksklusiivisuus, mikä nostaa kysyntää. Liikkeet ovat luoneet illuusion siitä, että tämä tyylikäs ja rajallinen vaate-erä on saatavilla vain muutamien viikojen ajan, mikä sitoo nuoria käymään liikkeissä useammin. Vaatteiden suurempi vaihtuvuus 'rajallisten erien' osalta nostaa Zaran kaltaisten kauppojen houkuttelevuutta, koska nuoret haluavat uudistaa identiteettiään useammin. Rajallisuuden ja pienempien vaate-erien vuoksi halpavaatealiikkeiden ei myöskään tarvitse tehdä varastontyhjennyksiä sesonkituotteille, vaan voivat jatkuvasti pyytää täyden hinnan vaatteistaan, mikä on tehnyt alasta suosittumman. (Joy ym. 2012, 282; Tokatli 2008, 23.)

Pikamuoti ja sen tuottajat ovat kuitenkin saaneet 2010-luvulla yhä enemmän kritiikkiä niiden aiheuttamien negatiivisten ympäristövaikutusten vuoksi. Muodin merkityksen kasvu yhteiskunnassa on asettanut yhä suuremman painoarvon vaatteiden resursivalinnoille ja sille, miten eettisesti vaatteita tuotetaan. McNeill sekä Moore (2015, 213) puhuvatkin muodin paradokseista. Tällä he tarkoittavat sitä, että koska vaateteollisuudella on ollut talouden kasvulle niin iso merkitys jo pidemmän aikaa, sitä ei ole kritisoitu niin voimakkaasti kuin olisi pitänyt.

Esimerkiksi puuvillan sekä kuidun valmistus vaatteita varten aiheuttaa Iso-Britanniassa vuosittain yli 20 miljoonan hiilidioksiditonin päästöt ja tuotannossa käytettiin yli kahdeksan miljardia kuutiota puhdasta vettä. Tällä hetkellä yhden paidan sekä farkkujen valmistamiseen tarvitaan noin kilon verran puuvillaa, ja tämän kilon tuottamista varten kulutetaan vettä noin 10 000–20 000 litraa vettä maasta riippuen (WRAP 2017, 13–14).

Tästä syystä Goworek ym. (2018, 2–3) painottavat vaatesuunnittelijoiden sekä tuotekehittäjien mahdollisuutta pienentää vaatteiden ympäristövaikutusta. Mitä enemmän nämä asiantuntijat pystyvät viestimään kuluttajille ekologisemmista vaihtoehdoista ja niiden kestävydestä, sitä pienempi vaikutus vaatteilla olisi ympäristön kannalta niiden koko elinkaaren aikana.

WRAP-raportin (2017, 5, 12) mukaan Euroopassa vaatteiden tuotanto sekä myynti aiheuttaa neljänneksi eniten painetta ympäristölle asumisen, liikenteen sekä ruoan jälkeen. Vaikka vaateteollisuuden hiilijalanjälki Iso-Britanniassa vuonna 2016 oli suhteessa vähentynyt reilut 10 prosenttia vuoden 2012 tasosta, ovat kokonaispäästöt silti nous-

seet reilulla kahdella miljoonalla tonnilla hiiliekvivalenttipäästöjä samalla ajanjaksolla. Syynä tähän oli suurempi vaatteiden sekä pikamuodin kysyntä.

Goworekin ym. (2018, 6–7, 10) tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että vaatealan yritykset ovat ottaneet huomioon raaka-aineiden sekä tuotannon vaikutukset ympäristölle. Heillä on kuitenkin suuri ristiriita kaupallisten tavoitteiden sekä kestävän kehityksen vaatimusten välillä: ekologisuus ei valitettavasti vielä ole saanut niin isoa merkitystä, sillä kuluttajat ovat valinnoillaan tukeneet halpaa pikamuotia entistä enemmän.

Samalla Goworek ym. huomasi, että globalisaation myötä raaka-aineiden tuottajien sekä välittäjien tarkkailu on muuttunut haastavammaksi. Kun raaka-aineet hankitaan yhdestä maasta ja kuljetetaan käsiteltäväksi toiseen, ennen kokoonpanoa kolmannessa maassa on useampi taho ehtinyt vaikuttamaan kokonaisuuteen. Koko prosessin tarkempi valvonta voi siis aiheuttaa mittavia kustannuksia lopputuotteen myyjälle, ja on siksi jäänyt vähemmälle huomiolle usealla yhtiöllä.

Samanlainen ristiriita kaupallisten tavoitteiden sekä kestävän kehityksen välillä on havaittavissa myös tietokoneita sekä matkapuhelimia valmistavien yritysten osalta. Schor (2005, 315–316) tarjosi esimerkkinä, että Yhdysvalloissa heitettiin pois vuonna 1998 yli 20 miljoonaa tietokonetta, kun taas vuonna 2005 luku oli jo 63 miljoonaa kappaletta.

Tämäkin kulutuksen kasvu on ollut mahdollista raaka-aineiden halpenemisen sekä ulkomaisen tuotannon avulla. Yhdysvalloissa kuluttajahintaindeksin taso tietokoneiden osalta putosi vuoden 1997 luvusta 100 vuoteen 2005 mennessä lukuun 13,5. Suuri osa tästä pudotuksesta on ollut mahdollista hyväksikäyttämällä Aasian tuotantolaitoksia, joissa on väljempi valvonta myrkyllisten metallien, kuten elohopean tai lyijyn, ja kemiaalien käytölle sekä näiden dumppeukselle luontoon. Näin länsimaisten yritysten ei tarvitse maksaa ympäristökustannuksia kuin minimimäärä, jos sitäkään. (Schor 2005, 316.)

Kuluttajien halua saada maksimaalinen hyöty irti mahdollisimman pienellä vaivalla on hyödynnetty etenkin matkapuhelinten saralla. Apple tarjosi ehkä radikaaleimman esimerkin kertakäyttöyhteiskunnan vallasta 2010-luvun puolivälissä, kun se tietoisesti heikensi vanhempien tuotteidensa tehokkuutta 'päivityksen' muodossa. Salassa suoritetun päivityksen virallisena tarkoituksena oli pidentää puhelinten käyttöikää rajoittamalla energiapiikkejä käytön aikana. Puhelimet olivat siis mekaanisesti täysin toimivia laitteita eikä niiden osissa ollut mitään vikaa. Teknisiä ominaisuuksia ja ohjelmistoja hidastettiin tietoisesti – paitsi uusimmissa puhelimissa, joiden myyntiä haluttiin lisätä.

Apple perusteli asiaa seuraavasti: ”Tavoitteemme on tarjota asiakkaillemme paras kokemus, johon sisältyy suorituskyky kokonaisuutena sekä laitteiden elinajan pidentäminen. Litiumioniakkujen kyky vastata virtapiikkeihin heikkenee...” Perustelut vanhempien laitteiden teknisen suoritustehon madaltamiselle olivat siis puhelimien akkujen käyttöiän maksimointi. Vaikka perustelu olikin looginen akkukapasiteetin laskiessa pidemmällä käyttöajalla, todellista käyttöiän pidentämistä testeissä ei havaittu, vaan ainoastaan suorituskyvyn rajoittamista. (MTV 2017; TechCrunch 2017.)

4.3 Uusi suunta talouskasvulle, kiertotalous

Ekologisen talouskasvun ydinidea on pohtia, miten materiaalivirtojen määrää voidaan rajoittaa. Materiaalivirtana tarkoitetaan mitä tahansa luonnosta saatua materiaa, jota hyödynnetään taloudessa sekä materiaa, joka poistuu taloudesta takaisin luontoon sivutuotteena tai jätteenä. Taloudellinen kasvu, esimerkiksi bkt:n avulla laskettuna, ei voi siis jatkua loputtomiin, sillä rajallisella planeetalla on rajallinen määrä resursseja käytettäväksi. Toisin kuin aiemmin oletettiin, taloudellinen kasvu ei pysähdy resurssien loppumiseen, vaan liiallisten jätteiden määrään (kuten hiilipäästöihin tai muovijätteeseen), jolloin maapallon kantokyky kaikille ei enää riitä. Ilmastonmuutos hiilidioksidipäästöjen synnyttämänä on hyvin selkeä esimerkki tämän rajan lähentymisestä. (Hahnel 2012, 24–25.)

Yhtenä merkittävimmistä ongelmista ekologisemman ja kestävämmän elämäntavan saavuttamisessa on kuluttajien toiminnan sekä ajattelumallin muutos. Vihreämmät teknologiat ja ekologisuus ei vielä takaa sitä, että uusi toimintamalli olisi tehokas ja toimiva. Vaikka yritykset siirtyisivät tuottamaan enemmän kestävästi tuotettuja hyödykkeitä, tarvitaan suuria panostuksia markkinoijilta, joiden tehtävänä on saada nämä tuotteet sekä elämäntavat näyttämään paremmilta jokaisen kuluttajan kohdalla. Tämän vuoksi Guiltinan (2009) sekä Niva ja Timonen (2001) puhuvat paljon kuluttajien käyttäytymisen ohjaamisesta kohti kestävämpää kuluttamista.

Esimerkiksi Cooperin (2004, 447) tutkimuksessa havaittiin, että osa kuluttajista ei osaa ajatella tuotteen vaikutuksia ympäristölle ja siksi he kaipaivat enemmän ohjeistusta valinnoissaan. Niva sekä Timonen (2001, 333) saivat samanlaisia tuloksia, mutta osassa tapauksia kuluttajat asettivat vielä isomman roolin yrityksille: kuluttajilla nähtiin olevan hyvin pieni rooli ympäristövaikutusten kannalta.

Jätämme kuitenkin yksittäisten kuluttajien valintaprosessin sekä siihen vaikuttamisen tässä kohdassa sen enempää tutkimatta, sillä niistä saisi oman tutkimuksen yksinäänkin. Keskitymme seuraavassa enemmän yritysten sekä valtioiden mahdollisuuksiin vaikuttaa uuden suunnan määrittelyssä.

Jacksonin (2009, 199–212) mukaan laajan ongelman yhteydessä on parasta jakaa ongelma pienempiin osiin, joita lähdetään yksittäin purkamaan. Ensimmäisenä osaongelmana on selkeiden rajojen määrittely: Resurssien käytölle sekä päästöille on asetettava kaikille tasapuoliset rajat. Samanlaiset rajoitukset tulisi asettaa niin harvinaisille luonnonvaroille kuin myös uusiutuville luonnonvaroille sekä näiden käytölle. Rajoitusten avuksi olisi otettava käyttöön verouudistus, joka korostaa ekologisuutta ja ehkäisee taloudellisin keinoin haitallisten toimien jatkamista, kuten esimerkiksi hiiliveron avulla. Vain tiukkojen sekä tarkoin määriteltyjen rajoitteiden avulla ilmastonmuutosta voidaan hidastaa. Näiden luomisessa valtioilla on merkittävä rooli.

Toisena osaongelmana on talousmallin korjaaminen. Kulutusta ylistävän talouskasvun tilalle on rakennettava ekologisuutta korostava vaihtoehto. Jatkuvan kasvun sijaan on haettava kestävää makrotalousjärjestelmää, jossa työn ja pääomien tuottavuuden laskevatapaa uudistetaan. Mahdollisimman nopean ja hyvän tuoton sijaan on korostettava investoinnin pitkäaikaista hyötyä, jossa on huomioituna ekologisuus mahdollisuuksien mukaan.

Pelkkien tuotannollisten ja teknologisten etujen lisäksi tehokkuutta on haettava myös muilla aloilla, kuten rakentamisessa sekä infrastruktuurissa. Uudistamalla rakennuksia voidaan säästää merkittävästi energiaa muun muassa hukkalämmön vähentämisellä sekä sen talteenotolla, ja infrastruktuurin päivityksillä voidaan parantaa julkista liikennettä tai sähköverkkoa. Näiden avulla myös ekologiset tavoitteet on helpompi toteuttaa.

Tarkastelemme ensimmäistä osaongelmaa kiertotalouden näkökulmasta, jossa haetaan ratkaisua resurssien ylikulutuksen ongelmaan. Kiertotalous nähdään usein päinvastaisena liikkeenä nykyiseen kertakäyttötalouteen. Kiertotalouden tavoitteena on pidentää hyödykkeiden käyttöikä lisäämällä hyödykkeiden uusiokäyttöä sekä kierrätystä, samalla kun neitseellisen materiaalin käyttö pyritään minimoimaan. Nämä tavoitteet ovat ilmastonmuutoksen pysäyttämisen kannalta todella tärkeitä, koska ne edistävät Jacksonin esittämää absoluuttista irtikykentää.

Yksi hyvä esimerkki kiertotaloudesta on pullopanttijärjestelmä, jossa pienen taloudellisen insentiivin avulla kuluttajia ohjataan kierrättämään materiaaleja uudelleen käy-

tettäviksi. Suomessa juomapullojen kierrätysaste onkin yli 90 prosenttia. (VTT 2018, 2, 7.)

Näiden tavoitteiden tueksi kiertotaloudessa hyödynnetään paljon elinkaariarviointia (LCA, *life cycle assessment*), jossa yhden tuotteen koko elinkaaren aikana aiheuttamat ympäristövaikutukset pyritään laskemaan mahdollisimman tarkasti – mitä isommat vaikutukset ympäristölle, sitä kalliimpi tuote on yhteiskunnalle. Cooperin (2005, 57) mukaan LCA:n laskutapaa täytyy vielä kuitenkin korjata. Sen laskelmat ja tarkkuus perustuvat pitkälti saatavilla olevaan dataan, ja tulokset vaihtelevat paljon sen mukaan, käytetäänkö hyödykettä, esimerkiksi astianpesukonetta, toimivan käyttöiän ajan vai korjauksien kanssa käytetyn ajan.

Valtioiden ohjauskeinot markkinoille on perinteisesti jaettu neljään osaan; hallinnollis-oikeudellisiin, taloudellisiin ja informatiivisiin ohjauskeinoihin sekä vapaaehtoiisiin sopimuksiin. Hallinnollis-oikeudelliset keinot ovat erilaisia ohjeita, määräyksiä tai kieltoja, jossa toiminnan harjoittaminen edellyttää lupaa. Näiden avulla valtiot voivat helposti rajoittaa haitallisten toimien harjoittajien määrää. Taloudelliset ohjauskeinot tarkoittavat suoria tai epäsuoria taloudellisia vaikutuksia, kuten ympäristöveroja tai erilaisia tukia. Taloudellisten vaikutuskanavien kautta onkin tartuttu etenkin markkinahäiriöiden aiheuttamiin ongelmiin, jossa toimintaa optimoidaan yhteiskunnan kannalta parempaan suuntaan. Tarkastelemme näitä ohjauskeinoja enemmän luvussa 5.2.

Informatiivisena ohjauskeinona voidaan pitää koulutusta sekä esimerkiksi ympäristömerkkejä, jotka myönnetään vain tiettyjen kriteerien täyttäneille hyödykkeille. Vapaaehtoiset sopimukset taas tarkoittavat toimialan tai yksittäisten toimijoiden omia sopimuksia, jotka sitovat yrityksiä tiettyihin rajoitteisiin. VTT (2018, 5–7) tarjoaa esimerkkinä tästä ympäristöministeriön sekä Kaupan liiton tekemää Muovikassisopimusta, jonka avulla vähennetään muovikassien kulutusta Suomessa.

Kiertotalouden tavoitteiden saavuttaminen on kuitenkin hidasta, sillä valtion suorittamien ohjauskeinojen täytyy olla oikeudenmukaisia, mutta myös kustannustehokkaita. Muutoksen seuraaminen ja vaikuttavuusanalyysit on tehtävä tarkasti laajalle markkinalle, jotta kehitys etenisi oikeaan suuntaan. VTT (2018, 8–9) huomauttaakin, että markkinat eivät välttämättä tarvitse lisää uusia ohjauskeinoja, vaan mahdollisesti kiertotaloutta estävien tai hidastavien ohjauskeinojen poistamista.

Esimerkiksi Työ- ja elinkeinoministeriö huomasi selvityksessään (TEM 2017, 15–17), että Suomessa vuonna 2017 neljän miljardin euron tukipaketista vain 400 miljoonaa käytettiin pitkän aikavälin tuottavuutta ja osaamista nostaviin hankkeisiin. Neljän mil-

jardin tukipaketista uusiutuva energia-ala sai yhteensä 349 miljoonaa euroa, mutta tästäkin vain 75 miljoonaa euroa käytettiin aidosti kilpailukykyä tai teknologiaa uudistavaan toimintaan. Selvityksen mukaan suurin osa tuesta ei edistänyt uudistumista, vaan antoi vain kustannuskilpailukykyä, eli säilytti vanhaa yritysrakennetta. Toinen esimerkki muutosta estävästä tuesta on polttoturpeen alempi verotusaste, vaikka tämä kuuluu fossiilisten polttoaineiden piiriin.

Yleisesti vuonna 2014 Euroopassa annettiin suoria tukia fossiilisten polttoaineiden tuottajille yhteensä 24 miljardia euroa (Ex'tax 2016, 166). Näiden 'huonojen' tukien (*environmentally harmful subsidies*, EHS) vähentäminen ja uudelleen allokointi olisi siis ensiarvoisen tärkeää kiertotalouden korostamiseksi. Käsittelemme yritystukia lisää luvussa 5.2. (VTT 2018, 14.)

Taloudellisten ohjauskeinojen lisäksi Suomessa ei valitettavasti ole tuotteiden pidempään käyttöön ohjaavia keinoja (VTT 2018, 16). Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö niitä olisi hyvä yrittää luoda. Suurimpia kehitysmahdollisuuksia kiertotalous tarjoaa esimerkiksi vaatteiden uusiokäytön saralla. Iso-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan jos käytettyjen vaatteiden uusiokäyttöä voitaisiin nostaa esimerkiksi 10 prosentilla, tämä muodostaisi merkittäviä vähennyksiä resurssien käytössä, muun muassa puhtaan veden tuhlauksessa ja hiilipäästöjen sekä jätteiden määrässä. Edistystä on kuitenkin myös tapahtunut: WRAP-raportin (2017, 3, 41) mukaan vaatteiden määrä jätteiden seas- sa on vähentynyt Iso-Britanniassa vuodesta 2012 alkaen yli 50 000 tonnilla. Castellani ym. (2015, 374) silti korostavat, että esimerkiksi Yhdysvalloissa kierrätetään vain 15 prosenttia kaikista vaatteista ja että ne muodostavat jopa neljä prosenttia kaikista kaatopaikkajätteistä, vaikka 100 prosenttia vaatteista olisi kierrätettävissä.

OECD:n (2002) mukaan kestävämmän kuluttamisen muuttaminen tulisi olla monen valtion uusi prioriteetti OECD-maissa. Pitkän aikaa ympäristölle kohdistuvia paineita lähestyttiin vain ja ainoastaan yritysten näkökulmasta, koska yksittäisten kuluttajien valinnoista ja toimintatavoista ei ollut selkeää tietoa. Nyt OECD onkin määritellyt jätteiden suuren tuotannon yhdeksi merkittävimmistä ongelmista yksityisten kotitalouksien kohdalla. Vaikka yhden kotitalouden tuottamat jätemäärät eivät olisikaan suuret, niiden kumulatiivinen vaikutus on kasvanut valtavasti. OECD (2002, 4) arvioikin, että kotitalouksien jätemäärät tulevat kasvamaan vuoteen 2020 mennessä yli 40 prosenttia

vuoteen 1995 verrattuna. Vuonna 1997 yli 65 prosenttia yhdyskuntajätteestä¹² muodostui kotitalouksien jätteistä. Suomen virallisen tilaston (2020b) mukaan Suomessa yhdyskuntajätteen määrä oli vuonna 2018 yli kolme miljoonaa tonnia ja että määrä kasvoi edellisvuoteen verrattuna noin kahdeksalla prosentilla, eli lähes 230 000 tonnilla.

Kiertotalouden korostaminen ei kuitenkaan aina vaadi pelkästään taloudellista tukea tai ohjaamista, vaan se voi onnistua myös lakien kautta. Erilaisten lakien avulla voidaan vaikuttaa suuresti jätteiden määrän syntyyn, mutta myös niiden hyötykäyttöön. Suomessa kierrätyksen osuus on jatkuvasti kasvanut, kattaen tällä hetkellä noin 42 prosenttia kaikesta jätteestä. Kaatopaikalle vietävien jätteiden osuus oli vuonna 2018 enää noin 0,7 prosenttia, vaikka sekajätteen määrä onkin kasvanut. Suurin osa jätteistä hyödynnetään energiantuotannossa, mikä on vuonna 2016 voimaan tulleen lain ansiota, joka kielsi orgaanisen jätteen viemisen kaatopaikalle. (Suomen virallinen tilasto 2020b.)

Jätteiden käsittely on ensiarvoisen tärkeää kiertotalouden kannalta, mutta valtioiden tulisi panostaa hyödykkeiden pidempään käyttöikään yhtä lailla. Yksi tehokas keino on erilaisten hyödykkeiden ympäristövaikutuksista tiedottaminen. Kuten yllä Tokatlin (2008) sekä Joyn ym. (2012) tutkimuksista havaittiin, kaikilla kuluttajilla ei välttämättä ole tietoa ostokäyttäytymisensä vaikutuksista ympäristölle.

Cooperin (2005) mukaan kertakäyttöyhteiskunnan korostama tuotteiden tietoinen vanhentaminen on ongelman ytimessä. Useat teollisuusmaat voisivat valmistaa laadukkaita sekä kestäviä tuotteita ja siten vähentää resurssien käyttöä. Lisäksi hän ihmettelee, miten useat tutkimukset korostavat kertakäyttöyhteiskunnan ratkaisuksi juuri teknologisen kehityksen tuomaa tehokkuutta tai tarvetta vähentää jätteiden määrää, mutta eivät ota juuri lainkaan kantaa tuotteiden kestävyYTEEN.

Toinen mahdollinen keino tiedottamisen lisäksi on korjata hyödykkeiden hintoja kuvaamaan paremmin niiden todellisia kustannuksia. Myyntihintoihin voisi sisällyttää mukaan myös ulkoisvaikutuksia, eli raaka-aineiden keräämisestä, hyödykkeiden tuotannosta ja kuljetuksesta aiheutuneita ympäristökustannuksia, mitkä nostaisivat hintoja. Korotukset voisivat ilmentyä muun muassa verojen tai tiettyjen ympäristön säästämisen kautta asetettujen standardien mukana. Näin monikansallisten yhtiöiden tarkoituksien mukaisesti alas painamat hinnat kuvastaisivat paremmin tuotteiden todellisia kustannuk-

¹² Yhdyskuntajäte tarkoittaa Tilastokeskuksen määritelmän mukaan kotitalouksien sekä tuotannossa, etenkin palvelualoilla, syntyneiden jätteiden kokonaismäärää. Tämä jäte syntyy lopputuotteiden käytön yhteydessä. (Suomen virallinen tilasto 2020a.)

sia, ja hintojen kohoamisen myötä ylikulutus vähenisi ja kalliimmille tuotteille annettaisiin todennäköisesti enemmän arvoa. (OECD 2002, 8–9; VTT 2018, 22.)

Jacksonin (2009) toisena osaongelmana oli talousmallin korjaaminen, jossa kasvun ja työnteon lisäksi otettaisiin huomioon ekologisuus. Tähän VTT (2018, 20) ehdottaa verotuksen painopisteen siirtämistä työn verottamisesta kohti luonnonvarojen käytön sekä ympäristön kuormituksen verotusta. Työn verotus tuottaa tällä hetkellä yli puolet verotuotoista Euroopassa, kun taas ympäristöverojen osuus on vain reilut 6 prosenttia (Ex'tax 2016, 166). Mikäli tätä suhdetta pystyttäisiin muuttamaan, valtiot ohjaisivat yrityksiä selkeästi kohti pienempää resurssienkäyttöä. Tällä hetkellä verotus tukee selkeästi tehokasta tuottamista, kun ideaalitalanne olisi päinvastainen: kulutus voisi olla suurta, mutta se perustuisi enemmän palveluihin kuin tuotteisiin.

Tämä voisi olla ratkaisu aiemmin luvussa 4.2.2. esitettyyn McColloughin (2012) havaitsemaan ongelmaan, jossa palveluiden hinta kohoaa jatkuvasti suhteessa hyödykkeiden hintoihin. Kun työtä verotettaisiin vähemmän, esimerkiksi alennetun korjauspalveluiden arvonlisäveron kautta (VTT 2018, 33), palveluiden hinta laskisi ja tämä houkuttelisi kuluttajia korjaamaan hyödykkeensä uuden ostamisen sijasta, mikä auttaisi pidentämään tuotteiden käyttöikä ja vähentämään niiden käytöstä aiheutuvaa resurssien käyttöä.

Kokonaisveroasteen suuruus ei kuitenkaan saisi nousta tämän muutoksen yhteydessä. Ekologisen verouudistuksen avulla voidaan VTT:n (2018, 20) mukaan saavuttaa kaksoishyöty: ympäristön tilan sekä työllisyystilanteen paraneminen yhtäaikaaisesti. Neitseellisen raaka-aineen korkeampi verotus vähentäisi uusien hyödykkeiden tuottamista uudella raaka-aineella, jolloin kierrätyksen suosio kasvaisi. Samalla voitaisiin havaita työllisyyden nousua, kun palveluiden kysyntä kasvaa.

Euroopassa on siirrytty jo tähän suuntaan. Esimerkiksi Suomessa verotusta siirrettiin pois työn verotuksesta vuonna 1997, kun energiaverotusta kasvatettiin. Vuonna 2011 tehtiin uusi energiaverouudistus, minkä avulla polttoaineiden verotuksia muutettiin, kun ympäristöystävällisemmät polttoaineet saivat alemman veroasteen. Hetkeä aiemmin työnantajien kansaneläkemaksu poistettiin, jotta kokonaisveroaste pysyisi samansuuruisena. (VTT 2018, 21.)

Verotuksen uudistamista selvittänyt Ex'tax-projekti (2016) tutki laajasti, miten verotuksen painopisteen muuttaminen nopeuttaisi kiertotalouden käyttöönottoa Euroopan maissa. Tutkimus tehtiin yhteistyössä muun muassa Cambridge Econometricsin sekä suurten tilintarkastusyhtiöiden toimesta. Heidän makroekonomisen mallinsa perusteella

bkt ja työllisyys kohentuisivat kaikissa jäsenmaissa, mikäli verotusta uudistettaisiin kohti kiertotalouden mukaista mallia. Arvion mukaan bkt olisi noin kaksi prosenttia korkeampi sekä työllisyysaste kasvaisi 2,9 prosenttia vuonna 2020 verrattuna nykyiseen talouden tilaan.

Malli tarjoaa jokaiselle valtiolle erikseen oman kulkuväylänsä, minkä toteuttamisella tämä kyseinen valtio voi parantaa kiertotalouden edellytyksiä. Erilaisten skenaarioiden keskiarvolla kaikkien euromaiden työn verotus vähenisi yhteensä 13 prosenttia, samalla kun resurssien käytön verot kasvaisivat saman verran. Tämä mahdollistaisi jopa 6,6 miljoonan ihmisen työllistymisen sekä hiilipäästöjen pudottamisen 8,2 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Edistyminen asian suhteen on ollut kuitenkin hidasta, vaikka Euroopan komissio on suositellut Ex'taxin mukaista mallia jo vuodesta 1993. (Euroopan komissio 1993, 53–54; Ex'tax 2016, 14, 127.)

Massiivisilla toimenpiteillä verotuksen, tiedottamisen sekä yritysten muun ohjaamisen kautta kertakäyttöyhteiskunnasta pystytään siirtymään kohti kiertotaloutta. Tämä mahdollistaisi taloudellisen kasvun samalla, kun kestävä kehityksen rajoitteet ilmastomuutoksen pysäyttämiseksi olisivat voimassa. Guiltinan (2009, 25) kuitenkin korostaa, että kun etsimme kestävämpiä ratkaisuja ekologisuuden ongelmaan, valtioiden tulisi valmistella kokonaisuudessaan yhtä alaa koskeva muutos. Mikäli uudet säädökset vaikuttavat vain osaan tietyn alan toimijoista, ei muutoksella ole saatu aikaan muuta kuin kilpailijoiden välillä tapahtuva markkinaosuuksien muutos.

Kansainvälisten sopimusten vaikutusmahdollisuuksia tarkastellaan enemmän luvussa 5.3.

5 Ympäristön kantokyvyn ja talouden yhteensovittamisen haasteet

5.1 Miten muovin ja taloudellisen kasvun epätasainen jakautuminen maapallolla heikentävät ympäristön tilaa

Käsittelimme luvussa kaksi useita ilmastonmuutoksen aiheuttamia ongelmia, jotka aiheutuvat keskilämpötilan noususta maapallolla. Ääriolosuhteiden yleistyminen hirmumyrskyjen sekä tulvien muodossa on määrältään sekä voimakkuudeltaan kasvanut. Lämpötilan noustessa päiväntasaajalla auringon paahde muuttuu sietämättömän kuumaksi lisäten aavikoitumista ja pidentäen kuivia kausia. Meriveden lämmitessä tämän happi- ja happopitoisuudet menevät huonompaan suuntaan vaikeuttaen kaikkien vesieläinten elämää. Napapiireillä taas jäämassat sulavat nostaten globaalisti meren pintaa, mikä aiheuttaa etenkin matalissa saarivaltioissa sekä rannikkokaupungeissa aaltojen ylipyyhkimisen ongelman tuhoten elinolosuhteita.

Kaikki nämä ongelmat, vedenpinnan kohoamista lukuun ottamatta, aiheutuvat suurimmilta osin napapiirien tai päiväntasaajan alueilla. Lauhkeammilla alueilla ilmastonmuutoksen ongelmat ovat jääneet vielä hyvin pieniksi, vaikka keskilämpötilan kohoaminen onkin havaittu. Näillä alueilla taas ovat syntyneet käytännössä kaikki suurimmat taloudelliset kriisit. Esimerkiksi 1600-luvun alkupuolella Alankomaista lähtenyt tulppanimania, 1929 pörssiromahdus Yhdysvalloissa, 2000-luvun teknokuplan puhkeaminen sekä finanssikriisi ovat kaikki syntyneet Euroopan sekä Amerikan alueilla ja levinneet sitten globaalisti markkinoiden horjuessa.

Vaikka taloudelliset ongelmat ovat olleet järjestyttäviä tapahtumia historian saatossa, ihmisten toimintatapa ei ole muuttunut. Kyltymättömyys ja lyhyen aikavälin voitontavoittelu ovat kasvaneet entisestään globaalien markkinoiden tehdessä maailmasta pienempää paikkaa. Lisäksi tehokkaampien koneiden ansiosta länsimaiset yritykset ovat saaneet pienemmillä kuluilla lyhyemmässä ajassa suurempia voittoja. Uudet innovaatiot, kuten muovin, ovat tarjonneet toiminnan tehostamista ja kustannusten minimointia samalla, kun ulkoisvaikutukset on annettu muiden, usein heikompiosaisten kannettavaksi.

Kertakäyttöyhteiskunnan korostama kulutuksen kasvu on saanut etenkin länsimaissa äärettömän suuret mittasuhteet. Esimerkiksi kulutuksen sivutuotteena muodostuvan jätteen määrä on kasvanut länsimaissa niin suureksi, että sen kierrättämiseen on jouduttu

panostamaan entistä enemmän. Näiden panostusten kasvaessa ovat nousseet myös kulut, joiden minimoimiseksi yritykset ovat edenneet niin pitkälle, että ne ovat kuljettaneet jätteensä muihin maihin kierrätettäväksi (Velis 2014). Näin kasvua on pystytty hakemaan edelliseen tahtiin, kun ongelmat on siivottu muiden, pääasiassa Kiinan, hoidettavaksi. Käytämme tämän haitallisen yhteyden osoittamiseksi esimerkkinä muovin räjähdysmäistä kasvua ja jatkamme muovijätteen kuljetuksesta hieman myöhemmin.

PlasticsEuropen (2014, 5, 15) mukaan muovi on innovaationa viiden parhaan kärjessä sen monipuolisuuden vuoksi. Muovin keveys ja kestävyys ovat tehneet siitä yhden suosituimmista materiaaleista melkein kaikilla toimialoilla, etenkin pakkausmateriaalina, ja se on tarjonnut paljon säästöjä muiden resurssien, kuten lasin, metallin tai paperin käytölle. Pilz ym. (2010, 11) analysoivat tutkimuksessaan, että mikäli muoviset pakkaukset korvattaisiin jollain muilla raaka-aineilla, tähän tarvittaisiin reilu 3,5 kertainen määrä näitä resursseja. Suuremman painon vuoksi kuljetusten aiheuttamat hiilipäästöjen määrät kasvaisivat nykyisestä lähes 60 prosenttia. Samalla he toteavat, että vain hyvin harvoin muovisen hyödykkeen tuottamiseen joudutaan käyttämään enemmän energiaa kuin vastaavan substituutin tuottamiseen. Useimmiten tämän muovituotteen kesto on myös ylivoimainen muihin verrattuna.

Muovin käytettävyys on osoittautunut ylivoimaiseksi myös esimerkiksi lääkepakkausten yhteydessä, jossa lääkkeitä voidaan säilyttää ja kuljettaa steriilisti. Ruoan säilytys muovirasioissa taas auttaa pitämään niitä tuoreempina pidempään. Karkean arvion mukaan ruokahävikki on vähentynyt muovirasioiden ansiosta ja siten ruokahävikistä aiheutuneet hiilipäästöt ovat pienentyneet noin 10–20 prosenttia. (Pilz ym. 2010, 18; UNEP 2014, 15.)

Nämä ovat yksittäisiä esimerkkejä, miksi muovin tuotanto on kasvanut jo yli 50 vuotta peräkkäin, kun vuonna 2013 muovia tuotettiin globaalisti yhteensä 299 miljoonaa tonnia, mikä on lähes 4 prosenttia enemmän kuin edellisvuonna. Vertailun vuoksi, vuonna 1950 muovia tuotettiin vain alle 2 miljoonaa tonnia, eli alle 0,7 prosenttia vuoden 2013 määrästä. Suurin osa tästä tuotannosta tehdään nykyään Kiinassa, jonka osuus nykytuotannosta on vajaat 25 prosenttia. (PlasticsEurope 2014, 11–12; UNEP 2014, 15.)

Suurin osa muovituotteiden valmistuksesta sekä muovin kierrätyksestä tapahtuu Aasiassa. Koska vienti on pitkälti toispuoleista, lännestä lähteviä tyhjiä rahtikontteja on hyödynnetty kierrätettävän muovijätteen kuljetukseen, jota Kiina on pitkän aikaa ostanut sen omaan resurssitarpeeseen. Ostamalla halvempaa kierrätysmuovia muualta Kiina

pystyy täyttämään sen teollisuuden tarpeet jatkuvalla muovin käytölle, etenkin pakkausmateriaalina. Vuonna 2013 Kiina osti yhteensä 56 prosenttia globaalista jätemuovista ja tästä kokonaismäärästä 21 prosenttia saapui Yhdysvalloista. (Velis 2014, 21, 25.)

Miksi Kiina on sitten halunnut jätemuoviakin niin paljon? Kiinan tarve muoville perustuu pitkälti sen taloudellisen kasvun luomaan vahvistuneeseen kotimaiseen kysyntään. Kiina kuuluu nykyään eniten muovia kuluttaviin valtioihin, ja uuden muovin tuotanto on kalliimpaa kuin kierrätettävän muovin uudelleen käyttö. Vuonna 2006 Kiina osti vajaat 5,9 miljoonaa tonnia kierrätysmuovia, kun vuonna 2011 luku oli jo vajaat 8,4 miljoonaa tonnia. Kasvanutta kotimaista kysyntää kuvastaa hyvin myös se, että kaikki Kiinan ulkomailta ostama kierrätysmuovi riitti vuonna 2011 vain puoleen kotimaisesta kysynnästä. (Velis 2014, 36–37, 39.)

Myös Euroopan muovinkierrätys perustuu pitkälti Aasian vientiin. Kun Euroopassa onnistutaan ottamaan talteen noin puolet kierrätettävästä muovista, jopa 87 prosenttia tästä kerätystä kierrätysmuovista viedään suoraan Kiinaan tai Hong Kongin itsehallintoalueen kautta Kiinaan. (Velis 2014, 27.)

Kiinassa muovin kierrätyksen tasosta ei kuitenkaan tiedetä tarpeeksi. Puhtaampaa kierrätysmuovia, kuten kuljetuksessa käytettäviä pakkausmateriaaleja, on helpompi kierrättää uudelleen käytettäväksi. Näiden kierrätys tapahtuu suurimmaksi osaksi uusissa kierrätyslaitoksissa, joissa muovi otetaan hyvin talteen. Likaisempien kierrätysmuovien, kuten ruokapakkausten, lajittelu on taas manuaalista työtä, joka toteutetaan paljolti pienempien toimijoiden, kuten heikompiosaisen perheiden toimesta. Tämän muovin kierrätyksen aste on alhaisin, sillä nämä pienet toimijat saattavat kuljettaa suuren osan jätemuovista kaatopaikoille niiden alhaisen jättekustannusten vuoksi tai hylätä ne luontoon. Toisen osan he myyvät yksityisille pienyrityksille, jotka myyvät kierrätykseen kelpaavat muovit takaisin kierrätystä harjoittaville suuremmille yrityksille. (Velis 2014, 38.)

Perheiden suorittamaa muovin lajittelua on kuitenkin vaikea tarkkailla. Osa tästä muovista käsitellään ilman minkäänlaisia suojarusteita, minkä vuoksi työntekijöiden terveys voi olla vaarassa. Osa myrkyllisistä muoveista taas poltetaan energiaksi, mutta myrkyllisten kaasujen ja savun talteenottoa tai suodatusta ei suoriteta. Onkin epäilty, että suurin osa Kiinan omasta muovista ei päädykään kierrätykseen, vaan se poltettaisiin energiaksi – tälle ei kuitenkaan ole osoitettu todisteita. Kaasujen levitessä ympäristöön ihmisten sekä luonnon hyvinvointi heikkenee jatkuvasti, minkä vuoksi Kiinan heikenty-

vä ilmanlaatu on ollut toistuvasti uutisissa, kun sen kaupungeissa leijailee jatkuvasti tiheä savusumu. (BBC 2015; Velis 2014, 35, 41.)

Muovin jatkuvan määrällisen kasvun hillitsemiseksi UNEP (2014, 18) ehdottaakin, että yritykset ja valtiot voisivat ottaa käyttöön muovijalanjäljen, jossa ne optimoisivat ja pienentäisivät muovin käyttöä samalla tavalla kuin hiilijalanjälkeä. Tässä on tärkeä huomioida, ettei muovin käyttöä tule lopettaa, vaan sen käyttöä tulisi hallita ja etenkin käytönjälkeisen uusiokäytön roolia tulisi korostaa. Näin jätemuovi ei päätyisi Aasian vähemmän säännellyn markkinan kautta ympäristöön, vaan se käsiteltäisiin suuremmissa määrin Euroopassa tai Yhdysvalloissa, missä kierrätyksestä ollaan tarkempia.

Tämän suuntaisia ratkaisuja on ilmennyt yhä enenevässä määrin. Monet yritykset, jotka hyödyntävät paljon muovia tuotteissaan ovat seuranneet tarkasti muovin käyttöä ja siitä aiheutuvia kustannuksia. Esimerkiksi Hartwall uudisti vuonna 2018 juomapakkauksiaan ja saavutti merkittäviä resurssivähennyksiä muovi- sekä alumiinipakkausten kustannuksissa. Kevyemmän korkin sekä pullon muotoilun ansiosta Hartwall säästää vuodessa jopa 370 000 kiloa muovia sekä tölkeissä 84 000 kiloa alumiinia (Hartwall 2018).

Päivittäistavarakaupan jättiläinen Unilever taas aikoo puolittaa muovin käyttönsä vuoteen 2025 mennessä. Yhtiö käyttää tällä hetkellä vuosittain noin 700 000 tonnia muovia ja tätä määrää aiotaan vähentää pakkausmateriaalin käytön pienentämisellä sekä lisäämällä muovin kierrätystä. Etelä-Korealainen elektroniikkajätti LG taas saavutti vuonna 2013 jopa 13 miljoonan dollarin säästöt vähentämällä pakkausmateriaalin käyttöä televisioiden sekä puhelinten myynnissä. Nämä kolme ovat hyviä esimerkkejä Jacksonin suhteellisesta irtikytkennästä, missä tuotannon tehostamisella saadaan suuria kustannus- sekä resurssietuja yritysten käyttöön. (LG 2013, 38; Yle 2019a.)

Myös valtioiden tasolta on ohjattu tarkempaan muovijätteen käsittelyyn. Muun muassa Euroopan komissio (2020) asetti kiellon kertakäyttöisten muovipussien käytölle vuoteen 2020 mennessä ja lisäksi osa Euroopan valtioista on asettanut kaatopaikkakiellon muoville kierrätyksen parantamiseksi (Velis 2014, 17).

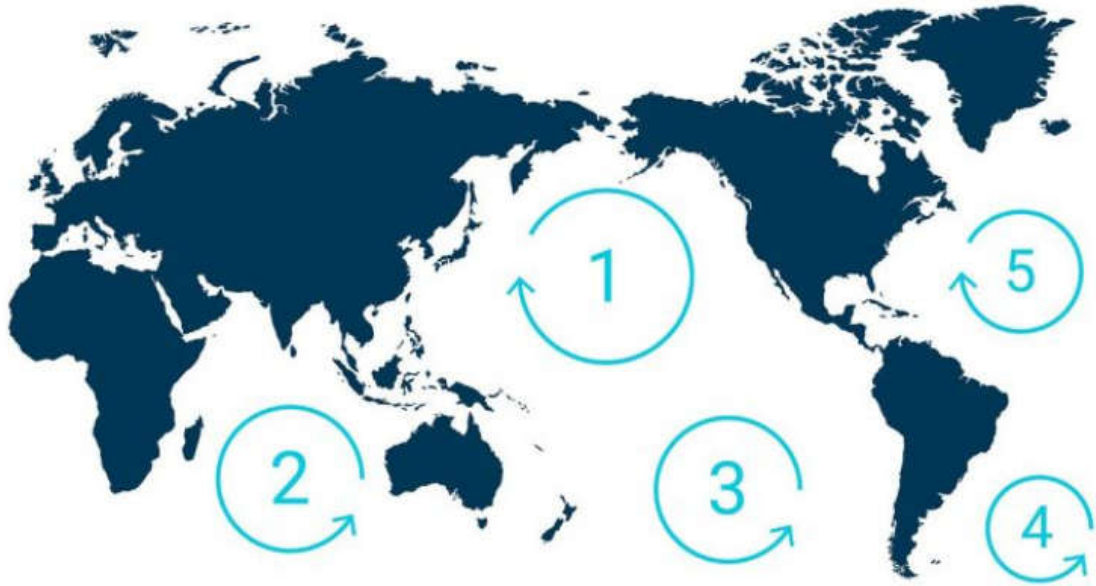
Kaikkien näiden toimien tarkoituksena on vähentää ympäristölle kohdistuvaa painetta jätteestä. Maailmanpankin (2012, 3, 8, 24) mukaan OECD-maat tuottavat satakertaisen määrän kaikenlaista jätettä verrattuna Afrikan maiden jätteisiin, vaikka populaatioiden koot näissä ovat melkein yhtä suuret. Tämä johtuu siitä, että kaupunkialueilla tuotetaan jätettä tuplasti enemmän kuin periferia-alueilla, sekä siitä, että suurissa kauppa-

keskuksissa käytetään enemmän pakkausmateriaaleja hyödykkeiden myynnin yhteydessä kuin pienissä kaupoissa.

Lisäksi he arvioivat, että vuonna 2025 ihmiset tuottavat kaksinkertaisen määrän jätettä verrattuna vuoteen 2012. Suurin osa tästä jätemäärän kasvusta johtuu Aasian kehittyvien talouksien, etenkin Kiinan sekä Intian, ripeästä talouskasvusta (Maailmanpankki 2012, 3).

Ympäristölle aiheutuvan paineen vuoksi länsimaissa on jouduttu panostamaan enemmän kierrätykseen, minkä takia jätteen käsittelyyn ja lajitteluun liittyvät kustannukset ovat nousseet tasaisesti. Tämä on aiheuttanut sen, että suuri osa jätteistä kuljetetaan vähemmän jätteiden sääntelyä harjoittavien maiden alueille, missä myös jätteisiin liittyvät käsittelyn kustannukset ovat pienemmät. Nämä ovat useimmiten alemman tulo-
luokan maita ja näissä kierrätyksen taso on usein niin huonolla tasolla, että sitä on vaikea toteuttaa. Tällöin jätteet dumpataan helpommin luontoon tai kaatopaikoille, milloin niistä voi erittyä haitallisia aineita vesistöihin, eikä uusiokäytön mahdollisuutta enää käytännössä ole. Mikäli jätteet poltetaan kaduilla, niistä syntyy myrkyllisiä kaasuja, jotka leviävät savun mukana laajemmalle ympäristöön. Esimerkiksi muovin tuotannossa käytetään hyvin paljon myrkyllisiä kemikaaleja laadun tai tietyn ominaisuuden, kuten paloneston, parantamiseksi, ja näiden päätyminen luontoon käyttöään päätteeksi on hyvin haitallista. (Maailmanpankki 2012, 26–27; UNEP 2014, 15–16.)

Ympäristön kantokyvyn rajat näkyvät tällä hetkellä hyvin selkeästi maailman merissä. UNEP:in (2005, 4) arvion mukaan jopa 70 prosenttia muovijätteestä päätyy hajoamaan hiljalleen merien pohjiin. Loppuosa jätteestä päätyy kellumaan mereen tai rannoille. Meren pintaosiin kertyvät roskat ovat päätyneet merivirtojen kuljettamana suuriksi roskalautoiksi ympäri valtameriä. Tällä hetkellä merissä on yhteensä viisi valtavaa roskapyörrettä, joista suurin (kuvio 11: 1. the Great Pacific garbage patch) sijaitsee Kalifornian länsipuolella, Tyynellä valtamerellä. Se on kasvanut vuosien aikana niin suureksi, että se kattaa yli kolme kertaa Ranskan valtion pinta-alan ja jatkaa kasvamistaan koko ajan. Tässä pyörteessä arvioidaan olevan yli 1,8 biljoonaa roskapartikkelia ja sen kokonaispaino on lähes 80 000 tonnia, joista suurin osa (46 prosenttia) muodostuu hylätyistä kalastusverkoista. Pyörteissä on mukana kaikenlaista roskaa mikromuovista pilleihin, muoviastioihin ja muovipusseihin. (Lebreton ym. 2018, 1.)



Kuvio 11 Maailman roskapyörteet (The Oceancleanup 2020)

Toiseksi suurin jätepyörre sijaitsee Intian valtamerellä. Sijainneiltaan näiden suurimpien pyörteiden paikat eivät yllätä, sillä 20:sta eniten saastuttavasta joesta 16 sijaitsee Aasiassa. Ainoastaan Nigeriassa sijaitsevat joet sekä Amazon Etelä-Amerikassa pääsevät mukaan listalle, kun suurimmat saastuttajat ovat Kiinassa Yangtze-joki sekä Intiassa Ganges-joki. (Lebreton ym. 2017, 3.)

Näiden alueiden huonon jätehuollon sekä jätteiden liiallisen kasvun vuoksi mereen päätyy globaalisti vuosittain vähintään 6,4 miljoonaa tonnia jätettä, joista suurin osa on muovia. Jätteet päätyvät mereen muun muassa rannoilta, jokien viemänä tai laivoista dumpattuina. Joidenkin tutkimusten mukaan yli kaksi kolmasosaa kaikista jokien kuljetamista jätteistä päätyy mereen vain kymmenen saastuttavimman joen kautta. (Lebreton ym. 2017, 3; UNEP 2005, ii.)

Jätteiden päätymisestä mereen on estetiikan lisäksi myös sen eliöille haittaa. Eläimet ovat suuressa vaarassa esimerkiksi hukkuu mahdollisesta kietoutumisesta vanhoihin hylätyihin kalastusverkkoihin tai -siimoihin. Lisäksi muovituotteet hajoavat pikkuhiljaa meressä ja pienimmät partikkelit voivat päätyä ruoan mukana eliöiden elimistöön ja siten lopulta huippupedot sekä ihmiset saavat suuremman osuuden myrkyllisistä muoveista itseensä oman ruokansa seassa. Näiden suorien saastehaittojen arvioidaan aiheuttavan vuosittain jopa yli 13 miljardin dollarin kustannukset, kun esimerkiksi kalastus ja turismi kärsivät sekä rantojen puhtaanapito vaatii suuremman työn (UNEP 2014, 10, 12).

5.2 Päästöveron ja yritystukien ohjauskeinot

1900-luvun loppupuolella ympäristöongelmien ehkäisykeinot olivat pitkälti hallinnollisia, eli erilaisia sääntöjä tai rajoituksia liiketoiminnan harjoittamiselle. Näiden käytön ongelmana on kuitenkin se, että ne vaativat melko paljon kustannus- ja hyötytietoja, mitä ei useimmiten ole tarkasti saatavilla. Tästä syystä taloudelliset ohjauskeinot ovat nykyaikana yleistyneet paljon. Niiden etuna on taas se, että taloudellinen ohjaava vaikutus ei lopu, vaikka annettu tavoitetaso olisikin saavutettu. Näin markkinoita ohjataan jatkuvasti toimimaan tehokkaammin kuin aiemmin. Toinen etu on puhtaasti taloudellinen: ohjauskeino voi tuottaa valtiolle tuloja, joita voidaan sijoittaa edelleen. Esimerkiksi vuoden 2015 aikana valtiot keräsivät yli 24 miljardia euroa erilaisten hiiliverojen tai muiden hinnoittelumeکانismien avulla, mikä oli jopa 60 prosenttia enemmän kuin edellisvuonna (Ex'tax 2016, 13). Kolmantena etuna ovat positiiviset työllisyysvaikutukset, kun ympäristöveroja korottamalla voidaan samanaikaisesti vähentää työn verotusta. (Valtioneuvoston kanslia 2000, 28, 75.)

Erilaisten ympäristöverojen ja -maksujen avulla valtio voi siis kannustaa yrityksiä ympäristön kannalta parempiin ratkaisuihin. Nämä verot on usein rinnastettu haitallisiin sivuvaikutuksiin, joista pyritään eroon.

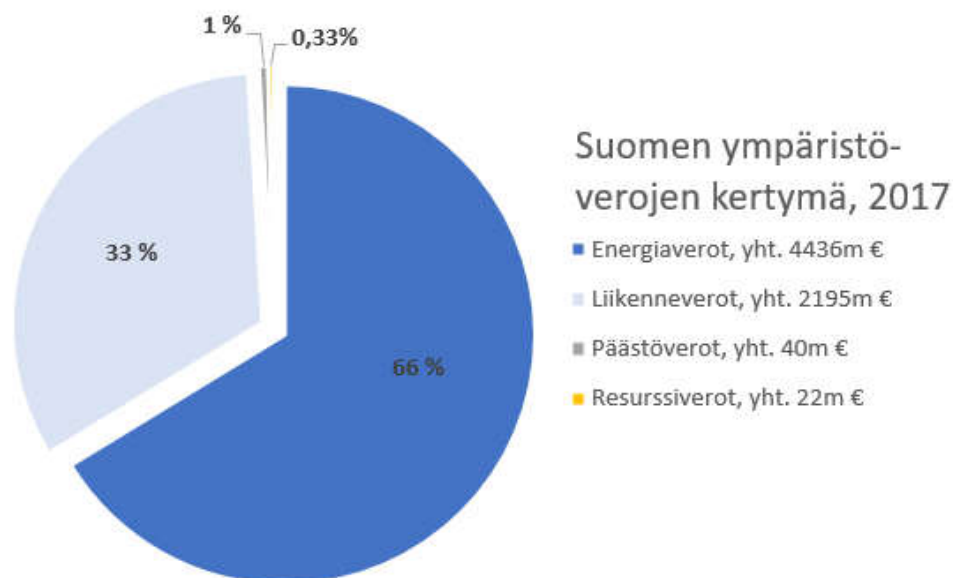
Haittaveron käsite syntyi 1920-luvulla, kun Pigou (1920) tutki haitallisten ulkoisvaikutusten merkitystä taloudessa. Haittaverosta eli Pigoun veroista puhutaan useimmiten, kun jollekin negatiiviselle ulkoisvaikutukselle halutaan asettaa sen käyttöä vähentävä vero. Nämä ulkoisvaikutukset kohdistuvat useimmiten kolmansiin osapuoliin ja ovat esimerkiksi terveyttä tai ympäristöä heikentäviä tekijöitä. Haittaverotusta käytetään paljon tilanteissa, joissa kuluttajan tai yrityksen sekä yhteisön havaitsemat hyödyt ja haitat eroavat toisistaan. Täten veron avulla halutaan nostaa haitakkeen hintaa, jotta sen yhteiskunnalliset vaikutukset olisivat paremmin huomioituna. Ideaalitulanteessa haittavero olisi yhtä suuri kuin kaikki negatiivisen ulkoisvaikutuksen aiheuttama yhteiskunnallinen haitta tulevaisuudessa.

Hyvä esimerkki haittaveron ohjaavasta käytöstä voidaan esittää Irlannista, jossa haluttiin tarttua jatkuneeseen muoviroskan määrän kasvuun asettamalla muovipusseille lisävero. Muutamassa vuodessa muovipussien käyttö väheni yli 90 prosenttia, vaikka veron suuruus oli vain muutaman kymmenen senttiä. Veron ohjausvaikutus oli tässä

erinomainen, sillä sen avulla saatiin positiivinen vaikutus ympäristön kannalta veron ollessa sidottu tiukasti yksittäiseen haittaan. (Euroopan komissio 2016, 13)

Haittaveron tarkoituksena on siis oikaista markkinavääristymiä. Monet pitävät hiilipäästöjä yhtenä suurimmista vääristymistä, jonka ulkoisvaikutuksia on alettu huomioida taloudellisesti aivan liian myöhään. Suomi oli ensimmäisiä valtioita, joka otti hiiliverotuksen käyttöön vuonna 1990. Sen kokonaisvaltainen käyttöönotto ei ole kuitenkaan ollut helppoa, sillä energian käyttöön liittyvissä veroissa ongelmana on niiden regressiivinen luonne: verotus rasittaisi eniten pienituloisia. Valtioneuvoston kanslian (2000, 7, 39) raportin mukaan vuonna 1990 suoritettu verouudistus oli suhteellisesti rankempi pienituloisille sekä energiaintensiivisille toimialoille.

Euroopan komissio (2013, 11) määrittelee ympäristöverot seuraavasti: ne ovat veroja, jotka pohjautuvat energiankäyttöön, kuljetukseen, päästöihin tai resurssien käyttöön. Vaikka verotuksella voidaan ohjata yrityksiä oikeaan suuntaan, ympäristöverojen käyttö on ollut vähäistä. Vuonna 2012 ympäristöveroilla kerättiin Euroopassa ainoastaan reilut kuusi prosenttia kaikista verotuotoista (Ex'tax 2016, 47). Suomessa ympäristöverot olivat vain hieman korkeammalla tasolla kuin Euroopassa keskimäärin, kattaen vuonna 2017 noin 6,9 prosenttia verotuotoista (Suomen virallinen tilasto 2019a).



Kuvio 12 Suomen ympäristöverojen kertymä, 2017 (Suomen virallinen tilasto 2019a)

Päästöverojen pienempi osuus kuviossa johtuu siitä, että se kuvastaa ainoastaan jätteidensä verokertymää, mikä kertyi suurimmilta osin elintarviketeollisuuden jätemaksuista sekä vesi- ja jätehuollon kautta. Muun muassa polttoaineista ja lämmityspolttoaineista kertyvät sekä muut hiilipäästöjen verotuotot on laskettu mukaan energiaverojen alle. Liikenneverojen kertymän suuri koko taas selittyy Suomen korkealla ajoneuvoverotuksella, jonka perustasoa nostettiin vuoden 2017 alussa. Resurssiverot kertyvät käytännössä ainoastaan kalastus- ja metsästysmaksuista. (Suomen virallinen tilasto 2019a.)

Ympäristöverojen edelleen pienelle käytölle annetaan selityksenä useimmiten aiemmin mainittu regressiivinen epäreilu kohtaanto sekä kilpailukyvyyn heikkeneminen. Ympäristöverojen regressiivisyyden näkökulma perustuu usein siihen, että veroja korottamalla suurimmat vaikutukset olisivat nähtävissä lämmityksen, sähkön sekä kuljetuskustannusten kasvuina. Koska näistä kolmesta on vaikea luopua, heikompiosaiset joutuisivat käyttämään yhä suuremman osuuden tuloistaan verojen maksuun. Poliittisille päättäjille aihe on siten hyvin hankala, minkä vuoksi ympäristöverojen muutokset, saati korotukset, ovat vaikeita toteuttaa. On kuitenkin osoitettu, että ympäristöverojen ei tarvitse aina olla regressiivisiä. Empiiristen tutkimusten perusteella on havaittu, että osalla veroista voidaan vähentää tai jopa eliminoida verotuksen ongelmakohtia. (Kosonen 2012, 1.)

Verotuksen kohtaannon kannalta on siis tärkeä tarkastella veron virallisen maksajan sekä veron todellisen maksajan eroja. Nämä riippuvat kysynnän hintajouston sekä tarjonnan hintajouston suhteesta. Yksinkertaisesti esitettynä, mitä joustamattomamman kysynnän tuottaja kohtaa, sitä paremmin hän pystyy vierittämään veron kuluttajille. Näin vaikka yritys virallisesti maksaakin veron, sen todelliset maksajat ovat loppukäyttäjät.

Mikäli taas kysyntä on joustavaa suhteessa tarjontaan, tuottaja joutuu itse maksamaan veron, sillä hinnan noustessa kuluttajat vaihtavat helposti substituuhteihin. Toinen vaikuttava tekijä on tuottajan markkinavoima: mitä enemmän valtaa yrityksellä on, kuten esimerkiksi monopolitilanteessa, sitä helpommin se pystyy siirtämään veron loppukäyttäjille.

Tästä syystä Kososen (2012, 2, 10) mukaan on tärkeä etsiä verotuksen kohteita, joissa veroa ei voida siirtää tahallisesti eteenpäin loppukäyttäjille. Esimerkiksi Tanskassa ja Suomessa autoveron korkea taso vähentää uusien autojen myyntiä ja rekisteröintiä. Mitä uudemman ja kalliimman auton kuluttaja haluaa, sitä suuremman veron hän maksaa ja verotus havaitaan täten progressiivisena. Taustalla tässä on oletus, että rikkaat

ostavat kalliimpia autoja ja maksavat siten enemmän veroa. Toinen esimerkki progressiivisen verotuksen mahdollisuudesta saadaan, kun verrataan suomalaisten suuripäästöisten hyödykkeiden ja palveluiden kulutusta. On havaittu, että näiden suhteellinen kulutus käytettävissä olevaan pääomaan verrattuna on laajempaa suurituloisilla kotitalouksilla. Näille voitaisiin siis asettaa suurempia veroja ilman regressiivisyyden pelkoa. (Sitra 2019, 8–9).

Useimmat ympäristöverojen korotukset kuitenkin perustellaan ja mahdollistetaan työn verotuksen sekä sosiaalimaksujen vähentämisellä, eli selkeää regressiivisyyden poistoa ei vielä ole havaittu. Toisaalta Sitra (2019, 65) argumentoi, että työn verotuksen vähentämisellä voidaan hajauttaa ympäristöverojen aiheuttamaa epätasaista kohtaantoa.

Toinen selitys ympäristöverojen pienelle käytölle on kilpailukyvyn heikkenemisen argumentti. Kilpailukyvyn menetys perustuu vertailuun, jossa paikallisen toimijan toiminnasta tulee kalliimpaa ja vaikeampaa kuin ulkopuolisen. Näin ei kuitenkaan aina ole. Sitra (2019, 65) korostaa, että ympäristöverojen lisääminen ja korottaminen eivät välttämättä aja yrityksiä kriittiseen tilaan. Vaikka nämä yritykset ja alat saattavatkin työllistää hieman vähemmän ihmisiä kuin ilman lisäveroja, niiden kasvumahdollisuudet ja kilpailukyky ovat edelleen tallella. Pigato (2019, xxviii) taas havaitsi, että polttoaineen korkeamman verotuksen ansiosta Indonesiassa sekä Meksikossa yritysten ja tehtaiden tuottavuus sekä kannattavuus paranivat hetken sopeutumisaajan jälkeen. Vaikka lyhyellä aikavälillä kustannukset kasvoivat, se kannusti yrityksiä panostamaan tehokkuuteensa eikä vain siirtämään kustannuksia eteenpäin loppukäyttäjille. Tämä lopulta paransi näiden yritysten kilpailukykyä pitkällä aikavälillä.

Ympäristöverojen epätasainen kohtaanto ja heikompiosaisen kotitalouksien puolustaminen eivät siis ole riittäviä perusteita ympäristöverojen alhaiselle tasolle. Pigato (2019, 37) perustelee tätä sillä, että vaikka köyhimmät häviäisivätkin suhteessa enemmän, vain pienellä osalla kaikista verotuotoista valtio voi kompensoida tätä menetystä suoraan, mikä hävittäisi ongelman ja suojelisi heikompiosaisia. Tällä hetkellä globaali veropolitiikka siis kannustaa yrityksiä tuottamaan enemmän ja kuluttamaan hirveästi resursseja, vaikka ympäristön kantokyky on tulossa vastaan.

Verojen epätasaisen kohtaannon vastapainona valtiot voivat osoittaa tukea hyödyllisille sekä yhteisön kannalta suotuisille tuotantotavoille tai toiminnoille. Yritystuet voidaan jakaa laajasti kahteen osaan: suoriin yritystukiin sekä verotukiin. Yleisesti yritystueksi lasketaan kaikenlainen taloudellisen toiminnan tukeminen, oli yritysmuoto tai rahoitustapa mikä tahansa. Suomessa jaettiin vuonna 2017 yhteensä 1,1 miljardia euroa

suorina yritystukina ja verotukina noin 2,9 miljardia euroa. Suorien yritystukien etuna on se, että viranomainen voi päättää tarkasti, mihin toimintoon yrityksessä tuki käytetään, kun taas verotuen käytöstä yritys voi päättää itse. Toisaalta verotuki kannustaa yritystä jatkuvasti toimimaan halutulla tavalla, esimerkiksi alempien veroseuraamusten kautta, joten tässäkin on selkeä ohjausvaikutus. (TEM 2017, 5–6.)

Optimitilanteessa yritystukia kuitenkin käytettäisiin mahdollisimman vähän, jolloin markkinoiden kilpailutilanne olisi mahdollisimman häiriötön. Kun tukia myönnetään, niiden pitäisi olla väliaikaisia ja markkinoita korjaavia. Mikäli valtio jakaa pitkäaikaisia tukia, ne voivat huonoimmassa tilanteessa estää luovaa tuhoa ja uusien tehokkaampien yritysten kasvua, kun tehottomat yritykset pystyvät edelleen hintakilpailuun tuen avulla. (TEM 2017, 9–10.)

Yritystukia kannattaa kuitenkin jakaa tilanteissa, joista on saavutettavissa suuremmat yhteiskunnalliset hyödyt kuin haitat vääristävästä kilpailun tukemisesta. Esimerkiksi alennetun arvonlisäveron avulla voitaisiin tukea kiertotaloutta edistäviä palveluita. Tällaisten selvitysten taso tukia varten on kuitenkin usein ollut liian heikkoa, ja erilaisia tukia on päädytty jakamaan entistä enemmän väärille tahoille tai tuotantotavoille. (TEM 2017, 13–14; VTT 2018, 16.)

IMF:n (2019, 5, 19, 24) estimaatin mukaan globaalit tuet fossiilille polttoaineille olivat yli 5,2 biljoonaa dollaria vuonna 2017. Näistä tuista ylivoimaisesti eniten jakoi Kiina (1,4 biljoonaa dollaria), Yhdysvallat (649 miljardia dollaria) sekä Venäjä (551 miljardia dollaria). Hiili ja öljy saivat yhdessä noin 85 prosenttia kaikista näistä tuista ja maakaasu noin 10 prosenttia. Erilaisia polttoaineita sekä energianlähteitä pystytään hinnoittelemaan jatkuvasti alihintaisiksi, koska ne saavat suorien yritystukien sekä verotukien kautta tarpeetonta kilpailuetua. Mikäli fossiilisia polttoaineita olisi hinnoiteltu oikein niistä aiheutuvien haittojen mukaan (esimerkiksi lisäkuluna SCC, luku 3), IMF arvioi, että näistä aiheutuvia päästöjä olisi voitu vähentää jopa 28 prosenttia pienemmän kulutuksen vuoksi.

Mikäli näitä tukia vähennettäisiin ja sama summa siirrettäisiin uusiutuvien energiamuotojen tukemiseen, päästövähennyksiä saavutettaisiin entistä nopeammin. Esimerkiksi jo nykyisellään uusiutuvan energian tuotanto on kilpailukykyistä fossiiliseen energiaan verrattuna. Kansainvälisen uusiutuvien energiamuotojen järjestö IRENA:n (2019, 9, 11) mukaan noin 80 prosenttia uusista keskitetyistä tuuli- sekä aurinkovoima-

loista¹³ pystyy tuottamaan sähköä yhtä edullisesti tai edullisemmin kuin halvimmat fossiiliset polttoaineet ja tähän se pystyy jopa ilman mahdollisia yritystukia. Tämä analyysi perustuu uuden teknologian mahdollistamaan tehokkuuden kasvuun sekä energian parempaan talteenottoon. Lisäksi jatkuvan kysynnän kasvun avulla uusiutuva energia-ala kerää enemmän uusia investointeja, jotka mahdollistavat edelleen suuremman tutkimus- sekä kehitystyön. Esimerkiksi vuonna 2018 aurinkoenergian tuotantohinta putosi 26 prosenttia vuodentakaiseen verrattuna.

Verojen, tukien sekä ilmastokriisin vuoksi yritysten suunnan muutos on jo havaittavissa. Espanjalainen öljy-yhtiö Repsol on julkisesti päättänyt saavuttaa nollapäästöt nettomääräisesti, vaikka sen toiminta perustuu nimenomaan öljyn jalostamiseen (Reuters 2019). Saksalainen energiajätti E.ON taas hajotti itsensä osiin ja luopui kokonaan ydinvoimasta ja öljy-, hiili- sekä kaasuenergian tuotannosta. Edellisten tilalla E.ON aikoo keskittyä uusiutuvaan energiaan (DW 2014). BlackRock, maailman suurin sijoitusrahastoyhtiö, taas aikoo vaatia välittämiltään yrityksiltä entistä tarkempaa tietoa hiilipäästöjen sekä ympäristöriskien osalta. Lisäksi se aikoo poistaa sellaisten yritysten arvopaperit tarjonnastaan, jotka saavat yli neljänneksen liikevaihdostaan hiilellä tai siihen liittyvällä toiminnalla. (The Economist 2020.)

Investointien suuntaaminen oikeaan suuntaan vaatii kuitenkin lisää ponnisteluja. Acemoglu ym. (2012; 2016) osoittavat tutkimuksissaan, että teknologisen kehityksen ohjaaminen kohti kestävämpää kehitystä onnistuu parhaiten yhdessä yritystukien sekä päästöjen verotuksen avulla. Näiden kahden avulla valtiot voivat ohjata yrityksiä tehostamaan tutkimusta puhtaamman teknologian puolesta, mikä puolestaan vähentää pitkän aikavälin päästöjä tehokkaimmin.

Tärkeä seikka siirtymävaiheessa epäpuhtaasta teknologiasta (kuten fossiilisesta polttoaineesta) kohti puhtaampaa teknologiaa (uusiutuvat polttoaineet) on huomioida näiden kahden tuottavuudessa olevat erot – etenkin, jos tuotantopanokset ovat substituitteja keskenään (Acemoglu ym. 2012, 144). Mitä suuremmat voitot on mahdollista saavuttaa epäpuhtaan teknologian edistyksellä, sitä kauemmin siirtymä kohti puhdasta yhteiskuntaa kestää. Yritykset, jotka ovat investoineet paljon fossiilisten polttoaineiden käyttöön, saavat jatkossakin suurempia voittoja uusilla innovaatioilla niihin, ellei taloudellisia insentiivejä muuteta. Tämä tuottavuusero voi myös lannistaa muita yrityksiä

¹³ Keskitetty aurinkovoimala tarkoittaa suurta aurinkokennojen keskittymää, jolla kerätään tehokkaasti energiaa talteen. Esimerkiksi Iran on hyödyntänyt aavikoitaan suurien aurinkovoimaloiden rakentamiseen, jolla se pyrkii vähentämään fossiilisten polttoaineiden riippuvuuttaan. (Katso esimerkiksi Gorjian S & Ghobadian B 2015; AP 2019.)

siirtymästä pienempien tuottojen piiriin, vaikka se olisi yhteisön kannalta parempi vaihtoehto.

Tämä perustuu luonnollisesti siihen, että yritykset yrittävät maksimoida omia voittojaan ja tekevät näin niin kauan kuin sen on mahdollista. Kun jokin toiminta ei ole enää kannattavaa, tai toiminnan kannattavuus selkeästi vähenee, yritykset muuttavat toiminta- ja tuotantotapojaan. Jos valtio asettaa epäpuhtaille tuotantotavoille pelkästään päästöveron, sen tulisi olla todella suuri, jotta vaikutus ja muutos tuotantotavoissa havaittaisiin. Tämä voisi aiheuttaa tarpeettoman suuria menetyksiä ja häiriöitä taloudelle lyhyellä aikavälillä, joten Acemoglu ym. (2016, 55) puhuvat myös yritystukien käytöstä. Tuki-avulla kannattamattomasta puhtaan teknologian toiminnasta saataisiin kannattavaa, jolloin yritykset saisivat toisenkin houkutteen vaihtaa toimintatapojaan. Molempien ohjauskeinojen yhteisen vaikutuksen ansiosta valtio antaisi hyvin voimakkaan impulssin yrityksille siirtyä kohti kestävämpää kehitystä.

Yritykset pystyvät nimittäin muuttamaan toimintatapojaan hyvin nopeasti, jos saavat siihen taloudellisesti merkittävän syyn. Esimerkiksi Popp (2002) osoittaa tutkimuksessaan, miten taloudelliset toimijat yrittävät jatkuvasti optimoida omaa toimintaansa kustannustehokkaampaan suuntaan. Energiaresurssien suhteellisten hintojen noustessa niin kuluttajien kuin yritystenkin nähtiin pyrkivän keksimään ja kehittämään enemmän vaihtoehtoisia ratkaisuja välttyäkseen tältä hintojen kohoamiselta. Popp näytti, miten vuosien 1970–1994 välisenä aikana energian hintamuutokset korreloivat voimakkaasti energiatehokkuutta etsivien patenttien määrän kanssa.

Mitä suurempi suhteellinen hintamuutos tällä aikavälillä havaittiin, sitä enemmän energiatehokkuutta etsiviä patenteja haettiin. Samalla energiatehokkuuden kohonneen tutkimuksen avulla saatiin tulevaisuudessa merkittävää edistystä innovaatioiden kehittämisessä (Popp 2002, 161–163). Hyvänä esimerkkinä tästä on muun muassa aiemmin esitetty aurinkopaneelien tehokkuuden sekä hinnan kehitys 1970-luvulta alkaen, mikä aiheutui suurelta osin 1970-luvun öljykriisistä (katso kuvio 4).

Poppin (2002, 178) löytö osoittaa, että ympäristöverot sekä säädökset selkeästi työntävät yrityksiä vähemmän haitallisten teknologioiden kehittämisen pariin. Tämä siirtymä ei kuitenkaan tapahdu luonnollisesti, ellei valtio selkeästi ohjaa yrityksiä oikeaan suuntaan. Toinen hyvä esimerkki tästä on Suomessa toimivan Neste Oil Oyj:n saama valtion verohelpotus uuden uusiutuvan biopolttoaineen kehittämisessä. Tuen avulla valtio antoi Nesteelle hetkellisesti täyden vapautuksen valmisteveroista tuotteen kehittämisen aikana, ja tämän jälkeen Neste siirtyi alennetun energiaveron piiriin. Toimen

tarkoituksena oli edistää biopolttoaineiden tutkimusta ja siten pienentää liikenteestä aiheutuvien päästöjen määrää. Tällä hetkellä Neste onkin maailman suurin uusiutuvan biodieselin tuottaja, ja monet sen kilpailijat yrittävät nyt kehittää vastaavia tuotteita. (Euroopan komissio 2008; Neste.com 2020.)

Acemoglu ym. (2012, 132) korostavatkin, että ilman valtion väliintuloa ympäristön tila ajautuisi katastrofaaliseen tilaan, sillä yritykset hakeutuvat jatkuvasti aloille, joilla on paljon kysyntää sekä mahdollisuus suuriin voittoihin. Tämän katastrofin estämiseksi Acemoglu ym. jakavat erilaiset ongelman lähestymistavat pääpiirteissään kolmeen osaan. Ensimmäinen näistä on lähellä William Nordhausin ratkaisua, jota tarkastelimme aiemmin luvussa 3.

Nordhausin ratkaisu rajoittaisi pitkällä aikavälillä taloudellista kasvua vain vähän luomalla päästöveron ja siten ohjaamalla yrityksiä oikeaan suuntaan. Toinen lähestymistapa on kriittisempi nykyistä kasvua kohtaan. Sen mukaan valtioiden pitää välittömästi ja voimakkaasti, pysyvillä säännöillä ohjata yrityksiä oikeaan suuntaan, vaikka tästä aiheutuisi suuriakin kustannuksia. Kolmantena tapana Acemoglu ym. esittelevät 'Greenpeacen taktiikkaa', joka olettaa kaiken kasvun heikentävän ympäristön tilaa ja siksi kasvun täytyisi loppua kokonaan.

Nämä eivät yksinään kuitenkaan muodostaisi optimaalista ratkaisua, sillä kustannukset ihmisten kannalta voisivat olla liian suuret. Esimerkiksi Gerlagh sekä Liski (2018, 755) laskivat, että nykyisten ilmastonmuutoksen vaikutusten täytyisi olla kymmenkertaisia, jotta totaalinen hiilen poistaminen taloudesta olisi järkevää.

Sen sijaan Acemoglu ym. (2012, 133, 138) suosittelevat ottamaan osia jokaisesta lähestymistavasta, jotta maapallon tilanne ei etenisi kriittiseksi. Kriittinen tila on aina lähempänä, mitä pidemmälle ilmastonmuutos karkaa. Valtioiden olisi siis tärkeä luoda ympäristö, jossa verot sekä annetut tuet olisivat vain väliaikaisia, aiheuttaen pitkällä aikavälillä vähemmän vääristymiä. Tätä he perustelevat tutkimuksessaan muun muassa fossiilisten polttoaineiden vähenemisen avulla: uusiutumattoman energianlähteen vähentyessä sen hinta kohoaa, mikä ohjaa yrityksiä entistä enemmän kohti puhtaampia tuotantotapoja, kuten Popp (2002) osoitti.

Verojen sekä tukien hitaampi käyttöönotto aiheuttaa talouksille turhia kustannuksia. Acemoglun ym. (2016, 88–89) tutkimuksessa estimoitiin, että näiden ohjaustoimien hidasteltu käyttöönotto 50 vuodella aiheuttaisi kulutuksessa 1,7 prosentin pysyvän laskun. Toisaalta taas mikäli ohjauksessa käytettäisiin alkuperäisestä ($t=0$) hetkestä eteenpäin vain päästöveroa, kulutus laskisi pysyvästi 1,9 prosenttia. Tämä suurempi luku

aiheutuu siitä, että verolla pyritään samanaikaisesti vähentämään päästöjä sekä ohjaamaan yrityksiä puhtaamman teknologian pariin, mikä aiheuttaa suuremman vastareaktion. Kulutuksen vähennys optimitilanteessa olisi vain noin yhden prosentin luokkaa ja sekin on suuri luku.

Optimaaliset toimet tuotannon suunnan muuttamiseksi saisivat maapallon keskilämpötilan nousun kääntymään laskuun noin 40 vuoden jälkeen käyttöönosta. Ennen kuin toimet ehtisivät vaikuttaa aidosti teknologian käyttöön, keskilämpötila ehtisi nousta reiluun +1,8 celsiusasteeseen, mutta lähtisi tästä laskuun muutamassa vuosikymmenessä. (Acemoglu ym. 2016, 88.)

5.3 Kansainväliset sopimukset suunnan näyttäjinä?

YK on käytännössä tärkein kansainvälistä ilmastopolitiikka ohjaava toimielin. Sen eri maissa järjestämiä ilmastokokouksia järjestetään vuosittain, mutta tähän mennessä vain muutamassa on saatu aikaiseksi virallisia ja sitovia sopimuksia. Ensimmäinen merkittävä sopimus saatiin aikaseksi Rio de Janeirossa vuonna 1992, kun siinä päätettiin ilmastomuutosta koskevasta puitesopimuksesta (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC 1992). Sopimuksen allekirjoittaneet valtiot sopivat yhdessä vakauttavansa päästöt vaarattomalle tasolle, samalla kun tavoitteena oli saavuttaa päästövähennyksiä, jotta ympäristö ehtisi myös sopeutua muutokseen. Sopimus ei kuitenkaan sisältänyt määrällisiä päästövähennysvaatimuksia, ja sen astuessa voimaan vuonna 1994 sen oli allekirjoittanut yhteensä 197 maata.

Seuraava merkittävä sopimus solmittiin vuonna 1997 Kiotossa (UNFCCC 2008). Tässä sopimuksessa teollisuusmaille annettiin erityinen velvoite toimia ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja sopimuksen astuessa voimaan vuonna 2005 sen oli allekirjoittanut 192 maata. Kioton sopimus oli suuri merkkipaalu, sillä siinä allekirjoittajamaat sitoutuivat oikeudellisesti kasvihuonekaasujen rajoittamiseen sekä seuraamaan päästöjä.

Ensimmäisellä kaudella, vuosina 2008–2012, tavoitteena oli vähentää globaalisti maltilliset 5,2 prosenttia kasvihuonekaasupäästöistä. Toiselle kaudelle asetettiin kuitenkin kunnianhimoisempi vähennystavoite: jopa 18 prosenttia globaaleista päästöistä. Muun muassa Euroopan tavoite oli vähentää päästöjään 8 prosenttia ensimmäisen kauden aikana sekä 20 prosenttia toisen kauden aikana. Suomen osalta tavoite on saavutet-

tu, sillä Suomi onnistui vähentämään kokonaispäästöjään vuoteen 1990 verrattuna yhteensä 21 prosenttia. (Suomen virallinen tilasto 2019b; Ympäristöministeriö 2019.)

Kioton toista kautta ei saatu virallisesti vahvistettua, koska sitä ei allekirjoittanut tarpeeksi suuri osa kehittyneistä valtioista. Esimerkiksi Yhdysvallat ei allekirjoittanut lainkaan kumpaakaan kautta, ja Kanada, Uusi-Seelanti sekä Venäjä jättäytyivät pois toisella kaudella. Toisaalta tällä ei ollut merkitystä, koska Pariisin ilmastopöytäkirja astui voimaan vuonna 2020, samalla kun Kioton sopimuskausi päättyi. (Ympäristöministeriö 2019.)

Kolmas, ja ehkä suurin, sopimus saatiin valmiiksi joulukuussa 2015, kun YK koontui Pariisissa. Sopimuksen päätavoitteena oli pitää maapallon keskilämpötilan kohoaminen reilusti alle kahdessa asteessa, tähtäimenä 1,5 celsiusasteen raja. Tähän tavoitteeseen on tarkoitus päästä pudottamalla globaaleja päästöjä, etenkin hiilen käytön vähentämisen kautta, ja sopimuksen vahvisti 185 maata. Samalla tavoitteiden konkretisoimiseksi YK pyysi IPCC:tä tekemään luvussa 2 esitellyn tutkimuksensa. (YK 2018.)

Jokaisen maan oli suunniteltava omat keinonsa ja tapansa mahdollistaa nämä tavoitteet, joita sitten seurattaisiin ja mahdollisesti korjattaisiin kireämmiksi viiden vuoden jaksoissa. Ensimmäinen arviointi suoritettiin vuonna 2018 ja seuraava on tarkoitus suorittaa 2023. Alustavat keinot ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi piti julkistaa Pariisin ilmastokokouksessa, mutta monien valtioiden toimet olivat valitettavasti monelta osin aivan liian vaatimattomia. Muun muassa UNEP:in (2018, 21) päästöraportti totesi kylmästi, että nykyiset Pariisin ilmastopöytäkirjan toimet eivät riitä keskilämpötilan rajoittamiseksi alle kahden asteen, vaan ovat yli kolmen asteen tasolla. Esimerkiksi EU:n tavoitteena oli leikata kasvihuonekaasupäästöjä 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta, mutta nykyisillä toimenpiteillä päästöleikkaukset ovat reilun 20–35 prosentin luokkaa. (Ex'tax 2016, 39.)

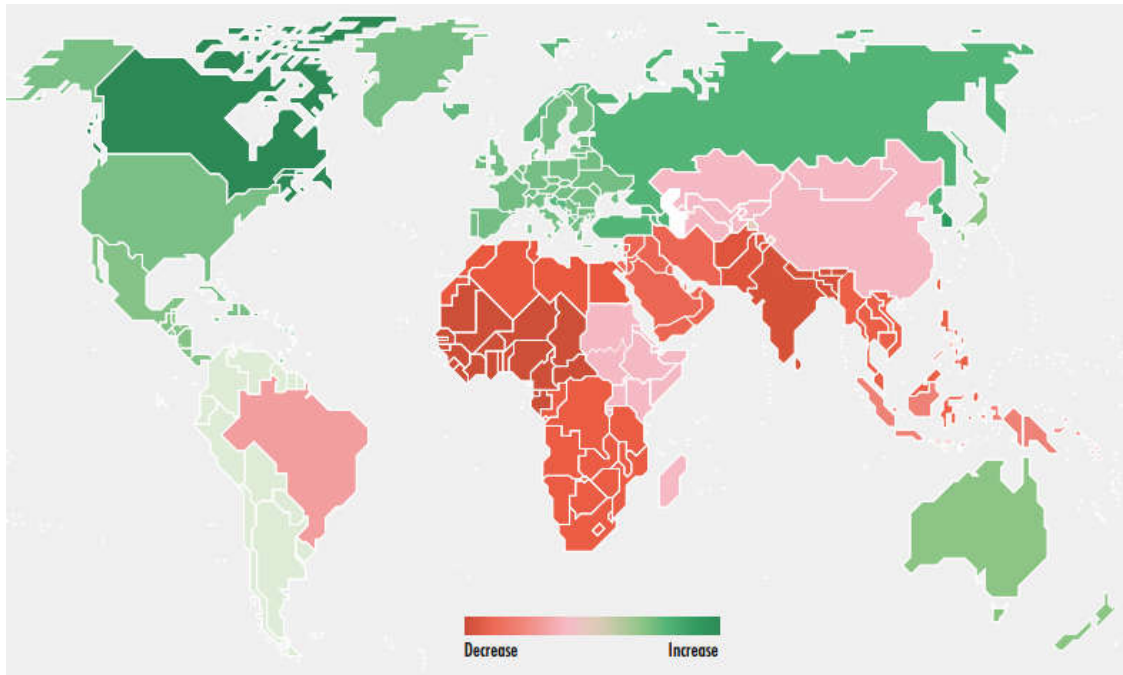
Kunnianhimoisten tavoitteiden puute näkyy, sillä kokonaispäästöt ovat taas olleet kasvussa muutaman vuoden tasaisen jakson jälkeen, ja vuoteen 2030 mennessä päästöt pitäisi saada laskemaan jopa 55 prosenttia (tai 25 prosenttia) vuoden 2017 tasosta, jotta keskilämpötilan kohoaminen saataisiin pysymään 1,5 asteen (tai 2,0°C) polulla. Päästöjen laskemisesta päävastuussa ovat G20-maat, jotka tuottivat lähes 80 prosenttia kaikista päästöistä. Neljä suurinta saastuttajaa ovat Kiina (yksinään 27 prosenttia), Yhdysvallat (13 prosenttia), EU28-maat (9 prosenttia) sekä Intia (7 prosenttia), jotka tuottivat kokonaispäästöistä vuonna 2017 yhteensä 56 prosenttia. Toisaalta Yhdysvallat sekä EU28-maat ovat saaneet päästöjänsä laskuun jo vuodesta 2007 sekä 1990 alkaen, mutta Kiinan

taloudellinen kasvu on hävittänyt näitä hyötyjä, kun sen päästöt ovat kasvaneet noin kuuden prosentin vuosivauhtia. (UNEP 2018, 6–7.)

Vaikka Kiina ja Yhdysvallat ovat molemmat allekirjoittaneet Pariisin ilmastosopimuksen, sen asettamien tavoitteiden saavuttaminen uhkaa pahasti jäädä toteutumatta. Esimerkiksi Kiinan alustava toimenpide oli kasvattaa vuoteen 2030 mennessä uusiutuvien energiamuotojen osuus 20 prosenttiin kokonaiskäytöstä – minkä se todennäköisesti saavuttaa, sillä tavoite oli matala – mutta vielä vuonna 2017 noin 70 prosenttia sen energiantuotannosta muodostui yksinään hiilestä (IEA 2020). Lisäksi Kiina tuotti lähes puolet kaikesta maailman hiilestä samana vuonna. Toisaalta Kiina on investoinut merkittävästi uusiutuvien energiamuotojen käyttöön, kasvattaen niiden tuotantoa yli 20 prosenttia pelkästään vuosien 2016-2017 välissä. (IEA 2019, 5)

Kiinan tuottamien päästöjen jatkuva kasvu yhdistettynä talouskasvun ajamaan energian kysynnän kasvuun on ajanut esimerkiksi Yhdysvallat kyseenalaistamaan Pariisin sopimuksen asettamat rajoitteet itselleen. Kun Kiinan päästöt lähtivät uudelleen nousuun, presidentti Donald Trump sai lisää intoa irtisanoa Yhdysvallat sopimuksesta. Tästä syystä maan ulkoministeriö jätti virallisen ilmoituksen vetäytymisestään ilmastosopimuksesta, sillä sen nykyiset ehdot eivät olleet Yhdysvaltojen etujen mukaisia (Yle 2017).

Tässä on yksi syy, miksi globaalien sopimusten syntyminen on hyvin vaikeaa: ne perustuvat usein subjektiivisiin näkemyksiin asioiden kulusta. Näkemyserojen kautta yhteisen tavoitteen asettaminen muodostuu hankalaksi, sillä kaikki maat eivät suostu yhteiseen sekä yhtä suureen hiiliveroon (Carbon Trust 2010, 2). Esimerkiksi luvussa 3 esitetyt laskelmat hiilen ulkoisvaikutuksista pitäisi asettaa todella korkeiksi Afrikan sekä eteläisen Aasian valtioiden mielestä, sillä ylimääräinen keskilämpötilan kohoaminen voi tehdä maanviljelystä mahdotonta liiallisen kuumuuden vuoksi. Pohjoisella pallonpuoliskolla, kuten Kanadassa ja Venäjällä, ilmastonmuutoksen tuoma lämpeneminen päinvastoin parantaisi elinolosuhteita, mikäli mietimme asiaa puhtaasti esimerkiksi maanviljelyn kannalta. Lämpimän kauden piteneminen voisi sulattaa Venäjällä laajoja käyttämättömiä tundra-alueita maatalouden hyötykäyttöön, mikä auttaisi Venäjän taloutta. ”Nettohyötyjinä” pohjoisen valtiot eivät välttämättä asettaisi lainkaan hiiliveroja, ellei ulkoisvaikutuksia olisi. (FAO 2018, xii.)



Kuvio 13 Maatalouden tilan muutos keskilämpötilan noustessa (FAO 2018, 20)

Toisena globaalien sopimusten syntymisen esteenä on nykyisten toimien ja niiden vaikutusten vielä hitaampi havainnointikyky. Nyt tehtävien päätösten vaikutukset näkyvät useiden kymmenien vuosien päästä, jos silloinkaan, mikä lisää epävarmuutta (IPCC 2018, 7). Nykyisen sukupolven intressit korostavat liikaa nykyhetken valintoja, minkä vuoksi pidemmän aikavälin ongelmia ei osata arvottaa niiden vaatimalle tasolle eikä sitovia sopimuksia saada aikaiseksi.

Näitä valintoja kuvaa hyvin fossiilisten polttoaineiden käyttö sekä tukeminen (tarkemmin luvussa 5.2). Nykyinen talous pohjautuu niin syvästi fossiilisten polttoaineiden käytölle, että siihen on vaikea tehdä muutosta pidemmälläkään aikavälillä. Kansainvälisten sopimusten pyrkimykset nostaa fossiilisten polttoaineiden hintoja kaatuvat usein yksittäisten maidenkin osalta suuriin lakkoihin tai mielenosoituksiin. Esimerkiksi kun Ranska pohti polttoaineiden veronkorotuksia vuonna 2018, maahan syntyi viikkoja kestävä protestiaalto ja Pariisissa tuhottiin muun muassa autoja mielenosoitusten yhteydessä (BBC 2018).

Kansainvälisiä sopimuksia on kuitenkin saatu sovittua. Esimerkiksi Euroopassa on käytössä maailman laajin päästökauppajärjestelmä, ETS (*Emission Trading Scheme*), joka otettiin käyttöön vuoden 2005 Kioton ilmastopimuksen yhteydessä. Ohjelma on

ollut menestys, sillä vuosien 2005 sekä 2017 välissä EU:n päästökaupan alaiset kokonaispäästöt ovat vähentyneet yli 25 prosenttia. (EU ETS 2019, 7).

Päästökaupakaudet on jaettu tähän asti kolmeen osaan. Ensimmäinen kausi oli vuosina 2005–2007, mikä toimi harjoitteluajanjaksona uuteen järjestelmään. Toinen kausi sisälsi vuodet 2008–2012, jolloin järjestelmää kehitettiin edelleen, samalla kun siihen liittyi uusia maita sekä kaupan alaisia sektoreita mukaan. Kolmas kausi päättyy vuonna 2020. Kolmannen jakson aikana Euroopan komissio päätti luopua kansallisista päästörajoitteista ja siirtyä yhteiseen ylärajaan, joka sitoo kaikkia Euroopan maita. Nyt komissio jakaa jokaiselle unionin maalle oman kiintiönsä määrän, ja Suomessa näitä oikeuksia myy eteenpäin yrityksille Energiavirasto. (Heikkinen & Ollikainen 2015, 503.)

Päästökauppa toteutuu käytännössä kahdella tavalla. Alussa päästöoikeuksia jaettiin suurimmaksi osaksi ilmaiseksi, jotta käyttöönotto olisi sujuvampaa. Päästöoikeuksien ilmaisjakoa on sittemmin vähennetty reilusti ja uusi pääasiallinen jakotapa on huutokauppa sekä oikeuksien jälkimarkkina (Eko-Instituutti 2013, 5). Energiaviraston (2020) ylläpitämän järjestelmän tarkoituksena on lopettaa ilmaisjako vuoteen 2027 mennessä, mikä on saanut etenkin prosessiteollisuudelta nuivaa palautetta.

Huutokauppa järjestetään suljetulla tarjouskilvalla, mutta myyntivaiheessa kaikki maksavat oikeuksistaan saman verran. Lopullinen myyntihinta saadaan laittamalla tarjoukset suuruusjärjestykseen. Sen jälkeen myyntierää vähennetään siihen saakka, kunnes viimeisimmän oikeuden tarjous saa vielä oman osuutensa, ja tällä alimman tarjouksen hinnalla myydään kaikkien oikeudet. Eli suuremman tarjouksen jättäneet saavat oikeutensa halvemmalla, vaikka olisivat olleet valmiita maksamaan oikeudestaan enemmän. (Heikkinen & Ollikainen 2015, 507–508.)

Kun EU on pakottanut tietyt sektorit toimimaan uusien rajoitteiden sekä kasvaneiden tuotantokustannusten kanssa, hiilivuodon riski on kasvanut. Tämä tarkoittaa sitä, että yritykset saattavat siirtää tuotantolaitoksensa vähemmän säänneltyihin maihin, joissa kustannustaso on löysemmän sääntelyn vuoksi alhaisempi. Näin yritykset väistäisivät suuremmat päästökustannukset, mikä vetäisi maton EU:n jalon tavoitteen alta. Päästöjä syntyisi vähemmän EU:n alueella, mutta enemmän muualla, mikä ei ole toivottu ratkaisu.

Reinaud (2008, 3–4) tutki, miten hiilivuodon riski ilmenee raskaan teollisuuden piirissä, mikä tuottaa yleisesti paljon päästöjä ja on siten riskialtis sektori. Hän havaitsi, että hiilivuoto ilmenee pääpiirteissään kolmen eri kanavan kautta.

Ensimmäinen kanava on lyhyen aikavälin kilpailukyvyn heikkeneminen, kun vähemmän säänneltyjen maiden hintakilpailukyky kasvaa. Tämä saattaa siirtää kysyntää halvempiin maihin, mikä kasvattaa hiilipäästöjä rajoitteiden ulkopuolella. Puhutaan siis kauppavuodosta. Toisena kanavana on investointivuoto. Se on pitkän aikavälin korjausliike, kun yritykset siirtävät investointejansa vähemmän säänneltyihin maihin, missä on vähemmän ympäristökustannuksia. Toiminnan kasvaessa löyhemmin rajoitetuissa maissa niiden kokonaispäästöt kasvavat. Kolmas vaihtoehto vuodelle on fossiilisten polttoaineiden hintamuutos, mikä ilmenee kahdessa osassa. Ensin säänneltyjen maiden polttoaineiden kysyntä vähenee, koska polttoaineita ja niiden päästöjä verotetaan kovemmin. Kysynnän vähetessä polttoaineiden hintataso laskee myös, mikä taas mahdollistaa halvemman polttoaineiden hankinnan kehittyvissä talouksissa. Näin päästöt kasvavat rajoittamattomissa maissa kysynnän kasvaessa ja tämä heikentää toivottua tulosta päästöjen vähenemisestä.

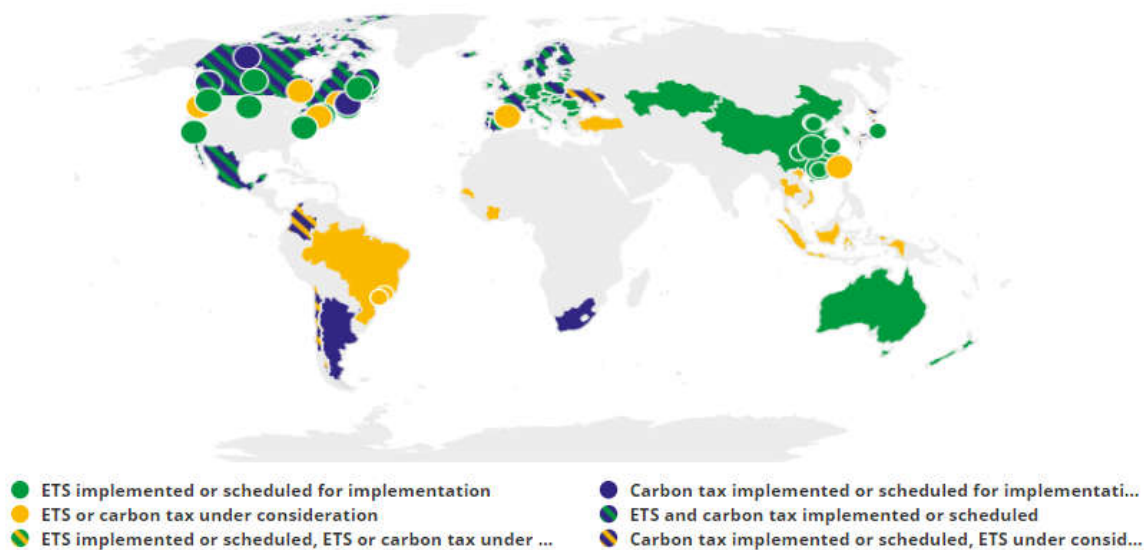
Carbon Trustin (2010, 26) mukaan EU:n päästökaupan alaisesta toiminnasta jopa 77 prosenttia on hiilivuodon uhan alla. Riskin vähentämiseksi komissio pyrkii turvaamaan eurooppalaisten tuottajien heikentynyttä kilpailukykyä verrattuna vähemmän säänneltyihin markkinoihin antamalla tietyille aloille ilmaiseksi päästöihin oikeuttavia lupia. Tämä jakoperustelu arvioidaan kahdella eri tavalla: laskemalla halutulle sektorille ulkomaankaupan suhteellinen koko kotimaan tuotannosta sekä laskemalla hiilipäästöjen suorat ja epäsuorat kustannukset. Mikäli jokin sektori kohtaa merkittäviä suoraa tai epäsuoraa kustannuksia hiilipäästöjen hinnoittelun perusteella EU:n alueella, hiilivuodon mahdollisuus on suuri. Hiilivuodon riski kasvaa myös, mikäli yksittäinen maa tekee jo muutenkin paljon kauppaa päästörajoittamattoman maan kanssa. Täten tuotannon ostamisen koordinointi suuremmissa määrin halvemman maan kautta voisi muodostua edullisemmaksi kuin päästöoikeuksien ostaminen sekä kotimainen tuotanto yhdessä. (Eko-instituutti 2013 osa 6, 9; Euroopan komissio 2009, 75.)

Myöhemmin tehdyssä tutkimuksessa Dechezleprêtre sekä Sato (2017, 201) havaitsivat, että hiilivuodon riski ei ole lainkaan niin suuri kuin on pelätty. Se voi vaikuttaa tuotantoon sekä työllisyyteen lyhyellä aikavälillä, mutta ainoastaan suuripäästöisillä sektoreilla. Toisaalla se on jopa päinvastoin kannustanut yrityksiä innovoimaan uusia sekä energiatehokkaita ratkaisuja toiminnassaan, mikä on pidemmällä aikavälillä vähentänyt näiden kustannuksia, kuten Pigaton (2019) tutkimus luvussa 5.2 osoitti.

Eurooppa ei kuitenkaan ole yksin päästötavoitteiden hillitsemisen kanssa. Läntisellä Tyynellämerellä moni valtio on ottanut käyttöön Euroopan päästörajoitusten kaltaisia

toimia, kun esimerkiksi Japanissa on panostettu paljon energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Siellä valtio on uhannut julkaista energiatehokkuuden kehityksessä alisuorittaneiden yritysten nimet ja antavansa näille sakkoja. Etelä-Korea sekä Australia ovat ottaneet käyttöön saman tyyllisen päästökaupan mitä Euroopassa, ja tavoitteena oli niiden täytännönpano vuoteen 2015 mennessä. Toisaalta, muualla maailmassa tavoitteet eivät ole vielä tarpeeksi korkealla tasolla. Muun muassa Kiinassa ja Intiassa on asetettu pakollisia tavoitteita päästöjen hillitsemiseksi, mutta näitä rajoitteita ei pidetä vielä tarpeeksi vaa-
 tivina. Myös Yhdysvallat, Brasilia sekä Etelä-Afrikka asettivat tavoitteikseen vähentää päästöjään, mutta näihin ei ole asetettu pakottavia toimenpiteitä – tavoitteet yritetään saavuttaa vapaaehtoisella energiatehokkuuden lisäyksellä. Jatkamme tästä yritysvetoi-
 sesta vapaaehtoisesta toiminnasta kohta lisää. (Eko-instituutti 2013 osa 4, 18–20, 89.)

Alla olevasta kuvioista näkee, kuinka moni valtio on ottanut oikeita askelia tavoitteen saavuttamiseksi ottamalla käyttöön EU:n tai vastaavanlaisen päästökaupan järjestelmän tai päästöveron.



Kuvio 14 Maat, joilla on käytössä päästökaupan tai -veron järjestelmä vuonna 2020 (Carbonpricing 2020)

Eko-instituutin (2013, 19–20) selvityksessä havaittiin, että maakohtainen vertailu tiettyjen sektoreiden kokonaispäästöjen osalta on hyvin vaikeaa, koska näistä ei yleisesti ole tarpeeksi tietoa. Käytännössä kaikilla teollisuudenaloilla, pois lukien sementti- sekä alumiiniteollisuus, on selkeitä vaikeuksia tulkita todellisia päästömääriä EU:n toivomalla tasolla, koska näille ei ole vielä asetettu yhteisiä laskutapoja. Usean eri laskutavan

vuoksi osa päästöistä huomioidaan eri tavalla, ja tietojen yhdistely yhdeksi laajaksi tietokannaksi ei ole enää mahdollista. Eri laskutapojen yhdistely saattaisi aiheuttaa päästöjen laskemista tuplana, mikä nostaisi mahdollisia päästökustannuksia entistä enemmän. Tästä syystä monet valtiot eivät ole vielä kyenneet ottamaan käyttöön EU:n tasoista laajaa päästökauppaa tai -veroa, kuten kuvioista yllä havaitaan.

Päästökauppajärjestelmän käyttöönotto on hidasta myös siksi, sillä se vaikuttaa kaikkiin osallistujamaihin yhtäaikaaisesti ja -suuruisesti (Eko-instituutti 2013 osa 5, 11). Ex'tax (2016, 81) arvioi, että tällaisen järjestelmämuutoksen sekä verouudistuksen ajamiseen voi mennä yksittäiseltä valtiolta jopa kolmesta viiteentoista vuotta aikaa. Aikavälin pituus riippuu pitkälti siitä, miten paljon valtio nykyisellään tekee ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi sekä minkälainen on sen vallitseva työmarkkinatilanne.

Kansainvälisten sopimusten puutteen ja valtioiden toimenpiteiden hitauden vuoksi moni yritys on aloittanut omat vapaaehtoiset toimenpiteensä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Esimerkiksi RE100-aloite (2020) on kansainvälinen projekti, jossa yritykset sitoutuvat julkisesti käyttämään ainoastaan uusiutuvaa sähköä toiminnoissaan. Samassa liittoumassa RE100:n kanssa on CDP (*Carbon Disclosure Project*), joka kerää yrityksiltä ilmastonmuutoksen riskeihin ja mahdollisuuksiin sekä päästöihin liittyvää tietoa muun muassa sijoittajia ja tutkijoita varten. Vuonna 2015 noin 70 prosenttia S&P 500-indeksin yrityksistä raportoi näitä asianhaaroja CDP:n (2015, 2) kautta, kun vielä 2000-luvun alussa ilmastonmuutoksen mahdolliset ongelmat eivät kiinnostaneet rahastonhoitajia.

Raportoinnin suosion kasvulle on myös hyvät perusteet. Harvardissa tehdyn otanta-tutkimuksen mukaan yritykset, jotka panostivat vapaaehtoisesti kestäväen kehityksen projekteihin sekä ympäristöä huomioivaan toimintaan, suoriutuivat huomattavasti paremmin pitkällä aikavälillä verrattuna yrityksiin, jotka eivät toteuttaneet samanlaisia projekteja. Tutkimuksessa verrattiin kahta ryhmää, joista toiset olivat ottaneet vapaaehtoisia projekteja käyttöön 1990-luvun alussa ja toiset eivät lainkaan. Näiden yritysten tuloksia seurattiin yli 15 vuoden ajan, ja testin päättyessä 2009 kestäväen kehityksen yritykset suoriutuivat paremmin niin osakemarkkinoilla kuin kirjanpidon avainlukujen vertailussa. (Eccles ym. 2014, 2836.)

Raportoinnin kasvun lisäksi yksittäiset yritykset ovat mahdollistaneet päästöjen vapaaehtoisen kompensoinnin tuotteiden tai palveluiden hankinnan yhteydessä. Esimerkiksi Finnair tarjosi vuoden 2019 aikana asiakkailleen lentolipun yhteydessä mahdollisuutta maksaa hieman ylimääräistä, jotta lennosta aiheutuvia päästöjä kompensoitaisiin.

(Yle 2019b.) Kompensaation mahdollisuus sai kuitenkin paljon kritiikkiä, sillä hyvityksen suuruus ei kuvaa lentämisestä aiheutuvia ilmastovaikutuksia totuudenmukaisesti. Tämä johtuu kansainvälisistä sopimuksista, joiden päätöksellä lentokerosiini on verotonta, sekä kansainvälisten lentojen arvonlisäverottomuudesta. Näiden avulla lentojen hinnat on mahdollista pitää alhaisempana. (Suomen ympäristökeskus 2019.)

Suomen Poliisihallitus päätti kuitenkin alkuvuodesta 2020, että Finnairin harjoittama päästökompensaatio on rahankeräyslain mukaista toimintaa eikä Finnairilla ole siihen lupaa. (HS 2020.)

Päästökompensoinnin mahdollisuudella on myös negatiivisia vaikutuksia. Esimerkkitapauksemme ei suoraan liity päästöjen kompensointiin, mutta on yleistettävissä myös siihen. Gneezy sekä Rustichini (2000) tutkivat, hakevatko vanhemmat lapsensa aikaisemmin päivähoidosta, mikäli myöhästymiselle asetetaan pieni sakko. Yleisestihän sakko ohjaa ihmisiä muuttamaan toimintatapojansa, mutta tässä tapauksessa reaktio olikin päinvastainen. Kun vanhemmat eivät moraalisesti enää olleet velkaa päivähoitohenkilökunnalle myöhästymisestään sakon maksettuaan, myöhästyminen nähtiin hyväksyttävänä. Sakon käyttöönoton jälkeen lapsen myöhässä hakeminen yleistyi entisestään, sillä vanhemmat oikeuttivat toimensa maksamalla pienen lisähinnan.

Nyt, vaikka Finnairin pienen päästökompensaation myötä saataisiinkin lisää rahaa hyvään tarkoitukseen, haluttu reaktio voi myöskin olla päinvastainen. Kuluttajan ei tarvitsisi enää välittää lentämisestä aiheutuvista negatiivisista ulkoisvaikutuksista, koska hän on maksanut haitallisesta toiminnastaan sakon. Kuluttaja voi siten ajatella hyvittäneensä tekonsa ja oikeuttavansa itsensä jatkamaan toimintaansa kuten ennenkin, vaikka se olisi huonompi vaihtoehto kuin alkuperäinen. Tästä syystä kompensaation tulisi ehdottomasti kuvata oikeita aiheutuvia kustannuksia, eikä tarjota 'kokonaista' mielihyvää osittaisesta sakkosuorituksesta.

6 Yhteenveto sekä johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten nykyinen taloudellinen toiminta sekä sen tuottamat päästöt ja saasteet voidaan sovittaa yhteen ilmastonmuutoksen pysäyttämisen kanssa. Tätä tarkastelua suoritettiin tarkemmin valtioiden sekä yritysten näkökulmasta, missä nykyisen toiminnan negatiivisia ilmiöitä pyrittiin tuomaan laajasti esille. Näiden esimerkkeinä tarjottiin muun muassa kertakäyttöyhteiskunnan sekä verotus- ja tukijärjestelmien ongelmakohtia, sekä miten näitä pitäisi korjata yhteiskunnan sekä ympäristön hyvinvoinnin kasvattamiseksi. Eräs tehokas ratkaisu ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi olisi kiertotalouden laajempi käyttöönotto, minkä periaatteina on uusien materiaalien minimointi sekä palveluiden suurempi hyödyntäminen kasvun mahdollistajana. Näiden tavoitteiden kautta ihmisen tuottamien päästöjen ja saasteiden määrää voitaisiin vähentää merkittävästi, mikä on ensiarvoisen tärkeä askel ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi.

Ihmisen toiminnan seurauksena syntynyt kiihtyvä ilmastonmuutos on planeetan elinolosuhteiden kannalta aikamme merkittävin ongelma. Erilaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrän kasvu ilmakehässä on nopeuttanut globaalin keskilämpötilan kasvuvauhtia, mikä tuo mukanaan pitkäaikaisia sekä laajalle ulottuvia haittoja.

Lämpötilan noustessa erilaisten ääriolosuhteiden on havaittu yleistyvän sekä vakaavuuden voimistuvan, aiheuttaen ympäristölle sekä taloudelle entistä enemmän vahinkoa. Päiväntasaajalla aavikoituminen laajenee kuivien kausien pitkittyessä sekä auringon paahteen alla, tuhoten paikallista maataloutta. Yhä tiiviimmin toistuvien hirmumyrskyjen sekä rankkasateiden aiheuttamat tulvat runtelevat elinolosuhteita sekä infrastruktuuria ympäri planeettaa. Pohjois- sekä Etelänavalla lämpötilan kohoaminen sulattaa jäämassoja kiihtyvästi, mikä nostaa tasaisesti valtamerien pintaa, jolloin matalalla sijaitsevat saarivaltiot, atollit sekä rantakaupungit uhkaavat hukkua vesimassojen alle.

Mikäli päästöjä ei saada absoluuttisesti vähenemään, elinolosuhteet heikkenevät entisestään ja ongelmat tulevat pahenemaan. Kasvihuoneilmiöksi kuvattu tapahtuma johdetaan ilmakehässä leijailevien hiilipartikkelien sitomasta auringon valosta, joka muuttuu lämmöksi. Mitä enemmän ilmakehässä on hiilidioksidia tai vastaavia kasvihuonekaasuja, sitä enemmän ne sitovat lämpöä itseensä ja lämmittävät maanpintaa.

Ilmastonmuutoksen haitat ovat olleet näkyvissä jo pitkään. Luonnontieteilijät ovat havainnoineet selviä muutoksia ilmastossa jo vuosikymmenten ajan, mutta taloudellis-

ten mallien sekä laskelmien tekeminen on muodostunut hankalaksi. Ympäristössä tapahtuvien muutosten mallintaminen ja kääntäminen taloudellisiksi estimaateiksi on ongelmallista, sillä tällaista tilannetta ei ole ihmisten aikana koettu. Nykyiset mallit sekä laskutavat on rakennettava täysin tyhjästä, sillä aikaisempaa dataa ei ole, eikä kattavaa taloudellista tutkimusta ole tehty.

Hiilipäästöjen ulkoisvaikutuksia on pyritty laskemaan taloudelliseksi määreeksi jo pidemmän aikaa, mutta laskelmien heikkoutena on niiden vahva subjektiivisuus, kuten Pindyck (2013) osoitti. Samalla laskukaavalla voidaan saada täysin päinvastaisia tuloksia riippuen siitä, miten tietyt parametrit kaavoissa määritellään. Sen vuoksi yhtä ja absoluuttisesti oikeaa yhteiskunnallisen kustannuksen tasoa hiilidioksidille ei ole vielä pystytty määrittelemään.

Muutama laskutapa on kuitenkin saavuttanut yleisen hyväksynnän, vaikka näissäkin on yhtä lailla subjektiivisuuden ongelma. Tutkimuksen 3 luvussa esitelty William Nordhausin DICE-malli on onnistunut kvantifioimaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia yllättävän tarkasti jo kehittämisen alusta alkaen, mutta sekään ei ole pystynyt hinnoitteluun hiilipäästöjä täydellisesti. Nordhausin (2017, 1521) omien parametrien mukaan hiilen globaalien haittaveron tason tulisi olla reilut 30 dollaria per päästetty tonni vuonna 2015, mutta todellisuudessa tätä lukua ei olla edes lähellä. Lisäksi Nordhaus pyrkii rajoittamaan keskilämpötilan nousun vasta 3,5 celsiusasteen tasolle taloudellisen haitan minimoimiseksi (Nordhaus 2016, 26). Mikäli Pariisin ilmastopimuksen tavoitteleman 1,5-asteen raja yritetään saavuttaa, hiilen yhteiskunnallinen kustannus (*SCC, social cost of carbon*) tulisi hinnoitella reilusti ylemmäksi, kaikkialla maailmassa.

Globaalin hiiliveron käyttöönoton lisäksi myös nykyinen talousmalli pitäisi korjata korostamaan ympäristön hyvinvointia taloudellisen menestyksen sekä jatkuvan kuluttamisen sijasta. Luvussa 4 osoitettiin Haukiojan (2007) tutkimuksen avulla, että talouden on edelleen mahdollista kasvaa, jos yhteiskunta panostaa tarpeeksi suuresti saasteita vähentävään teknologiaan. Vaihtoehtoinen ratkaisu on nostaa kiertotalouden periaatteet voittoa maksimoivan toiminnan tilalle.

Kuten todettu, nykyinen talousmalli nojaa aivan liian voimakkaasti jatkuvan kulutuksen sekä taloudellisen menestymisen korostamiseen hyvinvoinnin perustana. Nämä ovat ajaneet eteenpäin kertakäyttöyhteiskunnan syntyä, missä on ollut kannattavaa luoda tuotteista kestävämpiä. Useat hyödykkeet on suunniteltu hajoamaan ennen aikaisesti, jotta kuluttaja joutuisi ostamaan useammin uuden tuotteen 'vanhentuneen' tilalle, kuten Bulow (1986) osoitti. Esimerkiksi pikamuodissa vaatteet suunnitellaan kestäväksi vain

10 pesukertaa, minkä jälkeen vaatekappale menettää joko muotonsa tai tyyliinsä, ja kuluttajan täytyy ostaa taas uusi vaate (Joy ym. 2012, 283).

Jatkuvan kuluttamisen sivutuotteena on syntynyt entistä suurempi määrä jätettä. Vaikka muovi on innovaationa merkittävä apu monella alalla, kuten kuljetuksessa sekä ravinnon suojana, sitä käytetään edelleen aivan liian lyhyt aika potentiaaliseen käyttöikään verrattuna. Ympäristön kantokyvyn rajat tulevat yhä selvemmin vastaan, kun jätettä, etenkin muoviroskaa, päätyy luontoon. Esimerkiksi valtamerissä kelluvat roskapyörteet ovat jo valtioita suurempia kooltaan ja jatkavat kasvuaan, kun roskia hylätään luontoon ja veden äärelle (Lebreton ym. 2017).

Kiertotaloutta pidetään yleisesti kertakäyttöyhteiskunnan vastakohtana. Se tarttuu yllä mainittuihin ongelmiin korostamalla uusien luonnonvarojen minimaalista käyttöä ja suosimalla kierrätystä sekä tuotteiden käyttöiän pidentämistä muun muassa uusiokäytön avulla. Siirtymällä yhä enemmän kiertotalouden piiriin ihmisten ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia sekä paineita voidaan vähentää merkittävästi. Tämä vaatii luonnollisesti yksittäisten kotitalouksien ohjaamista sekä kouluttamista nykyisen talousmallin haitoista, mutta myös valtioilla sekä yrityksillä on oma roolinsa suunnan kääntämisessä.

Kuten Acemoglu ym. (2012) todistivat, yritystukien sekä verojen avulla valtiot voivat antaa selkeän signaalin yrityksille toimintatapojen muuttumisesta. Kansainvälisiä verosopimuksia muuttamalla työnteosta voidaan tehdä kannattavampaa ja kuluttamisesta, etenkin haitakkeiden osalta, voidaan tehdä suhteessa kalliimpaa. Tällä voitaisiin parantaa muun muassa korjauspalveluiden kysyntää, kun tuotteita olisi halvempi korjata kuin ostaa uutta vanhan tai rikkimenneen tilalle. Nykyisellään verotus kuitenkin mahdollistaa luonnonvarojen liikakäytön, kun ympäristöverot ovat niin alhaisella tasolla.

Verotuksen muutoksilla voidaan vähentää myös päästöjen tuottamista. Fossiilisten polttoaineiden käytölle voitaisiin asettaa korkeampi vero, mikä kannustaisi niin yrityksiä kuin kotitalouksiakin suosimaan uusiutuvia polttoaineita tai energiamuotoja. Veropohjan korjaamisen lisäksi valtioiden myöntämiä yritystukia olisi todella tärkeä sijoittaa uudelleen. Kuten IMF (2019, 5) näytti, valtiot tukevat fossiilisten polttoaineiden tuottamista ja käyttöä biljoonilla dollareilla vuosittain, mikä tarpeettomasti hidastaa uuden kilpailun muodostumista ja siirtymää kohti uusiutuvia energiamuotoja.

Kun yritykset saavat tarpeeksi suuren taloudellisen houkutteen, ne muuttavat toimintaansa hyvin nopeasti, kuten Popp (2002) havaitsi. Tästä uudesta ja tehokkaammasta toiminnasta voi olla näille samoille yrityksille lopulta jopa enemmän hyötyä, koska kustannusten kasvaessa toimintatapoja päivitetään ja kilpailukyky voi parantua kilpailijoi-

hin nähden (Pigato 2019). Yritysten sekä järjestöjen on muutenkin havaittu toimivan yhä enemmän vapaaehtoisesti ympäristön hyväksi. Mikäli yritykset ovat panostaneet enemmän vihreisiin arvoihin sekä ottaneet ympäristön paremmin huomioon omassa toiminnassaan, niiden on havaittu menestyvän kilpailijoitaan paremmin. Eccles ym. (2014) todistivat, että nämä yritykset suoriutuivat paremmin sekä osakemarkkinoilla että kirjanpidon avainlukujen perusteella verrattuna yrityksiin, jotka eivät huomioineet ympäristöä.

Vapaaehtoisuuden taustalla vaikuttaa varmasti myös kansainvälisten sopimusten käyttöönoton sekä valtioiden osalta ilmastonmuutoksen torjumisen hitaus. Veropohjan sekä yritystukien uudelleen suunnittelu vievät paljon aikaa, mutta uusien järjestelmien käyttöönotto voi viedä sitäkin kauemmin. Ex'tax (2016, 81) arvioi uudistumisen kestävän kolmesta viiteentoista vuotta, riippuen kuinka paljon valtio panostaa nykyisellään ilmastonmuutoksen torjuntaan. Esimerkkinä tästä voidaan antaa Euroopan oma päästökauppajärjestelmä, jonka ensimmäinen vaihe aloitettiin jo 2005, mutta järjestelmä ei vielä ole täysimääräisesti käytössä. Suomessa Energiaviraston (2020) ylläpitämän järjestelmän on tarkoitus lopettaa ilmaisten päästöoikeuksien jako vasta vuonna 2027.

Ilmastonmuutoksen pysäyttäminen vaatii siten ennenäkemättömän laajaa yhteistyötä ihmisiltä. Valtioiden sekä kansainvälisten organisaatioiden on mahdollisimman nopeasti luotava toimintaympäristö, jossa ympäristön hyvinvoinnin maksimointi ajaa voiton maksimoinnin edelle. Toki hyödyllisen yritystoiminnan täytyy edelleen pysyä kannattavana, mutta ensisijaisia tavoitteita täytyy muovata. Uusien investointien suunnittelussa täytyy huomioida ympäristölle aiheutuvat haitat, jotka täytyy sisällyttää kustannuslaskelmiin.

Ainoastaan kasvihuonekaasujen minimoimisella tulevaisuuden yhteiselo maapallolla on mahdollista. Mikäli päästömääriä ei saada laskuun, katastrofaalinen ilmastonmuutoksen kierre syvenee. Ilmastopimuksissa asetettuja kunnianhimoisia tavoitteita ei muuten voida saavuttaa, eikä talouskasvua ja ilmastonmuutosta kyetä enää sovittamaan yhteen.

Jatkotutkimusehdotuksena olisi kannattavaa selvittää, kuinka hyvin biomuovi pysyy kilpailemaan nykyisen perinteisen öljystä valmistetun muovin kanssa. Merilevästä on mahdollisuus valmistaa biohajoavaa muovia, mutta onko se kestävyysominaisuuksiltaan yhtä hyvää? Entä tuottamiskustannukset, jotka ovat perinteisen muovin osalta olleet usein murto-osa nykyisiin substituuhteihin verrattuna?

Toisena ehdotuksena on tutkia, miten yritystukien vähentäminen fossiilisilta polttoaineilta vaikuttaisi kilpailutilanteeseen öljynjalostuksen alalla. Muodostuisiko tukien vähentäminen öljyvaltioiden, kuten Yhdistyneiden arabiemiirikuntien, kohtaloksi, vai pystyvätkö nämä siirtymään esimerkiksi aurinkoenergian tuottamiseen? Riittääkö uusiutuvan energiantuotannon tehokkuus tuottamaan tarpeeksi energiaa kaikille, vai johtaisiko yritystukien vähennys kansainväliseen energiavajeeseen?

Lähteet

- ABC News (2020) 2019 was Australia's hottest and driest year on record. ABC News. <<https://www.abc.net.au/news/2020-01-02/2019-was-australias-hottest-and-driest-year-on-record/11837312>>, haettu 22.1.2020.
- Acemoglu D – Aghion P – Bursztyn L – Hemous D (2012) The environment and directed technical change. *American Economic Review*, Vol 102 (1), 131–166.
- Acemoglu D – Akcigit U – Hanley D – Kerr W (2016) Transition to clean technology. *Journal of Political Economy*, Vol 124 (1) 52–104.
- AL.com (2019) Hurricane Dorian 2019 now a Category 5: What are the strongest Atlantic hurricanes? Advance Local Media. <<https://www.al.com/hurricane/2019/09/hurricane-dorian-2019-now-a-category-5-what-are-the-strongest-atlantic-hurricanes.html>>, haettu 14.11.2019.
- AP (2019) China's climate paradox: A leader in coal and clean energy. AP News. <<https://apnews.com/9a0f0b14a8034b9d9bf6c936ed117b36>>, haettu 7.4.2020.
- BBC (2015) China pollution: First ever red alert in effect in Beijing. BBC News. <<https://www.bbc.com/news/world-asia-china-35026363>>, haettu 16.4.2020.
- BBC (2018) France protests: fuel tax rises in 2019 budget dropped. <<https://www.bbc.com/news/world-europe-46460445>>, haettu 27.4.2020.
- Binswanger M (2001) Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? *Ecological Economics*, Vol. 36, 119–132.
- Bulow J (1986) An economic theory of planned obsolescence. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101 (4), 729–750.
- Cachon G – Swinney R (2011) The value of fast fashion: quick response, enhanced design, and strategic consumer behavior. *Management Science*, Vol 57 (4), 778–795.
- Carbonpricing (2020) Carbon pricing dashboard: Summary map of regional, national and subnational carbon pricing initiatives. <<https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>>, haettu 22.4.2020.
- Carbon Trust (2010) *Tackling carbon leakage, Sector-specific solutions for a world of unequal carbon prices*. Carbon Trust. London.
- Castellani V – Sala S – Mirabella N (2015) Beyond the Throwaway Society: A Life Cycle-Based Assessment of the Environmental Benefit of Reuse. *Integrated Environmental Assessment and Management*, Vol. 11 (3), 373–382.

- CDC (2019) Malaria's Impact Worldwide, Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/malaria/malaria_worldwide/impact.html>, haettu 23.1.2020.
- CDP (2015) CDP climate change report 2015: the mainstreaming of low-carbon on Wall Street, US edition based on the S&P 500 Index. *CDP Report*.
- Cline W (2007) *Global Warming and Agriculture – Impact estimates by country*. Center for Global development, Peterson institute for international economics. Washington.
- Cooper T (2004) Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence. *Journal of Consumer Policy*, Vol. 27, 421–449.
- Cooper T (2005) Slower consumption: Reflections of product life spans and the “throw-away society”. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 9 (1–2), 51–67.
- Dechezleprêtre A – Sato M (2017) The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 11 (2), 183–206.
- Directive 2009/28/EC (2009) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>>, haettu 12.1.2020.
- DW (2014) German energy giant E.ON to focus on renewables. Deutsche Welle. <<https://www.dw.com/en/german-energy-giant-eon-to-focus-on-renewables/a-18104023-0>>, haettu 24.4.2020.
- Eccles R – Ioannou I – Serafeim G (2014) The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management science*, Vol. 60 (11), 2835–2857.
- Eko-instituutti (2013) *Support to the Commission for the determination of the list of sectors and subsectors deemed to be exposed to a significant risk of carbon leakage for the years 2015-2019 (EU Emission Trading System)*. Öko-Institut e.V. sekä ECOFYS.
- Energiavirasto (2020) Päästöoikeuksien huutokauppa. <<https://energiavirasto.fi/huutokauppa>>, haettu 29.4.2020.
- EU ETS (2019) Estimate of 2005-2012 emissions for stationary installations to reflect the current scope (2013-2020) of the EU ETS. *Eionet Report – ETC/CME 2019/1 April 2019*. European Topic Centre on Climate change mitigation and energy.

- Euroopan komissio (1993) *Growth, competitiveness, employment: The challenges and ways forward into the 21st century, White Paper*. Luxembourg.
- Euroopan komissio (2008) *Asia: N58/2008 – Suomi. Yksittäinen tuki Neste Oil Oyj:lle NExBTL-biodieselillä tehtävää kokeiluhanketta varten*. <https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/224068/224068_873821_35_2.pdf>, haettu 27.3.2020.
- Euroopan komissio (2009) Directive 2009/2009/29/EC of the European Parliament and the Council of 23 April 2009, amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community. *Official Journal of the European Union*.
- Euroopan komissio (2013) Environmental taxes, a statistical guide, 2013 edition. *Eurostat Manuals and guidelines*.
- Euroopan komissio (2016) *Economic instruments to reduce usage of plastic bags: the Irish experience*. <<https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=27612&no=6>>, haettu 15.4.2020.
- Euroopan komissio (2020) *European strategy for plastics*. <https://ec.europa.eu/environment/waste/plastic_waste.htm>, haettu 16.4.2020.
- Eurostat (2019) Renewable energy statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics#Renewable_energy_produced_in_the_EU_increased_by_two_thirds_in_2007-2017>, haettu 12.1.2020.
- Ex'tax (2016) *New era. New plan. Europe. A fiscal strategy for an inclusive, circular economy*. The Ex'tax Project in cooperation with Cambridge Econometrics, Trucost, Deloitte, EY, KPMG Meijburg and PwC.
- Fuglestvedt J – Berntsen T – Godal O – Sausen R – Shine K – Skodvin T (2003) Metrics of climate change: Assessing radiative forcing and emission indices. *Climate Change*, Vol. 58, 267–331.
- FAO (2018) *The state of Agricultural commodity markets: agricultural trade, climate change and food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Gerlagh R – Liski M (2018) Carbon prices for the next hundred years. *The Economic Journal*, Vol. 128 (609), 728–757.

- Global Carbon Budget (2018) *Earth System Science Data*, Vol 10 (4), 2141-2194. <<https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/>>, haettu 7.1.2020.
- Gneezy U – Rustichini A (2000) A fine is a price. *Journal of Legal Studies*, Vol. 29, 1–17.
- Gorjian S – Ghobadian B (2015) Solar thermal power plants: progress and prospects in Iran. *Energy Procedia*, Vol. 75, 533–539.
- Goworek H – Oxborrow L – Claxton S – McLaren A – Cooper T – Hill H (2018) Managing sustainability in the fashion business: Challenges in product development for clothing longevity in the UK. *Journal of Business Research*, in press. Saataavilla <<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.07.021>>, haettu 22.3.2020.
- Gregson N – Metcalfe A – Crewe L (2007) Identity, mobility, and the throwaway society. *Environment and Planning D: Society and Space*, Vol. 25, 682–700.
- Grossman G – Krueger A (1991) Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research Working paper no. 3914*, Cambridge.
- Guiltinan J (2009) Creative Destruction and Destructive Creations: Environmental Ethics and Planned Obsolescence. *Journal on Business Ethics*, Vol. 89, 19–28.
- Hahnel R (2012) The growth imperative: Beyond assuming conclusions. *Review of Radical Political Economics*, Vol. 45 (1), 24–41.
- Harper (2018) Why BECCS might not produce ‘negative’ emissions after all. *Carbon-Brief Guest post*. <<https://www.carbonbrief.org/guest-post-why-beccs-might-not-produce-negative-emissions-after-all>>, haettu 12.1.2020.
- Hartwall (2018) Pieni kevennys pulloon ja tölkkiin, jättisäästö muovin ja alumiinin käyttöön. <<https://www.hartwall.fi/yritys/vastuullisuus/vastuullisuuscaset2018/pieni-kevennys-pulloon-ja-tolkkiin-jattisaasto-muovin-ja-alumiinin-kayttoon/>>, haettu 15.4.2020.
- Haukioja T (2007) *Sustainable development and economic growth in the market economy*. Publication of the Turku School of Economics. Esa Print Tampere, Tampere.
- Heal G – Kriström B (2002) Uncertainty and climate change. *Environmental and Resource Economics*, Vol 22, 3–39. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Heal G (2008) Climate economics: a meta-review and some suggestions. *National Bureau of Economic research, Working paper 13927*.

- Heikkinen P – Ollikainen M (2015) Päästökauppabarometri 2014 – Suomalaiset yritykset ja Euroopan unionin päästöoikeuskauppa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 111. vsk, 4/2015.
- Hellmann K – Luedicke M (2018) The throwaway society: a look back in the mirror. *Journal of Consumer Policy*, Vol. 41 (1), 83–87.
- HS (2020) Finnair lopettaa päästöhvityspalvelunsa Poliisihallituksen tulkinnan takia – muut kompensatoyritykset eivät ole saaneet soittoa. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/talous/art-2000006425040.html>>, haettu 30.4.2020.
- IEA (2019) *World energy balances, overview*. International Energy Agency.
- IEA (2020) Data and statistics. International Energy Agency. <<https://www.iea.org/data-and-statistics?country=CHINAREG&fuel=Energy%20supply&indicator=Electricity%20generation%20by%20source>>, haettu 29.4.2020.
- IFM (2019) Global fossil fuel subsidies remain large: an update based on country-level estimates. *International Monetary Fund, Working Paper 19/89*.
- IPCC (2018) *Global Warming of 1.5°C*, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for policymakers. Switzerland.
- IRENA (2019) *Renewable power generation costs in 2018*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- Jackson T (2009) Hyvinvointia ilman kasvua; Rajallisen planeetan taloustiede. (Alkuteos *Prosperity Without Growth*, käännös Jyri Raivio, 2011) HS KIRJAT, Helsinki.
- Jones C (2002) *Introduction to economic growth, second edition*. W. W. Norton & Company Inc., New York.
- Joy A – Sherry J – Venkatesh A – Wang J – Chan R (2012) Fast fashion, sustainability, and the ethical appeal of luxury brands. *Fashion theory*. Vol. 16 (3), 273–295.
- Kesicki F – Strachan N (2011) Marginal abatement cost (MAC) curves: confronting theory and practice. *Environmental science & policy*, Vol. 14, 1195–1204. London.

- Kosonen K (2012) Regressivity of environmental taxation: myth or reality? Working paper n. 32 – 2012. *Taxation papers*. European Commission.
- Kuznets S (1955) Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, Vol. 45 (1), 1–28.
- Lebreton L – Slat B – Ferrari F – Sainte-Rose B – Aitken J – Marthouse R – Hajbane S – Cunsolo S – Schwarz A – Levivier A – Noble K – Debeljak P – Maral H – Schoeneich-Argent R – Brambini R – Reisser J (2018) Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, Vol. 8, 1–15.
- Lebreton L – van der Zwet J – Damsteeg J – Slat B – Andrady A – Reisser J (2017) River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, Vol. 8, 1–10.
- LG (2013) LG Electronics. *2012–2013 LG Electronics sustainability report*.
- Liski M (2018) Niukkuus ei ole maaperän vaan ilmakehän hiilivarannoissa: Taloustieteen Nobel 2018 William Nordhausille. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 114. vsk, 4/2018.
- Maailmanpankki (2012) The World Bank. What a waste, a global review of solid waste management. *Urban Development Series, Knowledge paper*. Washington.
- McCullough J (2012) Determinants of a throwaway society – a sustainable consumption issue. *The Journal of Socio-Economics*, Vol. 41, 110–117.
- McNeill L – Moore R (2015) Sustainable fashion consumption and the fast fashion conundrum: fashionable consumers and attitudes to sustainability in clothing choice. *International Journal of Consumer Studies*, Vol. 39, 212–222.
- MTV (2017) Apple myönsi hidastavansa vanhoja iPhoneja, joiden akku on heikentynyt. MTV Uutiset. <<https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/apple-myonsi-hidastavansa-vanhoja-iphoneja-joiden-akku-on-heikentynyt/6704622>>, haettu 25.3.2020.
- Nabi S – Qader S (2009) Is Global Warming likely to cause an increased incidence of Malaria? *Libyan Journal of Medicine*, Vol. 4 (1), 18–22.
- Neste.com (2020) Uusiutuvat polttoaineet. <<https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet>>, haettu 1.4.2020.
- Neste.fi (2019) Biodiesel ja uusiutuva diesel – Mitä eroa? <<https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>>, haettu 12.1.2020.

- Niva M – Timonen P (2001) The role of consumers in product-oriented environmental policy: can the consumer be the driving force for environmental improvements? *International Journal of Consumer Studies*, Vol. 25, 331–338.
- Nordhaus W – Sztorc P (2013) DICE 2013R: *Introduction and user's manual*.
- Nordhaus W (2016) Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies. *Cowles foundation discussion paper no. 2057*, Yale university, New Haven.
- Nordhaus W (2017) Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, PNAS*, Vol 114 (7), 1518–1523.
- OECD (2002) *Towards sustainable household consumption? Trends and policies in OECD countries*. Policy Brief.
- OECD (2012) *Transport Outlook 2012: Seamless transport for greener growth*. International Transport Forum.
- Packard V (1960) *The Waste makers*. David McKay Company, Inc., New York.
- Pigato M (2019) *Fiscal policies for development and climate action*. The World Bank Group.
- Pigou A (1920) *The Economics of Welfare*. MacMillan and Co ltd., London.
- Pilz H – Brandt B – Fehringer R (2010) *The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe. Summary report*. PlasticsEurope. Wien.
- Pindyck R (2013) Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? *Journal of Economic Literature*, Vol. 51 (3), 860-72.
- PlasticsEurope (2014) *Plastics – The facts 2014: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels.
- Popp D (2002) Induced innovation and energy prices. *The American Economic Review*, Vol. 92 (1), 160–180.
- PwC (2020) *23rd Annual Global CEO Survey – Navigating the rising tide of uncertainty*.
- RE100-aloite (2020) Renewables 100. <<http://there100.org/re100>>, haettu 30.4.2020.
- Reinaud (2008) Issues behind competitiveness and carbon leakage – Focus on heavy industry. *IEA information paper*. International Energy Agency.
- Reuters (2019) Repsol to cut carbon emissions to net zero by 2050 at \$5.3 billion cost. Reuters. <<https://www.reuters.com/article/us-repsol-emissions/repsol-to-cut>>

carbon-emissions-to-net-zero-by-2050-at-5-3-billion-cost-idUSKBN1Y6243>, haettu 24.4.2020.

Schlenker W – Hanemann M – Fisher A (2006) The impact of global warming on U.S. agriculture: an econometric analysis of optimal growing conditions. *The Review of Economics and Statistics*, Vol 88. (1), 113–125.

Schor J (2005) Prices and quantities: Unsustainable consumption and the global economy. *Ecological Economics*, Vol. 55, 309-320.

Seppälä T – Haukioja T – Kaivo-oja J (2001) The EKC hypothesis does not hold for direct material flows: environmental Kuznets curve hypothesis tests for direct material flows in five industrial countries. *Population and Environment*, Vol 23. (2), 217–238. Human Sciences Press, Inc., New York.

Sitra (2019) *Technical report: How to implement a larger environmental tax reform in Finland? Potential instruments and impacts*. Sitra, Helsinki.

Stern D (2004) The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, Vol. 32 (8), 1419–1439.

Storlazzi C – Gingerich S – van Dongeren A – Cheriton O – Swarzenski P – Quataert E – Voss C – Field D – Annamalai H – Piniak G – McCall R (2018) Most atolls will be uninhabitable by the mid-21st century because of sea-level rise exacerbating wave-driven flooding. *Science Advances*, Vol. 4: eaap9741, 1–9.

Stuber N – Sausen R – Ponater M. (2001), Stratosphere adjusted radiative forcing calculations in a comprehensive climate model. *Theoretical and applied Climatology*, Vol. 68, 125–135.

Suomen virallinen tilasto (2019a) Tilastokeskus. Ympäristöverojen kertymä pysyi ennallaan vuonna 2017. <https://www.stat.fi/til/yev/2017/yev_2017_2019-09-05_tie_001_fi.html>, haettu 19.4.2020.

Suomen virallinen tilasto (2019b) Tilastokeskus. *Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2018*, <https://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_kat_001_fi.html>, haettu 25.4.2020.

Suomen Virallinen Tilasto (2020a) Tilastokeskus. *Yhdyskuntajäte*. <<https://www.stat.fi/meta/kas/yhdyskuntajate.html>>, haettu 29.3.2020.

Suomen Virallinen Tilasto (2020b) Tilastokeskus. *Yhdyskuntajätettä kertyi vuonna 2018 aiempia vuosia enemmän*. <http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate_2018_2020-01-15_tie_001_fi.html>, haettu 29.3.2020.

- Suomen ympäristökeskus (2019) Lentämisen päästöt kasvavat – tekninen kehitys ja kompensatiot eivät riitä päästöjen vähentämiseen. Suomen ympäristökeskus sekä Sitra. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Lentamisen_paastot_kasvavat__tekninen_ke\(48975\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Lentamisen_paastot_kasvavat__tekninen_ke(48975))>, haettu 30.4.2020.
- TechCrunch (2017) Apple addresses why people are saying their iPhones with older batteries are running ‘slower’. TechCrunch. <<https://techcrunch.com/2017/12/20/apple-addresses-why-people-are-saying-their-iphones-with-older-batteries-are-running-slower/>>, haettu 25.3.2020.
- TEM (2017) Virkamiesselvitys yritystuista ja niiden vaikutuksista. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, 22/2017*. Helsinki.
- The Economist (2020) BlackRock says it wants to do more for the climate. *The Economist*. <<https://www.economist.com/finance-and-economics/2020/01/16/blackrock-says-it-wants-to-do-more-for-the-climate>>, haettu 24.4.2020.
- The New York Times (2018) Wildfire becomes deadliest in California history. *The New York Times*. <<https://www.nytimes.com/2018/11/12/us/california-fires-camp-fire.html>>, haettu 22.1.2020.
- The Oceancleanup (2020) The Great Pacific garbage patch. <<https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>>, haettu 13.4.2020.
- The Worldwatch institute (2008) *State of the World, Innovations for a sustainable economy*. W.W. Norton & Company, New York.
- Tokatli N (2008) Global sourcing: insights from the global clothing industry – the case of Zara, a fast fashion retailer. *Journal of Economic Geography*, Vol. 8, 21–38.
- Treehugger (2015) This striking chart shows why solar power will take over the world. <<https://www.treehugger.com/renewable-energy/striking-chart-showing-solar-power-will-take-over-world.html>>, haettu 12.1.2020.
- UNEP (2005) United Nations Environment Programme. *Marine litter, an analytical overview*.
- UNEP (2009) The United Nations Environment Programme. *Global green New Deal – an update for the G20 Pittsburgh summit*.
- UNEP (2014) United Nations Environment Programme. *Valuing plastics: The business case for measuring, managing and disclosing plastic use in the consumer goods industry*.
- UNEP (2018) *Emissions gap report 2018*.

- UNFCCC (1992) United Nations Framework Convention on Climate Change in Rio 1992.
- UNFCCC (2008) United Nations Framework Convention on Climate Change. *Kyoto protocol reference manual, on accounting of emissions and assigned amount.*
- Valtioneuvoston kanslia (2000) Ympäristö- ja energiaverotuksen käyttö Suomessa. Työryhmäraportti. *Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 2000/3.* Helsinki.
- Velis C (2014) *Global recycling markets: plastic waste. A story for one player – China.* ISWA Globalisation and Waste Management Task Force. Wien.
- VTT (2018) Katsaus kiertotalouden mahdollisiin taloudellisiin ohjaukeinoihin. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 4/2018.* Valtioneuvoston kanslia.
- Ward A (2019) Essential tools for the low carbon economy. Queenslandin yliopisto, Australia. <<https://www.edx.org/course/essential-tools-for-the-low-carbon-economy>>, haettu 15.11.2019.
- Weather.com (2019) Monsters of the Atlantic: The Basin's Category 5 Hurricanes. <<https://weather.com/storms/hurricane/news/atlantic-hurricane-category-five-history-0>>, haettu 22.1.2020.
- WRAP-raportti (2017) *Valuing Our Clothes: the cost of UK fashion.* The Waste and Resources Action Programme report. Banbury.
- YK (2018) *What is the Paris Agreement?* United Nations Climate Change. <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>>, haettu 25.4.2020.
- Yle (2017) Yhdysvallat vetäytyi virallisesti Pariisin ilmastopimuksesta. <<https://yle.fi/uutiset/3-9759482>>, haettu 29.4.2020.
- Yle (2019a) Unilever puolittaa muovin käyttönsä – Maailmasta vähenee 350 000 tonnia muovia vuodessa. <<https://yle.fi/uutiset/3-11009460>>, haettu 15.4.2020.
- Yle (2019b) Asiantuntijat: Finnairin parin euron päästöhyvitys on hyvä alku, mutta antaa väärän kuvan lentämisen ilmastovaikutuksista. <<https://yle.fi/uutiset/3-10599641>>, haettu 30.4.2020.
- Ympäristöministeriö (2019) Kioton pöytäkirja. <https://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastomuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kioton_poytakirja>, haettu 25.4.2020.